

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

**HASTANE BİNALARINDA YANGIN ANINDA KULLANICILARIN
TAHLİYESİ VE DUMANDAN ETKİLENME ORANLARININ
SİMÜLASYON DESTEKLİ İNCELENMESİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan KADI

Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN VE YANGIN GÜVENLİĞİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ekrem BÜYÜKKAYA

Haziran 2022

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HASTANE BİNALARINDA YANGIN ANINDA KULLANICILARIN
TAHLİYESİ VE DUMANDAN ETKİLENME ORANLARININ
SİMÜLASYON DESTEKLİ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan KADI

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.

Furkan KADI

30.06.2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, gerek bilgileri gerekse de tecrübelerinden faydalanma fırsatı bulduğum, bu çalışmanın planlanması ve hazırlanması aşamalarında desteklerini benden esirgemeyen, değerli fikirleriyle çalışmamı her anlamda zenginleştirmeme katkıları yüksek olan sayın danışman hocalarım Prof. Dr. Ekrem BÜYÜKKAYA ve Doç. Dr. Gökhan COŞKUN’a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Yüksek Lisans eğitimim boyunca dayanışma içinde bulunduğum, yardımları ile çalışmamı geliştirmeme vesile olan çalışma arkadaşlarım Sayın Koray ULUÇ ile Kerem İLBAY’a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
YANGINDA TAHLİYE BİLEŞENLERİ.....	4
2.1. Çıkışa Ulaşım.....	4
2.2. Çıkış	6
2.3. Çıkıştan Tahliye	8
2.4. Tahliye Kapasitesi	9
2.5. Kaçış Yolu Aydınlatması ve Yönlendirmesi.....	10
BÖLÜM 3.	
HASTANE BİNALARI İÇİN ÖZEL ŞARTLAR	13
3.1. BYKHY Gereklilikleri	13
3.2. NFPA 101 Gereklilikleri	15
3.3. Hastane Binalarını Diğer Binalardan Ayıran Etmenler	23

BÖLÜM 4.

PERFORMANSA DAYALI TASARIM	26
4.1. Performansa Dayalı Tasarımın Avantajları ve Dezavantajları	31
4.2. Yönergesel Yaklaşımın Avantajları ve Dezavantajları	32
4.3. Yangında İnsan Davranışı	32
4.4. Performansa Dayalı Tasarım Parametreleri	35
4.4.1. Tahliye süresi, SGTS ve GGTS kavramları.....	35
4.4.2. Yanma ürünü gazların etkileri.....	36
4.4.3. Ortam ısısı	39
4.4.4. Görünürlük	40
4.4.5. Isı salınım oranı	41

BÖLÜM 5.

MATERYAL VE METOT	42
5.1. Simülasyonda Kullanılan Yazılımlar	47
5.1.1. Tahliye simülasyonu	47
5.1.2. Yangın simülasyonu.....	52
5.2. Oluşturulan Senaryolar	54

BÖLÜM 6.

SONUÇ VE ÖNERİLER	56
6.1. Tahliye sürelerinin kıyaslanması.....	57
6.2. Görüş mesafelerinin kıyaslanması	58
6.3. Ortam Sıcaklıklarının Kıyaslanması	61
6.4. FED Değerlerinin Kıyaslanması	65
6.5. Öneriler	66

KAYNAKLAR.....	69
----------------	----

ÖZGEÇMİŞ	72
----------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BSI	: İngiliz Standartları Enstitüsü (British Standards Institution)
BYKHY	: Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
CFD	: Computational Fluid Dynamics
CFPA-E	: Avrupa Yangından Korunma Dernekleri Konfederasyonu (Confederation of Fire Protection Associations in Europe)
DK	: Dakika
DWG	: Çizim (Drawing)
DXF	: Çizim Değiştirme Formatı (Drawing interchange [X] Format)
EN	: Avrupa Standartları (European Norms)
FED	: Fraksiyonel Efektif Doz (Fractional Effective Dose)
GGTS	: Gerekli Güvenli Tahliye Süresi (Required Safe Escape Time)
HAD	: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
ISO	: International Organization for Standardization
IYO	: Isı Yayılım Oranı (Heat Release Rate)
M	: Metre
NFPA	: Amerikan Ulusal Yangından Korunma Derneği (National Fire Protection Association)
SFPE	: Yangından Korunma Mühendisleri Derneği (The Society of Fire Protection Engineers)
SGTS	: Sağlanabilen Güvenli Tahliye Süresi (Available Safe Escape Time)
SN	: Saniye
TS	: Türk Standartları
YDS	: Yangın Dinamikleri Simülatörü (Fire Dynamics Simulator)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çıkışların seperasyonu için diyagonal mesafe kuralı	7
Şekil 3.1. Yatay bir çıkışa bitişik bina dış duvarlarının özellikleri	18
Şekil 3.2. Yeni genel hastanede veya huzurevinde yatay çıkış	20
Şekil 3.3. Katın her yerinden erişilebilen en az iki çıkış.....	21
Şekil 4.1. Performansa dayalı tasarım akış diyagramı	30
Şekil 4.2. SGTS ve GGTS kavramları	36
Şekil 5.1. Kullanılan hastane mimarisi	54
Şekil 5.2. Görüş mesafesine göre tahliye hızı değişimi	55
Şekil 6.1. Yangın başlangıç noktası konumu	59
Şekil 6.2. Yatay tahliye kapısı ve duman egzoz fanı görünümü	59
Şekil 6.3. Senayo1’de 240.saniyede göz hizasında koridordaki duman yoğunluğu	59
Şekil 6.4. Senayo3’te 40.saniyede koridorda duman yayılımı.....	60
Şekil 6.5. Senayo4’te 221.saniyede koridorda duman yoğunluğu	60
Şekil 6.6. Senayo1’de 500.saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri	61
Şekil 6.7. Senayo2’de 500.saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri	62
Şekil 6.8. Senayo3’te 500.saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri	62
Şekil 6.9. Senayo4’te 500.saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri	63
Şekil 6.10. Yangın kaynağına en yakın sprinkler aktivasyonu.....	64
Şekil 6.11. FED analizlerinin senaryolara göre kıyaslanması.....	66

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. BYKHY Ek 5/B; Çıkışlara götüren en uzun kaçış uzaklıkları ve birim genişlikleri	5
Tablo 2.2. NFPA101 Table A.7.6; Tek yön, iki yön seyahat mesafeleri ve çıkılmaz koridor limitleri	6
Tablo 2.3. BYKHY ve NFPA101'e göre kaçış merdiveni özellikleri	7
Tablo 2.4. BYKHY Ek 5/A; Kullanıcı yükü katsayısı tablosu.....	9
Tablo 2.5. NFPA101 Table 7.3.1.2; Kullanıcı yükü katsayısı tablosu.....	10
Tablo 3.1. BYKHY Ek 4; Binalarda en fazla kompartıman alanları.....	14
Tablo 4.1. Yangınla ilgili insan davranışını ele alan uluslararası mühendislik kaynak dokümanları	34
Tablo 4.2. Yaygın yangın gazlarının tahriş edici konsantrasyonları	37
Tablo 4.3. Bazı tahriş edici maddelerin ölümcül maruz kalma dozları.....	38
Tablo 4.4. Isıya karşı dayanıklılık için sınır koşullar	39
Tablo 4.5. Dumanın görüş ve davranış üzerindeki bildirilen etkileri.....	41
Tablo 5.1. Bina türleri ve tasarım davranış senaryoları	43
Tablo 5.2. Hastane binaları için önerilen seyahat öncesi süreler (dakika)	45
Tablo 5.3. Merdivenler için k katsayısı değerleri.....	50
Tablo 6.1. Tahliye sürelerinin senaryo bazlı karşılaştırılması	58
Tablo 6.2. Görüş mesafelerinin senaryo bazlı karşılaştırılması	59
Tablo 6.3. Belirli anlarda senaryolardaki görüş mesafeleri(m).....	60
Tablo 6.4. Maruz kalınan sıcaklıkların senaryo bazlı karşılaştırılması	64
Tablo 6.5. FED değerlerinin senaryo bazlı karşılaştırılması	65

ÖZET

Anahtar kelimeler: Tahliye, Yangın, Hastane, Sağlık, Simülasyon, Duman, Can güvenliği

Bu çalışmada hastane binalarında yangın anında kullanıcıların tahliyesi ve dumandan etkilenme oranlarının simülasyon destekli olarak incelenmesi konusunda HAD tabanlı yangın simülasyonu Pyrosim ve tahliye simülasyonu Pathfinder programları kullanılarak; yatay tahliye, asistanlı tahliye gibi hastane binalarına özel tahliye olanaklarının irdelenmesi hedeflenecektir. Yangın simülasyonunda ilgili yönetmelik ve standartlarda belirtilen yangın yükleri baz alınarak hesap yapılacaktır. Hastane binalarında bulunacak yaşam destek ünitesine bağlı, medikal gazlara muhtaç, hareket kabiliyetleri sınırlı vb. hastaların yangın anında tahliyesi ve dumandan etkilenme oranları incelenecek, örnek bir hastane mimarisi üzerinden tahliye olanaklarının yeterliliği incelenecektir. Tahliye olanaklarının yetersiz olduğu sonucuna ulaşılması durumunda çözüm önerileri sunularak iyileştirmenin nasıl yapılabileceği tariflenecektir.

Yapılacak tahliye simülasyonunda hastane ortamında bulunabilecek çeşitli hareket kabiliyetlerine sahip bina kullanıcılarının durumları göz önünde bulundurulacaktır. Bu bağlamda tahliye simülasyonu programında kullanıcı grupları oluşturularak gerçek duruma en yakın veriler elde edilmesi hedeflenecektir.

Yangın simülasyonu programında hazırlanacak örnek yangın durumu tahliye simülasyonu programına aktarılacak ve bu programda mimari üzerinde yerleştirilmiş olan bina kullanıcılarının tahliye süreleri, dumana maruz kalma düzeyleri, maruz kalınan sıcaklık değerleri ve yangın emisyonu olan toksik gazlara maruziyet dereceleri irdelenecektir.

SIMULATION AIDED INVESTIGATION OF OCCUPANTS' EVACUATION AND SMOKE EXPOSURE RATE IN HOSPITAL BUILDINGS IN CASE OF FIRE

SUMMARY

Keywords: Evacuation, Fire, Hospital, Health, Simulation, Smoke, Life safety

In this study, it will be aimed to examine evacuation options specific to hospital buildings such as horizontal evacuation and assisted evacuation by using CFD-based fire simulation software Pyrosim and evacuation simulation software Pathfinder in order to evacuate users in hospital buildings in case of fire and to examine the smoke exposure rates with simulation. In fire simulation, calculations will be made based on the fire loads specified in the relevant regulations and standards. The fire evacuation rates of patients such as those who are connected to life-support units, in need of medical gases, have limited mobility, and etc. in case of fire and their exposure to smoke will be examined, and the adequacy of evacuation options will be examined through an exemplary hospital architecture. If it is concluded that the evacuation options are insufficient, solutions will be offered and how the improvement can be done will be described.

In the evacuation simulation, the conditions of the occupants with various mobility that may be found in a hospital environment will be taken into consideration. In this context, it will be aimed to obtain data closest to the real situation by creating occupants groups in the evacuation simulation software.

The sample fire situation to be prepared in the fire simulation software will be transferred to the evacuation simulation software, and this software will examine the evacuation times, smoke exposure levels, exposed temperature values and the level of exposure to toxic gases, which are fire emissions, will be examined.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yönetmelikler ve standartlar yapıları gereği yönergesel dokümanlardır. Dünyada ülkemiz de dâhil olmak üzere pek çok ülke yangından korunum sistemleri tasarımında yönetmelik ve standartlara bağlı kalınmasını zorunlu kılar. Ancak, özellikle son yıllarda sayıları artmış olan bazı ülkeler ise yönetmelik ve standart üzerinden tasarımın yanı sıra performans bazlı(performance-based) tasarımı da kullanmaktadır. Performans bazlı tasarım ya da performansa dayalı tasarım olarak adlandırılan bu metot kısaca, genel uygulama yerine, uygulama yapılacak binanın belirli özelliklerini dikkate alarak binalarda yangından korunma ve can güvenliği sistemleri tasarlamak için bilim ve mühendisliğin uygulanmasıdır denilebilir.

Performansa dayalı yangın tasarımında, çeşitli yangın senaryolarının söz konusu alan ve içinde bulunanlar üzerindeki etkisini değerlendirmek için mühendislik hesaplamaları (bu çalışmada kullanacağımız bilgisayarlı yangın modellemesi gibi) uygulanarak farklı aday tasarımlar değerlendirilir. Her bir aday tasarım, tahliye olanaklarının, sprinkler türlerinin (hızlı tepkili ve standart tepkili), yangın algılama sistemi türünün (noktasal duman dedektörleri, ısı dedektörleri, hava örneklemeli duman dedektörleri, sıcaklık dedektörleri, alev dedektörleri vb.) farklı varyasyonlarını içerebilir. Yangın mühendisliği hesaplamaları, tasarımın sürecin başlangıcında belirlenen nicel performans kriterlerini karşıladığını gösterirse, aday tasarım kabul edilebilir sayılır. Bu performans kriterleri genellikle, bina kullanıcılarının yoğun miktarlarda duman veya ısıya maruz kalmaması için alanın korunabilir kalmasını sağlamak ve yapısal çökmenin meydana gelmemesini sağlamakla ilgilidir. Performansa dayalı tasarımda; yangın emniyeti, bir binanın yangına nasıl tepki vereceğini belirlemek için hesaplamalar yaparak, bilim ve mühendislik uygulayarak, yönetmelik ve standartların gereksinimlerini karşıladığını göstermek yerine alternatif bir çözüm sunulur. Performansa dayalı tasarım, birkaç

aday tasarımı değerlendirerek, yangın güvenliğinden ödün vermeden uygun maliyetli bir tasarım seğmeyi mümkün kılmayı hedefler.

Hastane binaları acil durum tahliye olanakları bakımından, içerisinde bulundurduğu kullanicıların özel durumları sebebiyle diğer kullanım amaçlı binalara göre daha katı şartlara tabidir. Hastanelerde olası bir yangın durumunda kendi imknlarıyla çıkışlara ulaşılabilecek kişilerin yanı sıra bir veya daha fazla sayıda refakatçi eşliğinde tahliye edilmesi gereken hareket kabiliyeti kısıtlı hastalar, medikal gazlara ve diğer yaşam destek ünitelerine bağlı hastalar gibi kullanicıların da tahliyeleri düşünülerek tasarım yapılmalıdır.

Bu çalışmada hastane binaları hakkında öncelikle yerel yönetmelik olan Binaların Yangın Korunması Hakkında Yönetmelik(BYKHY-(09/07/2015)-29411, 2015) hükümleri açıklanacaktır. Bunun yanı sıra uluslararası standartların hastane binaları ile ilgili gereklilikleri incelenecektir. Sonrasında ise performansa dayalı tasarım kullanılarak çeşitli senaryolarda hastanede bulunan kullanicıların yangın ve duman maruziyetleri incelenerek sonuçlar yorumlanacaktır.

Binalarda yangından korunum sistemleri temelde aktif ve pasif yangından korunum sistemleri olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir. Pasif yangından korunum sistemleri arasında yangın tahliye yolları kapasiteleri ve yapısal özellikleri, yangın ve duman bölümlendirmesi, mimari uygunluk ve yapısal yangın dayanımı, yangın bölümleri arasındaki tesisat geçişlerinde uygulanan yangın durdurucu detaylar gösterilebilir. Aktif yangından korunum sistemleri ise yangın algılama ve ihbar sistemleri, otomatik ve manuel yangın söndürme sistemleri ve duman kontrol sistemleri başlıkları altında toplanabilir.

Bir binada yangın güvenliğinden bahsedilebilmesi için aktif ve pasif yangından korunum sistemleri birbirleri ile uyum içerisinde çalışacak şekilde tasarlanmış ve işletiliyor olmalıdırlar. Örneğin bir binada sağlanması gereken en fazla tahliye mesafeleri, o binada sprinkler(yağmurlama) sistemi bulunup bulunmamasına göre farklılık göstermektedir.

Çelik(2019) çalışmasında BYKHY ile NFPA101 gerekliliklerini kıyaslayarak, içerik ve detay açısından daha zengin olan NFPA101'den tasarım aşamasında faydalanılması gerektiğini savunmuştur [1].

Kaya(2019) yaptığı çalışmada yüksek binalarda yangın güvenlik tedbirleri konusunda simülasyon programı kullanarak farklı senaryoları modellemiş, aktif yangın güvenlik tedbirlerinin yangın ve duman yayılımına ve buna bağlı olarak can güvenliğine etkilerini incelemiştir [2].

Wei-Wen, Kuo-Hsiung, Che-Mingb(2011) mevcut küçük ölçekli bir hastane binasında performansa dayalı dizayn konusunu ele almıştır. Çalışmada hastanelerde yangın güvenliği sorunlarını irdelenmiş, yönergesel yaklaşımla tasarlanmış olan binaların, bu yaklaşımın doğası gereği binaya özgü değil genel hükümler içerdiğini ve yeterli esnekliği sağlayamadığı savunulmuştur. Performansa dayalı tasarım kullanılarak mevcut birçok hastanenin yangın güvenliği tedbirlerinin artırılacağı ve bu sayede mevcut küçük ölçekli hastaneler için en uygun maliyetli, sürdürülebilir ve yangına karşı güvenli çözümün elde edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır [3].

Chowdhury(2013) Hindistan'daki hastane binalarında çıkan yangınların nedenlerini incelemiş, birkaç yangın vakasından bir model oluşturulabilirse ve bunların temel nedeni tespit edilebilirse, uygun düzeltici önlemler ile benzer yangın olaylarının meydana gelmesinin önüne geçebileceğini öngörmüştür [4].

Bu çalışmada bir hastane binasında olası bir yangın incelenecek olup, aynı yangın dört farklı senaryo üzerinden irdelenerek, her bir senaryonun can güvenliği açısından artıları ve eksileri ortaya konulmaya çalışılacaktır. Çalışma kapsamında yangın dumanının görüş mesafesi ve dolayısıyla bina kullanıcıların binayı tahliye hızları üzerindeki etkisi de göz önünde bulundurulacaktır.

BÖLÜM 2. YANGINDA TAHLİYE BİLEŞENLERİ

Türkiye’de bulunan tüm binalar yangında tahliye olanakları bakımından BYKHY gerekliliklerini yasal olarak sağlamak zorundadır. Yine yönetmelikte belirtildiği üzere, yönetmelikte hakkında yeterli hüküm bulunmayan hususlarda öncelikle Türk standartları ve Avrupa standartları kullanılmalıdır. Yine yeterli bilgi edinilememesi durumunda ise uluslararası geçerliliği kabul edilen standartlar kullanılabilir [5].

BYKHY’e ek olarak genellikle başvuru ve tahliye konusuna dünyadaki en ayrıntılı olan ve dünya çapında geçerliliği bulunan standart NFPA 101’dir. Bu çalışmada öncelikle BYKHY gereklilikleri açıklanacak ve aynı zamanda NFPA 101 gereklilikleri ile kıyaslama yapılacaktır.

Kaçış yolları, bir yapının herhangi bir noktasından yer seviyesindeki caddeye kadar olan devamlı ve engellenmemiş yolun tamamıdır [5].

Tahliye konusu üç ana başlık altında incelenmelidir. Bunlar çıkışa ulaşım, çıkış ve çıkıştan tahliye olarak özetlenebilir.

2.1. Çıkışa Ulaşım

Çıkışa ulaşım kısmı bir binada her bir katta güvenli yangın hollerine ya da yangın merdivenlerine kadar olan ulaşımı kapsar ve çıkışa kadar en fazla seyahat mesafesi, tek yönde zorunlu seyahat mesafesi, çıkmaz koridor en fazla uzunluğu, çıkışa ulaşım koridoru yapısal özellikleri, çıkışa ulaşım yolu üzerindeki kapıların özellikleri, çıkışların birbirinden minimum uzaklığı gibi kriterleri içerir.

BYKHY’te Ek-5/B’de çıkışa ulaşım ile ilgili bilgiler verilmiştir. Türkiye’de mevcut ve yeni inşa edilecek her binada bu tabloda belirtilen en çok uzaklık değerlerinin sağlanması zorunludur.

Tablo 2.1. BYKHY Ek 5/B; Çıkışlara götüren en uzun kaçış uzaklıkları ve birim genişlikleri [5]

Kullanım Sınıfı	Tek yön en çok uzaklık(m)		İki yön en çok uzaklık(m)		Birim genişlik için kişi sayısı				Çıkmaz koridor en çok uzaklık(m)	
	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi	Kapı Açıklıklarında		Kaçış Merdivenlerinde	Rampalar ve Koridorlarda	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi
					Dışarı çıkış kapısı	Diğer kapılar ve koridor kapıları				
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
Yurtlar, Yatakhaneler	15	30	45	75	50	40	30	50	15	20
Mağazalar, Dükkânlar, 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 2.1.’de görüleceği üzere yağmurlama sistemi bulunmayan hastane binalarında tek yönde en çok seyahat mesafesi 15 m, iki yönde en çok seyahat mesafesi ise 30 m olabilir. Yağmurlama sistemi bulunan hastane binalarında ise tek yönde en çok seyahat mesafesi 25 m, iki yönde en çok seyahat mesafesi ise 45 m olabilir [5].

Aynı konu NFPA 101 standardında Tablo 2.2.’de özetlenmiştir.

Tablo 2.2. NFPA101 Table A.7.6; Tek yön, iki yön seyahat mesafeleri ve çıkmaz koridor limitleri [6]

Kullanım Sınıfı	Tek yön en çok uzaklık(m)		İki yön en çok uzaklık(m)		Çıkmaz koridor en çok uzaklık(m)	
	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi	Koridorlar Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi
Gün içinde tedavi yapılan sağlık yapıları(yeni)	23	30	46	61	6,1	15
Tam zamanlı bakım ve tedavi yapılan yapılar(yeni)	N/A	30	N/A	61	N/A	9,1

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere yeni hastane binalarında sprinkler sistemi bulunmayan durum için tek yön ve iki yön seyahat mesafeleri verilmemiştir. Bunun sebebi yeni inşa edilecek hastane binalarında yağmurlama sistemi yapılmasının zorunlu olmasıdır. Yağmurlama sistemi bulunan hastane binalarında tek yönde en çok seyahat mesafesi 30 m, iki yönde en çok seyahat mesafesi ise 61 m olabilir [6].

2.2. Çıkış

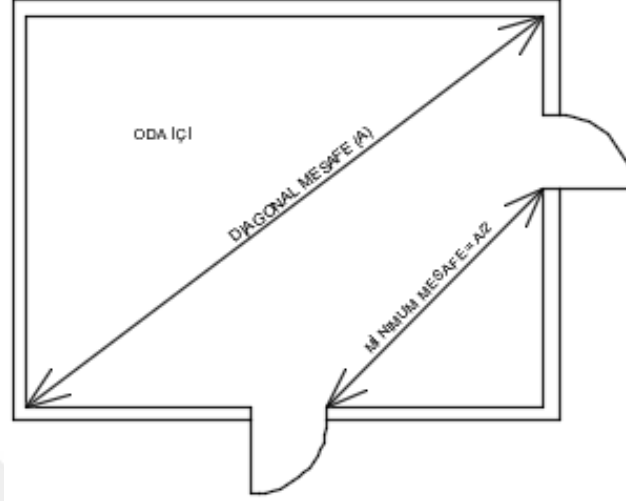
Tahliye bileşenlerinden olan çıkış bölümü yangın güvenlik holleri, yangın merdivenleri ve kapılardan meydana gelir. Bu başlık altında hol ve merdiven özellikleri, sahanlıklar, yer kaplamaları, basamak boyutları, trabzanlar gibi bileşenlerin özellikleri incelenir.

25 kişinin aşıldığı yüksek tehlikeli binalarda ve 50 kişinin aşıldığı her mekânda en az 2 adet çıkış tesis edilmelidir [5].

NFPA 101’de bu limit 49 kişi olarak belirlenmiştir [6]. İki veya daha fazla çıkış gereken mahallerde çıkışların birbirine alternatif oluşturabilecek şekilde yerleştirilmesi ilk önce dikkat edilmesi gereken husustur.

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 [5] [6].



Şekil 2.1. Çıkışların seperasyonu için diyagonal mesafe kuralı [2].

Çıkış kapıları minimum temiz genişliği 800 mm'den daha dar olamaz [5]. Kaçış merdivenlerinde sağlanması gereken özellikler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 2.3. BYKHY ve NFPA101'e göre kaçış merdiveni özellikleri [5], [6]

Kısım	Ölçü (mm)
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.

Her kaçış merdiveninin her iki yanında duvar, korkuluk veya küpeşte bulunması gerekir [5].

Küpeştenin merdiven zemininden ölçülen yüksekliği 865 mm ile 965 mm arasında olmalıdır [6].

Yangın güvenlik hollerinin taban alanı, 3 m²'den az, 6 m²'den fazla ve kaçış yönündeki boyutu ise 1.8 m'den az olamaz. Yangın güvenlik holü acil durum asansörüne de hitap ediyor ise en az 6 m² en çok 10 m² olabilir ve herhangi bir boyutu 2 metreden daha az olamaz. Yangın güvenlik holü kapıları 90 dakika yangın dayanımlı olmalıdır. Yangın kapıları genişliği minimum 80 cm, yüksekliği minimum 210 cm olacaktır. Kullanıcı yükü 50 kişiyi geçer ise kapılar kaçış yönünde açılacak şekilde olmalıdır. 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 olacaktır. Kapıların en çok 110 N kuvvet ile açılabilir yapıda olması gerekir. 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 [5].

2.3. Çıkıştan Tahliye

Çıkıştan tahliye, yangın merdiveninden çıktıktan sonra en yakın güvenli yola veya toplanma alanına ulaşana kadarki bölümü ifade eder. Yangın merdiveninden binayı tahliye eden insanların çıkıştan çıktıktan sonra tehlikeye maruz kalmadan ve sıkışmadan güvenli bir yola çıkması önemlidir. BYKHY'e göre; Kaçış merdivenlerinin kapasite ve sayı bakımından en az yarısının doğrudan bina dışına açılması gerekir. Kaçış merdiveninin, zemin düzeyindeki dışarı çıkışın görülebildiği ve engellenmediği hol, koridor, fuaye, lobi gibi bir dolaşım alanına inmesi hâlinde, kaçış merdiveninin indiği nokta ile dış açık alan arasındaki uzaklık, kaçış merdiveni bir kattan daha fazla kata hizmet veriyor ise 10 m'yi aşamaz. Yağmurlama sistemi olan yapılarda bu uzaklık en fazla 15 m olabilir. Dışa açık alanın, kaçış merdiveninin indiği noktadan açıkça görülmesi ve güvenli bir şekilde doğrudan erişilebilir olması gerekir. İç kaçış merdivenlerinden boşalan kullanıcı yükünü karşılayacak yeterli genişlikte dışa açık kapı bulunması şarttır [5].

2.4. Tahliye Kapasitesi

Yönetmelik ve standartlarda kullanıcı yükü hesaplamalarına göre binanın tahliye kapasitesi belirlenmelidir. Kullanıcı yükü hesabı kat bazında yapılmalıdır. 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 Ek5/A'dan alınacak değerler kullanılarak belirlenir.

Tablo 2.4. BYKHY Ek 5/A; Kullanıcı yükü katsayısı tablosu [5]

	Kullanım Alanı	m ² /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 yer alan kullanım alanlarında net alana, diğer satırlarda yer alan 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.		

Yukarıdaki tablodaki katsayılar göz önünde bulundurularak hesaplanan değerlere göre binanın kat bazında bulundurması gereken minimum kaçış yolu genişliği hesaplanır. Bu toplam kaçış yolu genişliği yeterli sayıda ve genişlikte kapı, merdiven ve koridorlar oluşturularak sağlanmalıdır.

NFPA 101’de ise hastane binaları için kullanıcı yükü tablosu aşağıdaki gibidir:

Tablo 2.5. NFPA101 Table 7.3.1.2; Kullanıcı yükü katsayısı tablosu [6]

	Kullanım Alanı	m ² /kişi
1	Yatarak tedavi edilen hasta bölümü	22,3
2	Uyuma bölümleri	11,1
3	Ayakta sağlık hizmetleri	14

2.5. Kaçış Yolu Aydınlatması ve Yönlendirmesi

Bir acil durum sırasında, binada bulunanların tahliyesinin güvenli bir şekilde yapılabilmesi için acil durum aydınlatma sistemi ve acil durum yönlendirme sistemi bulunmalıdır. Bu sistemler aşağıda belirtilen özelliklere haiz olmalıdır.

Acil durum aydınlatma sistemi;

Bir binada yaşanabilecek olası bir yangın ihtimali gözetilerek kaçış yolları her zaman açık, insan geçişinin etkileyecek şekilde engellenmemiş ve daraltılmamış olmalıdır. Kaçış yolları üzerinde depolama yapılmamalıdır. Çıkışların ve çıkışa ulaşım yollarının her an kullanılabilmesi için engellerden arındırılmış halde bulundurulması bina işletmecisinin sorumluluğundadır [5].

BYKHY’e göre; “Kaçış yollarında, kullanıcıların kaçışı için gerekli aydınlatmanın sağlanmış olması gereklidir. Acil durum aydınlatması ve yönlendirmesi için kullanılan aydınlatma ünitelerinin normal aydınlatma mevcutken aydınlatma yapmayan tipte seçilmesi hâlinde, normal kaçış yolu aydınlatması kesildiğinde otomatik olarak devreye girecek şekilde tesis edilmesi gerekir. Acil durum aydınlatma sistemi; şehir şebekesi veya benzeri bir dış elektrik beslemesinin kesilmesi, yangın, deprem gibi sebeplerle bina veya yapının elektrik enerjisinin güvenlik maksadıyla kesilmesi ve bir devre kesici veya sigortanın açılması sebebiyle normal aydınlatmanın kesilmesi hâllerinde, otomatik olarak devreye girerek yeterli aydınlatma sağlayacak şekilde düzenlenir. 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 her hangi bir noktada acil durum aydınlatma seviyesi en az 1 lux olacak şekilde yapılır. Acil durum çalışma süresi sonunda bu aydınlatma seviyesinin herhangi bir noktada 0,5lux'den daha düşük bir seviyeye düşmemesi gerekir. En yüksek ve en düşük aydınlatma seviyeleri arasında aydınlatma seviyesi oranının 1/40'dan fazla olmamalıdır. Bütün kaçış yollarında, toplanma için kullanılan yerlerde, asansörde ve yürüyen merdivenlerde, yüksek risk oluşturan hareketli makineler ve kimyevi maddeler bulunan 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 acil durum aydınlatması yapılması gereklidir. Acil durum aydınlatması, kendi akümülatörü, şarj devresi, şebeke gerilimi denetleyicisi ve lamba sürücü devresine sahip bağımsız aydınlatma armatürleri veya bir merkezi akümülatör bataryasından doğru gerilim veya bir invertör devresi aracılığı ile alternatif gerilim sağlayan bir merkezi batarya ünitesinden beslenen aydınlatma armatürleri ile sağlanmalıdır. Normal aydınlatma maksadıyla kullanılan aydınlatma armatürleri, acil durum dönüştürme kitleri doğrudan armatür muhafazasının içerisinde veya hemen yakınında monte edilerek ve gerekli bağlantılar yapılarak bağımsız acil durum aydınlatma armatürlerine dönüştürülebilir. Merkezi batarya veya jeneratörden beslenen acil aydınlatma sistemlerinde, merkezi ünite ile aydınlatma armatürleri arasındaki bağlantılar metal tesisat boruları içerisinde veya mineral izolasyonlu veyahut benzeri yangına dayanıklı kablolar ile yapılır. Kendi başlarına acil durum aydınlatması yapabilen aydınlatma armatürlerine yapılacak şebeke gerilimi bağlantıları normal aydınlatmada kullanılan tipte kablolarla yapılabilir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kaçış koridorları ve merdivenlerindeki acil aydınlatmanın, kendi başlarına çalışabilen bataryalı acil aydınlatma armatürleri ile sağlanması gerekir [5].”

Acil durum aydınlatma sistemi binanın elektriğinin kesilmesi veya deprem gibi durumlarda dış beslemenin kesilmesi durumunda otomatik olarak devreye girecek

yapıda olmalıdır. Acil durum aydınlatma sisteminin elektrikler kesildikten sonra en fazla 10 saniye içerisinde devreye girmesi gerekir.

Acil durum yönlendirme sistemi;

BYKHY'e göre; "Birden fazla çıkışı olan bütün binalarda, kullanıcıların çıkışlara kolaylıkla ulaşabilmesi için acil durum yönlendirmesi yapılır. Acil durum hâlinde, bina içerisinde tahliye için kullanılacak olan çıkışların konumları ve bina içerisindeki her bir noktadan planlanan çıkış yolu bina içindekilere gösterilmek üzere, acil durum çıkış işaretlerinin yerleştirilmesi gereklidir. Kullanılacak acil durum yönlendirme işareti içten aydınlatmalı veya dışarıdan acil durum aydınlatma armatürleri tarafından aydınlatılan tipte olabilir. 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 gereklidir. 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. Kaçış yollarında yönlendirme işaretleri dışında, kaçış yönü ile ilgili tereddüt ve karışıklık yaratabilecek hiçbir ışıklı işaret veya nesne bulundurulamaz. Yönlendirme işaretlerinin hem normal aydınlatma ve hem de acil durum aydınlatma hâllerinde kaçış yolu üzerinde bütün erişim noktalarından görülebilir olması gerekir. Dışarıdan aydınlatılan yönlendirme işaretleri aydınlatmasının, görülebilen bütün doğrultularda en az 2 cd/m² olması ve en az 0.5 değerinde bir kontrast oranına sahip bulunması gereklidir [5]."

BÖLÜM 3. HASTANE BİNALARI İÇİN ÖZEL ŞARTLAR

Hastane binaları BYKHY'e göre Orta Tehlike 1 sınıfına girmektedir [5]. Bu açıdan bakıldığında hastaneler için öngörülen yangın riski oteller, okullar, ofisler gibi bina sınıflarıyla aynıdır. Hastaneler için farkı yaratan durum ise bina kullanıcılarının yukarıda saydığımız diğer binaların kullanıcılarına göre daha savunmasız pozisyonda olmalarıdır.

Hastaneler içerisinde bulundurduğu yaşam destek ünitesine bağlı, medikal gazlara muhtaç, hareket kabiliyetleri sınırlı vb. hastalar nedeniyle yangından korunum sistemleri bakımından kritik binalardır. Bu bakımdan gerek yurt içi standart ve yönetmeliklerde, gerekse de uluslararası standartlarda hastane binaları için birtakım özel şartlar talep edilmektedir.

3.1. BYKHY Gereklilikleri

Hastaneler BYKHY'e göre kurumsal binaların sağlık hizmeti amaçlı binalar sınıfına girmektedir. Bedensel veya zihinsel bir hastalığın veya yetersizliğin tedavisinin veya bakımının yapıldığı veyahut küçük çocuklar, nekahet hâlindeki kişiler veya bakıma muhtaç yaşlıların bakımları için kullanılan ve dört veya daha fazla kişinin yatırılabilirdiği binaları veya binaların bu amaçla kullanılan bölümleri sağlık hizmeti amaçlı binalar sınıfında değerlendirilmektedir. Hastaneler, huzurevleri, çocuk bakım ve rehabilitasyon merkezleri, dispanserler ve benzeri yerler bu sınıfa girer. Sağlık ocakları, özel klinikler, revirler, teşhis ve tedavi merkezleri ve tıbbi laboratuvarlar da bu sınıftan sayılır [5].

BYKHY'te binalarda olması gereken en fazla kompartıman alanları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Bu tabloya göre hastane binalarında en fazla kompartıman alanı

1500 m²'dir. Ancak binada uygun yangın kontrol sistemleri(otomatik algılama, yağmurlama sistemi, duman tahliye sistemi ve benzeri) yapılmış ise kompartıman alanı 2 katına çıkarılabilir. Buna göre bu sistemlerin bulunduğu hastane binalarında en fazla kompartıman alanı 3000 m² olabilir [5].

Tablo 3.1. BYKHY Ek 4; Binalarda en fazla kompartıman alanları [5]

Bina kullanım sınıfları			En fazla kompartıman alanı (m ²)
1	Konutlar		sınırsız
2	Konaklama		4000 ⁽¹⁾
3	Kurumsal Binalar	Sağlık hizmeti amaçlı binalar	1500 ⁽¹⁾
		Eğitim tesisleri	6000 ⁽²⁾
4	Büro Binaları		8000 ⁽¹⁾
5	Ticaret Amaçlı Binalar ⁽⁴⁾		2000 ⁽²⁾
6	Toplanma Amaçlı Binalar	Yeme içme	4000 ⁽²⁾
		Eğlence	
		Müzeler ve sergi yerleri	
		Diğer toplanma amaçlı binalar	6000 ⁽²⁾
7	Endüstriyel Yapılar	Orta Tehlike-3 ve üstü (Bkz. Ek-1)	6000 ⁽²⁾
		Orta Tehlike-1 ve Orta Tehlike-2 (Bkz. Ek-1)	15000 ⁽³⁾
8	a) Depolar	Orta Tehlike-3 ve üstü (Bkz. Ek-1)	1000 ⁽²⁾
		Orta Tehlike-1 ve Orta Tehlike-2 (Bkz. Ek-1)	5000 ⁽³⁾
	b) Kapalı Otoparklar		Sınırlama yok

Not :

(1) Binalarda uygun yangın kontrol sistemleri (otomatik algılama, yağmurlama sistemi, duman tahliye sistemi ve benzeri) yapılmış ise kompartıman alanı 2 katına çıkarılabilir.

(2) Binalarda uygun yangın kontrol sistemleri (otomatik algılama, yağmurlama sistemi, duman tahliye sistemi ve benzeri) yapılmış ise kompartıman alanı sınırsızdır.

(3) Bina tek katlı ise sınırlama yoktur. Binalarda uygun yangın kontrol sistemleri (otomatik algılama, yağmurlama sistemi, duman tahliye sistemi ve benzeri) yapılmış ise kompartıman alanı sınırsızdır.

(4) Sebze ve meyve halleri, balık halleri, et borsaları, metal yedek parça bulunan yerler ile benzeri yerler hariç.

Sağlık yapıları kapsamında olan; hastanelerde, yaşlılar için dinlenme ve bakım evleri ve bedensel ve zihinsel engelliler için olan bakım evlerinde aşağıda belirtilen şartlara uyulmalıdır;

- Kullanıcı yükü 15 kişiyi aşan herhangi bir hasta yatak odası veya süit oda için birbirinden uzakta konuşlandırılmış 2 kapı bulunması gerekir.
- Hastanelerin ve bakımevlerinin 300 m²'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 $2,8 \text{ m}^2/\text{kişi}$ olarak dikkate alınır. Hastanelerde koridor genişlikleri 2 m'den az olamaz [5].

Yangına en az 60 dakika dayanıklı ve duman geçişi önlenmiş yatay tahliye alanı sağlanan hastane gibi yerlerde kaçış uzaklığı, yatay tahliye alanına götüren koridorun çıkış kapısına kadar olan ölçüdür. Her yatay tahliye alanından en az bir korunumlu kaçış yoluna ulaşılması gerekir [5].

Görülebileceği üzere BYKHY'te hastane binaları için özel gereklilikler sınırlıdır. Bu sebeple daha geniş kapsamlı ve daha detaylı olan NFPA 101 ve hastane binası tasarımını her yönüyle ele alan NFPA 99 standartlarının tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması; gerekli tedbirlerin uygun şekilde alınabilmesi ve yapılan uygulamaların doğruluğu açısından önem arz etmektedir.

3.2. NFPA 101 Gereklilikleri

Diğer birçok bina ve kullanım gruplarından farklı olarak, bir hastane binasında en az istenen acil durum, hastaların toptan taşınması veya tahliyesidir. Bu nedenle “yerinde savunma” stratejisi kullanılması tercih edilmektedir.

Yerinde savunma stratejisi "toplam konsept" yaklaşımı kullanılarak uygulanır. Buna göre hastaneler ve diğer sağlık hizmeti amaçlı binalar, bina sakinlerinin tahliyesini gerektiren bir yangın acil durumu olasılığını en aza indirecek şekilde tasarlanmalı, inşa edilmeli, gerekli bakımları muntazam yapılmalı ve işletilmelidir. Binanın tahliyesi noktasında hastane kullanıcılarının güvenliği yeterince sağlanamadığından, yangından korunumun sağlanabilmesi için eğitilmiş personel kullanımı, yangın durumunda hizmet edecek sistemlerin düzgün kurulumu ve aşağıdaki maddelerde belirtilen işletme ve bakım prosedürlerinin geliştirilmesi gereklidir:

- Tasarım, imalat ve kompartımantasyon
- Yangın algılama, ihbar ve söndürme sistemleri

- Yangın önleme prosedürleri ve yangının izole edilmesi, bina kullanıcılarının sığınma alanlarına nakledilmesi veya binanın tahliyesi için planlama, eğitim ve tatbikat programları [6].

Hastaların bir sağlık tesisindeki düşey tahliyesi, verimsiz ve zaman alıcı bir süreçtir. Özellikle kritik bakım alanlarındaki hastalar(yoğun bakım, ameliyathane vb.) yaşam destek ekipmanına bağlıdırlar; bu da hastanın hareketini zorlaştırır ve bazı durumlarda imkânsız hale getirebilir. Bu nedenle, bina kullanıcılarının düşeyde tahliyesini zorunlu hale getirecek bir yangın olasılığını en aza indiren bir yerinde savunma stratejisi uygulanmalıdır. Hastaların tek bir kat seviyesindeki güvenli alanlara yatayda tahliyesini sağlamak ve herhangi bir yangına maruz kalan bina kullanıcılarının sayısında yönetilebilir ve başa çıkılabilir bir sınır sağlamak için yangın bariyerlerine ihtiyaç vardır. Düşeyde tahliye olanakları (özellikle merdivenler), hastaların yer değiştirmesiyle doğrudan ilgisi olmayan, ziyaret için orada bulunan insanlar ile hastaların tahliyesinde direkt rol almayan hastane personeli için tahliye olanağı olarak düşünülürken, hastaların tahliyesi için ise son çare olarak düşünülmelidir.

Yatayda tahliye kavramı;

Yatayda tahliye kısaca, olası bir yangın durumunda bina kullanıcılarının aynı katta bulunan yangın dayanımlı komşu kompartımana geçerek tahliye edilmesi ve belirli bir süre bu kompartımanda güvende olacak şekilde bekleyebilmesidir denilebilir. Bu sayede düşeyde tahliyenin mümkün olmadığı veya çok zor uygulanabileceği binalarda alternatif bir tahliye metodu olarak vazife görür.

Yatay çıkışlar, duman bariyerleri üzerinde yer alan kapılardan çıkışla karıştırılmamalıdır. Duman bariyerlerindeki kapılar sadece dumana karşı geçici koruma sağlamak için tasarlanmıştır; yatay çıkışlar ise dumandan anında koruma sağlamanın yanı sıra nispeten uzun bir süre yangına karşı koruma sağlar. Böylece yangın kontrol altına alınıncaya kadar bina kullanıcılarının güvende kalması sağlanabilir.

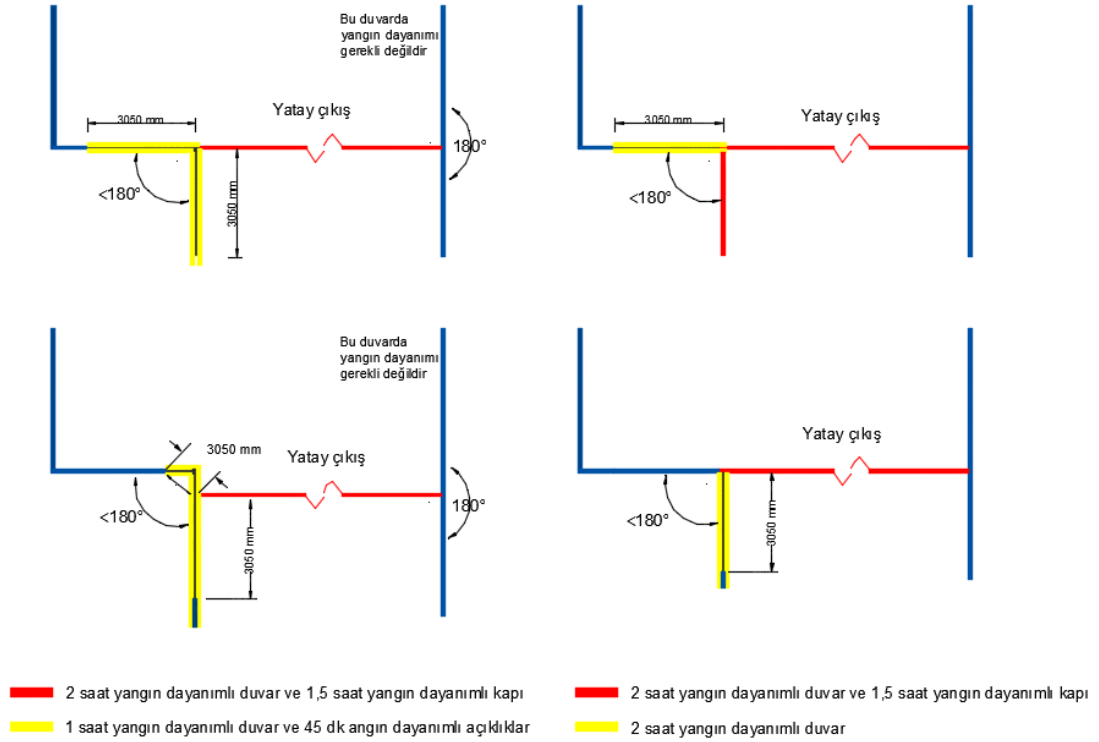
Yatay çıkış, bir bina bölümünden başka bir bina bölümüne geçiş sağlayan yangına dayanıklı kapılar ve yangına dayanıklı duvarlardan oluşan bir yapıdır; her alan, diğer bölmeden bağımsız bir yangın kompartımanıdır. Bunun yanı sıra, yatay bir çıkış tek bir binayla sınırlı kalmayabilir. Bir binadan diğerine köprü olarak da kullanılabilir. Köprü ve balkon gibi yapısal elemanlar bazen bir kompartımandan diğerine geçişte kullanılabilirler [6].

Herhangi bir alan, yatay çıkışın her iki tarafında bir kullanıcı sığınma alanı olarak kullanılmadan önce belirli kriterleri karşılamalıdır. Böyle bir alan, binanın geri kalanından en az 2 saat yangına dayanıklı bariyerleriyle ayrılmış olsa bile, en az bir standart çıkış türü (ek bir yatay çıkış değil) olmadıkça yatay bir çıkış olarak kullanılamaz. Örneğin binanın 4. katında, içerisinde korunumlu yangın merdiveni bulundurmayan bir yatay tahliye alanı oluşturulamaz. Ancak bu merdivenin katta bulunan tüm kullanıcıların tahliye edilebileceği kapasitede boyutlandırılması gerekli değildir, kaçış yollarının boyutlandırılması katın tümü ve tüm çıkış imkânları göz önünde bulundurularak tasarlanır. Yatay tahliye alanından gerektiğinde güvenle dışarıya ulaşılacak çıkış yollarının sağlanmış olması gereklidir. Her bir ayrılmış bölümün veya bölmenin tamamen ayrı tek katlı bir bina gibi tasarlanması yeterlidir. Yatay çıkıştaki kapıdan geçiş noktası, bir dış çıkış kapısından geçişmiş gibi muamele görür. Her bölme için çıkış kapasitesi, kimse ayrılmadan ve komşu bölmeden herhangi biri gelmeden önce bölmedeki kullanıcı yükünü karşılayabilecek şekilde hesaplanır [6].

Buna ek olarak, oluşturulacak kompartıman, hem yangının çıktığı bölmenin hem de yangın olmayan bölmenin sakinleri için kişi başına 0,28 m² zemin alanı sağlayacak kadar büyük seçilmelidir [6].

Yatay bir çıkışın doğası, psikolojik rahatlık sağlayacak şekildedir. Yangından uzak bir alanda veya binada tutulmak, bina sakinlerini rahatlatır, panik oluşmasını engeller ve düzensiz hareketleri önler [6].

Yatay tahliye olanağı olarak hizmet edecek duvarlar en az 120 dakika, bu duvarlar üzerinde bulunan kapılar ise en az 90 dk yangın dayanımlı olmalıdır. Bu duvarda gerçekleştirilecek tüm tesisat(mekanik veya elektriksel) geçişleri, uygun tipte yangın durdurucu uygulamalarla kapatılarak duvarın yangın dayanımını koruması sağlanacaktır. Kanal geçişlerinde yangın damperi kullanılmalıdır [7].



Şekil 3.1. Yatay bir çıkışa bitişik bina dış duvarlarının özellikleri [6]

Mevcut yatay çıkışlar dışındaki yatay çıkışlara hizmet eden yangın bariyerlerinin dış duvarlarda son bulması ve dış duvarların yatay çıkışın her iki yanında 3050 mm'lik bir mesafe için 180 dereceden daha az bir açıda olması halinde, dış duvarlar aşağıdaki yöntemlerden biri ile korunmalıdır:

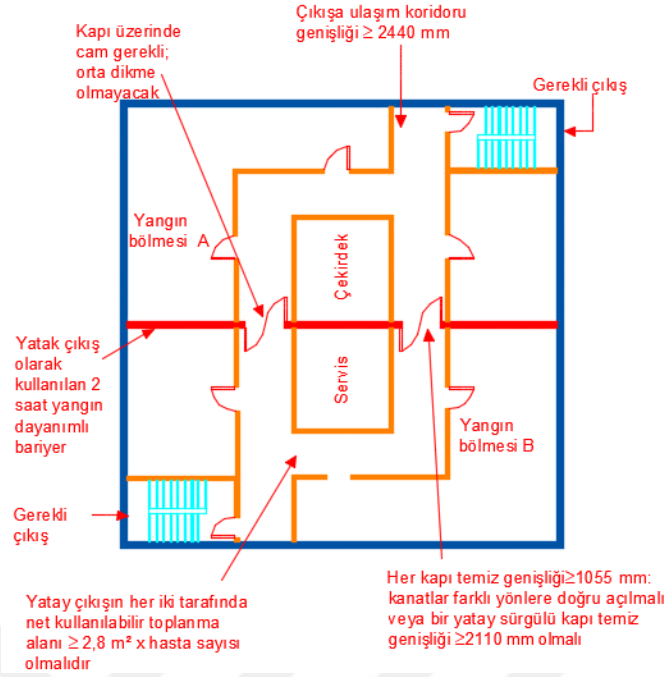
- Yatay çıkışın her iki yanında 3050 mm mesafe içinde dış duvarlar en az 1 saat, açıklıklar ise en az 45 dakika yangın dayanımlı olmalı
- Dış duvarlardan biri, yatay çıkış ile kesişme noktasından 3050 mm'lik bir mesafe için minimum duvarlarda en az 2 saat, açıklıklarda ise en az 90 dakika yangın dayanımlı olmalı [6]

Bu gereklilik yangının komşu yangın kompartımanına yayılma ihtimalini engelleyebilmek adına, yatay çıkış duvarının binanın dış duvarıyla birleştiği yerde ek koruma sağlanması içindir. Yatay çıkışın her iki tarafındaki bina duvarlarının birbirini 180 dereceden daha az bir açıyla komşu olduğu durumlarda ek koruma gereklidir [6].

Yatay tahliye bölmeleri arasında yer alacak duvar üzerinde bulunacak kapılar en az 90 dakika yangın dayanımlı ve duman sızdırmaz olmalıdır. Kapılarda otomatik kapanma düzeneği bulunmalıdır. Operasyonel nedenlerle, özellikle koridorlar gibi normal zamanlarda da yoğun kullanılan yollar üzerindeki kapılar manyetik tutucular vasıtasıyla açık tutulabilirler. Ancak alarm durumunda, binanın yangın algılama ve ihbar sistemine bağlı bir kontrol modülü vasıtasıyla bu manyetik tutucuların enerjisi kesilerek manyetiklik özelliklerini kaybetmesi ve dolayısıyla kapıların kapanması sağlanmalıdır.

Yatak odalarından çıkışa ulaşım yolu üzerindeki kapılar ile röntgen odası, ameliyathaneler veya fizik tedavi odası gibi teşhis ve tedavi alanlarındaki kapılar için minimum temiz genişlik 1055 mm olabilir [6].

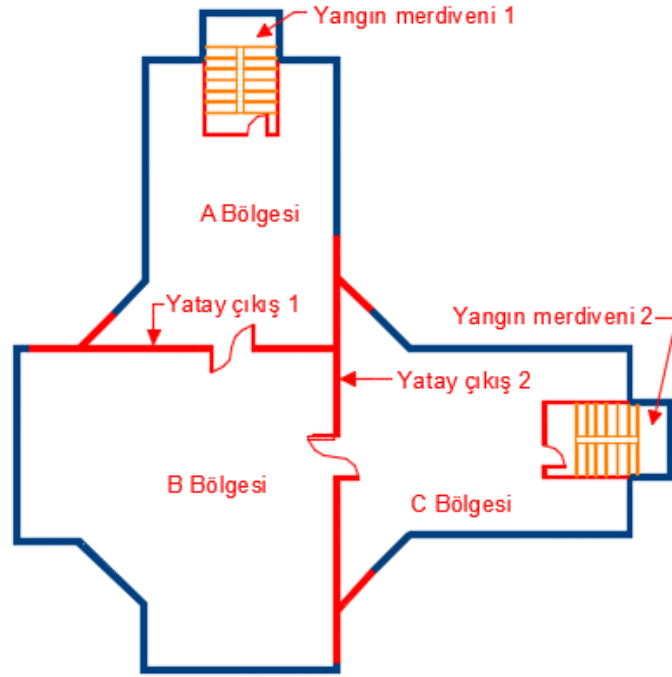
Hastanelerde yatarak tedavi gören hastaları odalardan veya tutuldukları bölümlerden çıkışlara ulaştıran koridorların temiz genişliği en az 2440 mm olabilir. Yatarak tedavi görenlerin kullanımına açık olmayan alanlarda, kullanıcıların yardıma ihtiyaç duymadan çıkışlara ulaşabileceği yerlerde(örneğin idari ofislerin bulunduğu kısımlar) en az 1120 mm'lik minimum koridor genişliğine izin verilmektedir. Çıkılmaz koridor uzunluğu en fazla 9,1 m olabilir [6].



Şekil 3.2. Yeni genel hastanede veya huzurevinde yatay çıkış [6]

Her katta kullanıcı sayısına bağlı olmak üzere en az 2 alternatif çıkış imkânı bulunmalıdır. Kullanıcı yükü 500 kişinin üzerindeyse en az 3, 1000 kişinin üzerinde ise en az 4 alternatif çıkış imkânı bulunmalıdır. Her yangın kompartımanının en az 2 alternatif çıkışa ulaşılabilmelidir. Her kompartıman içerisinde merdiven bulunması zorunlu değildir. Farklı yangın kompartımanlarına geçerek çıkışa ulaşım sağlanan 2 merdivene ulaşılabilir olması yeterlidir [6].

Şekil 3.3.'teki örnekte 3 komşu alanın her biri için 2 alternatif çıkış bulunmaktadır. Merdivenlerin yanı sıra yatayda tahliye duvarları üzerinde bulunan kapılar da çıkış olarak değerlendirilir.



Şekil 3.3. Katın her yerinden erişilebilen en az iki çıkış [6]

Taban alanı 93 m^2 'den fazla olan hasta yatak odalarında en az 2 alternatif çıkış kapısı bulunmalıdır. Taban alanı 230 m^2 ve üzerinde olan herhangi bir bölümde de en az 2 alternatif çıkış kapısı bulunması gereklidir. Kapıların birbirlerine alternatif olabilmeleri için birbirinden oda diyagonal mesafesinin $1/3$ 'ünden daha yakın olacak şekilde yerleştirilmemeleri gerekmektedir [6].

Yatay çıkış kapısının her iki tarafında duman dedektörü ve manuel yangın ihbar butonu bulunmalıdır [8].

Yatay çıkış kapısının her iki tarafında yangın hortum tesisatı sağlanmalıdır [9].

Bina tümüyle sprinkler(yağmurlama) tesisatı ile korunmalıdır. Tüm yangın kompartımanlarının sprinkler beslemesi ayrı kolondan ve kendi zonu içerisinden olmalıdır. Her zonda ayrı üfleme ve emiş menfezleri bulunacak şekilde duman tahliye sistemi bulunmalıdır. Kompartıman duvarını geçen tesisatlarda yangın durdurucu detaylar uygulanmalıdır, kanal geçişi var ise yangın damperi konulmalıdır [10].

Bina içinde oksijen, azot protoksit vb. medikal gazlar depolanan odaların, binanın diğer kısımlarından en az 60 dk yangın dayanımlı olacak şekilde ayrılması gerekir. Bu odaların kapı, pencere vb. açıklıkları en az 45 dk yangın dayanımlı olmalıdır. Odanın iç kaplamaları yanmaz veya sınırlı yanıcı malzemeden olmalıdır.

Tüm medikal gaz silindirleri(kullanımda olan, kullanımda olmayan, dolu, boş) düşmemesi için raflara konulmalı ya da zincirler veya diğer bağlantı elemanları ile sabitlenmelidir. Kullanılan raflar ve destek elemanları yanmaz veya limitli yanıcı malzemeden imal edilmiş olmalıdır. Binanın her bir yangın kompartımanına medikal gaz beslemeleri ayrı kolondan ve kendi zonü içerisinde olmalıdır [10].

Yangın durumunda hastaların korunması;

Olası bir yangın durumunda her hastane binasında kendine has tedbirler almak gerekebilmekle beraber, çoğu tedbir tüm hastaneler için ortak olarak değerlendirilebilir. Yangının fark edilmesinden sonra personel ivedi olarak aşağıdaki aksiyonları uygulamalıdır:

- Eğer herhangi bir kişi yangına maruz kalmışsa, görevli hem yangını bildirmeli hem de yaralıya ilkyardım yapılması gerektiğini belirtecek şekilde yüksek sesle anons yapmalıdır.
- Bölgedeki herhangi bir kişi, yüksek sesle yapılan anonsu duyduğunda, en yakın yangın ihbar butonunu kullanarak bina yangın alarmını devreye sokmalıdır.
- Eğer yangına maruz kalan biri yoksa görevli en yakın yangın ihbar butonunu kullanarak bina yangın alarmını devreye sokmalıdır.
- Personel, alarm sinyali duyduktan sonra, binanın yangın güvenliği planında belirtilen görevlerini derhal yerine getirmelidir.
- Acil durum anons sistemi üzerinden sesli anons yapılarak yangının çıktığı lokasyon bildirilmelidir.

- Şifrelenmemiş bir alarm sistemi ile donatılmış bir binada, yangın mahali ile ilgili olarak tesisin telefon operatörünü derhal bilgilendirmek, yangının çıktığı katta bulunan personelin sorumluluğunda olmalıdır.
- Katlarda yangın ihbarı için kullanılan telefon sistemi olan binalarda herhangi bir kattaki acil durum telefonundan yangın ihbarı gelmesi halinde, operatör bunu yangın algılama sisteminden gelen bir alarm gibi değerlendirilmeli ve bina yangın alarmını devreye sokmalıdır.
- Eğer bina yangın alarm sistemi devre dışı ise, yangını tespit eden personel yangın algılama ve ihbar sistemi ana kontrol panelinin bulunduğu odada konumlanan güvenlik görevlisi, bina teknik personeli vb. kişilere haber vermelidir. Bu kişi de yangın bilgisini itfaiyeye iletmeli ve binada bulunanları uyarmalıdır [6].

Yukarıda bahsedilen aksiyonların sağlıklı bir şekilde yerine getirilebilmesi ancak belli şartların sağlanması durumunda gerçekleşebilir. Öncelikle bina için kapsamlı bir yangın acil durum eylem planı hazırlanmış olmalıdır. Bu plan kapsamında yapılması gereken işler belirlenmeli ve yeterli sayıda personel ile yangın söndürme ekibi, kurtarma ekibi, ilkyardım ekibi ve koruma ekibi oluşturulmalıdır. Bu ekipleri meydana getirecek personelin periyodik eğitimlere tabii tutularak ve tatbikatlarla desteklenerek her zaman müdahaleye hazır durumda olmaları sağlanmalıdır.

Ameliyat odalarında yapılacak yangın ihbarında, sorumlu cerrah inisiyatif kullanabilir. Buna göre, binada genel alarm devre girmiş olsa dahi ameliyathanede bulunan bir ek panel vasıtasıyla yangın ihbarı iptal edilerek ameliyata devam etmeye karar verebilir. Bu opsiyon özellikle yarım bırakılamayacak kritik ameliyatlarda esnasında uygulanmaktadır [8].

3.3. Hastane Binalarını Diğer Binalardan Ayıran Etmenler

Hastane binalarını diğer binalardan ayıran en önemli faktör, içerisinde bulunan kullanıcıların durumudur. Hastane binalarında yoğun bakımda medikal ekipmanlara ve gazlara bağlı hastalar, entübe hastalar, narkoz etkisinde bulunan hastalar, yatağa

bağımlı hastalar, hareket kabiliyeti kısıtlı hastalar, tek başına tahliye olamayacak olan hastalar, ayakta tedavi edilen hastalar, muayene için gelmiş hastalar, ziyarete gelmiş olan hasta yakınları ve refakatçiler, hastane sağlık personeli, hastane güvenlik personeli, hastane teknik ve temizlik personeli, idari personel vb. bulunabilir.

Burada saydığımız bina kullanıcılarından ayakta tedavi edilen hastalar, muayene hastaları, ziyaretçiler, refakatçiler ve hastane personelleri dışında kalanlar olası bir acil durumda tahliye konusunda yardıma muhtaç kişilerden oluşmaktadır ve sayıları bir hayli fazla olabilir. Öte yandan ziyarete gelmiş hasta yakınları da binayı çok iyi tanımamaları sebebiyle yangın durumunda risk grubunda yer alacaktır.

Hastaların çoğu yaşam destek ekipmanlarına bağlı ve güvenli tahliye için dışarıdan yardıma ihtiyaç duyabilecektir. Bu nedenle, kısmi olabilecek güvenli tahliyeye, yani yangının çıktığı kattaki hastaları ve yangın katının üstündeki ve altındaki katlardaki hastaları hareket ettirme veya tamamen tahliye, yani tüm bina kullanıcılarının güvenli tahliyesi için özel dikkat gösterilmelidir.

Hastanelerde elektrik tesisatı, elektriksiz ekipmanlar, çamaşırhane, ısıtıcılar, sterilizasyon alanları gibi yangın kaynağı olabilecek yerler ile buralarda bulunabilecek etilen, kloroform, eter, etil alkol, siklopropan ve sıvı oksijen gibi yanıcı ve yangını büyütme potansiyeli olan materyallerin bol miktarda bulunması hastane binalarını diğer binalardan ayıran etmenlerden bir diğeridir. Bu sebeple hastane binalarında bu tip ekipmanların yangın güvenliği için ekstra tedbirler alınması istenmektedir [10].

Yüksek basınçlı medikal gaz tesisatlarında kullanılacak basınç düşürücü ekipmanlar ve göstergeler bu tip bir kullanım için listelenmiş ürünler olmalıdır. Yüksek basınçlı tüplerin çıkışında, silindir basıncını çalışma basıncına düşüren onaylı regülatörler kullanılmalıdır. Bu tür tüm cihazların bağlantıları, sadece hitap ettikleri silindire bağlanacak şekilde tasarlanmalıdır [10].

Dolu silindirler ve konteynerler diğerlerinden ayrı tutulmalıdır. Silindirler bir açık alanda veya yanıcı olmayan ya da sınırlı yanıcı olan konstrüksiyona sahip kapalı bir iç mekânda, yetkisiz girişlere karşı korunabilen kapıya sahip yerlerde tutulmalıdır. Oksijen ve azot protoksit gibi oksitleyici gazlar, diğer yanıcı gaz, sıvı veya buhar ile aynı ortamda birlikte depolanmamalıdır. Oksijen ve azot protoksit gibi oksitleyici gazlar, aşağıdakilerden biri ile diğer yanıcı maddelerden ayrılmalıdır:

- En az 6,1 m uzaklıkta,
- Depolama yapılan alanın tamamı NFPA13'e göre tasarlanmış sprinkler sistemine sahipse en az 1,5 m uzaklıkta,
- Tümü NFPA13'e göre tasarlanmış sprinkler sistemine sahip oda içerisinde, NFPA30 veya NFPA55'e göre imal edilmiş bir dolap içerisinde [10].

Basınçlı gazlar ve uçucu sıvılar için kaplar içeren silindirler, radyatörlerden, buhar borularından ve benzeri ısı kaynaklarından uzak tutulmalıdır. Kaplar sıkıca kapalı bir alanda saklanmamalıdır. Kullanımda olan ve depolanan silindirlerin 52°C sıcaklığa ulaşması engellenmelidir [10].

Oksijen, azot protoksit ve bu gazların karışımlarının bulunduğu bina içindeki mekânlar aşağıdakilerle bağlantılı olmayacaktır:

- Yoğun bakım alanları
- Orta derecede sedasyon, yoğun sedasyon veya genel anestezi uygulanan anestezi yerleri
- Yanıcı maddelerin depolandığı yerler
- Açık elektrik kontakları veya transformatör içeren odalar
- Yanıcı veya parlayıcı sıvılar için depolama tankları
- Motorlar
- Mutfaklar
- Açık alev bulunan alanlar [10]

BÖLÜM 4. PERFORMANSA DAYALI TASARIM

Yönetmelik ve standartların kesin bir şekilde çerçevesini oluşturduğu yönergesel yaklaşımda, mühendis ve mimarların tasarım ve imalat özgürlüğü sınırlıdır. Bu yönergesel tasarımın bir dezavantajı olarak değerlendirilebilir. Diğer konuların yanı sıra, bina yükseklikleri, taban alanları, yangından korunma sistemleri, tahliye planları ve alt sistemler (elektrik, mekanik ve sıhhi tesisat), zaman zaman hem tasarım hem de imalatta yaratıcılığı engelleyen yerel ve uluslararası yönetmelik ve standartların kuralları dâhilinde yapılmalıdır. Bina sahipleri, mimarlar, tasarımcılar ve mühendisler, projelerini tamamlamak ve can güvenliği ve yangından korunma hedefini karşılamak için bu düzenlemelere uymalıdır.

Yönergesel tasarımın bir diğer dezavantajı da genellikle yapılacak işin maliyetinin yüksekliğidir. Günümüzde maliyetler, belki de her zamankinden daha çok dikkat edilmesi gereken konuların başında gelmektedir. Performansa dayalı tasarımda bir binanın spesifik özellikleri göz önünde bulundurularak çalışma yapılabilen ve bölüm bölüm farklı yangından korunum sistemlerinin gereklilikleri irdelenebilmektedir. Bu durumda daha riskli bir bina bölümünde alınması gereken ek tedbirler ile az riskli bir bölümde alınması gereken tedbirler farklılık gösterebilmektedir.

Bazı durumlarda yönergesel yaklaşıma tam olarak uygun olacak şekilde tasarım yapabilmek neredeyse imkânsızdır. Bu konuda en çok karşılaşılan örneklerden bir tanesi şu şekildedir:

BYKHY gereğince endüstri amaçlı binalarda iki yönde en fazla tahliye mesafesi 60 m olabilmektedir. 200 m'ye 200 m ölçülerinde bir fabrika binasında, herhangi bir makine yerleşimi vb. olmaksızın kuş uçuşu bakılsa dahi binanın orta kısmında

bulunan bir kişinin 60 m içerisinde bir çıkışa ulaşabilmesi mümkün değildir. Bunu sağlayabilmek adına yangına dayanıklı kaçış tünelleri oluşturularak bu tünellerin son çıkış kapısına kadar devamlılığını sağlamak bir çözüm olabilir. Ancak bunu birçok farklı noktadan yapmak fabrika düzenini bozacak ve işletmeler açısından çok önemli bir konu olan mevcut alanın en efektif şekilde kullanılmasını engelleyecektir.

Bu konuda bir başka örnek de ceza ve tutukevleri ile adliye binalarıdır. Bu binalarda hükümlü veya tutuklu yargılanmakta olan kişilerin tutuldukları bölümlerde tahliye mesafesi limitlerine, güvenlik sebebiyle çoğu zaman uyulamamaktadır.

Endüstriyel tesisler gibi, içerisinde tesisi tanımayan, çıkış yollarına hakim olmayan insan bulunma ihtimalinin düşük olduğu binalarda bilgisayar destekli simülasyon programlarıyla hazırlanacak yangın simülasyonları sayesinde yangın durumunda insanların dumandan etkilenme oranları ortaya konulabilir ve belki de 100-150 m gibi mesafelerde dahi insanların güvenli bir şekilde çıkışlara ulaşabileceği gösterilebilecektir.

Performansa dayalı tasarım kısaca; kabul edilen yangın güvenliği amaç ve hedeflerine, yangın senaryolarının belirleyici ve/veya olasılıklı analizine, kabul gören mühendislik araçlarını, metodolojilerini ve performans kriterlerini kullanarak yangın güvenliği amaç ve hedeflerine göre tasarım alternatiflerinin nicel değerlendirmesi olarak tanımlanabilir [11].

Burada 4 tür performanstan bahsedilebilir [12];

Eleman performansı; kapılar, yapısal çerçeve veya yangın algılama gibi bireysel koruma sistemleri gibi münferit bina sistemleri veya bileşenlerinin yangında amaçlanan performansını tanımlar. Burada tek tek sistemler ve onların bileşenleri olan elemanların performanslarının diğer sistem veya bileşenlerin performanslarını nasıl etkileyebileceği veya onlardan nasıl etkilenebileceği dikkate alınmadan ayrı ayrı tasarlanır. İstenen performans karşılayan her bir sistem veya bileşen kabul

edilebilir olarak değerlendirilir. Buna bir örnek, bir yağmurlama sisteminde kullanılan tek bir yağmurlama başlığı olabilir.

Yağmurlama başlığı tasarım standartları ve onay mercileri, belirli yağmurlama başlığı maksimum aktivasyon sıcaklığı ve termal tepki özellikleri gerektirebilir. Tanımlanan performansı karşılayan herhangi bir sprinkler kabul edilebilir olarak değerlendirilir [13].

Çevresel performans; bir bina veya binanın bir kısmı içinde izin verilen maksimum yangın koşullarının belirlenmesini içerir. Çevresel koşulların spesifikasyonu sıcaklık, ısı akısı veya yanma sonucu ortaya çıkan ürünleri içerebilir. Çevresel performans yaklaşımları, bir yangın çıkması durumunda tolere edilebilecek koşulları belirler. Çevresel performans yaklaşımına yangın önleme stratejilerini dâhil etmek mümkün değildir. Çevresel performans yaklaşımına bir örnek, bir atriyum içindeki duman katmanının, insan bulunan en yüksek seviyenin üzerindeki belirli bir yüksekliğin altına inmemesi gerekliliği olabilir. Bu kritere ulaşabilecek herhangi bir tasarım kabul edilebilir olacaktır [13].

Tehdit potansiyeli performansı; can veya mal güvenliği ile iş sürekliliği veya doğal çevre için kabul edilebilir maksimum tehdidin belirlenmesini içerir. Yangından korunması istenen öğeleri çevreleyen ortamdaki maksimum kabul edilebilir koşulların ifadelerini içeren çevresel performans gerekliliklerinden farklı olarak, tehdit potansiyeli performansı korunan öge veya öğelerin maksimum tolere edilebilir koşullarının bir ifadesini içerir. Buna bir örnek, bir nesnenin izin verilen maksimum sıcaklığının belirlenmesi olabilir. Çevresel performansla olduğu gibi, tehdit potansiyeli performansı, bir yangın çıkması durumunda tolere edilebilecek koşulları tanımlar [13].

Risk potansiyeli performansı; yangın olaylarının meydana gelme olasılıklarının toplamını ve sonuçlarını belirtir. Risk potansiyeli performans gerekliliğine bir örnek, bir tesiste yangından kaynaklanan nedenlerle ortalama izin verilebilir mal kaybının yıllık ortalama 10.000 \$ 'ı geçmemesi olabilir. Bu tür bir yaklaşımı uygularken, bir

tasarımcı tüm olası yangın olaylarını ve bunların potansiyel sonuçlarını değerlendirmelidir [13].

Her ne kadar en baştan beri yönergesel yaklaşım-performansa dayalı yaklaşım sınıflandırması yapılıyor olsa da, performansa dayalı tasarım da belli kurallara göre yapılmalıdır. Bu konuda çeşitli ülkelerin çeşitli standart ve kodları kullanılmaktadır.

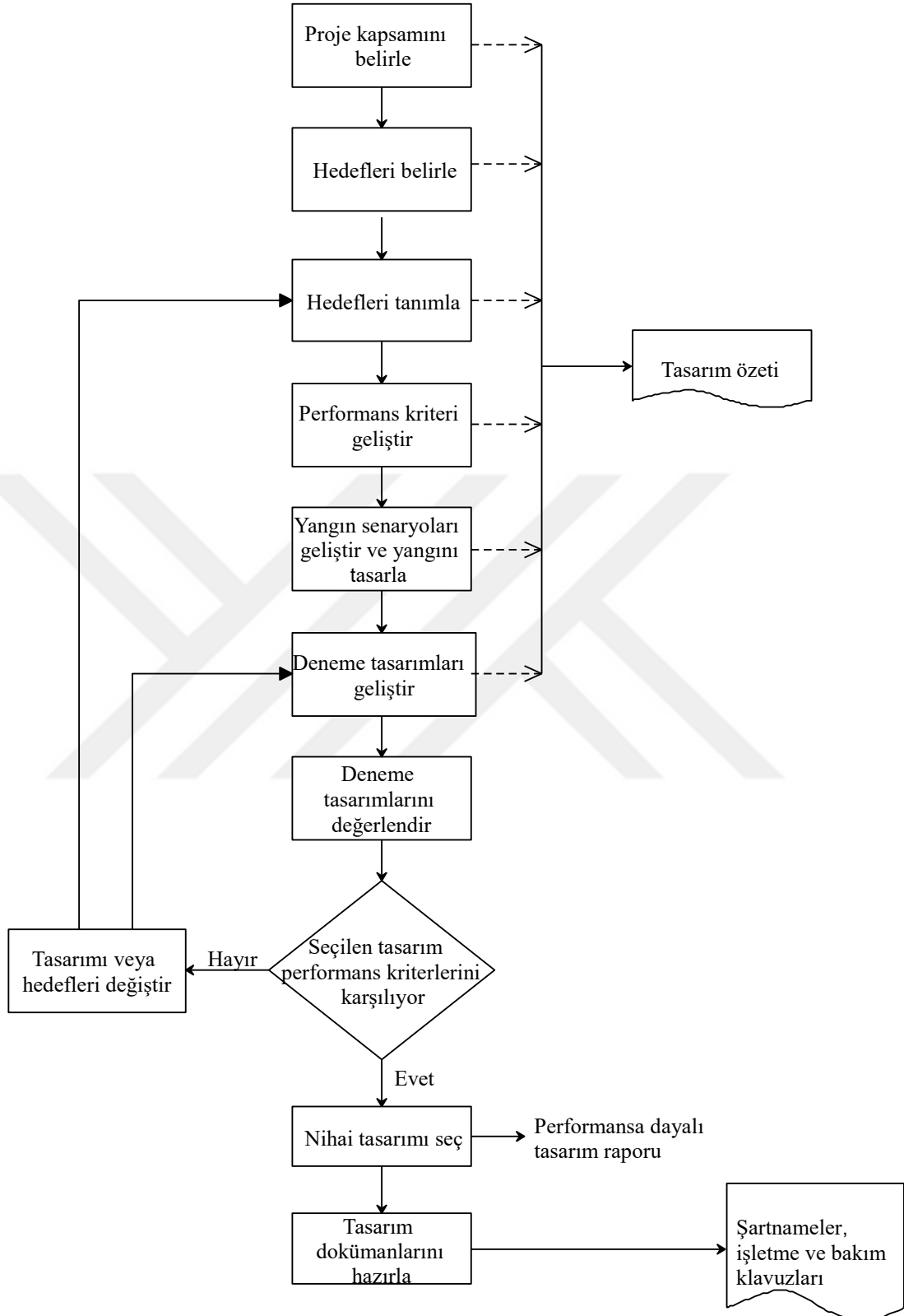
Performansa dayalı yaklaşımda tüm olasılıklar göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin bir hastane binasındaki olası yangın senaryoları oluşturulurken;

- Yangının gündüz ve gece çıktığı olasılıklar
- Alevli bir yangın olduğu ve olmadığı olasılıklar
- Personelin manuel müdahale ile yangını söndürdüğü ve söndüremediği olasılıklar

Göz önünde bulundurulmalıdır. Personelin yangını manuel müdahale ile söndüremediği olasılık ise;

- Sprinkler sisteminin olması gerektiği gibi çalıştığı ve çalışmadığı olasılıklar
- Algılama sisteminin olması gerektiği gibi çalıştığı ve çalışmadığı olasılıklar
- Hasta yatak odasının kapısının açık ve kapalı olduğu olasılıklar
- Hastaların uykuda ya da uyanık olduğu olasılıklar
- Hastaların tahliye için yardıma ihtiyaç duyduğu ve duymadığı olasılıklar

Göz önünde bulundurulması gereken ihtimallere örnek olarak verilebilir [11].



Şekil 4.1. Performansa dayalı tasarım akış diyagramı [11]

4.1. Performansa Dayalı Tasarımın Avantajları ve Dezavantajları

- Performansa dayalı tasarımın bir avantajı, tasarımcının bir binanın özgün özelliklerini ve kullanımlarını ele almasına izin vermesidir. Örneğin, bir alışveriş merkezindeki mağazalar, yönergesel yaklaşıma göre aynı tehlike sınıflandırmasına sahip olabilir ve bu nedenle benzer yangından korunma tedbirleri talep eder. Bununla birlikte, alışveriş merkezlerinde bulunan depolar önemli ölçüde farklı yangın tehlikeleri içerebilir. Bazıları yanıcı ve parlayıcı sıvılar içerebilirken, diğerleri çok az yanıcı madde içerebilir veya hiç içermeyebilir. Bu avantajın doğal bir sonucu, performansa dayalı tasarımların artan maliyet etkinliğidir.
- Diğer bir avantaj ise, performansa dayalı tasarımın, bir binanın yangın durumunda nasıl performans göstereceğinin daha iyi anlaşılmasını desteklemesidir. Yönergesel yaklaşım, yangına karşı "güvenli" bir bina yaratmayı amaçlamaktadır. Ancak neyin "güvenli" olduğu genellikle tanımlanmamaktadır. Benzer şekilde, binanın maruz kalabileceği olası yangın türleri de tanımlanmamıştır. Bu sebeple nadir görülen yangın senaryolarında istenen korunma sağlanamayabilir.
- Performansa dayalı tasarımın bir dezavantajı, yönergesel yaklaşıma göre uygulama ve kontrolün daha fazla uzmanlık gerektirmesidir. Genel olarak, yönergesel standart ve yönetmeliklerin uygulanması, yalnızca ilgili standart ve yönetmeliğin gereksinimlerine uyan bina özelliklerinin ve sistemlerinin seçilmesini gerektirir. Yönergesel bir tasarımın kontrolü ve uygunluk tespiti de aynı derecede basittir. Performansa dayalı tasarımın yürütülmesi ve gözden geçirilmesi, yönergesel yaklaşıma göre yapılan tasarımlara göre daha fazla zaman alabilir.
- Performansa dayalı tasarımın diğer bir dezavantajı, yönergesel temelli tasarıma göre bina kullanım değişikliklerinden daha çok etkilenmesidir. Bir binanın veya binanın bir kısmının kullanımındaki değişiklikler, olası değişikliğin yangın güvenliği üzerindeki etkisi tasarım safhasında düşünülmemişse, bir yangın durumunda düşük performansa neden olabilir [11].

4.2. Yönergesel Yaklaşımın Avantajları ve Dezavantajları

Yönergesel tasarımın avantajları;

- Kullanımı kolaydır.
- Geçmiş deneyimlerden oluşturulmuştur.
- Fikir birliği sonucu ortaya çıkar.
- Yetkili makamlar ve sektör paydaşları için aşinadır.

Yönergesel tasarımın dezavantajları;

- Genellikle esnek değildir.
- Tüm olasılıkları ön göremez.
- Optimum çözümü sağlamayı hedeflemez.
- İnşaat yöntemleri, teknolojisi ve malzemelerinde değişiklikleri takip edemez ve bunlara göre sık güncellenmez.
- Uyumluluğun, daha geniş güvenlik hususlarına göre öncelikli olmasıyla sonuçlanabilir [14].

4.3. Yangında İnsan Davranışı

Yangında insan davranışı, bina yangınlarında can güvenliğini anlamanın ve tasarlanmanın önemli bir koludur. Bununla birlikte, performansa dayalı tasarım analizlerinde insan davranışının ele alınması, genellikle görmezden gelinerek, aşırı basitleştirilerek veya yanlış bir şekilde hesaba katılarak yetersiz kalır. İnsan tepkisindeki ilişkiler karmaşıktır; yine de bu ilişkileri tanımlamak ve hatta tahmin etmek imkânsız değildir.

Yangın bilimi ve mühendisliği, yangında kapsamlı bir insan davranışı teorisine duyulan ihtiyacı kabul etmektedir ve dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar, bunu gerçeğe dönüştürmek için sorunun çeşitli yönleri üzerinde çalışmaktadırlar. Bu teori daha sonra standart mühendislik araçlarına dâhil edilecek, böylece yangındaki insan davranışı artık performansa dayalı analizlerde göz ardı edilemez veya yok

sayılamaz olacaktır. Bu gerçekleşene kadar, bina kullanıcılarının hesaba katılması ve korunmasını sağlamak için sorumluluk mühendislere ve kontrolörlere verilir [11].

Performans bazlı tasarım ile gerçeğe yakın bir sonuç alabilmek açısından yangın konusundaki insan davranışlarını anlayabilmek ve yapılacak olan tasarımda bu bilgiyi doğru kullanabilmek önem arz etmektedir. Tasarım yapılacak binada bulunan insan grupları(kadın, erkek, çocuk, engelli vb.) doğru bir şekilde belirlenip, bu belirlemeye paralel olarak tasarım kurgulandığında başarı şansı yüksek olacaktır.

Yangınla ilgili insan davranışını değerlendirirken üç temel ilgi alanından bahsedilebilir.

- Yangına neden olan veya önleyen davranışlar
- Yangınları etkileyen davranışlar
- Yangınlardan kaynaklanan zararı artıran veya azaltan davranışlar [15].

Aşağıdaki listeler, yangın yönetmeliklerinde ve standartlarında bulunabilecek yangındaki insan davranışına ilişkin olası varsayımları açıklamaktadır. Liste tüm olasılıkları içermemektedir ve her zaman geçerli olmayabilir: bu, tabi olunan yangın yönetmeliğine ve uygulandığı bina tasarımına bağlı olacaktır.

- İnsanlar binayı tahliye etmelerini gerektirecek yangın alarmını, diğer insanların uyarılarını veya duman/alev görmelerini algılayabilecek ve kavrayabileceklerdir.
- İnsanlar yangın alarmına verilmesi gereken tepkinin farkında olacaktır.
- Binadaki yangın alarmı devreye girdiğinde insanlar tahliye etmeye başlayacaktır.
- İnsanlar, bir tahliye sırasında her bir kişi için belirtilen en fazla seyahat mesafelerini fiziksel olarak katedebileceklerdir.
- İnsanlar mevcut acil çıkışların farkında olacak, kullanmaya istekli ve muktedir olacaklardır.
- İnsanlar mevcut kaçış yollarının ve çıkışlarının tamamını kullanacaktır.

- İnsanlar, her birinin sağladığı verimliliğe göre mevcut kaçış yolları ve çıkışları arasında orantılı olarak dağılım yapacaktır(Bir çıkışta yığılma olmayacak, çıkışlara eşit oranlarda insan yönelecektir)
- İnsanlar sığınakların ve acil durum toplanma alanlarının ne olduğunu, binanın neresinde bulunduklarını bilecek ve olası bir yangında bunları kullanacaklardır [16].

Son 30 yılda performansa dayalı analiz ve tasarım metotlarının ve kılavuzlarının geliştirilmesiyle, yangından korunma mühendisliğinde insan davranışını ele alma ihtiyacı net bir şekilde kabul edildi. Artık 1980'lerde eksik olan insan davranışını değerlendirmek için rehberlik ve metodolojiler mevcuttur. Asya, Avustralya, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki çeşitli kuruluşlar, insan davranışına olan bu artan ilgiye katkıda bulunmuştur. Aşağıdaki tablo, tasarımcılara yangın sırasındaki insan davranışını ele almak için yön, veri ve / veya tasarım performans hedefleri sağlayan önemli uluslararası mühendislik rehberlik belgelerini listelemektedir.

Tablo 4.1. Yangınla ilgili insan davranışını ele alan uluslararası mühendislik kaynak dokümanları

Birleşik Krallık	PD7974-6
Yeni Zelanda	C/VM2
Avustralya	International Fire Engineering Guideline
Japonya	Comprehensive Fireproof Building Design Methods
ISO	ISO16738, ISO13571, ISO29761

Tüm bu uluslararası kod, yönetmelik ve standartlarda insan davranışının analizini etkileyen 6 ana konudan bahsedilebilir. Bunlar,

- Bina özellikleri,
- Tahliye stratejileri ve prosedürleri,
- Bina kullanıcılarının özellikleri,
- Tahliye öncesinde bina kullanıcılarının davranışları,
- Tahliye esnasında bina kullanıcıların davranışları,
- Bina kullanıcılarının yangına maruziyeti [16].

4.4. Performansa Dayalı Tasarım Parametreleri

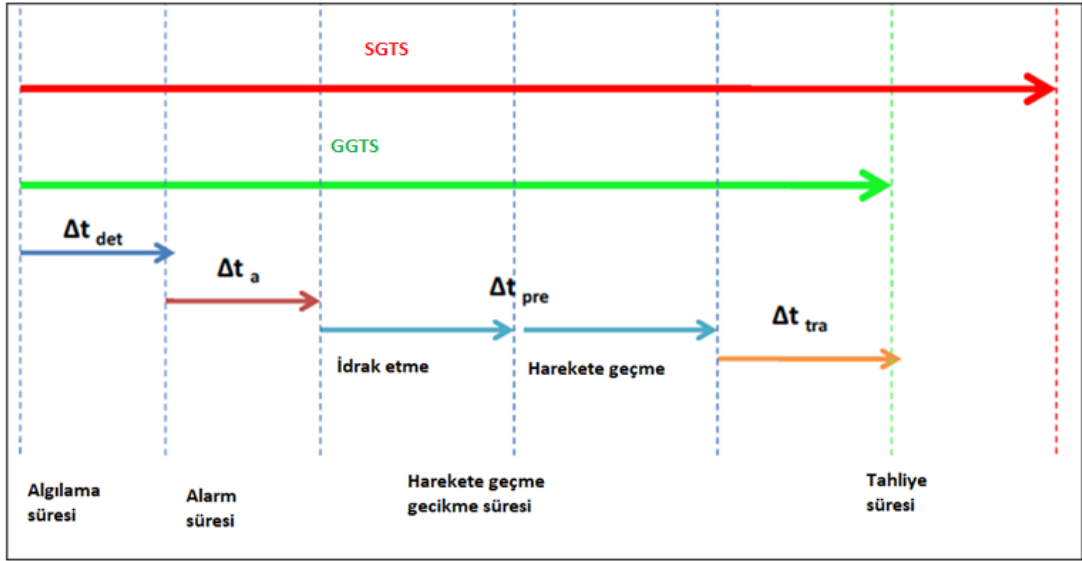
4.4.1. Tahliye süresi, SGTS ve GGTS kavramları

Performansa dayalı tasarımda en önemli parametrelerden biri tahliye süresidir. Gerek yönetmelik ve standartların koyduğu kurallara uygun yapılan yönergesel tasarımda, gerekse de performansa dayalı tasarımda amaç bina kullanıcılarının olası bir yangın anında güvenli bir şekilde binadan tahliye edilmelerini sağlayabilmektedir. Bunu sağlayabilmek adına bina tahliye olanakları, binada kullanılan yapı malzemeleri, otomatik ve manuel yangın söndürme sistemleri, yangın algılama sistemleri, duman kontrol sistemleri gibi tahliye esnasında çalışacak veya tahliyenin güvenli bir ortamda yapılmasını sağlayacak önlemler alınması gerekir. Bu sayede tüm bina kullanıcılarının tahliyesi için gerekli zaman sağlanmaya çalışılır.

SGTS(available safe escape time / sağlanabilen güvenli tahliye süresi), bir yangın sırasında bir bina kullanıcısı için, tutuşma anı ile koşulların, yolcunun ehliyetli kalacağı tahmin edildiği, yani güvenli bir sığınağa veya güvenli bir yere kaçmak için etkili bir eylemde bulunamayacak hale geldiği an arasındaki hesaplanan süre tanımlanmaktadır.

GGTS(required safe escape time / gerekli güvenli tahliye süresi) ise bir bina kullanıcısının tutuşma anında bulunduğu yerden güvenli bir sığınağa veya güvenli bir yere seyahat etmesi için gereken hesaplanmış süre olarak tanımlanır [17].

Bir yangın sırasında $SGTS > GGTS$ durumu tahliyenin güvenli olduğunu gösterir ilk veridir. Bu sebeple yapılan tüm tasarımlarda bu durumun sağlanması hedeflenir.



Şekil 4.2. SGTS ve GGTS kavramları [18]

GGTS süresi hesaplanırken; yangının dedektörler tarafından algılanması, tahliye alarminin devreye girmesi, bina kullanıcılarının yangını fark etmesi ve idrak etmesi ile bir çıkışa ulaşıncaya kadar geçen tahliye süreleri dikkate alınmalıdır. Bu sürelerin toplamı GGTS(gerekli güvenli tahliye süresi) değerini verir.

$$T_{GGTS} = \Delta t_{det} + \Delta t_a + (\Delta t_{pre} + \Delta t_{tra}) \quad (4.1)$$

SGTS ve GGTS arasındaki fark bize emniyet marjını verir. Emniyet marjı ne kadar büyük olursa bina kullanıcılarının güvenli bir şekilde tahliye olmaları ihtimali o kadar yüksektir.

4.4.2. Yanma ürünü gazların etkileri

Güvenli tahliye sağlanıp sağlanamaması durumunu etkileyen ikinci veri bina kullanıcılarının yangın sırasında tahliye oluncaya kadar maruz kaldıkları yangın emisyonları olan duman ve zehirli gazlara olan maruziyetleridir.

Yangın sırasında ve sonrasında ortaya çıkan yanma ürünleri, bina kullanıcıları ve yangına müdahale edenler üzerinde ölümcül ve yarı ölümcül etkilere sahip olabilir. Etkilerin şiddeti, yanma ürününün bileşimine, maruziyetin derecesine ve buna maruz

kalan kişinin fiziksel durumuna göre değişkenlik gösterir. İnsanlar üzerindeki etkilere ilişkin bilgiler, yanma ürününün fiziksel ve kimyasal karakterizasyonundan, yanma ürününün toksik gücünün tahmin edilmesinden veya insanların kazara yanma ürününün kimyasal ve termal bileşenlerine maruz kalmalarından elde edilebilir [19].

Akut maruziyet düşünüldüğünde, yangın emisyonları insanlar üzerinde boğucu ve tahriş edici olmak üzere iki temel etkiye sahip olabilir.

Boğucu gazlar: CO, HCN, vb.

Tahriş edici gazlar: HCl, HBr, vb [20].

Boğucu gazların etkisi belirli bir doz alındığında ortaya çıkmaktadır. Tahriş edici gazlarda ise durum farklıdır. Bu gazların etkileri anlık olarak ortaya çıkar.

Tablo 4.2. Yaygın yangın gazlarının tahriş edici konsantrasyonları [16]

Gaz	Nüfusun yarısında kaçı bozacağı tahmin edilen konsantrasyon(ppm)	Nüfusun yarısında yetersizliğe neden olacağı tahmin edilen konsantrasyon(ppm)
HCl	200	900
HBr	200	900
HF	200	900
SO ₂	24	120
NO ₂	70	350
CH ₂ CHO(akr olein)	4	20
HCHO(form aldehit)	6	30

Kişinin toksik gazlara maruziyetini hesaplamanın pratik bir yöntemi, fraksiyonel efektif doz (FED- fractional effective dose) kavramıdır. Fraksiyonel efektif doz kabaca, belirli bir t zamanında alınan dozun yetersizlik veya ölüme neden olacak etkili doza oranı olarak tanımlanabilir.

Fraksiyonel efektif doz kavramı, tahriş edici maddelere ve ısıya da uygulanabilir. Tahriş edici maddeler için fraksiyonel tahriş edici konsantrasyon (FIC – fractional irritating concentration) kavramı geliştirilmiştir. Fraksiyonel tahriş edici konsantrasyon özetle, belirli bir t zamanında kişinin maruz kaldığı tahriş edici

konsantrasyonun tahliye veriminin bozulmasına neden olacak tahriş edici konsantrasyona oranı olarak tanımlanır [16].

Tablo 4.3. Bazı tahriş edici maddelerin ölümcül maruz kalma dozları [11]

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

Mutlak bir eşik olmamakla birlikte, FED <0,1 düzeyinde savunmasız bireylerde bile yetersizlik olası görülmemektedir. Teorik olarak, FED > 0,3'ün maruz kalan nüfusun <% 1'inin yetersizliğini temsil ettiği tahmin edilmektedir. Çeşitli standartlarda farklılık göstermekle beraber, FED>0,3 değeri genel olarak maruz kalan nüfusun <% 1'inin yetersizliğini temsil ettiği kabul edilir. Bu durumda tablo 4.3.' teki değerlerin 0,3 ile çarpılması sonucu elde edilen değerler herhangi bir etkiye neden olmayan maksimum doz olarak değerlendirilebilir [16].

Genel olarak, zehirli yangın gazları arasındaki etkileşimlere dair kanıt bulunmasına rağmen, bunların pratikte önemli olup olmayacağı, gerçek yangın atmosferlerinin bileşimine bağlıdır. Yangın atmosferlerinin bileşimi, CO' nun genellikle en önemli toksik ürün olacağı şekildedir ve daha sonra en önemli etkileşim, CO₂'nin neden olduğu hiperventilasyon nedeniyle artan CO alım oranıdır. HCN hipoksisinin ek etkileri, CO kaynaklı asfiksini etkilerine katkıda bulunur ve yakıtlar %1'den fazla nitrojen içerdiğinde ve HCN konsantrasyonu yaklaşık 50 ppm'yi aştığında, hareket kabiliyetinde kayıp olana kadar geçen süreyi önemli ölçüde azaltabilir. Düşük oksijen hipoksisinin, deneklerin büyüyen kompartıman yangınlarına maruz kaldığı durumlar için küçük bir etmen olması muhtemeldir. Bununla birlikte, deneklerin aniden yaklaşık %12' den daha az oksijen içeren bir duman atmosferine maruz kalması (örneğin, yanan bir bölmenin kapısını açarken) önemli bir etmen oluşturabilir. Benzer şekilde, %7' yi aşan bir CO₂ konsantrasyonuna ani maruz kalma, hızlı zehirlenme ve bayılmaya neden olabilir [16].

4.4.3. Ortam ısısı

Üçüncü güvenli tahliye parametresi ortam ısısıdır. Isıya maruziyetin hayati tehlikeye yol açabileceği üç temel yol vardır. Bunlar hipertermi, vücut yüzeyi yanıkları ve solunum sistemi yanıklarıdır.

Yangınlarda ısıya maruz kalmaya bağlı yaşam tehdidinin modellenmesinde kullanım için sadece iki kriteri dikkate almak gerekir:

- Cildin ikinci derece yanma eşiği
- Hiperterminin zihinsel bozulmaya neden olabilecek seviyede olduğu ve bu nedenle hayatta kalmayı tehdit ettiği durumlara maruz kalma [21].

Cildin radyant ısıya maruziyeti için dayanıklılık sınırı yaklaşık $2,5 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 'dir. Bu olay ısı akısı seviyesinin altında, dayanıklılığı önemli ölçüde etkilemeden maruz kalma 30 dakika veya daha uzun süre tolere edilebilir [21].

Bu seviye ve üzerindeki radyant ısı, ciltte ağrıya ve ardından birkaç saniye içinde yanmalara neden olur, ancak daha düşük akılar 5 dakikadan fazla tolere edilebilir. İnsanların kaçmak için sıcak bir duman katmanının altından geçmesinin gerektiği durumlarda, limit değer yaklaşık olarak 200°C kabul edilir [22].

Tablo 4.4. Isıya karşı dayanıklılık için sınır koşullar [22]

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

Ortamın ısınması sonucu vücut sıcaklığı da zamanla artış gösterecektir. Normal vücut sıcaklığı kabul edilen 37°C 'nin 39°C 'ye kadar olan artışı normal kabul edilebilir.

Zira yoğun spor yapılan bir anda da vücut sıcaklığı bu değerlere ulaşılabilir. Ancak bu değer 40°C 'yi aşarsa bilinçte bulanıklaşma başlayabilir. $42,5^{\circ}\text{C}$ üzerindeki değerler ise hızlı bir tedavi uygulanmazsa ölümcül olabilir. Ciltte 0,1mm derinlikte $44,8^{\circ}\text{C}$ sıcaklık hissedilmesi durumunda yanıklar oluşmaya başlayacaktır [11].

4.4.4. Görünürlük

Güvenli tahliyenin dördüncü bileşeni ise görünürlüktür. Çeşitli standartlarda ve teknik dokümanlarda farklılık göstermekle birlikte, bir yangın durumunda görüş mesafesinin en az 5 ila 10 m olacak şekilde kalması hedeflenir [23].

Genel olarak, üç faktör görünürlük ile yakından ilgilidir: çevresel koşullar, görülecek nesnenin koşulları ve kişinin görme yeteneği [11].

Çevresel koşullar içerisinde, çıkışların ve çıkışlara ulaşım yollarının açıkça görülebilir şekilde engellerden arındırılmış olması, yönlendirme işaretlerinin gerekli noktalarda ve doğru şekilde yerleştirilmiş olması gibi etmenler yer alır. Çevresel koşullar, bir yangın durumunda bina kullanıcılarının güvenli bir şekilde tahliye olmasına engel olmayacak şekilde düzenlenmelidir.

Görülecek nesne bu noktada binadaki yönlendirme işaretleri olarak özetlenebilir. Bir yangın durumunda binayı tahliye edecek kişilerin çıkışlara ve çıkışlara ulaşım yollarına ulaşabilmesi için yerleştirilmiş olan acil durum yönlendirme işaretlerinin, oluşan duman sonucu görülebilme oranları düşebilir. Ülkemizde bulunan binalarda kullanılacak yönlendirme işaretleri bölüm 2.5 te açıklanan şartları sağlar özellikte olmalıdır.

Kişinin görme yeteneği; kişinin yaşı, görme bozukluğu veya görme engeli olup olmamasına göre değişiklik gösterir. Özellikle hastane gibi her görme yeteneğinde insan bulunabilecek binalarda, yönlendirme işaretlerinin mümkün olduğunca görülebilir olması sağlanmalıdır. Bu faktör bina tasarımcıları ve işletmecilerinin

kontrol edebileceği bir faktör değildir. Dolayısıyla ancak diğer iki faktör ile desteklenerek güvenlik altına alınması sağlanabilir.

Yangın sonrası duman oluşumu ve buna bağlı olarak görülebilirliğin azalması, binada bulunan kişilerin tahliye esnasındaki yürüme hızlarını dumanın yoğunluğuna ve tahriş ediciliğine bağlı olarak etkiler. Aşağıdaki tablo, bu konuda yapılmış araştırma sonuçlarından elde edilen veriler ile oluşturulmuştur.

Tablo 4.5. Dumanın görüş ve davranış üzerindeki bildirilen etkileri [16]

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

4.4.5. Isı yayılım oranı

Bir yangını nicel olarak tanımlayan temel özelliği ısı salınım oranıdır. Isı yayılım oranı (IYO; heat release rate) performansa dayalı tasarımda, tasarımın başlangıç değişkenlerinden biridir.

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

Hastane binaları 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 (hasta yatak odası, elektrik odası vb.) ya da yanacak malzemenin (elektrik panosu, hasta yatağı vb.) yangın yükü baz alınarak hesaplamalar yapılmaktadır.

BÖLÜM 5. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada yangın HAD tabanlı Pyrosim programıyla simüle edilecek, tahliye ise Pathfinder programı kullanılmıştır. Bu iki programın entegrasyonu ile hem tahliye süreleri görölüp hem de yangının sonucu görünürlük, ortam sıcaklığı, duman ve zehirli gazların etkileri gibi veriler elde edilmiştir.

Tüm bina ve bina kullanıcısı özellikleri kaçış sürelerini etkileyebilse de, en önemli etmenler şunlardır:

1. Bina kullanıcıları için:

- Sayı ve dağılım
- Uyanık/uykuda
- Binaya aşına ve eğitimli veya aşına değil
- Fiziksel kabiliyet
- Zihinsel kabiliyet
- Bireysel tahliye ve tahliye yardımı ihtiyacı duyma

2. Binalar ve bina sistemleri için:

- Uyarı sistemi
- Yangın güvenliği yönetimi ve personel / kullanıcı eğitimi
- Tek veya birden fazla bölme olması ve bina karmaşıklığı

3. Yangın senaryoları için:

- Bina kullanıcıları için yangın alarmları ve yönlendirme işaretleri
- Yangının ve yangın emisyonlarının özellikleri [23]

Bu faktörlerden bazıları ve bunların tahliye üzerindeki etkileri herhangi bir spesifik bina tasarımında ölçülebilir olsa da, diğer faktörler, özellikle de bina sakinlerinin davranışını etkileyenler esasen niteliklidir.

Acil durumlarda bina sakinlerinin tepkilerini yönlendiren değişkenler karmaşıktır, ancak her bireyin kendine özgü bir deneyimi olmasına rağmen, bina kullanıcılarından oluşan gruplar düşünüldüğünde, bir dizi ortak durum ve gelişen senaryolar belirlenebilir. Davranış aşamaları için nicel veriler, özellikle uyarı ve kaçışa başlama öncesi süreler, yangın olayları sırasında yangın güvenliği yönetimi ve bina kullanıcısının davranışının gözlemlenmesiyle ve tasarım davranış senaryolarının ana kategorileri için gözlemlenen tahliyelerle elde edilmiştir. Bunlar daha sonra, kaçış ve tahliye sürelerinin tahmini için basit ama sağlam bir yöntem sağlamak için seyahat süresi hesaplamalarıyla birleştirilir [23].

Davranışsal senaryoların her biri Tablo 5.1.'de özetlenmiştir. Her biri için, güvenlik yönetimi stratejilerine ve mevcut uyarı sistemine bağlı olarak alarm ve ön seyahat süreleri için varsayılan süre türetilir [23].

Tablo 5.1. Bina türleri ve tasarım davranış senaryoları [23]

Kategori	Kullanıcı farkındalığı	Kullanıcı aşinalığı	Kullanıcı yoğunluğu	Bölmeler / Karmaşıklık	Kullanım türü örnekleri
A	Uyanık	Aşına	Düşük veya yüksek	Bir veya daha çok	Ofis, endüstriyel tesis, depo
B1	Uyanık	Aşına değil	Yüksek	Bir veya birkaç	Avm, restoran, dolaşım alanı
B2	Uyanık	Aşına değil	Yüksek	Odak noktası olan bir	Sinema, tiyatro, derslik
Ci	Uykuda-uzun süreli bireysel kullanım	Aşına	Düşük	Birkaç	Konut-24 saat bina yönetimi olmayan
Cii	Uykuda-yönetilen kullanım	Aşına	Düşük	Birkaç	Hizmet verilen daireler, yurtlar vb.
Ciii	Uykuda	Aşına değil	Düşük	Birçok	Otel, pansiyon
D	Tıbbi bakım	Aşına değil	Düşük	Birçok	Meskun (kurumsal)
E	Taşımacılık	Aşına değil	Yüksek	Birçok	Tren istasyonu, hava limanı, tren tüneli

Tablo 5.1.'de görülebileceği üzere hastane binaları D kategorisi olarak alınmıştır. Bina kullanıcıların binaya aşına olmadığı, kullanıcı yoğunluğunun düşük olduğu ve bina karmaşıklığının yüksek olduğu değerlendirilmiştir.

Hastane binalarında bulunabilecek insanlar genellikle binaya alışık olmayan sınıfta değerlendirilir. Kişi yoğunluğu düşükken binada bulunan bölme sayısı ve dolayısıyla karmaşıklık fazladır. Hastane binaları için senaryo özellikleri şöyle özetlenebilir:

- Düşük kullanıcı yoğunluğu, uyku halinde olabilecek, yaş ve hareket kabiliyeti bakımından karışık kullanıcılar
- Özellikle uyuyan ve kendinde olmayan bina kullanıcıları için harekete geçme süreleri uzundur
- Yerleşim muhtemelen karmaşıktır ve kaçış yollarının hızlı bir şekilde anlaşılabilmesi zordur
- Acil durumlarda tepki vermek için düşük seviyelerde fiziksel ve / veya zihinsel yetenekleri olan bina kullanıcıları bulunabilir
- Her bina kullanıcısının tahliye için bir veya daha fazla personelden yardım alması beklenebilir
- Acil durum prosedürlerine yüksek düzeyde yönetim denetimi ve katılım beklenmektedir
- Bina kullanıcıları yatalak olabilir ve tıbbi cihazlara bağlı olabilir (örn. ventilatör, defibrilatör, vb.)
- Tahliyede hareketli yataklar, tekerlekli sandalyeler ve sedyeler kullanılabilir

Bu sebeplerden dolayı, hastane binalarında hızlı ve verimli bir tahliyenin gerçekleştirilmesi olası değildir. Yeterli sayıda iyi eğitilmiş personel mevcutsa ve hızlı hareket ederlerse, etkilenen bir bölgenin lokal tahliyesini sağlamak için hızlı bir çalışma yapılabilir. Çoğu durumda, bina kullanıcılarının odalarında nispeten güvenli olma ihtimalleri yüksek olduğundan, tahliye ters etki yaratabilir. İlk birkaç bina kullanıcısı için bile hareket öncesi süreler çok uzun olabilir (bir saate kadar) ve hareket öncesi sürelerin dağılımı çok farklılık gösterecektir. Tahliye sürelerinin maksimum hareket öncesi sürelere ve yürüme sürelerine bağlı olması kuvvetle muhtemeldir, potansiyel yığılma noktalarında hareket kısıtlamalarının meydana gelmesi olasıdır. Bu nedenlerden dolayı, pasif yangından korunma önemli bir strateji olmalıdır [23].

Tablo 5.2. Hastane binaları için önerilen seyahat öncesi süreler (dakika) [23]

Senaryo kategorisi ve niteleyicisi	İlk bina kullanıcısı ^{A)} $\Delta t_{pre(\%1'lik\ dilim)}$	Bina kullanıcısı dağılımı ^{B)} $\Delta t_{pre(\%99'luk\ dilim)}$
D: tıbbi bakım ^{C)}		
Uykuda ve aşına değil(örn. hastane koğuşı, huzurevi, yaşlı bakım evi)		
M1 B2 A1-A2	5 ^{C)}	15 ^{C)}
M2 B2 A1-A2	10 ^{C)}	30 ^{C)}
M3 B2 A1-A3	>10 ^{C)}	>30 ^{C)}
B3'te yön bulma için 1.0 ekle		
M1 normalde acil anons gerektirir		
A) İlk kullanıcılar için tahliye öncesi süre = $\Delta t_{pre(\%1'lik\ dilim)}$ alarmdan %1'lik dilim seyahate başlayana kadar geçen süreyi temsil eder. B) Tahliye öncesi süre $\Delta t_{pre(\%99'luk\ dilim)}$ %99'luk dilim seyahate başlayana kadar olan zamanı temsil eder. C) Bu süreler, engelli bina kullanıcılarının tahliyesine yardımcı olacak yeterli personelin varlığına bağlıdır. Personel sayısının daha düşük olduğu durumlarda (örneğin geceleri) bu sürelerin bir miktar artırılması gerekebilir.		

Tablo 5.2.'de yer alan A ifadesi yangın alarm sistemi özelliklerini ifade eder. A1 sistem: Binanın tümünde bulunana yangın algıma sistemi, binanın tümünde yer alan yangın ihbar sistemini anında etkinleştirerek tahliyeyi başlatır. Dedektör dumanı algıladığı anda yangın ihbaru gecikme olmaksızın devreye girer [23].

A2 sistem: Binanın tümünde otomatik algılama sistemi bulunur. Dedektör dumanı algıladığında yönetime veya güvenliğe bir ön alarm düşer; yangın bölgesinde manuel olarak etkinleştirilen bir ihbar sistemi ve ön alarm belirli bir süre içerisinde iptal edilmezse sabit bir gecikmeden sonra genel bir alarm devreye girer [23].

A3 sistem: Yalnızca yangının olduğu yere yakın lokal otomatik algılama ve alarm, binanın yalnızca belirli alanlarında otomatik algılama ve alarm veya etkilenen tüm alanlarda sesli, manuel olarak etkinleştirilen bir genel uyarı sistemi veya otomatik algılama yok [23].

Hatalı alarmların önüne geçilebilmesi için genellikle bu tip binalarda A2 sistem tercih edilmektedir. Bu sebeple bu çalışmada binada A2 sistem uygulandığı kabul edilmiştir. Burada bahsedilen ön alarm ve iptal edilmediğinde geçen süre için bir alarm teyit prosedürü belirlenir. Alarm teyit prosedürü aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Alarmın alınmasından sonra 15 sn içerisinde alarmı gördüm teyidinin güvenlik veya yetkili personel tarafından yangın ihbar paneline yapılması ile 3 dakikalık araştırma

süresi başlar. Alarmı gördüm teyidi 15 sn içerisinde yapılmaz ise yangın ihbarı sahaya otomatik olarak panel tarafından verilir. 3 dakika araştırma süresi içerisinde herhangi bir ikinci dedektör veya yangın ihbar butonu alarm konumuna geçer ise ihbar sahaya otomatik olarak yangın ihbar paneli üzerinden verilir. 3 dakika araştırma süresi içerisinde alarm yangın ihbar paneli üzerinden iptal edilmez ise yangın ihbarı yangın alarm paneli üzerinden direkt olarak sahaya verilir [8].

Tablo 5.2.'de yer alan B ifadesi ise bina karmaşıklık derecesini belirlemede kullanılmaktadır. Buna göre en az karmaşık binalar B1 olarak alınırken en karmaşık binalar B3 sınıfına girer.

Yine tablo 5.2.'de yer alan M ifadesi binadaki yangın güvenliği yönetiminin seviyesini belirler. M1 binada yangın güvenliği kalitesi(eğitilmiş personel sayısı, yeterli acil tahliye olanaklarına sahip, uygun otomatik algılama ve ihbar sistemine sahip vb.) en yüksektir. M3 binada ise en düşüktür.

Yapılacak çalışmada bina, ortalama değerler olan M1 B2 A2 olarak kabul edilmiş ve buna göre tahliye senaryosunda 15 saniye harekete geçme gecikme süresi uygulanmıştır.

Modellenecek olan yangının koridorda başladığı varsayılmıştır. Yangın yükü ile ilgili değerler buna göre belirlenmiştir. Buna göre meydana gelecek olan yangının yangın yükü yoğunluğu 230 MJ/m^2 olarak alınmıştır [24]. Yangının çıkacağı alan 10 m^2 olarak kabul edilmiş olup bu durumda yangın yükü yoğunluğu yangın simülasyonunda 2300 kW olarak girilmiştir.

Yangın büyüme hızı BS PD 7974-1'e göre hızlı olarak seçilmiştir. Bu durumda hız sabiti $0,047 \text{ kW.s}^{-2}$ olmaktadır. Buna göre, yangının 1055 kW ' a ulaşması 150 saniye sürmüştür. Yapılan hesaplamayla senaryoya konu yangının pik noktası olan 2300 kW 'a ulaşmasının 221 saniye süreceği tespit edilmiştir [25]. Yangın simülasyonu yazılımında yangın büyüme senaryosu bu şekilde girilmiştir.

Simüle edilecek yangında yanan malzeme poliüretan_GM27 olarak seçilmiştir. Bunun sebebi bu malzemenin karbonmonoksit salınımının yüksek olmasıdır [11]. Bu reaksiyonda yakıt tipi basit kimyasal model ile tanımlanmıştır. Yanan malzeme molekülünün sadece C (Karbon), H (Hidrojen), O (oksijen) ve N (Azot) atomları barındırdığı varsayılmıştır, atomların oranları $C=1$, $H=1,7$, $O=0,3$, $N=0,08$ şeklindedir. Yangının emisyonunda CO verimi 0,042, kurum verimi 0,198, hidrojen fraksiyonu 0,1 olarak alınmıştır. Radyant ısı fraksiyonu 0,35 alınmıştır.

Bina yağmurlama(sprinkler) tesisatı Orta tehlike 1 sınıfına göre tasarlanmıştır.

Kullanılan sprinkler K faktörü metrik 80, aktivasyon sıcaklığı 68°C olarak belirlenmiştir. Sprinklerler hızlı tepkili olarak seçilmiştir ve buna göre reponse time index değerleri 50 olarak girilmiştir. Sprinkler başına atılacak debi 5 L/dk, sprinkler başına tasarım debisi ise 0,5 bar olarak belirlenmiştir [26].

Bina duman egzoz sisteminde kullanılacak fan kapasitesi $18.000\text{ m}^3/\text{h}$ olarak alınmıştır. Duman egzoz sistemi çalıştığında ortama verilecek taze hava debisi ise $14.400\text{ m}^3/\text{h}$ olarak alınmıştır. Duman egzoz sistemi taze hava besleme fanı yangın kaynağına yakın olacak şekilde seçilmiştir. Bu sayede bir yandan duman atımına katkı sağlarken bir yandan da ortama taze hava ve dolayısıyla oksijen beslediği için yangını büyütme potansiyeli kullanılmıştır.

5.1. Simülasyonda Kullanılan Yazılımlar

5.1.1. Tahliye simülasyonu

Thunderhead Engineering isimli şirket tarafından geliştirilmiş olan Pathfinder yazılımı, entegre bir kullanıcı ara yüzü ve animasyonlu 3 boyutlu sonuçlar içeren bir acil durum tahliye simülatörüdür. Bu simülatör, tahliye modellerini hızlı bir şekilde değerlendirmeye ve gerçekçi grafikler oluşturmaya olanak tanımaktadır. Program içerisinde bina geometrisi oluşturulabileceği gibi, DWG ve DXF formatlı dosyaları içe aktararak daha hızlı bir sonuç elde edilebilmesini sağlar.

Varsayılan olarak, her bina kullanıcısı bir çıkışa giden mevcut yolunu seçmek için bir parametre kombinasyonu kullanır. Parametreler şunları içerir: mevcut odanın her kapısı için kuyruk süreleri, mevcut odanın her kapısına gitme süresi, her kapıdan çıkışa kadar olan tahmini süre ve odada hâlihazırda gidilen mesafe. Bina kullanıcısı, değişen kuyruklara, kapı açılmalarına / kapanmalarına ve tahliye hızı kısıtlamalarındaki değişikliklere (duman etkisi vb.) dinamik olarak yanıt verir. Kullanıcı, davranışı değiştirmek için varsayılan parametre ağırlıklarını değiştirebilir. Örneğin, yolcular kuyrukları ihmal edebilir ve yalnızca en yakın çıkışı arayabilir.

Hareket kabiliyeti kısıtlı olan bina kullanıcıları, belirlenen asistanlar tarafından tahliye edilecek tekerlekli sandalye ve hastane yatakları ile modellenebilir. Bu modeller gerçekçi sonuçlar için tam animasyon içerir. Ayrı tahliye ekipleri, belirli birey gruplarına yardımcı olmaya odaklanabilir.

Tahliye simülasyonu yazılımı temel olarak iki modda hesaplama yapılmasına müsaade etmektedir. Bu modlar steering mod ve SFPE modudur.

Steering modu(kendiliğinden yön belirleme modu), bina kullanıcılarının değişken bir ortama uyacak şekilde hareket etmesini sağlar. Pathfinder'da kullanılan bu mod, bir bina kullanıcısı için bir dizi potansiyel farklı hareket yönünü en aza indiren yönü seçme sürecidir. Kullanılan davranış türleri, bina kullanıcısının mevcut durumu tarafından belirlenir ve örnek yönlerin sayısı, yolcunun durumu ve mevcut hızı tarafından kontrol edilir.

SFPE modu, SFPE el kitabında açıklanmış olan, kapılardan ve koridorlardan geçiş yürüme hızlarının tanımlandığı bir tahliye modelidir. Programda navigasyon geometrisi odalar, kapılar ve merdivenler olmak üzere üç bileşene ayrılabilir. Odalar, bina kullanıcılarının engel bulunmayan tüm alanlarında hareket edebileceği açık alanlardır. Burada kapılar, odaları ve merdivenleri birbirine bağlayan akış sınırlayıcıları olarak vazife görür. Merdivenler ise, doğal olarak bina kullanıcılarının hızının daha düşük olduğu veya sınırlandığı özel odalar olarak düşünülebilir.

Koridorlar, her iki ucunda da kapı bulunan odalar olarak modellenmektedir. Bu sayede koridorlar, odalar gibi ele alınır ve akış kapılar tarafından kontrol edilir.

SFPE modunda, birden fazla yolcu navigasyon yüzeyinde aynı noktayı işgal edebilir. Ayakta tahliye olan bina kullanıcıları için omuz genişliği 45,58 cm olarak alınmıştır. Tekerlekli sandalyeli hasta modelinde en 78 cm, boy 1,32 m yükseklik ise 1m olarak alınmıştır. Asistan ile birlikte toplam boy 1,6 m olmaktadır. Tekerlekli sandalye modelinin kapladığı alan yaklaşık 1 m² olmaktadır. Sedyedeki hastalar için kullanılan sedye eni ve boyu ise sırasıyla 1 m ve 2,15 m olarak alınmıştır. Buna göre sedyenin kapladığı alan 2,15 m² olmaktadır. Sedyeye iki uçundan asiste eden hastabakıcıların omuz genişlikleri de eklendiğinde sedye boyu 2,8 m olmaktadır.

Bu çalışmada tahliyeler SFPE modunda yapılmıştır. SFPE modunda aşağıdaki parametreler etkilidir:

Oda kullanıcı yükü (Dmaks) sıfırdan büyük bir değer olmakla beraber, varsayılan değer 3,55 kişi/m² alınmaktadır. Bu parametre kapılardan ve merdivenlerden bir odaya kaç kişinin girmesine izin verileceğini belirler. Pathfinder yazılımı, tahliye hızlarını hesaplamak için oda yoğunluğu verisini kullanmaktadır. Kullanıcılar kapılarda biriktiğinde, geçecekleri bölmedeki yoğunluk yukarıda belirtilen değer in altına düşmedikçe, sıra kendilerine gelse dahi kapıdan geçemezler.

Sınır tabakası (ST), kapıların tahliye hızına olan etki değerini kontrol eder. Bu etki değeri $W-2 \times ST$ olarak hesaplanır. Burada W kapı temiz genişliğidir ve bina kullanıcılarının kapılardan geçme hızlarını belirler. Bu değer, merdivenlerle ilişkili kapılar da dâhil olmak üzere simülasyondaki tüm kapıların etkin genişliğini kontrol eder. Burada ST değeri sıfırdan büyük veya sıfıra eşit olabilir.

Kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu kapılarda akış hızı, hesaplanan spesifik akış kullanım şeklinde belirtilen parametre açık ve kapalı şekilde programda kullanılabilen bir veridir. Varsayılan durum için açık konumda tutulan bu parametre,

yoğunluğuna göre kapıya özel çıkış hesaplaması istendiği durumda kapalı konuma getirilerek istenilen değer girilebilmektedir.

$$Vb = Vmaks \times Vf(D) \times Vft \quad (5.1)$$

Vb baz hız olarak açıklanabilir; kullanıcı yükünün, ortam koşullarının ve hız fraksiyon eğrisinin bir fonksiyonu olarak tanımlanır. Vmaks, yazılıma girilen maksimum hız sınır değeridir. Bina kullanıcılarının tahliye hızı bu değeri aşamayacaktır.

Vf(D) Ortamda bulunan kullanıcı yükü katsayısının bağlı hız değeridir.

$$Vf(D) = f(x) = \begin{cases} 1, D < 0.55 \text{kişi}/m^2 \\ \{maks[Vfmin, 1/0.85(1 - 0.266d)], D > 0.55 \text{kişi}/m^2 \end{cases} \quad (5.2)$$

Burada Vfmin, tahliye simülasyonu yazılımına girilen minimum hız değeridir. D, odada hesaplama anında bulunan kullanıcı yükü yoğunluğunu gösterir.

Vf t ,tahliye olan kişilerin, kaçış sırasında geçtiği ortamların türüne bağlı olarak değişkenlik gösteren bir hız oranıdır ve aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Vf t = k / 1,4 \quad (5.3)$$

Burada k değeri, odalar ve rampalar için k=1,4 m/s olarak belirlenmiştir. Merdivenler için ise basamak yüksekliği ve basamak genişliğine göre k değeri değişiklik göstermektedir. Tablo 5.3.'te SFPE' ye göre merdivenler için k kat sayıları gösterilmektedir.

Tablo 5.3. Merdivenler için k katsayısı değerleri [11]

Basamak Yüksekliği(cm)	Basamak Genişliği(cm)	k(m/sn)
19,05	25,4	1,00
17,78	27,94	1,08
16,51	30,48	1,16
16,51	33,02	1,23

$$\text{Basamak Eğimi} = \text{Basamak Yüksekliği} / \text{Basamak Genişliği} \quad (5.4)$$

Tahliye simülasyonu yazılımı bu değerler üzerinden hesaplamaları gerçekleştirmektedir. Tablodaki maksimum değer olan 0,75'in üzerindeki basamak eğimlerindeki değeri minimum olan 0,34 m/sn olarak alınır. Bu çok dik merdivenlerde bina kullanıcılarının tahliye hızlarının çok fazla düşmesini engeller. 0,5'in altındaki eğimler için ise k değeri maksimum olan 1,4 m/sn olarak alınır.

Kullanıcı yükü yoğunluğu D, herhangi bir odada tek tip olarak kabul edilmektedir.

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

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

$$F_s = (1 - .266 \times D) \times k \times D \quad (5.5)$$

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/m² 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 simülasyonu

programında duman oluşumunun etkisi ile hızda meydana gelen yavaşlamayı denklem 5.11'deki formül ile hesaplamaktadır [27].

5.1.2. Yangın simülasyonu

Yangın simülasyonunda PyroSim yazılımı kullanılacaktır. PyroSim, Thunderhead Engineering şirketi tarafından geliştirilmiş olan YDS için bir grafik kullanıcı arayüzüdür. Bu yazılım, karmaşık yangın modellerinin ayrıntılarını hızla oluşturmaya ve yönetmeye yardımcı olur. Bir modeldeki tüm nesnelerle ilişkili özellikleri etkileşimli olarak görüntülemeyi ve değiştirmeyi sağlar. Bu görsel geri bildirim, model oluşturmaya hızlandırır ve hatayı azaltır.

Yazılım üzerinde birden çok ağ oluşturmaya ve doğrulamaya yardımcı olacak araçlar içerir. Çoklu ağlar kullanımı çözüme daha hızlı ulaşabilmeyi sağlar.

Yangın simülasyonunda modellenen yangın tahliye simülasyonu programına kolayca aktarılabilir. Modellenen yangın durumunda bina kullanıcılarının tahliye süreleri ve çıkış kapasiteleri yeterliliği gibi bir çok konuda veri elde edilmesini kolaylaştırır.

YDS hesaplamaları, hesaplama ağları (mesh) içerisinde yapılır. Simülasyondaki her eleman (duvarlar, kapılar, fanlar vb.) bu ağa uygun olmalıdır veya ağ bu nesnelere uygun olacak şekilde belirlenmelidir. Bir elemanın konumu ağa tam olarak uymadığında, eleman yazılım tarafından otomatik olarak yeniden konumlandırılır. Gerçeğe en yakın simülasyon sonucunu elde edebilmek için, her üç doğrultuda da yaklaşık olarak aynı boyutta olan ağ hücrelerinin kullanılması önem arz eder [28].

Yapılan bu çalışmada; bulunan yapısal ve yapısal olmayan elemanlar ile bilgisayar performansı ve optimum sonuca ulaşma isteği göz önünde bulundurularak ağ boyutları 0,25x0,25x0,25 m olarak seçilmiştir. Buna göre kullanılan toplam mesh sayısı 589.760 adet olmuştur.

Yangın simülasyonu yazılımı, yangın emisyonlarının çözümülenmesi bağlamında aşağıdaki denklemleri kullanır;

Kütlenin Korunumu

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} + \nabla \cdot (\rho u) = 0 \quad (5.6)$$

Momentumun Korunumu

$$\rho \left(\frac{\delta u}{\delta t} + (u \cdot \nabla) u \right) + \nabla p = \rho g + f + \nabla \cdot \tau \quad (5.7)$$

Enerjinin Korunumu

$$\frac{\delta(\rho h)}{\delta t} + \nabla \cdot \rho h u - \frac{Dp}{Dt} = \dot{q}''' - \nabla \cdot q_r + \nabla \cdot q_r + \nabla \cdot k \nabla T + \nabla \sum_l h_l (\rho D)_l \nabla Y_l \quad (5.8)$$

Maddenin Korunumu

$$\frac{\delta(\rho Y_l)}{\delta t} + \nabla \cdot \rho Y_l u = (\rho D)_l \nabla Y_l + w_i''' \quad (5.9)$$

Franksiyonel efektif doz (FED) ise karbondioksit, karbonmonoksit ve düşük oksijenin, simülasyon içerisinde bulunan bina kullanıcılarına olan bütünleşik etkilerini göstermektedir. Bu etkinin tespiti için aşağıdaki denklemi kullanır;

$$FED_{toplamlam} = FED_{CO} \times V_{CO_2} + FED_{O_2} \quad (5.10)$$

Burada FED_{CO} karbonmonoksitin bir fonksiyonu, V_{CO_2} ise hiperventilasyon katsayısı etki çarpanıdır. FED_{O_2} zamana bağlı bir fonksiyonudur ve yangın sırasında zamana bağlı olarak azalır. FED_{total} 0,01 değerinden küçük ise çok düşük seviyede etkilenme, 0,01 ile 0,3 arasında ise düşük seviye etkilenme, 0,3 ile 1 arasında ise yüksek seviye etkilenme, 1'den büyük ise ölümcül seviyede etkilenme anlamına gelir.

5.2. Oluşturulan Senaryolar

Birinci senaryoda hem sprinkler tesisatı hem de duman egzoz sistemi bulunan bir hastane binası yangını modellenmiş ve tahliye incelenmiştir. İkinci senaryoda sprinkler tesisatı bulunmayan, ancak duman egzoz sistemi bulunan bir hastane binası yangını modellenmiş ve tahliye incelenmiştir. Üçüncü senaryoda sprinkler tesisatı bulunan, ancak duman egzoz sistemi bulunmayan bir hastane binası yangını modellenmiş ve tahliye incelenmiştir. Dördüncü senaryoda sprinkler tesisatı ve duman egzoz sistemi bulunmayan bir hastane binası yangını modellenmiş ve tahliye incelenmiştir.

Dört senaryo; duman yayılımı, görüş mesafesi, ortam sıcaklığı ile tahliye süresi ve insanların duman ve sıcaklıktan etkilenme oranları açısından karşılaştırılarak sprinkler tesisatı ve duman egzoz sisteminin can güvenliği açısından faydalarının ortaya konulması hedeflenmiştir. Dumanın görüş mesafesi üzerindeki etkisi ve buna bağlı olarak bina kullanıcıların yangın anındaki kaçış hızı verileri kullanılmıştır.



Şekil 5.1. Kullanılan hastane mimarisi

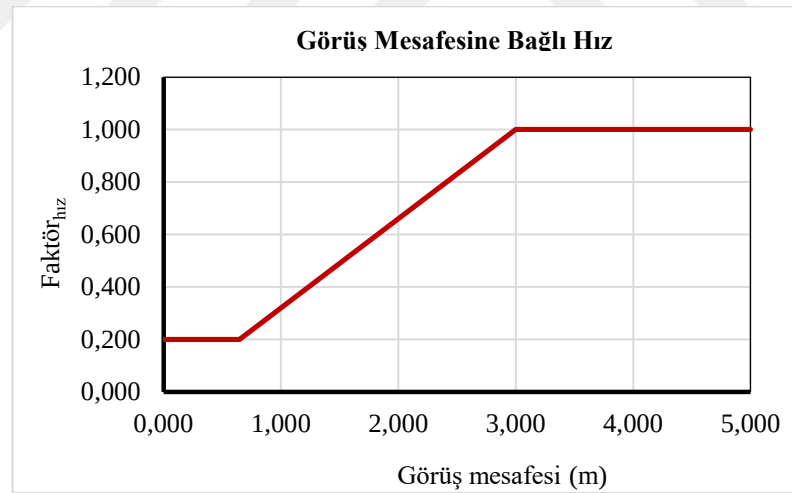
Bina sıfırdan modellenmiş, özgün bir yapıdır. Simülasyonun yapıldığı katta taban alanı yaklaşık 2150 m² olup, kat içerisinde 36 adet hasta odası, 3 adet hemşire ve hastabakıcı odası, 2 adet depo odası, 1 adet danışma bankosu, 1 adet yatay tahliye toplanma alanı, 2 adet yangın merdiveni ile hol ve koridorlar yer almaktadır. Kat alanı yaklaşık 2150 m² olup, kat içerisinde 36 adet hasta odası, 3 adet hemşire ve hastabakıcı odası, 2 adet depo odası, 1 adet danışma bankosu, 1 adet yatay tahliye toplanma alanı, 2 adet yangın merdiveni ile hol ve koridorlar yer almaktadır.

tavan yüksekliği 3 metredir. Hatta odası alanları 21 ila 24 m² arasında değişmektedir. Koridor genişliği minimum 245 cm' dir.

Bina kullanıcılarının tahliye hızı hesaplaması için aşağıdaki formül kullanılmıştır;

$$\text{Faktör}_{\text{hız}} = \min(1, \text{maks}(0.2, 1 - 0.324 \times (3 - \text{görüş mesafesi}))) \quad (5.11)$$

Buna göre bina kullanıcılarının tahliye hızı 0,2 ila 1 m/s arasında değişim göstereceği varsayılmıştır. Bunu belirleyecek faktör ise dumanın sebep olduğu görüş mesafesi azalmasının insanların tahliye hızını azaltacağı kabulüdür. Bu ölçümü yapabilmek için kaçış koridoru toplamda 4 ayrı parçaya bölünmüş, her bölmede zeminden 1,8m yukarıda olacak şekilde gaz dedektörleri eklenmiştir. Yangın simülasyonu programında da bu gaz dedektörlerinin elde ettiği görüş mesafesi verileri tahliye simülasyonu programı ile yapılan tahliye simülasyonunda bina kullanıcısı kaçış hızı verisi olarak kullanılmak üzere girilmiştir. Şekil 5.2.'de bu değerler özetlenmiştir.



Şekil 5.2. Görüş mesafesine göre tahliye hızı değişimi [29]

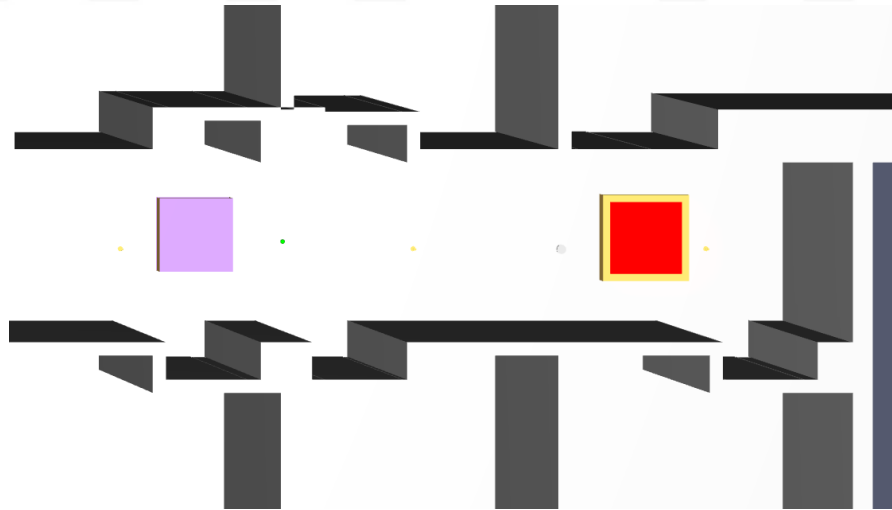
Tahliye açısından en avantajlı konumda olan 7 adet bina kullanıcısının FED analizleri yapılmıştır. Tahliye simülasyonunda binada, 20 adet tekerlekli sandalye ile tahliye olabilen hasta, 12 adet sedye ile tahliye olabilen hasta ve 20 adet hemşire ve hastabakıcı olmak üzere toplam 52 kullanıcı girilmiştir.

BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Oluşturulan 4 farklı senaryonun her biri için yangın simülasyonu ve buna bağlı olarak tahliye simülasyonu programları çalıştırılmış, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

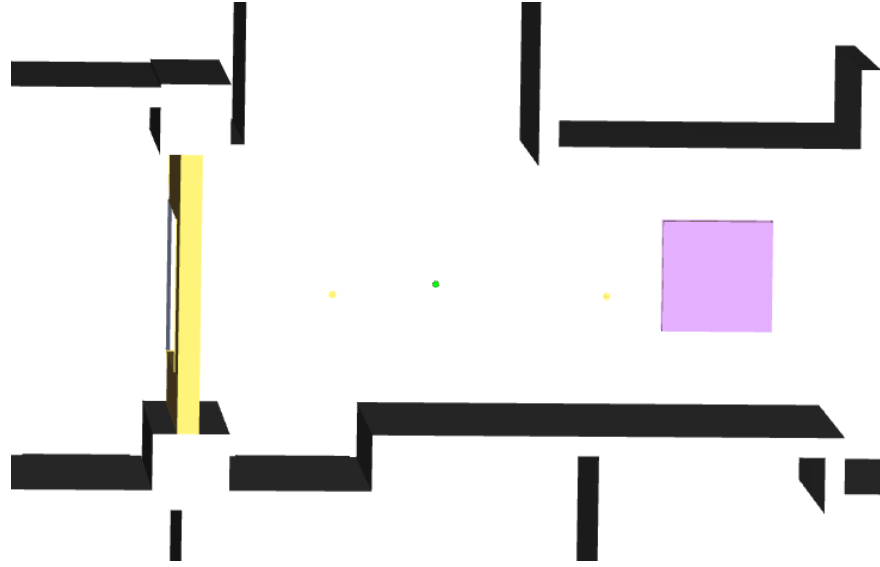
Simülasyonda yangın ilk saniye itibarı ile başlamaktadır. Sprinkler tesisatı bulunan senaryolarda sprinklerler aktivasyon sıcaklıkları olan 68°C 'yi gördüklerinde aktive olmuşlardır. Duman egzoz sistemi bulunan senaryolarda ise duman egzoz fanları yangının başlaması ile beraber çalışacak şekilde kurgulanmıştır.

Dört senaryo tahliye süreleri, görüş mesafeleri, ortam sıcaklıkları ve FED değerleri bakımından kıyaslanmıştır.



Şekil 6.1. Yangın başlangıç noktası konumu

Şekil 6.1.'de sarı altınlı kırmızı alan yangının başlangıç noktasını göstermektedir. Mor renkli bölüm ise duman egzoz sistemi taze hava besleme fanıdır. Küçük sarı noktalar sprinklerleri, yeşil noktalar ise gaz dedektörünü temsil etmektedir. Beyaz dairesel şekil ise duman dedektörüdür.



Şekil 6.2. Yatay tahliye kapısı ve duman egzoz fanı görünümü

Şekil 6.2.'de mor alan duman egzoz fanını temsil etmektedir. Solundaki sarı renkli kısım ise yangın dayanımlı yatay tahliye kapısıdır.

6.1. Tahliye Sürelerinin Kıyaslanması

Acil durum tahliye süreleri, binanın kullanım amacı ve bina kullanıcıların profillerine göre farklılıklar göstermektedir. Hastane binası gibi, içerisinde tahliye için desteğe muhtaç veya medikal cihazlara ve medikal gazlara bağımlı kişilerin bulunabileceği yerlerde tahliye sürelerinin çok kısa olması mümkün olmayacaktır. Bu bakımdan yönetmelik ve standartlarda tahliye mesafeleri diğer binalara nazaran daha kısa tutulmuş ve yatayda tahliye gibi alternatifler üretilmiştir. Bunun yanı sıra daha önceki bölümlerde açıklanan yerinde savunma stratejisi geliştirilmiştir

Tablo 6.1.'de simülasyonun başından, son kullanıcının yatay tahliye kapısını geçtiği ana kadar olan süreler her bir senaryo için verilmiştir. 15 saniye hareket geçme gecikme süresi uygulanmıştır. Bina kullanıcılarının tahliye hızı 1 ila 0,2 m/s arasında değişim göstereceği varsayılmıştır. Bunu belirleyecek faktör ise dumanın sebep olduğu görüş mesafesi azalmasının insanların tahliye hızını azaltacağı kabulüdür [29].

Tablo 6.1. Tahliye sürelerinin senaryo bazlı karşılaştırılması

Senaryo no	Tahliye süresi (sn)
1	626
2	628
3	638
4	646

Denklem 4.1 bu noktada uygulanabilir, örnek olarak senaryo 1 değerleri göz önünde bulundurulacak olursa;

Yangının başladığı noktaya en yakın duman dedektörü 18. saniyede algılama yapmıştır. En yakın ikinci duman dedektörün algılama süresi ise 28 saniye olmuştur. İkinci dedektör algılama yaptığı anda bina alarm sistemi devreye girmiştir.

$$T_{GGTS} = 18 + 10 + (15 + 583) = 626 \text{ saniye olmaktadır.}$$

Bu durumda $SGTS > GGTS$ şartının sağlanabilmesi için SGTS en az 627 saniye olmalıdır. Yatay tahliyede, yangın dayanımlı bariyerin diğer tarafına geçildiğinde 2 saat yangın dayanımlı bölmede bulunacağından SGTS süresi 7200 saniye olacaktır.

Görülebileceği üzere bina kullanıcılarının toplam tahliye süresi senaryo bazında majör değişiklikler göstermemiştir. Bu da yatay tahliye imkânının sağladığı bir avantaj ve bu avantaj sonucu ortaya çıkan bir veri olarak değerlendirilebilir.

6.2. Görüş Mesafelerinin Kıyaslanması

Hastane binalarında, kat koridorlarında tavan yükseklikleri genellikle çok fazla olmadığından, olası bir yangında dumanın görüş mesafesine ve dolayısıyla da tahliye hızına etkisini minimuma indirmek adına çeşitli sistemler teçhiz edilmesi istenmektedir. Bunlara örnek olarak duman egzoz sistemi ve sprinkler sistemini verebiliriz.



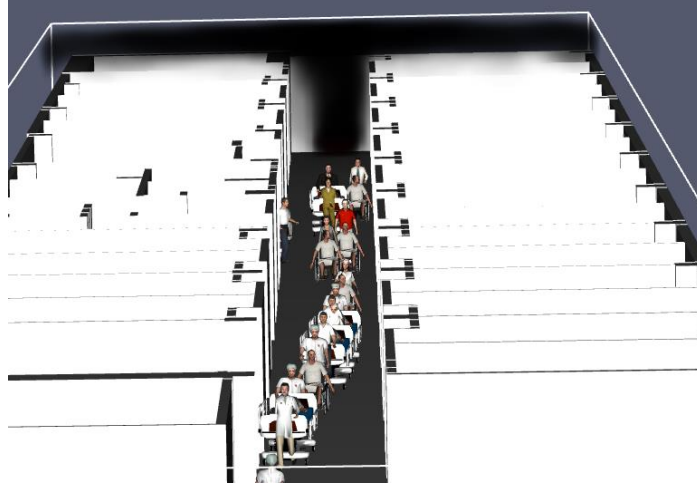
Şekil 6.3. Senaryo1’ de 240. saniyede göz hizasında koridordaki duman yoğunluğu

Görüş mesafesi değeri ortamda bulunan yangın dumanı yoğunluğuna göre değişiklik gösterecektir. Yangın simülasyonunda görüş mesafesi ölçümleri zeminden 1,8m yükseklikte yapılmıştır.

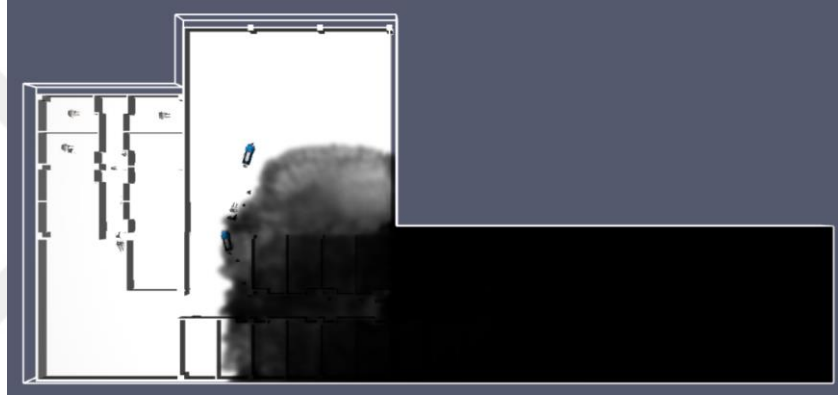
Tablo 6.2. En düşük görüş mesafelerinin senaryo bazlı karşılaştırılması

Senaryo no	Kişi no	Zaman(sn)	Görüş mesafesi (m)
1	58	490	0,120
2	58	494	0,118
3	58	491	0,128
4	58	481	0,128

Tablo 6.2. her bir senaryoda görüş mesafesinin en düşük olduğu anları ve en düşük görüş mesafesine sahip bina kullanıcılarını göstermektedir. Tüm senaryolarda 240. saniyeden itibaren görüş mesafesi 1 metrenin altına düşmeye başlamaktadır. Bu durumun tahliye açısından zorluk yaratacağı açıktır. Burada sıcak duman tavanda birikip daha sonrasında zemine doğru çökmeye başlayacağından ayaktaki insanlar eğilerek çıkışa doğru ulaşmaya çalışabilecektir.



Şekil 6.4. Senaryo3' te 40. saniyede koridorda dumanın yayılımı



Şekil 6.5. Senaryo4' te 221. saniyede koridorda duman yoğunluğu

Hedeflenen değer olan 5 metre görüş mesafesi değerinin altına çok hızlı bir şekilde inilmiştir. Her ne kadar simülasyon sonuçlarında tahliye süreleri uygun görünse de gerçek durumda duman yoğunluğunun sebep olduğu görüş mesafesi değerlerinin çok daha düşük olması insanların tahliyesini olumsuz yönde etkileyebilecektir.

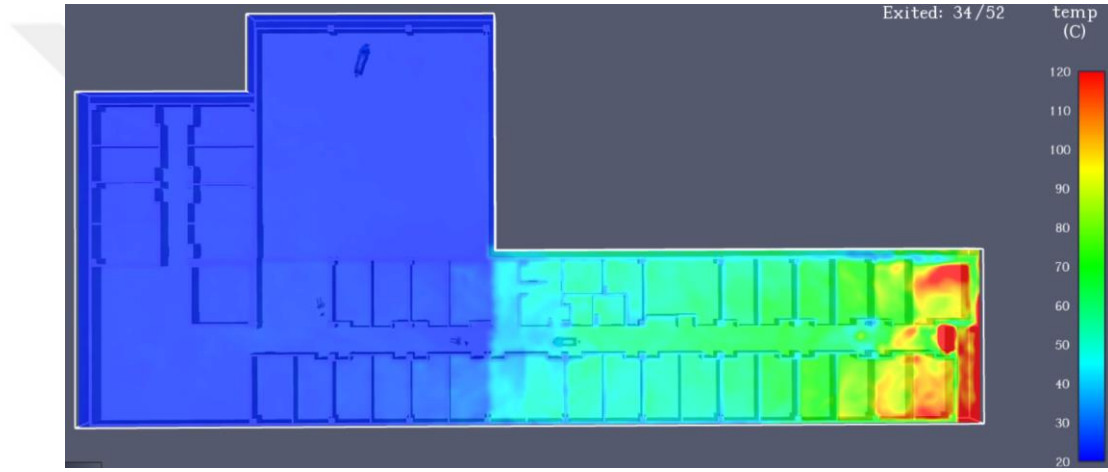
Tablo 6.3. Belirli anlarda senaryolardaki görüş mesafeleri(m)

Zaman(sn)	Senaryo			
	1	2	3	4
250	0,97	0,92	0,39	0,39
300	0,26	0,22	0,29	0,26
350	0,25	0,23	0,2	0,18
400	0,19	0,15	0,17	0,16
450	0,2	0,16	0,15	0,14
500	0,15	0,16	0,16	0,15
550	0,77	0,45	0,98	0,74
600	0,89	0,51	0,63	0,62

6.3. Ortam Sıcaklıklarının Kıyaslanması

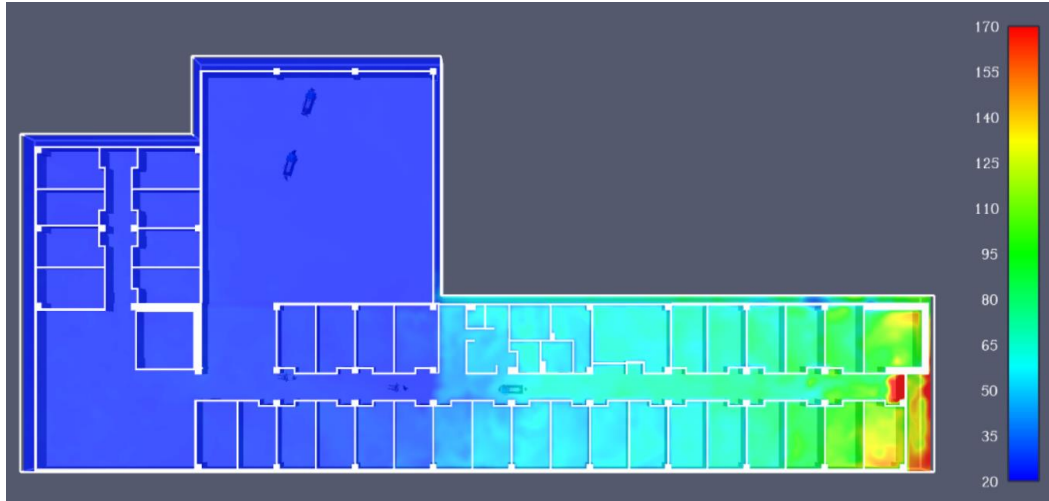
Her bir senaryo için yangının başladığı koridorda sıcaklık seviyeleri ölçülmüştür. İnsanların güvenli tahliyesi için kabul edilmiş olan üst eşik değeri olan 200°C hiçbir senaryoda aşılmamıştır. Bu bakımdan tahliyeyi etkileyeceği öngörülen teorik sıcaklık değerinin altında kalmıştır.

Duman egzoz sistemi ve sprinkler tesisatı bulunan ilk senaryoda en yüksek sıcaklık 120°C olarak ölçülmüştür.



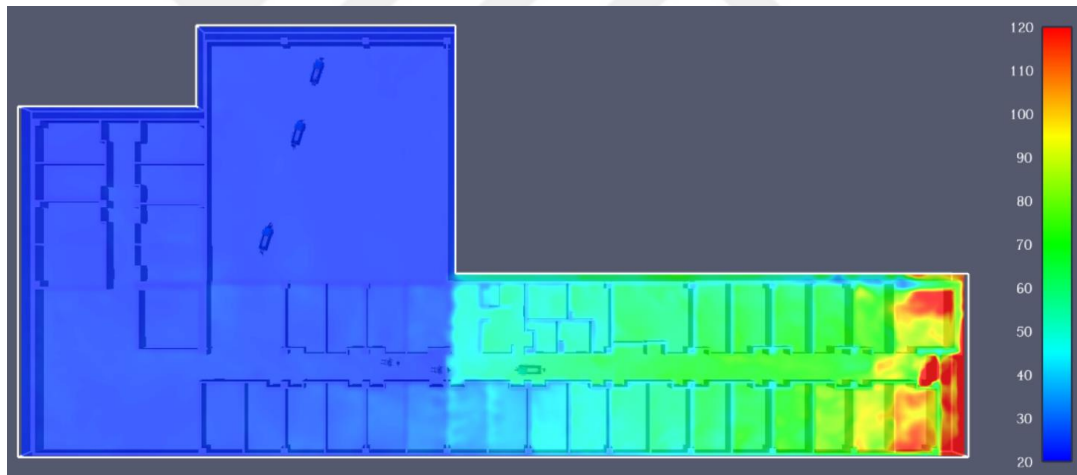
Şekil 6.6. Senaryo1’ de 500. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri

Duman egzoz sistemi bulunan ve sprinkler tesisatı bulunmayan ikinci senaryoda en yüksek sıcaklık 170°C olarak ölçülmüştür.



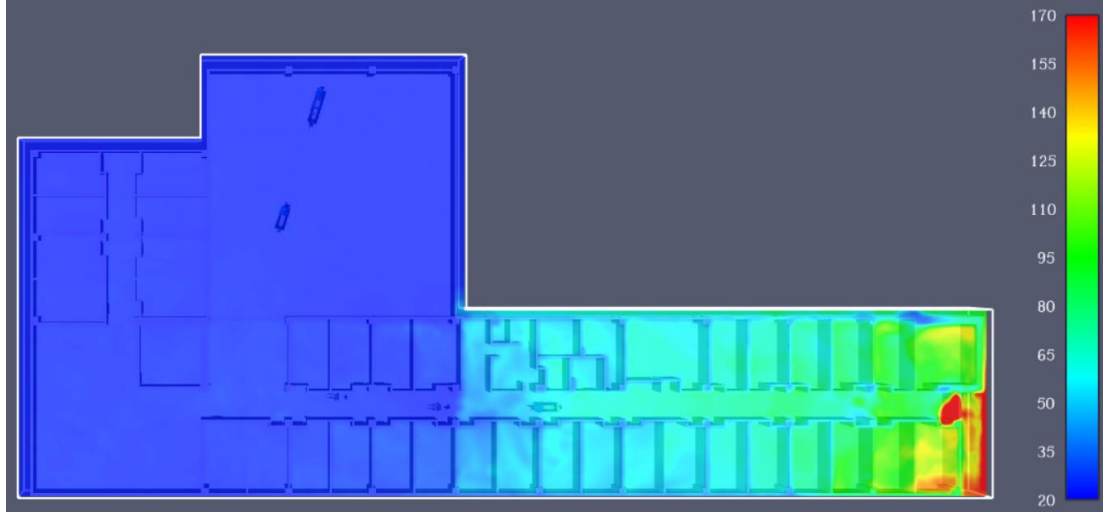
Şekil 6.7. Senayo2’ de 500. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri

Duman egzoz sistemi bulunmayan ve sprinkler tesisatı bulunan üçüncü senaryoda en yüksek sıcaklık 170°C olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.8. Senayo3’ te 500. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri

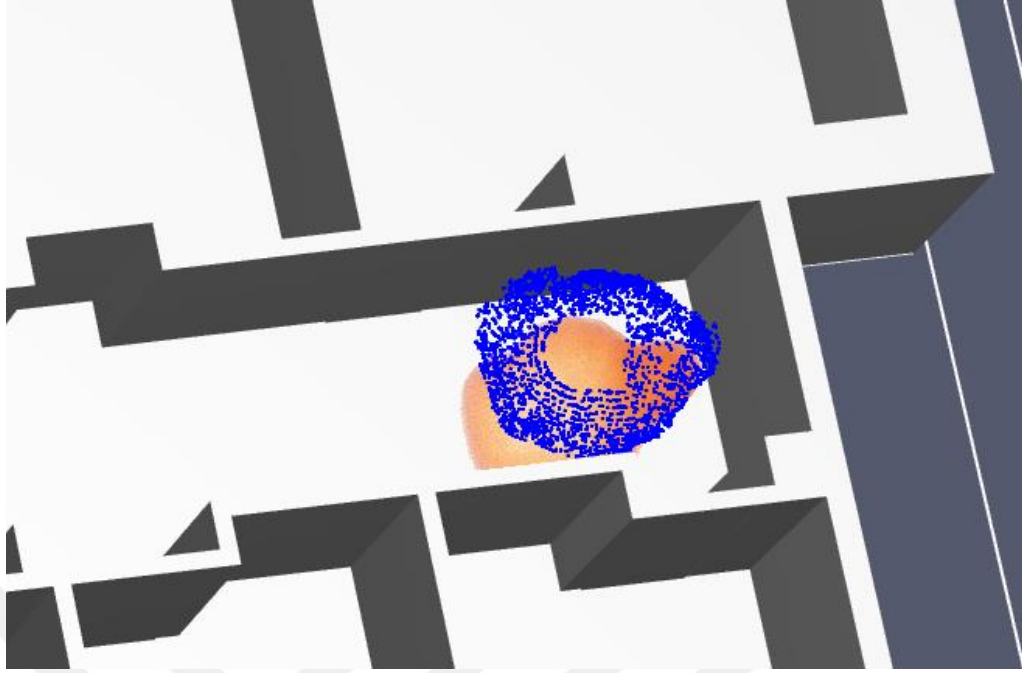
Duman egzoz sistemi ve sprinkler tesisatı bulunmayan dördüncü senaryoda en yüksek sıcaklık 170°C olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.9. Senaryo4' te 500. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri

Dört senaryodan alınan verilere bakıldığında, sprinkler tesisatı bulunmayan senaryo 2 ve senaryo 4'te sıcaklık 170°C olurken; sprinkler tesisatı bulunan senaryo 1 ve senaryo 3'te ise sırasıyla 120°C olmuştur. Bu durum sprinkler tesisatının ortam sıcaklığı üzerindeki etkisini ve güvenli tahliye sıcaklığı belirli bir değerin altında tutarak sağladığı katkıyı ortaya koymaktadır. Duman egzoz sistemi sıcak dumanı dışarı atarak görüş mesafesi için tahliye olan kişilere avantaj sağlamayı hedefler. Ancak egzoz yapılabilmesi için ortama belirli bir oranda taze hava girişi sağlanması gerektiğinden bir anlamda yangını dışarıdan alınan hava ve dolayısıyla oksijen sebebiyle beslemektedir.

Sprinkler tesisatı bulunan iki senaryoda, yangının çıktığı noktaya en yakın olan sprinkler 20. saniyede aktive olmuştur.



Şekil 6.10. Yangın kaynağına en yakın sprinkler aktivasyonu

Tahliye simülasyonu yazılımından alınan veriler doğrultusunda binadaki kişilerin maruz kaldığı sıcaklık değerleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 6.4. Maruz kalınan sıcaklıkların senaryo bazlı karşılaştırılması

Senaryo no	Kişi no	Zaman(sn)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
1	60	451	46,7
2	58	490	52
3	58	419	50,2
4	57	387	57

Tablo 6.3.'e göre en yüksek sıcaklıklara maruz kalan kişi senaryo 4'te 57 numaralı bina kullanıcısı olmuştur. Bu kişi hasta bakıcılardan biridir ve pek çok kez yangın mahaline geri dönerek asiste edilmesi gereken hastaların tahliyesini sağlamıştır.

Yukarıdaki değerler $44,8^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde olduğundan 57 nolu bina kullanıcısının vücut yanıklarına maruz kalması kuvvetle muhtemeldir.

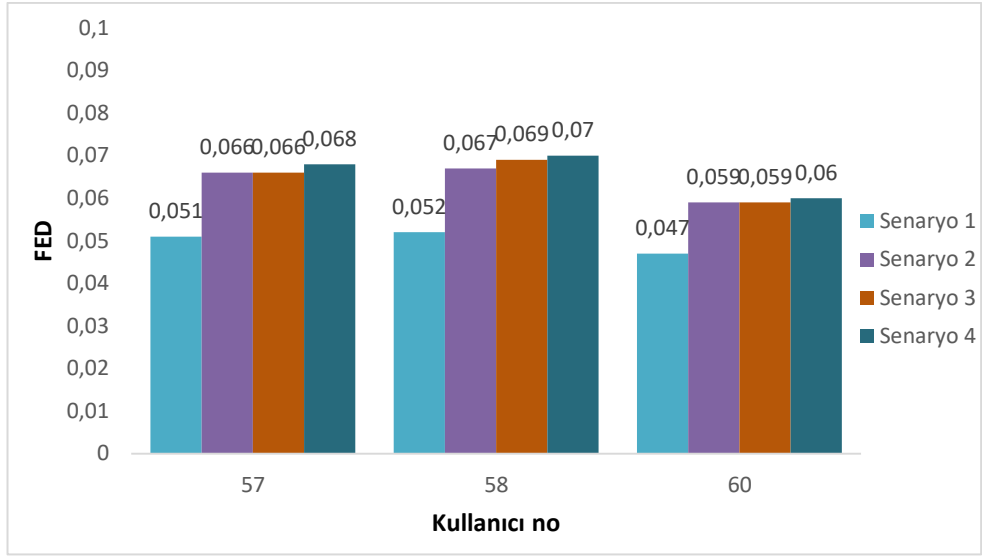
6.4. FED Değerlerinin Kıyaslanması

Yangın emisyonları olan duman ve zehirli gazların toksik etkisi her bir senaryo için ayrı ayrı incelenmiştir. Buna göre senaryo bazında elde edilen değerler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 6.5. FED değerlerinin senaryo bazlı karşılaştırılması

Kişi no	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
	FED değeri			
57	0,051	0,066	0,066	0,068
58	0,052	0,067	0,069	0,070
60	0,047	0,059	0,059	0,060

Tablo 6.4.'teki değerlere bakıldığında en yüksek FED değerlerinin duman egzoz sistemi ve sprinkler tesisatı bulunmayan senaryo 4'te tespit edildiği görülmektedir. En düşük değer ise hem sprinkler tesisatı hem de duman egzoz sistemi bulunan senaryo 1'de elde edilmiştir. Duman egzoz sistemi bulunan senaryo 1 ve 2 için elde edilen FED değerleri, duman egzoz sistemi bulunmayan senaryo 3 ve 4'e göre daha düşüktür. Bu da duman egzoz sisteminin yangın emisyonu duman ve toksik gazların etkisinin bina kullanıcıları için azaltılmasında ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu değerler daha büyük ve tahliye mesafesi ile süreleri daha uzun bir binada daha da kritik olabilecektir. Sprinkler tesisatının da FED değerinin düşürülmesine etki ettiğinden bahsedilebilir.



Şekil 6.11. FED analizlerinin senaryolara göre kıyaslanması

FED analizi dumana maruz kalınan süreye göre artış gösterecektir. Bu bağlamda bu çalışmada sürekli hareket halinde olan personeller ve onların tahliye ettiği hastalar dışında unutulmuş bir hasta olması durumunda, dumana ve zehirli gazlara maruziyet süresi artacağından FED değerleri daha yüksek çıkacak, dolayısıyla toksik gazdan dolayı zehirlenme veya boğucu gaz etkisiyle boğulma ihtimali çok daha yüksek olacaktır.

Yangın emisyonu olan boğucu gazların etkisi program sonucunda veri olarak alınmadığından değerlendirilememiştir. Her ne kadar FED analizi sonuçlarında zehirli gazların insanlar üzerindeki etkisi ihmal edilebilecek düzeyde görünse de boğucu gazların etkisi ve görüş mesafelerinin de düşmesi sonucu bina kullanıcılarının nefes almada güçlük yaşaması, hatta boğulması ihtimali de oldukça yüksektir.

6.5. Öneriler

Elde edilen sonuçlar ışığında yatay tahliye seçeneğinin; tahliye açısından dezavantajlı olan, yardıma muhtaç kişilerin bulunma ihtimali yüksek olan bir hastane binasında ne kadar avantaj sağladığı, tüm senaryolarda benzer tahliye sürelerinin elde edilmesiyle ortaya çıkmıştır. Ülkemizde güncel yönetmelik ve standartlarda yatay

tahliye olanağı bulunmayan bina tipleri için de kullanılabilmesi uygun olacaktır. Bu konu yeni yönetmelik ve standartlar hazırlanırken göz önünde bulundurulmalıdır ve kullanımının yolu açılmalıdır. Bu sayede tahliye mesafeleri ve süreleri bağlamında tasarruf sağlanabilecek ve can güvenliği seviyesi, mevcut durumdan daha yüksek hale getirilebilecektir.

Uygulanan tüm senaryolarda görüş mesafeleri hedeflenen değerin altında kalmıştır. Yoğun dumanın görüş mesafesini azaltmasının bir sonucu da yönlendirme işaretlerinin görülmesinin zorlaşması olacaktır. Zemin seviyesinde ek yönlendirme işaretleri yerleştirilerek bu risk azaltılabilir.

Yangın sırasında ortam sıcaklığının mümkün olduğunca düşük tutulması ve dolayısıyla bina kullanıcılarının bu sıcaklıktan etkilenme oranlarının minimuma indirilebilmesi için sprinkler(yağmurlama) sistemi çok önemli bir görevi yerine getirmektedir. Sprinkler tesisatı mal ve bina güvenliğine katkısının yanı sıra can güvenliğine de büyük katkılar sunmaktadır. Yönetmelik ve standartların zorunlu kıldığı bina tiplerinde yasal zorunluluk olarak sprinkler sistemleri kurulmaktadır. Bunlar dışında kalan bina tipleri için sprinkler tesisatı kurulması, genellikle ilk yatırım maliyet açısından yatırımcıya yük olarak görülmektedir. Bu düşünce yatırım maliyeti açısından bakıldığında doğru gibi görünse de can güvenliği açısından bakıldığında yanlış olarak değerlendirilebilir.

Duman egzoz sistemlerinin bulunduğu senaryolar ile bulunmadığı senaryolar kıyaslandığında yangın emisyonu olan duman ve zehirli gazların insanlar üzerindeki etkisini önemli oranda azalttığı görülmektedir. Özellikle bu tip, görece daha dar koridorları bulunan ve hacimsel olarak küçük bölümleri bulunan binalarda duman egzoz sistemi etkisi daha da önem arz etmektedir. Bu sistemler kurulurken büyük oranda yönergesel tasarım kullanılmaktadır ve çoğunlukla gerçekte ihtiyaç olan kapasiteden daha yüksek kapasiteler ortaya çıkmakta, ilk yatırım maliyeti fazla olmaktadır. Performansa dayalı tasarım ile daha düşük kapasitelerde duman egzoz sistemlerinin yeterli olabileceği çeşitli yazılımlar kullanılarak ispatlanması durumunda maliyetler önemli ölçüde azaltılabilecektir.

Bu sistemlerin binada bulunması elbette önemlidir. Ancak belki de daha önemli olan nokta ise bu sistemlerin işletilmesidir. Ülkemizde ne yazık ki yangından korunum sistemlerinin periyodik test ve bakımları büyük oranda ihmal edilmektedir. Yangından korunum sistemleri işletme ömürleri boyunca belki hiç çalışmayacak, belki sadece bir kez çalışacaktır. Önemli olan, bu sistemlere ihtiyaç duyacağımız o tek seferde hepsinin çalışmaya hazır ve tasarımına uygun şekilde görev yapabilecek durumda olmasını sağlamaktır. Bunu sağlamanın tek yolu ise periyodik test ve bakımlarının doğru ve zamanında yapılmasıdır. Yangın pompaları, sprinkler tesisatı, yangın dolabı tesisatı, itfaiye su alma ağız tesisatı ve çevre hidrant tesisatı gibi sistemlerin bakımları için günümüzde en kapsamlı ve detaylı içerikler NFPA 25 bakım formlarında bulunmaktadır. Bu formlar kullanılarak yapılan bakım ve testler sayesinde sistemler her an çalışmaya hazır durumda tutulabilir. Yangın algılama ve ihbar sistemi bakımları için ise TS EN 54 prosedürleri takip edilmelidir. Buna göre yılda bir kez binadaki tüm detektörlerden alarm verdirilerek doğru çalışıp çalışmadığı test edilmelidir [30].

Performansa dayalı tasarımın kullanılmasıyla yönergesel tasarımın müsaade ettiği kısıtlı tasarımlar ve esnek olmayan seçenekler dışında farklı alternatifler ortaya çıkarılarak, hem can ve mal güvenliği artırılıp hem de bina tasarım maliyetleri düşürülebilmektedir. Bina tasarım maliyetleri mimari, inşai, mekanik ve elektriksel olarak farklı kategorilerde ele alınması uygun olacaktır. Buna göre yatay tahliye olanağı kullanılarak mimari ve inşai açıdan gerekli olan ekstra çıkış kapısı ve merdiven sayısı azaltılabilmektedir. Mekanik sistemler açısından bakıldığında, kullanılacak sprinkler tesisatı ve duman egzoz sistemi kapasiteleri performansa dayalı tasarım metoduyla düşürülebilmektedir. Elektriksel olarak ise yangın algılama ve ihbar sistemleri tasarımında avantajlar elde edilebilmektedir. Bir bütün olarak bakıldığında performansa dayalı tasarım, tasarımcıya daha özgür düşünebilme ve yaratıcı fikirleri ortaya koyabilme imkânı tanır. Bu da tasarımcıya bir yandan mesleki tatmin sağlarken, diğer yandan yangından korunum sistemlerinin günbegün olumlu yönde gelişmesi ve yeni teknolojilerin ortaya çıkması hususunda katkı vermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Çelik, G., Üniversite Araştırma Hastanelerinde Aktif Yangın Önlemleri, Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2019.
- [2] Kaya, O., Yüksek Binalarda Yangın ve Yangın Güvenlik Önlemlerinin Modellenerek İncelenmesi, Marmara Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.
- [3] TsengWei-Wena, PanKuo-Hsiung, Hsu Che-Ming, Performance-based Fire Safety Design for Existing Small-scale Hospitals, Elsevier Journal, 2011.
- [4] Kanchan Chowdhury, Fires in Indian hospitals: root cause analysis and recommendations for their prevention, Elsevier Journal, 2013.
- [5] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik -(09/07/2021)-31665, 2021.
- [6] NFPA 101: Life Safety Code, 2021 Edition
- [7] NFPA 5000: Building and Construction Safety Code, 2021 Edition
- [8] NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Cod, 2022 Edition
- [9] NFPA 14: Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems, 2019 Edition
- [10] NFPA 99: Health Care Facilities Code, 2021 Edition
- [11] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering-5th Edition-Morgan J_2015-2016.
- [12] H. Nelson, “Performance-Based Fire Safety,” in Proceedings: 1996 International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, Society of Fire Protection Engineers, Bethesda, MD (1996).
- [13] SFPE Performance-Based Fire Safety Design, 2015

- [14] BS PD7974:2019 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice
- [15] J.R. Hall, Jr. Directions and Strategies for Research on Human Behavior and Fire, Are We Prepared to Support Decision-Making on the Major Themes?, (2004), The Third International Symposium on Human Behavior in fire, London.
- [16] SFPE Guide to Human Behavior in Fire 2nd Edition
- [17] ISO/TS 29761:2015 Fire safety engineering — Selection of design occupant behavioural scenarios
- [18] CFPA-E Guideline No 19:2009 F – Fire safety engineering concerning evacuation from buildings
- [19] ISO 19706:2011 Guidelines for assessing the fire threat to people
- [20] ISO 13571-2:2016 Life-threatening components of fire – Methodology and examples of tenability assessment
- [21] ISO 13571:2012 Life-threatening components of fire — Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires
- [22] 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
- [23] BS PD7974-6:2019 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Part 6: Human factors. Life safety strategies. Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6)
- [24] BS EN 1991-1-2:2002 Eurocode 1: Actions on structures Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire
- [25] BS PD7974-1:2019 Part 1: Initiation and development of fire within the enclosure of origin (Sub-system 1)
- [26] TS EN 12845:2015+A1:2019 Sabit yangın söndürme sistemleri - Otomatik sprinkler sistemleri – Tasarım, kurulum ve bakım
- [27] Pathfinder Technical Reference Manual (2021)

- [28] Pyrosim TechnicalReference Manual(2021)
- [29] Fridolf, Karl, Walking Speed in Smoke: Representation in Life Safety Verificaitons, Elsevier Journal, 2018.
- [30] TS EN 54-14 Yangın algılama ve yangın alarm sistemleri - Bölüm 14: Planlama, tasarım, kurulum, devreye alma, kullanım ve bakım için rehber. Kasım 2018



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Furkan KADI

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Yangın ve Yangın Güvenliği	Devam ediyor
Lisans	İstanbul Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği	2012
Lise	Bursa Anadolu Lisesi	2003

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2013-Halen	Vizyon Proje	Mühendis

YABANCI DİL

İngilizce