



**PERFORMANS ANALİZLERİNE DAYALI YANGIN GÜVENLİK
TASARIMI MODEL ÖNERİSİ: SAĞLIK YAPILARINDA HASTA YATAK
KATI ÖRNEĞİ**

SEVİNÇ ÇETİN

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2020

Sevinç ÇETİN tarafından hazırlanan “PERFORMANS ANALİZLERİNE DAYALI YANGIN GÜVENLİK TASARIMI MODEL ÖNERİSİ: SAĞLIK YAPILARINDA HASTA YATAK KATI ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Figen BEYHAN

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

Endüstri Ürünleri Tasarımı Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. M. Tayfun YILDIRIM

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Çankaya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Gülşen DİŞLİ

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Necmettin Erbakan Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 23/06/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sevinç ÇETİN

23/06/2020

PERFORMANS ANALİZLERİNE DAYALI YANGIN GÜVENLİK TASARIMI
MODEL ÖNERİSİ: SAĞLIK YAPILARINDA HASTA YATAK KATI ÖRNEĞİ

(Doktora Tezi)

Sevinç ÇETİN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2020

ÖZET

Gelişen teknolojiyle birlikte hızlı nüfus artışı, farklı gereksinimlerin ortaya çıkmasıyla büyük ve karmaşık binaların yapılması yangınların çıkma olasılığını azaltmadığı gibi yangınların neden olduğu can ve mal kaybının da her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Özellikle Türkiye’de son yıllarda meydana gelen yangınlar can kaybı ve maddi zararlarla sonuçlanmıştır. Bugün yangın güvenliği tasarımı, hükümlere dayalı ve performans dayalı yangın güvenlik tasarımı olarak incelenmektedir. Hükümlere dayalı tasarım, yangından korunma amacıyla kabul edilebilir bir alt düzeyi oluşturmak için mimar ve mühendisler rehber görevi üstlenen hükümlere dayalı zorunluluklardır. Ancak, tamamen hükümlere dayalı yapılan tasarımlar, her zaman gerek duyulan esnekliği sağlamadığı gibi tasarımda belirlenmiş fonksiyonel gereksinimlerin karşılanamadığı durumlar olmaktadır. Performans dayalı düzenlemelerde ise, kabul edilebilir tasarımlar ve alternatif çözümler gibi tasarıma kısıtlama getirmeyen sayısal çözümler üzerine odaklanma söz konusu olmaktadır. Bu bakımdan, günümüzde ülkelerin mevzuatlarının, performans dayalı düzenlemelerden oluşturulması yönünde bir eğilim dünya çapında oluşmuştur. Bu çalışma ile binalarda performans analizlerine dayalı yangın güvenliğinin sağlanabilmesi için bir model oluşturulmaktadır. Geliştirilen modelin amacı, binaların tasarım süreci içerisinde yangın performansının değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin bu süreç içerisinde geliştirilmesidir. Modelin oluşturulması için; performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım süreci bir sistem olarak ele alınmaktadır. Model oluşturulurken sistem, alt sistem ve bileşen açılımlarından yararlanılmaktadır. Model kapsamında ayrıntılandırılmış olan alt bileşenler tasarımcılar için karar adımlarını oluşturmada ve bir sonraki süreçte yer alabilecek karar alanlarının neler olabileceğinin belirlenmesi bakımından önem taşımaktadır. Modelin tüm binalara uygulanabilmesi amaçlanmakta ve hareket kısıtlılığı bulunan hastaların olduğu hasta yatak katı üzerinde uygulanmaktadır.

Bilim Kodu : 80111
Anahtar Kelimeler : Performans dayalı yangın güvenlik tasarımı, sağlık yapıları, yangın güvenliği, tasarım yangın senaryoları, performans kriterleri
Sayfa Adedi : 290
Danışman : Prof. Dr. Figen BEYHAN

A MODEL PROPOSAL FOR PERFORMANCE ANALYSIS BASED FIRE SAFETY
DESIGN: A CASE OF PATIENT ROOM STOREY IN HEALTH CARE FACILITIES

(Ph. D. Thesis)

Sevinç ÇETİN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2020

ABSTRACT

With the developing technology, rapid population growth, the construction of large and complex buildings with the emergence of different requirements not only reduces the likelihood of fires, but also increases the loss of life and property caused by fires. In recent years fires occurring in Turkey have caused in loss of life and property damage. Today, fire safety design is being examined as a fire safety design based on prescriptive and performance. The prescriptive -based design is the requirements-based regulations that serve as guides to architects and engineers to create an acceptable lower level for fire protection. However, designs made entirely based on prescriptive do not always provide the required flexibility, and there are conditions where the functional requirements specified in the design cannot be met. In performance-based regulations, there is a focus on numerical solutions that do not restrict design, such as acceptable designs and alternative solutions. In this regard, in many countries around the world, building regulations are moving from prescriptive- to performance-based requirements. With this study, a model was made up to provide fire safety in buildings with performance analyzes. The purpose of the developed model is to evaluate the fire performance in the design process of the buildings and to develop the necessary measures in this process. Fire safety design process based on performance analysis is accepted as a system in the model. The sub-components detailed under the model form the decision steps for the designers and are important for knowing what the decision makers might be in the next process. The model is intended to be applied to all buildings and for this study the model is applied on patients room floor which have patients immobile in a hospital.

Science Code	: 80111
Key Words	: Performance based fire safety design, health care facilities, fire safety, design fire scenario, performance criteria
Page Number	: 290
Supervisor	: Prof. Dr. Figen BEYHAN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca, değerli bilgi ve katkılarıyla beni yönlendirerek çalışmamda ilerlememi sağlayan çok kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Figen BEYHAN' a minnet borçluyum. Tez izleme komitesinde yer alarak değerli görüşlerinden yararlandığım hocalarım Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN ve Doç. Dr. Tayfun YILDIRIM' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması kapsamında gereksinim duyduğum her konuda yardımlarını esirgemeyen Ünal ALTINTAŞ' a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması süresince yoğun çalışma dönemlerinde bana sabreden ve desteklerini esirgemeyen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim. Hayatımın her safhasında beni yalnız bırakmayan, desteklerini esirgemeyen, her açıdan sabır ve anlayış gösteren, varlıklarıyla güç bulduğum sevgili aileme, biricik anneme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Son olarak bu tez çalışmamı bitirmemi büyük bir sabırsızlıkla bekleyen minicik yüreğiyle hep yanımda olan kızım Nilüfer'e ve anneme adanmış isterim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve TANIMLAR	9
2.1. Binalarda Yangın Güvenlik Tasarım Yaklaşımları.....	9
2.2. Ülkelerin Performansa Dayalı Yangın Güvenlik Tasarım Yaklaşımları	16
2.3. Performans Analizlerine Dayalı Yangın Güvenlik Tasarım Sürecini Etkileyen Faktörler	31
2.3.1. Projenin kapsamı	31
2.3.2. Projenin yangın güvenlik amaçları	32
2.3.3. Projenin yangın güvenlik hedefleri.....	34
2.3.4. Performans kriterleri.....	35
2.3.5. Tasarım yangın senaryoları	46
2.4. Tasarım Yangın Senaryolarını Etkileyen Özellikler	47
2.4.1. Bina özellikleri	49
2.4.2. Kullanıcı özellikleri	55
2.4.3. Yangının özellikleri	62
2.5. Tasarım Yangın Senaryolarının Seçimi	62

Sayfa

2.6. Tasarım Yangınları.....	72
2.6.1. Tasarım yangın eğrileri.....	73
2.6.2. Tutuşma evresi.....	76
2.6.3. Büyüme evresi (Flashover öncesi evre).....	77
2.6.4. Flashover (Parlama).....	84
2.6.5. Tam gelişme evresi (Flashover sonrası evre)	85
2.6.6. Azalma ve sönme evresi	86
2.6.7. Tasarım yangın eğrilerinin oluşturulma yöntemleri	87
2.7. Kullanıcı Davranışı Olarak Tahliye Stratejilerinin Yangın Güvenliğine Etkisi .	90
2.7.1. Eş zamanlı tahliye stratejisi	92
2.7.2. Kademeli /kısmi tahliye stratejisi	92
2.7.3. İlerleyici tahliye stratejisi	93
2.7.4. Yerinde korunma stratejisi.....	93
2.8. ASET/RSET Yaklaşımı	94
2.8.1. Kullanıcıların mevcut güvenli kaçış süreleri (ASET).....	97
2.8.2. Kullanıcıların gerekli güvenli kaçış süreleri (RSET)	97
2.8.3. ASET/ RSET karşılaştırılması ve değerlendirilmesi	102
3. MATERYAL VE YÖNTEM	105
4. MODELİN HASTA YATAK KATI İÇİN UYGULANMASI	123
4.1. Projenin Tanımlanması	133
4.2. Performans Kriterlerinin Belirlenmesi	144
4.3. Tasarım Yangın Senaryolarının Oluşturulması.....	145
4.3.1. Potansiyel yangın senaryolarının belirlenmesi	145
4.3.2. Tasarım yangın senaryolarının seçimi	152
4.3.2. Tasarım yangın senaryolarının simülasyon programına aktarılması	154

Sayfa

4.4. Tasarım Kullanıcı Davranış Senaryolarının Oluşturulması	158
4.4.1. Kullanıcı davranış senaryolarının oluşturulması	158
4.4.2. Tasarım kullanıcı davranış senaryolarının seçilmesi	159
4.4.3. Tasarım kullanıcı davranış senaryolarının simülasyon programına aktarılması	163
4.5. Analizlerin Değerlendirilmesi	168
4.5.1. Tasarım yangın senaryosunun analiz edilmesi	168
4.5.2. Kullanıcı davranış senaryosunun analiz edilmesi	169
4.5.3. Ön tasarımın değerlendirilmesi	170
4.6. Ön Tasarımın Geliştirilmesi ve İyileştirme Önlemlerine Yönelik Tasarım Alternatiflerinin Oluşturulması	171
4.6.1. ASET değerinin arttırılmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin belirlenmesi ve alternatif tasarımların oluşturulması	171
4.6.2. ASET değerinin arttırılmasına yönelik iyileştirme önlemleri çerçevesinde geliştirilen senaryoların analiz edilmesi	180
4.6.3. RSET değerinin azaltılmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin belirlenmesi ve tasarım alternatiflerinin oluşturulması	187
5. DEĞERLENDİRME VE BULGULAR	197
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	203
KAYNAKLAR	211
EKLER	219
EK-1. Yangın simülasyon programlarının tanıtılması	220
EK-2. Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller	226
ÖZGEÇMİŞ	289

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Hükme dayalı ve performans dayalı yangın güvenlik tasarımının avantajları ve dezavantajları	16
Çizelge 2.2. BS 7974 standardında tanımlanmış alt sistemlerin yapısı	20
Çizelge 2.3. Bildirim yönteminde tahliye güvenliği kriterleri	25
Çizelge 2.4. Yangın güvenlik tasarımında amaç, hedef ve performans kriterleri.....	36
Çizelge 2.5. Isı transfer şekline göre sebep olabileceği sonuçlar ve duyarlılık kriterleri	38
Çizelge 2.6. Yanma sonucu çıkan zehirli gazlar için duyarlılık sınır değerleri	39
Çizelge 2.7. Görüş mesafesi için duyarlılık kriterleri	39
Çizelge 2.8. Dayanılmazayan koşullara ulaşılan kritik süreler.....	40
Çizelge 2.9. Malzemelerin tutuşması için sınır değerler.....	41
Çizelge 2.10. Tutuşma için ısı akısı aralığı.....	41
Çizelge 2.11. Binalarda yangın ve yan ürünlerinin yayılmasına olanak veren bağlantılar	42
Çizelge 2.12. Yapı elemanlarının yangına dayanım kriterleri	44
Çizelge 2.13. Yangının ısı ışıınım ile yayılmasının sınır değerlerine bağlı sonuçları ...	45
Çizelge 2.14. Yangın yayılması için ısı ışıınımın sınır değerleri	46
Çizelge 2.15. Yangın senaryosu, tasarım yangını ve yangın eğrisi ilişkisi.....	47
Çizelge 2.16. Binaların ve mekânların yangın yükü yoğunlukları	52
Çizelge 2.17. Yangın esnasında insan davranışına yer veren uluslararası mevzuatlar ..	56
Çizelge 2.18. Yangın senaryolarının tanımlanma ve seçilme aşamaları	66
Çizelge 2.19. Tasarım yangın senaryoları ve açıklamaları	69
Çizelge 2.20. Kullanım sınıfına göre binaların yangın sırasında açığa çıkan ısı oranları.....	79
Çizelge 2.21. Binaların ve mekânların tahmin edilen yangın büyüme oranları.....	81
Çizelge 2.22. Yangın büyüme hızları ve sabit büyüme oranları.....	82

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.23. Kaçış yolu bileşenlerinde hız faktörleri	100
Çizelge 2.24. Hareket kısıtlılığı olan kişilerin yatayda ortalama hızları.....	100
Çizelge 2.25. Maksimum hareket akışı.....	102
Çizelge 3.1. Örnek kullanıcı özellikleri matrisi	119
Çizelge 4.1. 2001-2019 yılları arasında dünyada meydana gelmiş bazı hastane yangınları	124
Çizelge 4.2. 2001-2019 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş bazı hastane yangınları	125
Çizelge 4.3. Bina kimlik ve katlara göre mahal bilgileri	134
Çizelge 4.4. Bina ve yangın tehlike sınıfları.....	142
Çizelge 4.5. Hastane binaların kullanıcıları	143
Çizelge 4.6. Can güvenliği için performans kriterleri.....	145
Çizelge 4.7. Hasta yatak katında bulunan mekânların yapı elemanlarının malzemeleri	146
Çizelge 4.8. Hasta yatak odası özellikleri	148
Çizelge 4.9. Hasta yatak katlarında bulunan kullanıcıların özellikleri	150
Çizelge 4.10. Hasta yatak katında bulunan mahaller ve olası tehlike kaynakları.....	152
Çizelge 4.11. Tanımlanan yangının hasta yatak katındaki yeri	154
Çizelge 4.12. Tasarım yangın senaryolarında kullanılan tasarım yangınının özellikleri	158
Çizelge 4.13. 6. kat palyatif hasta yatak katında bulunan hastaların özellikleri	162
Çizelge 4.14. Hasta yatak katında hastaların tahliye edilme sırası	163
Çizelge 4.15. Görevlilerin ve hastaların hareket hızları	165
Çizelge 4.16. Tasarım yangın senaryosunun analiz sonuçları	168
Çizelge 4.17. Yapı malzemelerin yangına tepki sınıfları.....	172
Çizelge 4.18. Yapısal yangın dayanım süreleri	174
Çizelge 4.19. Kompartıman alanlarının dayanım süreleri	175
Çizelge 4.20. Alternatif tasarımlar için duman perdesinin plan ve kesitte gösterimi	178

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.21. İyileştirme önlemleri çerçevesinde analiz edilecek senaryoların özellikleri	180
Çizelge 4.22. Senaryoların analizleri	182
Çizelge 4.23. Kullanıcı davranış senaryoları	187
Çizelge 4.24. Kullanıcı davranış senaryoları ve tahliye süreleri	195
Çizelge 5.1. Yangın senaryo grupları	198

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Doktora tezi akış şeması	8
Şekil 2.1. SPFE' ye göre performansa dayalı yangın güvenlik tasarım süreci	23
Şekil 2.2. Yeni Zelanda performansa dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımı.....	26
Şekil 2.3. Avustralya'nın performansa dayalı yangın güvenlik tasarımına yaklaşımı..	30
Şekil 2.4. Hedefler ve performans kriterleri arasındaki ilişki	34
Şekil 2.5. Yangının yayılması (a) yapısal yayılma (b) açıklıklardan yayılma	43
Şekil 2.6. Yangın senaryoları ve tasarım yangın senaryolarını etkileyen özellikler	48
Şekil 2.7. t^2 yangınlarının büyüme eğrisi.....	75
Şekil 2.8. Tasarım yangın eğrisi	76
Şekil 2.9. Yağmurlama sisteminin aktive olmasıyla HRR' nin azalması.....	80
Şekil 2.10. Yangının sabit HRR ile devam etmesi.....	80
Şekil 2.11. Yağmurlama sistemine rağmen büyümeye devam eden yangın.....	81
Şekil 2.12. İkincil yakıtların hızlı tutuşmasıyla oluşan yangın eğrisi	83
Şekil 2.13. İkincil yakıtların yavaş tutuşmasıyla oluşan yangın eğrisi	84
Şekil 2.14. Mekân özelliklerinin yangına etkisi.....	85
Şekil 2.15. Poliüretan dolgulu kanepe ve koltuk için HRR	88
Şekil 2.16. Kontrplak dolaplar için HRR.....	88
Şekil 2.17. Poliüretan köpük ile doldurulmuş yatak için HRR.....	89
Şekil 2.18. Yangında kullanıcı davranışını gösteren zaman çizelgesi	95
Şekil 3.1. Çalışma kapsamında geliştirilen model	107
Şekil 3.2. Projenin tanımlanması alt sisteminin bileşen açılımı	108
Şekil 3.3. Performans kriterlerinin oluşturulması alt sisteminin bileşen açılımı	109
Şekil 3.4. Senaryoların oluşturulması alt sisteminin bileşenleri	111

Şekil	Sayfa
Şekil 3.5. Potansiyel yangın senaryolarının oluşturulması alt sisteminin bileşen açılımı.....	114
Şekil 3.6. Tasarım yangın senaryolarının seçimi ve simülasyon programına aktarılması alt sisteminin bileşen açılımı	115
Şekil 3.7. Kullanıcı davranış senaryolarının oluşturulması alt sisteminin bileşen açılımı.....	117
Şekil 3.8. Analizlerin değerlendirilmesi alt sisteminin bileşen açılımı	121
Şekil 4.1. Yangın çıkış nedenleri	131
Şekil 4.2. Vaziyet planı.....	137
Şekil 4.3. a) Zemin kat planı ve işlevsel analizler b) Lejant.....	138
Şekil 4.4. a) 1. kat planı, b) 2. kat planı ve işlevsel analizleri	138
Şekil 4.5. a) 3.kat planı, b) 4. kat planı ve işlevsel analizler.....	139
Şekil 4.6. a) 5. ve 6. kat planı, b) 7.kat planı ve işlevsel analizler.	139
Şekil 4.7. A-A kesiti.....	140
Şekil 4.8. B-B kesiti	140
Şekil 4.9. C-C kesiti	140
Şekil 4.10. Ön cephe	141
Şekil 4.11. Arka cephe.....	141
Şekil 4.12. Sağ yan cephe	141
Şekil 4.13. Sol yan cephe.....	142
Şekil 4.14. B2 ve B4 hasta yatak katı ve B2 bloğu HVAC sisteminin yerleşimi	149
Şekil 4.15. Tanımlanan tasarım yangın senaryosunun olay ağacında gösterilmesi.....	153
Şekil 4.16. Analizler için belirlenen tasarım yangın eğrisi.....	157
Şekil 4.17. Tahliye triajı.....	161
Şekil 4.18. 6. kat palyatif hasta yatak katı	162
Şekil 4.19. Görevli ve hastaların yerleşimi	165
Şekil 4.20. Hasta yataklarının Pathfinder simülasyon programında tanımlanması	166

Şekil	Sayfa
Şekil 4.21. Tekerlekli sandalyelerin Pathfinder simülasyon programında tanımlanması	166
Şekil 4.22. Görevlilere Pathfinder simülasyon programında atanan davranış biçimi....	167
Şekil 4.23. Kullanıcıların tahliye süreleri	169
Şekil 4.24. Tahliye süresi ile CO konsantrasyonu, sıcaklık ve görüş mesafesinin performans kriterlerine göre kritik değerlere ulaştığı sürelerin karşılaştırılması	170
Şekil 4.25. Hasta yatak odasında yağmurlama sisteminin gösterimi.....	176
Şekil 4.26. KDS _{1_1} senaryosuna ait zamana göre tahliye edilen kullanıcı sayısı	188
Şekil 4.27. KDS _{1_2} senaryosuna ait zamana göre tahliye edilen kullanıcı sayısı.....	189
Şekil 4.28. KDS _{1_4} senaryosuna ait zamana göre tahliye edilen kullanıcı sayısı.....	189
Şekil 4.29. KDS _{1_5} senaryosuna ait zamana göre tahliye edilen kullanıcı sayısı.....	190
Şekil 4.30. KDS _{1_6} senaryosuna ait zamana göre tahliye edilen kullanıcı sayısı.....	190
Şekil 4.31. Hasta yatak katında hasta yataklarıyla tahliye sürelerinin karşılaştırılması	191
Şekil 4.32. KDS _{2_1} senaryosuna ait zamana göre tahliye eden kullanıcı sayısı	191
Şekil 4.33. KDS _{2_2} senaryosuna ait zamana göre tahliye eden kullanıcı sayısı	192
Şekil 4.34. KDS _{2_3} senaryosuna ait zaman göre tahliye eden kullanıcı sayısı.....	192
Şekil 4.35. KDS _{2_4} senaryosuna ait zaman göre tahliye eden kullanıcı sayısı.....	193
Şekil 4.36. KDS _{2_5} senaryosuna ait zaman göre tahliye den kullanıcı sayısı.....	193
Şekil 4.37. KDS _{2_6} senaryosuna ait zaman göre tahliye eden kullanıcı sayısı	194
Şekil 4.38. Hastaların tekerlekli sandalyelerle tahliye sürelerinin karşılaştırılması	194
Şekil 5.1. İyileştirme önlemleri çerçevesinde ASET/RSET değerlerinin karşılaştırılması	201

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 4.1. a)Yangının cepheye sirayet etmesi b) İç mekânlara yayılması	132
Resim 4.2. Çalışma alanı olarak seçilen hastane binası.....	133
Resim 4.3. Simülasyon programında oluşturulan hasta yatak katının hücre ağ yapısı..	156
Resim 4.4. x, y ve z eksenleri boyunca yerleştirilen dilimler	157

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
°C	Santigrat Derece
CO	Karbonmonoksit
D	Kullanıcı yoğunluğu (kişi/m ²)
E	Bütünlük (Integrity)
F _c	Bir kaçış bileşenindeki toplam akış
F _s	Hareket akışı
I	Yalıtım (Insulation)
I _{RC}	Isıl ısıtım (kW/m ²)
kW	Kilowatt
m	Metre
m ²	Metrekare
ppm	Part per million
R	Yük Taşıma Kapasitesi (Load-bearing Criterion)
s	Saniye
t _{det}	Algılama süresi
t _{pre}	Hareket öncesi süre
t _{trav}	Hareket süresi
v	Hız (m/s)

Kısaltmalar	Açıklamalar
ASET	Available Safe Egress Time
ASTM	American Society for Testing and Materials
BCA	The Building Code of Australia
BS	British Standards
BSL	Building Standard Law
BYKHY	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik

Kısaltmalar**Açıklamalar**

CAD	Computer Aided Design
C/AS	Compliance Documents /Acceptable Solutions
CFD	Computational Fluid Dynamics
C/VM2	Verification Method Framework for Fire Safety
DBH	Department of Building and Housing /New Zealand
DTS	Deemed to Satisfy Provisions
EN	European Norms
FED	Kısmi Etkili doz
FLD	Yangın yükü yoğunluğu
HAP	Hastane Afet ve Acil Durum Planı
HRR	Heat Release Rate
HTM	Heath Technical Memorandum
ISO	International Organization For Standardizations
KDS	Kullanıcı Davranış Senaryosu
NCC	National Construction Code
NFIRS	National Incident Reporting System
NFPA	National Fire Protection Association
NIST	National Institute of Standards and Technology
NZBC	New Zealand Building Code
PVC	Polivinil Klorür
RSET	Required Safe Egress Time
SPFE	Society of Fire Protection Engineers
SPK	Sprinkler
TS	Türk Standart

1. GİRİŞ

Günümüzde binaların tasarım süreci, çevresel faktörler, ekonomik gereklilikler, kullanıcı konforu ve güvenliğini kapsayan pek çok parametrelili bir kavrama dönüşmüştür. Kullanıcı konforu, iklimsel ve işlevsel konfor gerekliliklerini içerirken, kullanıcı güvenliğinin en önemli bileşenini yangın güvenliği oluşturmaktadır. Özellikle çok sayıda insana hizmet veren karmaşık yapıların arttığı günümüzde yangın güvenliği temel hedeflerden biri olmak durumundadır.

Yangın, yapılarda güvenliğini tehdit eden en büyük risklerden biri olup, kontrol altına alınamadığı durumlarda büyük can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Yangının yıkımlarını ortadan kaldırmak veya yıkımlarının etkilerini azaltmak için yapılacak çalışmalar afet yönetimi çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Afet yönetimi genel anlamda birbirini takip eden dört aşamada gerçekleşmektedir. Afet gerçekleşmeden önceki dönemde zarar azaltma ve hazırlık, afet gerçekleşikten sonraki dönem için müdahale ve iyileştirme aşamaları etkileşim halindedir. Afet yönetiminin başarılı olması, afet döngüsü içindeki faaliyetlerin başarılı olmasıyla ilişkilidir. Afet risk yönetimi, tehlike ve zarar görülebilirlik ile risk analizi çalışmaları gibi unsurları içermektedir ve yangından korunma önlemleri de, afet risk döngüsünün ilk aşaması olan riske hazırlık çalışmaları çerçevesinde ele alınmaktadır. Yangından korunma önlemlerine ilişkin kurallar oluşturma eğilimi, yangının kontrol edilerek can güvenliğinin sağlanması, binanın mülkiyetinin korunması ve binanın yangın güvenlik seviyesinin kabul edilebilir bir risk aralığı içerisinde tutulmak istenmesinden kaynaklanmaktadır. Yangından korunma önlemlerine ilişkin kurallar genelde bina kodları ve standartları vasıtasıyla, çeşitli gerekliliklerin listelendiği düzenlemeler şeklinde uygulanmış ve yeni gereksinimler ortaya çıktıkça mevcut olanların üzerine eklenerek yıllarca geliştirilmiştir [1]. Günümüzde de bu hükme dayalı mevzuatlar, kabul edilebilir bina yangın güvenlik seviyesini belirleyen birincil araç olmaya devam etmektedir [2]. Hükme dayalı mevzuatlar yangın güvenliği tasarımında yaklaşık bir asır boyunca sürdürülmüş ve geliştirilmiştir. Ancak, ne kadar geliştirilseler de binaların, altyapıların, teknik sistemlerin ve toplumun ihtiyaçlarının karmaşıklığı giderek arttığı için binaların yangın güvenliğini sağlamada sınırlı ve yetersiz kalmaktadır. Değişen malzemelere, yapım yöntemlerine ve radikal mimari kararlara uyum sağlayamamaktadır [3]. Son zamanlarda ortaya çıkan yangınlar, hükme dayalı mevzuatlara uygun olsalar bile binalarda önemli hasarların meydana gelebileceğini ortaya çıkarmıştır. Okul, sağlık yapıları gibi kamuya açık

olan binalar da dahil olmak üzere birçok yapıda çıkan bir yangın can ve mal kaybına neden olmakta ya da hasar göreceli olarak küçük olsa bile bina bir süre işlevini yerine getirememektedir. Bu, mevzuat hükümlerinin yerine getirmenin sürekli işlevsellik sağlamak için bile yeterli olamayacağına işaret etmektedir. Bu noktadaki sorun, binaların yangın güvenlik tasarımının bir binanın nasıl inşa edileceğini belirten yangın güvenlik hedeflerini belirtmeyen ve daha rasyonel alternatif tasarımlar sunma fırsatı vermeyen mevzuatların belirlediği hükümlerin sağlanıp sağlanmadığının sorgulanması ile sınırlı kalmasıdır. Bu sorgulama, mimarların tasarım kararlarını hükümlere dayalı mevzuatlara uyum sağlayacak şekilde değiştirmelerine, mevzuat hükümlerinin tasarımda yeniliğe ve esnekliğe izin vermeyip tasarım kısıtlamaları olarak algılamasına neden olmuştur. Bu endişe ve eleştirileri ele almak için 1980'lerde mühendislik hesaplama yöntemlerini kullanan esnek bir yangın güvenlik tasarım yaklaşımı olarak işlevsel ve performansa dayalı yaklaşım ortaya çıkmıştır [2].

Performansa dayalı yangın güvenliği tasarımı, binalarda etkin ve etkili yangın güvenliği sağlamak için rasyonel bir araç olarak dünya çapında kabul görmekte ve dünyanın birçok ülkesinde tasarım esnekliği, maliyet ve elde edilebilecek kalite konusunda sağladığı faydalar nedeniyle benimsenmekte [4], yangın güvenliği için hedefleri ve minimum performans gerekliliklerini belirleyen ve hedeflerin binaların yangında güvenli olduğunun gösterilmesi şartıyla çeşitli şekillerde yerine getirilmesine izin veren performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımının geliştirilmesiyle desteklenmektedir [5]. Dolayısıyla, Türkiye'de de performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımının gerek mevcut binaların yangın güvenlik performanslarının iyileştirilmesine gerekse yeni binaların tasarım sürecine entegre edilmesine yönelik çalışmaların yapılması ve yol gösterici kriterlerin oluşturulması zorunluluğu doğmaktadır.

Yangın esnasında can güvenliğinin tehlikeye girmesi yangından dolayı binanın çökmesiyle değil, yüksek sıcaklıklara, zehirli ve tahriş edici gazlara, düşük oksijen seviyelerine ve dumana maruz kalmaktan kaynaklanmaktadır [6]. Aynı zamanla azalan görüş mesafesi kullanıcıların kaçış hızını azaltmakta ve daha fazla süre dumana maruz kalınmasına sebebiyet vermektedir. Kullanıcı çok yüksek sıcaklıklara veya yüksek yoğunluklarda duman veya zehirli gazlara maruz kalırsa, yaralanma veya ani ölümler olmaktadır. Binalarda yangın durumunda ortamın kullanıcıların dayanamayacakları koşullara ulaşma süresini tayin eden parametre dumanın yayılması ve görüş mesafesinin azalmasıdır. Kullanıcıların can güvenliği

için duman ve ısı etkilerine maruz kalmayacakları bir tasarım oluşturabilmek yangın durumunda nasıl koşulların oluşabileceğini ve kullanıcıların kaçışına izin verebilecek optimum koşulların ve kaçış sürelerinin bilinmesini gerektirmektedir. Bu da tasarımın performans analizleriyle desteklenmesi ile mümkündür.

Performans analizleriyle yangın güvenliği tasarımın tasarım sürecine entegre edilmesi bu noktada önemli olmaktadır. Gelişmiş simülasyon programlarının kullanımıyla bugün yangınlar gerçeğe yakın bir şekilde modellenebilmekte, yangın durumunda kullanıcı davranışları simüle edilebilmektedir. Binaların yangın güvenliğinin tasarımı, binadan binaya değişkenlik gösteren, içerisinde pek çok gereksinimin mevcut olduğu, karmaşık olarak nitelendirilebilecek bir süreçtir. Bu süreç kapsamındaki karmaşık etkileşimlerin çözümlenebilmesine yönelik doğru analizlerin yapılabilmesi ve tutarlı sentezlere ulaşabilmesi için uygun yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Ancak, binaların yangın güvenlik tasarımında ya da mevcut binaların yangın güvenliğinin iyileştirilmesinde çoğunlukla, güncel mevzuatta belirtilen gereksinimleri karşılayıp karşılamamasına göre değerlendirilmekte olup, yangın gelişimi ve kullanıcı potansiyellerini dikkate almalarını sağlayan bir yöntem mevcut değildir.

Bu tez çalışması ile dünyada yangın güvenliği kavramına nasıl yaklaşıldığı ortaya konulmaktadır. Binaların yangın güvenlik tasarımını iyileştirmede etkili olan önlemler performans analizleriyle bir hasta yatak katında geliştirilmekte ve geliştirilen önlemlere ilişkin hasta yatak katı duman, sıcaklık, CO yoğunluğu ve kaçış süreleri çerçevesinde değerlendirilmektedir.

Araştırma soruları

Çalışmanın çerçevesini oluşturabilmeye yönelik olarak araştırma soruları belirlenmiş ve bu sorulara cevaplar aranarak araştırmasının ana kurgusu ortaya çıkarılmıştır. Bu sorular;

- Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımı yangın güvenliğinde nasıl yer almaktadır?
- Yangın güvenliğini değerlendireceğimiz kriterler nelerdir?
- Bir binanın yangın güvenlik tasarımını değerlendirmek için kullanılacak tasarım yangın senaryoları nasıl oluşturulur?

- Tasarım yangın senaryolarını temsil eden nasıl tasarım yangınları nasıl hazırlanır?
- Bu bağlamda hangi program, araç ve yöntemler kullanılır?

Araştırmanın hipotezi

Binalar yangın durumunda kullanıcıların en kısa sürede güvenli bir alana kaçmalarına imkân verecek şekilde yeterli ve yetkin kaçış yolları ile donatılmak zorundadır. Yangın durumunda yangın gelişim sürecinin izlenmesi, en uygun kaçış ortamlarının ve sürelerinin belirlenmesi yoluyla binalarda yangın güvenliği sağlanabilir. Yangın gelişim sürecinin izlenmesi, uygun kaçış ortam ve sürelerinin belirlenmesi yangın güvenlik önlemlerini belirlemede yardımcı olabilir. Bunun için kullanıcı özelliklerinin de sürece dahil edildiği performans analizlerden yararlanılmalıdır. Binalarda performans analizleriyle yangın güvenlik tasarım süreci karmaşık bir süreç olup, birçok alt sistem ve alt bileşenden oluşmaktadır. Performansa dayalı yangın güvenlik tasarımının alt sistem ve bileşenlerinin bir bütün olarak değerlendirilerek ve gruplandırılarak bir sistem içerisinde tasarımcının yararlanabileceği bir model oluşturulması tasarım sürecinde uygulanabilirliğinde kolaylık sağlayacaktır.

Araştırmanın amacı

Bu tez çalışması ile bir yangın durumunda yangın gelişim sürecinin izlenmesi ve en uygun kaçış ortamlarının ve sürelerinin belirlenmesi yoluyla optimum kaçış koşullarının tasarımı amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda dünyada etkin bir şekilde kullanılmakta olan performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım anlayışı bir çözüm yolu olarak benimsenmekte ve performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım modeli oluşturulmaktadır. Bu model ile binaların yangın performansını iyileştirmede etkili olan önlemlere ilişkin binaların yangın performansları değerlendirilebilecektir. Bu değerlendirme ile;

- mevcut binaların yangın güvenliği etkinliğinin artırılmasına yönelik olarak tasarımcılar açısından neler yapılabileceği sonuçlarına ulaşılabilmesine ve
- yeni tasarlanacak binalara uygulanması ile tasarım aşamasında yangın güvenliği açısından optimum performans gösteren binaların üretilmesi sağlanacaktır.

Çalışmada yangın durumunda binalarda yangın gelişim sürecinin izlenmesi ve en uygun kaçış ortamlarının ve sürelerinin belirlenmesi yoluyla optimum kaçış koşullarının tasarımı,

- yangın güvenlik amaç ve hedeflerinin belirlenerek performans kriterlerinin ortaya konulması,
- yangın durumunda yangın gelişim sürecinin izlenmesinin nasıl olabileceğinin ortaya konulması,
- yangın kaçış ortamlarının ve sürelerinin belirlenmesinde kullanılan senaryoların saptanması,
- tasarlanan senaryoların analizlerinin yapılarak önlemlerinin alınması,

alt amaçları ile tasarımcılar için karar adımlarının neler olabileceği değerlendirilebilecek, binaların yangın güvenlik tasarımı performans analizlerine dayalı tasarım yaklaşımının tasarım süreci içerisindeki pratikteki uygulanabilirliğini artıracaktır. Ayrıca literatür taraması ile en yaygın kullanılan kavramlar saptanarak, bu kavramların kullanılmasına dikkat edilmekte ve çalışma içerisinde kullanılan kavramlar ve tanımlar ile kurulmuş olan dil birliği sayesinde terminolojideki kullanımlara öncülük edilmesi, terminolojideki kargaşaya açıklık getirmesi hedeflenmektedir.

Araştırmanın yöntemi

Araştırmada birden fazla yöntem kullanılmıştır. Nitel ve nicel veri toplama süreci ile konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalar incelenerek, performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım sürecinin önemi ve karmaşık yapısı saptanmıştır. Sistem analizi yaklaşımı ile performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım modeli oluşturulmuştur. Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımının bileşenlerini, bu bileşenlerin birbirleri ile ilişkilerini ve onları etkileyen faktörlerin tanımlanması aşamasında sistem analizi yaklaşımı kullanılmıştır.

Binaların performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımına yönelik geliştirilen model, yapımı bitmiş mevcut binalara uygulanabildiği gibi tasarım sürecinin bir alt süreci olarak da ele alınabilmektedir. Dolayısıyla, çalışmada geliştirilen yaklaşım, mevcut binalar ile birlikte yeni tasarlanacak binalara da uygulanabilecek niteliktedir. Çalışma kapsamında,

modelin uygulanabilirliğinin sınanması için bir hastane binasının hasta yatak katı ele alınmaktadır.

Geliştirilen model çerçevesinde, binaların optimum kaçış koşullarının oluşturulmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin tanımlandığı alternatif tasarımlarla oluşturulan senaryolarda;

- ASET değerinin arttırılması ve
- RSET değerinin azaltılması ele alınmaktadır.

Ele alınan iyileştirme önlemleri ile duman yayılımı, CO yoğunluğu, sıcaklık ve görüş mesafesinin değişimi incelenmekte tasarım yangın senaryosuna göre analizleri gerçekleştirilmektedir. Kullanıcıların kaçış sürelerinin değerlendirilebilmesi için tasarım kullanıcı davranış senaryolarına göre analizler gerçekleştirilmektedir. Yapılan analizler sonucunda, iyileştirme önlemlerine ilişkin görüş mesafesi, CO yoğunluğu, sıcaklık ve kullanıcıların kaçış süreleri açısından optimum performans gösteren alternatifler belirlenmektedir. Böylece, optimum kaçış ortamları ve sürelerinin belirlenmesine yönelik olarak önlemlerin birlikte ele alındığı alternatif tasarımlar tanımlanmaktadır. Alternatif tasarımların kaçış koşulları ve kaçış sürelerinin değerlendirilmesi çerçevesinde dikkate alınan iyileştirme önlemlerinin bir aradaki etkileri, yinelenen yangın senaryosu ve kullanıcı davranış senaryolarına göre analizleri ile saptanabilmekte, mevcut kaçış koşulları ve kaçış süresi ile karşılaştırılabilmektedir.

Tezin akış şeması Şekil 1.1’ de verilmektedir. Birinci bölümde problem tanımlanarak, doktora çalışmasının hipotezi, amacı, yöntemi ve süreçleri ortaya konmaktadır. Literatür taramasının aktarıldığı ikinci bölümde performansa dayalı yangın güvenliği tasarımı tanımlanmakta, hükümlere dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımı ile karşılaştırma yapılarak avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmektedir. Performansa dayalı yangın güvenlik tasarımı ile ilgili olarak uluslararası yönetmeliklerdeki uygulamalar ortaya konmaktadır. Performansa dayalı yangın güvenlik tasarım sürecini etkileyen faktörler hakkında bilgi verilmektedir. Üçüncü bölümde; performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım modelinin oluşumu, altyapısı ve değerlendirme aşamaları aktarılmaktadır. Dördüncü bölümde; performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım modeli, seçilen hastane binasının hasta yatak katı için uygulanmaktadır. Beşinci bölüm; iyileştirme

önlemleri çerçevesinde alternatif tasarımlardan oluşturulan senaryoların analizlerinin sonuçlarının aktarıldığı bölümdür. Son bölüm olan altıncı bölümde; tez çalışmasının tümü, ortaya konan soru ve hipotezler ışığı altında gözden geçirilmiş, değerlendirme ve sonuç aktarımı ile gelecek araştırmalar için önerilere yer verilerek sonlandırılmıştır.



Şekil 1.1. Doktora tezi akış şeması

2. KURAMSAL TEMELLER ve TANIMLAR

Bu bölümde, binaların yangın güvenlik tasarım yaklaşımları tanımlanmakta, yangın güvenliği hususunda önde gelen ülkelerin performansa dayalı yangın güvenliğini ele alış biçimleri irdelenmekte ve performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım sürecini etkileyen faktörler incelenmektedir.

2.1. Binalarda Yangın Güvenlik Tasarım Yaklaşımları

Binaların yangın güvenlik tasarımları aşağıdaki iki yöntemle yapılmaktadır:

- Hükme dayalı tasarım; binanın mevzuatlar kapsamında kullanım sınıflarına göre verilen kriterlere, sayısal değerlere uygun tasarımıdır. Bu şekilde, binanın mevzuatlara uygun şekilde tasarlanmasıyla yangın durumunda güvenli olduğu kabul edilmektedir.
- Performansa dayalı tasarım; binanın veya tasarımın gelişmiş mühendislik yöntemleri ve/veya analiz yöntemleri kullanılarak yangın güvenlik amaç ve hedeflerine göre belirlenmiş performans kriterlerine uygunluğunun belirlenmesidir.

Performansa dayalı yangın güvenlik tasarımını anlayabilmek için performansa dayalı olmayan yangın güvenlik tasarımının ne olduğu açıkça ortaya konulmalıdır. Performansa dayalı olmayan yangın güvenlik tasarımı; İngilizce’ de “prescriptive” kelimesi ile tanımlanmaktadır. Bu kelime sözlükte “sıkı kurallar koyan, emredici, yapılagelen, kurallara/tüzük ve yasalara sıkı sıkıya bağlı” gibi anlamlara karşılık gelmektedir. Literatürde ise “prescriptive” kelimesi konvansiyonel veya geleneksel terimleri ile beraber kullanılmıştır. Bu çalışmada “prescriptive” kelimesinin karşılığı olarak yerleşik, yapılagelen veya geleneksel terimlerinin performans tabanlı olmayan tasarımı ifade etmek için kullanılmasının anlam karmaşası oluşturacağı düşünüldüğünden kuralı ifade eden “hüküm” kelimesinin kullanılması tercih edilmektedir.

Yangın güvenliği konusundaki geleneksel yaklaşımlarımız hükme dayalı olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde birçok ülkede binalarda yangın güvenliği hükümlere dayalı yaklaşımla kabul edilmekte, binaların güvenli olduğunun kabul edilebilmesi için gereklilikler yönetmelik, kod ve standartlarla düzenlenmektedir [7]. Hükme dayalı mevzuatlar, bir binanın kullanıcılarına makul bir güvenlik, sağlık ve konfor seviyesi

sağlaması için nasıl tasarlanması ve inşa edilmesi gerektiğini açıklamaktadır. Hükme dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımı, bir binanın yangına karşı güvenli olup olmadığını yangın riskini, bina tasarımının onay merci tarafından nasıl kabul edilebileceğini, merdiven genişliği, kaçış mesafesi, binaların dış cephesinde kullanılmasına izin verilen malzemeler veya binalar arası kabul edilebilir mesafeler vb. nicel gereklilikleri açıkça mevzuatta belirterek kontrol eden geleneksel bir yaklaşımdır [8]. Tasarımcılara, seçim ve tasarım ilkelerini uygulamaları ve takip etmeleri için kolay erişilebilir bir yaklaşım sağlamaktadır.

Hükme dayalı yasal düzenlemeler, 19. yüzyılın başlarında büyük yangın felaketlerinden sonra duyulan ihtiyaç üzerine çıkmıştır. Hükme dayalı bu yasal düzenlemelerden 1861 yılında yayımlanmış olan Turuk ve Ebniye Nizamnamesi, Osmanlı döneminde şehirleşmenin artmasına müteakip, şehirleşme ve yapılaşmanın kurallara bağlanması ihtiyacından doğmuştur. Dünyada bu şekilde ihtiyaç üzerine çıkan yasal düzenlemeler yeni gereksinimler ortaya çıktıkça mevcut olanların üzerine eklenerek yıllarca geliştirilmiştir. Bu değişiklikler çoğu zaman genellikle kendi yeterliliklerini, fazlalıklarını veya diğer gerekliliklerle olan çelişkileri değerlendirilmeden yapılmıştır. Felaketle sonuçlanan bir yangın meydana geldiğinde, bu daha çok mevzuatlardan gelen hükümlerin yetersizliğinden ziyade mevzuatlara uyumsuzluğunun sonucu olduğu düşünülmüştür. Dolayısıyla tüm yasal gerekliliklere tam olarak uyulduğunda, kötü sonuçları olan bir yangın olayı, uygulayıcıdan yasal yükümlülüğü bir dereceye kadar kaldırmaktadır [9].

Hükme dayalı mevzuatlar binalarda yangın güvenliğinin neye gereksinim duyulduğunu ve gereksinimlerin nasıl karşılanacağını belirleyerek sağlamaktadırlar. Hükme dayalı mevzuatların uygulanmaları çoğu zaman çok katıdır ve uluslararası mevzuatlarda oldukça belirsiz olan bir "eşdeğerlik" seçeneği dışında fazla tasarım esnekliğine izin vermezler [10, 11]. Hükme dayalı mevzuatlar, gerekliliklerin veya şartnamelerin birleşimini zorunlu kılarak genel kullanım grupları için yangın güvenliği sağlamaktadır. Örneğin, bir kod, otomatik yağmurlama sisteminin ve yangın alarm sisteminin kurulması ile birlikte belirli kaçış mesafeleri, duvarlar ve kapılar için belirli yangın dayanım değerleri gerektirebilir. Bununla birlikte, bu gereksinimlerin bir arada olan etkileri genellikle ölçülmemektedir. Mevzuatların sağladığı güvenlik seviyesi, ima edilmekle birlikte kesin olarak tanımlanmamaktadır. Ayrıca, tasarımdaki belirsizliği hesaba katan güvenlik faktörleri veya kullanılan yöntemler, gerekliliklere dahil edilmelerine rağmen açıklanmamıştır [12].

Bilimsel bir yangın anlayışı yerine büyük yangın olaylarından dersler alınarak geliştirilen amprizm ve deneyime dayalı hükümsel mevzuatlar ne kadar geliştirilseler de, hızlı gelişen yapı teknolojilerine ve yenilikçi tasarımların yangın güvenliği performansını değerlendirmede sınırlı ve yetersiz kalmaktadırlar [5]. Mimarların tasarım kararlarını hükme dayalı mevzuatlara uyum sağlayacak şekilde değiştirme gerekliliği, mevzuat gereksinimlerinin tasarım kısıtlamaları olarak algılanmasına neden olmaktadır [2]. Bütün binalara uyacak şekilde uyarlandığından yeni teknoloji ve yeni süreçleri desteklememektedir. Düşük riskli tehlike sınıfına sahip binalarda ise risk profilini desteklememesi yangın koruma sistemleri için ek maliyet getirmesi anlamına gelmektedir [7].

Bir yüzyıldan fazla bir süredir kullanılmakta olan hükme dayalı mevzuatların uygulanması ve uygulatması kolaydır. Ancak, dezavantajlarının getirdiği endişeler ve yangın güvenliği konusunda son çeyrek yüzyılda ortaya çıkan birçok gelişme, daha iyi ve daha uygun maliyetli bir yaklaşım olarak bilim ve teknolojiye dayanan performansa dayalı mevzuatların geliştirilmesine neden olmuştur [13]. Performansa dayalı tasarım, hükme dayalı yaklaşıma alternatif bir yöntem olarak mühendislik hesaplama yöntemlerine dayanan esnek bir yangın güvenliği tasarım yöntemi olarak ortaya çıkmıştır. Bugün dünyanın birçok ülkesinde, bina mevzuatları, hükme dayalı yaklaşımdan performansa dayalı yaklaşıma geçme eğilimi göstermektedir. Dünya çapında performansa dayalı mevzuatlara yönelme eğilimi, hükme dayalı mevzuatların olumsuz yönleri, yangın bilimi ve mühendisliğinde kaydedilen ilerlemelerden kaynaklanmaktadır.

İngilizce kökenli bir kelime olan ve “icra etme, yapma, etme” olarak tercüme edilen performans kelimesi zaman zaman “başarı, başarmak” kavramlarıyla özdeşleştirilmiştir. Ancak performans kavramının “bir işi yapan bireyin ya da grubun o işle amaçlanan hedefe yönelik neye ulaşabildiğini, neyi sağlayabildiğini nicel ve nitel ölçütlerle belirten bir kavram” olarak sosyal, estetik, finansal, mühendislik gibi birçok parametreyi ele alan geniş bir yelpazesi vardır. Bina performansı, binanın iklimsel, strüktürel, enerji, akustik veriler gibi teknik veriler açısından gösterdiği performansla ilgilidir [14]. Bu yaklaşımın bina tasarım sürecine entegrasyonu performansa dayalı bina tasarımını ortaya çıkarmıştır. Performansa dayalı tasarım süreci “performans kriterlerinin bir bina tasarımına dönüştürülüp birleştirildiği bir süreç” olarak tanımlanmaktadır. Performansa dayalı tasarım, tasarımın ilk aşamasında belirlenen işlevsel ve teknik gerekliliklerin performans kriterlerine dönüşümü

ve bu performans kriterlerine yönelik tasarımın yapılmasını içermektedir. Performansa dayalı tasarım yaklaşımı, mimari tasarım sürecinin performans analizlerine dayalı olarak gelişen tasarım yöntemlerini kapsamaktadır [14]. Performans analizleri, simülasyon araçları, hesaplamalar gibi sayısal yöntemlerin kullanılması ile gerçekleştirilmektedir. Bu analizler, istenilen performansın tasarımı karşılanıp karşılanmadığını kontrol etmek için uygulanmaktadır [15]. Kısacası performansa dayalı tasarım, genellikle performans amaçları, hedefleri ve performans kriterleri ile belirtilen ölçülebilir performans düzeyini karşılamak için sunulmuş bir mühendislik çözümü sürecidir. Performansa dayalı yangın güvenliği tasarımı ise ölçülebilir bir performans düzeyini karşılamak için binaların yangın güvenliğini tasarlama sürecidir. Son yıllarda, bu kavram bazı ülkelerde ve ABD'de yangın güvenliği analizi ve tasarımı yapmanın kabul edilebilir bir aracı olarak ortaya çıkmıştır. Yangından korunma mühendisliği derneği (SPFE) el kılavuzu performansa dayalı yangın güvenlik tasarımını, “yangın güvenlik tasarımına göre belirlenmiş yangın güvenliği amaç ve hedeflerine, yangın senaryolarının deterministik ve olasılıklı analizlerine ve kabul edilmiş mühendislik araçları, yöntemler ve performans kriterleri kullanarak yangın güvenliği amaç ve hedeflerine karşı tasarım alternatiflerinin sayısal değerlendirilmesine dayalı bir mühendislik yaklaşımı olarak” tanımlamaktadır [16]. Bu tanım, performansa dayalı yangın güvenlik tasarımının üç temel özelliğini belirlemektedir. İlk özellik; yangın durumunda bir binada istenilen yangın güvenliği seviyesini tanımlamakta, ikinci özellik binanın tasarım ilkelerini kapsamaktadır. Tasarım ilkeleri; yangın güvenlik sistemleri hangi bina için koruma sağlayacaksa o binada olası yangın özelliklerinin, kullanıcı özelliklerinin ve bina özelliklerinin tanımlamasıdır. Üçüncü özellik; tasarım yangın senaryolarında amaçlanan yangın güvenlik seviyelerinin sağlanıp sağlanmadığına karar vermek için amaçlanan tasarım stratejilerinin mühendislik analizlerini içermektedir.

Hükme dayalı tasarım yaklaşımı kabul edilebilir bir çözümü tanımlarken, performansa dayalı tasarım binanın sağlaması gereken performansı açıklamaktadır. Bu iki yaklaşım arasındaki farkı açıklığa kavuşturmak için Foliente, kurallara dayalı mevzuatın yapının strüktüründe kullanılacak malzemenin neler olabileceğini veya neler olamayacağını belirttiğini, performansa dayalı mevzuatın, bina strüktüründe kullanılacak malzeme için kullanıcıların yangın esnasında binayı güvenli bir şekilde tahliye edebilmelerine imkan verebilecek şekilde yapılması gerekliliğini ancak hangi malzemelerin kullanılması veya kullanılmamasına dair “reçete etmemesi” gerektiğini belirtmektedir [12]. Performansa

dayalı tasarımda, belirli bir malzeme grubunun yangın güvenliği hedefine ulaşabileceği gösterilebilirse, bu malzemeler performansa dayalı bir kod ile kabul edilmektedir.

Performansa dayalı yaklaşımda yangın güvenliği analizi ve tasarımı oluşturmak için henüz tek ve genel kabul görmüş bir çerçeve mevcut değildir. Yaygın olarak temin edilebilir ve genel olarak kabul edilebilir bir metodolojinin olmaması, mevcut metodolojilerin karmaşıklığı veya sadeliği, veri eksikliği (olasılıklı ve deterministik), güvenilir yangın güvenliği analizi ve tasarım araçlarının bulunmaması gibi bir dizi faktörden kaynaklanmaktadır. Performansa dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımında aşağıdaki temel hususların dikkate alınması gerekmektedir [17]:

- Yangın güvenliği hedefleri ile performans ve tasarım kriterlerini açıkça belirtmek,
- Yangının nasıl başladığını, geliştiğini ve yayıldığını anlamak,
- Çeşitli yangın güvenliği önlemlerinin (aktif ve pasif önlemler) yangının neden olduğu sonuçları nasıl azaltılabileceğini belirlemek,
- İnsanların yangın durumunda nasıl tepki verdiğini anlamaktır.

Performansa dayalı tasarım için 4 çeşit performans tanımlanmaktadır [18].

Bileşen performansı

Bileşen performansı; kapı, kolon, kiriş gibi yapı elemanlarının veya yağmurlama sistemi gibi yangın önleme sistemlerinin oluşturduğu sistem veya bileşenlerin yangında amaçlanan performansını tanımlamaktadır. Bileşen performansı analizinde; her bileşen diğer bileşenlerin performansını nasıl etkilediğini veya etkileyebileceğini dikkate almadan ayrı olarak tasarlanmaktadır. Belirtilen performansı karşılayan herhangi bir bileşen kabul edilebilir olarak tasarımda yerini almaktadır. Bileşen performansına dayalı yaklaşımda, bir yapı elemanı standart yangına maruz bırakıldığında ve 60 dakikalık bir dayanım sağlamak üzere tasarlanmış bir eleman olduğunda istenen performans maksimum kabul edilebilir sıcaklıkları içermekte ve tasarım yangın senaryosu da uygulanan standarda göre ASTM E-119 veya ISO 834-1 zaman-sıcaklık eğrisi olmaktadır. Bileşen performansında bina mevzuatları bu performansın yangın testi ve hesaplama yöntemleri ile elde edilmesini gerektirmektedir.

Çevresel performans

Çevresel performans, bir yangın başladığında bina veya binanın bir bölümü içinde kabul edilebilir yangın koşullarını tanımlamaktadır. Çevresel koşulların özellikleri; sıcaklık, ısı akışı veya yanma sonucu çıkan duman ve zehirli gazları içermektedir. Örneğin baca etkisiyle bir atriyumda birikecek duman için; duman tabakası seviyesinin kullanılan en yüksek seviyenin altına inmemesi gerekmektedir. Bu kriteri elde edebilen her tasarım kabul edilebilir sayılır ancak performans gereksiniminde bunu nasıl elde ettiği hakkında açıkça bir madde belirtilmez veya tasarımı sınırlandırmaz.

Tehdit olası performans

Tehdit olası performans; can güvenliği, mal kaybı, üretim kaybı/iş kesintisi ya da çevresel zararda maksimum kabul edilebilir tehdit tanımlamasını içermektedir. Maksimum kabul edilebilir koşulları tanımlayan çevresel performans gereksinimlerinin aksine tehdit olası performans, maksimum tolere edilebilir koşulları veya bir yapı elemanı için izin verilen maksimum sıcaklığı içermektedir. Tehdit olası performans, çevresel performans gibi gereksinimlerin nasıl sağlanabileceğini belirtmemektedir.

Risk olası performans

Risk olası performansta, yangın olaylarının ortaya çıkma olasılıklarının ve sonuçlarının toplamı belirtilmektedir. Bir binada meydana gelen yangın sonucunda kabul edilebilir mal kaybının yılda ortalama bir parasal değeri aşmaması gerektiği risk olası performanstır. Bu tür bir yaklaşımı uygularken, bir tasarımcı mümkün olan tüm yangın olaylarını ve potansiyel sonuçlarını değerlendirmelidir. Risk olası performans aşağıdaki gibi ifade edilmektedir [19].

$$\text{Risk} = \sum \text{Risk}_i = \sum (\text{Kayıp}_i \times P_i) \quad (2.1)$$

Risk_i = i senaryosuyla ilgili risk

Kayıp_i = i senaryosuyla ilgili kayıp

P_i = i senaryosunun gerçekleşme sıklığı

Hükme dayalı ve performansa dayalı yaklaşımların her ikisinin de avantaj ve dezavantajları olmasına rağmen, performansa dayalı tasarımın esneklik, küreselleşme yönü, uygun maliyetli yangından korunma ve ölçülebilir tutarlı güvenlik seviyeleri gibi pek çok avantajı vardır. Genel olarak performansa dayalı tasarımın dezavantajları ise hedeflere uygunluğunun kanıtlanmasının zorluğu ve kabul edilebilir güvenlik seviyesinin tanımlanmasıdır [20]. Performansa dayalı yangın güvenlik tasarımı, yangın anında bir binanın nasıl performans göstereceğinin anlaşılmasını sağlamaktadır. Kurallardan oluşan mevzuatlara uyumlu bir binanın ise yangında güvenli olması hedeflenmektedir; ancak “güvenli” ifadesi tam olarak açıklanmamaktadır [21]. Hükümlere dayalı yaklaşımın en önemli dezavantajı, yeni belki de maliyet etkinliği sağlamaya olanak sağlayacak malzeme ve ürünlere engel teşkil etmesidir.

Performansa dayalı yangın güvenlik tasarımı, tasarımcıya binanın, kullanıcılarının ve yangının özelliklerine göre tasarımın yapılmasına izin vermektedir. Örneğin; hükümlere dayalı mevzuatlarda alışveriş merkezinde bulunan birçok mağaza aynı kullanım sınıfına tabi tutulmakta, benzer yangın koruma stratejileri oluşturulmaktadır. Hâlbuki mağazalar önemli ölçüde birbirinden farklı yangın riskine sahiptir. Bazı mağazalar yanıcı sıvılar içerebilirken bazıları çok az veya hiç yanıcı madde içermemektedir. Performansa dayalı yangın güvenlik tasarım bu yönü ile maliyet etkinliği sağlamaktadır.

Performansa dayalı yangın güvenlik tasarımının bilimsel gerçekleri ve mühendislik yöntemlerini kullanması önemli derecede bilgi birikimi gerektirmektedir. Sadece tasarımcılar için yeterli bilgiye sahip olmak değil, aynı zamanda tasarımı inceleyecek ve onaylayacak tarafların da aynı derecede bilgi birikimine sahip olması beklenmektedir [3]. Ayrıca, bilgisayar ile simülasyon yapma ihtiyacı performansa dayalı yangın güvenlik tasarımının önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu, belirli yazılımların geçerliliği olup olmadığı veya yazılımın tam olarak kavranıp anlaşılıp anlaşılmadığı ile ilgili her türlü sorunu ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla her tasarımın benzersiz olduğu kabul edilirse performansa dayalı bir tasarımın yangın güvenliğini sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek de kolay olmayacaktır. Tek başına bu zorluk bile hükümlere dayalı çözümlere uluslararası düzeyde bir bağımlılık yaratmaktadır. Teknolojik sınırlamayla ilişkili olan bu bağımlılık daha yenilikçi çözümlerin geliştirilmesini yavaşlatma eğilimindedir. Her durumda tasarımcının tasarımı mevzuatlarda bulunan hükümlerle karşılaştırma arzusu ortaya çıkmaktadır. Gerçek bir performans yaklaşımında yeni çözümler performans kriterleriyle karşılaştırılır, mevzuatsal çözümlerle ilgilenilmez [22]. Hükümlere ve performansa dayalı yangın güvenlik

tasarımının avantaj ve dezavantajlarını Hadjisophocleous ve arkadaşları Çizelge 2.1' de özetlendiği gibi sunmuşlardır [5].

Çizelge 2.1. Hükme dayalı ve performansa dayalı yangın güvenlik tasarımının avantajları ve dezavantajları [5]

	Hükme Dayalı Yangın Güvenlik Tasarımı	Performansa Dayalı Yangın Güvenlik Tasarımı
Avantajlar	•Belirlenen gereksinimlerle tasarımın uyumu basit bir şekilde değerlendirilmektedir. •Yüksek mühendislik uzmanlığına gerek yoktur.	•Yangın güvenlik amaçları ve hedefleri açıkça belirtilmektedir. •Performansı karşılayan yenilikçi tasarım çözümlerine izin vermektedir. •Tasarımlarda esnekliğe ve maliyet etkinliğine izin vermektedir. •Yeni teknolojileri desteklemektedir.
Dezavantajlar	•Hedefler belirlenmeden gereksinimler belirlenmektedir. •Mevcut kodların yapısının karmaşıklığı giderek artmıştır. •Tasarımlarda çok az esneklik sağlamaktadır. •Tasarımlarda maliyet etkinliğini sağlamamaktadır.	•Performans kriterlerini belirlemek zordur. •Belirlenen performans kriterlerine göre tasarımın test edilmesi gerekmektedir. •Kullanılan araçların (simülasyon araçları, hesaplamalar ve ölçme metodlarının) onayı gerekmektedir. •Tasarımcının bilgi birikimi ve deneyimi önemlidir.

2.2. Ülkelerin Performansa Dayalı Yangın Güvenlik Tasarım Yaklaşımları

Birçok ülke, performansa dayalı yaklaşımları kendi bina yönetmelikleri içerisinde farklı biçimlerde uygulamaktadır. Uygulamaya yönelik bu yaklaşımların kesin sınırları bulunmamakta, performansa dayalı uygulamalara ait düzenlemeler mevzuatlarının hükme

dayalı kısımlarıyla karışmaktadır. Bu bölümde performansa dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımı incelenen ülkeler; İngiltere, ABD, Yeni Zelanda, Avustralya, Japonya ve Kanada'dır. İncelenen bu ülkeler yangın güvenlik tasarımında performansa dayalı yaklaşımı geliştirme eğilimindedirler.

Performansa dayalı tasarım, tasarım sürecinde hükme dayalı mevzuatlarla, performansa dayalı mevzuatlarla veya bağımsız mühendislik analizleri ile olarak üç şekilde kullanılmaktadır [23]. Performansa dayalı tasarım süreci birinci şekilde; hükme dayalı mevzuatlarla birlikte yürütülmektedir. Hükme dayalı mevzuatlar, binaların yangın güvenliği tasarımı için birçok gereksinim belirtmektedir. Hükümlerle belirtilen bu gereksinimler genellikle, maksimum kaçış mesafeleri, minimum sınır değerleri, algılama, alarm, söndürme ve havalandırma gibi gerekli sistemlerin minimum ya da maksimum özellikleridir. Hükme dayalı tasarım yaklaşımı, bu hükümlerin sapmasına izin vermemektedir. Tasarımcı, önerilen tasarımın ve bina kullanım amacının, mimari tasarım, kullanıcı özellikleri ve ilgili yangın güvenliği hedeflerini göz önünde bulundurarak hükme dayalı tasarım yaklaşımının gerektirdiği hükümlere uyduğundan emin olmalıdır. Çoğu hükme dayalı mevzuat, hükümlerin amacını karşılamak için alternatif araçların kullanımına izin vermektedir. Bu performansa dayalı yaklaşımın kullanımı için bir fırsat sağlamaktadır. Mevzuat hükümlerinden bir nedenle uyumsuzluk ya da sapma varsa o tasarımın kabul edilebilir olup olmadığı diğer bir deyişle önerilen tasarımın uygulanan hükmün amacına uygun olup olmadığı performansa dayalı tasarım yaklaşımı ile gösterilebilmektedir. Binaların yangın güvenliği tasarımında hükme dayalı mevzuatlarla uyumsuzluk konuları merdiven genişliklerinin azaltılması, zemin alanının maksimum kullanılması, kompartıman boyutlarının artırılması, kaçış yollarının değiştirilmesi ve onaylanması gibi konulardır.

Bir binanın yangın güvenliği tasarımında performansa dayalı yaklaşım mevzuatlarla birlikte tasarlanacaksa hükme dayalı tasarım çözümü bir başlangıç noktası olarak kullanılmaktadır. Bu çözümlerden herhangi bir çözüm maliyet yönünden etkin değilse veya diğer tasarım hedefleriyle çatışıyorsa, alternatif tasarımlar performansa dayalı yaklaşım kullanılarak analiz edilmektedir [24]. Bir yangın güvenliği özelliği binaya eklenir ve bir diğeri çıkarılır (veya en aza indirilir), ancak tasarımın eşdeğer denkliği istenen hükmün sağlayacağı güvenlik ile eşdeğer olmalıdır. Doğal olarak, eklenen bir güvenlik özelliği, kaldırılan özellik ile aynı amacı yerine getirmelidir [25].

ABD’de Ulusal Yangından Korunma Birliği’nin (NFPA) yayınladığı NFPA 101- Can Güvenliği Kodu hükme dayalı yangın güvenlik kodu olup, öngörülen hükümlerin amacını karşılamak için alternatif çözümlerin kullanılmasına izin veren bir madde içermektedir [26]. Türkiye’de halen yürürlükte olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik hükme dayalı bir mevzuat olup, yönetmeliğin 5. Maddesinin 2.fikrasında belirtilen hüküm ile yeterli hüküm bulunmayan hususlar için “Tasarımcılar tarafından, bu yönetmelikte hakkında yeterli hüküm bulunmayan hususlarda ve metro, marina, helikopter pisti, tünel, stadyum, havalimanı ve benzeri kullanım alanlarının yangından korunmasında Türk Standartları, bu standartların olmaması hâlinde ise Avrupa Standartları esas alınır. Türk veya Avrupa Standartlarında düzenlenmeyen hususlarda, uluslararası geçerliliği kabul edilen standartlar da kullanılabilir” [27] denilmektedir. Bu fıkra hükmü ile bu yönetmelikte hakkında yeterli hüküm bulunmayan hususlarda ve metro, marina, helikopter pisti, tünel, stadyum, havalimanı ve benzeri kullanım alanlarının yangından korunmasında Türk Standartları, Avrupa Standartları, bu standartlarla düzenlenmeyen konularda ise uluslararası geçerliliği kabul edilen standartların kullanılabileceğinin belirtilmesi söz konusu kullanımlara sahip alanlarda performansa dayalı yaklaşımlara izin verdiği yönünde yorumlanabilmektedir.

İkinci şekilde; performansa dayalı mevzuatlarla tasarım yapılmaktadır. Performansa dayalı mevzuatlar, mevzuat kapsamına giren binalar veya diğer yapılar için “yangın nedeniyle yaralanmaları önleme” ve “kullanıcıların güvenli bir yere ulaşmaları için yeterli süre ayırma” gibi amaçlar, hedefler ve performans kriterlerini sağlamaktadır. Mevzuatlar, “yeterli” ve “makul” gibi terimlerin kullanılması, tasarım esnekliğine izin vermektedir. Performansa dayalı mevzuatlar, genellikle ele alınması gereken özel yangın senaryoları veya ele alınması gereken yangın senaryolarının türlerini tanımlamaya yönelik dokümanlar sunmaktadır [28, 29]. Performansa dayalı yangın güvenlik tasarımında bu mevzuatların sağladığı senaryoların analiz edilmesiyle binanın performansını değerlendirme yoluna gidilebilmektedir. Ancak, uluslararası ülkelerin performansa dayalı yangın güvenlik mevzuatları “Karşıladığı Varsayılan” ya da “Kabul Edilebilir Çözümler” ile hükme dayalı bir takım seçenekler de içermektedir [25,27].

Üçüncü şekilde ise; bazı durumlarda bir binanın yangın güvenlik tasarımında mevzuatlarda tam olarak ele alınmamış, mülkiyetin korunması veya iş kesintisinin engellenmesi gibi ilave veya tamamlayıcı yangın güvenlik amaç ve hedeflerinin tanımlanması gerekmektedir. Bu

gibi mevzuatlarda tam olarak ele alınmamış yangın güvenlik amaç ve hedeflerinin tasarımı ve analizi mevzuatlardan bağımsız olarak sadece performansa dayalı analizlerle yapılmaktadır [31].

İngiltere

İngiltere’de binaların yangın güvenlik kılavuzu “Onaylanmış Doküman B” dir. Binaların yangın güvenlik gereksinimleri için yayınlanmış bir rehber kılavuz olup, kurallara dayalı bir belgedir. Kullanıcı sayısına ve binaların kullanım sınıfına göre kapalı alanlara gereken minimum çıkış sayısını ve kullanıcı sayısına göre akış genişliklerini belirlemekte ve dokümanda açıkça “Yapı Yönetmeliğinin yangın güvenliği gereklilikleri Onaylanmış Doküman B’de verilen ilgili kılavuz izlenerek yerine getirilmelidir.” denilmektedir. Yangın güvenliği tasarımında kılavuz olma amacı taşımasına rağmen gereklilikleri sağlamanın başka yolları da olduğunu kabul etmekte, performansa dayalı çözümlerin yangın güvenliğini sağlamada alternatif yollar sağladığından bahsetmektedir. Buna dayanarak “Onaylanmış Doküman B”, performansa dayalı bir çözüme ihtiyaç duyulduğunda izlenecek alternatif bir rehber olarak yayınlanmış belgelerden ve BS 7974 gibi bazı İngiliz standartlarından bahsetmektedir [32]. BS 7974, bir dizi yayınlanmış belgelerin (PD) bulunduğu bir uygulama kodudur. Kullanıcıların, binanın ve çevrenin yangına karşı korunmasında bilimsel ve mühendislik ilkelerinin uygulanmasına dayalı bir yangın güvenliği mühendisliği yaklaşımı kullanarak binaların tasarımı için rasyonel bir metodoloji geliştirmek için bir çerçeve sunmaktadır. Yönetmelikle belirlenen gereksinimlerin karşılanabileceğini göstermek için yeni veya mevcut binalara uygulanabilir bu çerçeve üç ana aşamadan oluşmaktadır [33]:

- Nitel tasarım incelemesi: Yangın güvenliği tasarımının kapsamı ve hedefleri tanımlanmakta, performans kriterleri belirlenmekte, bir veya daha fazla potansiyel tasarım çözümü önerilmektedir.
- Nicel analiz: Nitel tasarım ile tanımlanan potansiyel çözümleri değerlendirmek için mühendislik yöntemlerinin kullanılmasıdır.
- Kriterlere karşı değerlendirme: Nicel analiz çıktısının, nitel tasarım incelemesinde tanımlanan kabul kriterleriyle karşılaştırılmasıdır.

Yayınlanmış belgeler, 6 adet alt sistem ele almaktadır ve bunlar ilgili nicel analizin ele alınması için veri ve analitik yöntemler, kabul kriterleri ve uygun tasarım yaklaşımları

hakkında rehber bilgiler sunmaktadır. Bunlardan BS 7974-0 ve BS 7974-7 alt sistem olmayıp, yangın veya yangın güvenlik sistemlerinin özelliklerinden bahsetmemektedir. BS 7974-0 binalarda yangın güvenliğini sağlama konusunda bir çerçeve sağlarken, BS 7974-7 olasılıklı risk değerlendirmesi kılavuzudur [34].

Çizelge 2.2. BS 7974 standardında tanımlanmış alt sistemlerin yapısı

BS7974							
Yangın Güvenliği Mühendislik Prensiplerinin Bina Tasarımlarına Uygulanması							
BS PD7974-0	BS PD7974-1	BS PD7974-2	BS PD7974-3	BS PD7974-4	BS PD7974-5	BS PD7974-6	BS PD7974-7
Yangın güvenliği mühendislik prosedürlerini tasarlama ve değerlendirme	Yangının başlaması ve gelişmesi	Dumanın ve zehirli gazların yayılması	Yapısal tepki ve yangının yayılması	Yangın algılama ve yangından korunma sistemlerin aktivasyonu	İtfaiye ekiplerinin müdahalesi	Tahliye	Olasılıklı risk değerlendirme

Yayınlanmış doküman PD7974-0'da “Binaların yangın güvenliği tasarımında yangın güvenliği mühendisliği ilkelerinin uygulanması” ortaya konulmaktadır. Dokümanın 6.7.2. kısmında “Bir binadaki kullanıcıların güvenliğini sağlamak için dayanılmaz koşullar oluşmadan önce kullanıcıların güvenli bir yere ulaşabileceklerini belirlemek gerekmektedir. Kullanıcıların güvenli bir yere tahliye edilmesi için gereken süre kullanıcılara, binaya ve yangının dayanılmaz koşullara yol açtığı orana ilişkin bir dizi faktöre bağlı olacaktır. Amaç, tüm kullanıcıları güvenli bir şekilde binanın tehdit edilen bölümünden yardım olmadan kaçış için mevcut sürenin, kaçış için gereken süreden daha büyük olmasını sağlamaktır.” şeklinde ASET ve RSET kavramlarından söz etmektedir [33].

ABD

ABD’de Ulusal Standart ve Teknoloji Enstitüsü (NIST), Yangından Korunma Mühendisleri Derneği (SPFE) ve Ulusal Yangından Korunma Birliği (NFPA) yangın yönetmeliğinin geliştirilmesi konusunda önemli roller üstlenmektedir. ABD’de hükme dayalı kod gereksinimlerinden performansa dayalı kodlara geçme eğilimi 1970’lerde başlamıştır. Performansa dayalı kodların uygulamadaki geç sürecin aksine performansa dayalı tasarım yöntemlerinin geliştirilme süreci devam etmektedir. SPFE, yangından korunma mühendisliği el kitabı yayınlarak binalarda performansa dayalı analiz ve tasarım

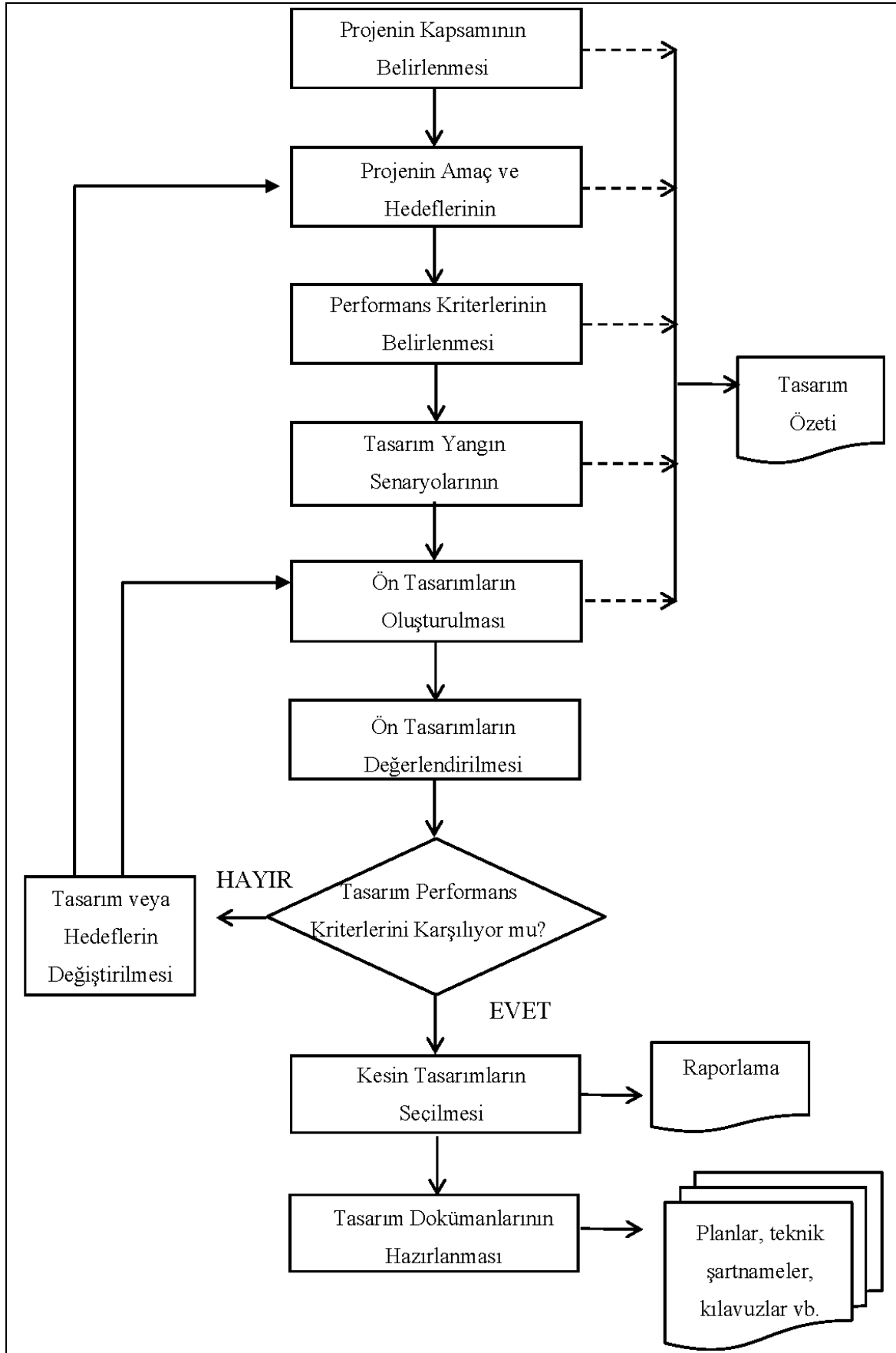
geliştirme sürecinin adımlarını içeren bir kılavuz yayınlamıştır. Yangından korunma mühendisliği derneği (SPFE) el kılavuzunda [16], belirli bir tasarımın geliştirilmesinde veya değerlendirilmesinde hangi yöntemlerin veya modellerin kullanılması gerektiğini belirtmeksizin performansa dayalı tasarımda yer alan adımları tanımlamaktadır (Şekil 2.1).

SPFE' ye göre süreç [16], projenin kapsamını tanımlamakla başlar; böylece tasarımcı tasarımın sınırlarını belirlemektedir. Bu adım çoğunlukla projenin paydaşlarının belirlenmesi, uygulanabilir kodlar ve yönetmeliklerin yanı sıra proje bütçesi ve programındaki sınırlamaları içermektedir. Bir sonraki adım, projenin yangın güvenliği hedeflerini belirlemek ve bunları nitel olarak tanımlamaktır. Yangın güvenlik amaçları dört temel kategoriye ayrılabilir: can güvenliğinin sağlanması, mal kaybının, iş kesintisinin ve çevresel zararın önlenmesidir. Projenin amaçları belirlendiğinde, yangın güvenliği hedefleri de belirlenmelidir. Temel olarak, yangın güvenliği hedefleri bina katılımcılarının hedefleri ve tasarım hedefleri olmak üzere iki farklı kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar, genellikle kabul edilebilir kayıp veya kabul edilebilir risk düzeyi açısından tanımlanmaktadır. Tasarımcının görevi, bu hedefleri, tasarım hedefleri olarak adlandırılan yangın güvenliği mühendisliği terimleriyle sayısal değerlere çevirmektir. Yangının başladığı alandan yayılmasını veya yangının flashover (parlama) evresine geçmesini önlemek gibi tasarım hedefleri mühendislik terimleriyle tanımlandığında performans kriterleri olarak ifade edilmiştir. Performans kriterleri, sıcaklık, duman veya zehirli gaz yoğunlukları, duman katmanına uzaklık veya diğer ölçülebilir veya hesaplanabilir parametreler için sınır değerleri içermektedir. Performans kriterleri belirlendiğinde, tasarımcı bu kriterlere uyan tasarım alternatiflerini geliştirmeli ve analiz etmelidir. Bu, önce oluşabilecek olası yangın senaryolarını tanımlayan ve sonra da analiz etmek için en uygun yangın senaryolarını (tasarım yangın senaryoları) seçen bir risk tespiti ile olmaktadır. Daha sonra proje kapsamına, performans kriterlerine ve tasarım yangın senaryolarına dayanan bir veya daha fazla potansiyel tasarım çözümü (ön tasarımlar) oluşturulmaktadır. Ön tasarımlar analizlerle değerlendirilmektedir. Performans kriterlerini karşılayan bir tasarım yoksa tasarımcının tasarımını değiştirmesi ve daha sonra yeni tasarımını yeniden değerlendirmesi gerekmektedir. Olası bir tasarımın performans kriterlerini karşılayamadığı görülüyorsa, yangın güvenliği hedefleri ve performans kriterleri yeniden değerlendirilmelidir. Hedefler ya da performans kriterleri, değerlendirme sırasında ortaya çıkan yeni bilgilere dayanarak çok yüksek kabul edilebilir ve bu nedenle belki de değiştirilebilir. Performans kriterlerine uyan bir veya daha fazla ön tasarımı varsa, bunlar arasından bir sonuç tasarımı seçilmektedir.

NFPA 101’de, performans kriterleri “yangının başladığı mekan ile ilişkisi olmayan herhangi bir kullanıcının anlık veya kümülatif dayanılmaz koşullara maruz kalmaması” olarak ifade edilmektedir. NFPA 101 açıklayıcı ekinde (A.5.2.2.) performans gerekliliğini yerine getirmek için kullanılabilecek, yani kullanıcıları dayanılmaz koşullara maruz bırakmaktan kaçınmak için kullanılabilecek bir dizi öneri sunmaktadır [26]:

- Yöntem 1: Tasarım ekibi, kullanıcıların yangın etkilerinden etkilenmemesini sağlayan ayrıntılı performans kriterleri belirlemelidir.
- Yöntem 2: Her tasarım yangın senaryosu ve tasarım özellikleri, koşulları ve varsayımları için tasarım ekibi; Her mekân veya alanın, o mekândaki duman ve zehirli gaz tabakasının zeminden 1830 mm (6 ft) daha düşük bir seviyeye inmesinden önce tamamen tahliye edileceğini göstermektedir.
- Yöntem 3: Her tasarım yangın senaryosu, tasarım özellikleri ve varsayımları için, tasarım ekibi duman ve zehirli gaz katmanının, herhangi bir odadaki zeminden 1830 mm (6 ft) 'den daha düşük bir seviyeye inmeyeceğini göstermelidir.
- Yöntem 4: Her tasarım yangın senaryosu, tasarım özellikleri ve varsayımları için tasarım ekibi, herhangi bir yangın etkisinin herhangi bir mekâna ulaşmayacağını göstermelidir.

Önerilen yöntemlerin hiç bir güvenlik marjı bulunmamaktadır. Bunlardan yöntem 2, ASET / RSET konsepti ile bağlantılı olarak daha yaygın kullanılan yaklaşım olarak düşünülmektedir.



Şekil 2.1. SPFE' ye göre performansa dayalı yangın güvenlik tasarım süreci [16]

Japonya

Japonya'da, hükümlere dayalı bina mevzuatı olan Bina Standardı Kanunu (BSL), 1998'de performansa dayalı tasarım içerecek şekilde revize edilmiş ve 2000 yılında yürürlüğe girmiştir. 2000 yılından sonra BSL, hükümlere dayalı mevzuatları ve performansa dayalı mevzuatları birlikte yürütmektedir. BSL' deki yangın güvenliği hükümlerinin; yangının meydana gelme olasılığının azaltılması, tahliye güvenliği, binada yangından dolayı yapının çökmesinin önlenmesi, yangınla etkin mücadele ve kentsel yangınların önlenmesi olmak üzere beş temel amacı vardır [35].

Performansa dayalı gereksinimler, “Bildirim” ve ilgili bakanlık tarafından onay alınması ile doğrulanmakta, tahliye güvenliği ve binanın yangından dolayı yapının çökmesini önlemek için belirlenmektedir. İlgili bakanlık tarafından onay yöntemi herhangi bir doğrulama yöntemi belirlememektedir. Bakanlık, tasarımcının tahliye güvenliği için işlevsel gereksinimleri yerine getirip getirmediğine karar vermektedir. Bildirim yöntemi; yangın yükleri, çeşitli kullanım sınıfına ait binalar için kullanıcı yoğunluğu, hesaplama yöntemleri ve performans kriterleri gibi girdi parametrelerini içeren doğrulama yöntemlerini düzenlemektedir [36]. Tasarımcı, doğrulama yöntemlerini değiştiremez, bu nedenle esneklik sınırlıdır. Bildirim yönteminin hareket yeteneği kısıtlı kullanıcı olan hastane binaları gibi karmaşık fonksiyonlu binalarda kullanılması tercih edilmektedir. Tasarımcı, tüm kullanıcıların güvenli bir şekilde tahliye edilebileceğini göstermelidir. Bunu gösterirken süre karşılaştırma konseptini ele almaktadır. Tahliye süresi, duman katmanının yüksekliği, sıcaklığı, zehirli gazların yoğunluğu ve dumanın yayılma koşulları dahil olmak üzere kullanıcı güvenliğini etkileyecek faktörleri dikkate alarak değerlendirilmektedir. Bildirim yönteminde tahliye konusu, yangın katında tahliye güvenliği ve binanın tümünden tahliye güvenliği olmak üzere performansa dayalı iki maddeyi ele almaktadır (Çizelge 2.3).

Bu iki madde bir yangın olayında yanma sonucu çıkan duman ve zehirli gazların, kullanıcıların güvenli bir şekilde tahliyesi gerçekleştirilene kadar kaçış yollarını engellememesini bildirmektedir. 1. maddede sadece yangın katına değinmekte bu nedenle merdiven gibi kaçış yollarını değerlendirmektedir. 2. madde ise merdivenler, atriyumlar da dahil olmak üzere daha kapsamlı bir doğrulama gerektiren tüm binanın tahliyesini ele almaktadır [36].

Çizelge 2.3. Bildirim yönteminde tahliye güvenliği kriterleri [35]

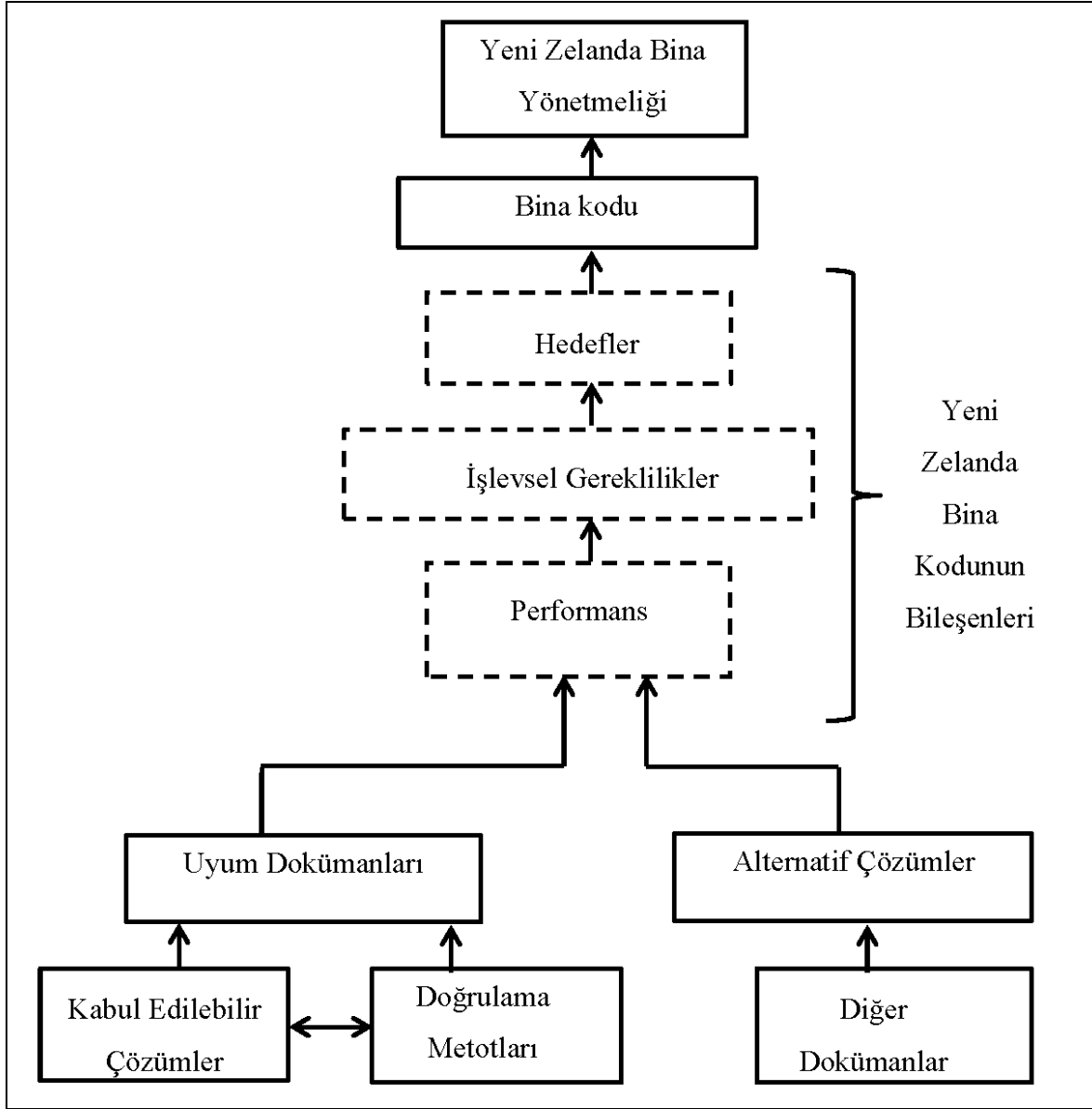
Doğrulama yöntemleri	Tahliye güvenliği için kriterler
Yangının çıktığı mahalde ve/veya katta	Kattaki kullanıcılar duman seviyesi zeminden 1,8 m olmadan tahliye edilmelidir.
Tüm binada	Tüm kullanıcılar duman merdivenlere, üst katlara, atriyum ve şaftlara dolmadan tahliye edilmelidir.

Yeni Zelanda

Yeni Zelanda Yapı Kodu (NZBC), performansa dayalı bir koddur. İki ön maddeden ve 35 teknik maddeden oluşmaktadır. Her teknik madde, hedefler, işlevsel gereklilikler ve performans gereklilikleri içermektedir [37].

Hedefler, genel anlamda sağlık, güvenlik, konfor ve sürdürülebilirlik açısından sosyal hedefleri ortaya koymaktadır. İşlevsel gereklilikler, bir binanın yerine getirmesi gereken minimum performans gereksinimlerini ortaya koymakta, ancak nasıl yapılması gerektiğinden bahsetmemektedir. Performans gereklilikleri, bir binanın NZCB' ye uyum sağlayabilmesi için gerekli nitel ve nicel ölçütler olarak verilmektedir. Hedefler ve işlevsel gereklilikler, performans gerekliliklerinin içeriğini ve amacını yorumlamaya yardımcı olmaktadır. Mevzuat onayı alabilmek için bir tasarımın ilgili tüm performans gerekliliklerini karşılaması gerekmektedir. Herhangi bir bina çözümünün NZBC' nin performans gerekliliklerine uyması için üç yol bulunmaktadır [38, 39].

- Uyum dokümanlarında, yer alan kabul edilebilir çözüm ile uyumlu bir tasarım,
- Uyum dokümanlarında yer alan doğrulama yöntemleri (hesaplama yöntemleri veya test prosedürlerini kullanma),
- Kabul edilebilir çözümlerde bir veya daha fazlasına uymayan ancak NZCB' nin ilgili performans gerekliliklerine uyduğunu gösterebilecek alternatif çözümler.



Şekil 2.2. Yeni Zelanda performansa dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımı [38]

“Uyum Dokümanları” kabul edilen hükümlere dayalı olarak belirlenmiş değerleri sağlayan çözümlere ait dokümanlar olup bina yönetmeliğindeki gerekleri karşılaması için “Kabul Edilebilir Çözümler” ve “Doğrulama Yöntemleri” nden oluşmaktadır [40](Şekil 2.2). Yeni Zelanda “Uyum Dokümanları”, yangın güvenliği için C1-Yangının çıkması, C2-Kaçış yolları, C3- Yangının yayılması ve C4- Yangın boyunca yapısal kararlılık hedefleri, işlevsel gereklilikleri ve performans gereklilikleri olmak üzere üç seviyeden oluşmaktadır. Her maddede yangın güvenlik kriteri için bu üç seviye belirlenmelidir. “Kabul Edilebilir Çözümler”, hükümlere dayalı olarak belirlenmiş değerleri sağlayan çözümlere ait dokümanlardır. Yeni Zelanda Yapı Kodu C (NZBC C), yangından korunma ile ilgili olup,

“Kabul Edilebilir Çözümler” C/AS1’den C/AS7’ye kadardır. Bunlar, binanın kullanım sınıfına göre;

- C/AS 1: Risk Grup SH: Konutlar
- C/AS 2: Risk Grup SM: Apartmanlar
- C/AS 3: Risk Grup SI: Hastaneler
- C/AS 4: Risk Grup CA: Okullar
- C/AS 5: Risk Grup WB: Laboratuvarlar
- C/AS 6: Risk Grup WS: Depolar
- C/AS 7: Risk Grup VP: Otoparklar olarak tanımlanmıştır.

Her “Kabul Edilebilir Çözüm” (C/AS1-C/AS7) dokümanı;

- 1. kısım: Genel hükümler
- 2. kısım: Kompartımanlar
- 3. kısım: Kaçış yolları
- 4. kısım: Bina içinde yangının ve dumanın yayılması
- 5. kısım: Dış cephede yangının ve dumanın yayılması
- 6. kısım: Yangın ile mücadele
- 7. kısım: Yangının oluşmasını önleme, olmak üzere 7 kısımdan oluşmaktadır [30].

Eğer bina C/AS1-C/AS7 kullanılarak performans gereksinimlerinin karşılandığını gösteremiyorsa tasarımcı “Doğrulama Yöntemlerini” kullanmayı tercih etmektedir [31]. “Doğrulama Yöntemleri” onaylanmış hesap yöntemleri olup, yangın güvenlik tasarımında bütün binalar için uygulanabilmektedir. Tasarımcı “Doğrulama Yöntemlerini (C/VM2)” kullanarak binanın Yangında Korunma Kodu (NZBC C)’ na uygunluğunu göstermek için belirlenmiş 10 tasarım yangın senaryosunu incelemelidir. Her bir senaryo, bina kodu hedeflerine ulaşmak ve gösterilen bina kodu maddelerinin performans kriterlerini karşılamak için ayrı ayrı ele alınmaktadır. Ancak henüz tasarım için onaylanmış bir doğrulama yöntemi bulunmamaktadır. Bunun nedeni C/VM2’ de geçen 10 adet tasarım yangın senaryosunun henüz geliştirilememiş olmasıdır. Eğer yapı, bu iki seçeneğe uygun değilse, bina kodundaki performans gereksinimlerini karşılayan “Alternatif Çözümler” önerilmektedir. “Alternatif Çözümler”, “Kabul Edilebilir Çözümler” e göre daha yenilikçi olup, özel yangın güvenlik mühendisliği çözümleridir. Ülkede pek çok binada, yangın

güvenliği için, onaylanmış dokümanlardaki hükümlere dayalı değerleri karşılayan “Kabul Edilebilir Çözümler” e göre tasarım yapılmaktadır [37].

Yeni Zelanda’da Yapı ve Konut Bakanlığı (DBH) kabul edilebilir çözümleri bina kodunun gerektirdiği yangın güvenliği seviyesinin bir örneği olarak görmektedir. Kabul edilebilir çözümden herhangi bir farklılık, bina koduna uygun alternatif bir çözüm olarak kabul edilmesi halinde aynı güvenlik seviyesine ulaşmalıdır. Bu nedenle DBH, C / AS1'e göre hazırlanan bir tasarıma en azından eşdeğer bir güvenlik seviyesi sağlamak için alternatif yangın mühendisliği tasarımları gerektirmektedir.

Uygun bir yangın tasarımının ne olduğuna, kaçış sürelerini hesaplamak için kabul edilebilir bir yöntem olduğuna ya da dayanılmaz koşullara ve kabul edilebilir güvenlik / güvenlik marjı süresine hitap eden özel bir tasarım standardı yoktur. Bu bağlamda, belirli tasarım yolunu seçen bir tasarımcının kendi parametrelerini belirlemesi ve çözümlerini haklı çıkarması gerekmektedir. Bu kendi içinde tanınmış bir standart veya tasarım standardı olmaksızın kolay bir iş değildir. Performansa dayalı tasarımda tasarımların / alternatif çözümlerin kuralcı çözümlere “eşdeğer” bir güvenlik sağlaması gerekmektedir. Yeni Zelanda'daki bazı düzenleyici otoriteler, tasarımın kurallara uygun olarak hazırlanmış bir çözüme “eşdeğer” bir güvenlik seviyesine sahip olduğu kanıtlanmadıkça bir tasarımın güvenli olduğunu kabul etmemektedir.

Kanada

2005 yılında Kanada dünyanın ilk hedeflere dayalı mevzuat sistemini (NBC) belirlemiştir. Performansa dayalı tasarım yaklaşımında tasarım hedeflere ve performans gereksinimlerine göre değerlendirilmektedir [38]. Kanada’nın hedeflere dayalı tasarım yaklaşımında tasarım, “kıyaslama yaklaşımı” olarak adlandırılan kabul edilebilir çözümlerle karşılaştırılmaktadır. Hedeflere dayalı mevzuatların; hedefler, işlevsel ifadeler, kabul edilebilir çözümler, amaçsal ifadeler, uygulama durumları ve alternatif çözümler olmak üzere temel bileşenleri vardır. Hedeflerle, mevzuatlarla ne elde edilmek istendiği belirtilmektedir. İşlevsel ifadeler, hedeflerle gerçekleştirilecek genel koşullara ve sonuçları tanımlayan işlevsel terimlere dönüştürülmesidir. Kabul edilebilir çözümler, birçok olası çözümden birinin tanımlanmasıdır. Amaçsal ifadeler, kabul edilebilir bir çözümün neyi başarmayı hedeflediğinin net bir şekilde tanımlanması ve bu kabul edilebilir çözüm ile hedef veya

hedefler ile işlevsel ifadeler arasındaki bağlantıyı açıklamaktadır. Uygulama durumları, her bir mevzuat düzenlemesinin uygulandığı veya uygulanmadığı durumları tanımlayıp ve böylece mevzuatın kapsamını tanımlamaya yardımcı olmaktadır. Alternatif çözümler ise, olası tüm alternatif tasarımların malzemelerin veya sistemlerin açıklanmasıdır [41].

Avustralya

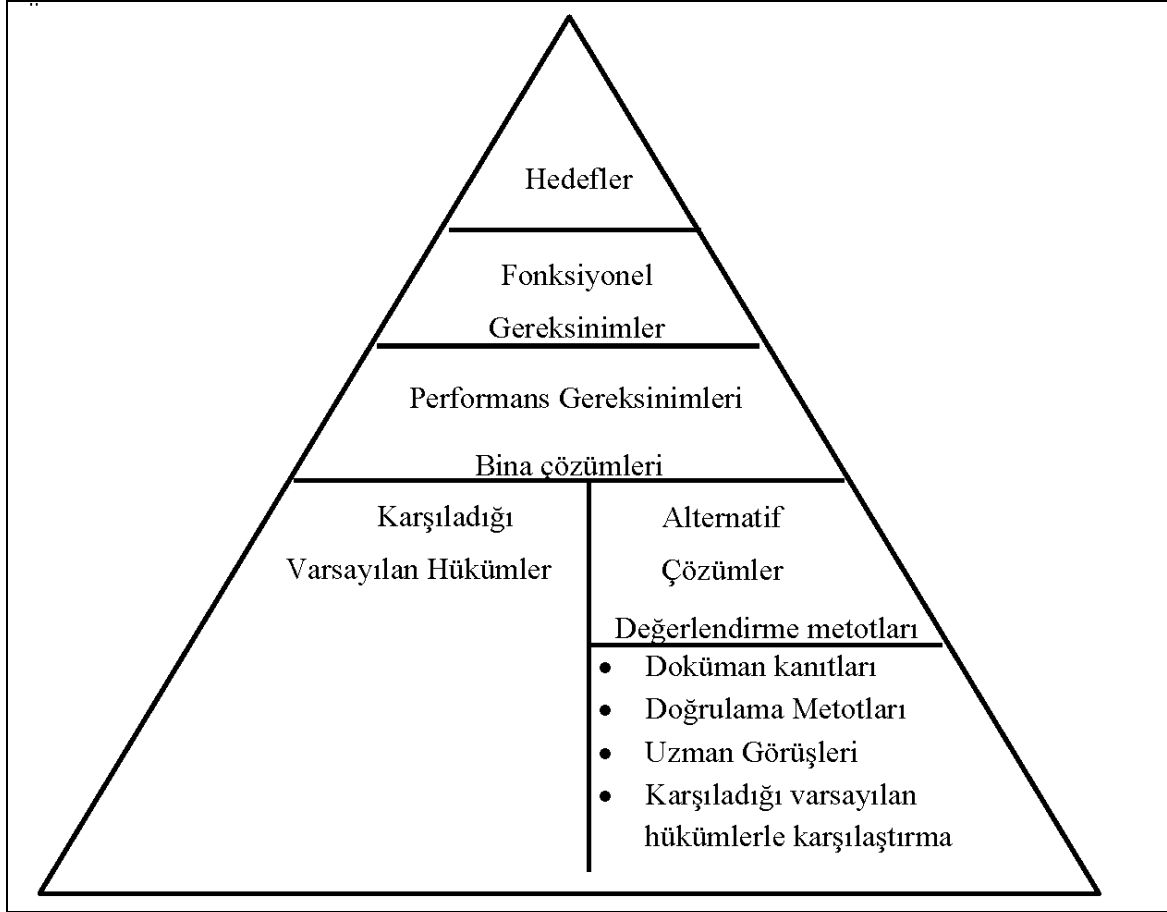
Avustralya bina kodu (BCA) performansa dayalı bir kod olup; hedefler, işlevsel gereksinimler, performans gereksinimleri, karşıladığı varsayılan hükümler (DTS) veya alternatif çözümleri kapsayan bina çözümleri aşamalarından oluşmaktadır [42]. BCA' nın sunduğu hedefler, genel terimlerle ifade etmekte olup, genel olarak toplumun bir binadan ne beklediğini ortaya koymaktadır. İşlevsel gereklilikler, genel olarak bir binanın ilgili hedefleri nasıl yerine getirmesi gerektiğini açıklamaktadır. Hedefler ve işlevsel gereklilikler, performans gereklilikleri ile karşıladığı varsayılan hükümlerin içeriğinin ve amacının nasıl yorumlanabileceği konusunda rehberlik etmektedir. Tasarımın onaylanması, tasarımın ilgili tüm performans gerekliliklerini karşılamasını gerektirmektedir. Performans gerekliliklerine uyan bir tasarım “Bina Çözümü” olarak adlandırılmaktadır. Bir bina çözümü;

- Karşıladığı varsayılan hükümlere (DTS) uymak,
- Bir alternatif çözüme uymak veya
- Her ikisinin kombinasyonu bir çözüme uymak, şartıyla performans gerekliliklerini yerine getirmiş demektir.

Bir tasarım ilgili tüm “Karşıladığı Varsayılan Hükümlere” uygun olduğunda performans gerekliliklerini karşıladığı varsayılmaktadır. “Alternatif Çözüm” de, tasarımın “Karşıladığı Varsayılan Hükümlere” uymayan hususları analiz edilerek ilgili performans gerekliliklerini yerine getirdiği gösterilmektedir. “Karşıladığı Varsayılan Hüküm” değiştirilecek olduğunda ilgili performans gereklilikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Alternatif bir çözümün değerlendirilmesi;

- Kabul edilebilir doküman kanıtı,
- BCA’ da verilen bir yönteme uygun bir şekilde doğrulama,
- Uzman yargısı ve

- “Karşılacağı Varsayılan Hükümler” le karşılaştırma yöntemlerinden biriyle veya bunların kombinasyonu ile yapılmaktadır [43].



Şekil 2.3. Avustralya'nın performansa dayalı yangın güvenlik tasarımına yaklaşımı [38]

Avustralya Ulusal Yapım Kodu’nda (NCC) kaçışlar, performans gereksinimleri DP4 ‘te; “Bir binadan, bina kullanıcılarının güvenli bir şekilde tahliye edilmesini sağlamak için kullanıcıların sayısı, konumu ve binanın boyutları,

- (a) kaçış mesafesi,
- (b) kullanıcıların sayısı, hareketliliği ve diğer özellikleri,
- (c) binanın işlevi veya kullanımı,
- (d) binanın yüksekliği ve
- (e) çıkışın zeminin üstünde mi yoksa altında mı olduğu, uygun olacak şekilde sağlanmalıdır.” şeklinde belirtilmektedir [44].

Bu performans gereksiniminin amacı kullanıcıların güvenli bir şekilde tahliye edilmesini sağlamaktır. DP4' te, kullanıcıların tahliyesini sağlamak için ele alınması gereken beş özel husus vardır. Bu hususlardan biri kaçış mesafesidir. Kaçış mesafesi ise temel olarak, D1.4'te, tahliye eden kullanıcıların dayanılmaz koşullara maruz kalabilecekleri süreyi sınırlandırmak için kaçış mesafesini sınırlandırmak gerekliliğe bağlı olarak ilgili hususların düzenlenmesi gerektiğinden bahsetmektedir. Bir sonraki adım, dayanılmaz koşulların ne olduğunu belirlemek olacaktır. Dayanılmaz koşullar yüksek sıcaklıklar, dumandan kaynaklanan ısı, duman ve gaz yoğunluğudur. Dayanılmaz koşullarda bazı parametreler hızlı bir şekilde oluşmaktadır; bu nedenle tahliye etmek için uygun bir süre gereklidir. Bunun için; dayanılmaz koşulların başlama süresi ile kullanıcı tahliyesi için gereken süre karşılaştırılmalıdır.

Bu bölümde aktarılan ülkelerin mevzuat yaklaşımlarının ortak amacı karmaşık olan mevzuat yapılarını basitleştirmek, yangın güvenlik hedeflerini açıkça belirtmek, yeni malzeme ve yapım yöntemlerinin gelişimini sağlamak, tasarımı sınırlamamak ve performans beklentilerini karşılayan alternatif çözümleri sunmaktır. Her ne kadar mevzuatlar farklı ülkelerde çeşitli şekillerde olsalar da, yangından korunmanın temel amaçlardan biri, kullanıcıların bir yangın sırasında can güvenliklerinin korunmasıdır. Bu amaca ulaşmak için, mevzuatlarla ortaya konan hükümlere uygunluk ve performansa dayalı analiz yöntemlerine kadar çeşitli yaklaşımlar vardır. Bu yaklaşımlardan performansa dayalı analiz yöntemleriyle yürütülen yaklaşımda, yangın gelişimi ve kaçış süresi içindeki belirli olayların açıklanması istenmektedir. Şimdiye kadar genellikle hükümlere dayalı mevzuat gereklerinin uygulanabilirliklerinde bir kısıtlama olduğunda veya uygulanamadığı karmaşık binalarda kullanılmaktadır.

2.3. Performans Analizlerine Dayalı Yangın Güvenlik Tasarım Sürecini Etkileyen Faktörler

Bu bölümde performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım sürecini etkileyen faktörler incelenmektedir.

2.3.1. Projenin kapsamı

Proje kapsamı, performansa dayalı analiz veya tasarımın sınırlarının tanımlanmasıdır. Projedeki kısıtlamaların, ilgili paydaşların, bina ve kullanıcı özelliklerinin, bina kullanım

amacının, uygulanabilir mevzuat gereklerinin vb. belirlendiği bu adım son derece önemlidir. Performans analizlerine dayalı bir tasarımın paydaşları tasarım ekibi, bina sahibi, yetkili kuruluşlar, yapım ekibi, bina bakım onarım ekipleri, kullanıcılar ve sigorta şirketleri vb. oldukça geniş katılımcıya sahiptir. Projenin kapsamı, proje paydaşlarının gereksinimlerine göre değişebileceğinden tüm paydaşlar belirlenmelidir. Tanımlanan her paydaş benzer, farklı veya ek amaç ve hedeflere sahip olabilmektedir [23]. Performans analizlerine dayalı bir tasarımın gerçekleştirilmesi için yapılması gereken en önemli adım paydaşların dahil olduğu süreçte, bu paydaşların amaç ve hedeflerini belirten gereksinimlerin ölçülebilir performans gereksinimlerine dönüşümüdür.

2.3.2. Projenin yangın güvenlik amaçları

Amaçların tanımlanması, performans analizlere dayalı yangın güvenliği tasarımda binadan beklenen yangın güvenliği sonucunun nitel olarak ifade edilmesidir. Herhangi bir tasarıma başlamadan önce yangından korunma amaçları açıkça tanımlanmalıdır. Bunlar, ortak bir amacı yansıtan ifadelerdir. Hedeflenen amaçlar, yangın güvenliği konusunda uzmanlığı olmayan kişilerin de anlayabileceği açık terimlerle ifade edilmektedir. Örneğin; "duman üst tabaka sıcaklığının belli bir değerin altında tutulmasının önemini birçok kişi anlayamayabilir ancak bir yangın olayında can güvenliğinin sağlanmasının ne demek olduğu yangın konusunda uzmanlığı olmayan kişilerin de anlayabileceği bir ifadedir. Yangın güvenliği tasarımında yangından korunmada dört temel amaç vardır. Bunlar; can güvenliğinin sağlanması, mal kaybının, iş kesintisinin ve çevresel zararın engellenmesidir [18].

Can güvenliğinin sağlanmasına yönelik amaçlar

Yangına bağlı yaralanmaları en aza indirmeye, can kaybını önlemeye böylece kullanıcıların ve itfaiye görevlilerin can güvenliğinin sağlanmasına yönelik amaçlardır.

Mülkiyetin korunmasına/mal kaybının engellenmesine yönelik amaçlar

Mal kaybının engellenmesine yönelik amaçlar, parasal kayıplar veya yangından kaynaklanan hasarın mekânsal boyutu ve etkileri bakımından incelenmektedir. Yangın esnasında bina ve içinde bulunan pahalı ekipmanların yağmurlama sisteminin aktif

olmasıyla ya da itfaiye ekiplerinin söndürme çalışmaları nedeniyle zarar görmesinin engellenmesi gibi amaçlar mülkiyetin korunmasına yönelik amaçlardır.

Üretim kaybının /İş kesintisinin engellenmesine yönelik amaçlar

Yangının iş kesintisinin olmasında önemli etkileri vardır. Binanın strüktürel yapısına ve içindeki malzemelere, eşyalara verdiği zarar sınırlandırılmalıdır. Bu, üretim kaybının/iş kesintisinin engellenmesi için önemli olduğu gibi kamu imajının korunması açısından da önemlidir.

Çevreyi yangın ve yangın kontrolünün istenmeyen etkilerinden korumaya yönelik amaçlar

Yangın ile açığa çıkan yanma ürünlerinin (duman, zehirli ve aşındırıcı gazlar gibi) çevresel etkisinin sınırlandırılmasına yönelik amaçlardır. Bir yangın söndürme işlemi sırasında kullanılan su yanma sonu ürünlerinden biridir. Yangın sonrasında su yeterince çabuk ve düzgün temizlenmezse küf ve bakteri gibi mikropların meydana çıkmasına neden olacaktır.

Bu dört temel amacın yanında binanın özelliklerine ya da paydaşların isteklerine göre farklı amaçlar belirlenebilir. Tarihi bir binanın özelliklerini tanımlayan mekânların detaylarının korunması, yanma sebebiyle ortaya çıkan koruma sorunları, söndürme çalışmaları sebebiyle ortaya çıkan koruma sorunları ve yangın önlemleri sebebiyle ortaya çıkan koruma sorunları da amaç olarak belirlenebilmektedir. Böylelikle yangından korunma önlemlerinin uygulanması veya kullanımı için bu yönde tedbirler geliştirilmelidir. Bu amaçların hepsi nitel olmakla birlikte tasarım sürecinin yönünü belirlemektedir. Amaçlar genellikle iki yolla belirlenmektedir. İlki mevcut kod ve standartlarda belirtilmişse diğeri ise tasarımcı ile diğer paydaşların birlikte görüşleriyle oluşturulmaktadır. Örneğin NFPA 914 “Tarihi Yapıların Yangından Korunması” ve NFPA 909 “Kültürel Varlık Özelliklerinin Yangından Korunmasına İlişkin Kod- Müze, Kütüphane ve İbadethaneler”, GN 80 “Yangın Güvenliği Rehber Notu-Miras ve Özel Nitelikli Binalar” ve NFPA 130 “Raylı Sistemlerin Yangından Korunma” kodları ve rehber notları ilgili yapıların yangın güvenlik amaçlarını tanımlamaktadır. Bunun yanında NFPA 101 “Can Güvenliği” kodu sadece can güvenliği ile ilgili amaçları tanımlarken, NFPA 5000 “Bina İnşaatı ve Güvenlik” kodu güvenlik, sağlık, bina kullanılabilirliği, kamu menfaati ve mülkiyetin korunması gibi ek amaçları da tanımlamaktadır [45]. Paydaşların amaçları çoğunlukla benzer olsa da amaçların öncelik

sıralaması binaların özelliklerine, kullanım amacına, potansiyel risk ve tehlikelerine göre değişebilmekte, amaçlarla bağlantılı hedef ve performans gereksinimleri tanımlanırken daha fazla farklılık meydana gelmektedir.

2.3.3. Projenin yangın güvenlik hedefleri

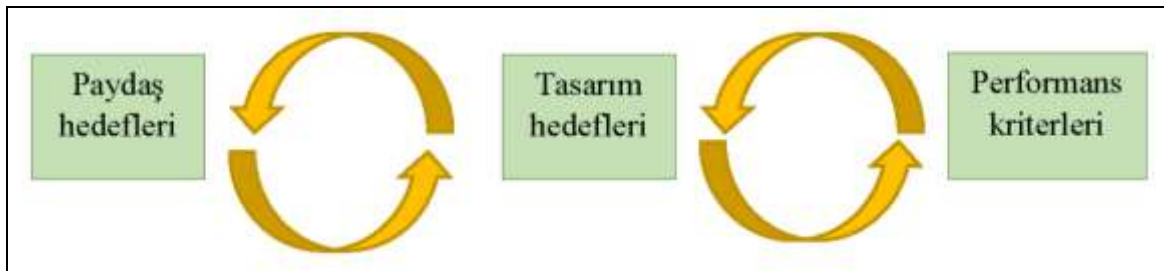
Hedefler, amaçların nasıl sağlanacağını özelleştirilmiş halidir. Hedefler, bir yangın güvenliği stratejisi geliştirmek için her bir amaçtan ayrılmış kriterler olarak da tanımlanmaktadır. Hedefler; paydaş hedefleri ve tasarım hedefleri olarak ikiye ayrılmaktadır [46].

Paydaş hedefleri

Bir yangının meydana gelmesi durumunda tolere edilebilecek hasar düzeyinin belirlenmesinde paydaşlara yardımcı olmaktadır. Maksimum kabul edilebilir yaralanma seviyeleri, bina ve içindeki önemli/pahalı ekipmana zarar verme veya iş kesintisi /faaliyet kaybının uzunluğu şeklinde ifade edilmektedir. Paydaş hedefleri geliştirildikten sonra, tasarım hedefleri geliştirilmelidir [2].

Tasarım hedefleri

Bir performansa dayalı analiz yapmak için, paydaş hedeflerinin ölçülebilen değerlere çevrilmesi gerekmektedir. Bu değerler, performans kriterlerinin geliştirilebileceği tasarım hedefleridir (Şekil 2.4). Tasarım hedefleri, bir tasarımın öngörülen performansının nicel terimlerle ifade edilen performans kriterleri kullanılarak değerlendirileceği kriterlerdir [18].



Şekil 2.4. Hedefler ve performans kriterleri arasındaki ilişki

Tasarım hedefleri, paydaş hedeflerini sağlamak için maksimum ve minimum izin verilen kritik yangın koşullarını belirlemektedir. Tasarım hedefleri deterministik veya olasılıklı terimlerle ifade edilmektedir. Yangın hasarını yangının başladığı alanda hapsetme amacı, yangının başladığı alanda flashover koşullarının önlenmesi olarak ifade edilmesi deterministik, flashover olasılığının bir eşik değerden daha düşük olma olasılığı olarak ifade edilmesi olasılıklı yöntemlerle olmaktadır. Çoğu durumda tasarım hedefleri tasarımcı tarafından, paydaş hedefleri ise paydaşlar tarafından belirlenmektedir (Çizelge 2.4. Yangın güvenlik tasarımında amaç, hedef ve performans kriterleri [18]. Amaçlar gibi hedefler de NFPA101 ve NFPA 5000 gibi kod ve/veya standartlarla ifade edilmektedir. Örneğin, NFPA 101’de belirlenen amaçlara ilişkin hedefler aşağıdaki gibi belirtilmektedir [26].

Kullanıcının korunumu

Bina, yangın durumunda kullanıcıları tahliye etmek, yer değiştirmek veya yerinde kalmak için gerekli ihtiyacı olan süre kadar kullanıcıları koruyacak şekilde inşa edilmeli, tasarlanmalı ve korunmalıdır.

Yapısal bütünlük

Bina, yangın durumunda kullanıcıların tahliye etmek, yer değiştirmek veya yerinde kalmak için ihtiyacı olan süre kadar yapısal bütünlüğünü korumalıdır.

Sistem etkinliği

Sistemlerin hangi tehlike veya riski azaltmak için tasarlandıysa bu fonksiyonunda güvenilir olması, fonksiyonelliğini korumasıdır.

2.3.4. Performans kriterleri

Performans kriterleri, aşıldığında kabul edilemeyen zararların olacağını gösteren [2] eşik değerler veya eşik değer aralıkları olup, tasarımların beklenen performansının karşılaştırılabileceği nicel değerlerdir. Bir başka deyişle, tasarım hedeflerine ulaşmak için kaçınılması gereken yangının sonuçlarına ilişkin değerlerdir. Nitel olarak belirlenen amaç ve hedeflerin ölçülebilir, izlenebilir performans hedeflerine dönüştürülmesiyle performans kriterleri belirlenmektedir (Şekil 2.4). Bir tasarım hedefini yeterince değerlendirmek için

birden fazla performans kriteri tanımlamak gerekebileceği gibi bir performans kriterini yeterince tanımlamak için birden fazla nicel değer de gerekebilmektedir [47]. Performans kriterlerini tanımlarken, tamamen tehlikesiz veya risksiz bir ortam elde etmenin imkânsız olduğu unutulmamalıdır. Kabul edilebilir tehlike veya risk seviyesi düştükçe, azalan risk seviyelerine ulaşma ile ilgili maliyetler de artacaktır. Önemli olan performans kriterlerinin doğrulanabilir ve uygulanabilir olmasıdır. Böylece tasarımcı, tasarımın kabul edilebilir olup olmadığını yangın simülasyon programları gibi hesaplama araçlarını kullanarak karşılaştırmaktadır. Çizelge 2.4' te performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımında tanımlanabilecek amaçlar, hedefler ve performans kriterleri açıklanmaktadır.

Çizelge 2.4. Yangın güvenlik tasarımında amaç, hedef ve performans kriterleri [18]

Yangın Güvenlik Amacı	Paydaş Hedefi	Tasarım Hedefi	Performans Kriteri
Yangınla ilgili yaralanmaları en aza indirmek ve can kayıplarını önlemek	Yangının başladığı mekânda veya dışında can kaybı olmayacaktır.	Yangının başladığı mekânda flashover olması engellenecektir.	CO _h b seviyesi %12 'yi aşmayacaktır. Görüş mesafesi 10 m.'nin altına düşmeyecektir.
Yangının binaya ve içeriklerine verdiği zararı en aza indirmek	Yangının başladığı mekânda veya dışında önemli bir sıcaklık ve ısı kaynaklı bir hasar olmayacaktır.	Yangının yayılma olasılığı en aza indirgenecektir.	Üst katman sıcaklığı 200 ° C'den fazla olmayacaktır.
Yangının verdiği hasar nedeniyle iş kayıplarını en aza indirmek	8 saatten fazla iş kesintisi olmayacaktır.	Dumana maruz kalma sınırlandırılacaktır.	HCl, 5 ppm'den daha büyük olmayacaktır. Partiküller 0.5 g / m ³ 'den daha yüksek olmayacaktır.
Yangın ve yangından korunma önlemlerinin çevresel etkilerini sınırlandırmak	Yangın söndürme faaliyetleriyle sonucu oluşan su, köpük vb. maddelerin çevreye kirlilik oluşturmasını engelleyecek şekilde önlemler alınacaktır.	Yangın söndürme sistem suyunun akışının kontrol altına alınması, suyun toplanması sağlanacaktır.	Havuzda toplanabilecek su miktarının kapasitesi tahliye edilecek su miktarının 1.20 katı olmalıdır.

Yangın karşısında kullanıcının karar verme, tepki gösterme ve hareket süreleri, ısı radyasyona maruz kalma (kW/m²), gazların sıcaklık değerleri, zehirli gazların yoğunlukları (ppm), duman tabakasının zeminden yüksekliği (m), görüş mesafesi (m) gibi birçok

parametreden dolayı farklılık göstermektedir [23]. Performansa dayalı analizlerde kullanıcılarının tahliyesini değerlendirebilmek için yangına ve dumana maruz kalma kriterlerine göre değerlerin seçilmesi veya tahmin edilmesi gerekmektedir. Performans kriterlerini, can güvenliği ile ilgili olan kriterler ve can güvenliği ile ilgili olmayan kriterler olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür [18].

Can güvenliği ile ilgili kriterler

Yangın güvenliği tasarımında en önemli hedef, kullanıcıların can güvenliğidir. Can güvenliği ile ilgili kriterler yangına ve dumana maruz kalan kullanıcıların hayatta kalma durumunu ele almaktadır. Tasarımcı, kullanıcıların zarar görmeden güvenli bir alana ulaşabilmeleri için yeterli süreye sahip olmalarını sağlamalıdır. Yangın simülasyon programları yangının gelişme aşaması veya ön flashover aşaması sırasında bir yangının çıktığı alandaki koşulları hesaplamak için kullanılmaktadır [48]. Bu koşullar, ortamın dayanılamayan koşullara ulaşmadan önce kullanıcıların kaçıp kaçamayacağını belirlemek için önemlidir. Can güvenliği için performans kriterleri, karbon monoksit (CO), hidrojen siyanür (HCN), oksijen (O₂), karbon dioksit (CO₂), ısı akısı, ortam sıcaklığı ve görüş mesafesi gibi parametrelerle ilgili olup kullanıcıların fiziksel, zihinsel durumuna ve öngörülen maruz kalma süresine bağlı olarak değişmektedir. Çalışma kapsamında can güvenliği ile ilgili kriterler; ısı etkiler, zehirlilik ve görüş mesafesi olmak üzere 3 grupta incelenmektedir.

Isıl Etkiler

Isıl etkilerin analizi, yaralanma değerinin eşikini ve belirli bir senaryoda eşik değere ulaşmak için maruz kalma süresini içermektedir. Kullanıcılarda ısı etkilerden dolayı yaralanma, alevlerden veya sıcaklığı yükselmiş gazların ısı radyasyonuna maruz kalınmasından kaynaklanmaktadır [23]. Isıl etkilere maruz kalma, sıcak çarpmasına (hipertemi), cilt ağrısı veya yanıklara ve solunum yolu yanıklarına neden olacağından kullanıcıların hayatını tehlikeye sokmaktadır. Çizelge 2.5’de kullanıcıların korumasız cildine yönelik ısı duyarlılık kriterlerinin taşınım yolu ile yayılan ısı için yaklaşık 120 °C’ lik bir sınır olduğunu göstermektedir [23]. Bu sıcaklığın üzerinde birkaç dakika içerisinde yanık oluşumu ile birlikte önemli miktarda ağrı ortaya çıkmaktadır. Maruz kalma süresine bağlı olarak taşınım yolu ile yayılan ısı, sıcak çarpmasına neden olarak kullanıcılarda yaralanmalara neden

olmaktadır. Solunum sistemindeki yanıklar ise yangın söndürme faaliyetlerinde su kullanıldığında sıcak havanın solunması veya su buharı ile doymuş havanın 60 °C'nin üstünde olduğu durumlarda ortaya çıkmaktadır [49].

Çizelge 2.5. Isı transfer şekline göre sebep olabileceği sonuçlar ve duyarlılık kriterleri [50]

Isı Transfer Şekli	Semptom	Maruz kalma seviyesi
Radyasyon	Şiddetli deri ağrısı	2,5 (kW/m ²)
İletim	Derinin 1 s yanması	60°C
Taşıyım	Deri/akciğerlerin sıcak gazdan 60 sn. fazla etkilenmesi	120°C
Taşıyım	Deri/akciğerlerin sıcak gazdan 60 sn. daha az etkilenmesi	190°C

Zehirlilik

Zehirlilik etkisi, yanma sonucu çıkan zehirli gaz ve dumana maruz kalındığında ortaya çıkmaktadır. İnsan vücudu üzerindeki toksik etkiler karar verme yeteneğinin azalmasına, geçici veya kalıcı iş göremezlik durumuna ve hatta ölüme yol açmaktadır [50]. Tutuşmadan 30 saniye sonra hidroklorik asit (HCl), hidrojen bromür (HBr), hidrojen florür (HF) ve duman gibi organik ve inorganik gazlar gözler ve solunum yolları üzerinde etkiler yaratmakta ve görme bozukluğuna yol açmaktadır. Birkaç dakika içerisinde ise boğucu gazlar olan karbon monoksit (CO) ve hidrojen siyanür (HCN) kombinasyonu, oksijenin vücudun hayati hücrelerine ulaşmasını önlemektedir [49]. Yangın sonucunda çıkan zehirli gazlar göz önüne alındığında, karbon monoksit çok düşük yoğunluklarda bile kullanıcıların ciddi derecede etkilenmelerine neden olduğundan önemlidir. Tüm yangınlarda yüksek yoğunluklarda bulunmakta olan karbon monoksit, yangın esnasında solunması nedeniyle en yaygın ölüm nedenidir [51].

Çizelge 2.6' da verilen yanma sonucu çıkan zehirli gazlara maruz kalma duyarlılık sınır değerleri, yaralanma eşiğini ve bu eşik değerlere ulaşmak için maruz kalma sürelerini içermektedir. Zehirlilik, maruz kalanların yaşlarına, sağlıklarına ve etkinlik seviyelerine bağlı olarak değiştiği gibi bir yangın ortamındaki yüksek sıcaklık, hızlı solumaya ve dolayısıyla daha hızlı toksin alımına neden olmaktadır. Zehirlilik etkilerini değerlendiren çalışmalarda sunulan verilerin sağlıklı insanların olduğu kullanıcılar için önerilmesi çalışmaların eksik yönünü göstermektedir [49]. Çalışmaların karmaşıklığı, değerlendirilmesi

gereken her zehirli gaz ile artmaktadır. Bu yüzden bir veya daha fazla gaz çeşidi için zehirlenmenin etkisini analiz etmek üzere “kısmi etkili doz” (FED) yaklaşımı geliştirilmektedir [50]. Kısmi etkili doz herhangi bir gaz çeşidinin herhangi bir zamanda atmosferik yoğunluğu ve ölümcül yoğunluğun birikmiş oranı olarak tanımlanmaktadır. Zehirli gazlar için duyarlılık sınırı 2 m yükseklikte FED=0,3 kabul edilmekte olup, kısmi etkili doz yaklaşımı doktora çalışmasının kapsamı dışında bırakılmaktadır.

Çizelge 2.6. Yanma sonucu çıkan zehirli gazlar için duyarlılık sınır değerleri [50, 52, 53]

Kimyasal Ürünler	5 dk. Maruz Kalma		30 dk. Maruz Kalma	
	Yaralanma	Ölüm	Yaralanma	Ölüm
Karbonmonoksit (CO)	6000 ppm	12000 ppm	1400 ppm	2500 ppm
Oksijen (O ₂)	<% 13	< % 5	<% 12	<% 7
Karbondioksit (CO ₂)	> % 7	>% 10	>% 6	>% 9

Duman engeli ve görüş mesafesi

Yanma sonucu çıkan duman, kullanıcının doğrudan yaşamını tehdit etmekte, görüş mesafesini azaltmaktadır. Görüş mesafesinin azalması kullanıcıların binaya aşına olup olmadıklarına bakılmaksızın yürüme hızını azaltmakta, tahliye süresini, ısıya ve zehirli gazlara maruz kalma süresini artırmaktadır [51]. Görüş mesafesinin çok az olduğu koşullarda kullanıcıların çıkışa doru ilerlemeyi tercih etmek yerine geri döndükleri bilinmektedir. Kullanıcıların maruz kalma süresi boyunca dumana alışmış gibi görünmesine rağmen yoğunluk arttıkça yaralanmalar ortaya çıkmaktadır. Düşük ışık seviyesi, kullanıcıların kaçış kabiliyetini etkilemektedir. 6-15 m’den engeli olmayan kullanıcılar kaçış işaretlerini okuyabilmektedir. Aydınlatılmış tabelalar görsel olarak algılanırken, aydınlatılmamış kaçış tabelaları duman varlığında kaybolmakta ve görülemez hale gelmektedir. Çizelge 2.7’de görüş mesafesi için önerilen duyarlılık kriterleri verilmektedir. Bu kriterlere ek olarak, Malhotra [54] kaçış yolunda, dayanılmaz koşullara ulaşmada Çizelge 2.8 ‘de gösterilen kritik süreleri belirtmektedir.

Çizelge 2.7. Görüş mesafesi için duyarlılık kriterleri [50, 52]

Konum	Minimum görüş mesafesi (m)
Küçük bir mekânda	2 m.
Diğer mekânlarda	10 m.

Çizelge 2.8. Dayanılamayan koşullara ulaşılan kritik süreler [54]

Kompartıman Tipi	Kaçış yollarına dayanılmaz koşulların oluşma süresi (dakika)
Korumasız yangının çıktığı bölge (Yangının olduğu kompartıman)	
Normal boyuttaki oda ($\leq 100 \text{ m}^2$)	2-2,5
Büyük Kompartıman veya oda (yükseklik $> 4 \text{ m}$)	4-6
Kısmen korunan bölge (sınırlı bir süre için ısıya ve dumana dayanıklı bariyerlerin bulunduğu bölge)	
Doğal duman atımı	5
Basınçlandırılmış veya duman atım sistemli	10
Tamamen korunan bölge (binada korumanın gerekli olduğu süre boyunca korumanın olduğu kabul edilir)	
Doğal duman atımı (lobisiz)	30
Doğal duman atımı (lobili)	45
Basınçlandırılmış veya duman atım sistemli	60

Can güvenliği ile ilgili olmayan kriterler

Bu kriterler; mal korunumu, iş sürekliliği, çevre korunumu ile ilgili kriterlerdir. Bu amaçlarla ilişkili performans kriterleri tutuşma, yangın yayılımı, duman zararları, yapısal bütünlük, yangına maruz kalan öğelerde hasar veya çevreye zarar gibi termal etkilerle ilişkilidir. Doktora çalışması kapsamında can güvenliği ile ilgili olmayan kriterler, yangın tutuşma kriteri, yangın büyüme kriteri, yangının yayılması kriteri, yapı elemanlarının yangına dayanım kriteri, yangının dışa yayılım kriteri olarak incelenmektedir.

Yangın tutuşma kriteri

Tutuşmayı en aza indirmek amacıyla, bir malzemeyi tutuşturmak için gerekli olan radyan ısı akısının çeşitli malzemeler için belirlenen sınır değerleri yangın tutuşma kriteri olarak kullanılmaktadır [23]. Çizelge 2.9, bazı maddelerin tutuşması için hem radyan ısı akısı hem de yüzey sıcaklığı için önerilen sınır değerleri göstermektedir.

Çizelge 2.9. Malzemelerin tutuşması için sınır değerler [52]

Malzeme	Tutuşma için radyan ısı akısı (kW/m ²)		Tutuşma için yüzey sıcaklığı (°C)	
	Öncü bir kaynak ile	Kendiliğinden	Öncü bir kaynak ile	Kendiliğinden
Ahşap	12	28	350	600
Mukavva	18	-	-	-
Sunta	27	-	-	-
PMMA (pleksiglas)	21	-	270	-
Esnek PU	16	-	270	-
Polioksümetilen	17	-	-	-
Polimetilen	12	-	-	-
Polietilen	22	-	-	-

Çizelge 2.10' da bir ısı kaynağından gelen ısı akısı ile malzemelerin tutuşması kolay, normal ve zor olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. Tutuşması kolay, normal ve zor olan maddeler için geliştirilen kıyaslama değerleri sırasıyla 10, 20 ve 40 kW/m²'dir. Kolay tutuşan malzemeler, 10 kW/m² standart değere sahip ve 0-14,1 kW/m² aralığında ısı akısı değerlerini gerektirmektedir. Normal tutuşan malzemeler, 20 kW/m² standart değere sahip ve 14,1-28,3 kW/m² aralığında ısı akısı değerlerini gerektirmektedir. Zor tutuşan malzemeler, 40 kW/m² standart değere sahip ve 28,3 kW/m²'den fazla ısı akısı değerlerini gerektirmektedir [55].

Çizelge 2.10. Tutuşma için ısı akısı aralığı [55]

Tutuşabilirlik	Isı akısı aralığı (standart değer) (kW/m ²)
Kolay (ince perde vb.)	≤14,1 (10)
Normal (koltuk vb.)	14,1-28,3 (20)
Zor (ince ahşap vb.)	>28,3 (40)

Çizelge 2.9 ve Çizelge 2.10 'da verilen veriler, tutuşan ilk yakıt ve yanında bulunan sonra tutuşacak ikinci yakıt paketleri için kullanılmaktadır. Bu nedenle, tutuşmayı en aza indirmenin bir yolu, bir mekânda mevcut olabilecek ısı kaynaklarının mekândaki yanıcı maddelerin tutuşmasına neden olacak kadar yeterli ısıyı yaymamasını sağlamaktır.

Yangın büyüme kriteri

Tutuşmadan sonra yangın büyüme oranı yangın güvenliği tasarımının performansını değerlendirmek için kullanılan en önemli kriteridir. Yangın, açığa çıkan ısı oranı maksimum seviyeye gelene kadar zamanla büyümeye devam etmektedir. Tasarım yangınları için birim yakıt alanı başına düşen maksimum açığa çıkan ısı oranları yangın test verileri, bilgisayar simülasyon programları veya analitik hesaplamalar kullanılarak belirlenmektedir. En yaygın kullanılan yöntemlerden biri t kare (t^2) yangınları yöntemidir [16, 23, 48, 52, 53]

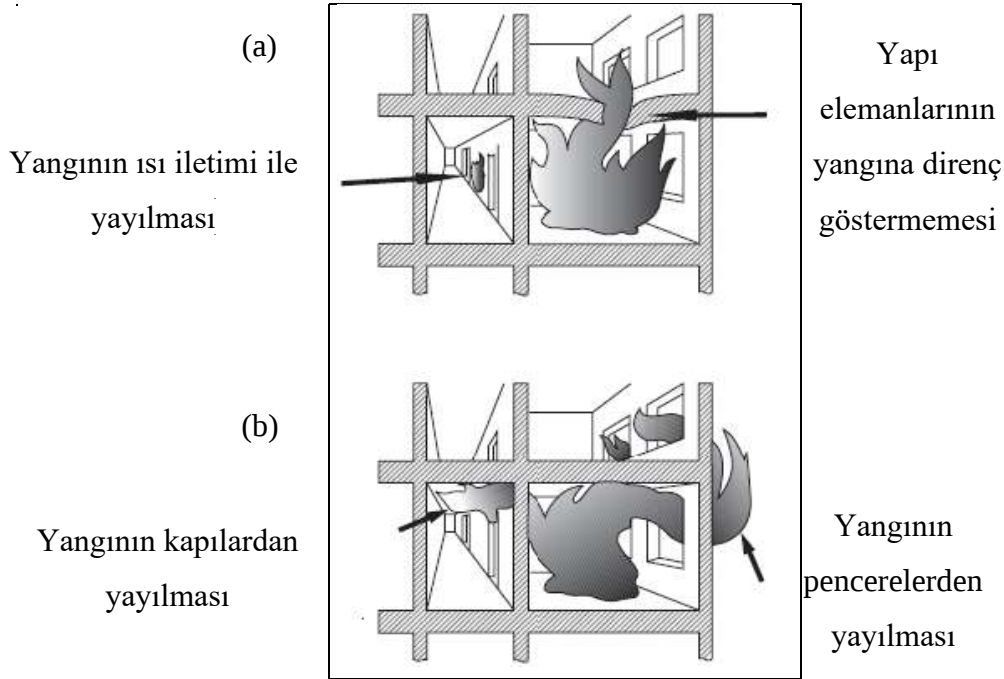
Yangının yayılması kriteri

Yangının yayılması kriteri, yangının çıktığı mekân dışındaki diğer mekânlara veya diğer binalara yayılmasını engellemek için sınır değer olarak kabul edilen kriterleridir. Yangının başlangıcından itibaren oluşan alevler, duman ve yanıcı gazlar, mekânın içinden tüm binaya doğru yayılmaktadır. Yangının bina içinde yayılması, hem yatay hem de düşey boşluklar vasıtasıyla gerçekleşmektedir [56]. Yatay boşluklar içerisinde en önemlisi ve üzerinde en çok durulması gerekeni, asma tavan, elektrik tesisatı ve havalandırma tesisatlarına ait kanalların içinden geçtiği duvar boşlukları ve yükseltilmiş döşeme boşluklarıdır. Çoğu zaman bu boşluklar alevin, ısının ve dumanın geçişini gizlediği için çok geç fark edilmektedir. Duvar veya bölücü elemanı delerek bir mekândan başka bir mekâna geçen tesisat bileşenlerinin duvar ya da bölücü eleman ile oluşturduğu arakesit, yangın ve duman geçişi açısından tehlike oluşturmaktadır. Düşeyde ise birden fazla katı birbirine bağlayan korunumsuz merdiven yuvaları, tesisat bacaları, şaftları ve/veya asansör kuyuları benzer şekilde baca etkisi yaratarak katlar arasında yangının yayılmasına neden olmaktadır [57]. Yangın büyümeye devam ettikçe, mekândaki sıcaklık yükselmekte ve mekânın içindeki o zamana kadar tutuşmayan yanıcıların hemen hemen eş zamanlı olarak tutuşacağı “flashover (parlama)” noktasına gelmesi yangına müdahaleyi zorlaştıracak gibi yangının yayılmasını da hızlandıracağından flashoverın gerçekleşme olasılığını ve zamanlamasını bilmeyi önemli hale getirmektedir [59].

Çizelge 2.11. Binalarda yangın ve yan ürünlerinin yayılmasına olanak veren bağlantılar [58]

Düşey bağlantılar	Yatay bağlantılar
Merdiven kovaları	İklimlendirme kanalları
Asansör boşlukları	Koridorlar
Tesisat kanalları ve şaftlar	Asma tavanlar
Havalandırma boşlukları/bacaları	Yükseltilmiş döşemeler
Aydınlık boşlukları	Mekânlar arası geçişler
Tüm bacalar/şaftlar	Çatı ve bodrum katları
Dilatasyon derzleri	Tüm boru bağlantıları
Atrium ve galeriler	
Giydirme cephe birleşim noktaları	

Flashover olayının oluşumuna ilişkin kriterler iki şekildedir: üst sıcak gaz tabakasının sıcaklığının 600 °C'ye ulaşması veya zemindeki ışıınım değerinin 20 kW / m²' ye ulaşmasıdır [60, 61]. Şekil 2.5, yangının yayılma yollarını göstermektedir.



Şekil 2.5. Yangının yayılması (a) yapısal yayılma (b) açıklıklardan yayılma [59]

Yapı elemanlarının yangına dayanım kriterleri

Yapı elemanlarının yangına dayanımı hem can güvenliği hem de mülk/binanın korunması amacı taşıyıp yangın güvenliği tasarımında önemli bir unsurdur. Yapı, kirişler, kolonlar, çatı,

döşeme ve yük taşıyan duvarlar gibi taşıyıcı ve/veya iç bölmeler ve bazı dış duvarlar gibi taşıyıcı olmayan elemanlardan oluşmaktadır [62]. Yangın karşısında yapı elemanının dayanıksızlığı binanın çökmesine neden olmaktadır. Bir yapı elemanının yangına dayanım kriterinin amacı, yapının yük taşıma kapasitesini korumak, yangının çıktığı alanın dışına yayılmasını önlemek, kullanıcıların kaçış için gerekli olan süre boyunca, itfaiye ekiplerinin de kurtarma ve söndürme faaliyetleri esnasında can güvenliklerinin korunmasını sağlamak açısından önemlidir [62]. Bir yapı elemanının yangına dayanım performansının belirlenmesi için temel faktörler, yangın ve duman yayılımının sınırlandırılması ve yapının yük taşıma kapasitesinin belirli bir süre korunmasıdır. Bu gereksinim, yük taşıyıcı elemanın ve/veya bölücü elemanın yangına karşı direnç sağlaması ile ilgilidir. Yapı elemanlarının yangına dayanım performansının belirlenmesi için kullanılan kriterler Çizelge 2.12’de verilmektedir.

- R: Yük taşıma kapasitesi (Stability): Yapı elemanını yangına maruz kalma durumunda belli bir süre strüktürel kararlılığını korumasıdır.
- E: Bütünlük (Integrity): Yapı elemanının sıcaklık ve alev geçirmezlik durumudur.
- I: Yalıtım (Insulation): Aleve maruz kalan yüzeyinin diğer yüzeyine önemli bir ısı aktarımı olmadan yoğun sıcaklık artışına karşı dayanımıdır [47].

Çizelge 2.12. Yapı elemanlarının yangına dayanım kriterleri [47]

Yapı Elemanı	Yük taşıma kapasitesi	Bütünlük	Yalıtım
Bölme		X	X
Yük Taşıyan Duvar	X	X	X
Döşeme/tavan	X	X	X
Kolon/kiriş	X		
Yangına dayanıklı cam		X	

Yangına dayanıklı tüm yapı elemanları işlevlerine bağlı olarak Çizelge 2.12’de gösterilen üç kriterden biri veya daha fazlasını karşılamalıdır. Gerekli yangına dayanıklılık derecesi yük taşıma kapasitesi, bütünlük ve yalıtım için ayrı ayrı belirtilmektedir. Taşıyıcı bir duvarın 60/60/60 olarak belirlenmiş yangına dayanıklılık kriteri, yük taşıma kapasitesi, bütünlük ve yalıtım için 1 saatlik süreye ihtiyaç duyulduğu anlamına gelmektedir. Aynı duvar taşıyıcı olmadığında bu yangına dayanıklılık kriteri -/60/60 olmaktadır. Bütünlük ve yalıtım kriteri bir yapı elemanının yangının yayılmasını önlemek için yangını sınırlama başarısını test etmeyi amaçlamaktadır [59]. Bütünlük kriterini karşılamak için test numunesinde duman veya sıcak gazların numuneden geçmesine izin veren çatlaklar oluşmamalıdır. Yalıtım kriterini karşılamak için, test numunesinin soğuk tarafındaki sıcaklığın belirtilen değeri

aşmaması gerekmektedir. Buchanan [53], 140 °C' lik bir ortalama değer ve 180 °C' lik maksimum değeri kullanmayı önermektedir. CIB W14 [63], yalıtım kriterini, yapı elemanının yangına maruz kalmayan tarafında 200 °C ortalama sıcaklık değerinin ve maksimum 240 °C' lik maksimum sıcaklık değeri olarak belirlemektedir. Ancak yapı elemanlarının yangın dayanım kriterleri mevzuatlar ile belirlenmiş olan test standartları ve yönetmelikler çerçevesinde belirlenmektedir. Yapı elemanlarının yangın dayanım sürelerinin standartlar çerçevesinde akredite olmuş bir yangın laboratuvarında test edilmesi ve yine standartlarda belirlenen sınır dereceler ölçeğinde değerlendirilerek sertifikalandırılması yürürlükte olan yürütme biçimidir.

Yangının dışa yayılım kriteri

Bina içinde yangın gelişimi ve binalar arasında yangının yayılmasında binanın cephesi etkili rol oynamaktadır. Yangının bina içinde ve binalar arasında yayılmasındaki rolü açısından düşünüldüğünde bina dış duvarlarının; yangını başladığı mekânda sınırlamak, dıştan üst katlara yangın geçişine engel olmak ve bitişik ve/veya komşu binalar arasında yangının yayılmasını önlemek şeklinde özellik göstermesi gerekmektedir. Bir binada dış duvarlar çoğunlukla yangın esnasında yangın güvenliği açısından zayıf yapısal özellikler gösterebilen ve yangının yapı dışına yayılmasında etkili olan duvar boşlukları içermektedir. Bu boşlukların duvar yüzeyindeki miktarı, korunmamış yüzey alanının büyümesinde dolayısıyla yangının oluşturduğu ısı ışıının yayılmasında etkili olmaktadır [57]. Binalar arasında yangının yayılmasında birincil etken ışıındır. Bu yolla tutuşma, doğrudan alev etkisi ve taşınım etkisiyle oluşabilecek tutuşma mesafelerine göre daha büyük mesafelerde gerçekleşmektedir. Yangının yayılması binalar arasında ısı ışıının (I_{RC}) sınır değerlerine dayanılarak değerlendirilmektedir (Çizelge 2.13-2.14).

Çizelge 2.13. Yangının ısı ışıını ile yayılmasının sınır değerlerine bağlı sonuçları [52]

I_{RC} (kW/m ²)	Sonuç
>9	Sıradan cam kırılması
>9	Kıvılcım ile temasında kumaşların tutuşması
≥21	Kıvılcım ile temasında kalasın tutuşması
≥42	Kalasın kendiliğinden tutuşması

Çizelge 2.14. Yangın yayılması için ısı ışıınının sınır değeri [52]

Komşu duvarın koşulları	I_{RC} (kW/m ²)
Yanıcı plastik	10
Yanıcı selülöz	12,5
Yangına dayanıklı olmayan cam ile yanmazlık	20
Yangına dayanıklı cam ile yanmazlık	60

2.3.5. Tasarım yangın senaryoları

Performans analizi yapılacak tasarımının kabul edilebilir olup olmadığını değerlendirmek için iki parametreye ihtiyaç vardır. Bunlardan birincisi performans kriterleri; diğeri ise tasarıma temel olan yangın senaryolarıdır. Bir yangın senaryosu, bir binanın içinde veya çevresinde meydana gelebilecek belirli bir yangın olayı olup yangının gelişimini ve yanma sonucu çıkan duman-zehirli gaz gibi ürünlerin yayılmasını tanımlayan bir dizi olası olayı tanımlamaktadır. Tasarım yangın senaryoları ise belirlenen çok sayıdaki olası yangın senaryoların içinden tasarımı değerlendirmede kullanılacak yangın senaryolarının seçilmesiyle oluşturulmaktadır. Bir tasarım yangın senaryosunu tanımlamanın temeli potansiyel yangınlarını sayısallaştırmaktır. Bir yangın, açığa çıkan ısı oranı (HRR), malzeme özellikleri ve/veya çevresel koşullarının sayısallaştırılmasıyla ifade edilmektedir. Çevresel koşullar ile kullanıcı müdahalesi gibi birçok değişkenin olması tasarım yangın senaryosunu oluştururken tasarımcının doğru kararlar vermesinin önemini artırmaktadır. Yangın senaryoları, tasarım yangın senaryoları ve tasarım yangınlar/tasarım yangın eğrileri, uluslararası standardizasyon organizasyonunun BS ISO/TR 13387-2 [64] standardında ve Yangından Korunma Mühendisleri Derneği (SFPE) [16] el kılavuzunda tanımlanmış olup, Çizelge 2.15’ te bu tanımlar verilmektedir.

Çizelge 2.15. Yangın senaryosu, tasarım yangını ve yangın eğrisi ilişkisi

Terim	BS ISO/TR-13387-2 [64]	SPFE el kılavuzu [16]
Yangın senaryosu	Yangını diğer olası yangınlardan ayıran önemli olayları tanımlayan, zamana göre yangının gelişimine ilişkin nitel bir açıklama	Bir binanın veya binanın bir kısmına yangının gelişimini ve yanma sonucu çıkan ürünlerin yayılmasını tanımlayan bir dizi koşul
Tasarım yangın senaryosu	Analiz yapılacak özel bir yangın senaryosu. Bina özellikleri, kullanıcıları, yangın güvenliği sistemlerinin yangın üzerindeki etkilerinin açıklamasını içerir ve tutuşma kaynağını ve sürecini, tutuşan ilk madde üzerindeki yangının büyümesini, yangının yayılmasını, yangının kullanıcıları ile bina özellikleri ve yangın güvenliği sistemleri ile etkileşimi tanımlamaktadır.	Ön tasarımların sonuçlarını belirleyen kritik parametreleri tanımlayan veya anlatan bir dizi koşul
Tasarım yangını /Tasarım yangın eğrisi	<i>Tasarım yangını:</i> Uygun yangın senaryolarına dayanarak varsayılan yangın özelliklerinin niceliksel bir açıklamasıdır. Tanımda kullanılan değişkenler şunlardır: açığa çıkan ısı oranı (HRR), yangın boyutu (alev uzunluğu dahil), yangın sonucu çıkan ürünlerin miktarı, sıcak gazların sıcaklıkları ve flashover gibi önemli olaylara kadar geçen süredir.	<i>Tasarım yangın eğrisi:</i> Tasarım yangın senaryosunda kullanmak için yangının açığa çıkan ısı oranının (HRR) süre olarak ifade edilmesidir.

2.4. Tasarım Yangın Senaryolarını Etkileyen Özellikler

Tasarım yangın senaryoları, binanın tamamına veya bir kısmına yangının gelişimini ve yanma sonucu çıkan duman-zehirli gaz gibi ürünlerin yayılmasını tanımlayan bir dizi olası olayı tanımlamaktadır. Yangın gelişimini ve yayılmasını açıklayan bu olaylar aşağıda belirtilen bir dizi faktörden etkilenmektedir [65]:

- Tutuşma kaynağının şekli,
- İlk tutuşan yakıt tipi,
- İkincil yakıtların tutuşması ve yangının yayılması,
- Yangının yeri,
- Mekânın boyutlarının yangın gelişimine etkisi,
- Kapıların ve pencerelerin başlangıçta açık mı yoksa kapalı mı olduğu,
- Havalandırma, doğal (pencere, kapı vb.) ya da mekanik havalandırma (HVAC vb.)
- Yapı tipi ve iç bitirme malzemeleri,
- Yangına müdahale şekli (örneğin; kullanıcılar, yangın söndürme sistemleri, itfaiye, vb.).

Yangın gelişimi ve yayılmasını etkileyen özellikler sadece yukarıda belirtilenlerle sınırlı değildir. Bu özellikler yangının kendisinin, binanın ve kullanıcılarının özelliklerini içermektedir. Bina özellikleri; yangının başladığı kompartımanın fiziksel özellikleri, içerikleri ile binanın iç ve dış ortamını tanımlamaktadır. Bu özellikler kullanıcıların tahliyesini, yangının büyümesini, yayılmasını ve yanma sonucu oluşan ürünlerin hareketini etkileyebilecek özelliklerdir. Kullanıcı özellikleri; bir yangın durumuna müdahale edebilmek için kullanıcıların yangına tepkisini ve binayı tahliye etme yeteneğini belirlemektedir. Yangının özellikleri ise yakıtın tutuşması, yangının büyümesi, flashover, tam gelişme, azalma ve sönme dâhil olmak üzere bir yangın senaryosu hakkında bilgi vermektedir [18].

Olası yangın senaryoları	Tasarım yangın senaryoları
Yangın özellikleri	Tasarım yangın/Tasarım yangın eğrileri
Bina özellikleri	Bina özellikleri
Kullanıcı özellikleri	Kullanıcı özellikleri

Şekil 2.6. Yangın senaryoları ve tasarım yangın senaryolarını etkileyen özellikler

Bu üç özellik grubu Şekil 2.6’da gösterildiği gibi hem yangın senaryolarını hem de tasarım yangın senaryolarını etkileyen özelliklerdir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta tasarıma temel olan senaryolarında yangın özelliklerinin sayısallaştırarak tasarım yangınlarına/ tasarım yangın eğrilerine dönüşmesidir. Tasarımların ilgili tasarım yangın senaryoları için performans kriterlerini başarıyla karşılamaması durumunda ön tasarımlar yeniden değerlendirildiğinde revize edilen genellikle bina özellikleridir.

2.4.1. Bina özellikleri

Kapalı hacim özellikleri; kapalı hacim fiziksel özellikleri, içeriklerini, iç ve dış çevresini tanımlamaktadır. Kapalı hacim özellikleri yangın gelişimini, yangının başladığı alandaki şiddetini, kullanıcı tahliyesini ve yangına müdahaleyi etkileyen önemli faktörler olup, oluşturulacak yangın senaryolarında incelenmesi gerekmektedir. Ancak birçok proje için aşağıda açıklanan her özelliği kontrol etmek, bina ve mimarisi hakkında akla gelebilecek her ayrıntıyı belirtmek zordur. Yangın esnasında binanın dışındaki hava gibi bazı faktörler tasarımcının kontrolü dışındadır. Bu durumlarda, bu özellikler için makul sınır değerlerin belirlenmesi ve bunların tasarım yangın senaryolarının geliştirilmesinde kullanılması yeterli olacaktır. Yangının başladığı alanın özelliklerinin belirlenmesi performansa dayalı analizin seviyesini etkileyecektir. Bina özellikleri; mimari özellikler, yangın yükü, yapısal bileşenler, yangın koruma sistemleri bina hizmet ve süreçleri, çalışma özellikleri, itfaiyenin müdahale özellikleri, çevresel özelliklerdir olmak üzere 8 grupta sınıflandırılmaktadır [23].

Mimari Özellikler

Bir yangından etkilenebilecek kompartıman ya da kompartımanların mimari özellikleri ve konstrüksiyonu ile etkilenebilecek ara kompartımanların belirlenmesi gerekmektedir. Kaçış yollarını, duman yayılımını ve yakıt yükünü etkileyen mimari özellikler arasında şunlar bulunur:

1. Çıkışların boyutu ve yeri: Performansa dayalı analizlerin bir parametresi kullanıcıların binayı tahliye süresidir. Çıkışlara ulaşmak için hareket mesafesi, çıkışların boyutu ve yeri, tahliye süresini etkilemektedir.
2. Kompartıman alanı, geometrisi, tavan yüksekliği ve tavanın biçimi: Kompartımanın dumanın toplanmasını sağlayan veya binanın diğer alanlarına duman taşınmasına neden olan geniş açık alanlar içermesi dikkat edilmesi gereken hususlardandır. Ayrıca eğimli veya dişli döşemeler, algılama ve söndürme sistemlerinin aktivasyonunu ve duman tabakasının yüksekliğini etkilemektedir.
3. Bitirme malzemelerinin yanıcılık ve termal özellikleri: Yanıcı iç yüzeyler (örneğin ahşap kaplamalar) yangın şiddetinin yanı sıra yangın yayılımı ve flashover olasılığını

artırmaktadır. Yangın çıktığı mekânda yangının büyüyüp flashover seviyesine geldiğinde o zaman mekândaki iç bitirme malzemeleri yangın yükünü artıracaktır.

4. Duvarlar, bölmeler, zeminler ve tavan gibi elemanlar: Bu bina elemanları alev yayılımı ve ısı iletimi için bir engel oluşturma özelliği gösterebilmektedirler. Yangına dayanıklı bölümler, binanın statik bütünlüğünü ve ısı iletimine karşı direnç sağlamaktadırlar. Duman bölmeleri ise duman hareketini sınırlamaktadır.

5. Düşük yangın direncine sahip açıklıkların (örneğin, pencereler ve kapılar) konumu, boyutu ve miktarı: Bu tür açıklıklar havalandırma sağlayarak yangın boyutunu etkilemektedirler. Potansiyel doğal havalandırma yollarının büyüklüğü, açıklıkların tümünün açık olduğu varsayılarak, açılma büyüklüğü hesaplarıyla saptanabilir. Pencere kırılması, bilgisayar programları kullanılarak da tahmin edilebilir.

6. Boşlukların konfigürasyonu ve yeri: Boşluklar, bir binaya yangın ve duman yayılmasına izin verebilir. Boş alanlarda, örneğin ahşap veya bazı genleştirilmiş köpük izolasyonlarında yanıcı astarların varlığı yangın yayılmasına katkıda bulunabilir.

7. Kat sayısı: Bina yüksekliği, baca etkisini, bina içerisindeki insan sayısını ve çıkış saatlerini etkiler; ayrıca, hareket yeteneği zayıf kişilerin tek başına tahliye etme kabiliyetini de etkiler. Bir kod uyumu yaklaşımında, seviye sayısı doğrudan merdiven genişliğini etkilemez; oysa performans temelli bir tasarımda, seviye sayısı doğrudan çıkış süresini etkiler.

8. Binanın mülkiyet çizgileri ve diğer binalar veya yangın tehlikeleri ile ilişkili konumu: Bina yeri, yangının, bitişik özelliklere veya binaya yayılma yeteneğini ve binanın dışındaki malzemelerin tutuşma olasılığını etkiler.

9. Bölmeler arasındaki bağlantılar: Burada bahsedilen bağlantılar; pencereler, kapılar, geçiş kanalları, atriyumlar, shaftlar ve havalandırma kanallarını içermektedir. Bu bağlantılar, duman ve alevin binanın her tarafına yayılmasını etkiler.

10. Tehlikelerin savunmasız noktalara yakınlığı: Tehlikelerin kritik olan ögelere yakın olması, bir binanın misyonunun bir yangın olayı tarafından ne kadar ciddi derecede etkilendiğini belirleyebilir.

Yangın Yüğü

Yangın yüğü (MJ) genellikle yangın yüğü yoğunluğu (FLD) olarak ifade edilmektedir. Literatürde yakıt yüğü olarak da geçmektedir. Yangın yüğü yoğunluğu, mekânın içerikleri ve tüm yüzeyler ile son kaplamalarının tamamen yanmasıyla, o mekânın metrekaresi başına açığa çıkan ısı enerjisi (MJ/m²) olarak tanımlanmaktadır. Yangın yüğü yoğunluğunun değeri ne kadar yüksek olursa, yangının yanma süresi, yangın yüğüyle orantılı olarak kabul edildiğinden, olabilecek yangın şiddeti ve vereceği hasar o kadar yüksek olmaktadır. Yangın yüküne katkıda bulunan yanıcı türleri, tutuşma özelliklerini (içten veya alevli yanma) ve yangının gelişimini (yavaş veya hızlı) belirlemektedir. Bir mekândaki toplam yangın yüğü havalandırma koşullarıyla birlikte yangın süresini belirlemektedir. Yangın yükleri "sabit yangın yükleri" ve "hareketli yangın yükleri" olarak ayrılmaktadır [20].

Sabit yangın yükleri, yerleşik yapısal elemanlar, zemin kaplamaları, dolaplar, raflar, kapılar, kapı ve pencere çerçeveleri ve denizlikler gibi yanıcı malzemelerdir. Hareketli yangın yükleri, kullanıcı kullanımı için mekâna getirilen eşyalardır. Kitaplar, evraklar, bilgisayarlar ve mobilyalar gibi mekânlardan kolayca içeri ve dışarı taşınabilen öğelerdir. Yangın yükleri binanın kullanım sınıfı, bina özellikleri ve mekân kullanımı gibi faktörlere bağlıdır [66]. Mekânda depolanan toplam yangın yüğü E (MJ), yanıcı malzemeler yakıldığında açığa çıkması için mevcut olan enerjinin toplamıdır;

$$E = \sum k_c M h_a \quad (2.3)$$

E: Yangın yüğü (MJ)

M: yangın yükünün kütesidir (kg).

h_a : yakıtın sıfır kalorifik değeridir (MJ / kg)

k_c : söz konusu zamanda yakılabilecek yangın yükünün oranıdır.

Yangın yüğü enerji yoğunluğu e_f (MJ / m² taban alanı):

$$e_f = E / A_f \quad (2.4)$$

A_f : Mekânın taban alanıdır (m²).

Bununla birlikte, yangın yükleri inşaat mühendisliğindeki yüklerden farklıdır, çünkü yangın gerçek bir yük değildir. Yangının etkisi yalnızca bir mekânla sınırlı değildir, yangının binadaki veya bitişik binalardaki diğer mekânlara ve alanlara yayılabileme özelliği vardır. Ek olarak, binanın kendisi özellikle de açıklıklar yangın gelişimi üzerinde büyük bir etkiye

sahiptir. Aşağıdaki çizelge kullanım sınıfına göre ortalama birim alan başına yangın yükü yoğunluklarını göstermektedir.

Çizelge 2.16. Binaların ve mekânların yangın yükü yoğunlukları

Kullanım sınıfı	Yangın yükü yoğunluğu (MJ/m ²)
Hastane	300
Otel	300
Kütüphane	2000
Çamaşırhane	200
Ofis	800
Restaurant	300

Yapısal Bileşenler

Yapısal bileşenler, içeriğin ağırlığını ve binanın kendisini destekleyen binanın unsurlarıdır. Çelik kirişler, beton sütunlar ve prekast döşeme plakaları örnek olarak verilmektedir. Tasarım yangın senaryolarıyla ilgili faktörler şunlardır [18]:

1. Yük taşıyan elemanların yeri ve büyüklüğü: Yük taşıyan elemanların konumu ve boyutu, çöküş veya yakıt paketi konumlandırması için zayıf noktalar oluşturabilir. Kirişler potansiyel olarak yangın alevlerine veya sıcak üst katmana maruz kalmaktadır. Kolonlar potansiyel olarak yerel yangınlara maruz kalmaktadır. Hem kiriş hem de kolonlar bir flashover senaryosuna maruz kalacaktır.
2. Yapı elemanlarının yapı malzemeleri: Yapı elemanlarının malzeme özellikleri yangın dayanımını ve yapısal elemanların dayanımını doğrudan etkilemektedir.
3. Koruma malzemeleri: Koruma malzemelerinin (örn. izolasyon) özellikleri, yangın anında bileşenlerin beklenen ömrünü uzatabilir.
4. Yapısal yüklerin tasarımı: Yapısal yüklerin tasarımı önemlidir çünkü aşırı yüklenen elemanlar hafif yüklü elemanlardan daha erken bozulmaktadır. Yapısal elemanlara yönelik yangın hasarları, bina tasarımı ve yangın koruma mühendisliğinde önemli bir husustur. Bina yapısal elemanlarının, gerek bir bütün olarak ve gerekse her bir elemanı ile, bir yangında kullanıcıların tahliyesi veya söndürme süresince korunmaları için yeterli bir zaman boyunca stabil kalmalarını sağlayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Yangından Korunma Sistemleri

Esasen iki çeşit yangından korunma sistemi vardır: aktif yangından koruma sistemleri ve pasif yangından korunma sistemleridir. Aktif yangından koruma sistemleri, yangında mekanik veya elektronik olarak etkinleştirilen sistemleri ifade etmektedir. Pasif yangından korunma sistemleri, binanın yapısal bütünlüğünü korumak ve yangının yayılmasını önlemek için aktif sistemlere etkili bir alternatif sağlamaktadır. Pasif yangından korunma sistemlerinin amacı, bir binada yangını sınırlandırmak veya bina içinde yangının yayılmasını yavaşlatmaktır. Pasif yangından korunma; yangına dayanıklı duvarlar, zeminler ve kapılar kullanılarak, yangın kompartıman boyutunu sınırlandırarak, pasif duman toplama ve havalandırma sistemleri kurarak, acil çıkışlar ve merdivenler gibi korumalı kaçış yolları sağlayarak elde edilmektedir. Aktif yangından korunma sistemleri, herhangi bir yangın güvenliği stratejisinin ayrılmaz bir parçasıdır [58]. Yangın algılama, duman ve ısı tahliye sistemleri, yangın söndürme ve yağmurlama sistemlerini içermektedir. Yangın, duman ve ısı dedektörleri tarafından algılanmakta ve alarm sistemleri tarafından uyarılar verilmektedir. Alarm sistemleri can güvenliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Alarm sistemlerinin devreye girmesiyle tahliye başlatılmakta ve itfaiye ekipleri uyarılmaktadır. Alarm sistemleri, duman ve ısı dedektörleri, yağmurlama sistemleri veya kullanıcılar tarafından etkinleştirilebilirler [58]. Duman ve ısı havalandırması ve egzoz kontrol sistemleri, dumanı doğal açıklıklardan havalandırmanın güçlüğü nedeniyle genellikle büyük binalarda kullanılmaktadır. Amaç, kullanıcıların kaçış süresini uzatmak, kaçış ve kurtarmayı kolaylaştırmaktır. Yağmurlama sistemleri ise birçok yapı tipinde bulunmaktadır. Yangın sonucu çıkan ısı, alev ve dumanın azaltıp, can güvenliğini sağlamada yardımcı olmaktadır.

Yapı Hizmetleri ve Süreçleri

Yapı hizmetleri, bir bina içinde bulunan havalandırma, elektrik ve sıhhi tesisat sistemini, otomatik veya manuel yangın söndürme, duman kontrolü ve yangın algılama ile ilgili yangından korunma sistemlerini ifade etmektedir; yapı hizmetleri; HVAC, elektrik dağıtımı gibi. Mevcut havalandırma sistemi ve doğal havalandırma, dumanın taşınması üzerinde etkiye sahip olabileceği gibi mevcut oksijeni sınırlandırarak yangının büyüklüğüne de sınırlandırma getirebilmektedir. Bu nedenle bu sistemlerin niteliği ve özellikleri belirlenmelidir. Yapı hizmetlerinin ekipmanının yeri ve kapasitesi aşağıdaki faktörleri içermektedir:

- Havalandırma ekipmanlarının konumu, kapasitesi ve özellikleri (mekanik ve doğal, sürekli çalışan, kış ve yaz farkları vb.),
- Çevre ortamına etkileri,
- Elektrik tesisatı ekipmanlarının yeri ve kapasitesi.

Bu tür sistemler için yangın önleyici malzemeler ile yangın ve duman damperlerin kullanımına dikkat edilmelidir. Elektrik tesisatı için yangına dayanıklı olmayan kablolar kullanıldığı takdirde yangının giderek büyüdüğü, kabloların yanmasıyla birlikte ortaya zehirli gazların çıktığı görülmektedir. Yangın ihtimali olan alanlarda kullanılacak kablolarda, alev iletmeme özelliği, halojensiz olma özelliği, yangına dayanıklılık özelliği ve düşük duman yoğunluğu özellikleri aranmaktadır. Bütün bu özellikler değerlendirildiğinde halojenden arındırılmış (halojen free) tipteki kabloların tesisatlarda kullanımı, can ve mal güvenliği için oldukça büyük bir öneme sahiptir [67].

Çalışma Özellikleri

Çalışma özellikleri, binanın zaman ve günün bir fonksiyonu olarak etkinlik düzeyini ifade etmektedir. Tasarımcı, binada gerçekleşen faaliyetleri ve bunları gerçekleştiren kullanıcıların dağılımını belirlemelidir. Bir mekânın kullanıcı yükü hakkındaki bilgi, kaçış analizini hassaslaştırmaya ve bu sürelerle ilişkili tehlikelerin detaylandırılmasına yardımcı olmaktadır. Örneğin, kalabalık bir ofis binasında, yangın erkenden kullanıcılar tarafından tespit edilebileceğinden, tehlikeler azaltılabilir. Bununla birlikte, tahliye süresini ise artırılabilir.

İtfaiye Müdahale Olanakları

İtfaiye ekiplerinin müdahalesi yangın güvenlik amaç ve hedeflerine göre performans dayalı bir analizde dahil edilmekte veya edilmemektedir. Genel olarak, itfaiye ekiplerinin müdahalesiyle ilgili belirsizlik, eğitimli bir ekibin bulunduğu yerde yapılan etkileri sınırlamaktadır. İtfaiyenin müdahalesi öncelikle itfaiyenin yangını söndürmek ya da kontrol altına almak için gerekli, süre içinde yeterli personeli bulundurabilme özelliğiyle ilgilidir. İtfaiyenin müdahale süresini etkileyecek unsurlar aşağıdaki gibidir.

1. Müdahale süresi: itfaiye ekibinin çağrısı almasıyla olay yerine varması arasındaki süredir. (Burada ikinci bir faktör, tutuşma ile yerel tespit arasındaki gecikmedir.)
2. İtfaiye ekibinin müdahale için uygun bulunması durumu: itfaiye ekiplerinin istasyonda olup olmaması ya da başka bir çağrıya cevap verme durumuna bağlıdır.
3. İtfaiye ekibinin binaya erişilebilirliği: yangının meydana gelebileceği binanın konumu, erişim mesafesi, ulaşım yollarının niteliği yeterliliği, itfaiye araçlarının binaya yaklaşmasına engel olabilecek bahçe duvarları, donatılar vb. dikkate alınarak değerlendirilmelidir.
4. Bina içinde ulaşım: itfaiye ekibi bina içindeyken, yangının meydana geldiği mekâna ulaşmaları merdivenler, koridorlar ve kapılar gibi engeller tarafından etkilenebiliyor. Ayrıca yangın musluklarına erişilebilirlik de bina içindeki ulaşım için önemli bir faktördür. İtfaiye ekibinin yangını söndürmesi, arama kurtarma süresi yapılacak performansla dayalı analizin hedeflerini etkilemektedir. Eğer itfaiye ekibinin müdahalesi ele alınması gereken bir yangın güvenlik hedefiyse, ekibin müdahale süresinin uzunluğu için binanın yapısal bütünlüğü sağlanmalıdır.

Çevresel Özellikler

Yangının başladığı mekân, binanın içi ve dışı çevresel faktörler olarak düşünülmelidir. Örneğin, iç hava sıcaklık değişimi, dumanın atriyum gibi yüksek boşluklarda yukarıya doğru yükselmesini engelleyebilir, bu da duman dedektörlerinin büyüyen bir yangına tepki verememesine neden olabilmektedir. Dışarıdaki rüzgâr akıntıları, bina akış yolu etkilerine neden olabilmektedir. Ayrıca, çevredeki ses seviyesi de alarmin duyulabilirliğini etkileyebilmektedir. Çevresel koşullar, yapının coğrafi konumuna bağlı olarak tasarımları farklı şekilde etkilemektedir. Baca etkisi, Dubai'deki bir bina için farklı, Alaska'daki bir bina için farklı olacaktır. San Francisco'da duman kontrol tasarımı, rüzgâr etkisi nedeniyle binada pencereler varsa farklı olacaktır.

2.4.2. Kullanıcı özellikleri

15-20 yıl öncesine kadar, insanların yangın anında verdiği tepki ve davranışlar yangından korunma tasarımında ele alınmamaktaydı. İnsan davranışları söz konusu olduğunda, çoğu zaman gerçeği yansıtmayan basit tahminler ile sınırlı değerlendirmeler yapılmıştır.

Tasarımcılar yangın alarmı verildiğinde kullanıcıların ivedilikle binayı tahliye edeceğini varsaymanın, uygulamalı ve liderlik odaklı bir acil durum planı olan (okullar vb.) bazı yapılar için uygun olsa da, böyle bir varsayımın herhangi bir örgütsel yapıya sahip olmayan yapılar için hatalı olduğu anlaşılmıştır. Bir yangın başladığında insanların nasıl tepki verdiğine dair ilk çalışmalar 1900'lerin başında başlamış ve 1980-1990 önemli bir şekilde gelişme göstermiştir [68].

Kullanıcı özellikleri, bina sakinlerinin yangın durumunda nasıl tepki vereceklerini etkileyebilecek özellikleridir. Yangında insan davranışının anlaşılması performansa dayalı yangın güvenlik tasarım ve analiz sürecinde göz önünde bulundurulması gerekmektedir ve kullanıcının can güvenliğinin korunmasının bir yangın güvenliği hedefi olduğu performansa dayalı tasarım sürecinde gerekli olan nicel ve nitel analizlere destek olmaktadır. Çizelge 2.17'de, tasarımcıları yönlendirmek ve veri sağlamak için yangın sırasında insan davranışını ele alan önemli uluslararası dokümanlar verilmektedir.

Çizelge 2.17. Yangın esnasında insan davranışına yer veren uluslararası mevzuatlar

Ülkeler	Yangın esnasında insan davranışına yer veren mevzuatlar
İngiltere	PD 7974-6: Yangın güvenliği mühendisliği ilkelerinin binaların yangın güvenliği tasarımına uygulanması. İnsan faktörleri. Can güvenliği stratejileri [69]
Yeni Zelanda	C / VM2 Doğrulama Yöntemi: Yeni Zelanda Yapı Kodu Cümleleri İçin Yangın Güvenliği Tasarım Çerçevesi, C1-C6 Yangından Korunma [29]
Avusturalya	"Uluslararası Yangın Mühendisliği Rehberi", 2005, Bölüm 1.8 Kullanıcı Tahliye ve Kontrolü [38]
Japonya	"Kapsamlı Yangına Dayanıklı Yapı Tasarım Yöntemleri, Cilt 1", Japonya Mimari Merkezi, 1989
ISO	ISO / TR 16738: 2009 Yangın güvenliği mühendisliği - İnsanların davranış ve hareketlerini değerlendirme yöntemleri hakkında teknik bilgiler, Uluslararası Standardizasyon Örgütü [70]
ISO	ISO 13571: 2012 Yangının hayati tehlike oluşturan bileşenleri - Yangınlarda dayanılabilirlik süresinin tahmini için rehber ilkeler, Uluslararası Standardizasyon Örgütü [71]
ISO	ISO / TS 29761: 2015 Yangın güvenliği mühendisliği – Tasarım kullanıcı davranış senaryolarının seçimi, Uluslararası Standardizasyon Örgütü [72]

Bir yangın olayı sırasında insan davranışlarının öngörülmesi ve insan tepkilerinin tahmini, performansa dayalı yangın güvenlik tasarım sürecinin en karmaşık alanlarından biridir. İnsan davranışının tasarım sürecine entegre etmenin sadece mühendislik hesaplamaları meselesi olmadığını anlamak önemlidir. Bir binadaki kullanıcıların yangın güvenliğini ele almak için, yangınla tehdit edilen kişilerin tepkilerini ve davranışlarını etkileyebilecek faktörleri anlamak ve dikkate almak önemlidir. Bunların başında bina özellikleri ve tahliye stratejileri gelmektedir. Bina özellikleri ve tahliye stratejilerinin (veya herhangi bir tahliye stratejisinin olmama durumu) net bir şekilde anlaşılması, kullanıcı özelliklerine, kullanıcı davranışlarına /eylemlerine, kullanıcı hareketine, kullanıcının yangına maruz kalmasının tahmin edilmesine ve değerlendirilmesine olanak vermektedir. Her bir kullanıcının davranışını doğru ve kesin bir şekilde tahmin etmek bu faktörlerin karşılıklı ilişkilerinden dolayı zordur [68].

Kullanıcı özelliklerinden kullanıcının yangına nasıl tepki vereceği, performansa dayalı yangın güvenlik tasarımına dâhil edilmeyi gerektirmektedir. Birçok kullanıcı yangın alarmını duyduğu zaman nasıl harekete geçeceğini bilemez. Yangının fark edilmesi veya alarmının algılanmasının hemen ardından kullanıcı tahliyesi gerçekleştiremeyebilir. Kullanıcıların bir bölümü umursamaz davranırken, bazı kullanıcılar etrafındakilerin harekete geçmesini bekler veya yangının olduğunu bile algılayamayabilir [73]. Alarmın bir yangın ikazı olarak algılanmamış olması, konu ile ilgili eğitim ve acil durum prosedürünün yetersiz veya eksik olması, benzer sinyaller ile sık sık karşılaşılması, uyarılma saati ve konumu hemen harekete geçmeyi geciktirecek etkenlerdir.

Performansa dayalı yangın güvenliği tasarımını etkileyen kullanıcı özelliklerini anlayabilmek için yangında insan davranışı konusu ayrıntılı bir şekilde ele alınmalıdır. Yangın esnasında kullanıcı tepkisini ve davranışlarını etkileyen 4 temel özellik vardır [68]:

1. Fiziksel işaretlere hassasiyet: Kullanıcıların yangının işaretlerinin, sesli ve görsel yangın uyarı sistemlerinden gelen ikazları algılama yeteneğini içermektedir.
2. Reaktivite: Yangın işaretlerini doğru yorumlama ve uygun önlemleri alma yeteneğidir.
3. Hareketlilik: Kullanıcıların bireysel yeteneklerinin yanı sıra, kapılarda ve koridorda kalabalıktan dolayı sıkışmalardan meydana gelen hareket hızındaki azalma da göz önünde bulundurulmalıdır.

4. Duyarlılık: Kullanıcıların yanma sonucu çıkan ürünlere duyarlılığı, metabolizma veya yangın ortamındaki hayatta kalabilirliği etkileyebilecek diğer fiziksel kısıtlamalarıdır.

Kullanıcıların yangın esnasında vereceği tepkiyi belirlemek için bu 4 temel özelliğin bileşeni olan çok fazla sayıda faktör ele alınmaktadır. Kullanıcıların bütün özellikleri senaryolar için önemli bir kriter oluşturmayabilir, ancak tasarımı etkileyecek kilit özellikler vardır ve bunlar göz önünde bulundurulmalıdır. Kullanıcı özelliklerini belirlerken aşağıda verilen faktörler üzerinde durulmalıdır.

Kullanıcı sayısı ve yoğunluğu

Kullanıcı sayısı ve yoğunluğu insanların yangın anında binayı tahliye etme süresini etkileyecektir.

Binaya aşina olma durumu

Kullanıcı tepkisi, binaya ve binada bulunan yangından korunma sistemlerine aşinalıktan etkilenmektedir. Bazı durumlarda, bir binanın sık kullanıcıları, en yakın ve alternatif çıkış yolları ve uyarı sistemleri hakkında tam bir bilgiye sahiptir. Özellikle düzenli acil durum eğitimi ve tahliye tatbikatlarına katılmaları durumunda etkili bir tahliye yapmaları beklenmektedir. Alışveriş merkezleri, sinema, tiyatro gibi bir binanın geçici kullanıcıları, genellikle daha çok işaret ve binanın daimi kullanıcılarına bağlı olacaktır. Bu kullanıcılar uyarı sistemlerine daha az aşinadır ve daha az yanıt verebilir. Binanın geçici kullanıcıları işaretler veya binanın daimi kullanıcıları tarafından yönlendirilmedikleri sürece binaya girdikleri güzergâhtan tahliye olmaya çalışacaklardır.

Kaçış yollarını belirtmek için çıkış işaretleri sağlamak, kullanıcıların işaretleri fark etmesini veya bu çıkışları binadan çıkmak için kullanmasını sağlamamaktadır. İnsanlar sürekli olarak çıkış işaretlerine maruz kaldıklarından, ancak nadiren tanıdık olmayan çıkışları kullanmaları gerektiğinden, bu bilgileri normal kullanım sırasında günlük karar vermeyi etkileyen çok az işlevsel kullanım sağlarken filtrelemeyi öğrenmiş olabilirler. Kullanıcıların koşullarını ve yerini bildikleri yoldan binayı tahliye etmek istemeleri çok daha yüksek bir ihtimaldir [72]. Eğer kullandıkları yol, duman veya insan yoğunluğu gibi koşullar nedeniyle kullanılamaz olarak değerlendirilirse, kullanıcılar alternatif bir kaçış yolu bulmak için kaçış işaretlerine

güvenebilirler. Bu gibi durumlarda, kaçış işaretlerinin çevre bilgilerinden ayırt edilmeleri ve kullanıcılar tarafından kolayca fark edilmesi için oldukça görünür ve dikkat çekici olmaları gerekecektir. Genel olarak, kullanıcıların bulundukları yer ve kullanımı konusunda eğitilmediği sürece, binanın tüm acil durum çıkışlarına aşina olmaları beklenemez.

Dağılım /Aktivite Durumu

Bir tahliye olayının değerlendirilmesi, kullanıcıların binadaki dağılımlarından etkilenmektedir. Kullanıcıların bir alanda toplanması hareket hızlarını etkileyecektir (ne kadar fazla insan olursa, hareket akışı o kadar yoğun ve yürüme hızları o kadar yavaş olur). Kullanıcıların yangın işaretlerine vereceği ilk tepki bir dereceye kadar, kullanıcının yangından hemen önce yaptığı faaliyetlerden de etkilenmektedir.

Bir restoranda yemek yemek, alışveriş yapmak, film izlemek veya eğlence izlemek, uyumak veya çalışmak gibi farklı faaliyetlerde bulunan kullanıcıların tahliye öncesi verebileceği tepkileri tahmin etmek önemlidir. İnsanların katıldığı faaliyetler tepkilerini ve koruyucu eylemde bulunmadan önce görevden ayrılma ne kadar sürdüğünü etkiler. Örneğin; acil bir durumdan haberdar edildiklerinde uyuyan veya duş alan insanların uyanmak ve giyinmek için ek zamana ihtiyacı olacaktır.

Fiziksel ve bilişsel yetenek

Bir binada bulunan kullanıcılar bilişsel ve / veya fiziksel olarak engelli olabilirler. Bunun yanında kullanıcıların sağlık koşulları, yangına ve yangın sonucu çıkan ürünlere karşı toleransı etkilemektedir. Kullanıcıların bazıları tamamen başkalarının yardımına ihtiyaç duyabilir ya da binayı tahliye etmede taşınmaları gerekebilir. Engellilerin ilk müdahalesi, hareketten önce önemli bir hazırlık süresi içermektedir. Engellilerin hareketleri, engellilik durumundan, kapılar, rampalar ve merdivenler gibi yapı elemanlarından önemli ölçüde etkilenmektedir. İşitme engeli olan kişiler, tahliye hareketleri mobil kullanıcılara göre farklı olmasa da, onlara yangının özel bir şekilde bildirilmesi gerekmektedir. Görme engelli kişiler, yangın alarmı veya sesli iletişim mesajı gibi duyulabilir bilgileri algılayabilir, ancak uygun bir kaçış yolu bulmak için yardıma ihtiyaç duymaktadırlar.

Kullanıcıların sağlık özellikleri, hareket hızını ve performans kriterlerini etkilemektedir. Sağlık yapılarında hastaların fiziksel ve bilişsel yeteneği bulundukları birime göre farklılık teşkil etmektedir. Yoğun bakım, ameliyathaneler, yataklı bölümler (klinikler) ortopedi ve çocuk poliklinikleri hareket açısından en sınırlı hastaların bulunduğu birimlerdir. Diğer bölümlerde hastalar refakatçiler ile birlikte ayakta tedavilerini görebilirler ve birlikte kaçabilirler. Hareket yeteneği, tahliye süresini ve şeklini etkiler. Sağlıklı insan kalabalıkta 60-80m yürürken yatan hastaların taşınması veya başka bireylerin yardımı ile hareket etmeye çalışan hastaların kat ettiği yol çok daha azdır [51]. Hızlı yürüyen bir birey saniyede 2.3 m/s hızla hareket ederken, baston veya diğer destekleri kullanan bir hasta ancak 1 m/s hızla yürümektedir. Ortamın kalabalık olması kısaca omuz omuza yürüdüğü durumlarda ancak 0,2m/s hızla tahliye gerçekleşir. Aynı ortamda destekle yürüyen bir hastanın hızı 0,05 m/s'ye düşer. Yapılan çalışmalarda yangının çıktığı odanın 2,5 dakika içinde terk edilmesi gerektiği görülmüştür Buna ek olarak, sağlık yapılarındaki kullanıcıların çoğu solunum endişeleri nedeniyle karbon monoksit gibi yangın ürünü maruziyetlerine karşı daha hassastırlar.

Sosyal aidiyet

Kullanıcıların yangın olduğu durumda bulundukları sosyal rol davranışlarını etkileyecektir. Kullanıcılar bir grup içindeyse, gruptaki diğer kişilerin tahliye başlamadan önce güvende olmalarını sağlamak isteyeceklerdir. Bir alışveriş merkezindeki oyun alanında çocuklarını bırakan bir ailenin çocuklarının güvende olduğundan emin olana kadar binayı tahliyeye başlamamaları o kullanıcıların sosyal rolünün etkisidir. Bunun yanında hareket hızlarının da içinde bulundukları grubun en yavaş üyesi tarafından belirleneceği beklenmektedir [68].

Rol ve sorumluluklar

Binanın normal kullanımı sırasındaki bina kullanıcılarının rolleri ve sorumlulukları, acil durumlarda davranışlarını ve başkalarının davranışlarını etkileyecektir. Yeterli, iyi eğitilmiş ve yetkili personel tahliye öncesi hazırlık zamanının belirsizliğini ve bilgi toplama aşamasını kısıltacaktır.

Konum

Bir binadaki kullanıcıların konumu, yangın işaretlerini, hareket zamanını ve kaçış yollarının seçimini algılama yeteneğini etkilemektedir.

Odak noktası

Bazı binalarda (örneğin, tiyatrolarda) insanların dikkatleri binanın diğer bölümlerinde yangın işaretlerini algılama yeteneklerini etkileyebilecek belirli bir noktaya odaklanmaktadır. Odak noktası, acil durumlarda olumlu bir şekilde kullanılabilir; kullanıcıların uygun kaçış yollarını kullanmak veya binadan çıkmak için genellikle sahneyi, görevliyi vb. takip edeceği kabul edilmektedir.

Kullanıcının durumu

Bir kullanıcının durumu (uyanık, uykuda, sarhoş olma durumu vb.) yangın işaretlerini algılama veya bunlara cevap verme yeteneğini etkilemektedir.

Cinsiyet

Genel olarak, bir yangın durumunda yangın işaretlerini algılama ve diğer kullanıcıları uyarma eylemi konusunda kadınların erkeklere oranla yüksek olduğu, buna karşılık ise erkeğin yangına müdahale etme eylemi kadınlara oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Sağlık kurumlarında kullanıcı davranışı üzerine yapılan bir araştırma da, kadın personelin eğitimleri ve verilen sorumlulukları ile tutarlı olarak koruyucu eylemler yapma ve hastaları kurtarmaya yönelik eylemleri daha yüksekken, yangına müdahale etmeye çalışan erkeklerin daha yüksek oranda bulunma olasılığı tespit edilmiştir [70].

Yaş

Kullanıcıların yaşı, duyuşal becerilerden, karar verme, hareket etme ve hareket hızı gibi faktörleri etkileyen bir unsurdur. Bu faktörler tüm tahliye aşamalarını etkilemektedir.

Kültür

Kültürün tahliye performansı üzerindeki etkisi konusunda sınırlı araştırma vardır. Ancak, örgütsel davranış alanında araştırmalar yapıldığında, sosyal katılım, rol ve sorumluluk gibi faktörleri etkilediği varsayılmaktadır.

2.4.3. Yangının özellikleri

Yangın özellikleri, bir yangın senaryosunun geçmişini tanımlamaktadır ve yangının özellikleri [74];

- Tutuşma kaynakları,
- Yangının büyüme oranı,
- Flashover süreci,
- Tamamıyla gelişmiş olma durumu,
- Azalma durumu,
- Sönme durumu,
- Yeri ve
- Süresi özelliklerinden bahsedilmektedir.

Tasarımcı, bina için potansiyel ve tipik yakıt paketleri ve tutuşma kaynaklarının ne olabileceği hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Bir binanın tasarım aşamasında binanın içerdiği mobilya ya da binada depolanan malzemeler ve içerikleri hakkında tam net bir bilgi sağlanamayabilir ancak binada ne gibi yangınların olabileceği yangının özelliklerini belirlemek amacıyla tahmin edilmesi gerekmektedir.

2.5. Tasarım Yangın Senaryolarının Seçimi

Tasarım yangın senaryoları olası yangın senaryolarından tasarımın analizinde kullanılacak tasarıma temel senaryoların seçilmesidir. Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımında bir bina veya belirli bir alan için tanımlanabilecek çok sayıda senaryo vardır. Burada önemli nokta çok sayıdaki yangın senaryolarını yangın tehlikelerini yeterince temsil eden, yönetilebilir sayıda güvenilir tasarım yangın senaryosuna dönüştürmektir [75]. Tasarım yangın senaryolarını tanımlamak için önce olası tüm yangın senaryolarını ele almak

ve daha sonra ise bu yangın senaryolarından tasarımın analizinde kullanılabilecek tasarım yangın senaryolarını belirlemek gerekmektedir. Tasarım yangın senaryolarında sadece en şiddetli yangını ele almak değil kullanıcılar üzerinde en fazla etki yaratabilecek senaryoları oluşturmak önemlidir. Gerçekleşme olasılığının düşük olduğu düşünülen veya kabul edilebilir sonuçlar doğuracağı düşünülen yangın senaryoları analiz dışına bırakılmaktadır. Senaryoların belirlenmesinde performans analizlerine dayalı tasarım sürecinin başında tanımlanan yangın güvenlik tasarım hedefleri göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı yangın güvenliği hedeflerine yönelik olarak binalar için çeşitli tasarım yangın senaryoları oluşturulmalıdır [76].

Tasarım yangın senaryolarının seçiminde yararlanılabilecek yöntemlerin her birinin kendine özgü avantajları olduğu gibi dezavantajlar da vardır. Her senaryoyu belirlemek için kullanılan yöntem ne olursa olsun, her birinin temel parametrelerinin oluşturulması gerekmektedir. Bunlar yangının başladığı ilk alanı ve tutuşma kaynağını belirlemektir. Yangın ile ilgili diğer özellikler ise bu parametrelerin tanımlanmasından sonra belirlenmelidir.

Uzman kararları

Öncelikle riskli alanları belirlemek için uzman kararı kullanılmaktadır. Uzman kararları, tasarımlardaki ortak senaryoların belirlenmesinde etkilidir ancak potansiyel olarak daha tehlikeli olan senaryoların tanımlanmasına olanak sağlamamaktadır. Uzman, kararlarını mevzuat hükümlerinden bir sapma veya bir uyumsuzluğa da dayandırılabilir. Belirli bir mekânın kaçış mesafesi ile ilgili mevzuatlardaki hükümlerle bir uyumsuzluk varsa, uzman sadece kullanıcı kaçışını etkileyecek yangın senaryolarının seçilmesi kararını alabilmektedir.

Yangın risk değerlendirme metotları

Olası senaryoların geliştirilmesi ve tasarım yangın senaryolarının seçiminde yardımcı olacak diğer bir yöntem, çeşitli yangın risk değerlendirme araçlarını kullanmaktır. Tehlikelerin değerlendirilmesi için “olursa ne olur? analizi (What If?)”, “hata ağacı analizi (FTA)”, “hata türü ve etkileri analizi (FMEA)”, “tehlike işletilebilirlik analizi (Hazops)” gibi araçlar

kullanılabilir. Yangın senaryolarını geliştirmeye yardımcı olmak için Olay Ağacı Analizi (ETA) kullanılmaktadır.

- Hata türü ve etkileri analiz yöntemi; riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin algılanması ilkesine dayanmaktadır. Hata türü ve etkileri analizinde sistemdeki her bir olası hata türü, sistemdeki sonuçları veya etkilerin belirlenerek ve önemlerine göre her bir hata türünü sınıflandırılarak kullanılan bir yöntemdir [77].
- Olursa ne olur? analiz türü, olası olayları ve bu olayların sonuçlarını değerlendirebilmek için kullanılan bir analiz yöntemidir. Bu analiz yönteminde tasarımcı olası yangın yükünü ve tutuşma senaryolarını ve sonuçlarını değerlendirmektedir. Örneğin yangın esnasında A kapısı açık olursa ne olur? sorusuna cevap hiçbir şey olmayacağı olabildiği gibi diğer alandaki yanıcı maddelerin tutuşması nedeniyle önemli ölçüde büyüyebilecek gibi cevaplarla senaryo tasarlanmaktadır.
- Hata ağacı analizi yöntemi, bir olayın gerçekleşmesi ya da gerçekleşmemesi için alınması gereken önlemlerin ayrıntılı olarak analiz edilmesini sağlamaktadır. Hata ağacı analizi yönteminde tehlikenin ortaya çıkmasına neden olabilecek etkiler ortaya çıkarılmaktadır. Hata ağacı analizi yangın güvenlik tasarımının beklenen performansını tehlikeye atabilecek hataları tahmin etmek, olası hataların nedenlerini, katkıda bulunan faktörleri belirlemek ve beklenen sistem performansını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Tasarım, malzeme, inşaat/imalat ve bakım yangın güvenlik tasarımında olası hata türleridir. Yağmurlama sistemi ile yangının başarılı bir şekilde söndürülme veya yangın gelişimini kontrol altına alınma olasılığının hesaplanması, bir duman algılama sisteminin tasarımı veya algılama sisteminin beklendiği gibi çalışmadığı durumları belirlemek için hata ağacı analizi yöntemi kullanılmaktadır [78]. Termal katmanlaşma, ısı kaynakları veya HVAC sistemi tarafından üretilen hava akışı gibi ortam koşulları, dumanın dedektöre ulaşmasını engelleyebilir [79]. Termal tabakalaşma (atriyum gibi yüksek bir alanda) otomatik yağmurlama sisteminin birinci kat seviyesinde yangın anında çalışmasını önleyebilir ya da bakım ve montaj koşulları, bir algılama sisteminin beklendiği performansda çalışmasını etkileyebilir. Bu olasılıkların her biri daha sonra yangın senaryolarının bir parçası olarak düşünülebilir. Bu yangın senaryoları tasarım yangın senaryoları olarak kullanılmışsa, bu olası hataların etkisi de düşünülmelidir. Algılama sistemi duman yönetimi veya özel söndürme maddelerinin boşaltılması için tasarlanmışsa olası hatada duman tahliyesi veya söndürme işleminin

başarısız olması gibi etkilerin de göz önünde bulundurulması gerekebilir. Bu hatalar tasarım hedeflerine ulaşamamasıyla sonuçlanırsa, bu senaryolar alternatif algılama stratejilerine duyulan ihtiyacı belirleyecektir.

- Tehlike ve işletilebilirlik analizi; bir sistemin operasyonel yönlerini ve tehlikelerini tanımlamak için kullanılan bir yöntemdir. Tasarım yangın senaryoların oluşturulmasında ise yakıt dökülmeleri, tutuşmalar, güvenli olmayan yakıt yükleme koşulları gibi olası tehlikeleri ve bunlara yol açabilecek veya şiddetlendirebilecek operasyonel hataları öngörmek için kullanılmaktadır [18].
- Olay ağacı analizi; tüm olası olaylar/eylemler tanımlamak için kullanılan bir yöntemdir. Yangın olayı, elektrik arızası, ekipman arızası veya dikkatsizce atılan sigara izmaritleri gibi bir olayla başlamaktadır. Yangın başladığında yangının boyut olarak büyümesi, diğer eşyalara yayılması, yangın algılama veya söndürme sistemlerinin etkinleştirilmesi veya kendi kendine sönmesi gibi kendini çeşitli şekillerde göstermektedir [79]. Olası olaylar/eylemler dizisini her bir kombinasyonu bir yangın senaryosudur. Olay ağaçları, bir yangın olayını takiben olası tüm olay dizisini grafiksel olarak göstermek için kullanılmaktadır. Bir tutuşma olayından sonra, mahalde bulunan duman dedektörü etkinleşir veya etkinleşmez. Benzer şekilde, kullanıcılar yangını başarılı bir şekilde söndürebilir veya söndüremez. Kullanıcılar yangını söndürmezse, mekânda bulunan otomatik yağmurlama sistemi yangını kontrol edebilir ya da kontrol edemez. Son olarak, yağmurlama sistemi başarılı olmazsa, yangın mekan içinde kalabilir ya da diğer mekanlara yayılabilir. Dedektörün çalışması, kullanıcıların yangını söndürmesi, yağmurlama sisteminin aktivasyonu ve kompartımantasyon başarısı, ilk yangın olayının başlamasından sonra meydana gelebilecek (veya gerçekleşmeyecek) sonraki olaylardır. Bir mekânda meydana gelebilecek çok sayıda tutuşma olayı olabilir ve her biri için bir olay ağacı geliştirilebilir. Tutuşma olaylarının olay ağacı aynı veya benzer olabilir. Aynı olması aynı olaylar dizisi ile aynı olasılıkları içerebileceği gibi aynı olaylar dizisi ile benzer olasılıklar da içermektedir [18]. Olay ağaçları çok farklı da olabilir. Örneğin sigara izmaritlerinin bir çöp kutusuna dikkatsizce atılmasıyla ortaya çıkabilecek olası senaryolar çöp kutusunda başlayan diğer yangın olayları ile benzer olay ağaçlarına sahip olabilir. Ancak bir koltuğun tutuşmasıyla başlıyorsa, bu olay için olay ağacı çok farklı olacaktır. En basitinden kullanıcının yangını söndürmesi zor olacak ve diğer yangından korunma sistemlerinin başarı olasılığı farklı olacaktır.

Geçmiş bilgiler, klavuzlar ve kontrol bilgileri

Mevcut bir binanın tasarım yangın senaryoları oluşturulurken binanın geçmişte geçirmiş olduğu yangın olay verileri incelenebilir. Söz konusu yeni bir proje ise benzer kullanım sınıfındaki binaların yangın olayları incelenebildiği gibi binalarda bulunan teçhizat ve ekipmanlara ait kontrol listeleri, kılavuzlar, uyarılar vb. incelenerek muhtemel yangın nedenleri, yangın senaryosunun bir parçası olarak belirlenmektedir.

İstatiksel veriler

Yangın istatistikleri, olası tutuşma alanlarını, ilk önce tutuşan maddeyi, tutuşan kaynakları ve yangın yayılma olasılığını vb. tanımlayan istatistikleri içermektedir. Yangın senaryoları belirlenirken aynı kullanım sınıfındaki binaya ait ulusal veya uluslararası istatiksel verilerden yararlanılmaktadır. Ulusal Yangın Olayı Raporlama Sistemi (NFIRS) gibi veri tabanlarının yanı sıra Ulusal Yangın Önleme Derneği'nin (NFPA) Yangın Olayı Veri Organizasyonu (FIDO) veya ABD Yangın İdaresi (USFA) gibi kuruluşların yanında ülkemizde de belediyelerin İtfaiye Daire Başkanlıkları tarafından yayınlanan istatiksel veriler mevcuttur. Ancak bu istatiksel verilerde de bazı yangınların raporlanmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Söz konusu bina türü için veri yoksa benzer bina türüne ait veriler, olası senaryoları tanımlamak için kullanılabilir [53].

Standartlardan gelen bilgiler

Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tasarım yangın senaryolarının seçimi için bir standart geliştirmiştir. Yangın senaryolarının tanımlanması ve tasarım yangınlarının geliştirilme süreci BS/ISO 16733-1: 2015' te [76] 10 aşamalı bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Çizelge 2.18, yangın senaryolarının tanımlanma ve seçilme aşamalarını göstermektedir.

Çizelge 2.18. Yangın senaryolarının tanımlanma ve seçilme aşamaları [76]

Yangın Senaryolarını Tanımlama ve Seçilme Aşamaları		
1.	Yangın yerinin belirlenmesi	Yangının başladığı alanın tanımlanması
2.	Yangın türünün belirlenmesi	Olası yangınların tutuşması, başlangıç şiddeti ve büyümesinin tanımlanması

Çizelge 2.18.(devam) Yangın senaryolarının tanımlanma ve seçilme aşamaları [76]

3.	Olası yangın tehlikeleri	Yapının amaçlanan kullanımıyla ilgili olası yangın tehlikelerinden kaynaklanan yangın senaryolarının belirlenmesidir.
4.	Yangını etkileyen sistemler	Yangının gelişimini etkileyen ve dayanılmaz koşulların gelişimi üzerinde önemli bir etkisi olan özellikleri ve yangın güvenlik sistemlerinin belirlenmesi.
5.	Kullanıcının verdiği tepki	Kullanıcıların yangın veya duman yayılması üzerinde olumlu veya olumsuz önemli etkileri olabilecek eylemlerin belirlenmesi.
6.	Olay ağacı	Yakıtın tutuşmasından yangın senaryolarıyla ilişkili sonuçlara kadar olan alternatif olayları temsil eden bir olay ağacı oluşturulması
7.	Olasılıkların incelenmesi	Mevcut verileri ve / veya olasılık yöntemlerini kullanarak her bir olayın meydana gelme ihtimalinin tahmin edilmesi.
8.	Sonuçların incelenmesi	Mevcut verileri muhakeme ederek her bir olayın sonuçlarının tahmin edilmesi
9.	Risk sıralaması	Senaryoların risk sırasına göre sıralanması
10.	Son tasarımların seçimi	Her bir yangın güvenliği hedefi için yüksek riskli yangın senaryolarının seçilmesi.

BS/ISO 16733-1: 2015' te tanımlanan sürecin ilk adımı, binanın kullanım amacını ve kullanıcı çeşitlerini göz önünde bulundurarak yangının başlayabilme olasılığının olduğu alanın belirlenmesidir. Yangının başlayabileceği olası yerler yangın istatistikleri kullanılarak belirlenebilir ancak istatistik verileri mevcut değilse tutuşma kaynakları ve mevcut yakıtlara bağlı bir değerlendirme yapılmalıdır. Bu aşamada bir anlamda yangına neden olan tehlike kaynakları değerlendirilmektedir. 2. adımda yangının türü, yangının nitel tanımı, yangının başlangıç şiddeti ve yangının büyüme hızı belirlenmelidir. Kullanıcıları tehlikeye sokma potansiyeli yüksek yangınlar düşünülmelidir. Genellikle 1. ve 2. adım bir arada düşünülmektedir. 3. adım, yapının amaçlanan kullanımıyla ilgili potansiyel yangın tehlikelerinden kaynaklanacak yangın senaryolarının belirlenmesidir. Çıkışı engellemeyen, yapısal bütünlüğü bozan veya hızlı büyüme gösteren yangınların oluşturduğu senaryolar incelenmelidir. 4. adım, yangının gelişiminde ve dayanılmaz koşulların oluşmasında önemli olan bina ve yangın güvenlik sistemlerinin özelliklerinin belirlenmesidir. Aktif yangın söndürme sistemlerinin başarılı olup olmaması, kapıların açık olup olmaması, duman kontrol sistemlerinin performansı, malzemelerin yangının büyümesinde etkili olup olmaması vb. durumlar incelenmektedir. 5. adımda, yangının gelişimi ve dumanın yayılması üzerinde önemli etkisi olabilecek kullanıcı özellikleri ve eylemleri incelenmelidir. Gelen uyarılara kullanıcıların tepkisi ya da kullanıcıların yangına müdahalesi gibi davranışlardır.

6. adımda, 4. ve 5. adımlarda belirlenen faktörlerin olası durumlarını gösteren bir olay ağacı oluşturulmasıdır. Bu ağacın her dalı bir yangın senaryosunu göstermektedir. Olay ağaçları tutuşma gibi bir başlangıç durumuyla başlanarak oluşturulmakta ve bir sonraki faktörün olası durumunu gösteren dallar eklenmektedir. Yangının flashover evresine ulaşp ulaşmadığı, yangının çıktığı mekândaki kapının açık veya kapalı olma durumu ve binanın kullanıcılarının durumu (uyanık, uykuda, engelli vb.) gibi faktörler ağacı oluşturan durumlardır. 7. adım, mevcut güvenilirlik verilerini (yağmurlama sisteminin başarılı olma olasılığı vb.) veya uzman kararlarını kullanarak her bir olayın meydana gelme ihtimalinin tahmin edilmesidir. Senaryoya giden yol boyunca tüm olasılıklar çarpımı senaryonun olasılığını vermektedir. Her yangın senaryosunun olma sıklığı bir yangının bir yerde meydana gelme sıklığı ile o senaryo ile ilişkili farklı olayların oluşma olasılığının çarpımıdır. 8. adım; her bir olayın sonuçlarının tahmin edilmesidir. Sonuçlar; can kaybı, olası yaralanma sayısı veya yangının oluşturduğu hasarın maliyeti gibi uygun verilerle ifade edilebilmektedir. 9. adım; senaryoların risk sırlamasına göre sırlanmasıdır. Risk sonuçlarının (8. adım) senaryonun gerçekleşme olasılığı (7.adım) ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Son adımda ise analizler için yüksek dereceli yangın senaryolarının tasarım yangın senaryoları olarak seçilmesidir [76].

Kod veya yönetmeliklerden gelen bilgiler

Performansa dayalı kod ve yönetmeliklerin bazılarında dikkate alınması gereken yangın çeşitleri hakkında açıklamalar bulunmaktadır. NFPA 101 ve NFPA 5000, kaçışları engelleyen yangınlar, gizli yangınlar, yavaş gelişen yangınlar, yoğun kullanıcı yüküne sahip mekânları tehdit eden yangınlar vb. yangın türlerinden bazılarına dikkat çekmek ve binanın can güvenliği özelliklerinin değerlendirilmesini sağlamak için sekiz adet yangın senaryosu hakkında nitel bilgi sağlamaktadır [26, 45]. Avustralya ve Yeni Zelanda yönetmeliklerinde [29, 31] ise NFPA 101 ve NFPA 5000’de sunulan 8 adet yangına ek olarak bitişik binaya yayılan yangın, iç yüzey kaplamalarına yayılan yangın, itfaiye ekiplerinin yangın söndürme faaliyetlerini engelleyen yangınları da kapsayacak şekilde genişleterek 10 adet tasarım yangın senaryosu sunmaktadır.

Yangın koşulları büyük ölçüde bir binanın yangın özelliklerine bağlı olduğundan, mevzuatların sağlayabilecekleri bilgiler de sınırlıdır. Binanın içeriği, boyutları, geometrisi vb. olası yangınların büyümesini ve yayılmasını etkileyeceğinden ve yangın koşullarının

nicel olarak belirlenmesi gerektiğinden bunlarla ilgili detayları tasarımcının sunması gerekmektedir. Ayrıca bu kod ve yönetmeliklerde belirtilen yangın senaryolarında bina kullanıcıların varlığından bahsetmekte, ancak dikkate alınması gereken kullanıcı sayısı veya özellikleri ile ilgili hiçbir ayrıntı açıkça belirtilmemektedir. Bu kod ve yönetmelikler sadece dikkate alınması gereken yangın senaryolarının nitel tanımlarını sunmaktadır. Bu tanımlar yangının bulunduğu yer, yakıt türü, büyüme hızı gibi yangınla ilgili genel özellikler ile sınırlıdır. NFPA 101 ve NFPA 5000'e göre her bir senaryonun ayrıntılı analizi, her bina için uygun olmamakla beraber performansa dayalı analizlerde bu senaryoların en az biri değerlendirilmelidir. Senaryolar önemsiz derecede kolay ya da felaket sonuçlar yaratabilecek derecede şiddetli olmamalıdır. Bunun yerine, önerilen senaryolar binada meydana gelebilecek olası senaryolar olmalıdır. NFPA 101 ve NFPA 5000'de verilen 8 adet yangın senaryosu, Çizelge 2.19' da aşağıda açıklanmaktadır.

Çizelge 2.19. Tasarım yangın senaryoları ve açıklamaları (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Tasarım yangın senaryoları	Açıklama
Tasarım Yangın Senaryosu 1 (Kullanım Sınıfına Özgü Yangın)	Binaların kullanım sınıfına özgü, istatistiksel olarak en olası yangın
Tasarım Yangın Senaryosu 2 (Engellenmiş Çıkış)	Bir çıkışı kapatan ve kullanıcıların binayı o güzergâhta tahliye etmesini engelleyen yangın.
Tasarım Yangın Senaryosu 3 (Boş Mekânda Çıkan Yangın)	Boş bir odada başlayıp bitişik odalardaki kullanıcıları tehdit eden yangın.
Tasarım Yangın Senaryosu 4 (Gizlenmiş Bir Alanda Çıkan Yangın)	Duvar veya tavan boşluğu gibi mekânın gizli bir alanında başlayıp mekândaki kullanıcıları tehdit eden yangın
Tasarım Yangın Senaryosu 5 (Yavaş Gelişen Yangın)	Yavaş gelişen yangın.
Tasarım Yangın Senaryosu 6 (Şiddetli yangın)	Binanın normal kullanımı sırasındaki en büyük yakıt yükünden kaynaklanan en şiddetli yangındır
Tasarım Yangın Senaryosu 7 (Dış Cephede Başlayan Binaya Yayılan)	Dış cephede binanın üst katlarına dikey olarak yayılan yangın.
Tasarım Yangın Senaryosu 8 (Sıradan Yangın)	Aktif veya pasif yangından korunma sistemlerinin ayrı ayrı etkisiz hale getirilerek tasarımın analiz edildiği sıradan

Tasarım yangın senaryosu 1

Tasarım yangın senaryosu 1, binaların kullanım sınıfına özgü bir yangın senaryosudur. Bu senaryonun analizinde kullanıcı eylemleri, sayısı ve yeri, oda büyüklüğü, mobilyalar ve içerikler, yakıt özellikleri, tutuşma kaynakları, havalandırma koşulları ve tutuşan ilk madde ile konumu belirlenmelidir. Bu tasarım yangın senaryosu istatistiksel olarak en olası yangın

türünün dikkate alınmasını sağlamaktır. Aynı zamanda bu yangın senaryosunun binanın yangından korunma sistemlerin özelliklerini zorlayacak kötü bir durumu temsil etmesi amaçlanmaktadır.

Tasarımı yangın senaryosu 2

Tasarım yangın senaryosu 2, yangının başladığı sırada iç kapılar açıkken, birincil kaçış yollarında ultra hızlı gelişen bir yangındır. Bu tasarım senaryosu, mevcut çıkışların sayısının azaltılması ve yangın etkilerinin yayılması konusundaki endişeleri ele almaktadır. Genellikle, kaçış yollarında yanıcı bulunmamalıdır ya da bulunuyorsa miktarı azdır. Bu nedenle, bu senaryoda incelenmesi gereken sürekli bulunmayan yakıt yüklemeleridir. Bir kundaklama yangını, temizlik malzemeleriyle dolu bir temizlik arabası veya kasıtlı olarak tutuşturulan geçici bulunan yapı malzemeleri incelenmektedir.

Tasarımı yangın senaryosu 3

Tasarım yangın senaryosu 3, normalde boş bir odada başlayan, bitişindeki veya yakınlarındaki büyük bir mekândaki çok sayıdaki kullanıcıları tehlikeye atabilecek bir yangın senaryosudur. Senaryo 3’de bahsedilen yangın; yemek salonu, dans salonu veya bir konferans salonuna yakın bir depodaki çarşafların, peçetelerin, kâğıtların bir elektrik kaynağı veya bir sigara izmaritiyle tutuşmasıyla başlayan yangındır.

Tasarımı yangın senaryosu 4

Bu yangın senaryosu, duvar veya tavan boşluğu gibi gizli bir alanda başlayan ve çok sayıda kullanıcı bulunan mekânı tehdit eden yangını ele almaktadır. Konferans salonunun yanıcı malzemelerle kaplı duvarından elektrik kaynaklı bir yangın bu senaryoya örnek verilmektedir.

Tasarımı yangın senaryosu 5

Tasarım yangın senaryosu 5, yangından korunma sistemleri ile korunmuş çok sayıda kullanıcısı bulunan bir mekânın hemen yakınındaki bir mekânda yavaşça gelişen bir yangın ile ilgili senaryodur. Yangının yavaş gelişmesinin yangın algılama sisteminin çalışmasını

geciktireceği düşünülmektedir. Bu tasarım yangın senaryosu, küçük bir tutuşma kaynağının önemli bir yangına neden olmasıyla ilgilidir.

Tasarımı yangın senaryosu 6

Tasarım yangın senaryosu 6, binanın normal kullanımı sırasındaki en büyük yakıt yükünden kaynaklanan en şiddetli yangındır. Bu tasarım yangın senaryosu, mevcut kullanıcılar ve büyük, hızla gelişen bir yangın ile ilgili endişeyi ele almaktadır. Bu senaryo genellikle tasarımcılar tarafından en ilgi çekici olan senaryodur. Bir konutta kanepeler, bir hastanede yataklar veya tıbbi ekipmanlar en yüksek yakıt yükü olan tutuşan madde olarak alınabilir.

Tasarımı yangın senaryosu 7

Tasarım yangın senaryosu 7, binanın dışında kalan bir bölgede başlayan ve binanın içine doğru yayılan, binadaki kaçışları da engelleyen veya dayanılmaz koşullar geliştiren bir yangın ile ilgili endişeleri ele almaktadır. Bu senaryoya örnek dış cephe yangınlarıdır.

Tasarımı yangın senaryosu 8

Tasarım yangın senaryosu 8, bir mekândaki sıradan yanıcı maddelerden kaynaklanan yangın ile katlar arası, yangın duvarları ve yangın bariyerleri arasındaki korunmasız açıklıkların, yangın kapılarının otomatik olarak kapanmamasının, yağmurlama sisteminin suyunun kesilmesinin, çalışmayan yangın alarm sisteminin veya duman kontrol sistemi gibi pasif veya aktif yangından koruma sistemlerinin yokluğunu veya aktif olmama durumlarını ayrı ayrı ele alan yangın senaryosudur. Bu tasarım senaryosu, tasarım senaryosu 6'daki gibi akla gelebilecek yüksek yakıt yükünü kullanmak için değil normal yakıt yükü ile çıkabilecek yangınları öngörmektedir.

Yukarıda belirtilen bu yangın senaryolarında uygun yangın kompartımanlarının belirlenmesi, yanıcı olmayan kaplamaların seçilmesi gibi geleneksel yangın koruma çözümleri ayrıntılı analizler olmaksızın kolayca ele alınmaktadır. Tasarım yangın senaryolarından 1.,3. ve 8. senaryolar ASET/RSET analizleri için uygun senaryolardır. Ancak mevzuatlarda belirtilen bu tasarım yangın senaryolarının sadece tanımları verilmektedir. Senaryoların yangın güvenlik hedefleri, performans kriterleri, tasarım olayı, uygulama alanları, istenilen yöntemler vb. açılardan geliştirilmesi gerekmektedir.

2.6. Tasarım Yangınları

Tasarım yangın senaryosunda tasarıma temel olan yangın tasarım yangınıdır. Bir tasarım yangını, genellikle yanmaların türü ve miktarı, tutuşma yöntemi, yangının büyümesi, tutuşan ilk maddeden diğer maddelere yayılması, azalması ve sönmesinin makul varsayımlara dayanarak bir yangının zamanla değişen özelliklerinin nicel bir açıklaması olarak kabul edilmektedir.

Tasarım yangınının büyüme özellikleri, algılama zamanını ve ayrıca yangının çıktığı mekândaki koşulların dayanılmaz hale geldiği zamanı etkilemektedir. Yangın ne kadar hızlı algılanırsa, kullanıcılar o kadar önce yangından haberdar edilir ve binayı tahliyeye başlarlar. Kullanıcılar için güvenli bir şekilde tahliye süresi, kaçış yollarında dayanılmaz koşullara ulaşıldığı süreye bağlı olmaktadır. Yangın bariyerlerinin yangına dayanımı, yangını hapsetme ve binadaki diğer alanlara yayılmasını önleyebilmesi yangının yoğunluğuna ve süresine bağlıdır. Tasarım yangınının, yangın güvenliği sisteminin farklı bileşenlerinin davranışlarını ve tepkilerini yöneten farklı evreleri (tutuşma, büyüme, tamamen gelişme ve sönme) bulunmaktadır. Yangın büyüme hızı, yangının fark edilme süresini, dedektörlerin alarmları tetiklemesini ve yağmurlama sisteminin etkinleştirilmesi gibi diğer yangın güvenliği bileşenlerini etkilemektedir. Tutuşma kaynağının gücü ve başlangıçta tutuşan yakıtın şekli ve tipi, yangın büyümesini yöneten ana faktörlerdir. Maksimum açığa çıkan ısı oranı ve yangının süresi, özellikle de tamamen gelişmiş yangının evresinde farklı yapısal elemanların tepkisini ve olası başarısızlığını belirlemektedir [59].

Bir yangını tanımlayan zamana göre değişen ana özellikler, açığa çıkan ısı oranı (HRR), yanma sonucu çıkan ürünler karbondioksit (CO_2), karbonmonoksit (CO) ve hidrojen siyanür (HCN) gibi duman ve yanma sonucu çıkan gazlar ve sıcaklıktır. Tasarım yangınının nicel olarak tanımlanması, yangın büyüme oranını, maksimum açığa çıkan ısı oranını ve maksimum açığa çıkan ısı oranına ulaşma süresini ve yakıt yükü başına toplam yanma sonucu üretilen karbonmonoksit ve karbondioksit gazlarının miktarıdır. Tasarım yangınlarının ifade edilme şekli de bu ana parametrelerin zamana göre değişimi şeklinde gösterilen eğrilerle olmaktadır [80].

2.6.1. Tasarım yangın eğrileri

Tasarım yangın eğrileri, tasarım yangın senaryolarına göre tasarım yangınının gelişiminin grafik olarak ifade edilme şeklidir. Bir yangının ve yanma sonucu çıkan ürünlerin davranış şeklini en güçlü şekilde belirleyen parametre, genellikle "yangın büyüklüğü" olarak adlandırılan açığa çıkan ısı oranıdır [80]. Genel olarak, bir tasarım yangın eğrisi zamana karşı açığa çıkan ısı oranı cinsinden tarif edilmektedir.

Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımı genellikle standart sıcaklık zaman eğrisini takip eden bir yangına veya t kare (t^2) yangınlarına dayanmaktadır. Tasarım yangınları 1900'lerin başında geliştirilen standart sıcaklık-zaman eğrilerinden zamanla daha spesifik tasarım yangın eğrilerine (t^2 vb.) doğru gelişmiştir. Yapı bileşenlerinin yangına direnç derecesini belirlemek için standart yangın eğrisi kullanılmaktadır. Standart yangın eğrisi Amerikan Test ve Malzeme Derneği (ASTM E119-05) ve ISO 834-1 tarafından tanımlanmaktadır. ISO 834-1 standart sıcaklık zaman eğrisine göre herhangi bir zamanda aşağıdaki şekilde tahmin edilmektedir (Eş.2.4);

$$T = 345 \log(8t + 1) + 20 \quad (2.4)$$

Amerikan Test ve Malzeme Derneği (ASTM E119-05) tarafından tanımlanmış sıcaklık zaman eğrisinin zaman bağlı değişimi ise aşağıdaki gibidir (Eş.2.5).

$$T = 345 \log(0,133t + 1) + 20 \quad (2.5)$$

Yukarıdaki eşitliklerde

t : süre (dakika)

T : t süresindeki yangın sıcaklığıdır ($^{\circ}\text{C}$).

Tasarım yangınlarının büyüme oranlarını tanımlamak için kullanılan en yaygın yangın eğrisi t^2 (t kare) yangınlarıdır. t^2 yangınlarında açığa çıkan ısı oranı zamanın karesinin bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır. t^2 tasarım yangınları yakıtların yangın büyümesini sayısal bir modele girmek için basitleştirilmiş bir yöntem sunmakta ve yangın güvenlik sistemlerinin tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıda verilen eşitlikler (Eş. 2.6

ve Eş. 2.7) sırayla büyüme oranı bilinen bir yangının açığa çıkan ısı oranını ve yangın büyüme oranını bulmak için kullanılmaktadır.

$$Q=\alpha t^p \quad (2.6)$$

Burada;

Q : Açığa çıkan ısı oranı (kW)

α : Yangın büyüme oranı (kW/s²)

t : Tutuşmadan sonra geçen süre (s)

p : Büyümenin üssü

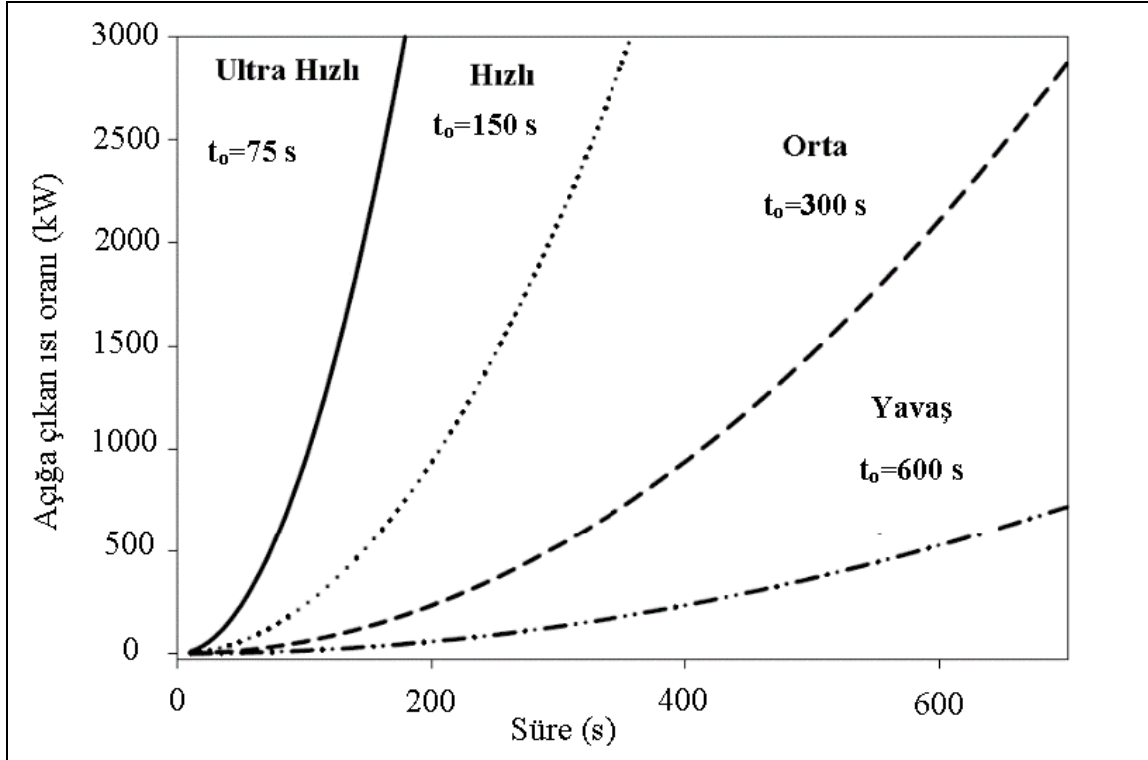
$$\alpha=Q_0/t_0^2 \quad (2.7)$$

Burada;

Q_0 = Açığa çıkan ısı oranı (1055 kW olarak alınmaktadır.)

t_0 = Q_0 ' a ulaşma süresidir.

t^2 yangınları, yangının sabit radyal alev hızına sahip dairesel bir düzende yayıldığı birim alan başına sabit bir ısı yayma oranına sahip bir yanma nesnesi olarak düşünülmektedir. Açığa çıkan ısı oranını bulmak için kullanılan büyüme katsayısı yangınları yavaş, orta, hızlı ve ultra hızlı olarak çeşitlendirmektedir. Yangın büyüme oranının seçimi yakıtın türüne ve yerleşimine bağlıdır.



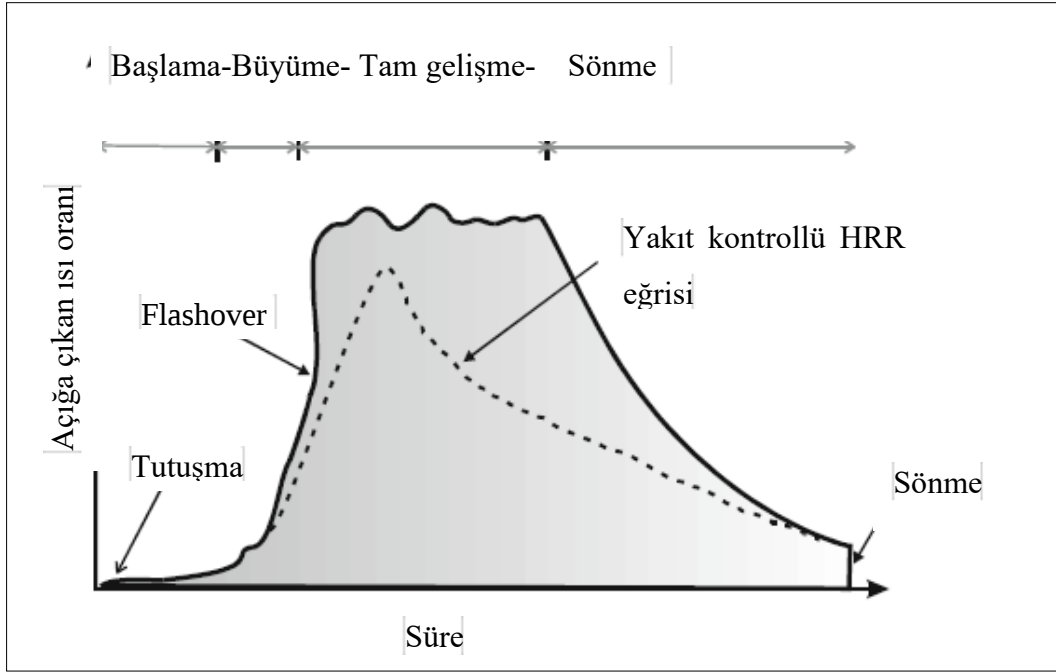
Şekil 2.7. t^2 yangınlarının büyüme eğrisi [81]

Büyüme oranına göre yangının yavaş, orta, hızlı ve ultra hızlı olarak tanımlanması 1,05 MW' a ulaşması için gereken zamana göre belirlenmektedir. Yavaş bir yangın 600 saniye (10 dakika), orta hızda bir yangın 300 saniye (5 dakika), hızlı bir yangın 150 saniye (3 dakika) ve ultra hızlı bir yangın ise 75 saniyede 1.055 MW' a ulaşan yangındır [75].

Bir dizi aşamadan geçen bir tasarım yangın eğrisinde, kilit aşamaların zamanının belirtilmesi gerekmektedir. Yangın gelişimi flashover öncesi ve sonrası evre olarak iki aşamada basitleştirilebilse de [82] yangın; tutuşma evresi, büyüme evresi (flashover öncesi evre), tam gelişme evresi, flashover, sönme evresi ve azalma evresi olmak üzere ayrılmaktadır. Bu evrelerin her biri yangının belirli bir özelliğini temsil etmektedir. Şekil 2.8, zamanın bir fonksiyonu olarak yangının dört ana aşamasında açığa çıkan ısı oranı (HRR) grafiğini göstermektedir. Burada yangının ilk tutuşan maddeden mekândaki diğer tüm yanıcılara yayılması olarak tanımlanan flashoveri de göstermektedir [81].

Tasarım yangın eğrisi, yangının başladığı mekân için tanımlanmaktadır. Büyüme aşaması veya maksimum açığa çıkan ısı oranı veya flashovera kadar olan süreler, tasarım hedeflerine ve incelenen ön tasarımlara bağlı olarak dikkate alınmaktadır. Genellikle kullanıcının can güvenliği analiz edilirken büyüme evresi ele alınmakta sönme evresi performans analizlerine

dayalı yangın güvenlik tasarımında ele alınmamaktadır Yangının diğer alanlara yayıldığı durumlarda, söz konusu alanlar için, zamana karşı açığa çıkan ısı oranı ile ifade edilen tasarım yangın eğrileri gerekmektedir. Bu, özellikle tam gelişmiş yangınların (tam oda katılımı) yapısal elemanların ve kompartımanların performansı üzerindeki etkisinin incelenmesi gerektiği durumlardır.



Şekil 2.8. Tasarım yangın eğrisi [81]

2.6.2. Tutuşma evresi

Tutuşma; yakıt, oksijen ve ısıнын bir araya geldiği noktadır. Çoğu binada yakıt, oksijen yeterince olduğundan yangın senaryosunun geliştirilmesi için potansiyel tutuşma kaynaklarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu evrede, yangın kendiliğinden sönmekte, bir sonraki aşamaya geçmekte veya bu aşamada uzun süre kalmaktadır. Tutuşma evresi yangın eğrisinin başlangıcı kabul edilmektedir. Bu evrede açığa çıkan ısı oranı önemsizdir. Her ne kadar tutuşma aşamasının analiz üzerindeki etkisi önemsiz olmayacak kadar az olsa da, yangın gelişimi ve büyümesinde önemli bir rol oynayabilmektedir. Tutuşmanın bir kundaklama ile başlaması bir sigara izmaritiyle başlamasına göre daha hızlı bir yangın gelişimi göstermesine neden olması buna örnek olarak verilmektedir [67].

Tutuşma kaynakları potansiyel yangın senaryolarının belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Elektrik tesisatı, aydınlatma, pişirme ekipmanları, elektrikli gaz veya yağ ile çalışan ısıtıcılar olabildiği gibi binanın kullanım sınıfına göre tutuşma kaynakları çeşitlilik göstermektedir. Patlama veya depremlerin önemli bir endişe olduğu bölgeler için deprem sonrası binalarda çıkan yangınlar düşük sıklıkta meydana gelen bir tutuşmanın çok sayıda can ve büyük bir oranda mal kaybına neden olabileceğini göstermektedir. Bu durum olası yangın senaryolarının geliştirilmesinde dikkate alınmalıdır Tutuşma ihtimalinin düşük olması belirli bir senaryoyu göz ardı edilebileceği anlamına gelmemelidir.

2.6.3. Büyüme evresi (Flashover öncesi evre)

Tutuşmayı izleyen evre gelişme evresidir. Bu evre açığa çıkan ısı oranının artış göstermesiyle başlamaktadır. En kötü yangınlar büyüme aşamasında hızlı bir şekilde alevlenen yangınlardır. Alev yayılımı, alevlerin temas ettikleri maddeleri tutuşturmasından dolayı yangın büyümesini yöneten bir çeşit mekanizmadır. Doğrudan alev yayılmasına ek olarak yangınlar iletim, taşınım veya radyasyon ile ikincil yakıtları tutuşturarak dolaylı olarak büyümektedir. Bir yangın büyüdükçe ve ikincil yakıt paketlerini tutuştururken büyüme eğrisi, her maddenin açığa çıkan ısı oranına olan katkılarının toplamını temsil etmektedir. İkincil yakıtların özellikleri, miktarı ve konumu yangına katkıda bulunup bulunmayacaklarını belirlemek açısından incelenmelidir.

Bir yangının büyüme süreci ya yakıt ya da havalandırma kontrol edildiğinde sona ermektedir. Yakıtlarla kontrol edilen bir yangın durumunda yangın büyümesi, yangın maksimum boyutuna ulaştığında ve diğer yakıtları tutuşturamadığında veya yakıt tedariki tükendiğinde sona ermektedir. Havalandırma kontrollü yangınla oluşan yanma, mevcut oksijen kaynağına bağlı bir boyuta ulaştığında sona ermektedir. Hızla büyüyen yangınlar başlangıçta mekânda bulunan oksijeni tüketerek havalandırma koşulları tarafından belirlenen maksimum açığa çıkan ısı oranını aşmaktadır. Aşırı oksijen tükendiğinde bu yangınlar sonunda havalandırma kontrollü seviyeye geri dönmektedir [82].

Tasarımcı, yangın gelişimini tasarım yangın eğrisinin bir parçası olarak açığa çıkan ısı oranını belirlemelidir. Açığa çıkan ısı oranı genellikle bir eğri şeklinde çizilmekte veya tablo şeklinde oluşturulmaktadır. Bu eğriler, ana yangın güvenliği parametrelerini ve ana aşamalara giden süreleri belirlemek için analitik denklemlere veya yangın modellerine girdi

görevi görmektedir. Tasarım yangın eğrileri, tasarlanan binada olması muhtemel belirli maddelerin zamanla açığa çıkardıkları ısı oranları toplanarak geliştirilmektedir. Bu;

- Bir mobilya kalorimetresi altında yakılan, bir köşe yakma testinde veya koni kalorimetre verilerinden çıkarılan maddelere ait deneysel olarak elde edilen açığa çıkan ısı oranı (HRR) verileri toplanarak,
- Belirli büyüme oranları için genel eğriler aracılığıyla,
- Yakıt paketi verilerinden açığa çıkan ısı oranı (HRR) verisi üretebilen yangın simülasyon modelleri ile yapılmaktadır [66].

Yangının büyümesi alevlerin yayılması, yakıtın fiziksel halinin (katı, sıvı, gaz) yanı sıra yakıt türü, yakıtın düzeni ve hava akışının yönüne bağlıdır. Mekânda bulunan yakıtların özelliklerini bilmek alev yayılımının tahmin edilmesine ve büyüme oranının hesaplanmasına olanak tanımaktadır.

Birincil Yakıtlar

Tutuşma kaynakları tanımlandıktan sonra bu kaynakların yakınında bulunan birincil yakıtların özelliklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Birincil yakıtları tanımlayan yakıtın fiziksel hali, türü ve miktarı, konfigürasyonu, konumu, açığa çıkan ısı oranı (HRR), yangın büyüme oranı, yanma ürünlerinin üretim hızı gibi özellikleri aşağıda verilmektedir [82].

Yakıtın fiziksel hali

Yakıtın katı sıvı veya gaz hali olma durumundan bahsetmektedir.

Yakıtın türü ve miktarı

Bir yangının gelişimi ve süresi yakıtın türüne bağlıdır. Selülozik esaslı malzemeler ve ürünlerin plastiklere göre açığa çıkan ısı oranları, yangın büyüme oranları ve yanma sonucu çıkan ürünleri farklıdır. Yakıt miktarı ve şekli (yüzey alanı/ kütle), yangının ne kadar süre devam edeceğini belirleyebilmektedir.

Yakıtın konfigürasyonu

Yakıtın geometrik olarak düzenlenmesi, yanmış malzemeler arasında artan havalandırma ve yanıcı maddeler arasında artan radyasyon geri bildiriminden dolayı yangının büyüme hızını ve açığa çıkan ısı oranını etkilemektedir.

Yakıtın konumu

Yakıtın duvara olan yakınlığı, köşede veya açıkta olması gibi konumu yangının gelişimini etkilemektedir. Bir mekânın köşesinde veya bir duvara karşı çıkan yangınlar, genellikle mekânın ortasında çıkan bir yangından daha hızlı büyümektedir. Duvarlardan veya yüzeylerden ışıma yoluyla yangından kendisine gönderilen radyasyon geri beslemesinden kaynaklanmaktadır.

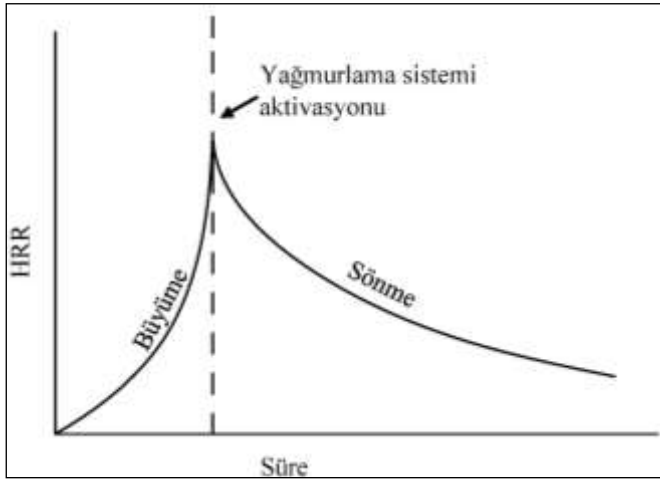
Açığa çıkan ısı oranı (HRR)

Açığa çıkan ısı oranı (HRR), tasarım yangınıni nicel olarak tanımlayan en önemli değişkendir. Birim zaman başına açığa çıkan ısı miktarı, yakıtın yanma ısısına, kütle kaybı oranına, ısı akısı miktarına ve yanma verimine bağlıdır. Kütle kaybı oranı duman, zehirli gazlar ve diğer yanma ürünlerinin üretimiyle ilgilidir. Mobilyalar için açığa çıkan ısı oranı tamamen havalandırılmış koşullar altında oksijen tüketim prensibi kullanılarak mobilya kalorimetresinde ölçülmektedir. 1980'li yılların başlarında mobilya kalorimetresi ve ISO 5660 koni kalorimetresinin icadı, birçok döşemeli eşya için, özellikle döşemeli mobilyalarda, yayınlanan HRR verilerinin artmasını sağlamıştır. Döşemeli mobilyalar yangın testlerinde diğer ev eşyalarından çok daha fazla çalışılmıştır, çünkü istatistiksel bilgiler ev yangınlarındaki ölümlerle ilişkili ana madde olduğunu göstermektedir Çizelge 2.20' de kullanım sınıfına göre binaların yangın sırasında açığa çıkan ısı oranları verilmektedir.

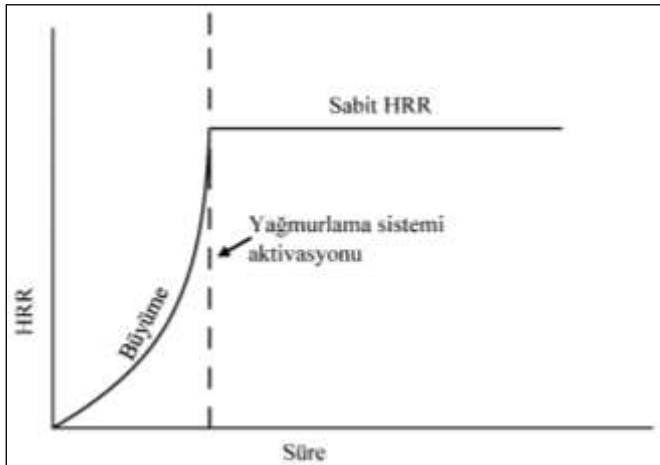
Çizelge 2.20. Kullanım sınıfına göre binaların yangın sırasında açığa çıkan ısı oranları

Kullanım sınıfı	Birim alana başına açığa çıkan ısı oranı kW.m^{-2}
Ofis	290
Dükkan	550
Endüstri	260
Otel Odası	249

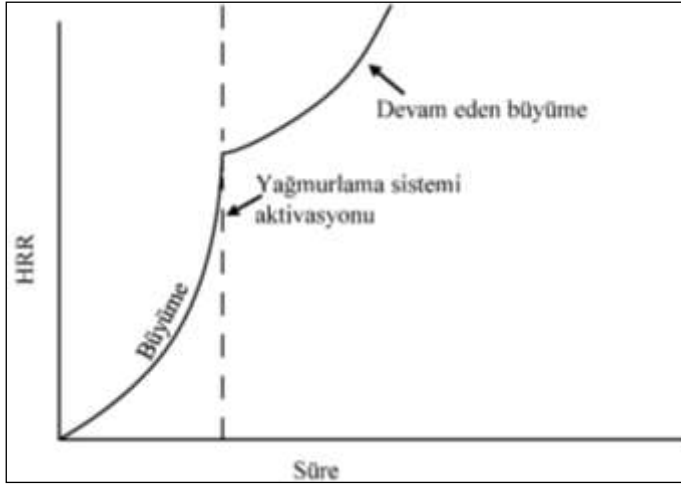
Şekil 2.9, Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de yağmurlama sisteminin aktivasyonu ile olası yangın sonuçları verilmektedir. Şekil 2.9’da yağmurlama sistemi başarılı bir şekilde sonuç vermektedir. Şekil 2.10’da yağmurlama sisteminin yangının büyümesini durdurmayı başarmaktadır. Ancak Şekil 2.11’de yağmurlama sisteminin yangının büyümesini engelleyemediği görülmektedir. Bu durum yangının hızlı büyümesi ya da mekân tavanının yüksek tavanlı alanlarda yağmurlama sisteminin aktivasyonunu önemli derecede değiştirecek şekilde dumanın soğuması ile gerçekleşmektedir [83].



Şekil 2.9. Yağmurlama sisteminin aktive olmasıyla HRR' nin azalması [83]



Şekil 2.10. Yangının sabit HRR ile devam etmesi [83]



Şekil 2.11. Yağmurlama sistemine rağmen büyümeye devam eden yangın [83]

Yangın büyüme oranı

Yangın zamana bağlı olabileceğinden yangının büyüme oranı önemlidir. Yangınlar, yakıt türüne, yakıtların konumuna ve havalandırma miktarına bağlı olarak çeşitli oranlarda büyümektedir. Bir yangın ne kadar hızlı gelişirse, sıcaklık o kadar hızlı artmakta ve yanma ürünleri hızlı üretilmektedir. Çizelge 2.21 ve Çizelge 2.22’de literatüre geçmiş ve çeşitli yangın testleri sonucu elde edilmiş veriler olup performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımında kullanılmaktadır.

Çizelge 2.21. Binaların ve mekânların tahmin edilen yangın büyüme oranları

Kullanım sınıfı	Yangın büyüme hızı
Konut	Orta
Ofis	Orta
Okul	Orta
Hasta Odası	Orta- Hızlı
Dükkan	Hızlı
Depo	Ultra hızlı
Otel odası	Orta
Otel resepsiyon	Orta
Alışveriş merkezi	Hızlı
Eğlence merkezi	Hızlı-Ultra hızlı

Çizelge 2.22. Yangın büyüme hızları ve sabit büyüme oranları

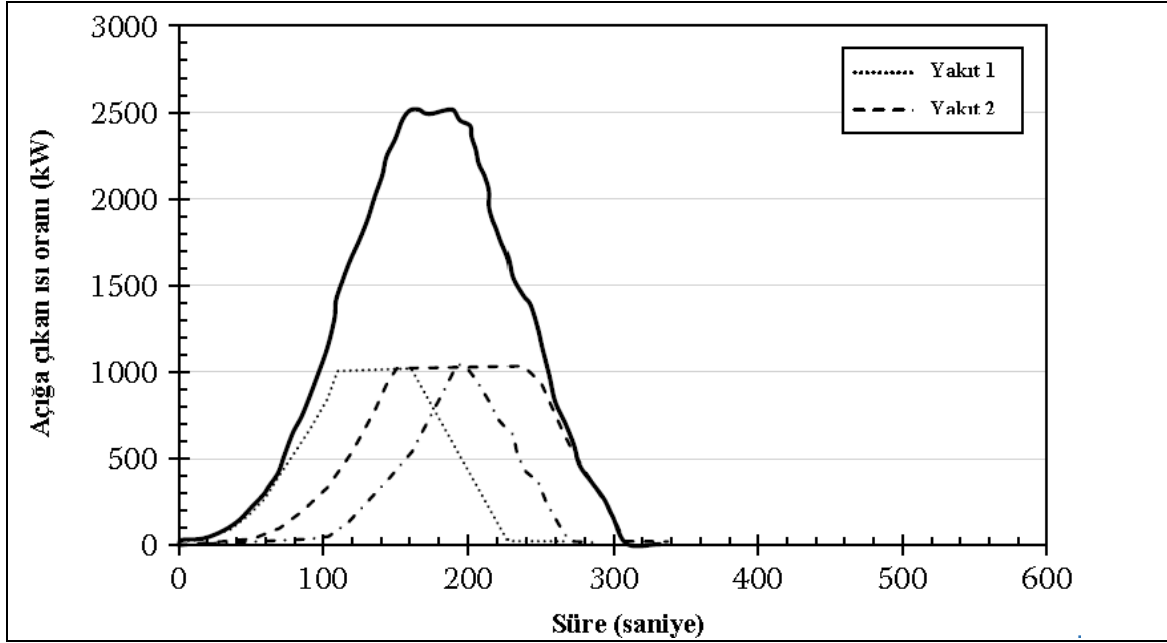
Yangın büyüme hızı	Büyüme süresi (s) (1055 kW' ulaşma süresi)	Sabit büyüme oranı (kW/s ²)
Ultra hızlı	75	0,1876
Hızlı	150	0,0469
Orta	300	0,0117
Yavaş	600	0,0029

Yanma ürünlerinin üretim hızı (duman, CO, CO₂, vb.)

Çeşitli yakıtların farklı bileşimlerinden ve yanma türleriyle ilgili olarak yanma sırasında üretilen duman, zehirli gazların türü ve miktarı farklı olmaktadır. Bu ürünler arasında yalnızca CO ve CO₂ gibi can güvenliğini tehlikeye atacak ürünler değil, aynı zamanda elektronik donanımına zarar verebilecek HCl gibi mal kaybına ve iş kesintilerini de etkileyen ürünler de yer almaktadır. Yanma ürünlerinin üretim hızı, yakıt kütle kaybı başına üretilen yanma ürünü kütlesi ile tahmin edilmektedir.

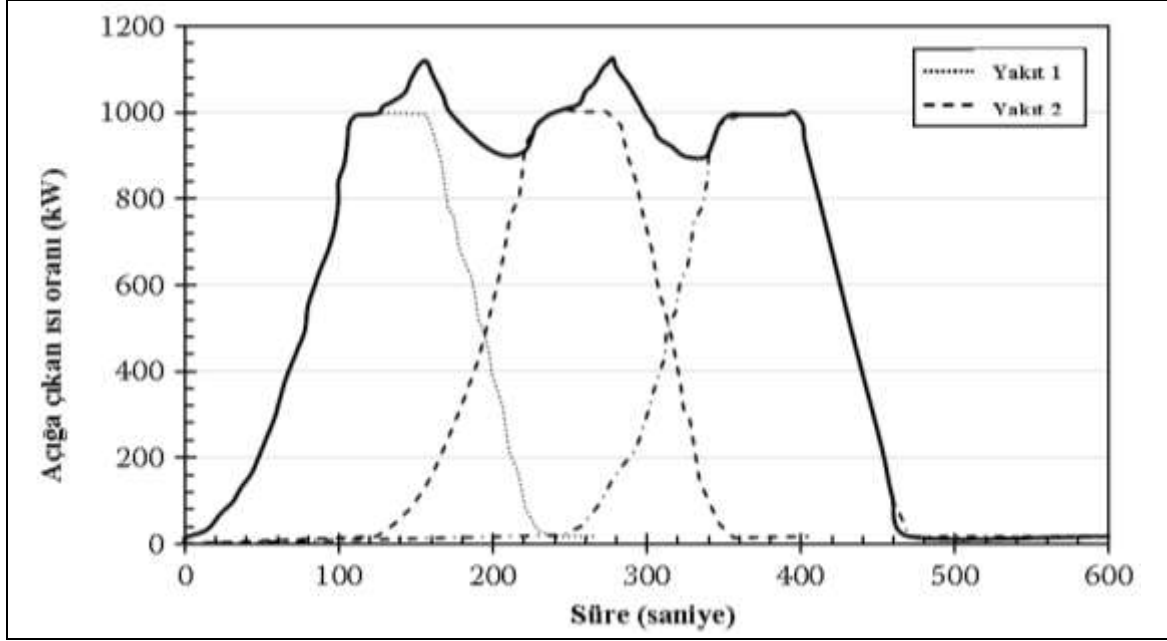
İkincil Yakıtlar

İlk yakıt paketinde yangının büyümesi, yakınındaki diğer yakıt paketlerini tutuşturmak için yeterli iletim, taşınım ve ısıma enerjisi üretmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, bir tasarım yangın senaryosunun geliştirilmesinde, yangının flashover seviyesine kadar geldiği ve diğer mekanlara da yayıldığı değerlendirilecekse ikincil yakıt paketlerin senaryoya dahil edilmesi ve ikincil yakıt paket özelliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Birincil yakıtlara ek olarak ikincil yakıtlarda tanımlanması gereken parametreler; birincil yakıtlara yakınlık, miktar ve dağılımlarıdır. Gardırop, sandalye ve yatak bulunan bir odada biri yangının ilk kaynağı olurken, diğerleri yanan maddeye doğrudan maruz kalmaktan veya sıcak üst tabaka tarafından tutuşan ikincil yakıtlardır. İkincil yakıtlardan gelen ısı oranları yanmaya başladıkları tahmin edildiği süre genellikle ilk açığa çıkan ısı oranına ilave girdiler olmaktadır. Bu durumlarda, yakıtların ne zaman tutuştuğunu tahmin etmek veya hesaplamak gerekmektedir. İkincil yakıtlar ayrı ayrı tutuşurlarsa her bir yakıtın açığa çıkan ısı oranları, tutuşmaların meydana geldiği sürelerde sırasıyla eklenecektir. Yakıtların hepsi aynı anda tutuşursa, tasarım yangını yanan tüm yakıtların açığa çıkan ısı oranlarının toplamı olmaktadır.



Şekil 2.12. İkincil yakıtların hızlı tutuşmasıyla oluşan yangın eğrisi [18]

Birden fazla yakıt hızlı bir şekilde art arda tutuşursa, Şekil 2.12’de gösterildiği gibi yüksek ancak dar bir eğri oluşmaktadır. Şekil 2.12’de, her yakıt ayrı ayrı 1.000 kW maksimum açığa çıkan ısı oranına sahip ve 40 s arayla tutuşmaktadır. Maksimum açığa çıkan ısı oranı 2.500 kW’tır, bu da yakıtların tek başına çıkardıkları orandan daha yüksektir. Yakıtlar daha yavaş tutuşursa, Şekil 2.13’de gösterildiği gibi yangın eğrisi Şekil 2.12’de gösterilen yangın eğrisine göre düz fakat geniş bir eğri oluşturmaktadır. Şekil 2.12’de gösterilen yakıtlar Şekil 2.13’de gösterilen yakıtlarla aynıdır, ancak yakıtlar Şekil 2.12’deki gibi 40 s aralıklar yerine 120 s aralıklarla tutuşmaktadırlar. Şekil 2.13’de gösterilen yangın, Şekil 2.12’de gösterilen yangından yaklaşık % 50 daha uzun süreli yandığı ve maksimum açığa çıkan ısı oranının Şekil 2.12’dekinden % 50 daha az olduğu görülmektedir. Gecikmeli yangın senaryosu için sonuçta elde edilen ısı oranı, yakıtların tek tek yanması ile elde edilen ısı oranından (1.000 kW) çok farklı değildir. Ancak, tutuşan ilk yakıt söndükten sonra bile yangının devam ettiği anlaşılmaktadır.



Şekil 2.13. İkincil yakıtların yavaş tutuşmasıyla oluşan yangın eğrisi [18]

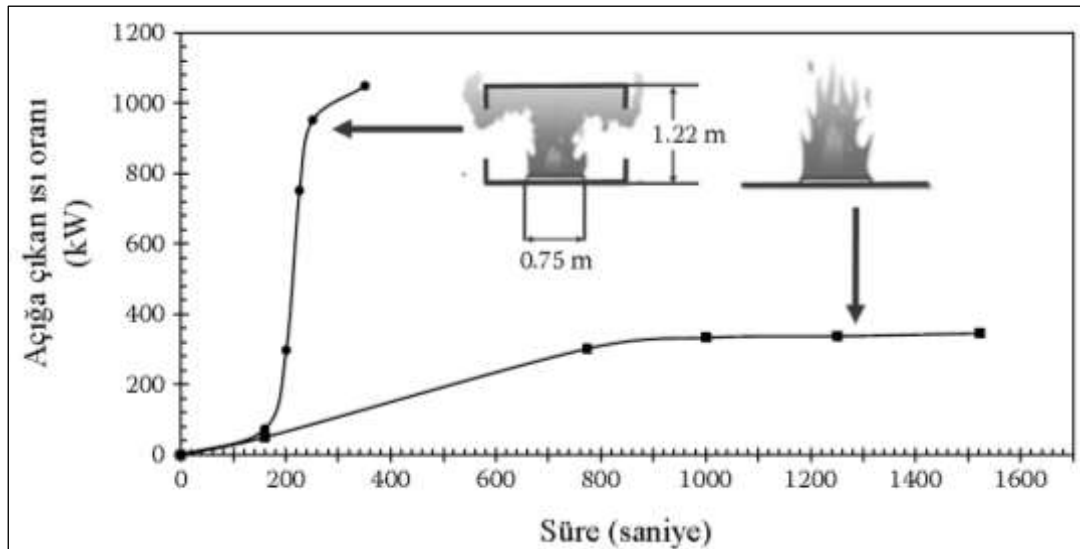
2.6.4. Flashover (Parlama)

Yangın güvenliğinde kritik aşama flashoverdir. Bir yangın büyüdükçe mekândaki sıcaklık yükselmekte ve mekanın içindeki o zamana kadar tutuşmayan yanıcıların hemen hemen eş zamanlı olarak tutuşacağı bir noktaya gelmektedir. Bu hızlı tutuşma “flashover (parlama)” olarak tanımlanmaktadır. Flashover genelde üst katman sıcaklıkları 500° - 600°C arasında gerçekleşmektedir [67]. Flashover, büyüyen bir yangın ile tamamen gelişmiş bir yangın arasındaki geçiş noktasını işaret etmektedir. Flashover ısının yayılması, sıcaklık, duman üretimi ve zehirlilik oranının hızla arttığı noktadır. Ancak bütün yangınlar flashover noktasına ulaşamaz. Flashoverın önlenmesi, can güvenliği ve mal kaybının önlenmesi için kritik olup performansa dayalı yangın güvenliği tasarımında önemli bir tasarım amacıdır. Flashover olmadan önce kullanıcıların yangının çıktığı mekânı tahliye etmesi can güvenliği için şarttır. Yangın, flashover noktasına geldiğinde kullanıcıların yüksek sıcaklık, yoğun duman, karbonmonoksit ve oksijen eksikliği nedeniyle can güvenliklerinin sağlanması mümkün değildir.

Otomatik yağmurlama sistemi gibi yangın söndürme sistemlerinin olmadığı durumlarda bile flashover her zaman gerçekleşmez. Mekânın boyutunun tüm yanıcı maddelerin aynı anda yanması için çok büyük olması, sıcak katmanın sıcaklığının daha yavaş yükselmesine neden olup flashover için gereken yüksek sıcaklıklara ulaşmasını engelleyebilmektedir. Flashover

her zaman gerçekleşmediği gibi flashover olasılığını analitik olarak ortadan kaldırmak yangının yayılmayacağı veya büyük çapta gelişmeyeceği anlamına gelmemektedir [18]. Şekil 2.14, mekân özelliklerinin yangının gelişimini nasıl etkilediğini göstermektedir. Flashoverın meydana gelmesini etkileyen faktörler şunlardır:

- Mekânın yüzey alanı (A_t),
- Mekânın açıklıklarının alanı (A_v),
- Mekânın açıklıklarının etkin yüksekliği (h_v)
- Açığa çıkan ısı oranı,
- Havalandırma,
- Mekânı çevreleyen duvarların termal özellikleridir.



Şekil 2.14. Mekân özelliklerinin yangına etkisi [18]

2.6.5. Tam gelişme evresi (Flashover sonrası evre)

Yangın büyümeyi bıraktığında, tam gelişme sürecine geçmektedir. Bu noktada, açığa çıkan ısı oranı en yüksek noktaya ulaşmakta ve yangın tekrar büyüyünceye kadar veya sönmeye başlayana kadar durağan bir seviyede kalmaktadır. Bu seviyede kalma süresi, kalan yakıt miktarına, diğer yakıtların tutuşmasına, havalandırma koşullarına ve manuel veya otomatik söndürme sistemlerinin faaliyetlerinin başlamasına bağlıdır. Söndürme sisteminin aktivasyonu genellikle bir yangının büyümesini durdurmaktadır. Söndürmenin yetersiz olması durumunda, yakıt ya da havalandırmanın yetersiz kalması gibi faktörler devreye

girene kadar yangın büyüme devam etmektedir. Bazı tasarım yangın senaryolarında, tasarım yangını, yangın çok büyük hacimlerde meydana geldiğinden veya mevcut yakıt veya havalandırmanın yetersiz olmasından flashover seviyesine erişememektedir.

Tam gelişme evresindeki bir yangının açığa çıkan ısı oranı; yanan yakıtın yüzey alanına dayanılarak yapılan hesaplamalarla veya büyük ölçekli testlerle öngörülen aktivasyonuna dayalı tahminlerle karar verilmektedir. Büyük ölçekli testler, bazı senaryolarda maksimum açığa çıkan ısı oranlarının doğrudan göstergesi olmaktadır. Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımında tasarımcı tasarım yangın eğrisinin tam gelişme evresini;

- Açıklıklardan ışıma yoluyla bitişik binalara yayılması,
- Binanın yapısal elemanlarında can güvenliğini tehlikeye sokabilecek mal/mülk kaybı yaratabilecek hasarların olma durumu,
- Yangının iletim veya ışıma yolu ile diğer mekânlara yayılması,
- Yangının yayılmasını önlemek için tasarlanmış yangına dayanıklı kompartıman elemanlarının yetersizliği durumlarındaki etkisini belirlemek için kullanılmaktadır.

Kompartıman veya yapısal yangına dayanıklılık içeren tasarımlar için, yangının sürenin dikkate alınması gerekmektedir. Yangın süresini belirleyebilmek için yangın çıkan mekânın veya binanın yakıt yükünü belirlemek gerekmektedir. Yakıt yükü, genellikle birim alan başına yakıt kütlesi cinsinden ifade edilmektedir.

2.6.6. Azalma ve sönme evresi

Tüm yangınlar, yangın eğrisinin son aşamasını temsil eden azalma ve sönme sürecine girmektedir. Yakıtın tükenmesi, havalandırma eksikliği veya manuel veya otomatik söndürme faaliyetlerinin başlatılması nedeniyle sönme evresine geçmektedir. Performansa dayalı yangın güvenlik tasarımından, tüm yakıtın tam gelişme evresinde tüketildiği varsayıldığından sönme evresi dikkate alınmamaktadır.

2.6.7. Tasarım yangın eğrilerinin oluşturulma yöntemleri

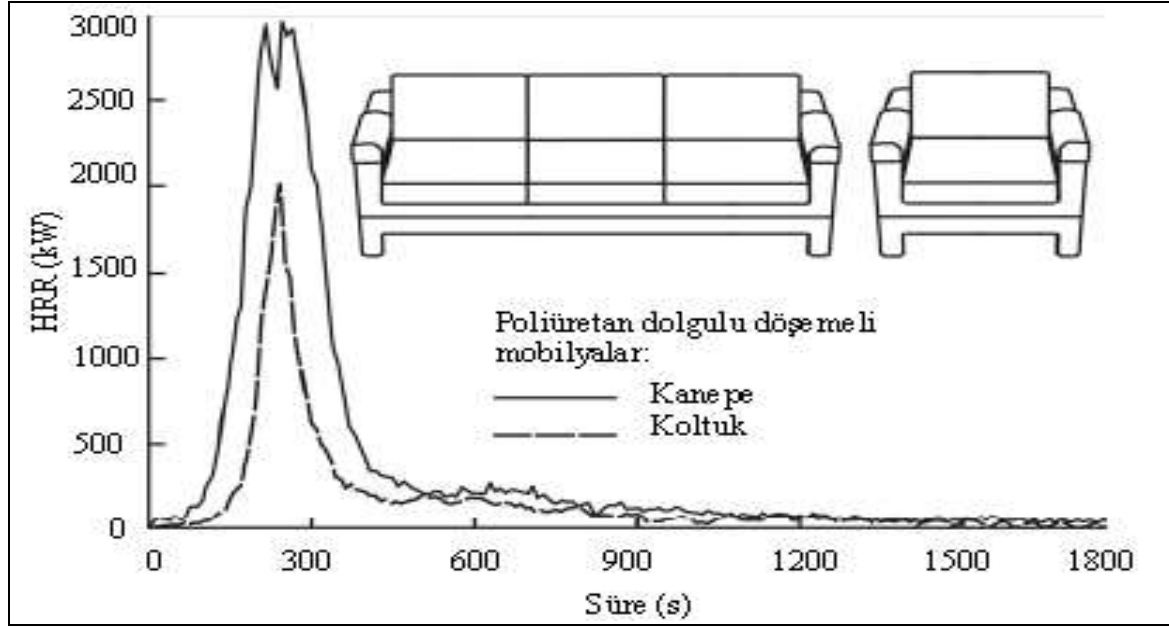
Bir tasarım yangın eğrisini tanımlamak için yayınlanmış verilerden yararlanma, yangın testleri ve yangın boyutunun analitik olarak hesaplanması gibi kullanılabilecek birkaç yöntem vardır.

Teknik literatür

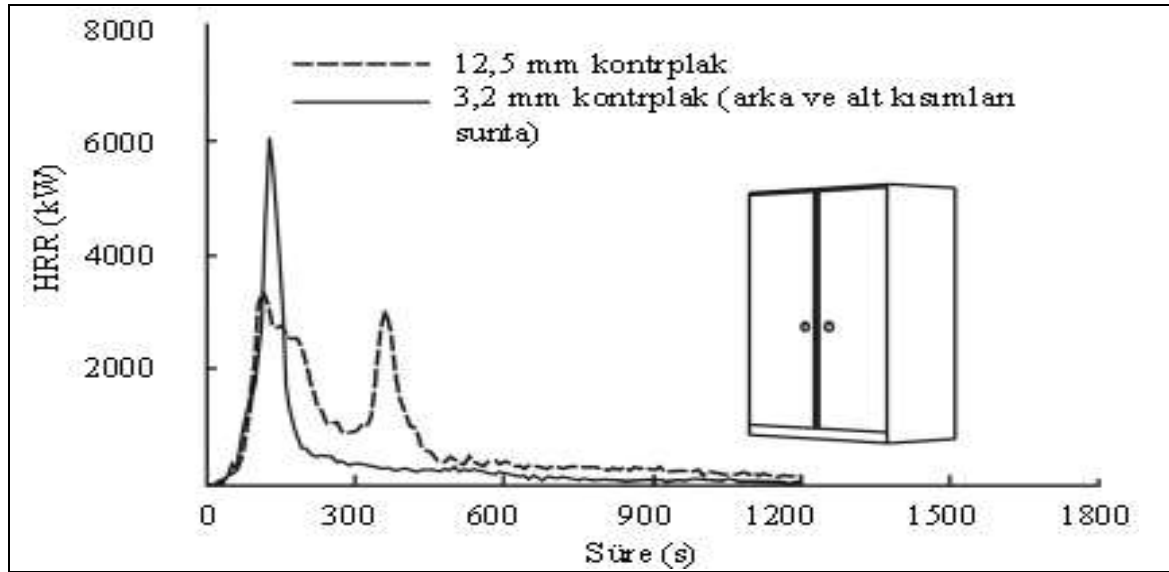
Bir tasarım yangın senaryosu geliştirirken ve bir tasarım yangın eğrisini tanımlarken, önceden belirlenmiş verilerin kullanımı önemli bir araçtır. Açığa çıkan ısı oranları ile ilgili veriler vardır.

Yangın testleri

Küçük numunelerden mobilyalara ve oda konfigürasyonlarına kadar açığa çıkan ısı verilerinin toplanması için birçok standart test yöntemi mevcuttur. Küçük ölçekli testler tezgah ölçeğinde yapılan testlerdir. Koni kalorimetreleri, yanal tutuşma ve alev yayılma testi (LIFT) cihazları, açık ve kapalı kap parlama noktası test cihazlarını içermektedir. Küçük ölçekli testlerden bir yangının büyüme aşaması hakkında bilgi elde edilemez. Küçük ölçekli testlerden elde edilen veriler, yangın eğrisi özelliklerini analitik olarak belirlemek için girdi olarak kullanılmaktadır. Tezgah ölçeği testlerinden elde edilen birim alan başına açığa çıkan ısı oranı, bir yangının tam gelişmiş evredeki açığa çıkan ısı oranını belirlemek için kullanılmaktadır. Bunun yanında yakıtların tutuşma sıcaklıkları, kritik ısı akıları gibi veriler elde edilmektedir. Tezgah ölçekli testin diğer bir avantajı, çeşitli malzemeleri test etmenin büyük ölçekli testlere göre kolay ve ucuz bir yöntem olmasıdır. Bu verilerin testin küçük ölçeği nedeniyle bir yangın eğrisinin oluşturulmasında doğrudan kullanılması genellikle mümkün değildir, çünkü yangınlar boyutla değişen özelliklere sahip olabilir. Bunun yerine, sonuçlar genellikle analitik yaklaşımlarda kullanılmaktadır. Şekil 2.15, NIST tarafından yapılmış poliüretan dolgulu kanepeler ve koltuk için HRR değerlerini göstermektedir. Koltuk için pik HRR 2100 kW, kanepeler için 3200 kW olarak belirtilmektedir [83].

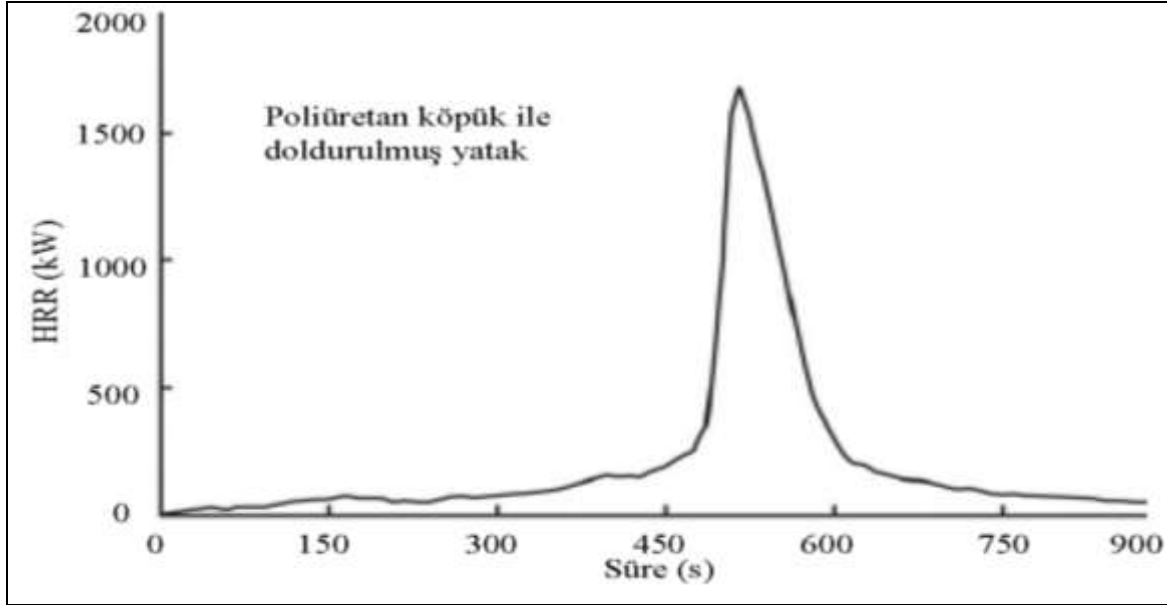


Şekil 2.15. Poliüretan dolgulu kanep ve koltuk için HRR [83]



Şekil 2.16. Kontrplak dolaplar için HRR [83]

Dolaplar sağlık yapılarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.16, içinde polyester ve pamuklu giysilerin bulunan alt ve arka kısımları sunta, 12,5 mm kontrplaktan yapılmış dolap için pik HRR 3500 kW; 3,2 mm kontrplaktan yapılmış pik HRR 6300 kW olarak belirtilmektedir [83]. Poliüretan köpük ile doldurulmuş yatak için NIST tarafından yapılan testlerde pik HRR değeri 1700 kW olarak belirtilmektedir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Poliüretan köpük ile doldurulmuş yatak için HRR [83]

Büyük ölçekli testler, tam ölçekte veya tam ölçeğe yakın olarak yapılan testlerdir. Malzemenin gerçek örnekleri deneysel olarak temsili bir geometrik konfigürasyonda kullanıldığından bir yangın eğrisini belirlemenin en iyi yoludur. Bir kanepenin yangın eğrisini belirlemek için büyük ölçekli testler kullanılmaktadır. Yangın eğrisi, daha sonra kanepenin bulunduğu bir mekânda dayanılmaz koşulların analizi için bir yangın modeline girdi olmaktadır. Tasarım yangınının tam gelişmiş evresinde büyüme hızını veya yoğunluğunu tahmin etmek için büyük ölçekli testler yapılmaktadır. Büyük ölçekli testler yangın eğrilerini oluşturmak için doğrudan kullanılmaktadır. Hatta seçilen yangın senaryosu ile ilişkili test verileri varsa bu verilerin doğrudan kullanılması da mümkündür. Büyük ölçekli testlerin kurulumu, kullanılması ve çalıştırılması pahalıdır, bu da yapılabilecek test sayısını sınırlandırmaktadır.

Analitik yöntemler

Performansa dayalı bir analizde kullanılmak üzere tasarım yangın eğrilerini geliştirirken, literatürde geçen yakıt paketlerinin tasarım yangın senaryosunda uygun olmaması, yangın testlerinin kaynak sınırlamaları vb. nedenlerle yapılamaması analitik yöntemlerle oluşturulmuş yangın eğrilerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Analitik yöntemler, çoğunlukla yangının büyüme evresi ve tam gelişme evresinde kullanılmaktadır. Yanıcı sıvı havuz yangınları, ahşap yatakları, döşemeli mobilyalar ve elektrik kablo kanalları dahil olmak üzere bir dizi yakıt paketi için elde edilen test verilerinden yanma esnasında açığa

çıkan ısı oranlarını bulmak için analitik formüller geliştirilmiştir. Bu formüllerin uygulanması, maddenin/ eşyanın yanma ısısı, boyutu, biçimi gibi malzeme özelliklerinin bilinmesini gerektirmektedir.

Tasarım yangınları geliştirirken, test verilerinin sağladığı büyüme oranını yaklaşık olarak belirlemek için genellikle t-kare yangını kullanılmaktadır. Sabit bir oranda radyal olarak dışarı doğru büyüyen bir yangın $p = 2$ olmalıdır, çünkü ilgili dairesel yüzeyin alanı yarıçapın karesi ile birlikte büyür, burada yarıçapın zaman içinde doğrusal olarak büyümesi beklenir. Testler, bu üssün çok çeşitli malzeme ve nesneler için geçerli olduğunu göstermiştir. Büyüme sırasındaki gerçek test verileri, analizi basitleştirmek için ideal bir t-kare yangını olarak gösterilmektedir.

Bir yangının tamamen gelişmiş evresi analitik olarak hesaplanabilmektedir. Tamamen gelişmiş evresi için tasarım yangını genellikle iki bölüme ayrılmaktadır. Maksimum açığa çıkan ısı oranı ve bu evrede kalma süresidir. Maksimum açığa çıkan ısı oranı yakıt veya havalandırma ile sınırlı olacaktır. Yakıtle sınırlı maksimum açığa çıkan ısı oranı genellikle testler (büyük veya küçük ölçekli) ile belirlenen birim alan başına açığa çıkan ısı oranının yanma alanı ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Yangın havalandırmayla sınırlı hale gelirse, maksimum açığa çıkan ısı oranını havalandırma koşullarına uyarlayabilen yöntemler kullanılmaktadır. Bunun nedeni, odada bulunan aşırı oksijen nedeniyle yangının erken kısmı sırasında yangının havalandırma sınırlarından daha yüksek olabilmesidir.

2.7. Kullanıcı Davranışı Olarak Tahliye Stratejilerinin Yangın Güvenliğine Etkisi

Yangınla ilgili insan davranışları göz önüne alındığında belirlenen üç önemli ilgi alanı vardır. Bunlar;

- Yangınlara neden olan veya önleyen davranışlar,
- Yangınları etkileyen davranışlar ve
- Yangınlardan kaynaklanan zararı artıran veya azaltan davranışlardır [84].

Çalışma kapsamında dikkate alınan nokta, binayı boşaltmak veya güvenli alan bulma ve güvenli alana hareket etme ile ilgili davranışlardır. Bu davranışlar temel olarak yukarıda belirtilen “zararı artıran veya azaltan davranışlar” kategorisine girmektedir. Ancak, ikinci

kategori ile ilişkili olan kullanıcıların yangınla mücadele etmesi veya kapıları açık / kapalı bırakma gibi davranışları tahliye süreci için kritik sonuçlar doğurabilmektedir. Bu yüzden göz ardı edilmemelidir. Kullanıcı davranışlarının analizlerini etkileyen dört ana faktör ele alınmaktadır [68].

- Bina özellikleri,
- Tahliye stratejileri ve prosedürleri,
- Kullanıcı özellikleri,
- Yangının oluşturduğu koşullar yani yangın özellikleri

Bina özelliklerinin, kullanıcı özelliklerinin ve yangın özelliklerinin tasarım yangın senaryolarını etkileyen faktörlerden olduğu Bölüm 2.4.'te belirtilmekte ve bu faktörler ayrıntılı olarak incelenmektedir. Bu bölümde tahliye stratejilerinden bahsedilmektedir. Tahliye stratejileri, kullanıcıların binadan güvenli bir şekilde çıkmalarını, güvenli bir bölgeye ulaşmalarını veya acil durumlarda güvenli bir şekilde yerinde kalmalarını sağlayan sistemler ve özellikler sağlamaktadır. Tahliye stratejilerin can güvenliği amaç ve hedefleri ile uyumlu hale getirilmesi, desteklenmesi geliştirilmesi gerekmektedir. Stratejiler kaçış ve diğer destekleyici özellikler için tasarımın temelini oluşturmaktadır. Etkin tahliye stratejileri binanın büyüklüğü ve karmaşıklığına uygundur ve binanın nasıl kullanıldığını, kullanıcılarının özelliklerini, yangından korunma ve can güvenliği sistemlerini, bunlarla ilgili düzenlemeleri ve bina içindeki tehlikeleri ifade etmektedir. Tahliye stratejileri, tahliye süresini etkileyebilecek kullanıcı davranışlarını tahmin etmek ve değerlendirmek için önemlidir. Bina ve tahliye stratejisinin (veya eksikliğinin) net bir şekilde anlaşılması, kullanıcıların karakteristik özelliklerinin, kullanıcı davranışlarının / eylemlerinin, kullanıcıların hareketinin ve kullanıcıların yangına maruz kalmalarının toplu olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır [16]. Bir yangın sırasında, kullanıcılar ya kendi başlarına hareket ederler ya da daha önce aldıkları eğitim ve tahliye tatbikatlarından etkilenirler. Yüksek binalar gibi kullanıcı yükü fazla olan veya hastaneler gibi hassas kullanıcıları olan binalar için, bina tasarımı ve tahliye stratejileri önemli bir rol oynamaktadır. Bu tür strateji ve acil durum planları, binanın tasarımı ve özellikleri ile ilgili olmalı ve acil durum müdahale ekiplerinin eylemlerini dikkate almalıdır. Hangi kullanıcıların bulundukları yerde kalmaları ve hangi kullanıcıların daha güvenli yerlere taşınmaları gerektiği konusunda önerilere yol açan karar süreçleri özellikle bu tür binaların tahliye stratejilerinde ele alınmaktadır. Ana tahliye stratejileri eş zamanlı tahliye, kademeli/kısmi tahliye, yerinde savunma ve ilerleyici

tahliye olmak üzere dört ana strateji olarak özetlenmektedir. Farklı stratejilerin uygulaması, genel olarak mevcut kaçış bileşenleri, kompartımanlar, kullanıcı özelliklerine ve sayısına, personel / itfaiye ekiplerine vb. binanın özelliklerine bağlıdır [84].

2.7.1. Eş zamanlı tahliye stratejisi

Eş zamanlı tahliye stratejisi, binadaki tüm kullanıcıların yangın alarm ya da sinyalini aldıktan sonra aynı anda binadan tahliye etmesini amaçlamaktadır. Eş zamanlı tahliye, her katta aynı anda etkinleştirilen yangın uyarı sistemlerinin devreye girmesiyle başlatılmakta ve tek aşamalıdır. Bu strateji, birçok bina tipi için, özellikle az katlı ve az sayıda kullanıcısı olan binalar için uygun olup, her bina için uygun değildir. Binanın tamamının tahliyesinin uygulanması için en basit stratejidir [84]. Eş zamanlı tahliye için tasarlanan kaçış bileşenleri (merdivenler, koridorlar vb.) genellikle diğer tahliye stratejileri için gerekli olanlardan daha büyük genişlik gerektirmektedir. Bu da kullanım alanı önem arz eden binalarda tasarımcı tarafından istenilen bir durum değildir. Eş zamanlı tahliye yüksek bina ya da hastane binası gibi karmaşık fonksiyonlu binalarda tercih edilmemektedir. Küçük çapta bir yangın olayıyla tüm binanın boşaltılması büyük çapta zararlara neden olabilmektedir. Yoğun kullanıcı yüküne sahip bir binayı aynı zamanda boşaltmak kullanıcı akışlarının merdivenler gibi kaçış yolları üzerinde olumsuz etki yaratacağı gibi itfaiye ekiplerinin binaya girmesi ve müdahale etmesini de yavaşlatacaktır.

2.7.2. Kademeli /kısmi tahliye stratejisi

Kademeli tahliye stratejisi, kullanıcıların yangın tehlikesi altında olan kullanıcıların tahliyesini, yangın ve tehlikesinden uzaktaki kullanıcıların ise yerinde korunmasına izin vermektedir. Bu şekilde kademeli tahliye mevcut kaçış bileşenlerinin kullanımını optimize etmeye yardımcı olmaktadır. Kademeli tahliye ile yangın ve etkisinden uzakta kalan kullanıcılar başlangıçta yerinde kalır, ancak koşullar tüm binanın tahliyesini gerektiriyorsa tahliye edilmektedir [84]. ABD’de yüksek katlı binalarda yangının çıktığı kat ile üst ve alt katlarındaki iki katlar tahliye edilmektedir. Bu strateji, kullanıcıların kaçış merdivenlerinin sıkışıklık olmadan kullanılmasına izin vermektedir. Böylece kaçış bileşenlerinin kullanımını optimize etmekte, etkilenen kat veya alanlar için tahliye süresinin azaltmaktadır. Bu stratejide iki temel varsayım kritik öneme sahiptir. Birincisi yangından etkilenen bölgeyi boşaltmak için gereken süre boyunca yangının yangından etkilenmeyen bölgedeki

kullanıcıları etkilememesidir. İkincisi ise etkilenmemiş bölgedeki kullanıcıların yerinde kalmasıdır. Ancak 11 Eylül 2001 saldırısından sonra kaynaklanan risk algısında meydana gelen değişiklikler kullanıcılarda kademeli tahliye stratejisini kabulünü etkilemiştir. Kullanıcıların bina uyarı/bildirim sistemi yerine sosyal medya gibi iletişim teknolojileri yoluyla olayın farkına varabilmeleri ve yangın anında ‘bekleme’ gibi bildiri/uyarı mesajlarını görmezden gelip, binanın yıkılmasından korktukları için binadan hemen çıkmaya karar verebilmeleri gibi kullanıcı tepkilerini tasarımcının göz ardı etmemesi gerekmektedir [85].

2.7.3. İlerleyici tahliye stratejisi

İlerleyici tahliye kademeli tahliyeye benzer bir strateji yöntemidir. Aralarındaki fark kullanıcıların binanın dışına değil de bina içinde güvenli bir bölgeye tahliye edilmesidir. Bu bitişik alandaki bir güvenli kompartıman alanı ya da diğer katlardaki güvenli bir kompartıman olabilir. Bu iki şekilde gerçekleşmektedir. Yatay tahliye veya düşey tahliye şeklindedir. Yüksek katlı binalarda bu tahliye stratejisinin düşey şekli daha elverişli olmasına rağmen hastane gibi sağlık yapılarında yatay tahliye stratejisi benimsenmektedir [85].

2.7.4. Yerinde korunma stratejisi

Yerinde korunma stratejisi yangın olayı esnasında yerinde kalmasını sağlamak için yeterli güvenlik özelliklerini sağlamayı içermektedir. Yerinde koruma stratejisi kullanan tasarımlar kullanıcıların yangının başladığı kompartımanda kalmaları için aktif ve pasif yangından koruma özellikleri ile yönetim prosedürlerinin bir kombinasyonunu kullanmaktadır. Yerinde koruma stratejileri kullanan tasarımlar, kullanıcıların yangının çıktığı kompartımanda kalmaları için uygun bir güvenlik seviyesi sağlamak için aktif ve pasif yangın koruma özellikleri ve yönetim prosedürlerinin bir kombinasyonunu kullanmaktadır. Yerinde koruma stratejisi kullanan binalar genel olarak otomatik yağmurlama sistemleri korunur, duman ve yangının yayılmasını azaltmak için yangına dayanıklı kompartımanları içermektedir. Yerinde koruma stratejilerine ihtiyaç duyan binaların genel olarak sağlık binaları, huzur evleri, hapishaneler gibi binalardır. Hastanelerin ameliyathaneleri ve yoğun bakım ünitelerinde, hastaların yardım almadan kaçışlarını başlatmaları ve tamamlamaları zordur.

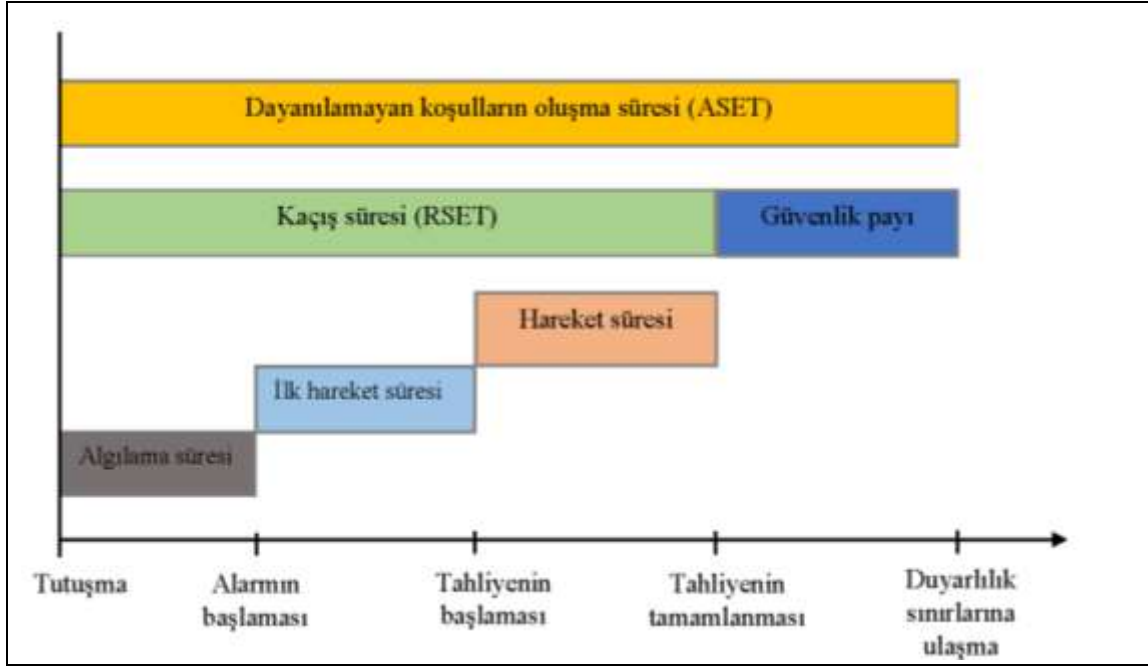
Bazı hastaların ise güvenliğini önemli ölçüde tehlikeye atmadan hareket ettirilmemeleri gerekmektedir. Yerinde koruma stratejisi bu bakımdan önemlidir [86].

2.8. ASET/RSET Yaklaşımı

Süre, binayı boşaltmak veya güvenli alan bulma ve güvenli alana hareket etmenin temel sayısal ölçüsüdür. Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımında, kullanıcı davranışı göz önüne alındığında ele alınması gereken kilit konu süredir. Şekil 2.18’de verilen grafiksel gösterim yangında kullanıcı davranışını açıklamak için kullanılan temel zaman çizelgesidir. Bu zaman çizelgesi, genellikle kullanıcıların yangının farkına vardıkları ve güvenli bir alana ulaşmadan önce ve hareket esnasında çeşitli bilişsel ve sosyal süreçler / eylemler yaşadıkları tahliye sürecini ifade etmektedir. Tahliye öncesi ve hareket dönemlerinde, kullanıcılar yangın ve dumana maruz kalmaktadır. Zehirli gazlara, tahriş edici maddelere, ısıya maruz kalmaya ve / veya görüş mesafesinin azalmasına bağlı olarak kullanıcı tepkisi ve güçsüzleşmedeki potansiyel bozulma kullanıcının tepkisini azaltırken, uygun önlemleri almak için aciliyet duygusunu da güçlendirmektedir. Zaman çizelgesinin amacı, kullanıcıların mevcut güvenli kaçış süresi (ASET) ve gerekli güvenli kaçış süresi (RSET) kavramları ile güvenli bir alana ulaşıp ulaşamayacağını belirlemektir [87].

Yangın biliminin ve insanların yangın esnasındaki davranışlarına yönelik çalışmalarının ilerlemesiyle birlikte, ASET/RSET kavramlarının karşılaştırılması performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımının binanın yangın güvenliğini değerlendirme yöntemi olarak kullanılmaya başlanmıştır [88].

Yangın güvenliğinde performans analizlerine dayalı tasarım süreci genel olarak yangın gelişimi, dumanın yayılması ve kullanıcı tahliyesinin değerlendirilmesini içermekte ve sonuç, kabul kriterlerinde belirtilen duyarlılık kriterlerine bağlı bir ASET / RSET zaman çizelgesi karşılaştırması yapılarak değerlendirilmektedir. Kullanıcıların can güvenliği, potansiyel olarak yangının etkilerine maruz kalabilecek kullanıcıların duyarlılık kriterleri ile ifade edilen kararlaştırılmış kabul kriterlerine karşı yapılan bir değerlendirme ile tanımlanmaktadır. Basit bir ifadeyle, kullanıcıların yangının etkilerinden kabul edilebilir bir sürede kaçabileceği gösteriliyorsa, çözümün ilgili performans kriterlerini karşıladığı kabul edilmektedir [87–89].



Şekil 2.18. Yangında kullanıcı davranışını gösteren zaman çizelgesi

ASET, yangının etkilerinin kabul edilmiş kriterlerde belirtilen duyarlılık kriterlerine ulaştığı andan itibaren belirlenmektedir. RSET, kullanıcıların yangının etkilerinden güvenli bir şekilde kaçmaları için geçen sürenin analiziyle belirlenmektedir. Bu nedenle, kabul kriterlerinin değerlendirilmesi ASET ve RSET’ in karşılaştırılması olarak yapılmakta ve $ASET > RSET$ ise ilgili yangın güvenlik amaç ve hedeflerinin yerine getirildiği düşünülmektedir [32, 89, 90].

ASET / RSET yaklaşımı Avustralya, Yeni Zelanda, ABD, İsveç, İngiltere, Singapur ve Hong Kong gibi performansa dayalı yangın güvenliği tasarım yaklaşımına izin veren ülkelerin mevzuat ve el kılavuzlarında performansa dayalı tasarım yaklaşımının ortaya koyduğu “Alternatif Çözümler” ile ASET / RSET karşılaştırmasını yaparak tasarımın güvenli olduğunu göstermek yetkililer tarafından kabul edilir hale gelmiştir. Bu durum NFPA 101’de; performans kriterlerinin asıl amacı “yangının başladığı mekan ile ilişkisi olmayan herhangi bir kullanıcının anlık veya kümülatif dayanılmaz koşullara maruz kalmaması” olarak ifade edilirken, Singapur yangın yönetmeliğinde ise, “yangında acil durum sırasında dayanılamayan koşullara ulaşılmadan önce, kullanıcıların doğrudan veya korumalı bir kaçış yoluyla güvenli bir yere kaçabilmeleri gerekir” olarak ifade edilmektedir [91]. NFPA 101, açıklayıcı ekinde performans kriterlerini yerine getirmek için kullanılabilecek, yani

kullanıcıları dayanılmaz koşullara maruz bırakmaktan kaçınmak için kullanılabilecek 4 yöntem sunmaktadır [89]. Bunlar;

- Yöntem 1: Tasarım ekibi, kullanıcıların yangın etkilerinden etkilenmemesini sağlayan ayrıntılı performans kriterleri belirlemelidir.
- Yöntem 2: Her tasarım yangın senaryosu ve tasarım özellikleri, koşulları ve varsayımları için tasarım ekibi; her oda veya alanın, o odadaki duman ve zehirli gaz tabakasının zeminden 1830 mm daha düşük bir seviyeye inmesinden önce tamamen tahliye edileceğini göstermelidir.
- Yöntem 3: Her tasarım yangın senaryosu ve tasarım özellikleri ve varsayımları için, tasarım ekibi duman ve zehirli gaz katmanının, herhangi bir odadaki zeminden 1830 mm 'den daha düşük bir seviyeye inmeyeceğini göstermelidir.
- Yöntem 4: Her tasarım yangın senaryosu ve tasarım özellikleri ve varsayımları için tasarım ekibi, herhangi bir yangın etkisinin herhangi bir odaya ulaşmayacağını göstermelidir.

Bu yöntemler en az sıkı olan yöntem 1'den en sıkı yöntem olan yöntem 4'e kadar alternatif sunmaktadır. Bunlardan yöntem 2, ASET / RSET yaklaşımı ile bağlantılı olarak daha yaygın kullanılan bir yaklaşımdır. ASET / RSET yaklaşımı, bugüne kadar özellikle konferans salonları, toplu taşıma hatları ve metro istasyonlarında uygulanmaya başlanmış ve yangın durumunda güvenli kaçış performansı hakkında önemli çalışmalar yapılmıştır. Bu durumda, mevcut güvenli kaçış süresi (ASET) bir yangın simülasyonundan elde edilmekte ve gerekli güvenli kaçış süresini (RSET) belirlemek için bir kaçış simülasyonunun sonucuyla karşılaştırılmaktadır. Güvenli bir tasarım için, ASET' in RSET' den büyük olması gerekmektedir.

Performansa dayalı yangından korunma tasarımında, gerekli güvenli tahliye süresi (RSET) ile binanın sağladığı uygulanabilir güvenli boşaltım süresinin (ASET) karşılaştırılması yangın güvenliğinin temeli olarak kabul edilmektedir. Gerekli güvenli kaçış süresinin (RSET), mevcut güvenli kaçış süresinden (ASET) yeterince kısa olması durumunda yangından güvenli kaçışın olabileceği kabul edilmektedir. Avustralya, Yeni Zelanda, ABD, İsveç, İngiltere, Singapur ve Hong Kong gibi performansa dayalı yangın güvenliği tasarım yaklaşımına izin veren ülkelerin mevzuat ve el kılavuzlarında performansa dayalı tasarım yaklaşımının ortaya koyduğu “Alternatif Çözümler” ile ASET / RSET karşılaştırmasını

yaparak tasarımın güvenli olduğunu göstermek yetkililer tarafından kabul edilir hale gelmiştir.

2.8.1. Kullanıcıların mevcut güvenli kaçış süreleri (ASET)

Güvenli kaçış için mevcut süre (ASET) yangının başlaması ve yayılmasını kapsamaktadır. ASET, yangının başlamasıyla ortamın zehirli gazlardan ve ısıdan dolayı duyarlılık kriterine ulaşmaya kadarki aradaki süredir. Maruz kalınan dumanın, ısının ve zehirli gazların etkisine bağlı olarak içeride bulunan veya içeriye giren müdahale edecek olan ekiplerin kendilerini koruyamaz oldukları zaman “kritik”, diğer bir deyişle “dayanılamayan koşulların” ortaya çıktığı zaman kabul edilmektedir. Güvenli kaçış için mevcut sürenin (ASET) tahmini yangında oluşan zehirli gazlar, duman ve ısı için zamana göre değişim yoğunluklarının tahminini gerektirmektedir. ASET, analitik hesaplamalar veya yangın simülasyon programı uygulanarak belirlenmektedir. İlk olarak, mevcut yanıcı madde türleri ve bunlara ilişkin ürün verileri (genellikle karbonmonoksit) göz önünde bulundurularak bir tasarım yangını (açığa çıkan ısı oranı) oluşturulmaktadır. Bu tasarım yangını, duman veya ısı varlığı nedeniyle kullanıcıların geçmesi gereken alanın geçemeyeceği süreyi belirlemek için bir yangın simülasyon programı gibi bir hesaplama aracına girdi olarak sağlanmaktadır.

2.8.2. Kullanıcıların gerekli güvenli kaçış süreleri (RSET)

Kullanıcıların güvenli bir şekilde binayı ya da bir bölümünü boşaltarak güvenli alana ulaşması için gereken süre; güvenli kaçış için gerekli süre (RSET) olarak ifade edilmektedir. RSET; algılama süresi, hareket öncesi süre ve hareket süresinin toplamıdır (Eş. 2.7). Algılama süresi (t_{det}), binanın otomatik veya manuel yangın alarm sistemi (kullanıcı bildirimi) yoluyla bir yangının ilk farkına varılma süresidir. Tahliye gecikme süresi veya hareket öncesi süre (t_{pre}), kullanıcı bildirim sisteminin etkinleştirilmesi ile kullanıcıların tahliye etmeye karar verdikleri zaman arasında geçen süredir [83]

$$t_{det} + t_{pre} + t_{trav} = t = RSET \quad (2.7)$$

Burada;

t_{det} : algılama süresi

t_{pre} : hareket öncesi süresi

t_{trav} : hareket süresi

Hareket öncesi süre, kullanıcıların uyanık ya da uykuda olup olmadıklarına, binanın kullanım sınıfına, hatta yılın zamanına (hava durumuna vb.) göre yaşanabilecek gecikmelerden etkilenmektedir. Hareket öncesi faaliyetler yangının gerçek olup olmadığını belirlemek için bir araştırma içerebilir ve eşyaların toplanması, arkadaş ya da aile bireylerinin aranması gibi eylemlere bağlı olarak hareket öncesi süre birkaç saniye ya da birkaç dakika olabilir. İnsanlar uyuyorsa, alarm veya diğer bir yangın işaretini algılamalarına kadar bir süre geçecektir. Sarhoş olmuşlarsa veya işitme engellilerse, ilave gecikmeler söz konusu olmaktadır. Yaşanabilecek gecikmelerin süresi, yangın işaretini tanıma ve tepki süresine bağlıdır. Yangın işaretini tanıma süresi, kullanıcıların bir yangın olayını alarm sistemleri, diğer kullanıcılardan gelen uyarılar, bina sistemlerinin kesilmesi (elektrik kesintileri vb.), duman, alevler, ısı, koku gibi çeşitli işaretlerle algıladıkları süredir. Kullanıcıların aldıkları bir işaretin yangınla ilişkili olduğunu anlamalarının ne kadar sürdüğü, duyuşsal yeteneklerine, bilişsel yeteneklerine, çevre hakkındaki bilgilerine, geçmiş deneyimlerine (aşinalık, eğitim vb.) bağlıdır.

Kullanıcılar yangın çıktığını algıladıklarından itibaren bir hazırlık aşamasına ve ardından yangın söndürme, uyarı, bekleme veya tahliye yol açabilecek faaliyetleri içeren bir eylem aşamasına girmektedir. Tepki süresi aralığı, tahliye dışında tüm faaliyetleri içermektedir. Bu süre zarfında, kullanıcılar dışarıya veya güvenli bir yere gitmeye karar verdikten sonra giyinme, değerli eşya veya ekipmanı güvenlik altına alma, o an yapıyor oldukları faaliyetleri durdurma, başkalarını kurtarma veya yardım etme gibi bazı hazırlıklar yapmaktadırlar. Yangın esnasında iyi bir bina yönetimi tepki süresinin azaltılmasında çok etkilidir.

Son olarak, hareket süresi (t_{trav}), tahliye kararı verildiğinde ve kullanıcılar çıkışlara doğru hareket etmeye başladıktan sonra, kullanıcıların güvenli bir alana veya binanın dışına ulaşması için gereken süredir. Hareket süresi, kapılar, merdivenler ve koridorlar gibi çıkış elemanları aracılığıyla yürüme hızı ve kullanıcı akış hızları için analitik hesaplamalar uygulanarak veya FDS-EVAC, Pathfinder gibi kullanıcı davranış simülasyon programları

modellemesi uygulanarak hesaplanmaktadır. Hareket süresi; hareket hızı, kaçış yolu seçenekleri, kaçış yolu seçimi ve hareket akışına bağlıdır.

Teorik olarak yangın anında kullanıcıların güvenli bir alana gitmeleri için gereken süre hareket hızı ve gidilen mesafe ile bulunmaktadır. Ancak, mesafe ve hareket hızını etkileyen birçok parametre vardır. Mesafe, kullanıcıların binaya aşinalığı, kaçışların kullanılabilirliği, seçilen kaçış güzergahının zorluğu gibi parametrelerden etkilenmektedir. Hareket hızı ise, kullanıcının hareket kabiliyeti, dumanın varlığı, merdivenlerin tasarımı, koridor ve kapı genişlikleri gibi birçok parametreden etkilenmektedir. Kullanıcıların tahliye konusunda eğitim almaları ya da bu konuda eğitilmiş bir personelin varlığı da hareket hızını etkileyen parametreler arasındadır [92]. Hareket hızı, kaçış yolu bileşenlerinin (koridor, merdiven vb.) ve bu bileşenlerdeki insan yoğunluğunun fonksiyonudur. Birim m² başına 0,55 kullanıcıdan daha az seviyeler uygun ve engellenmeyen bir hareket için yeterlidir [93]. Bu durumda hareket hızı;

$$V=0,85 \times k \quad (2.8)$$

Burada;

$$V= \text{hız (m/s}^2\text{)}$$

$$k=\text{hız faktörü (m/s)}$$

Kullanıcı yoğunluğu birim alan başına 0,55 kullanıcının üzerine çıktığında ise hareket hızı düşmeye başlamaktadır. Birim alan başına 0,55 kullanıcıdan daha büyük yoğunluklarda hareket hızı;

$$V=k - (\alpha \times k \times D) \quad (2.9)$$

Burada;

$$\alpha= \text{sabit katsayı olup } 0,266 \text{ m}^2/\text{kullanıcıdır.}$$

$$D=\text{kullanıcı akış yoğunluğu}$$

Çizelge 2.23. Kaçış yolu bileşenlerinde hız faktörleri [18]

Kaçış yolu bileşenleri		k (m/s)
Rampa, koridor, geçit, kapı genişliği (mm)		1,40
Merdiven rıhtı	Merdiven basamağı	
190	254	1,00
272	279	1,08
165	305	1,16
165	330	1,23

Çizelge 2.24. Hareket kısıtlılığı olan kişilerin yatayda ortalama hızları [94, 95]

Kullanıcı grubu	Ortalama (m/s)	Standart sapma (m/s)	Aralık (m/s)
Engelliler	1,00	0,42	0,10-1,77
Hareket engelli	0,80	0,32	0,24-1,68
• Yardımsız	0,95	0,32	0,24-1,68
• Koltuk değnekli	0,94	0,30	0,63-1,35
• Bastonlu	0,81	0,38	0,26-1,60
• Yürüteçle	0,57	0,29	0,10-1,02
Hareket engelsiz	1,25	0,32	0,82-1,77
Elektrikli tekerlekli sandalye	0,89	-	0,85-0,93
Manuel tekerlekli sandalye	0,69	0,35	0,13-1,35
Yardımlı tekerlekli sandalye	1,30	0,94	0,84-1,98
Yardımlı ayakta hasta	0,78	0,34	0,21-1,40

Bazı kullanıcı davranış simülasyon programları kullanıcıların hareket hızlarını hesaplasa da, hareket hızları koşullara, yaş, sakatlık gibi kullanıcı özelliklerine göre değiştiğinden tasarımcı tatbikatlardan ve gerçek tahliyelerden elde edilen hız aralıklarına aşına olmalıdır. Merdivenlerde (yukarı ve aşağı), rampalarda, yürüyen merdivenlerde, yatay yüzeylerde ve yardımcı ekipmanlarla (tekerlekli sandalye veya baston gibi) gerçekleşen hareket hızları Çizelge 2.23 ve Çizelge 2.24'te verilmektedir.

Kaçış yolu seçenekleri, bina tasarımı ve kullanıcı özellikleriyle belirlenmektedir. Bir kullanıcı davranış simülasyon programında kaçış yolunun belirlenmesi önemli bir girdidir. Kaçış yolları, yangın senaryolarından, yangının beklenen gelişiminden ve yayılmasından etkilendiği gibi kullanım sınıfına göre binalara uygun tahliye stratejilerinin de göz ardı

edilmemesi gerekmektedir. Bazı kullanıcı davranış simülasyon programları en kısa kaçış yolu seçeneklerini sunmakta veya kaçış yolu seçiminin yakınlık, görüş mesafesi, bekleme süresi vb. faktörlere göre belirlenmektedir. Başlangıçtaki kaçış yolu seçimi, binaya aşinalık, çıkışa yakınlık, başkalarının hareketi, çıkışın dikkat çekiciliği vb. durumlardan etkilenmektedir. Bir yangın olayı boyunca koşullar, kullanıcıların seçtikleri yolda devam etme yeteneklerini ve yön değiştirme olasılıklarını etkilemektedir.

Hareket akışı ise kaçış bileşenlerindeki bir noktadan birim zamanda ve birim mesafede geçen kullanıcı sayısıdır [18]. Hareket akışı, kaçış yollarının ve çıkışların akış kapasitesine bağlıdır. Kullanıcı yoğunluğu hareket akışını etkilemektedir. Bir yangın durumunda kullanıcıların eş zamanlı tahliye gerçekleştirmesi kaçış yollarını kalabalıklaştıracak gibi kaçış yolunun akış kapasitesine bağlı olarak kullanıcıların hareket akışını da yavaşlatacaktır. Bunun yanında yangın anında kademeli tahliye gerçekleştirildiğinde veya binadaki kullanıcı sayısı azaldığında kaçış yollarında kullanıcı yoğunluğu azalacağından kullanıcıların engelsiz hareket edebileceğini ancak daha az bir hareket akışı olacağını tasarımcı göz ardı etmemelidir. Belirli bir noktadaki akış;

$$F_s = v \times D \quad (2.10)$$

Birim alan başına 0,55 kullanıcıdan daha küçük yoğunluklarda hareket akışı (Eş.2.11)'de verilen hareket hızından yararlanarak hareket akışı;

$$F_s = 0.85 \times k \times D \quad (2.11)$$

Birim alan başına 0,55 kullanıcıdan daha büyük yoğunluklarda hareket akışı (Eş. 2.12)'dan yararlanarak hareket akışı;

$$F_s = k \times (1 - \alpha \times D) \times D \quad (2.12)$$

Burada;

F_s : belirli bir noktadaki akış hareket akışı, (kullanıcı /s-m)

D : kullanıcı akış yoğunluğu, (kullanıcı / m²)

v : hız, (m / s)

k =hız faktörü (m/s)

Bir kaçış bileşenindeki toplam akış, belirli bir noktadaki akış ile kaçış bileşenin genişliği ile çarpılarak bulunmaktadır.

$$F_c = F_s W_e \quad (2.13)$$

Burada;

W_e = genişlik

Hareket akışı, kullanıcıların diğer özellikleri ve akış koşullarını etkileyecek senaryo ile tutarlı olmalıdır.

Çizelge 2.25. Maksimum hareket akışı [18]

Kaçış yolu bileşenleri		Maksimum hareket akışı (kullanıcı/dk.)
Rampa, koridor, geçit, kapı genişliği (mm)		1,32
Merdiven rıhtı (mm)	Merdiven basamağı (mm)	
190	254	0,94
272	279	1,01
165	305	1,09
165	330	1,16

2.8.3. ASET/ RSET karşılaştırılması ve değerlendirilmesi

RSET ve ASET arasındaki eşitsizlik, yangın durumunda güvenli bir kaçış olasılığını desteklemek için gerekli güvenlik risk değerlendirmesi ve gerekli önleme tedbirleri konusunda belirleyici bir rol oynamaktadır. Güvenli bir kaçış olasılığı, bir bina yangın senaryosunun en önemli yönüdür ve SI, bir yangın senaryosuyla ilişkili riskin büyüklüğünü göstermek ve değerlendirmek için önemli bir gösterge olarak kullanılabilir [87]. Bir bina yangınının emniyet riskini doğru bir şekilde değerlendirmede yaşanan sıkıntılar da; ASET

ve RSET' in hesaplanmasında çok sayıda faktörün yer alması; yangın verileri için gerekli olan verilerin doğruluğu ve bulunabilirliğinin az olmasıdır.

Sonuç olarak, güvenli ve uygun maliyetli binaların tasarımını ve inşasını kolaylaştırmak için açıkça tanımlanmış güvenlik hedeflerine dayanan özel yangın güvenliği stratejileri geliştirmeye ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, amaçlanan hedefe ulaşmanın yöntemleri açık bir şekilde belirtilmemiştir. ASET / RSET analizi bağlamında, tasarımcıların kullanımında, söz konusu bina için özelleştirilmiş yangın koruma ve can güvenliği sistemleri geliştirmek amacıyla kullanılabilecek birkaç araç vardır. ASET, yangıcıları sınırlandırarak, yakıt paketleri arasında yeterli ayırma mesafeleri sağlayarak, yeni çıkan yangınları bastırmak veya pik ısı yayılım oranlarını sınırlamak veya aktif veya pasif duman kontrol sistemleri sağlamak için özelleştirilmiş yangın söndürme sistemleri sağlayarak arttırılabilir. RSET tarafında, algılama süresini azaltmak için duman dedektörlerinin (spot tip, aspire veya yansıtılan ışın) veya UV / IR alev dedektörlerinin stratejik yerleşimi kullanılabilir. Hareket öncesi süre, özellikle bina sakinlerine canlı sesli mesajlar iletebilen sesli uyarı sistemi ile donatılmış bir yolcu bildirim sistemi belirlenerek azaltılabilir. Hareket süresi ise, çıkış tabelalarının stratejik olarak yerleştirilmesi ve kısıtirma noktalarını, aşırı kuyruğu vb. önlemek için çıkış araçlarını akıllı bir şekilde düzenleyerek azaltılabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında geliştirilen performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım modelinde SPFE' nin yapmış olduğu performansa dayalı yangın güvenlik tasarımı tanımı ve süreçleri başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.1). Burada süreci oluşturan 7 adım; proje bilgilerinin tanımlanması, yangın güvenliği amaç ve hedeflerinin belirlenmesi, performans kriterlerinin geliştirilmesi, yangın senaryolarının oluşturulması, ön tasarımın geliştirilmesi ve son tasarımın seçimi ile son tasarımın değerlendirilmesidir. Dünyada kullanımda veya geliştirilmekte olan çoğu performansa dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımında yaygın olarak başvuru ve değişik şekillerde aktarılan bu yedi adım, performansa dayalı yangın güvenliği analizi ve tasarım yaklaşımı için gerekli görülen temel hususları kapsamaktadır. Bu nedenle, performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım modelinin geliştirilmesi için sağlam bir temel olarak görülmektedir.

Geliştirilen modelde sistem analizi yöntemi kullanılmaktadır. Sistem analizi yönteminde; problemlerin ölçülebilir, sayılabilir parametrelerini belirleyip, sistematik ya da rasyonel olarak, istatistiksel gözlem, deney yapma, ölçüm teknikleri geliştirme yolları ile problemin ve durumun niteliğini karar vericiye sunan metotlar geliştirilmektedir [96]. Bir sistemin tanımlanması için o sistemin bileşenlerinin özelliklerine ayrıştırılması gerekmektedir. Bileşenler genel olarak niteliklerine göre; girdiler, süreç ve içindeki eylemler, çıktılar, sistemi etkileyen sınırlamalar ve geri beslenme biçimindedir. Kaynakların (girdilerin) bir takım eylemler, işlemler sonucu dönüşüme uğrayarak ürüne (çıktı) dönüşmesi sürecindeki bileşenler, sistemi oluşturmaktadır. Bütün bir sistemin temel elemanlarını bileşenlerine ayrıştırmak eylemi ise sistem analizidir. Sistem tasarımı; amaçlar doğrultusunda, hedefe varmak için, bileşenleri belirleyip, bu elemanları birleştirip, ilişkilendirerek yeni bir sistem üretiminin etaplarını, prosedürlerini tasarlama eylemidir [96]. Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımı ihtiyaçların çeşitliliği, karmaşıklığı, ileri teknolojilerin kullanımı ile girdileri çok olan bir tasarım sürecidir. Bu bağlamda geliştirilen performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım modeli birbirleriyle ilişkili olan aşağıdaki temel alt sistem bileşenlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.1);

- Projenin tanımlanması,
- Yangın güvenliğine ilişkin performans kriterlerinin belirlenmesi,
- Senaryoların oluşturulması,

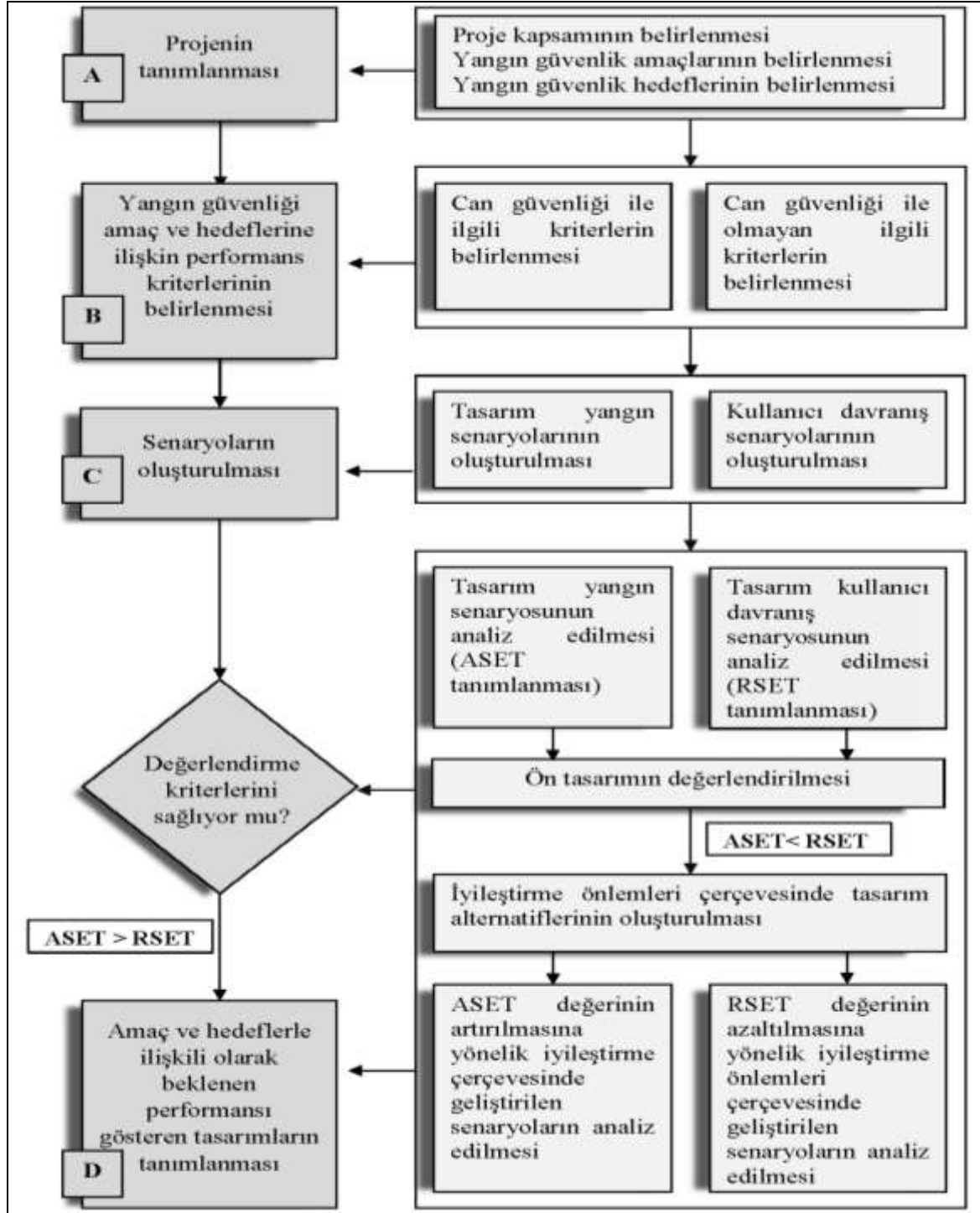
- Senaryoların analiz edilmesi ve yangın güvenliği amaç ve hedeflerine göre beklenen performansı gösteren tasarımların belirlenmesidir.

Sistem kuramı doğrultusunda belirlenen bu bileşenlerin her biri özgün, farklı yapıda, ayrı birer içeriği olan bileşenler olmakla birlikte, her biri diğerleriyle ve sistemin bütünüyle girdi-çıkı ilişkisi içindedir.

Can güvenliği öncelikli olarak geliştirilen performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım modelinin ana kurgusu, tahliye için mevcut olan süreyi (mevcut güvenli kaçış süresi veya ASET), kullanıcıları tahliye etmek için gereken süre ile (gerekli güvenli kaçış süresi veya RSET) karşılaştırmaktır. ASET, RSET' den daha büyük olduğunda, tasarımın “güvenli” olduğu kabul edilmektedir. ASET, RSET’ den küçükse tasarımda bazı iyileştirmeler yapılarak analizler tekrarlanmalıdır. ASET, tasarım yangın senaryolarına dayanarak yangın simülasyon programları tarafından hesaplanmaktadır. RSET ise kullanıcı davranış simülasyon programları ile hesaplanmaktadır. Model kapsamında ayrıntılandırılan alt bileşenler, tasarımcılar için karar adımlarını oluşturmada ve bir sonraki süreçte yer alabilecek karar alanlarının neler olabileceğinin bilinmesi bakımından önem taşımaktadır.

Sözü edilen alt sistem bileşenlerinden ilki projenin tanımlanması (Adım A) adımıdır ve projenin kapsamının, yangın güvenlik hedeflerinin ve amaçlarının belirlenmesi odaklıdır. Proje kapsamının belirlenmesi (Adım A.1) bina ve kullanıcılarının özellikleri, binanın kullanım amacı, projenin kısıtlılıkları, projeyle ilgili paydaşlar ile uygulanabilir mevzuat gereklerine dair bilgi toplanması aşamasıdır (Şekil 3.2). Performans analizlerine dayalı tasarım, binanın tamamına uygulanabileceği gibi bir kısmına da uygulanabileceği için proje kapsamı aşamasında tasarım sınırlılıkları belirlenmektedir.

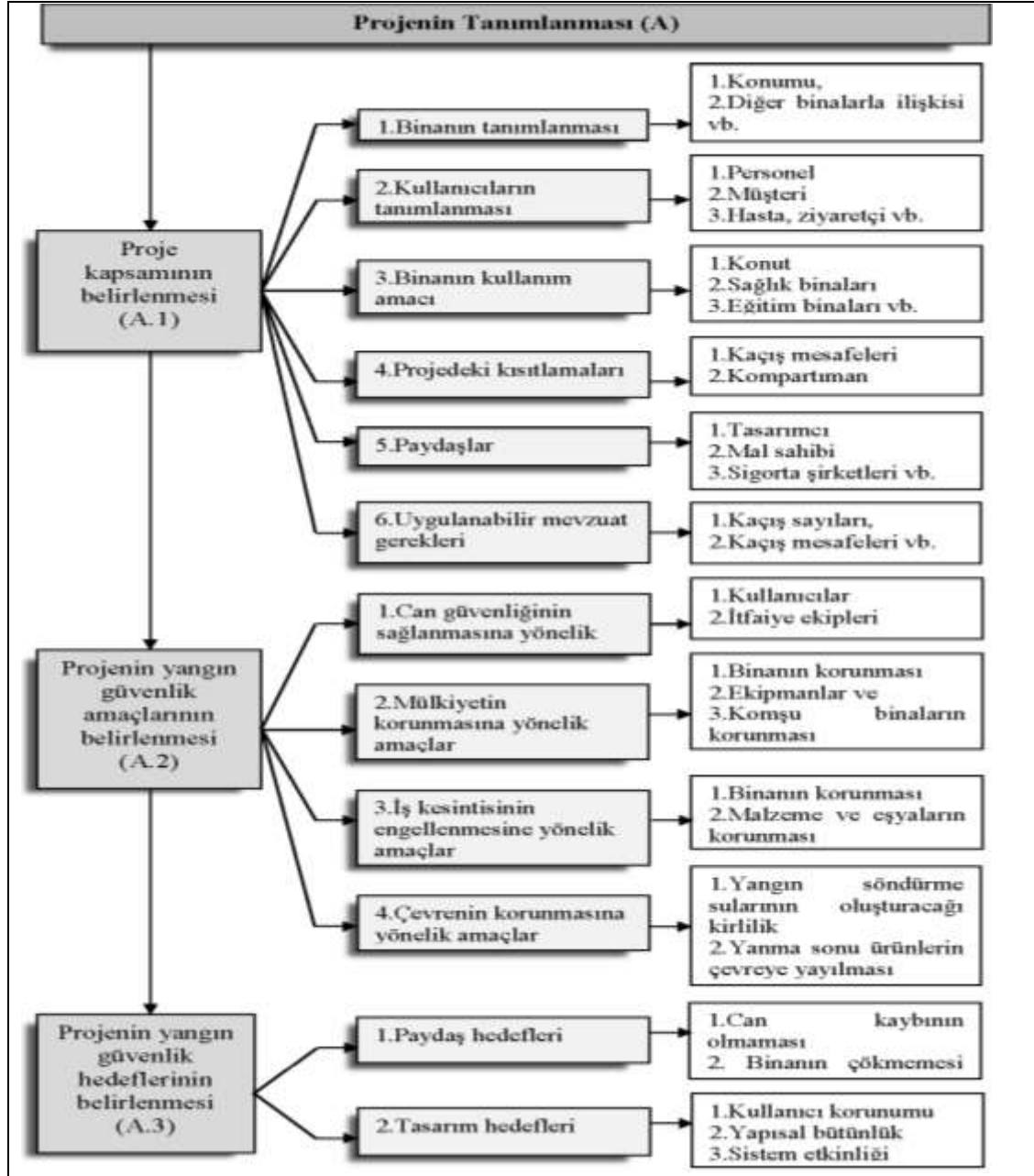
Yangın güvenlik amaçlarının belirlenmesi adımı (Adım A.2) can güvenliğinin sağlanması, mal kaybının, iş kesintisinin ve çevresel zararın engellenmesi olmak üzere 4 temel amaç vardır. Bu doktora çalışması çerçevesinde yangın güvenlik amacı, kullanıcıların can güvenliğinin sağlanması ve yaralanmaların en aza indirilmesi olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma kapsamında geliştirilen model

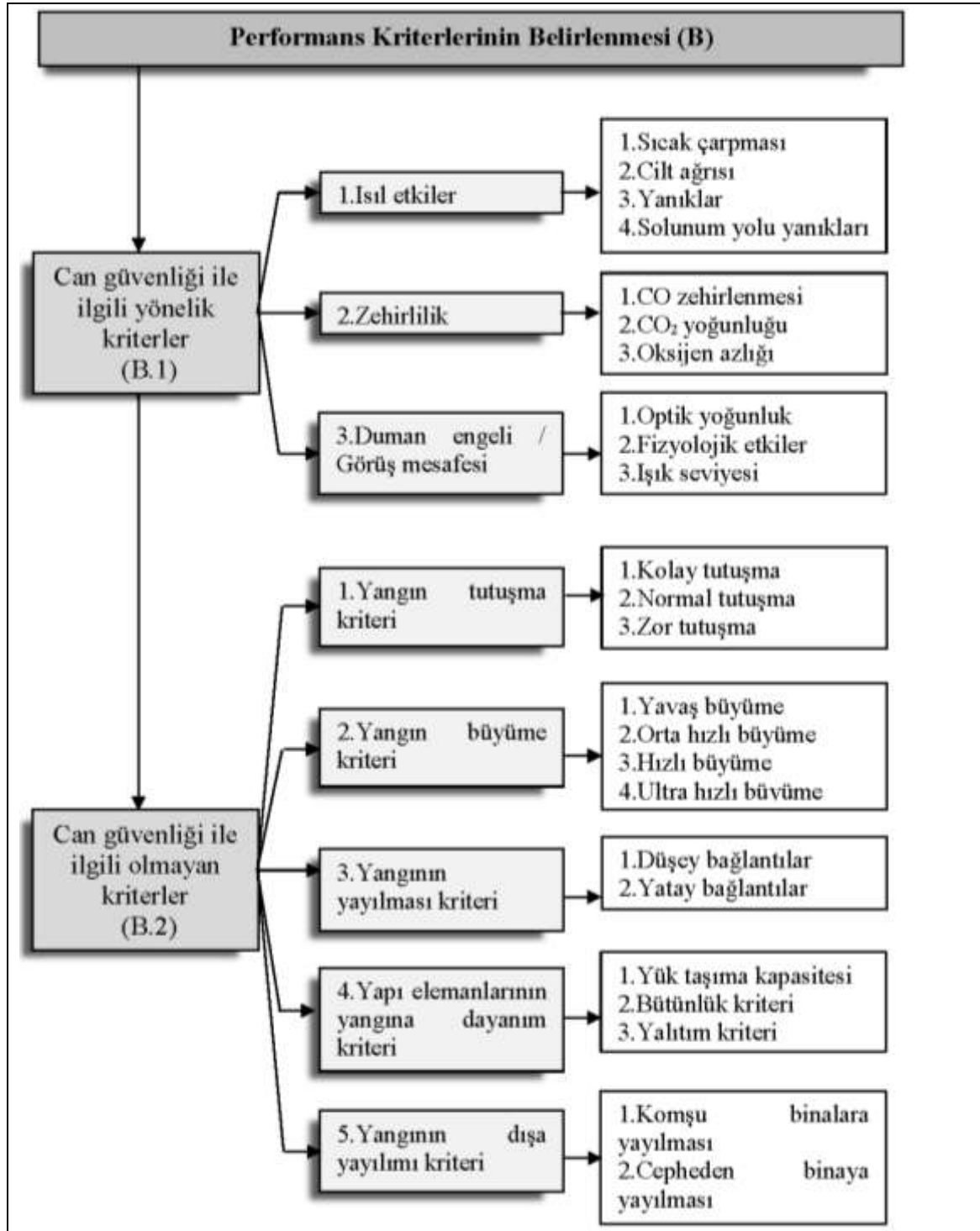
Bu süreçteki bir sonraki adım yangın güvenlik hedeflerinin tanımlanmasıdır (Adım A.3). Hedefler, belirlenen amaçların özelleştirilmiş halidir. Yangın güvenliği amacı kullanıcıların can güvenliğinin sağlanması ve yaralanmaları en aza indirmek olduğunda paydaş hedefi yangın ve yan ürünlerinin (duman vb.) yayılmasının sınırlandırılması olarak kabul edilmektedir. Kullanıcıların, görüş mesafesinin azalması, zehirli, tahriş edici yanma sonucu

çıkan maddelere veya ısıya maruz kalma nedeniyle tehlikeli veya dayanılmaz koşullara tabi olmadan binanın güvenli alanlarına tahliye edilmesi veya binanın tamamen tahliye edilmesi gerekliliği ise tasarım hedefi olarak kabul edilmektedir.



Şekil 3.2. Projenin tanımlanması alt sisteminin bileşen açılımı

İkinci alt sistem bileşeni olarak; yangın güvenlik tasarım amaçları, bu amaca uygun paydaş ve tasarım hedefleri belirlendikten sonra performans kriterlerinin belirlenmesi (Adım B) gerekmektedir (Şekil 3.3). Tasarımcı, performans kriterlerini sürecin önceki adımlarında belirlediği yangın güvenlik amaç ve hedefleri doğrultusunda belirlemektedir.



Şekil 3.3 Performans kriterlerinin oluşturulması alt sisteminin bileşen açılımı

Performans kriterleri, aşıldığında kabul edilemeyen zararların olacağını gösteren eşik değerler veya eşik değer aralıkları olup, tasarımların beklenen performansının karşılaştırılabileceği nicel değerlerdir. Bir başka deyişle, tasarım hedeflerine ulaşmak için kaçınılması gereken yangının sonuçlarına ilişkin değerlerdir. Yangın durumunda optimum kaçış koşullarının sağlanması çerçevesinde performans kriterleri, kullanıcıların can

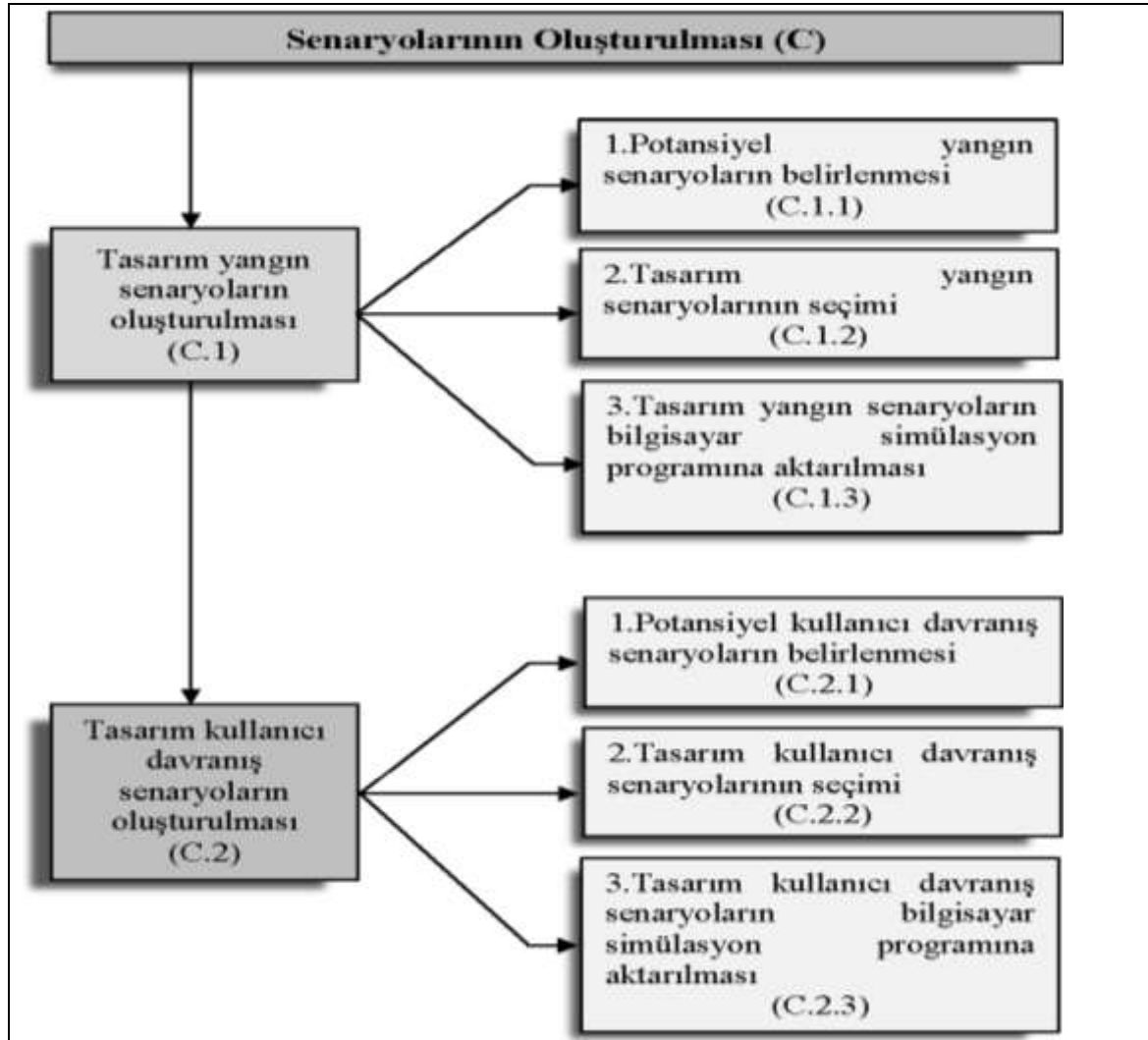
güvenliğinin sağlanmasını kapsamaktadır. Bunun için Bölüm 0' de açıklanan ısı etkileri, duman engeli ve zehirlilik parametrelerini kapsayan literatür bilgileri dikkate alınmaktadır. Analizlerde hangi performans kriterlerinin kullanılması gerektiğini belirlemek tasarımcının sorumluluğudur. Genel olarak kaçış yollarında kullanıcıların dayanılabilirlik sınır değeri için 60 °C gaz sıcaklığı kabul edilmektedir. Görüş mesafesi ve zehirli gaz yoğunluğu kaçış yollarında kullanıcıların dayanabilirliği açısından önemli performans kriterlerindendir. Her ikisi de duman yoğunluğunun sonucudur. Görüş mesafesi kullanıcının ne kadar görebileceğini tahmin etmenin yanı sıra, duman ile ilişkili zehirliliğin bir ölçüsüdür. Görüş mesafesinin kabul edilebilir olması durumunda en azından kaçış yollarında maruz kalma süreleri için zehirlilik durumunun da kabul edilebilir olduğu kabul edilmektedir. Yaygın olarak benimsenen görüş mesafesi sınır değeri binaya aşına olmayan kullanıcılar için (0,1 m-1 optik yoğunluk)10 m'dir. Kullanıcıların binaya aşına olduğu ve hareket mesafesinin daha kısa olduğu yerlerde ise görüş mesafesi (0,2 m-0,1 optik yoğunluğu) 5 m kabul edilen bir değeridir.

Karbonmonoksit (CO) zehirlenmesi yangın ölümlerinde en yaygın faktördür. Genel olarak zehirliliğin ölçüsü; yanma sonucu çıkan zehirli gaza maruz kalma yoğunluğunun maruz kalma süresi ile çarpımı olarak düşünülmektedir. Literatürde kaçış yollarında CO yoğunluğu için 1400 ppm değerini geçmemesi gerektiği belirtilmektedir. Ancak kalp rahatsızlığı gibi rahatsızlığı olan kişilerde zehirlilik seviyesinin daha düşük olması gerekmektedir. Karbondioksit (CO₂) gazı bütün yangınlarda çıkmaktadır ve artan seviyelerin solunum üzerindeki etkileri nedeniyle, 5 dakika boyunca % 3'ü geçmemesi önerilmektedir. Akriliklerin, poliüretan köpüklerin, melamin, naylon ve yünün yanması sonucu açığa çıkan hidrojen siyanür (HCN), yangının flashover seviyesi sonrası daha da artmaktadır. Ancak kaçış yollarında flashover seviyesi sonrasında dikkate alınması olanaksızdır. Oksijenin (O₂) tükenmesi yanmanın bir sonucudur ve hafif O₂ eksikliği bile fizyolojik performansı etkilemektedir. 60 dakikaya kadar % 17,5' ten az oksijen veya herhangi bir süre içi % 15'ten az oksijen bulunduran koşulların oluşmaması gerekmektedir.

Bir binada arama kurtarma ve yangınla mücadele faaliyetleri yürüten itfaiye ekipleri uygun kişisel koruyucu ekipman giyecek olsalar da bu ekipmanın sınırlamaları vardır. İtfaiye ekipleri kendileri de yangın senaryosu ve çalıştıkları koşullara bağlı olarak görevlerini yerine getirme yeteneklerini sınırlandırabilecek farklı bireysel fizyolojik yeteneklere sahip olacağı

unutulmamalıdır. Doktora çalışması kapsamında, itfaiye ekiplerinin müdahalesi ve can güvenliklerinin değerlendirilmesi kapsam dışında bırakılmaktadır.

Üçüncü alt sistem bileşeni (Adım C); ASET ve RSET değerlerinin belirlenmesine yönelik tasarım yangın senaryolarının ve kullanıcı davranış senaryolarının oluşturulması alt sistemlerini içermektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Senaryoların oluşturulması alt sisteminin bileşenleri

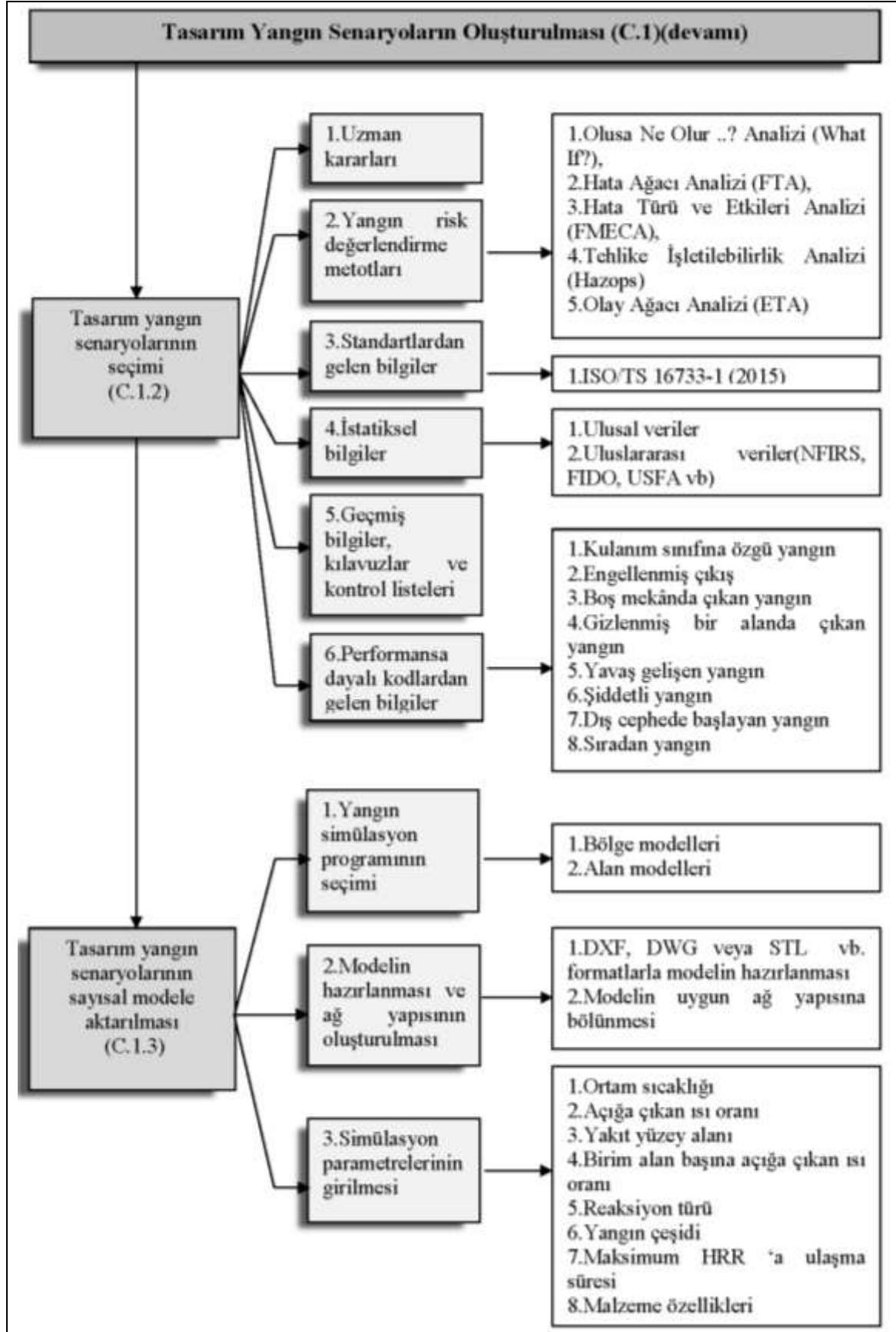
Tasarım yangın senaryolarının oluşturulması alt sistemi (Adım C.1) üç bileşenden oluşmaktadır. Birinci bileşen; binanın tümünün veya binanın tasarım kapsamında olan kısmında oluşabilecek potansiyel yangın senaryolarının belirlenmesidir (Adım C.1.1). Bir bina veya binanın belirli bir alanı için tanımlanabilecek çok sayıda senaryo vardır. Potansiyel yangın senaryolarının belirlenebilmesinde kullanıcı, bina ve yangın özelliklerinin

belirlenmesi gerekmektedir. Bu özellikler yangının meydana gelme ihtimalini, nasıl gelişip yayıldığını, kullanıcılara, binaya ve ekipmanlara zarar verme potansiyelini etkilemektedir. Potansiyel yangın senaryolarının belirlenmesinde bina, kullanıcı ve yangın özelliklerinden hangi özelliklerin değerlendirilebileceği Şekil 3.5'te verilmektedir. Bu aynı zamanda tasarımcıya karar adımlarını göstermesi açısından yararlı olmaktadır.

İkinci bileşen; potansiyel yangın senaryolarının sayısını yönetilebilir bir dizi yangın senaryosuna indirgeyerek tasarım yangın senaryolarının seçilmesidir (Adım C.1.2). Tasarım yangın senaryolarının seçiminde ana nokta en önemli senaryoları tanımlamaktır. Bu senaryolar, sadece en kötü yangınla sonuçlanmayabilir, ancak kullanıcılar üzerinde en fazla etki yaratacak potansiyeldeki yangınlar olmalıdır. Hangi senaryoların önemli sayılacağı, en başta belirlenen yangın güvenlik hedefleri esas alınarak belirlenmelidir. Örneğin, bir sunucu odasının yangın güvenliği değerlendiriliyorsa, küçük bir yangın bile ciddi veri kaybına neden olabilmektedir. Bu nedenle, senaryolar, pasif yangın koruma sistemini veya bir binanın yapısal bütünlüğünü değerlendirmek için ihtiyaç duyulan büyük bir yangındansa daha küçük yangınları da içermelidir. Model çerçevesinde tasarım yangın senaryolarının seçilmesi; uzman kararları, yangın risk değerlendirme yöntemleri, geçmiş bilgiler, kılavuzlar ve kontrol listeleri, istatistik veriler, standartlardan ve performansa dayalı mevzuatlardan gelen bilgiler gibi verilere dayalı değerlendirmeleri öngören karar adımlarından oluşmaktadır (Şekil 3.6).

Üçüncü bileşen ise; tasarım yangın senaryolarının simülasyon programına aktarılmasıdır (Adım C.1.3). Tasarım yangın senaryolarının simülasyon programlarına aktarılması; yangın simülasyon programının seçilmesi, modelin hazırlanması ve ağ yapısının oluşturulması, simülasyon parametrelerinin belirlenmesi bileşenlerinden oluşmaktadır. Burada amaç, yangın simülasyon programları için bina özelliklerinin ve yangın özelliklerinin sayısallaştırılarak simülasyon programına aktarılmasıdır. Yangın simülasyon programları, bölge modelleri ve alan modelleri olmak üzere ayrılmaktadır. Yangın olgusunun karmaşıklığı basit bölge modellerinden alan modellerine doğru gidildikçe artmaktadır. Alan modelleri, yangının yayılımını, sıcaklık dağılımını ve duman hareketlerini değerlendirmek üzere tek mekânda ya da birbirine bitişik birçok mekânı modellemek üzere kullanılmaktadır. Alan modellerinde yangın mahalli fazla sayıda alt ağ hücrelerine bölünmektedir. Yangın dinamiğine ilişkin hesaplamalar bölünen her bir ağ hücreleri için gerçekleştirilmektedir. Bundan dolayı modelde alan modellerinin kullanılacağı göz önünde bulundurulmaktadır.

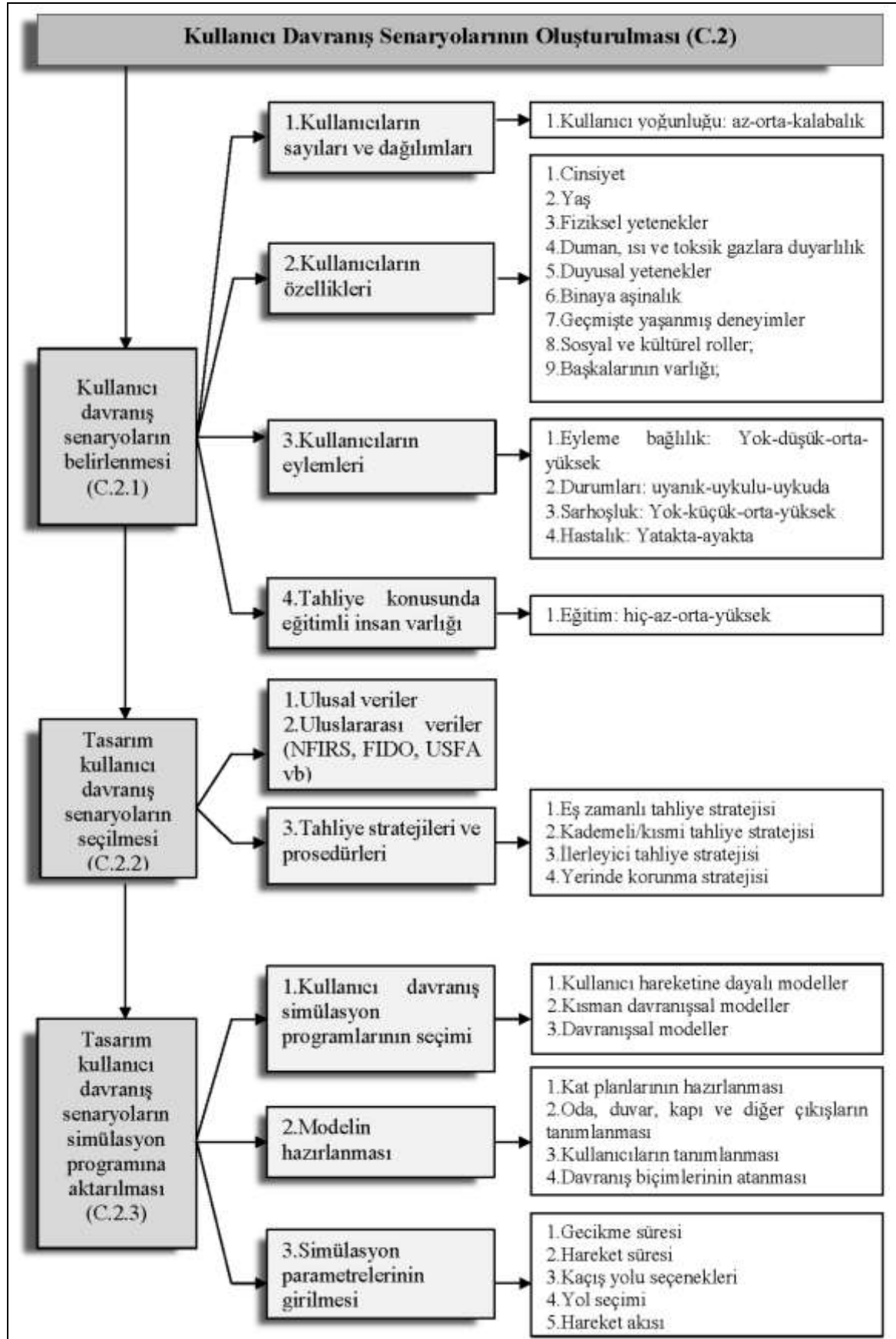
Bölge ve alan modelleri ile ilgili ayrıntılı bilgi EK 1’de detaylı olarak verilmektedir. Uygun ağ hücre sayısının belirlenmesinden sonra ortam sıcaklığı, açığa çıkan ısı oranı, yakıt yüzey alanı, birim alan başına düşen ısı oranı, reaksiyon türü, yangın çeşidi, maksimum HRR değerine ulaşma süresi ve malzeme özellikleri gibi parametrelerin programa girilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.6. Tasarım yangın senaryolarının seçimi ve simülasyon programına aktarılması alt sisteminin bileşen açılımı

Adım C'nin ikinci aşamasını oluşturan kullanıcı davranış senaryolarının oluşturulmasında (C.2) ise, kullanıcıların özellikleri, eylemleri ve kararlarının nitel bir açıklaması olarak incelenmektedir. Bu nedenle, sadece cevap verme ve tepki göstermelerini etkileyen yaş, cinsiyet, hareketlilik gibi özellikleri ile kaçış yolu seçimini etkileyen bina özellikleri gibi yapacakları tercihleri etkileyen özellikler incelenmelidir. Tasarımcı, senaryodaki kullanıcıların özelliklerini sayısallaştırmak, binada bulunan kullanıcı sayısını belirlemek, yaş ve kabiliyetleri gibi bu kullanıcıların özellikleri ile karar verme ve yönlendirme, tahliye stratejisi gibi uyması gereken kuralları tanımlamak zorundadır. Bir kullanıcı davranış senaryosunun geliştirilmesinde çeşitli veriler vardır. Bu verilerin tasarım yangın senaryosuna uygun olması gerekmektedir. Kullanıcı davranış senaryosunun oluşturulması alt sistemi; kullanıcı davranış senaryolarının belirlenmesi, tasarım kullanıcı davranış senaryolarının seçimi ve simülasyon programına aktarılması bileşenlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.7).

Tasarım yangın senaryolarının tahliye süreci üzerindeki etkisi nedeniyle tasarım yangın senaryosu ile ilişkili kullanıcı davranış senaryoları belirlenmelidir (Adım C.2.1). Kullanıcı davranış senaryolarının belirlenmesinde, belirlenen tasarım yangın senaryolarından etkilenebilecek kullanıcıları tanımlamak gerekmektedir. Kullanıcıları tanımlamak için; kullanıcı sayıları ve dağılımları, özellikleri, eylemleri ve tahliye konusunda eğitimli personelin olup olmadığı incelenmelidir. Öncelikle kullanıcı sayısı ve kullanıcıların bulundukları yerler belirlenmelidir. Kullanıcı davranış senaryoları, incelenen tasarım yangın senaryosuyla ilişkilidir, bu nedenle yangın senaryosu, kullanıcı sayısı ve söz konusu binadaki konumları hakkında bilgi vermektedir. Kullanıcı sayısı, sabit oturma alanı olan tiyatro gibi yapılarda oturma alanı sayısı gibi tasarıma dayandırılabilen gibi kalabalık mekânlarda kullanıcı yükü, izin verilen maksimum kullanıcı yükünü yansıttığında ulusal mevzuatlarda belirtilen yoğunluklara dayandırılabilir. Kullanıcının özellikleri, fiziksel ve bilişsel yetenekleri bakımından belirlenmelidir. Kullanıcıların fiziksel ve bilişsel özellikleri, bir mekânda bulunan kullanıcıların hareket kısıtlılıkları, yaşlı veya çocuk olması, sağlık durumları gibi özellikleridir. Bu faktörlerin beklenen herhangi bir kombinasyonu, kullanıcı davranış senaryosuna yansıtılmalıdır. Kullanıcıların davranışsal özellikleri, bir kullanıcının binadaki rolüne bağlı olarak değişmektedir. Bu roller kullanıcının amir, bina sahibi, ziyaretçi, müşteri, hasta veya personel olma durumlarına göre davranışsal özelliklerini etkilemektedir.



Şekil 3.7. Kullanıcı davranış senaryolarının oluşturulması alt sisteminin bileşen açılımı

Kullanıcıların ilk eylemleri, yangının ilk işaretlerini algılama yeteneklerini ve bu işaretlere cevap verme ve tepki verme sürelerini etkilemektedir. Kullanıcıların bir eyleme bağlılık derecesi veya bir eyleme odaklanma derecesi, yangının işaretleriyle ilgili farkındalıklarını ve/veya işaretlere verilen tepkileri geciktirebilir. Bu özellik kullanıcıların alışverişte ödeme için kuyrukta olup olmama gibi durumları içermekle birlikte senaryoyu etkileyecek en belirgin özellik kullanıcının uyanık olup olmamasıdır.

Eğitimli personel, kullanıcıların eylemlerini erteleterek tahliye etmeye teşvik etmekte, kullanıcıların alarmlara verdiği tepkiyi olumlu yönde etkilemekte, tahliye öncesi süreleri azaltmakta ve kullanıcıların hareket sürelerini en aza indirecek şekilde güvenli en yakın çıkışa yönlendirmektedir [94]. Bu bakımdan kullanıcı davranış senaryolarında tahliye konusunda eğitilmiş bir personelin olup olmama durumu kullanıcı davranış senaryolarının belirlenmesinde önemli bir bileşendir.

Tasarım yangın senaryolarında olduğu gibi, herhangi bir binada muhtemel kullanıcı davranış senaryolarının sayısı çok fazla olabilir ve hepsini değerlendirmek mümkün değildir. Bu senaryoların sayısının yönetilebilir bir dizi senaryoya indirgenmesi tasarım kullanıcı davranış senaryolarının seçilmesi (Adım C.2.2) gerekmektedir. Tasarımın değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulacak kullanıcı davranış senaryoları mevcut verilere ve/veya tasarımcının kararlarına göre seçilmelidir. Senaryolar en zor durumlar için belirlenmeli ve diğer alternatiflerle karşılaştırılmalıdır. Tasarımcı, bir binada çok sayıda yaşlı kullanıcı bulunduğunu varsayarken, en kötü senaryoyu seçmek adına yangın alarmına tepki süresinin geciktirebilecek algısal bir zayıflık ya da yürüme hızlarını yavaşlatacak bir hareket kısıtlılığı olduğunu düşünmelidir. Bir binanın yangın esnasında kullanılmak üzere çeşitli tahliye prosedürleri ve stratejileri mevcuttur. Kullanıcı davranış senaryolarını seçerken binanın tahliye stratejisine uygun senaryonun seçilmesi, bina kullanıcıları için gerekli güvenlik seviyesini sağlayan bir stratejidir. Binalar için hangi tahliye stratejisinin uygulanması gerektiği kesin olarak söylemek mümkün değildir. Tahliye stratejileri, binanın kullanım sınıfına, kullanıcıların özelliklerine ve tasarımın başında belirlenen yangın güvenlik hedeflerine göre belirlenmelidir. Tasarımcı, bir yangın durumunda kullanıcıların güvenliklerini etkileyebilecek eylem ve özellikleri bir kullanıcı özellikleri matrisi ile değerlendirmelidir. Kullanıcı özellikleri matrisi bina ve kullanıcılarına uygun olarak Çizelge 3.1'deki gibi düzenlenebilmektedir.

Çizelge 3.1. Örnek kullanıcı özellikleri matrisi

Özellikler	Misafir	Personel	Müşteri
Binaya aşinalık			
Eğitim			
Yaş			
Engel durumu			
Uyanık olup olmama durumu			
Sosyal grup			
Rol			

Belirlenen tasarım kullanıcı davranış senaryo özelliklerinin simülasyon programına girdi olacak şekilde sayısal verilere dönüştürülmesi ve aktarılması (Adım C.2.3) gerekmektedir. Bu adım; kullanıcı davranış simülasyon programının seçilmesi, modelin hazırlanması ve simülasyon parametrelerinin belirlenmesi bileşenlerinden oluşmaktadır. Burada amaç, kullanıcıların psikolojik ve fiziksel özelliklerinin sayısallaştırılarak simülasyon programına veri hazırlanmasıdır. Kullanıcı davranış senaryolarının simülasyon programlarına aktarılabilmesi için; kullanıcının tahliye etmeye başlamadan önceki gecikme süresi, hareket hızı, kaçış yolu seçenekleri, yol seçimi, ve hareket akışı olmak üzere 5 önemli bileşenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Analizlerin değerlendirilmesi ve yangın güvenlik amaç ve hedeflerin uygun performans gösteren tasarımların belirlenmesi alt sistemi (Adım D); tasarım yangın senaryolarının analiz edilmesi, tasarım kullanıcı davranış senaryolarının analiz edilmesi, ön tasarımın değerlendirilmesi ile ön tasarımın geliştirilmesi ve tasarım alternatiflerinin oluşturulması bileşenlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.8).

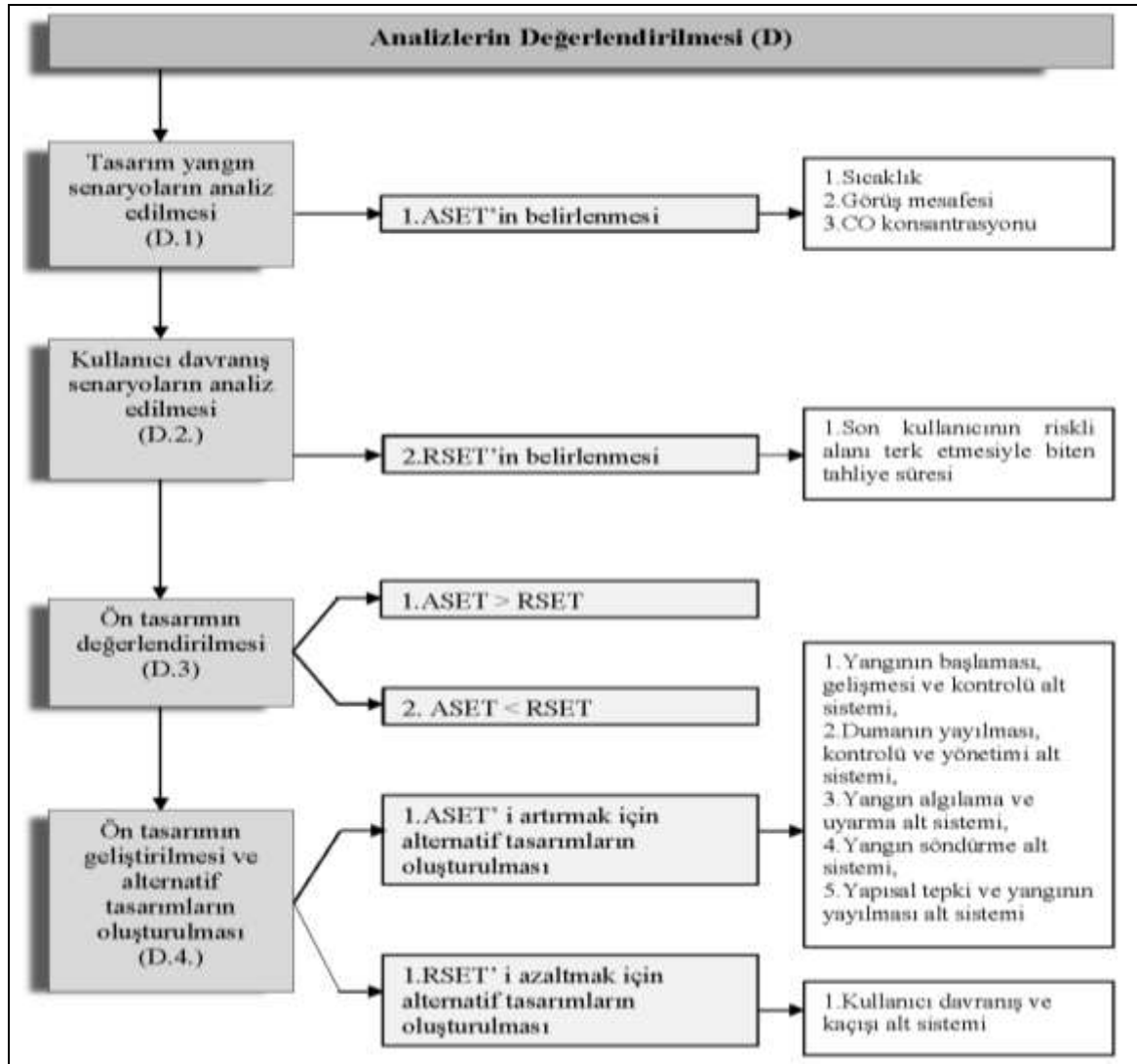
Tasarım yangın senaryolarının analiz edilmesi alt sistem bileşeninde (Adım D.1) amaç ASET değerinin belirlenmesidir. ASET, yangının başlaması ve yayılmasını kapsamaktadır. ASET değerinin tahmini, yangında oluşan zehirli gaz, duman ve sıcaklık parametrelerinin zamana göre değişim yoğunluklarının tahminini gerektirmektedir. Çünkü ASET değeri, yangının özelliğine bağlıdır, yanan ürünlerden çıkan artıklar ortamı yaşanmaz hale getirmektedir. Tasarım kullanıcı davranış senaryolarının analiz edilmesi alt sistem bileşeninde (Adım D.2) amaç; RSET' in belirlenmesidir.

Ön tasarım değerlendirilmesi alt sistem bileşeninde (Adım D.3), tasarımcı ön tasarımı, yağmurlama sisteminin aktivasyon süresini belirlemek gibi bir alt sistem düzeyinde, duman yönetim sisteminin değerlendirilmesi gibi bir sistem performansı düzeyinde veya bina performansı düzeyinde değerlendirebilmektedir. Değerlendirme sonucunda elde edilen veriler, performans kriterlerine göre karşılaştırılmaktadır. Amaç, performans kriterlerinin aşılmayacağını göstermektir. Sonuç, performans kriterlerine göre uygunsa, değerlendirilen tasarım, yangın performansını karşıladığı düşünülmektedir. Geliştirilen modelde ön tasarımın değerlendirilmesi ASET/RSET yaklaşımı ile yapılmaktadır. Modele göre, yangın durumunda binalarda yangın gelişim sürecinin izlenmesi ve en uygun kaçış ortamlarının ve sürelerinin belirlenmesi yoluyla optimum kaçış koşulları ASET değerinin belirlenmesi ile bulunmaktadır. RSET değerinin belirlenmesi ile kullanıcıların kaçış süreleri bulunmaktadır. RSET değerinin ASET değerinden kısa olması durumunda yangından güvenli kaçışın olabileceği kabul edilmektedir. RSET değerinin ASET değerinden uzun olması durumunda ise ön tasarım için iyileştirme önlemlerinin tanımlandığı alternatif tasarımlar geliştirilip bu tasarımlarla belirlenen senaryoların analiz edilmesi gerekmektedir.

Bu sürecin bir sonraki adımı ön tasarımın geliştirilmesi ve iyileştirme önlemlerine yönelik tasarım alternatiflerinin oluşturulmasıdır (Adım D.4). Ön tasarımın geliştirilmesi ve iyileştirme önlemlerine yönelik tasarım alternatiflerinin oluşturulması alt sistem bileşeni, yangın güvenlik alt sistemlerinin tasarımın performans gereksinimlerini karşılamasına yardımcı olmak için ayrı ayrı veya birlikte göz önünde bulundurulmasını amaçlamaktadır. Bu alt sistemler; yangının başlaması, gelişmesi ve kontrolü alt sistemi, dumanın yayılması, kontrolü ve yönetimi alt sistemi, yangın algılama ve uyarma alt sistemi, yapısal tepki, yangının yayılması ve kontrolü alt sistemi, kullanıcı davranış ve kaçışı alt sistemdir. Model çerçevesinde, kullanıcı davranış ve kaçışı alt sistemi, RSET değerinin azaltılmasına yönelik iyileştirme önlemleri çerçevesinde ele alınacak alt sistemdir. Diğer alt sistemler ise ASET değerinin artırılmasına yönelik iyileştirme önlemleri çerçevesinde ele alınmaktadır.

Yangının başlaması, gelişmesi ve kontrolü alt sistemi, bir yangının meydana gelmesi durumunda tutuşma olasılığını azaltmak veya büyüme oranını düşürmek için önlemlerin alınmasını gerektiren alt sistemdir. Bu bileşende tutuşmanın ortaya çıkma olasılığını azaltma amaçlanmaktadır. Duman üretimini sınırlayarak, duman hareketini kontrol ederek veya duman miktarını azaltarak duman tehlikelerinin azaltıldığı alt sistem; dumanın yayılması, kontrolü ve yönetimidir. Büyük miktarlarda duman ve zehirli gaz üreten malzemeleri

(plastik vb.) kontrol etmek veya dumanı sınırlama, dumanı tahliye etme veya basınçlandırma gibi çeşitli yöntemlerle kontrol altında tutmak ve ayrıca duman miktarını azaltmak için söndürme sistemlerinin de dâhil edildiği bileşendir. Dumanın yayılması, kontrolü ve yönetimi bileşeni, tasarım yangın büyüklüğü ve süresi üzerindeki potansiyel etkilerine ilişkin olarak söndürme sistemleri ve ayrıca duman yönetim sisteminin aktivasyon zamanını belirlemeye yardımcı olan algılama sistemleri ile de etkileşim içerisinde. Yapısal tepki, yangının yayılması ve kontrolü alt sistemi; yangını sınırlandırmak ve bir yapının tamamının veya bir kısmının erken çökmesini önleyen sistemdir. Bunlar binada alınan pasif yangın güvenlik önlemleridir.



Şekil 3.8. Analizlerin değerlendirilmesi alt sisteminin bileşen açılımı

Pasif yangın güvenlik önlemleri, yapısal bütünlüğü korumak ve yangının yayılmasını sınırlamak için alınan önlemlerdir. Yapısal bütünlük, yüksek sıcaklıklara maruz kalma ile

ilgili ısı etkilerden dolayı binanın bir kısmının veya tamamının erken çökmesini önlemek için yapısal elemanlarda gerekli korumayı belirlemek için yöntemler sunan bir alt sistemdir. Bu yöntemler ya standart yangın eğrisine ya da tasarım yangınlarıyla geliştirilen yangın eğrisine göre yapısal elemanların beklenen yangın şiddetine maruz kalmaya dayanabilecekleri şekilde tasarlanmasını gerektirmektedir. Yapısal elemanların tasarımında, yapısal eleman üzerindeki yüklenme, maruz kalma miktarı, süresi ve deformasyonun etkileri dikkate alınmalıdır. Bir yapısal elemanın özellikleri, yüksek sıcaklıklar karşısında dayanımını korumak için yeterli değilse, yapısal elemanlara koruma uygulanmakta veya yangın ve eleman arasında ısıyı azaltmak için eleman arasında bir bariyer sağlanmaktadır. Yangının yayılmasını pasif yollarla sınırlamak, yangının çıktığı alandan binanın diğer alanlarına yayılmasını önlemektedir. Birbirlerinden bağımsız olarak kullanılabilen veya birlikte entegre edilebilecek özellikleri içermektedir. Bu özellikler arasında kompartımantasyon, yangın bariyerleri, açıklıkların korunması, yangının dışa yayılmasını önleme ve yangını kontrol etme yer almaktadır. Kullanıcı davranış ve kaçışı alt sistemi ise kullanıcıların ortamın dayanılmaz koşullara ulaşmadan önce güvenli bir alana tahliye edilmesini inceleyen sistemdir. Yangın güvenlik amaç ve hedeflerini karşılamak için ön tasarım geliştirilirken, kullanıcının özellikleri ve bir yangın sırasındaki beklenen davranışları, kaçışların özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Kullanıcı davranış ve kaçışı alt sisteminde aşağıda belirtilen soruları tasarımcının gözden geçirmesi gerekmektedir;

- Kullanıcılar binaya aşına mı?
- Kullanıcılar hareketli mi? Binada uyumaları beklenir mi?
- Çocuk, bebe, hamile, yaşlı, engelli gibi hassas kullanıcılar var mı?
- Kaçış yolları yeterli mi?
- Bir yangın anında kullanıcılardan beklenen tepki nedir?
- Yangın anında kullanıcıları binayı ne kadar sürede tahliye etmesi beklenmektedir?

4. MODELİN HASTA YATAK KATI İÇİN UYGULANMASI

Aynı anda birçok işlevi bir arada barındıran hastaneler içerdiği özel kullanıcı profilleri (fiziksel ve/veya zihinsel kısıtlılıkları olabilecek insanlar) başta olmak üzere, iç örgütlenme düzenleri, yapı malzemeleri, yüzey bitiş malzemeleri, donatıları, cihazları, tesisat sistemleri açısından yangın güvenliği hususunda dikkatle yaklaşılması gereken bina tipleridir. Çocuklar, yaşlılar, hamileler, yeni doğan bebekler, engelliler, yaşam destek ünitelerine bağlı yoğun bakım hastaları gibi çeşitli kullanıcılara hizmet veren hastanelerde gerekli önlemler alınmamışsa yangın riskinin gerçekleşmesi durumunda felaket olarak nitelendirilebilecek korkunç sonuçların ortaya çıkması kaçınılmazdır [97]. Ayaktan hastalar yoğun duman ve ısı artışı olmadığı sürece uygun talimatlarla sağlıklı insanlarla aynı olmasa da binayı kendileri tahliye edebilmektedirler. Kısıtlı yürüyebilen hastalar kendine yardım edecek bir refakatçiye ihtiyaç duyacaktır. Yürüyemeyen hastalar, sedye ve tekerlekli sandalye gibi ekipmanlarla tahliye edilebilmelerine karşılık yaşam destek ünitelerine bağlı daha kompleks hastaların kısa mesafede bile yaşamlarını tehlikeye atmadan tahliyesi zordur. Bu tür hastaların mümkünse hiç hareket ettirilmemesi ya da yatay sığınma alanlarına tahliyesi gerekecektir. Özel durumlara sahip kullanıcıları barındırmasının yanında ofis, eczane, depo, ameliyathane gibi farklı işlevsel özelliklere sahip mekanlar bulundurması, tıbbi görüntüleme sistemleri, kbb ve göz üniteleri, fizik tedavi cihazları, biyokimya, moleküler biyoloji, hematoloji, genetik ve mikrobiyoloji cihazları, biyolojik sinyal izleme cihazları, hemodiyaliz cihazları, radyoterapi sistemleri, optik tıbbi cihazlar, ameliyathane ve solunum cihazları, sterilizatör ve etüv cihazları, ses ve işitme cihazları (odyometre, empedansmetre), mekanik cihazlar ve cerrahi aletler, tıbbi gaz sistemleri gibi hassas korunması gereken yüksek maliyetli sistemler, tesisatlar, tıbbi cihazlarla hizmet vermeleri, kullanılan teçhizat ve malzemeler göz önüne alındığında yoğun ve ağır bir yük taşımaları ve işlevlerini 7/24 devam ettirebilmeleri için elektrik, gaz ve su gibi kritik altyapı sistem ve hizmetlerinin kesintiye uğramaması gerektiği gibi faktörler hastane yapılarında yangın güvenliğinin oluşturulması açısından diğer yapılara oranla daha özel önlemlerin alınmasını gerektirmektedir.

Dünyada son yıllarda meydana gelen hastane yangınlarında can kayıpları olmuş, bina ve içinde bulunan pahalı cihaz ve ekipmanlar zarar görerek kullanılamaz hale gelmiştir. Bu yangınlar sonucunda hastane binaları ya tamamen ya da kısmen kullanılamaz hale gelmiştir.

Çizelge 4.1. 2001-2019 yılları arasında dünyada meydana gelmiş bazı hastane yangınları

YIL	ŞEHİR	HASTANE ADI	ÇIKIŞ NEDENİ	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
06.08.2001	Hindistan	Ramanathapuram Badasha Akıl Hastanesi	Elektrik sisteminde kısa devre	25	?
12.10.2003	Belarus	Akıl Hastanesi	Hasta kusuru	29	?
12.07.2005	Kosta Rika	Calderon Guardia Hastanesi	Kesin olmamakla birlikte gaz kaçağı	18	?
15.12.2005	Çin	Jilian-Liaoyuan Kenti'nde Bir Hastane	Bilinmiyor.	33	?
09.12.2006	Rusya	Moskova Madde Bağımlıların Tedavi Aldığı Bir Hastane	İkinci katında çıkış nedeni bilinmiyor.	45	?
09.12.2011	Hindistan	Kalküta Özel Hastanesi	Bodrum kata çıkış nedeni bilinmiyor	89	?
29.01.2012	Peru	Lima-Uyuşturucu Tedavi Merkezi	Hasta yatağının tutuşması	26	?
23.10.2012	Tayvan	Sinying Hastanesi	Bilinmiyor.	12	60
26.04.2013	Rusya	Dmitrovski-Ramnski Köyü Akıl Hastanesi	Elektrik kontağında yaşanan arıza	38	?
13.09.2013	Rusya	Novgorod-Luka Köyü Akıl Hastanesi	Yatağında sigara içen bir hasta kusuru	37	?
11.10.2013	Japonya	Ortopedik Tedavi Hastanesi	Zemin katta çıkış nedeni bilinmiyor.	10	8
28.05.2014	Güney Kore	Jangseong Bölgesi Huzurevi	Elektrik kontağı	21	8
13.10.2015	Sırbistan	Gornya Topionica Ruh Ve Sinir Hastalıkları Hastanesi	Binanın çatısında çıkış nedeni bilinmiyor.	-	11
26.01.2018	Güney Kore	Miryang' Sejong Hastanesi	Acil servisinde elektrik kablolarından çıkan kıvılcım	41	153
20.05.2019	Güney Afrika	Bheki Mlangeni Hastanesi	Ofis	-	-
13.08.2019	İtalya	Bergamo Hastanesi	Hasta yatak odasında yatağın tutuşması	1	-
22.08.2019	Fransa	Henri Mondor Hastanesi	Hasta yatak odasında çıkış nedeni bilinmiyor.	1	8
10.09.2019	Almanya	Dusseldorf Marien Hastanesi	Hasta yatak odasında elektrik kaynaklı	1	72
13.09.2019	Brezilya	Rio de Janeiro Hastanesi	Jenaratördeki kısa devre	11	?
24.09.2019	Cezayir	Al-Um Bashir bin Nasser Hastanesi	Yenidoğan bebek servisinde elektrik kaynaklı	8 (bebek)	?

Çizelge 4.2. 2001-2019 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş bazı hastane yangınları

YIL	ŞEHİR	HASTANE ADI	ÇIKIŞ NEDENİ	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
20.07.2001	Bolu	Bolu İzzet Baysal Devlet Hastanesi	Acil serviste, tomografi cihazının bulunduğu bölümde elektrik kontağı	-	-
26.04.2006	Zonguldak	Ereğli Devlet Hastanesi	Çıkış nedeni bilinmiyor.	-	-
29.06.2006	Ankara	Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi	Bodrum katta, bir sigara izmaritinin elektrik tesisatıyla temas etmesi sonucu, ana elektrik şaftı	-	-
04.10.2006	İstanbul	Şifa Hastanesi	Kazan dairesinde ısıtma cihazları	-	-
07.09.2007	Samsun	Ruh Sağlığı Ve Hastanesi	Kapalı bölümde kalan bir hastanın, çarşafını ve yatağını tutuşturması	-	3
24.03.2007	Ankara	29 Mayıs Tıp Merkezi	Hastane binasının alt katında bulunan trafonun patlaması	-	-
31.01.2008	Balıkesir	Ayvalık Devlet Hastanesi	Bodrum kattaki kalorifer kazanının bulunduğu bölgede bilinmeyen bir nedenle patlama	-	-
06.04.2008	Muş	Muş Kadın Ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi	Hastanenin kazan dairesinde çıkış nedeni bilinmiyor.	-	3
17.05.2008	Trabzon	K.T.Ü. Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi	Ek binanın çatısında, elektrik kontağı	-	-
03.07.2008	İzmir	İzmir Yeşilyurt Atatürk E.A.H.	Ameliyathanede çıkış nedeni bilinmiyor.	-	-
04.07.2008	Balıkesir	Edremit Devlet Hastanesi	Zemin kattaki elektrik panosundan yangın çıktı.	-	-
09.08.2008	İzmir	İzmir Tepecik E.A.H.	Hastane bahçesindeki trafoda yangın çıktı.	-	-
03.12.2008	İstanbul	Göztepe E.A.H.	Hastanenin kantinde elektrik kontağında yangın çıktı.	-	-
11.03.2009	Gaziantep	Gaziantep Çocuk Hastanesi	Hastanenin bodrum katında bulunan elektrik trafoları	-	-
27.05.2009	İstanbul	İstanbul Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	Hastanenin çatısında onarım yapıldığı sırada kaynaktan	-	-
26.05.2009	Bursa	Bursa Şevketiye Yılmaz Devlet Hastanesi	Hastanenin 2.zemin katındaki radyoloji servisinin kayıt bölümünde, elektrik kontağı	8	?

Çizelge 4.2. (devam) 2001-2019 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş bazı hastane yangınları

YIL	ŞEHİR	HASTANE ADI	ÇIKIŞ NEDENİ	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
09.08.2009	İstanbul	Özel Çapa Hastanesi	Hastanenin asansör boşluğunda çıkış nedeni bilinmiyor.	-	-
18.08.2009	Manisa	Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi	Hastane'nin dâhiliye bölümünde ki elektrik tesisatının kısa devre yapması	-	-
28.09.2009	Adana	Özel Adana Hastanesi	Hastanenin arşiv katında elektrik kontağı	-	-
16.10.2009	İstanbul	Kartal Eğitim Ve Araştırma Hastanesi	Onkoloji ve Göz Bölümlerinin havalandırma boşluğunda çıkış nedeni bilinmiyor.	-	-
21.10.2009	İstanbul-Heybeliada	Heybeliada Sanatoryum Hastanesi	Hastanenin üst katında çıkış nedeni bilinmiyor.	-	-
25.10.2009	İstanbul	Marmara Üniversitesi Hastanesi	Hasta kayıt ve kan alma ünitesinde elektrik kontağı.	-	-
11.01.2010	İzmir	Dr. Behçet Uz Çocuk Hastalıkları Hastanesi	Santral odasında çıkış nedeni bilinmiyor.	-	-
12.01.2010	İstanbul	Zeynep Kamil Kadın Ve Çocuk Hastalıkları E.A.H.	Hastanenin çatı katında çıkış nedeni bilinmiyor.	-	-
07.02.2010	İstanbul	Süreyyapaşa Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Hastalıkları E.A.H.	Hastanenin çatı katında çıkış nedeni bilinmiyor.	-	-
07.02.2010	Bursa	Ali Osman Sönmez Onkoloji Hastanesi	Kazan dairesinde sistemin aşırı ısınması	-	-
04.04.2010	Karabük	Karabük Devlet Hastanesi	Kulak burun boğaz servisinin odyometre cihazının monitör kısmında meydana gelen kısa devre	-	-
16.04.2010	Bursa	Bursa Devlet Hastanesi	Hastanenin elektrik panosunun kısa devre yapması	-	-
25.05.2010	Manisa	Özel 8 Eylül Hastanesi	Sızıntı yapan oksijen tüpünün patlaması	-	3
21.09.2010	Bursa	Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi	Çatı katında izolasyon çalışması yapılması sırasında	-	-
15.10.2010	Konya	Konya Numune Hastanesi	Hastalardan biri odasındaki yatağı ateşe vermesi	-	-

Çizelge 4.2. (devam) 2001-2019 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş bazı hastane yangınları

YIL	ŞEHİR	HASTANE ADI	ÇIKIŞ NEDENİ	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
19.12.2010	Yozgat	Bozok Kadın Doğum Çocuk Hastanesi	Kalorifer dairesinde çıkış nedeni bilinmiyor.	-	-
02.01.2011	Antalya	Akdeniz Üniversite Hastanesi	Hastanenin havalandırma boşluğundan sigara izmariti atılması sonucu kağıt ve naylon parçalarının tutuşması	-	-
12.01.2011	Sivas	Sivas Numune Hastanesi	Numune Hastanesi C Bloktaki polikliniklerin alt katında bulunan güç kaynağının kablo ve plastik aksamının yanması	-	-
25.01.2011	İstanbul	Bahçelievler'de Özel Bir Hastane	12.katta elektrik kontağı	-	-
26.01.2011	İstanbul	Medikal Park Hastanesi	Havalandırma kanallarının montajı sırasında plastik malzemelerin tutuşması	-	-
05.02.2011	İstanbul	İstanbul Tıp Fakültesi Hastanesi	Hastane çalışanı elindeki sigarayla uykuya dalınca kâğıtların tutuşması	-	-
29.05.2011	İstanbul	Özel Erdem Hastanesi	Çatıda izolasyon çalışmaları yapılırken, pütmüz cihazıyla izolasyon malzemeleri eritilip yapıştırılırken yangının çıkması	-	-
05.08.2011	Muğla	Bodrum Devlet Hastanesi	Hastane bahçesinde kuru ot ve ağaçların tutuşması	-	-
29.09.2011	İstanbul	Gaziosmanpaşa Devlet Hastanesi	İnşaatına devam edilen hastanenin dış cephe kaplaması sırasında yapılan kaynaktan dolayı yangının çıkması	-	-
08.12.2011	Van	Van Askeri Hastanesi	Jeneratör odasında elektrik kontağından yangının çıkması	-	-
15.01.2012	İstanbul	Özel Amerikan Hastanesi	Hastanenin makine dairesinde çıkan yangın.	-	-
27.01.2012	İstanbul-Silivri	Silivri Devlet Hastanesi	Hastanenin zemin katında ki arşiv odasında elektrik kontağı kaynaklı yangın	-	-
02.02.2012	İstanbul	Ümraniye E.A.H.	Çocuk Acil Bölümü'ndeki klimadaki elektrik kontağından	-	-

Çizelge 4.2. (devam) 2001-2019 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş bazı hastane yangınları

YIL	ŞEHİR	HASTANE ADI	ÇIKIŞ NEDENİ	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
04.02.2012	Bursa	Şevket Yılmaz E.A.H.	Hastanenin zemin katındaki depoda, televizyondan kaynaklı	-	-
25.02.2012	Ağrı	Doğubayazıt Doç. Dr. Yaşar Eryılmaz Devlet Hastanesi	Hastanenin çatı katında bilinmeyen bir nedenden dolayı çıkan yangın	-	-
28.06.2012	Şanlıurfa	Viranşehir Devlet Hastanesi	Hastanenin ikinci katında yoğun bakım ünitesinde bilinmeyen bir nedenden dolayı	-	-
13.09.2012	İstanbul	Süreyyapaşa Göğüs Hastalıkları Ve Göğüs Cerrahisi E.A.H.	Hastanenin C Blok zemin kattaki bilgi işlem ünitesinde elektrik kontağı	-	-
13.09.2012	Zonguldak	Ereğli'de Özel Bir Hastane	Hastane deposunda elektrik kontağı kaynaklı	-	9
20.09.2012	Muğla	Ortaca'da Özel Bir Hastane	Hastanenin bodrum katında bulunan elektrik panosunda	-	-
20.10.2012	İstanbul	İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	Trafonun patlaması	-	-
17.11.2012	İstanbul	Kartalda Özel Bir Hastane	Klimaların bulunduğu bölümde izmarit atılması	-	-
03.03.2013	İzmir	Konakta Özel Bir Hastane	Birinci kattaki laboratuvarında yangın çıktı.	-	-
01.05.2013	Bursa	İnegöl Devlet Hastanesi	Hastane bahçesinde bulunan geçici evsel ve tıbbi atıkların tutuşması	-	-
21.06.2013	Giresun	Giresun Devlet Hastanesi	Bodrum katta bulunan kazan dairesinde elektrik panosundan	-	-
01.08.2013	Diyarbakır	Özel Veni Vidi Hastanesi	Bodrum katında henüz tespit edilemeyen bir nedenden dolayı	-	-
04.09.2013	Şanlıurfa	Siverek 200 Yataklı Devlet Hastanesi	İtfaiye ekipleri ile güvenlik güçleri yaptığı incelemeye göre, zemin katta bulunan çöplerin tutuşmasıyla	-	-
16.11.2013	İstanbul	Gaziosmanpaşa'da Özel Bir Hastane	Kabloların kısa devre yapması	-	-
14.02.2014	Elâzığ	Eğitim Ve Araştırma Hastanesi	Ameliyathanede bilinmeyen bir nedenden dolayı	-	-

Çizelge 4.2. (devam) 2001-2019 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş bazı hastane yangınları

YIL	ŞEHİR	HASTANE ADI	ÇIKIŞ NEDENİ	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
19.04.2014	Hatay	Mustafa Kemal Üniversitesi A.U.H.	Yoğun bakım servisinde tahmini olarak elektrik kontağından	-	-
02.05.2014	Manisa	Moris Şinasi Uluslararası Çocuk Hastanesi	Yeni doğan Yoğun Bakım ünitesindeki bir kuvözde elektrik arızası	-	-
14.05.2014	Ankara	Ankara Ulus Devlet Hastanesi	Hastanenin yoğun bakım ünitesinde hastanın solunum cihazının alev almasıyla hasta yatağının tutuşması	1	-
13.07.2014	Diyarbakır	Özel Bir Hastane	Hastanenin çatı katında tadilat sırasında	-	-
08.06.2014	İstanbul	Bakırköy Dr. Sadi Konuk E.A.H.	3. katındaki bilişim odasında elektrik kaynaklı	-	-
10.08.2014	Ağrı	Doğubayazıt'ta Özel Bir Hastane	Hastanın yatakları ateşe vermesi	-	1
02.09.2014	Kilis	Kilis Devlet Hastanesi	Hastanenin çatı katında bilinmeyen bir nedenden dolayı	-	-
19.09.2014	İzmit	İzmit Seka Devlet Hastanesi	Hastanenin jeneratöründe elektrik kontağı	-	-
23.09.2014	Trabzon	Akçaabat'ta Özel Bir Hastane	Hastanenin 4. katında, elektrik panosunda	-	-
14.10.2014	Afyon	Özel Bir Hastane	Hastanenin 5.katında cerrahi aletlerin sterilizasyonunda kullanılan bir cihaz olan etilen oksit odasında plastik aksamaların yanması	-	-
23.10.2014	Ankara	İbni Sina Hastanesi	Acil servis girişine yakın bölmede gaz sıkışmasından dolayı patlama	-	1
24.10.2014	İstanbul	İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi	Hastanenin ikinci katında atık malzemelerin tutuşması	-	-
28.10.2014	İstanbul	Üsküdar Devlet Hastanesi	Hastanenin 4. katında bilinmeyen bir nedenden dolayı	-	-
18.11.2015	Adıyaman	Adıyaman Gölbaşı Devlet Hastanesi	Hidrofor deposunda meydana gelen patlama	1	-

Çizelge 4.2. (devam) 2001-2019 yılları arasında Türkiye’de meydana gelmiş bazı hastane yangınları

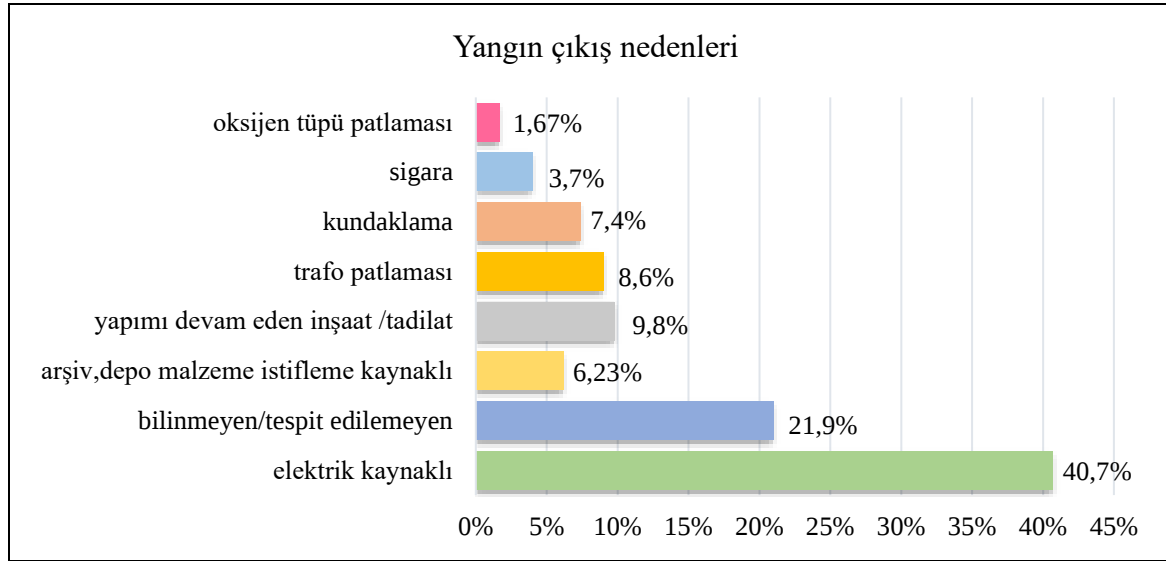
YIL	ŞEHİR	HASTANE ADI	ÇIKIŞ NEDENİ	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
09.07.2017	Adana	Adana Ruh Sağlığı ve Sinir Hastalıkları Hastanesi	Hastanenin 6. katında tek kişilik odalardan birinde hasta yatağının tutuşması	1	-
08.10.2017	Diyarbakır	Diyarbakır Gazi Yaşargil Eğitim Araştırma Hastanesi Ek Binası	İkinci katında elektrik panosu	-	181
01.01.2018	Rize	Rize Devlet Hastanesi	Çocuk acil servisindeki elektrik panosu	-	-
14.04.2018	Bursa	Bursa Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi Dörtçelik Ruh ve Sinir Hastalıkları Hastanesi	Binanın son katında yer alan yemekhanenin bacasında çıkmıştır.	-	-
05.04.2018	İstanbul	Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi	2. bodrum katta bulunan morg girişi karşısındaki atık cam şişe kumbarasına atılan sigara izmariti	-	?
20.10.2018	Samsun	Samsun Ruh Sağlığı ve Sinir Hastalıkları Hastanesi	Hastanenin 5. Katında tek kişilik odalardan birinde hasta yatağının tutuşması	-	7
29.12.2018	Karaman	Karaman Devlet Hastanesi	Çatı katında tadilat çalışması sırasında kaynak makinesinden sıçrayan kıvılcım	-	6
08.12.2019	İzmir	Dr. Suat Seren Göğüs Hastalıkları ve Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi	Bilinmiyor	-	-

Dünyada ve Türkiye’de 2011-2019 yılları arasında basına yansımış hastane yangınları ve sonuçlarında ölü ve yaralı sayısı

Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmektedir. Can kaybı ve yaralanmaların direkt yangın ya da yangından kaynaklanan binanın çökmesi nedeniyle değil, kullanıcıların maruz kaldıkları duman ve zehirli gazlar dolayısıyla olduğu görülmektedir.

Yangınların çıkma nedenlerine ilişkin yüzdeler Şekil 4.1’de verilmektedir. Bu yüzdeler basına yansımış Türkiye’de gerçekleşen yangınlar göz önünde bulundurularak

hazırlanmıştır. Elde edilen grafiğe göre, yangının çıkmasında elektrik kaynaklı nedenler % 40,7'lik bir yüzde ile ön sıradadır. Bilinmeyen/tespit edilemeyen durumundaki yangınlar %21,9'luk, yapımı devam eden veya tadilat esnasında çıkan yangınlar % 9,8'lik, trafo patlaması % 8,6'luk, kundaklama % 7,4'lük, arşiv, depo malzemelerinin istiflenmesinden kaynaklı yangınlar % 6,23'lük, sigara % 3,7'lik, oksijen tüpü patlaması % 1,67'lik oranda yangına sebebiyet vermektedir.



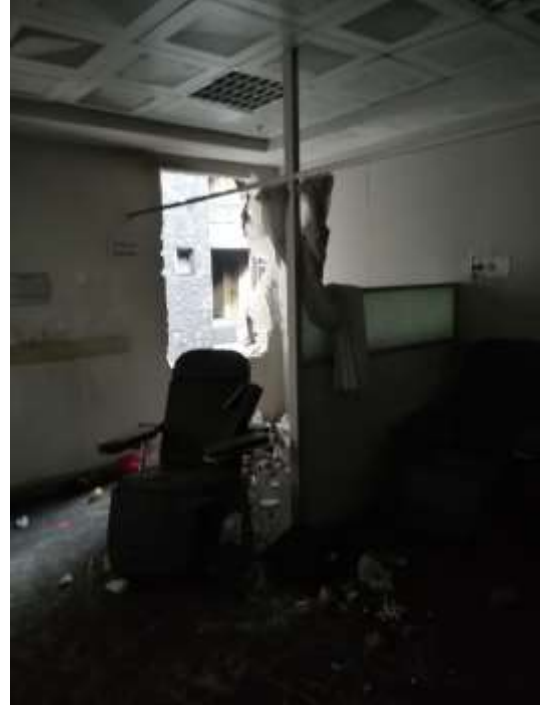
Şekil 4.1. Yangın çıkış nedenleri (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Hastanelerde meydana gelebilecek bir yangının ve bunun yol açacağı can, mal ve işletme kaybının neden olacağı ekonomik zararın yanında, sosyal etki de oldukça yüksek olmaktadır. Hastane yangınlarından Türkiye’de basında en büyük yankı bulan yangın olayı 05.04.2018 yılında gerçekleşen Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi yangınıdır. Olayda can kaybı yaşanmamasına rağmen, bir yangının ülkenin gündemini değiştirebilecek bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Yangın, 2. bodrum katta bulunan morg girişi karşısındaki evsel atık konteynırlarının arkasındaki atık cam şişe kumbarasına, atılan veya düşürülen ateş kaynağının kumbaranın etrafındaki çöpleri tutuşturmasıyla başlamıştır. Çöplerin tutuşmasıyla kısa sürede yayılan yangın, hastane cephesinde uygulanan giydirme cephelerde kullanılan malzemelerin tutuşmasıyla tüm cepheye yayılmıştır. Yangın, bu cephedeki pencere ve kapı gibi açıklıklardan iç mekanlara ilerleyerek bu cepheye bakan hasta odalarını, doktor odalarını, koridorları, bu odalarda bulunan ofis malzemelerini, tıbbi cihazları ve dokümanları tutuşturmuş ve yangının oluşturduğu duman, ameliyathane gibi tam

steril olması gereken iç mekanlara kadar ilerleyerek hastane iç mekan hava kalitesini olumsuz olarak etkilemiş ve hastane kullanılamaz hale gelmiştir [97].



(a)



(b)

Resim 4.1. a) Yangının cepheye sirayet etmesi b) İç mekânlara yayılması (yazar arşivinden)

Türkiye’de 2003 yılından beri sağlık sektöründe yaşanan en önemli gelişmelerden biri, Sağlık Bakanlığı’nın “Sağlıkta Dönüşüm Programı” çerçevesinde yurt çapında yürüttüğü sağlık yapıları yatırımlarıdır. Bu program çerçevesinde, yeni sağlık yapıları inşa edildiği gibi çok sayıda sağlık yapısı planlama aşamasındadır. Mevcut binalar ise ülkemizde yürürlükte bulunan güncel mevzuatlara göre özellikle BYKHY (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik) çerçevesinde tadilat ve onarım ihtiyaçları karşılanmaktadır. Ancak bu süreç ilerlerken, gerek yeni binaların tasarım aşamasında gerekse de tadilat ve onarımlar ile BYKHY hükümlerine uygun hale getirilmeye çalışılan mevcut binalarda başta kaçış mesafelerinin sağlanması ve hasta yatak katlarında kompartımanların oluşturulması gibi hükümler tasarım aşamasında tasarımcıyı zorlamakta tasarımın değişmesine yol açmaktadır. Sağlık yapılarının gelişim sürecinde, tasarım eğilimi en fazla iki hastanın kaldığı bireysel hasta odalarına ve doktor odası, hemşire odası, yatak, çarşaf, yastık gibi ekipmanların saklanacağı depolar olmak üzere daha fazla işleve sahip daha geniş koridorlara doğru kaymaktadır. Bu eğilim ile hasta odalarında ve koridorlarda daha yüksek yangın riskleri ortaya çıkmakta ve muhtemelen daha az güvenli kaçış süresine yol açmaktadır. Ayrıca bütçe

kısıtlamaları ve eğitimli personel azlığı gibi nedenlerle özellikle gece ve hafta sonları personelin kısıtlı kullanımı söz konusudur. Hastanelerde, farklı servisler için hastaların durumu ve özellikleri de değişmektedir. Kompleks hastalar diğer hastalara göre acil bir durumda mevcut görevliye tamamen bağımlıdır. Bu hastaları tahliye hazırlarken diğer hastalara göre daha fazla ekipmanın sökülüp takılması gerekmektedir. Daha az görevli sayısı ve hareket kısıtlılığı fazla olan hastalarda artış ve hastane binalarının yüksek katlı inşa edilip hasta yatak katlarının hastaların düşey tahliyesinin kolay yapılamayacağı yüksek katlarda bulunması gerekli güvenli kaçış süresinin artmasına neden olacaktır. Bu nedenlerden dolayı Bölüm 3’de performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımı için geliştirilen model, halen yürürlükte olan mevzuatların tasarım kriterlerini barındıran yeni inşaatı tamamlanmış bir devlet hastanesinin hasta yatak katı için uygulanmakta hastaların ve personelin can güvenliğinin sağlanmasına yönelik hasta yatak katında yangın gelişim sürecinin izlenmesi ve en uygun kaçış ortamlarının ve sürelerinin belirlenmesi yoluyla optimum kaçış koşullarının tasarımına yönelik önlemlerin hasta yatak katı için geliştirilmesi, geliştirilen önlemlerin performans analizleriyle etkisinin değerlendirilmesi ve uygulanabilir çözümlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Böylece çalışmanın ülke genelinde planlanan ve yapımı devam eden hastanelerde hasta yatak katlarının aynı mekan tipolojisi göstermesinden dolayı hastane binalarına yangın güvenliği tasarımında ışık tutacağı düşünülmektedir.

4.1. Projenin Tanımlanması



Resim 4.2. Çalışma alanı olarak seçilen hastane binası

Modelin ilk alt sistem bileşeni olan projenin tanımlanmasında (Adım A) projenin kapsamı, yangın güvenliği amaç ve hedefleri belirlenmektedir. Çalışmada güncel mevzuata uygun olarak Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı tarafından 2018 yılında Ankara’da yapımı tamamlanmış bir devlet hastanesi ele alınmaktadır.

Çizelge 4.3. Bina kimlik ve katlara göre mahal bilgileri

Bina Adı	DEVLET HASTANESİ		
Bina Yeri	ANKARA		
Bina Yüksekliği	34,00 m. - BYKHY Madde 4./h (Binanın kot aldığı noktadan saçak seviyesine kadar olan mesafe veya imar planında ve bu Yönetmelikte öngörülen yükseklik)		
Yapı Yüksekliği	36,90 m. - BYKHY Madde 4./bbb (Bodrum katlar, asma katlar ve çatı arası piyesler dâhil olmak üzere, yapının inşa edilen bütün katlarının toplam yüksekliği)		
Kullanım Amacı	Hastane – Sağlık Hizmeti Amaçlı Bina		
Bina Taşıyıcı Sistemi	Ana Strüktür Betonarme Sistem		
Yapı Tehlike Sınıfı	Orta Tehlike Sınıfı - <i>BYKHY EK-1B</i>		
Yükseklik Sınıfı	Yüksek Bina - BYKHY Madde 4./ccc (Bina yüksekliği 21.50 m’den, yapı yüksekliği 30.50 m’den fazla olan binalar)		
Yapı Kullanım Sınıfı	Sağlık Hizmeti Amaçlı Binalar - BYKHY Madde 11./b (Bedensel veya zihinsel bir hastalığın veya yetersizliğin tedavisinin veya bakımının yapıldığı veya 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 bölümlerini kapsar. 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.)		
Bina Katları	Bloklar	Alan (m ²)	Katta Yer Alan Mekanlar
Zemin Kat	A1 Blok	717,05	Poliklinikler, Elektrik Odası
	A2 Blok	955,44	Poliklinikler
	A3 Blok	717,05	Poliklinikler, Elektrik Odası
	B1 Blok	218,90	Merdiven, Kat Holü, Asansör
	B2 Blok	557,53	Röntgen, Ultrason, Tomografi, Mamografi, Kafeterya
	B3 Blok	322,16	Kat Holü, Kafeterya, Elektrik Odası, Laboratuvar
	B4 Blok	546,35	Laboratuvarlar, Doktor Odası, Teknisyen Odası
	B5 Blok	299,13	Servis Holü, Asansör, Merdiven, Klima Santrali
	TOPLAM ALAN	4.333,61	
1. Kat	A1 Blok	717,05	Poliklinikler, Eforlu Ekg, Elektrik Odası
	A2 Blok	786,50	Kat Holü, Bilgi İşlem, Elektrik Odası, Poliklinik
	A3 Blok	717,05	Poliklinikler
	B1 Blok	218,90	Merdiven, Kat Holü, Asansör
	B2 Blok	557,53	Mutfak, Mescit, Personel Soyunma
	B3 Blok	322,16	Kat Holü, Abdest Alma, Elektrik Odası, Bekleme
	B4 Blok	546,35	Yemekhane, Kan Alma, Doktor Odası, Elektrik Odası, Kolonoskopi, Endoskopi
	B5 Blok	777,29	Servis Holü, Asansör, Merdiven, Medikal Depo, Erzak Depo, Servis Avlusu, Teknik Merkez, Su Arıtma

Çizelge 4.3. (devam) Bina kimlik ve katlara göre mahal bilgileri

	C1 Blok	705,99	Sığınak, Morg, Gasilhane, Merasim Holü, Sığınak Jeneratörü, Sığınak Klima Santrali, Elektrik Odası
	C2 Blok	1.050,83	Elektrik Odası, Mekanik Oda, Teknik Atölye, Sterilizasyon, Çamaşırhane, Otopsi, Doktor Odası
	TOPLAM ALAN	6.399,65	
Bina Katları	Bloklar	Alan (m ²)	Katta Yer Alan Mekanlar
2. Kat	A1 Blok	343,08	Başhekim, Başhekim Yardımcıları, Elektrik Odası
	A2 Blok	535,70	İdare Ofisleri, Fuaye
	A3 Blok	342,65	Konferans Salonu, Depo
	B1 Blok	218,90	Merdiven, Kat Holü, Asansör
	B2 Blok	557,53	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B3 Blok	322,16	Kat Holü, Elektrik Odası, Gündüz Odası, Muayene Odası,
	B4 Blok	546,35	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B5 Blok	218,90	Kat Holü, Asansör, Merdiven
	C1 Blok	715,87	Hemodiyaliz, Bayan Müşahade, Bay Müşahade, Doktor Odası, Personel Odası, Elektrik Odası, Depo
	C2 Blok	1.257,82	Pediyatri Müşahade, Röntgen, Dekontaminasyon, Sarı Alan ve Yeşil Alan Muayeneler, Kafeterya, Acil Bekleme, Elektirik Odası
	TOPLAM ALAN	5.058,96	
3. Kat	A1 Blok	-	
	A2 Blok	-	
	A3 Blok	-	
	B1 Blok	218,90	Merdiven, Kat Holü, Asansör
	B2 Blok	557,53	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B3 Blok	322,16	Kat Holü, Elektrik Odası, Gündüz Odası, Muayene Odası,
	B4 Blok	546,35	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B5 Blok	218,90	Kat Holü, Asansör, Merdiven
	C1 Blok	705,99	Yoğun Bakım, Doktor Odası, Personel Odası, Elektrik Odası, Depo
	C2 Blok	1.050,83	Elektrik ve UPS Odası, Yoğun Bakım Bekleme, Yenidoğan Yoğun Bakım, Yenidoğan Ameliyathane, İzolatör, Anne Oteli, SDL Üniteleri, Doktor Odası
	TOPLAM ALAN	3.620,66	
4. Kat	A1 Blok	-	
	A2 Blok	-	
	A3 Blok	-	
	B1 Blok	218,90	Merdiven, Kat Holü, Asansör
	B2 Blok	557,53	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B3 Blok	322,16	Kat Holü, Elektrik Odası, Gündüz Odası, Muayene Odası,
	B4 Blok	546,35	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B5 Blok	218,90	Kat Holü, Asansör, Merdiven
	C1 Blok	705,99	Ameliyathaneler, Hasta Hazırlık, Bekleme Salonu, Depo

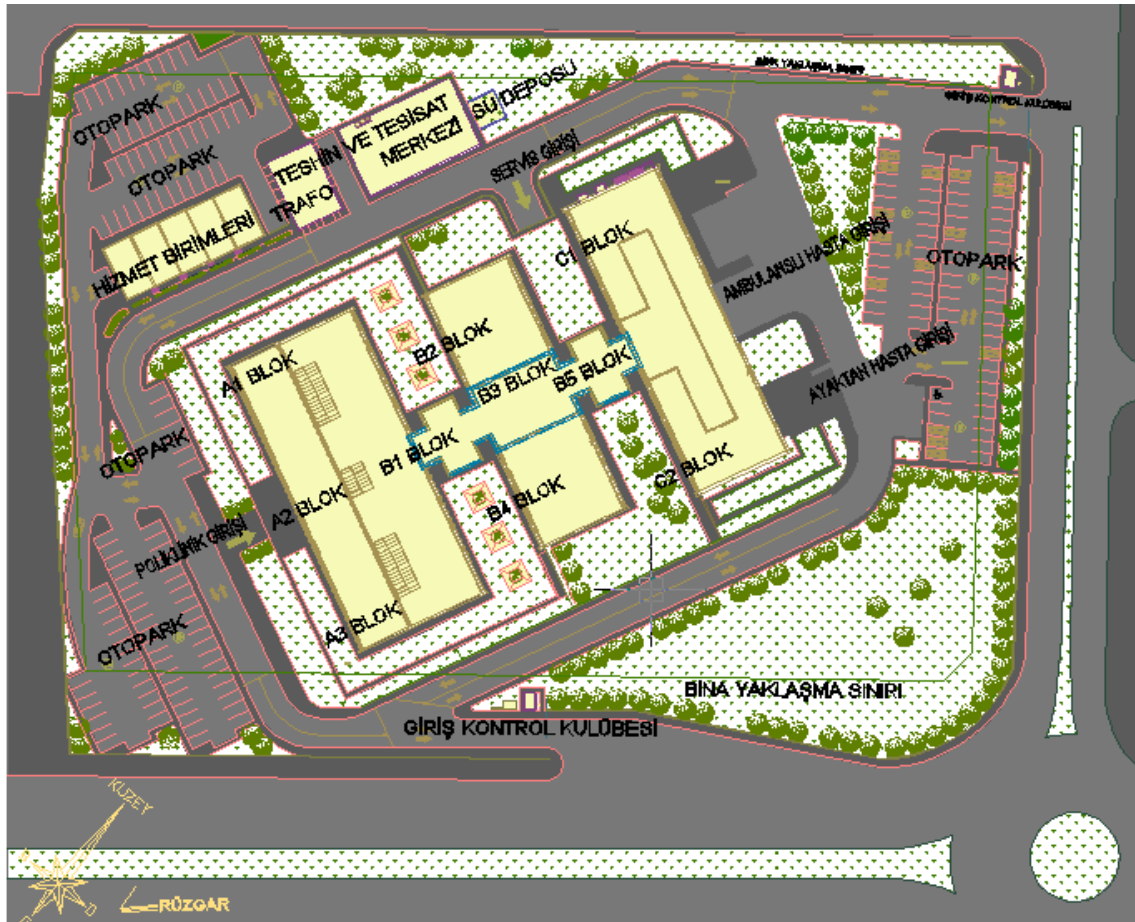
Çizelge 4.3. (devam) Bina kimlik ve katlara göre mahal bilgileri

	C2 Blok	1.050,83	Ameliyathaneler, Hasta Ayılma, Doktor Odası, Hemşire Odası, İzolatör ve UPS Odası, Depo, Elektrik Odası
	TOPLAM ALAN	3.620,66	
	B1 Blok	218,90	Merdiven, Kat Holü, Asansör
	B2 Blok	557,53	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
Bina Katları	Bloklar	Alan (m ²)	Katta Yer Alan Mekânlar
4. Kat	B3 Blok	322,16	Kat Holü, Elektrik Odası, Gündüz Odası, Muayene Odası,
	B4 Blok	546,35	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B5 Blok	218,90	Kat Holü, Asansör, Merdiven
	C1 Blok	705,99	Ameliyathaneler, Hasta Hazırlık, Bekleme Salonu, Depo
	C2 Blok	1.050,83	Ameliyathaneler, Hasta Ayılma, Doktor Odası, Hemşire Odası, İzolatör ve UPS Odası, Depo, Elektrik Odası
	TOPLAM ALAN	3.620,66	
5. Kat	A1 Blok	-	
	A2 Blok	-	
	A3 Blok	-	
	B1 Blok	218,90	Merdiven, Kat Holü, Asansör
	B2 Blok	557,53	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B3 Blok	322,16	Kat Holü, Elektrik Odası, Gündüz Odası, Muayene Odası,
	B4 Blok	546,35	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B5 Blok	218,90	Kat Holü, Asansör, Merdiven
	C1 Blok	140,32	Mekanik Tesisat Odası
	C2 Blok	374,36	Mekanik Tesisat Odası, Elektrik Odası
	TOPLAM ALAN	2.378,52	
6. Kat	A1 Blok	-	
	A2 Blok	-	
	A3 Blok	-	
	B1 Blok	218,90	Merdiven, Kat Holü, Asansör
	B2 Blok	557,53	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B3 Blok	322,16	Kat Holü, Elektrik Odası, Gündüz Odası, Muayene Odası,
	B4 Blok	546,35	Hasta Odaları, Hemşire İstasyonu
	B5 Blok	218,90	Kat Holü, Asansör, Merdiven
	C1 Blok	-	
	C2 Blok	-	
	TOPLAM ALAN	1.863,84	
Çatı Katı	A1 Blok	-	
	A2 Blok	-	
	A3 Blok	-	
	B1 Blok	218,90	Asansör Makine Dairesi, Arşiv
	B2 Blok	-	

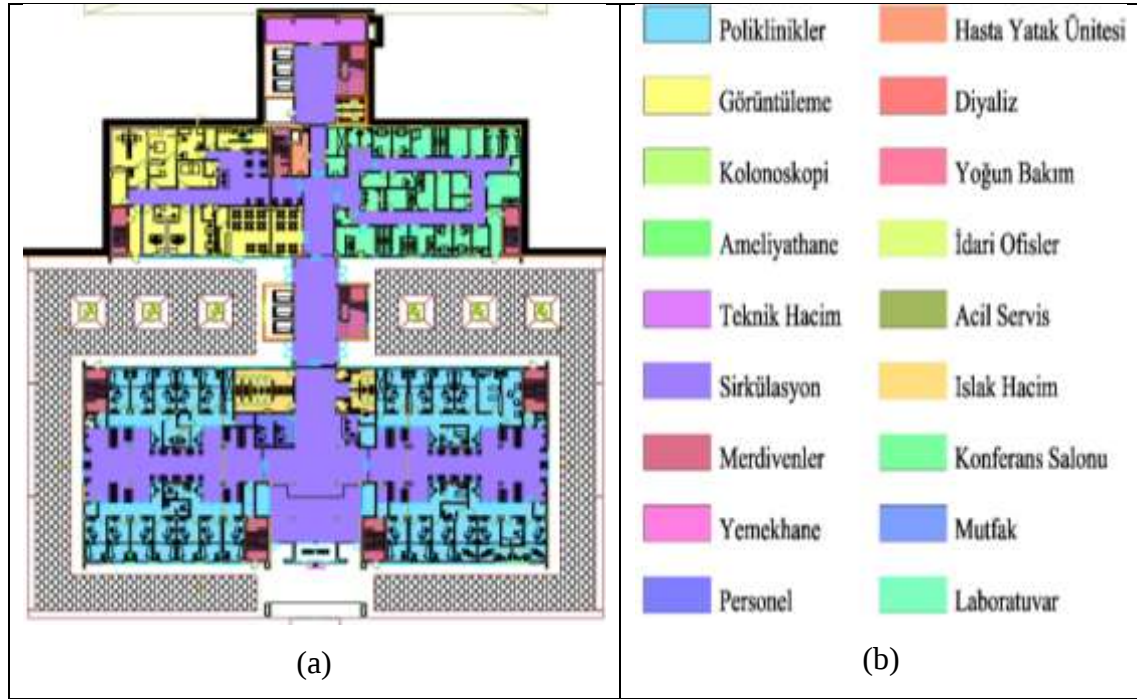
Çizelge 4.3. (devam) Bina kimlik ve katlara göre mahal bilgileri

B3 Blok	322,16	Mekanik Tesisat Odası, Arşiv, Merdiven
B4 Blok	-	
B5 Blok	218,90	Kat Holü, Asansör, Merdiven
C1 Blok	-	
C2 Blok	-	
TOPLAM ALAN	759,96	

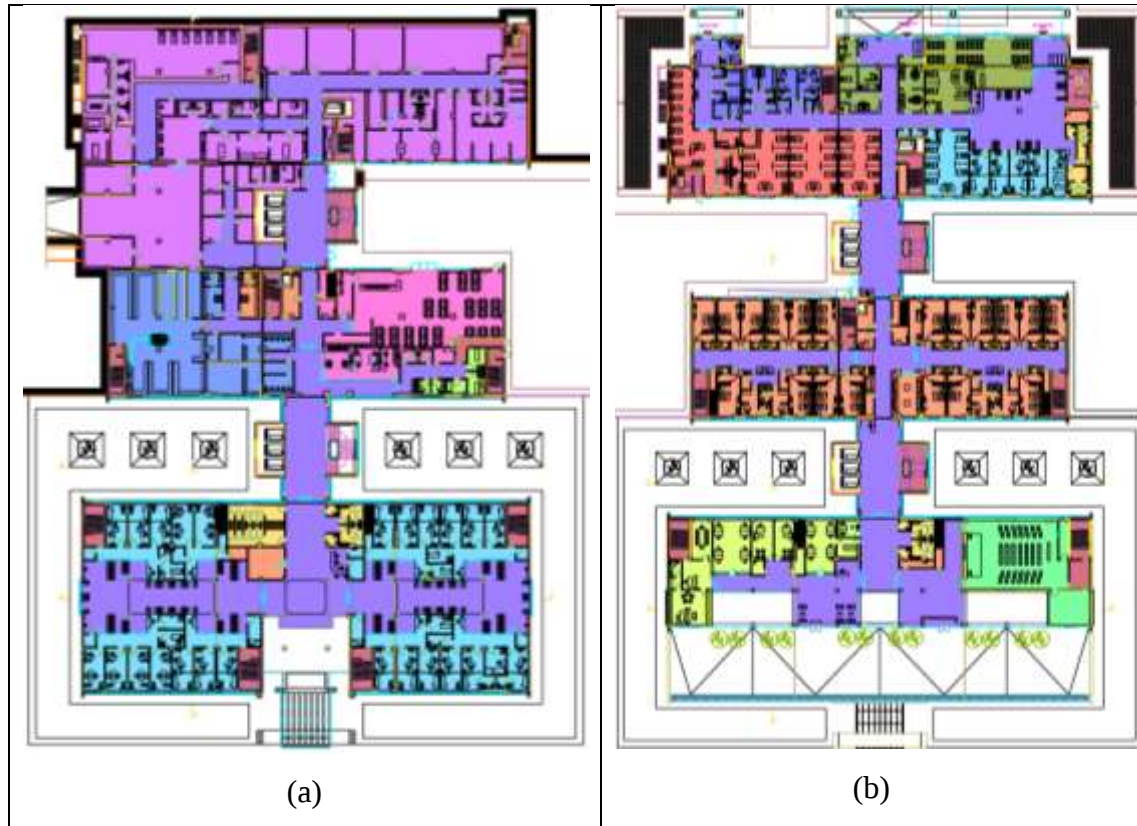
Bu hastane binası, 40,000 m² alan üzerine kurulu olup toplam inşaat alanı 28,170 m²'dir. A1-A2-A3-B1-B2-B3-B4-B5-C1 ve C2 olmak üzere 10 bloktan oluşmuş olup 120 yataklıdır. Hastane binasının B2 ve B4 bloklarının 2.3.4.5. ve 6. katlarını hasta yatak katlarını oluşturmaktadır. Çalışma alanı olarak seçilen hastaneye ait temel bilgiler Çizelge 4.3' te verilmektedir.



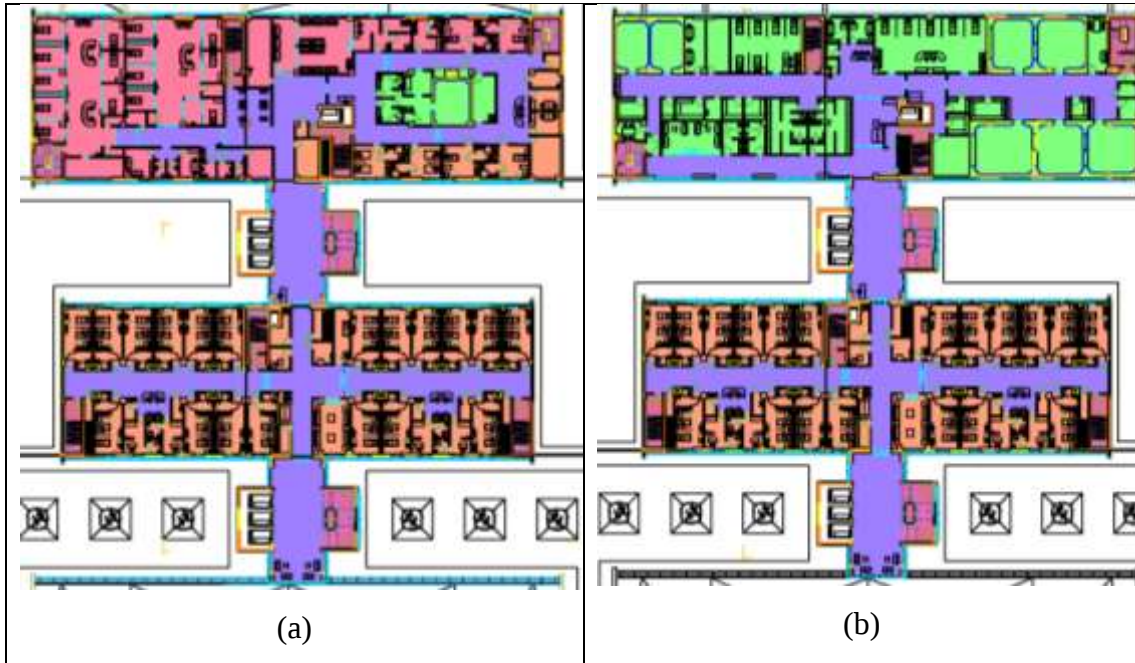
Şekil 4.2. Vaziyet planı



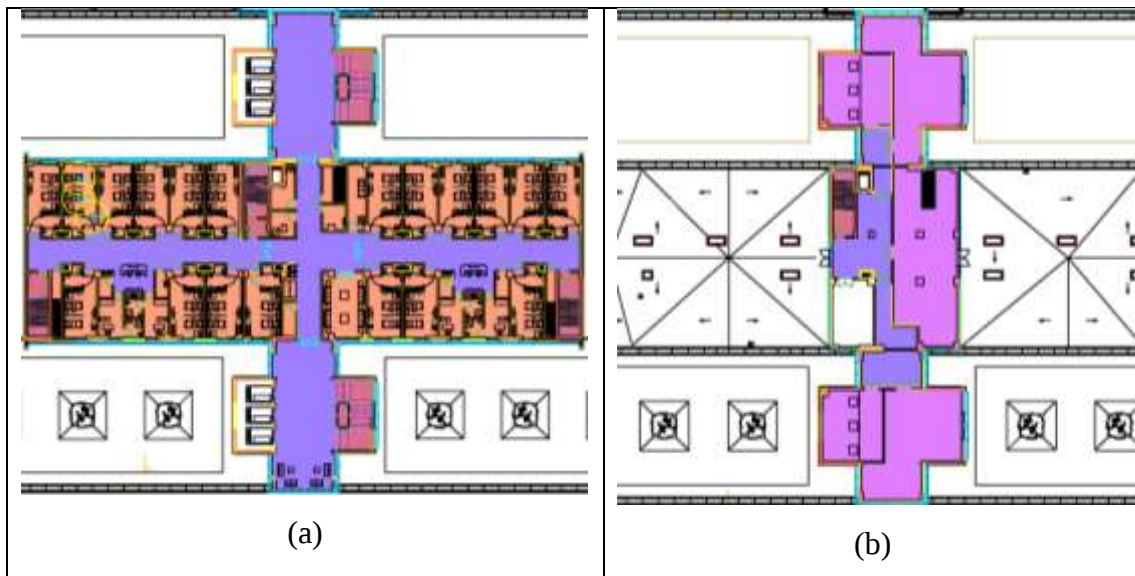
Şekil 4.3. a) Zemin kat planı ve işlevsel analizler b) Lejant



Şekil 4.4. a) 1. kat planı, b) 2. kat planı ve işlevsel analizleri

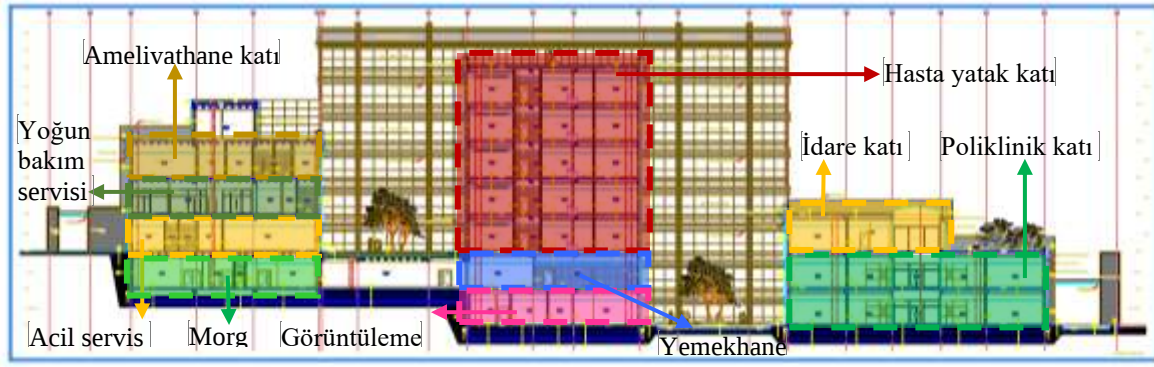


Şekil 4.5. a) 3.kat planı, b) 4. kat planı ve işlevsel analizler



Şekil 4.6. a) 5. ve 6. kat planı, b) 7.kat planı ve işlevsel analizler

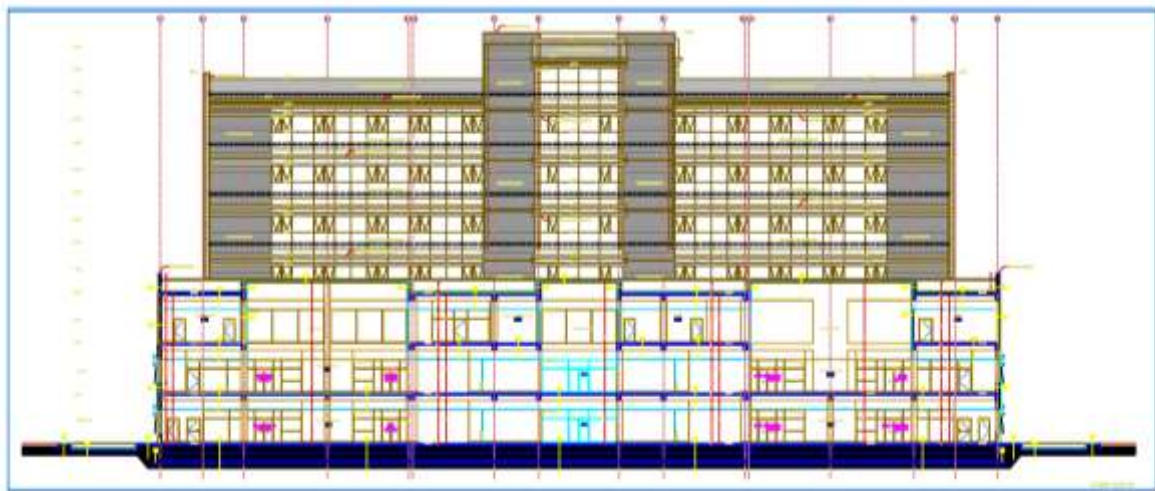
Hastanede 4,35 m. olarak tasarlanan kat yükseklikleri asma tavan kullanımıyla temiz 3,40 m' ye düşmektedir. Binanın en yüksek bloğu hasta yataklarının bulunduğu B bloğudur. Diğer bloklara 4. kata kadar dış cephesi cam cephe kaplama olan bir koridor ile bağlanılmaktadır. Bina cephelerinde, alüminyum giydirme cephe, taş yünü ile mantolama, cephe boyası, mekanik montaj traverten kaplama, ahşap görünümlü alüminyum kompozit panel kullanılmıştır.



Şekil 4.7. A-A kesiti



Şekil 4.8. B-B kesiti



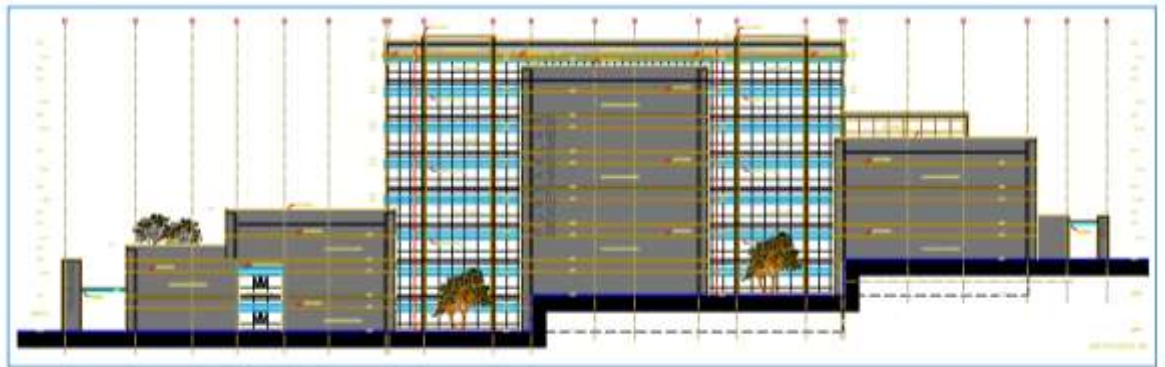
Şekil 4.9. C-C kesiti



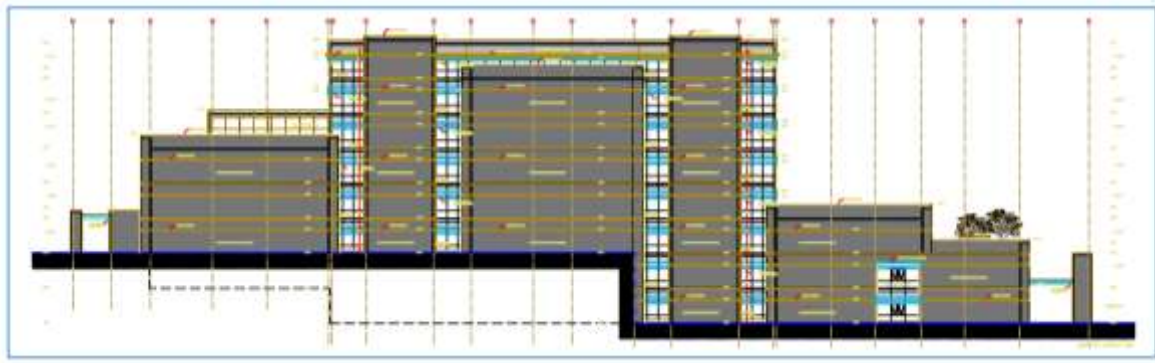
Şekil 4.10. Ön cephe



Şekil 4.11. Arka cephe



Şekil 4.12. Sağ yan cephe



Şekil 4.13. Sol yan cephe

Hastaneler, BYKHY 'nin kurumsal binalar çerçevesinde tanımladığı sağlık hizmeti amaçlı yapılar sınıfında yer almaktadır [27]. BYKHY' nin 11. maddesi 'sağlık hizmeti amaçlı binaların bedensel veya zihinsel bir hastalığın veya yetersizliğin tedavisinin veya bakımının yapıldığı veya 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 bölümlerini kapsadığından hastaneler, huzurevleri, çocuk bakım ve rehabilitasyon merkezleri, dispanserler ve benzeri yerlerin bu sınıfa girdiğinden' bahsetmektedir.

Çizelge 4.4. Bina ve yangın tehlike sınıfları

BİNA SINIFLARI VE YANGIN TEHLİKE SINIFLARI (BYKHY EK-1/B)			
Mahal Adı	Kullanım Türü	Bina Sınıfı	Tehlike Sınıfı
Otoparklar	Çeşitli	Depolama amaçlı Tesisler	Orta Tehlike - 2
Ofisler	Çeşitli	Büro Binaları	Orta Tehlike - 1
Laboratuvarlar	Çeşitli	Sağlık Amaçlı Binalar	Orta Tehlike - 2
Hasta Yatak Odaları	Çeşitli	Sağlık Amaçlı Binalar	Orta Tehlike - 1
Yemekhaneler - Kantinler	Çeşitli	Toplanma Amaçlı Binalar	Orta Tehlike - 1
Konferans Salonu	Çeşitli	Toplanma Amaçlı Binalar	Orta Tehlike - 4
Tesisat Mahalleri	Çeşitli	---	Orta Tehlike - 3

BYKHY EK – 1/B'ye göre hastaneler orta tehlikeli yapı sınıfına girmelerine rağmen söz konusu binanın içerisinde yer alan alt işlevleri analiz edildiğinde yangın açısından yüksek risk bölgesi oluşturan laboratuvar, tıbbi gaz depoları, eczane, yüksek basınç odası, trafo

merkezi, vb. mekânlar bulundurmaktadır. Bu çerçevede binada yapılan işlevsel analize göre yangın tehlike sınıfı mahalleri Çizelge 4.4'te verilmektedir.

Hastane binaları, teknolojik yapısı ve mimari anlamdaki karmaşıklıklarının yanı sıra, aynı zamanda kullanıcıların farklı özellikler göstermesi bakımından da önemli yapılardır. Hastane binaları temel olarak üç topluluğa hizmet etmektedir. Bunlar; hastalar, hastaların yakınları ve hastalara hizmet eden (doktor, hemşire, hasta bakıcı, teknik personel) sağlık personelleridir. Çizelge 4.5'te hastane binalarının kullanıcıları gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Hastane binaların kullanıcıları

Hastane Binalarının Kullanıcıları			
Hastane personeli	Hastalar		Hasta yakınları ve ziyaretçiler
Doktorlar, hemşireler, tıbbi sekreterler, sağlık teknisyenleri, teknik personel, idari personel, temizlik görevlileri, hasta bakıcılar vb.	Çocuk, bebek, yaşlı, hamile, zihinsel yetersizliğe sahip kişiler, tamamen yatağa bağlı veya yaşam destek ünitesine bağlı kişiler		
	Ayakta tedavi gören hastalar	Yatarak tedavi gören hastalar	

Çalışmada modelin uygulanılacağı alan hasta yatak katı olarak ele alınmaktadır. Hastane yapılarında yangın güvenliğini sağlamada 3 temel amaç belirlenmektedir [98].

- Can güvenliğinin sağlanması; hasta, hasta yakını ve hastane çalışanlarının can güvenliğini korumak,
- Yatırımın korunması; hastaneye ait yatırım ve donanımın zarar görmesini önlemek,
- İşleyişin korunması; sağlık kurumunun faaliyetlerini her durumda kesintisiz sürdürebilmesini sağlamaktır.

Doktora çalışmasının kapsamına yatırımın korunması, işleyişin korunması, tarihi koruma vb. yangın güvenliği amaçları dahil edilmemektedir. Projenin yangın güvenliği amacı; hastaların ve hastalara yardım eden görevlilerin yangına bağlı yaralanmalarını en aza indirerek ve can kaybını önleyerek bina kullanıcılarının can güvenliğini sağlamaktır. Yangın

güvenlik hedeflerinin ve performans kriterleri can güvenliğinin sağlanması amacı doğrultusunda belirlenmektedir. Hedefler, belirlenen amaçların özelleştirilmiş halidir. Projenin yangın güvenliği hedefi, kullanıcıların can güvenliğini, görevlilerin arama ve kurtarma faaliyetlerini yürütmede yangının yerini belirleme ve kontrol etmede yardımcı olacak koşulları sağlamak için yangının çıktığı hasta yatak katında hastaların ve görevlilerin yangına ve yan ürünlerine (duman, sıcaklık, zehirli gaz vb.) maruz kalmasının engellenmesi gerekmektedir. Bunun için hastaların yangının çıktığı hasta yatak katından kaçış yollarının yangının oluşturduğu dayanılmaz koşullara ulaşmadan önce güvenli ve hızlı bir şekilde ayrılmasını, güvenli bir yere ulaşmalarını sağlamak, yangının ve dumanın yayılmasını sınırlandırmak gerekmektedir. Bu doğrultuda; bir yangın durumunda hasta yatak katının yangın gelişim süreci izlenmeli, uygun kaçış ortamlarının, sürelerinin ve optimum kaçış koşullarının belirlenmesi gerekmektedir.

4.2. Performans Kriterlerinin Belirlenmesi

İkinci alt sistem bileşeni olarak performans kriterlerinin belirlenmesi (Adım B), tasarım hedeflerinin tasarımın performansının değerlendirilebileceği değerlere dönüştürülmesidir. Yangın esnasında can güvenliğinin tehlikeye girmesi yüksek sıcaklıklara, zehirli ve tahriş edici gazlara, düşük oksijen seviyelerine ve dumana maruz kalmaktan kaynaklanmaktadır. Kullanıcı çok yüksek sıcaklıklara veya yüksek yoğunluklarda duman veya zehirli gazlara maruz kalırsa, yaralanma veya ani ölümler olmaktadır. Can güvenliği için performans kriterleri, yangının çıktığı alandan kullanıcıların kaçış yollarında yaralanmasına neden olabilecek duman ve ısı etkilerine maruz kalmayacakları optimum koşulların sağlanacağı bir tasarım oluşturacak şekilde belirlenmektedir. Bu kriterler, yangında kullanıcıların maruz kalabileceği özel duyarlılık sınır değerleri şeklindedir. Bu sınır değerler aynı zamanda hasta yatak katının optimum kaçış koşullarını belirlemektedir. Çalışma için duyarlılık sınır değerleri zeminden 2 metre yükseklikte değerlendirilmektedir. Analiz edilen parametreler; sıcaklık, CO yoğunluğu ve görüş mesafesi olarak belirlenmektedir. Görüş mesafesi, genel olarak ortamın dayanılmaz koşullara ulaşmasındaki ilk tehlike parametresidir. Bu kriterler için Bölüm 2.3.4' te anlatılan değerlerden yararlanılmaktadır ve Çizelge 4.6'da gösterilmektedir. Kullanıcıların hasta olduğu göz ardı edilmemelidir. Bu bakımdan duyarlılık sınır değerleri; görüş mesafesinde sınır değer 10 m sıcaklık için sınır değer 60 °C, CO yoğunluğunun sınır değeri 1400 ppm seçilmektedir.

Çizelge 4.6. Can güvenliği için performans kriterleri

Duyarlılık parametreleri	Duyarlılık sınır değerler
Görüş Mesafesi	10 m.'nin altına düşmemelidir.
CO Konsantrasyonu	1400 ppm
Sıcaklık	60 °C
Tüm değerler 2 m yükseklikten alınacaktır.	

4.3. Tasarım Yangın Senaryolarının Oluşturulması

ASET ve RSET değerlerinin belirlenmesine yönelik senaryolarının oluşturulması alt sistem bileşeni (Adım C), tasarım yangın senaryolarının oluşturulması ve tasarım kullanıcı davranış senaryolarının oluşturulması alt sistemlerinden oluşmaktadır. ASET ve RSET değerlerinin belirlenmesine yönelik senaryolarının oluşturulması alt sistem bileşeninin ilk aşaması olan tasarım yangın senaryolarının oluşturulması alt sistemi (Adım C.1) kapsamında; hasta yatak katı için potansiyel yangın senaryolarının belirlenmesi, tasarım yangın senaryoların seçimi ve tasarım yangın senaryolarının simülasyon programına aktarılması ele alınmaktadır.

4.3.1. Potansiyel yangın senaryolarının belirlenmesi

Potansiyel yangın senaryolarının belirlenmesi (Adım C.1.1) için öncelikle hasta yatak katının özellikleri, bu katta bulunan kullanıcıların özellikleri ve olası meydana gelebilecek yangın özellikleri analiz edilmelidir. Hasta yatak katının özellikleri; mimari özellikleri, yangın yükü, yapısal bileşenler, yangından korunma sistemleri, yapı hizmet ve süreçler, çalışma özellikleri, itfaiye müdahale olanakları ve çevresel özellikler bakımından ele alınmalıdır.

Hasta yatak katlarını oluşturan B2 ve B4 bloklarından B2 bloğundaki hasta yatak katlarının alanı her katta 650, 92 m² olup 10'ar adet çift kişilik hasta odası, hemşire odası, doktor odası, elektrik odası ve ilaç deposu bulunmaktadır (Şekil 4.14). B4 bloğundaki hasta yatak katlarının alanı ise her katta 559,03 m² olup 9'ar adet çift kişilik hasta odası, hemşire odası, doktor odası, elektrik odası ve ilaç deposu bulunmaktadır. Her iki blokta iki adet yangın merdiveni bulunmaktadır. Her iki blok arasındaki lobide elektrik odası, depo, sedye ve tekerlekli sandalye parkı, gündüz odası, muayene odası, temizlik odası, mekanik shaft alanı ve kat ofisi bulunmaktadır. Hasta yatak odaları 4,15×7,15×3,40 (h) boyutlarındadır. Hasta

odalarından koridora 1,10×2,20 boyutlarında kapı açılmaktadır. Kompartımandaki koridorun boyutları ise 28,42×3×3,4 (h)'dir. Hasta odaları ayrı bir yangın kompartımanı değildir, ancak hiçbir hasta odasından diğer bir odaya kapı açık olmadığı sürece duman sızamayacağı varsayılmaktadır. Hasta yatak katında bulunan mekânlarda uygulanan duvar, döşeme, tavan, kapı ve pencerede kullanılan malzemeleri Çizelge 4.7'de verilmektedir.

Çizelge 4.7. Hasta yatak katında bulunan mekânların yapı elemanlarının malzemeleri

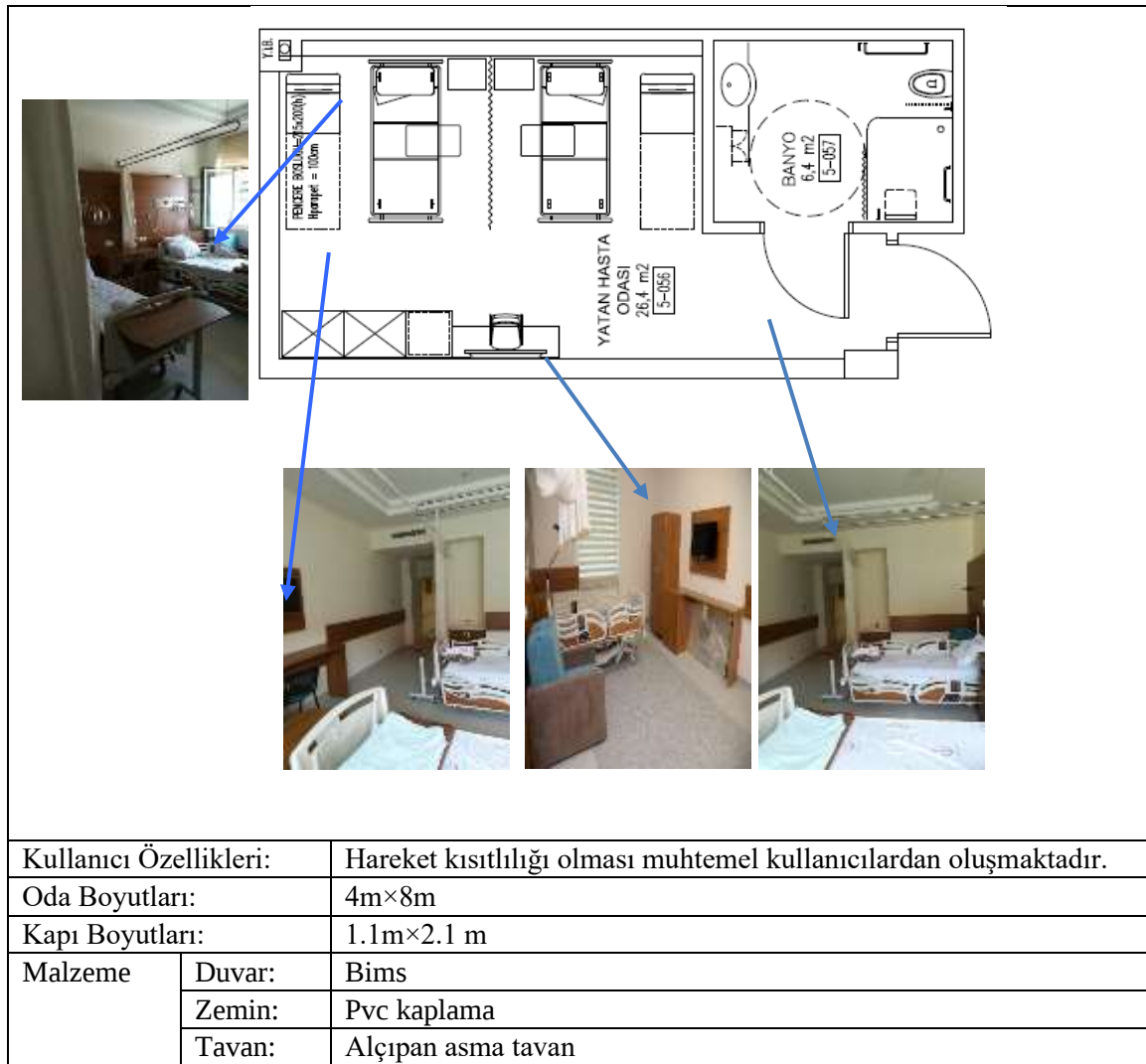
Mekânlar	Yapı elemanları	Malzemeler
Hasta yatak odaları	Duvar	Bims+kaba sıva+ saten alçı + antibakteriyal boya
	Döşeme	Tesviye betonu+şap+ 2 mm pvc kaplama
	Tavan	Alçıpan asma tavan+antibakteriyal boya
	Kapı	Laminant kaplı kapı
	Pencere	Alüminyum silikon giydirme cephe
Banyo+wc	Duvar	Bims+ sıva+ 30×30 seramik kaplama
	Döşeme	Tesviye betonu+sürme yalıtım+şap+30×30 seramik kaplama
	Tavan	Alüminyum asma tavan
	Kapı	Laminant kaplı kapı
	Pencere	-
Hemşire odası	Duvar	Bims+kaba sıva+ saten alçı + antibakteriyal boya
	Döşeme	Tesviye betonu+şap+ 2mm pvc kaplama
	Tavan	Alçıpan asma tavan+antibakteriyal boya
	Kapı	Laminant kaplı kapı
	Pencere	Alüminyum silikon giydirme cephe
Kat ofisi	Duvar	Bims+kaba sıva+ saten alçı + antibakteriyal boya
	Döşeme	Tesviye betonu+şap+ 2mm pvc kaplama
	Tavan	Alçıpan asma tavan+antibakteriyal boya
	Kapı	Laminant kaplı kapı
	Pencere	-
Doktor odası	Duvar	Bims+kaba sıva+ saten alçı + antibakteriyal boya
	Döşeme	Tesviye betonu+şap+ 2mm pvc kaplama
	Tavan	Alçıpan asma tavan+antibakteriyal boya
	Kapı	Laminant kaplı kapı
	Pencere	Alüminyum silikon giydirme cephe
Hemşire odası	Duvar	Bims+kaba sıva+ saten alçı + antibakteriyal boya
	Döşeme	Tesviye betonu+şap+ 2mm pvc kaplama

Çizelge 4.7. (devam) Hasta yatak katında bulunan mekanların yapı elemanlarının malzemeleri

Mekânlar	Yapı elemanları	Malzemeler
Hemşire odası	Tavan	Alçıpan asma tavan+antibakteriyal boya
	Kapı	Laminant kaplı kapı
	Pencere	Alüminyum silikon giydirme cephe
Koridor	Duvar	Bims+kaba sıva+ saten alçı + antibakteriyal boya
	Döşeme	Tesviye betonu+şap+ 2mm pvc kaplama
	Tavan	Alçıpan asma tavan+antibakteriyal boya
	Kapı	Laminant kaplı kapı
	Pencere	Alüminyum silikon giydirme cephe
Gündüz odası	Duvar	Bims+kaba sıva+ saten alçı + antibakteriyal boya
	Döşeme	Tesviye betonu+traverten kaplama
	Tavan	Alçıpan asma tavan+antibakteriyal boya
	Kapı	Laminant kaplı kapı
	Pencere	Alüminyum silikon giydirme cephe
Hol	Duvar	Bims+kaba sıva+ saten alçı + antibakteriyal boya
	Döşeme	Alçıpan asma tavan+antibakteriyal boya
	Tavan	Alçıpan asma tavan+antibakteriyal boya
	Kapı	Laminant kaplı kapı
	Pencere	Alüminyum silikon giydirme cephe
Mekanik shaft alanı	Duvar	Sıva+plastik boya
	Döşeme	Tesviye betonu+Terrazo karo kaplama
	Tavan	Tavan sıvası+plastik boya
	Kapı	Yangın kapısı
Elektrik odası	Duvar	Sıva+plastik boya
	Döşeme	Tesviye betonu+Terrazo karo kaplama
	Tavan	Tavan sıvası+plastik boya
	Kapı	Yangın kapısı
	Pencere	-
Temizlik odası	Duvar	Bims+ sıva+ 30×30 seramik kaplama
	Döşeme	Tesviye betonu+sürme yalıtım+şap+30×30 seramik kaplama
	Tavan	Alüminyum asma tavan
	Kapı	Laminant kaplı kapı
	Pencere	-
Yangın merdiveni	Duvar	Sıva+plastik boya
	Döşeme	Tesviye betonu+Terrazo karo kaplama
	Tavan	Tavan sıvası+plastik boya
	Kapı	Yangın kapısı

Hasta yatak katlarında bulunan mahallerin döşeme, duvar ve tavan kaplama malzemelerinin yangının yayılmasına ihmal edilebilir katkı sağlayan malzemeler olduğu görülmektedir. Hasta odalarında bulunan yatak, masa, dolap, koltuk gibi mobilyalar yangın yüküne önemli katkıda bulunmaktadır. Yangın yükü yoğunluğu olarak literatürde hastane yapıları için 300 MJ/m² olarak verilmektedir (Çizelge 2.16) çalışmada da bu değerler göz önünde bulundurulmaktadır.

Çizelge 4.8. Hasta yatak odası özellikleri



Banyo-wc' ler, asansör ve servis boşlukları, kat elektrik odaları, yangın güvenlik holleri, hasta yatak odaları ve yangın merdivenleri hariç hastanenin tamamı otomatik yağmurlama sistemi ile korunmaktadır. Elektrik odaları ise gazlı söndürme sistemi ile korunmaktadır. Hastane binasında, algılama ve uyarı sistemi tümüyle adreslenebilir özellikte yapılmıştır. Binada ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirmeyi düzenleyerek kontrol eden ortam

konforunun sağlanması için HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning) sistemi bulunmaktadır. Bunun için koridorda 3 adet emiş fanı, 3 adet üfleme fanı bulunmaktadır. Emiş ve üfleme fanlarının yerleri mekanik projesi esas alınarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. B2 ve B4 hasta yatak katı ve B2 bloğu HVAC sisteminin yerleşimi

Hastane binasının hasta yatak katı 7/24 saat hizmet vermektedir. Hasta personeli gündüz ve gece vardiyası olarak çalışmaktadır. Gece, personel sayısı azalmaktadır (Çizelge 4.9). Bir yangın durumunda itfaiye ekipleri binaya her yönden erişebilmektedir. İtfaiye ekiplerinin müdahalesi ise alarmin verilmesinden 15 dakika sonra olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Yangının dışa yayılımı bu çalışma kapsamı dışında olduğundan binanın bitişik binalara olan mesafesi incelenmemektedir.

Hasta yatak katlarında hastaların özelliklerinin incelenmesi yangının hangi hasta yatak katında çıktığının kararının verilmesinde etkili olmaktadır. Söz konusu çalışma için 12.06.2019 tarihinde örnek hastanede yerinde gözlem ve birim sorumlularıyla görüşme yapılmıştır. Yerinde gözlem ve görüşmelerdeki veriler 12.06.2019 tarihi itibarıyla

Çizelge 4.9'da verildiği gibidir. Yatak katlarında bulunan hastaların bulundukları katlara göre özellikleri incelendiğinde 2. katta göz-kbb servisinde yatan hastalar bulunmaktadır. Göz-kbb servisinde yatan hastaların %100'ünde hareket kısıtlaması bulunmamaktadır.

Çizelge 4.9. Hasta yatak katlarında bulunan kullanıcıların özellikleri

Kat	Servis	Kullanıcı Özellikleri			Görevli Sayısı			
		Yaş Ort	Cinsiyet	Hareket kısıtlaması	Gündüz		Gece	
					Hemşire	Personel	Hemşire	Personel
6. Kat	Palyatif bakım	60-65	%60 Erkek %40 Kadın	Hasta yatağı ile hareket ettirilebilmektedir.	4	2	3	1
5. Kat	Cerrahi	70-60	%70 Erkek %30 Kadın	Bir kısmı tekerlekli sandalye ile hareket edebilmektedir.	2	1	1	1
4. Kat	Dahiliye	50-65	%65 Erkek %35 Kadın	Bir kısmı tekerlekli sandalye ile hareket edebilmektedir	3	2	1	1
4. Kat	Ortopedi	50-60	%30 Erkek %70 Kadın	Tekerlekli sandalye ve hasta yatağı ile hareket edebilmektedir	3	1	1	1
3. Kat	Kadın doğum	30-40	%100 Kadın	Bir kısmı tekerlekli sandalye ile hareket edebilmektedir	2	1	1	1
3. Kat	Fizik tedavi	50-85	%30 Erkek %70 Kadın	-	2	1	1	1
2. Kat	Göz KBB	70-80	%50 Erkek %50 Kadın	-	2	1	1	1

3. katta fizik tedavi servisinde yatan hastalar bulunmaktadır. Bu hastaların herhangi bir hareket kısıtlaması bulunmayıp tahliye sırasında bir personele ihtiyaç duymamaktadırlar. 3. kat kadın doğum servisi olup bu serviste bulunan kadın hastaların cerrahi işlemden çıktıktan sonra hareket kısıtlaması olup, tekerlekli sandalye ile personel yardımıyla hareket edebilmektedirler.

4. kat ortopedi servisinde yatan hastaların hareket kısıtlaması olup tekerlekli sandalye, hasta yatağı ya da sedye ile hareket ettirilebilen hastalardır. 4. kat dahiliye servisinde yatan hastaların bir kısmında hareket kısıtlaması bulunmazken diğer bir kısmı ise tekerlekli sandalye ile tahliye edilebilmektedirler. 5. kat cerrahi servisinde yatan hastalar cerrahi işlemden çıktıktan sonra tekerlekli sandalye ile personel yardımıyla hareket edebilmektedirler. 6.kat palyatif bakım servisinde bulunan hastalar 3. derece yoğun bakımdan çıkmış, evde bakıma hazırlanan ya da son dönem kanser hastalarından oluşmaktadır. Hareketleri hasta yatağı ya da sedye ile mümkündür. Bir yangın durumunda en az 2 personelin yardımına ihtiyaç duymaktadırlar. Buna göre, hareket kabiliyeti en az olan hasta grubunun 6.katta palyatif bakım bölümünde bulunan hastalar olduğu gözlemlenmiştir.

Hasta yatak katında farklı mahallerde çeşitli madde ve/veya eşya bulunmaktadır ve bunlar yangın durumunda potansiyel birer yakıttır. Bu eşya/maddeler farklı yanma ürünleri üreten birkaç farklı malzemenin karışımından oluşmaktadır. Potansiyel yangın senaryoları belirlenirken ele alınan hasta yatak katında yangın çıkabilecek mahaller ve olası tehlike kaynakları belirlenmelidir. Böylelikle yangın özelliklerinin ilk parametreleri olan yangının çıkacağı mahal ve tutuşma kaynağı belirlenmiş olacaktır.

Çizelge 4.10'da yangın çıkabilecek mekânlar ve olası tehlike kaynakları gösterilmektedir. Hasta odalarında bulunan medikal cihazların dağınık elektrik kabloları, hemşire odasında bulunan oksijen tüplerinin güvenli bir şekilde tutturulmaması, doktor odasında açık elektrik buatlarının bulunması ve hemşire odasında yetersiz ısınmadan dolayı kullanılan açık alevli elektrik sobaları olası yangın tehlike kaynaklarıdır.

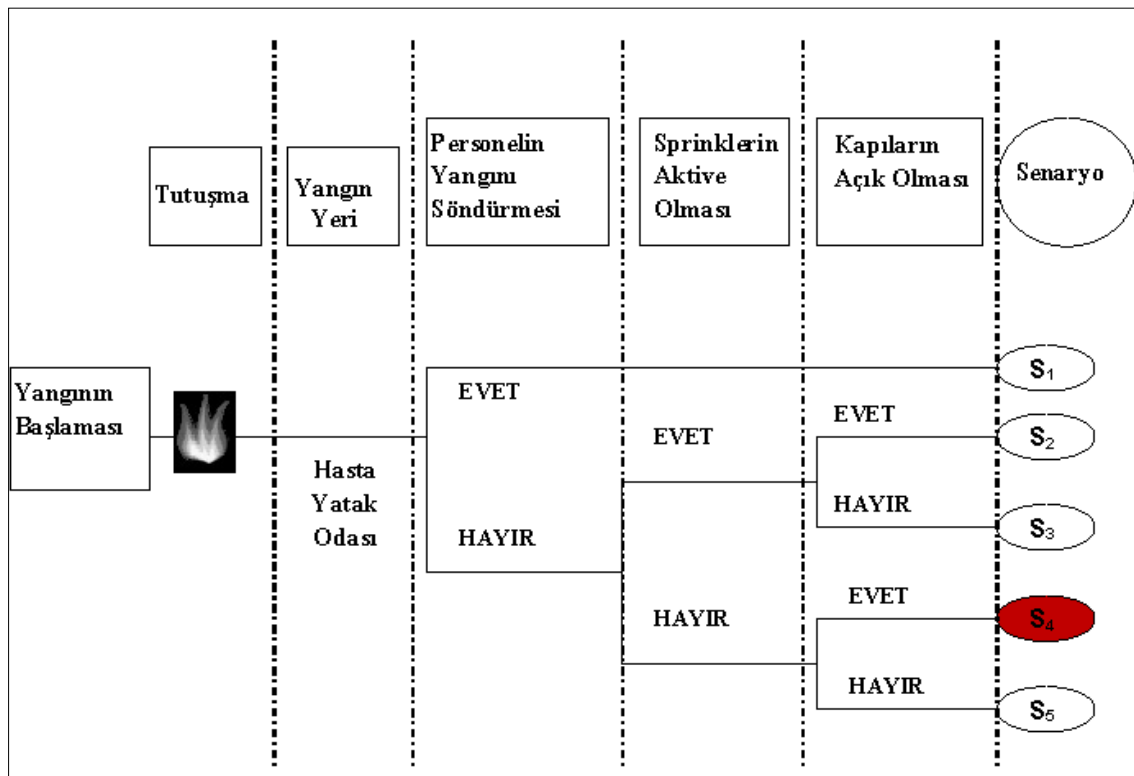
Çizelge 4.10. Hasta yatak katında bulunan mahaller ve olası tehlike kaynakları

Yangın çıkma olasılığı olan mekânlar	Olası tehlikeler	
Hasta odası		Dağınık elektrik kablolarının yangın çıkarması
Hemşire odası		Oksijen tüpünün devrilmesi sonucu patlama ve yangın
Doktor odası		Açık priz buatlarının bulunması
Hemşire odası		Açık alevli sobaların kullanılması

4.3.2. Tasarım yangın senaryolarının seçimi

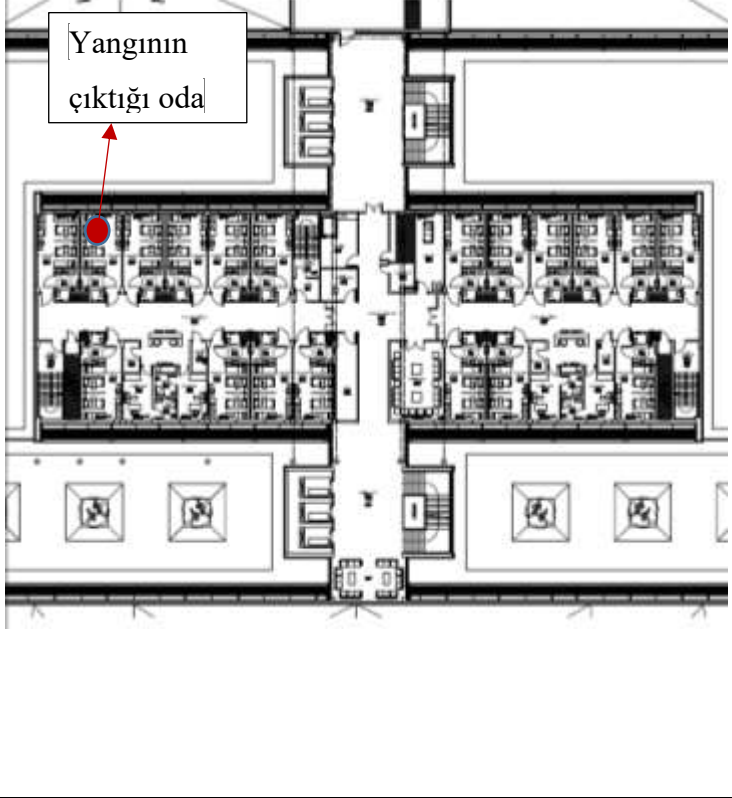
Tasarım yangın senaryosunun seçimi (Adım C.1.2) NFPA 101’ de belirtilen 8 adet yangın senaryosundan tasarım yangın senaryosu 1’e uygun olarak binanın kullanım sınıfı göz önünde bulundurulmakta ve binaya özgü bir alan olan hasta yatak katı ele alınarak en kötü senaryo seçilmektedir. Senaryoya göre, birincil yakıtımız hasta yatağı olarak belirlenmektedir. Yangının, yangın güvenlik amaç ve hedeflerine yönelik olarak sadece

tutuşma ve büyüme aşaması ele alındığından ikincil yakıtlar tanımlanmamıştır. En kötü senaryoyu oluşturabilmek amacıyla hareket kabiliyeti en az olan hastaların bulunduğu yatak katının seçilmesine önem verilmektedir. Hasta yatak katında özellikle hasta yatak odasında çıkan bir yangın kabul edilemez bir risk seviyesini temsil etmektedir. Böyle bir yangının yaralanma ve ölümle sonuçlanma olasılığı oldukça yüksektir. Yangının 6 kattaki palyatif bakım servisinde bir hasta yatak odasında elektrikli medikal bir cihazdan çıkan kıvılcımların hasta yatağını tutuşturması doğrultusunda çıktığı varsayılmaktadır. Hasta odasında çıkan bir yangın doktor odası ya da hemşire odasında çıkan bir yangına göre daha geç fark edilecek ve yangına müdahale geç olacağından yangının büyüyeceği tahmin edilmektedir. Hasta yatak katındaki kapıların tahliye sırasında ve/veya tahliye öncesinde açık bırakıldığı, hasta odasındaki yağmurlama sisteminin etkinleşmediği veya mevcut olmadığı durum ele alınmaktadır. Şekil 4.15’ te tanımlanan tasarım yangın senaryosu S₄ ile gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Tanımlanan tasarım yangın senaryosunun olay ağacında gösterilmesi

Çizelge 4.11. Tanımlanan yangının hasta yatak katındaki yeri

YANGIN YERİ	TANIMI ve BOYUTU	
Hasta Odası	6. katındaki palyatif bakım servisinde bir hasta yatak odasında elektrikli medikal bir cihazdan çıkan kıvılcımların hasta yatağını tutuşturması ile yangın çıkmaktadır.	

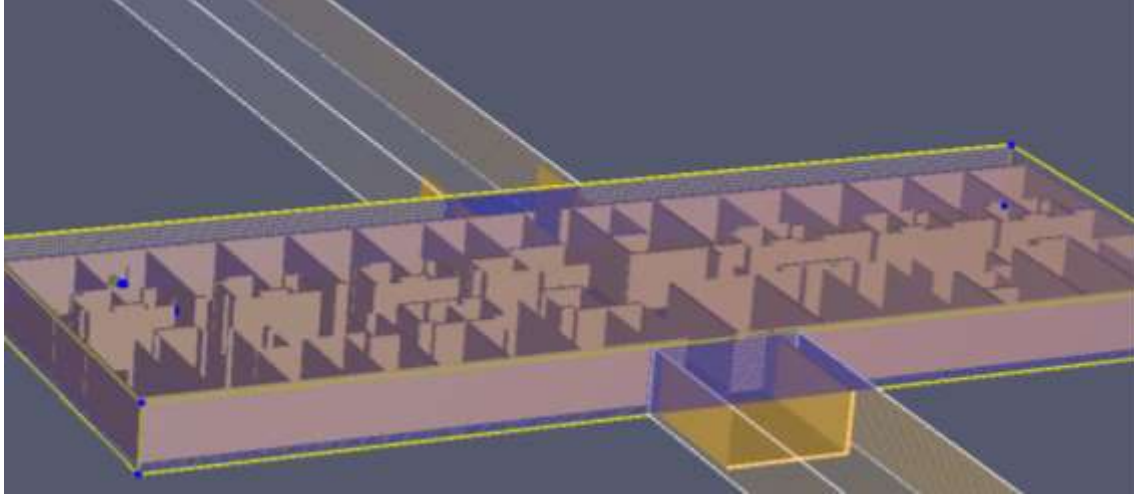
4.3.2. Tasarım yangın senaryolarının simülasyon programına aktarılması

Tasarım yangın senaryolarının simülasyon programına aktarılması (Adım C.1.3) için program özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Doktora çalışmasında hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) mantığı ile simülasyon yeteneğine sahip olan Fire Dynamics Simulator (FDS) ve elde edilen sonuç verilerini görselleştirebilen Smokeview yazılımları kullanılmaktadır. FDS yazılımı türbülansın gerçeğe en yakın şekilde modellenebilmesini sağlayan Large Eddy Simulation (LES) türbülans modelini kullanarak çözüm yaptığı için özellikle duman hareketleri oldukça gerçekçi bir şekilde modellenebilmektedir. Aynı zamanda deneysel şartlar aslına uygun modellenerek FDS yazılımı ile yapılan simülasyonların doğruluğu desteklenmiş ve güvenilirliği tespit edilmiştir.

Pyrosim simülasyon programı açık kaynak kodlu FDS yazılımını içerisinde barındırmakta ve bu yazılım arka planda HAD çözücüsü olarak çalışmaktadır. FDS temelde yangın modellerini oluşturmak için hazırlanmış bir yazılımdır. Ara yüz olarak çalışan PyroSim simülasyon programı ile CAD modellerin üzerine ve yangın analizi entegreli paralel çözümler yapılabilir.

FDS, her bir ağ hücresi için korunum denklemlerini çözmektedir. Modelleme sırasında tasarımcı tarafından belirlenen engeller tanımlanırken modelin dikdörtgen şeklindeki gereği hücre yapısıyla uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Modellemede kullanılan ağ elemanları ile aynı boyutlarda olabilmekte veya her üç koordinat ekseninde de uzatılabilmektedir. Bu özellik, farklı geometrik yapılara uygun olarak ağ yapısı (grid örgüsü) oluşturmaya ve tek bir hesaplama alanında farklı ağ yapılarının çözümüne imkân vermektedir. Hücrelerin bu şekilde esnetilmesi ve farklı hücre büyüklüklerinin aynı modele kullanılabilir oluşu tasarımcıya tüm modele gereksiz yere sık ağ yapısı uygulamak yerine yangın kaynağına yakın bölgeler gibi kritik bölgelerde daha sık, diğer bölgelerde ise daha seyrek ağ yapısı oluşturulabileceği için daha kısa hesaplama süresi ve daha düşük hesaplama kapasitesi ile daha iyi hesaplama yapma olanağı sunmaktadır. Yangının ve dumanın gerçeğe yakın modellenebilmesi açısından hücre boyutlarının optimum boyutta olması önemli bir husustur. Belli bir boyuttan sonra gereğinden küçük ağ elemanları yangın analizlerinin sonucunu çok etkilememekte ve analiz süresinde (CPU time) gereksiz uzamalara sebebiyet vermektedir. Ağ elemanlarının gereğinden büyük olması ise çözüm esnasında ıraksamalara ve senaryonun gerçeklikten uzaklaşmasına neden olmaktadır.

Hasta yatak katının yangın modelinin oluşturulabilmesi için öncelikle binanın 3 boyutlu CAD modeli oluşturulmaktadır. 3 boyutlu CAD modelinin Pyrosim programına aktarılmasıyla hasta yatak katını içeren bir çözüm hacmi belirlenmektedir. Bu şekilde sınırları belirlenen hacim üzerine HAD simülasyonunu yapabilmek için gereken hücre ağ yapısı oluşturulmaktadır. Yapılan çalışmada modelde farklı yoğunlukta ağ yapıları kullanarak optimum değerde ağ yapısı elde edilmektedir. Model ağ yapıları için kenarının uzunluğu 0,2 x 0,2 x 0,2 m için olmak üzere; birinci bölümde 892.500 adet, ikinci bölümde 425.250 ve üçüncü bölümde 401.625 adet olmak üzere toplam 1.719,375 adet hücre ağ yapısı kullanılarak simülasyonlar yapılmaktadır.



Resim 4.3. Simülasyon programında oluşturulan hasta yatak katının hücre ağ yapısı

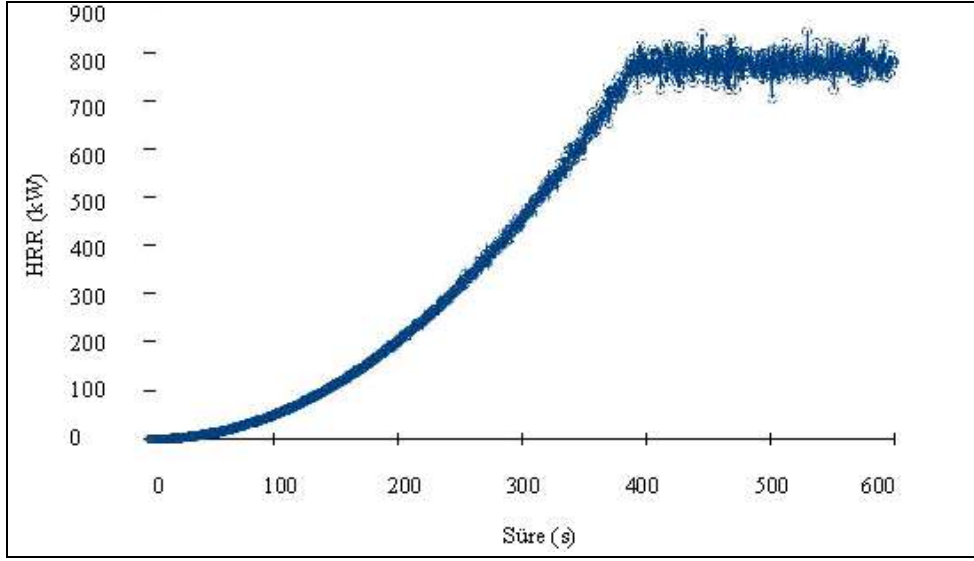
Yangın kaynağı, $1,52 \text{ m}^2$ yüzey alanına sahip pencereye yakın olan hasta yatağıdır. Açığa çıkan ısı oranı (HRR) ise 6,5 dakikada 700 kW olarak seçilmektedir [99]. Seçilen açığa çıkan ısı oranı (HRR) bir hasta yatak odasında tasarım yangın senaryolarında bir hasta yatağının tutuşmasıyla belirlenmiş açığa çıkan ısı oranıdır. Birim alan başına açığa çıkan ısı oranı (HRRPUA);

Yatak alanı: $1,52 \text{ m}^2$

Açığa çıkan ısı oranı (HRR)=700 kW

Birim alan başına açığa çıkan ısı (HRRPUA)= $700 / 1,52 = 460 \text{ kW/m}^2$ (4.1)Şekil

4.16'da tasarım yangın senaryosu için zamana bağlı olarak açığa çıkan ısı oranı değerleri verilmektedir. 700 kW enerji 390 s boyunca artarak başlamakta ve sonrasında 600 s' ye kadar sabit olarak devam etmektedir.



Şekil 4.16. Analizler için belirlenen tasarım yangın eğrisi

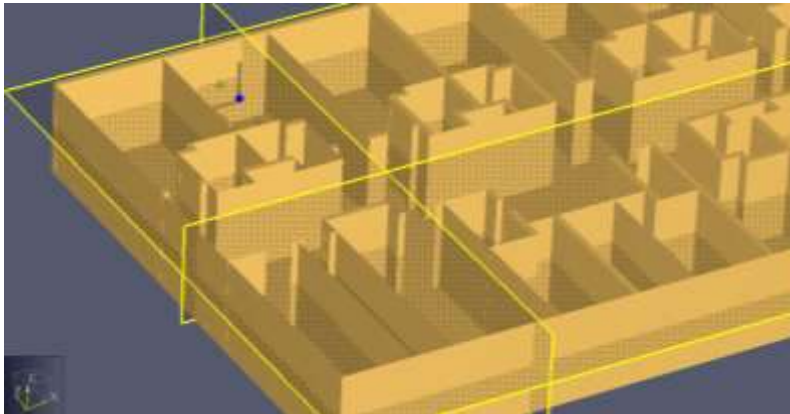
Yangın büyüme oranını belirlemek amacıyla Bölüm 2.6’da belirtilen t2 yangınları ele alınmaktadır. Literatürde, hasta yatakları için 0,01-0,005 kW/s² yangın büyüme oranlarının alınabileceğinden bahsedilmektedir [16, 99]. Bulunan “ α ” değeri, 0,01- 0,01-0,005 kW/s² arasında kalmaktadır.

$$Q = \alpha t^2 \quad (4.2)$$

$$6,5 \text{ dk.} = 390 \text{ sn.} \quad (4.3)$$

$$700 \text{ kW} = \alpha \times (390)^2 \quad (4.4)$$

$\alpha = 0,0046 \text{ kW/s}^2$ olarak belirlenmektedir.



Resim 4.4. x, y ve z eksenleri boyunca yerleştirilen dilimler

Ortam sıcaklığı 25 C° kabul edilmektedir. Yapılan çalışmalarda rüzgar etkisi çalışma kapsamına dahil edilmemektedir. Reaksiyon olarak Poliüretan _GM27 reaksiyonu kabul edilmektedir. Simülasyon esnasında görüş mesafesi, CO yoğunluğu ve sıcaklığı gözlemleyebilmek amacıyla x (yangının çıktığı hasta odası boyunca), y (koridor boyunca) ve z (2 m. yükseklikte) eksenleri boyunca dilimler (slice) yerleştirilmektedir. Çizelge 4.12’de analizlerde kullanılacak tasarım yangınının özellikleri verilmektedir.

Çizelge 4.12. Tasarım yangın senaryolarında kullanılan tasarım yangınının özellikleri

Parametre	Değer
Yangın çeşidi	Alevli yangın
Yakıt yükü	300 MJ/m ²
Reaksiyon türü	Poliüretan _GM27
Yangın büyümesi	T kare yangını (t ²)
Yangın büyüme oranı	0,0046 kW/s ²
HRR	700 kW
HRRPUA	460 kW/m ²
Işıma oranı	0,3
Yangının açığa çıkardığı ürünler	0,1 g/g
CO üretimi	0,1 g/g
CO ₂ üretimi	2,5 g/g
Isı üretimi	16 J/kg

4.4. Tasarım Kullanıcı Davranış Senaryolarının Oluşturulması

ASET ve RSET değerlerinin belirlenmesine yönelik senaryolarının oluşturulması alt sistem bileşeninin ikinci aşaması olan tasarım kullanıcı davranış senaryolarının oluşturulması (Adım C.2); kullanıcı davranış senaryoların belirlenmesi, tasarım kullanıcı davranış senaryoların seçilmesi ve tasarım kullanıcı davranış senaryoların bilgisayar simülasyon programına aktarılması süreçlerinden oluşmaktadır.

4.4.1. Kullanıcı davranış senaryolarının oluşturulması

Kullanıcı davranış senaryoların belirlenmesi adımı (Adım C.2.1) kullanıcıların sayıları, dağılımları, eylemleri ve özellikleri dikkate alınmaktadır. Yangının çıktığı hasta yatak katında çift kişilik 10 hasta yatak odası bulunmaktadır. Yangının yatağın tutuşması ile başladığı düşünüldüğünden tutuşan hasta yatağında hasta olmadığı kabul edilip bu odada tek

hasta olduğu diğeri hasta odalarının ise tamamının dolu olduğu ve toplam 19 hastanın olduğu kabul edilmektedir. Çalışmada hastaların yanında bulunan refakatçiler hesaba katılmamıştır.

Çizelge 4.13.'te görüldüğü üzere palyatif hasta bakım servisinde gündüz 4 hemşire (kadın) 2 görevli (erkek), gece ise 3 hemşire (kadın) 1 görevli (erkek) bulunmaktadır. Palyatif hasta bakım servisinde bulunan hastalar 3. derece yoğun bakımdan çıkmış, evde bakıma hazırlanan ya da son dönem kanser hastalarından oluşmaktadır. Hastalar yatan hasta olup, sürekli uyanık değildirler. Hastaların binaya aşına olmadığı kabul edilmekte olup, herhangi bir eylem için yardıma ihtiyaç duymaktadırlar. Hastaların sağlık durumları, sosyal ve kültürel rolleri, geçmişte yaşanmış deneyimler ve eylemlere bağlılık gibi kullanıcı özelliklerini dikkate almayı gereksiz kılmaktadır. Hastanelerde bulunan hemşire ve görevlilerin hizmet içi eğitimlerle yangın tatbikat eğitim almaları zorunlu olduğundan eğitilmiş oldukları kabul edilmektedir.

4.4.2. Tasarım kullanıcı davranış senaryolarının seçilmesi

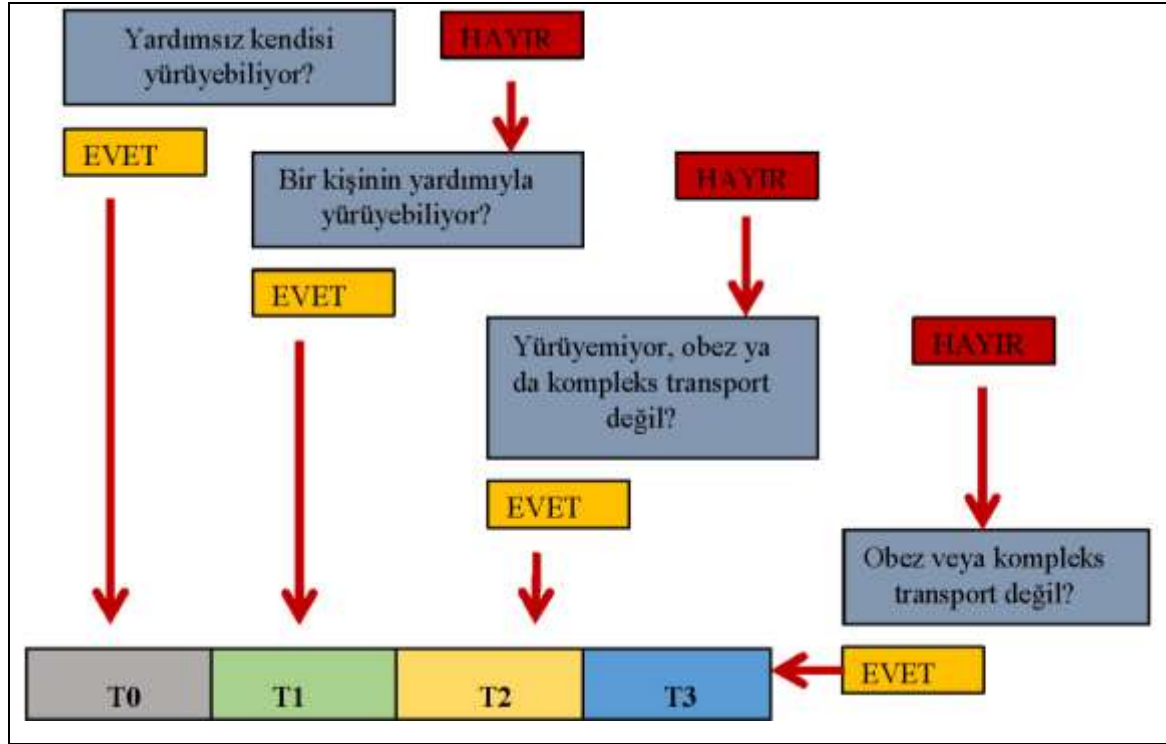
Çalışmada tasarım kullanıcı davranış senaryolarının seçimi (Adım C.2.2), binanın kullanım sınıfına özgü belirli bir tahliye stratejisi olduğundan tahliye stratejisine bağlıdır. Hastanelerde tahliye; hastaları ve hasta yakınlarını korumak, hasta bakımını sürdürmek ve personelin güvenliğini sağlamak amacıyla, hastanenin bir bölümünün veya tamamının boşaltılarak hastaların, personelin, gerekli durumlarda ekipman, tıbbi kayıt ve ilaçların güvenli bölgelere nakledilmesi şeklinde olmaktadır. Tahliye kararının alınması ve uygulanması, insan gücü ihtiyacı, hastanenin ya da bölümün kullanım dışı kalması, tedavilerin ertelenmesi, hastalar, ziyaretçiler ve personel için yaralanma riskinin olması, diğer hastanelere, bölümlere, transport sistemine ek yük getirmesi bakımından çok dikkatli değerlendirilmesi gereken süreçlerdir. Acil Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan ve 20.03.2015 tarihli ve 29301 sayılı Resmi Gazetede' de yayınlanan Acil Durum Planları Uygulama Yönetmeliği'nin Hastane Afet ve Acil Durum Planı (HAP) Hazırlama Kılavuzu'na göre hastanelerde tahliye stratejileri; internal tahliye, eksternal tahliye, yatay tahliye ve düşey tahliye olmak üzere ayrılmaktadır. Internal tahliye, hastaların hastane içinde güvenli başka bölümlere naklidir. Eksternal tahliye, hastaların hastane dışında güvenli bir yere naklidir, hastaların bir kısmının ya da hepsinin tahliyesi olabilir. Yatay tahliye, hastaların aynı katta bina içinde oluşturulan yangın ve duman sızdırmaz güvenli bölümlerine naklidir. Düşey tahliye ise, hastaların binanın başka bir katındaki yangın ve duman sızdırmaz

güvenli bir bölümüne naklidir [98]. Yangın anında tahliye kararının alınmasından sonra özellikle tek başına yürümeyen, tıbbi bir cihaz veya ekipmana bağlı olan hastalar kollarına girilerek, tekerlekli sandalye, sedye ya da hasta yatağı ile sağlık personeli veya görevlilerin yardımıyla tahliye edilmektedirler. Hastaların tekerlekli sandalye, sedye veya hasta yatağı ile farklı katlara taşınması çok zordur. Bundan dolayı hastanelerde tahliye strateji hastaların önce aynı kattaki güvenli bölgelere nakli üzerine kurulmuştur. Eğer yangın hastane için büyük bir risk oluşturmaya devam ediyorsa düşey tahliye ve ardından hastane dışına tahliyesi gerçekleştirilmelidir. Hastanenin B2 ve B4 bloklarındaki yatak katlarında iki adet yangın merdiveni bulunmasına rağmen dikey tahliyenin zaman alıcı olması, kargaşaya neden olabilmesi ve hastaların durumunu daha kötüleştirebileceği gibi nedenlerden dolayı hastaların yatay olarak tahliye edilmesi tercih edilmektedir [92, 100]. Hastalar güvenli kabul edilen diğer bloğun girişine taşınıp, oradan diğer blokta bulunan görevlilerce karşılanıp bekletildiği kabul edilmektedir.

Hastanelerde bir tahliye durumunda mümkün olduğunca çok hasta tahliye edebilmek ve personelin yaralanmasını engellemek gibi unsurlara bağlı olarak “tahliye triajı” uygulanmaktadır. Tahliye triajı hangi hastanın önce tahliye edileceği kararıdır. Tahliye kararı verildikten sonra önce tehlike altındaki hastalar tahliye edilmeli ve tahliye, kendi başına yürüyebilen hastalar öncelikli olacak şekilde tahliye triajına göre yürütülmelidir [98, 101]. Şekil 4.17’de gösterilen tahliye triajına göre hasta yardımsız yürüyebiliyorsa tahliyede ilk sırayı almaktadır. Hasta bir kişinin yardımıyla yürüyebiliyorsa tahliyede 2. sırayı, tekerlekli sandalye veya sedye ile bir veya daha fazla personelin yardımıyla hareket edebiliyorsa tahliyede 3. sırada yer almaktadır. Tahliyede en son sırayı ise bir ekipman veya cihazı bağlı kompleks ya da obez hastaların oluşturduğu ve ancak hasta yatağı ile hareket edebilen hastalar oluşturmaktadır. Hastalar, tahliye esnasındaki hareket kısıtlılıklarına göre dört grupta kategorize edilmektedir. Hastaları kategorize ederken tahliye ‘T’ ile kısaltılarak T0, T1, T2 ve T3 olarak ifade edilmektedir.

- Yürüyebilen hastalar (T0): Sıra halinde bir öncü ve bir artçı personelle hızlı ve güvenli bir şekilde dışarı çıkarılabilen hastalardır.
- Tek başına yürüyemeyen hastalar (T1): Bir personel yardımıyla yürüyebilen hastalardır.
- Yürüyemeyen hastalar (T2): Tekerlekli sandalye veya sedye ile bir veya daha fazla personelin taşıdığı hastalardır.

- Kompleks ve obez hastalar (T3): Yatağı ve ekipmanıyla iki veya daha fazla personelin tahliye edebileceği hastalardır.

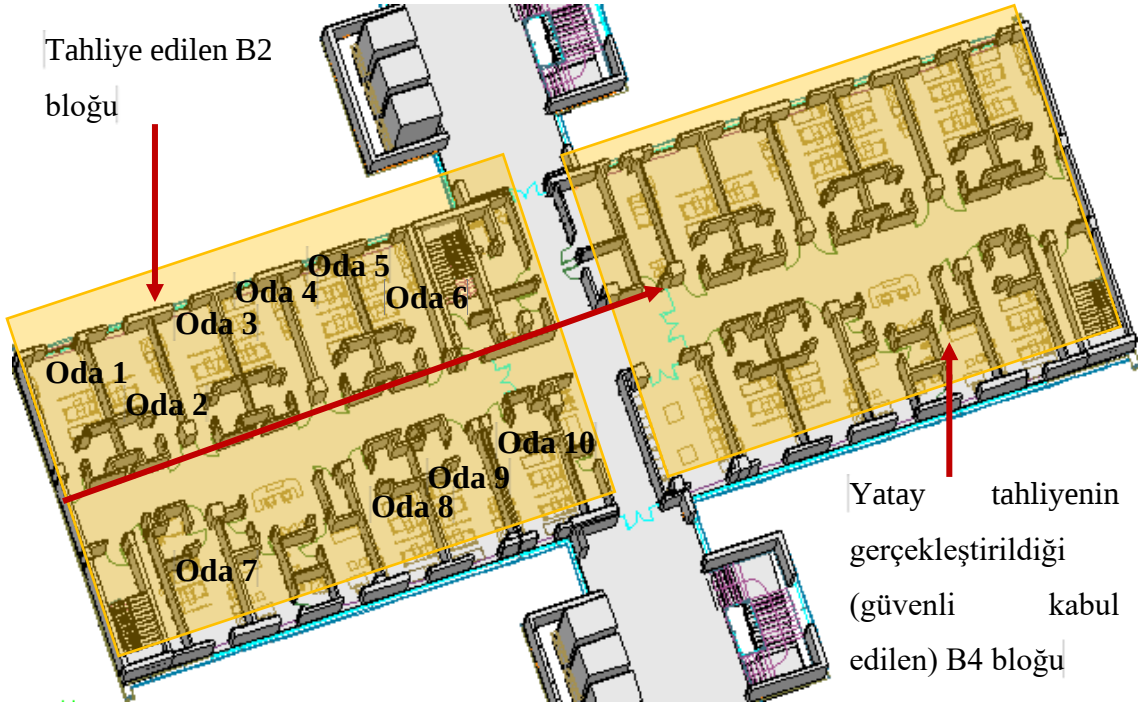


Şekil 4.17. Tahliye triajı [98]

6.kat palyatif katındaki hasta odaları Şekil 4.18.'de gösterildiği gibi numaralandırılmaktadır. Çizelge 4.13.'te 6. kat palyatif hasta yatak katındaki hastaların özellikleri analiz edilmektedir. Hastaların 60-65 yaş aralığında %60 erkek hastalardan %40'ının ise kadın hastalardan oluştuğu görülmektedir. Hastaların hepsi bir cihaza bağlı olup, yangın esnasında hasta yatağı ile hareket ettirilebileceklerinden tahliye triajında T3 tipi hasta grubunu oluşturmaktadır. Palyatif hasta yatak katında kullanıcılar aynı hareket kabiliyetine sahip hastalardan (T3) olduğundan tahliye triajı hastaların hareket kabiliyetlerine göre değil, yangının başladığı oda ve diğer tehlike altında bulunan odalar göz önünde bulundurularak çıkışa uzaklıklar dikkate alınmaktadır. Buna göre tasarım kullanıcı davranış senaryosu belirlenmektedir.

Çizelge 4.13. 6. kat palyatif hasta yatak katında bulunan hastaların özellikleri

Oda No	Yatak No	Cinsiyet	Yaş	Hareket Kabiliyeti	Tahliye triajı kodu	Tahliye esnasında ihtiyaç duyulan görevli sayısı
1.	1	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
1.	2	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
2.	3	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
2.	4	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
3.	5	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
3.	6	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
4.	7	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
4.	8	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
5.	9	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
5.	10	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
6.	11	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
6.	12	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
7.	13	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
7.	14	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
8.	15	Erkek	60-65	Hasta Yatağı	T3	2
8.	16	Kadın	55-65	Hasta Yatağı	T3	2
9.	17	Kadın	55-65	Hasta Yatağı	T3	2
9.	18	Kadın	55-65	Hasta Yatağı	T3	2
10.	19	Kadın	55-65	Hasta Yatağı	T3	2



Şekil 4.18. 6. kat palyatif hasta yatak katı

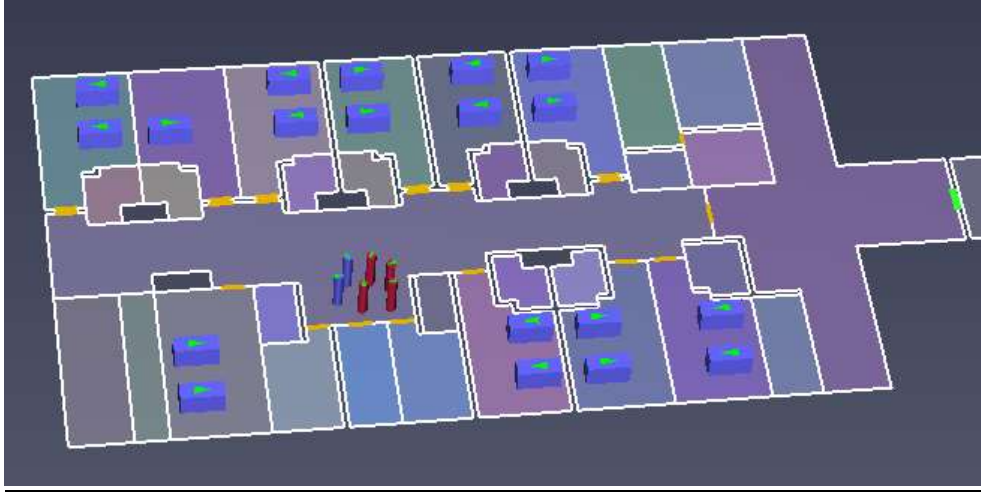
Yangının başladığı oda haricindeki diğer odalarda iki hasta yatağı bulunduğundan hasta yatakları tahliye sıralarına göre 1’den 19’a kadar numaralandırılmıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Hasta yatak katında hastaların tahliye edilme sırası

Kullanıcı davranış senaryo özellikleri									
				</					

SFPE modu ve bir yönlendirme modu olmak üzere iki mod sağlamaktadır [102]. SFPE modu, Yangın Koruma Mühendisliği (SFPE) el kitabında sunulan statik akış hesaplamalarına çok benzer sonuçlar üretmek için tasarlanmış alternatif bir moddur. Yönlendirme (steering) modu, ters direksiyon davranışları fikrine dayanmaktadır. Yazılımın içindeki çizim araçlarını kullanarak ağı doğrudan oluşturmak mümkündür. Alternatif olarak, tasarımcı DXF dosyalarından, PyroSim simülasyon programından ve FDS giriş dosyalarından geometri alabilmektedir. Tüm ayarlar, belirli kullanıcılar için geçersiz kılınabilmektedir. Bina kullanıcılarına bir binanın kaçış sistemi ile ilgili çeşitli aşinalık seviyelerini simüle etmeye yardımcı olacak özel çıkışlar atanabilmektedir. Bu çalışmada SPFE modu kullanılmıştır. Bu modda her kullanıcı, yazılım kullanıcı ara yüzünde atanmış bir davranışa sahiptir. Bu davranış, kullanıcının ulaşması gereken bir dizi hedefi belirlemektedir. Bir mekândan çıkma gibi hedeflere ulaşmak için her kullanıcı en iyi yolu planlamaktadır. PyroSim simülasyon programından alınan modellerle Pathfinder programı çalıştırıldığı için yangın simülasyonunda hasta yatak katı için modellenen özellikler (oda, kapı, koridor boyutları) korunmaktadır. Hastane kat planının yazılıma aktarılmasından sonra kattaki çıkışlar, odalar ve odalarda bulunan hastalar belirlenmektedir.

Senaryoda hemşire ve görevlilerin alarmı aldıktan sonra hemen harekete geçtikleri kabul edilmektedir. Ancak medikal cihazlara bağlı hastaların cihazların sökülüp takılması veya birlikte harekete başlanması için aradan bir süre geçeceği göz önünde bulundurulmaktadır (Çizelge 4.15). Hastanelerde sık kullanılan hastaların hareketini destekleyen 3 tip ekipmandan hasta yatağı ve tekerlekli sandalye örnek hastanenin acil bir durumda kullandığı ekipmanlardır. Palyatif hasta yatak katında cihazlara bağlı bir hasta tahliye edileceği zaman sedyeye transfer edilmemekte dosyası ile birlikte cihazlar sökülerek yatağı ile birlikte transferi yapılmaktadır. Çalışmada, hastanın sağlık durumunun ciddiyetine göre en az 3 görevli ile birlikte sağlanması gereken transfer işlemi (2 görevli+1 doktor) acil durumda doktorun diğer hastalarla ilgilenmesi gerektiği düşünüldüğünden 2 görevli ile yapılacağı kabul edilmektedir.



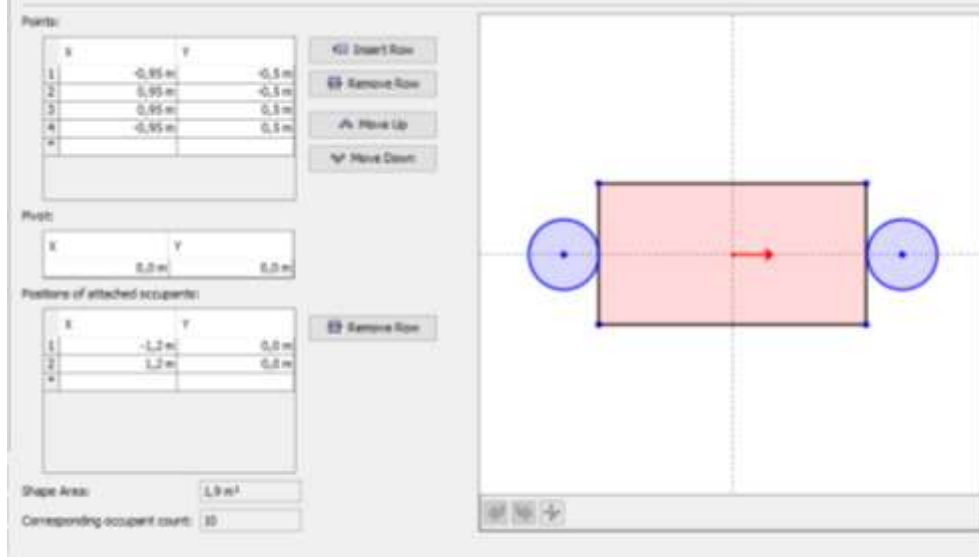
Şekil 4.19. Görevli ve hastaların yerleşimi

Görevliler, hastaya ulaşırken kendilerine atanan hızları kullanmaktadır. Bir hastaya yardım ederken, hasta hızında hareket etmektedirler. Görevlilerin hareket hızları, eğitimli bir personelin hasta odasına gitme hızıdır. Bir yetişkinin acil bir durumda ortalama hareket hızı 2, 2 m/s 'dir. Görevlilerin hastaya ulaşmaya kadar bu hızda gittiği varsayılmaktadır. Hastanın hızı ise, hasta odasından görevli ile yatayda güvenli alana ulaşmaya kadarki hızıdır. Bu çalışmada acil bir durumda koridorun kalabalıklaşarak tıkanması, görevlinin yorulması, bir sonraki adımın belirsizliği gibi büyük değişimlere neden olabilecek çok sayıda parametre bulunmaktadır. Bu nedenle, kullanıcı davranış simülasyonlarında görevlilerin hareketi ve hasta taşıma hızları olarak seçilen hızların her hastane için beklenen hızlar olduğu düşünülmemelidir. Kullanıcıların sağlık durumları, hareket hızını etkilemektedir. Hasta yatağı ile tahliye edilen hastalar ve tekerlekli sandalye ile tahliye edilen hastaların hızları farklı olduğu gibi hastaların hazırlanma süreleri de değişmektedir [92, 100, 103]. Çizelge 4.15'te görevlilerin hızları ile hasta yatağı ve tekerlekli sandalye ile tahliye edilen hastaların hızları verilmektedir.

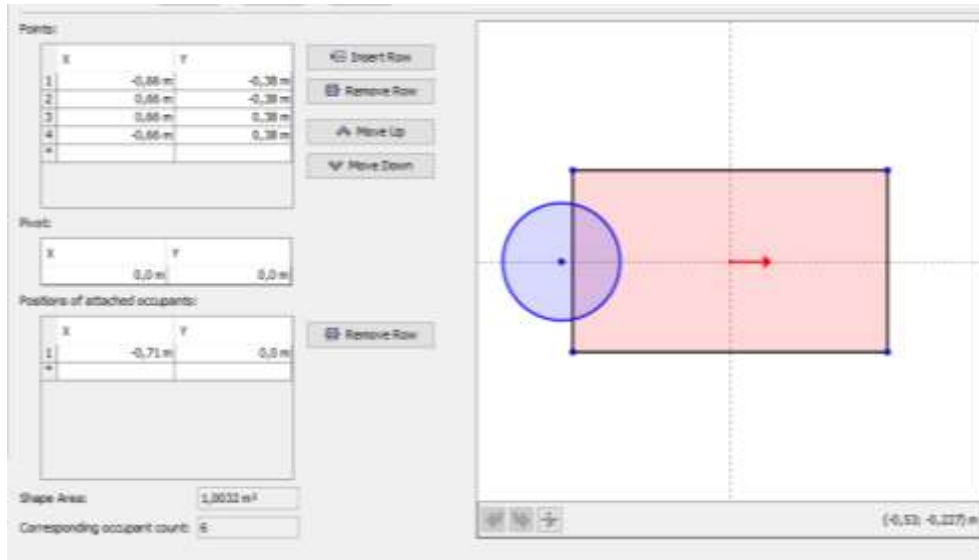
Çizelge 4.15. Görevlilerin ve hastaların hareket hızları

Kullanıcı	Yatay Hız (m/s)	Başlangıç gecikme süresi (s)
Hasta yatağı	1,09±0,08	29-35
Tekerlekli sandalye	1,39±0,03	35,9
Kadın ve erkek görevliler	2,2±0,055	0

Pathfinder simülasyon programında hareket sırasında çarpışmaları tespit etmek için ekipman ve görevliler için geometrik şekiller kullanılmaktadır. Çalışmada tekerlekli sandalye ve hasta yatağı için kullanılan geometrik şekillerin boyutları Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.20. Hasta yataklarının Pathfinder simülasyon programında tanımlanması

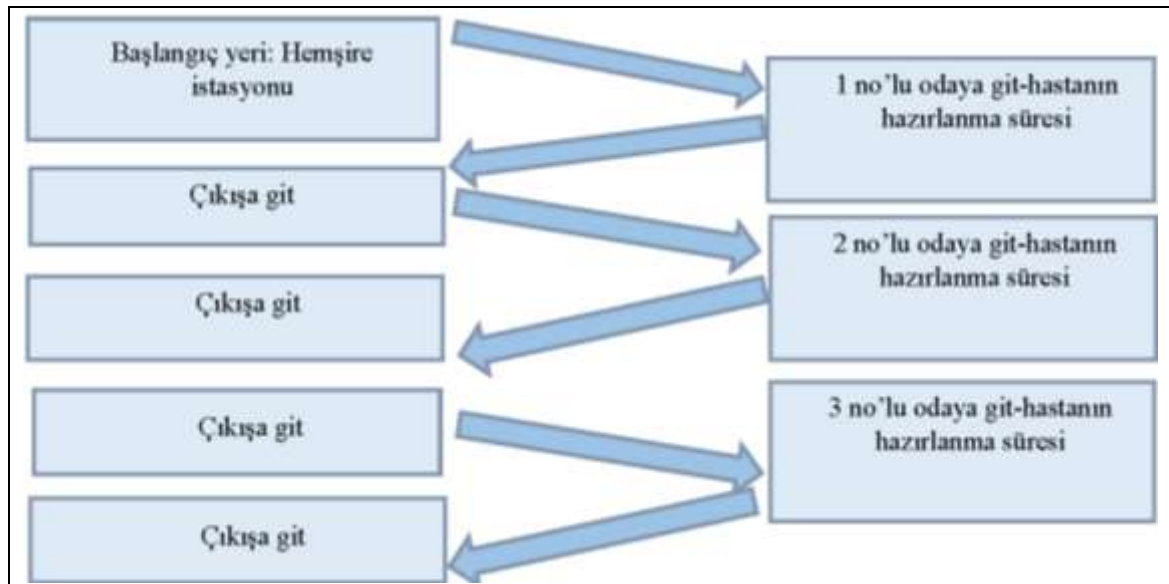


Şekil 4.21. Tekerekli sandalyelerin Pathfinder simülasyon programında tanımlanması

Hasta yatak katı için oluşturulan tahliye senaryosunda 4 kadın 2 erkek olmak üzere 6 görevli hastaların tahliyesine yardımcı olmaktadır. Görevliler için simülasyon programında oluşturulan davranış Şekil 4.22’ de gösterilmektedir. Buna göre görevlilere alarmin gelmesiyle tahliye kararının alındığı varsayılmaktadır. Tahliyeye başladığında personelin

nerede bulunduğu ve binanın diğer alanlarından personelin modele dahil edilip edilmeyeceği yani tahliye yardımı edip etmeyecekleri belirlenmelidir. Mevcut literatür ve hastane afet planları incelendiğinde acil bir durumda ortaya çıkabilecek personelin yeri ile ilgili iki ana senaryo vardır. Personel tahliye işlemlerine, acil durum bildirildiği anda bulundukları yerden başlayacaklar veya personel, talimat almak ve tahliye prosedürlerini yerine getirmek için merkezi bir konumda ya da hasta yatak katındaki hemşire istasyonlarında olacaktır. Çalışmada personelin görevli amirden tahliye ile ilgili talimat alması için toplandıkları hemşire istasyonunda başladığı varsayılmaktadır.

Hastaların tahliye edilmesi gereken hasta yatak katında bulunan personele ek olarak, diğer hastane personeli de tahliye sırasında yardım için hastanedeki çeşitli yerlerden gelebilir. Bu aslında aynı sayıda hasta için tahliye prosedürlerinde eğitilmiş personel sayısını artırarak daha ideal bir personel-hasta oranı sağlayacaktır. Ancak tasarım kullanıcı senaryosu için hasta yatak katında mevcut bulunan personelin kullanılmasına karar verilmiştir. İlk olarak yangının başladığı odadaki hastanın tahliyesine başlanmaktadır. Hastanın güvenli kabul edilen alana kadar götürülmesinden sonra görevliler diğer hasta odasına yönelmekte ve bu işlem tüm odalardaki hastaların tahliyesi bitene kadar devam etmektedir.



Şekil 4.22. Görevlilere Pathfinder simülasyon programında atanan davranış biçimi

4.5. Analizlerin Değerlendirilmesi

Analizlerin değerlendirilmesi alt sistem bileşeninde (Adım D); öncelikle tasarım yangın senaryosunu ve tasarım kullanıcı davranış senaryosunun analiz edilmesi gerekmektedir. Tasarım yangın senaryosunun analiz edilmesi ile ASET değeri, tasarım kullanıcı davranış senaryosunun analiz edilmesiyle RSET değeri belirlenmektedir. ASET ve RSET' in karşılaştırılması ile ön tasarım değerlendirilmektedir. $ASET < RSET$ olması halinde ise ön tasarımın geliştirilmesi için iyileştirme önlemlerinin tanımlandığı alternatif tasarımlarla oluşturulan senaryoların analizlerinin yapılması gerekmektedir.

4.5.1. Tasarım yangın senaryosunun analiz edilmesi

Tasarım yangın senaryosunun analiz edilmesi (Adım D.1) görüş mesafesi, sıcaklık, CO yoğunluğu için elde edilen değerler Çizelge 4.16'da verilmektedir.

Çizelge 4.16. Tasarım yangın senaryosunun analiz sonuçları

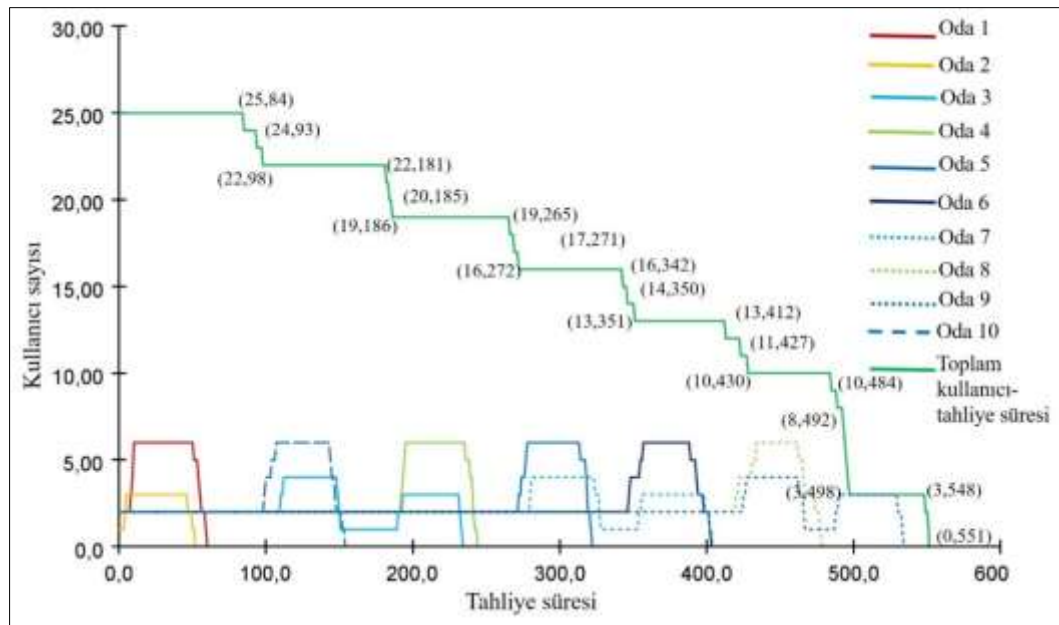
Tasarım yangın senaryosunun analiz sonuçları (ASET' in belirlenmesi)				
Değerlendirilen performans kriterleri		Sınır değerler	Süre	ASET
Yangının çıktığı oda	Görüş mesafesi	10 m.	90 s	90 s
	Sıcaklık	60° C	178 s	
	CO yoğunluğu	1400 ppm.	600 s sonunda 850 ppm'e çıkmıştır.	
Kaçış yolu boyunca	Görüş mesafesi	10 m.	290 s	290 s
	Sıcaklık	60° C	590 s	
	CO yoğunluğu	1400 ppm.	580 s	

Simülasyon süresi ilk olarak 400 s olarak belirlenmektedir. 400 s simülasyon süresi ASET değerini bulmak için yeterli olmaktadır. Ancak çalışmanın ilerleyen bölümlerinde 400 s simülasyon süresi, kullanıcıların tahliye süresi de dikkate alınarak 600 s'ye çıkartılmaktadır. Yangının çıktığı odada bulunan hastanın 90 s' ye kadar tahliye edilmesi gerekmektedir. Tasarım yangın senaryosunun analizi incelendiğinde (Çizelge 4.16) yangının çıktığı hasta yatak odasında CO yoğunluğunun 600 s sonunda 850 ppm' e çıktığı, sıcaklık değerinin 60°C' ye 178 s'de ulaştığı ve görüş mesafesinin 10 m'nin altına 90 s'de düştüğü görülmektedir.

Hasta yatak katı koridorunda ise; CO yoğunluğunun 580 s sonunda 1400 ppm' e çıktığı, sıcaklık değerinin 60°C' ye 590 s'de ulaştığı ve görüş mesafesinin 10 m'nin altına 290 s'de düştüğü görülmektedir. Performans kriterleri olarak belirlenen CO yoğunluğu, sıcaklık ve görüş mesafesi kriterlerinden ilk tehlike parametresi görüş mesafesi olmuştur. Hasta yatak katındaki kaçış koşullarının dayanılmaz koşullara ulaştığı süre 290 s olarak belirlenmektedir. Dolayısıyla ASET değeri 290 s olarak kabul edilmektedir. Bu süreden önce hastaların B2 bloğunun 6. katını boşaltıp, B4 bloğunun kapısının kapalı olması ve kompartıman özelliklerini taşıması kaydıyla güvenli alan olarak kabul edilen bu bloğa tahliyelerinin yapılması gerekmektedir.

4.5.2. Kullanıcı davranış senaryosunun analiz edilmesi

Analizlerin değerlendirilmesi alt sistem bileşeninin 2. adımında hasta yatak katında kullanıcıların güvenli alana ne kadar sürede tahliye ettiklerini incelemek üzere tasarım kullanıcı davranış senaryosunun Pathfinder simülasyon programında analizi yapılmaktadır (Adım D.2)



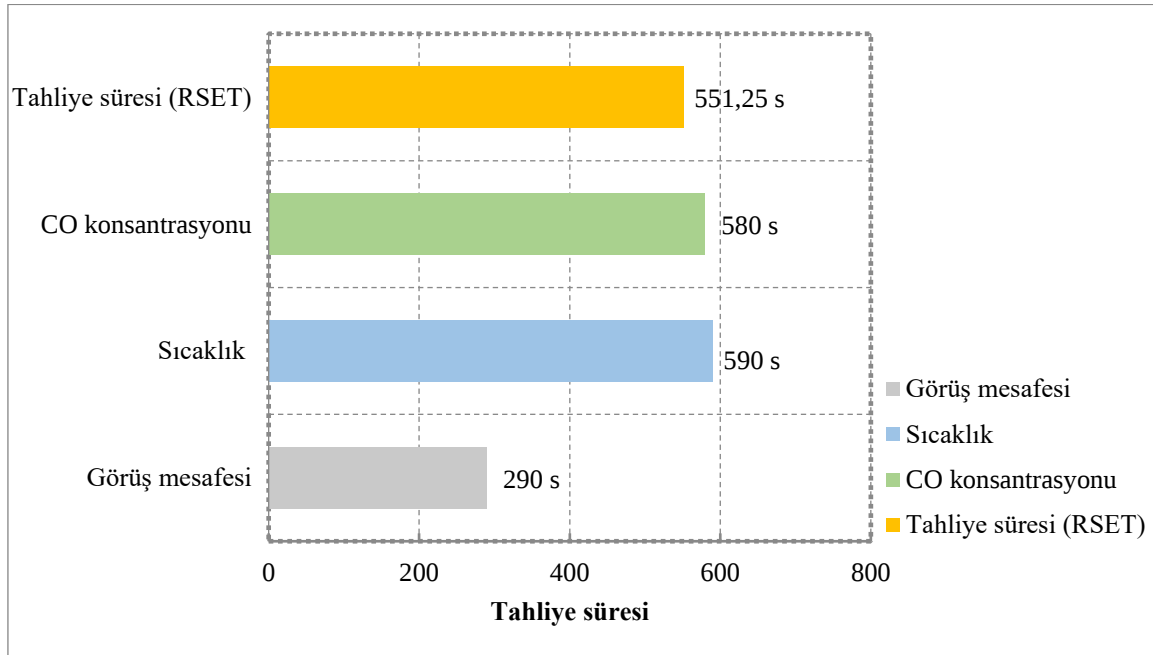
Şekil 4.23. Kullanıcıların tahliye süreleri

Toplam kullanıcı-tahliye süresi çizgisinin üzerinde gösterilen (bulunan kullanıcı sayısı, saniye) verilerine göre; 84. saniyede henüz hiçbir hastanın tahliye edilmediği görülmektedir. 93. saniyede ilk hastanın tahliyesi gerçekleşmektedir. 98. saniyede 3 hastanın tahliye edildiği görülmektedir. 181. saniyede tahliye edilen hasta sayısı hala 3'tür. Sürenin ilerlemesine

rağmen tahliye edilen kullanıcı sayısının değişmemesi, görevlilerin hastaların tahliyesi için hasta odalarına geri dönmeleri, hastanın hazırlanması ve tekrar güvenli alana taşınmasını ifade etmektedir. Aynı şekilde; 186. ve 265. saniye aralığında, 272. ve 342. saniye aralığında, 351. ve 412. saniye aralığında, 430. ve 484. saniye aralığında, 498. ve 548. saniye aralığında tahliye edilen kullanıcı sayısında değişiklik olmamıştır. 186. saniyede 6 hasta, 272. saniyede 9 hasta, 351. saniyede 12 hastanın, 430. saniyede 15 hastanın, 498. saniyede 18 hasta + 4 görevlinin, 551,25 saniyede ise tüm görevli ve hastalardan oluşan kullanıcıların yangının çıktığı hasta yatak katından tahliye edildiği görülmektedir (Şekil 4.23. Şekil 4.23’te görüldüğü gibi 19 hasta + 6 görevlinin oluşturduğu toplam 25 kullanıcının 551,25 s’de yangının çıktığı B2 bloğunu boşalttığı görülmektedir. Çalışmada, güvenli kaçış için gerekli sürenin (RSET) 551, 25 s olduğu belirlenmektedir.

4.5.3. Ön tasarımın değerlendirilmesi

Hasta yatak katında kaçış koşullarının değerlendirilebilmesi için ASET ve RSET değerlerinin karşılaştırıldığı adımda (Adım D.3) $290\text{ s} < 551,25\text{ s}$ ($ASET < RSET$) olması tasarımın güvenli olmadığı ve iyileştirme önlemleriyle tasarımın geliştirilmesi ve alternatiflerin oluşturulması gerektiği anlaşılmaktadır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Tahliye süresi ile CO konsantrasyonu, sıcaklık ve görüş mesafesinin performans kriterlerine göre kritik değerlere ulaştığı sürelerin karşılaştırılması

4.6. Ön Tasarımın Geliştirilmesi ve İyileştirme Önlemlerine Yönelik Tasarım Alternatiflerinin Oluşturulması

ASET değerinin RSET değerinden küçük olması çalışma kapsamında geliştirilen modele göre hastaların tasarım yangın senaryosuna göre dayanılmaz koşullara oluşmadan önce tahliye edilemediklerini göstermektedir. Bu durumda kaçış yollarında optimum koşulları sağlayan iyileştirme önlemleriyle tasarımın geliştirilmesi ve alternatif tasarımların oluşturulması gerekmektedir (Adım D.4). Ön tasarımın geliştirilmesi ve alternatif tasarımların oluşturulması sürecinde iki bileşen değerlendirilmektedir.

- ASET değerini artırmak; ortamın dayanılmaz koşullara ulaşma süresini artırmak,
- RSET değerini azaltmak; kullanıcıların tahliye süresini azaltmaktır.

4.6.1. ASET değerinin arttırılmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin belirlenmesi ve alternatif tasarımların oluşturulması

Doktora çalışması kapsamında geliştirilen model, tasarımın performans analizlerinde ASET değerini artırmak için oluşturulacak alternatif tasarımlar için gerekli iyileştirme önlemleri; yangının başlaması, gelişmesi ve kontrolü alt sistemi, dumanın yayılması, kontrolü ve yönetimi alt sistemi, yangın algılama ve uyarma alt sistemi, yangın söndürme alt sistemi, yapısal tepki, yangının yayılması ve kontrolü alt sistemleri olarak karar adımlarını sunmaktadır. Hasta yatak katının performans analizlerinde ASET değerini artırmak için oluşturulacak alternatif tasarımlar için gerekli iyileştirme önlemleri bu alt sistemler çerçevesinde incelenmektedir.

Yangının başlaması, gelişmesi ve kontrolü alt sistemi

Tutuşturma kaynaklarını kontrol etmek, malzemeleri kontrol etmek, tutuşmaya karşı dirençli malzemeleri seçmek, tutuşturma kaynaklarını veya yanıcı maddelerin birikmelerini kontrol etmek için yangın güvenliği yönetim prosedürlerinin uygulanması gerekmektedir. Bir odaya yayılan yangın büyük ölçüde duvar, zemin ve tavan malzemelerinin yanıcılığına bağlıdır. İç kaplama malzemeleri yangına kolayca katkıda bulunacaksa, birkaç dakika içinde flashover beklenmektedir. Kaplama malzemelerinin yangının yayılımına katkı sağlamamaları için, yangına tepki ve duman üretim miktarlarının sınırlandırılması gerekmektedir. Çizelge 4.17.

binanın çeşitli noktalarında kullanılan yapı malzemelerinin yangına tepki sınıflarını vermektedir.

Çizelge 4.17. Yapı malzemelerin yangına tepki sınıfları

Yapı Malzemesi	Yangına Tepki Sınıf Açıklaması	Yangına Tepki Sınıfı
Bina Taşıyıcı Sistemi	Yanmaz	A1
İç Kaplamalar ve Isı Ses Yalıtımı	Zor Alevlenici	A2,B,C-s1,d2
Döşeme Kaplamaları	Zor Alevlenici	B _n -s1
Tavan Kaplamaları	Zor Alevlenici	A2,B,C-s1,d2
Dış Kaplamaları	Zor Yanıcı	A2 -s1,d0
Dış Cephe	Zor Yanıcı	A2 -s1,d0
Çatı Kaplamaları	Yanmaz	A1
Çatı kaplaması altındaki yüzey	Zor Alevlenici	B-s1,d2

Hastaların normal sağlıklı kullanıcılara göre yangına karşı daha hassas oldukları düşünüldüğünde yanıcı olmayan veya tutuşması zor olan malzemelerin seçimini en üst düzeye çıkarmak önemlidir. Malzemelerin yanıcı olmasının yanı sıra;

- Alev yayma özellikleri,
- Yanan madde tarafından üretilen duman miktarı,
- Dumanın zehirliliği,
- Yanarken damlacık oluşturma eğilimi gibi faktörler hastalar için tehlike oluşturmaktadır.

Beton elemanlar, alçı kaplamalar, seramik malzemeler, metal tavan elemanları, asma tavanlar için taş yünü malzemelere her zaman izin verilmektedir. Ancak yaygın plastik malzemelerin yanıcılık, duman üretimi ve zehirli gazlar çıkarma açısından büyük bir değişiklik göstermektedir. Bu malzemeler için daha çok araştırma yapılması gerekmektedir. Düşük yoğunluklu lif levha, ahşap esaslı paneller, plastik esaslı yalıtım ürünlerine ise asla izin verilmemelidir. İç kaplama malzemelerinde olduğu gibi, oda mobilyalarının da yangının yayılması üzerinde büyük etkisi vardır. Uygun malzemeleri seçmek yangın tehlikesini önemli ölçüde azaltmaktadır. Mobilya, yatak tipi ve dekorasyon seçimi can güvenliği üzerinde en fazla etkiye sahiptir. Köpük malzemeler, yangına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle hasta odalarında döşemeli mobilyalardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır [104]. Yangınlarda bu tür mobilyaların performansı üzerine belirli standart testler mevcuttur. Bu tür mobilyalar seçilecekse yangında daha iyi performans

gösteren sertifikalı ürünlerin seçilmesi gerekmektedir. Hasta yatakları yanıcı köpük malzemeleri içermektedir. En azından, bu yataklar için sigara gibi küçük tutuşturucu kaynaklarına dirençleri üzerinde testler yapılmalıdır. Mahremiyeti sağlamak için odalarda bulunan perdeler, dikey yönleri nedeniyle yangın yayılması üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Yangına iyi tepki veren yangın geciktirici perdelerin seçimine dikkat edilmelidir.

Yangın algılama ve uyarı alt sistemi

Yangın söndürme müdahalesini mümkün olan en kısa sürede başlatmak için personel tarafından onaylanmış bir yangın alarm sinyalinin itfaiyeye otomatik olarak gönderilmesi gerekmektedir. Otomatik yangın algılama sistemleri, bir yangının başlangıç aşamasında tespit edilmesi için hızlı ve güvenilir bir yoldur. Mümkün olduğunca yangına çabuk müdahale edilebilmesi için, otomatik bir duman algılama sisteminin kurulması hastane binalarında son derece önemlidir. Otomatik yangın algılama sistemi; tüm sistemi yöneten bir yangın alarm kontrol paneli (FACP), yangın dedektörleri, manuel alarm çağrı noktaları (MAC'ler) ve FACP tarafından yönetilen cihaza / cihazdan belirli sinyalleri entegre eden giriş / çıkış modüllerinden (I / O modülleri) oluşmaktadır. Algılama sisteminin kurulumu için neden – sonuç matrisini kapsayan bir sistem tasarımı geliştirilmelidir. Bu matris, algılama bölgelerinden birinde yangın algılamanın kontrol paneli tarafından etkinleştirilmesi gereken tüm eylemleri özetlemelidir. Kontrol ve tekrarlayıcı paneller, binanın tercihen zemin katında veya kolay ulaşılabilir bölümünde sürekli personel bulunan bir yere yerleştirilmelidir. Yangın kontrol panelinin tesis edildiği yerde personelin bulunmadığı zaman aralıkları var ise bu sürelerde sürekli personel bulunan ikinci bir mahalde veya daha fazla mahalde tekrarlayıcı paneller tesis edilmedir. Hastane binasının büyüklüğü göz önüne alındığında, binada bir yangın kontrol paneli mutlaka olmalıdır. Paneller yangın olan yeri noktasal olarak belirlemeli ancak acil durum ekipleri tarafından acil durum senaryolarının işletilmesi için, yangının hangi alandan geldiği bilgisinin ayrıca alınması gerekmektedir. Tüm binada uyarı işlevi acil anons sistemi üzerinden yapılmalıdır. Cihazlar, yerden 150 cm yükseklikteki ses seviyesi ortalama ortam ses seviyesinin en az 15 dBA üzerinde olacak şekilde yerleştirilmelidir. Acil anons sisteminin kullanıldığı personel dolaşımı olan yerlerde ayrıca yangın alarm siren flaşörü de kullanılmalıdır. Sesli yangın uyarı cihazlarının sesleri, hastanede başka amaçlarla kullanılan sesli uyarıcılardan ayırt edilebilecek özellikte olacak şekilde düzenlenmelidir. Acil anons sistemi bölgesel tipte olmalıdır. Anons sistemi, yatay

tahliye yapılan alanlarda görevli personel tarafından yangın çıkan alanda tahliye anonsu ve diğer komşu alanlarda paniğe yol açmayacak şekilde bilgilendirme anonsu vermelidir.

Yapısal tepki ve yangının yayılması alt sistemi

Yangın riski yüksek olan alanların diğer alanlardan ayrılması, bir alanda çıkacak yangından dolayı, diğer alanlarda oluşabilecek hasarları azaltmak, kullanıcıların sığınabileceği güvenli alanlar oluşturmak ve yangın boyutlarını sınırlayarak söndürme çalışmalarını kolaylaştırmak amacıyla yapılan kompartımantasyon yapıyı yönetmeliklere uygun olarak yeterli yangın direncine sahip duvar ve döşemelerle kendi içinde bölümlere ayırmaktır. İki ya da daha fazla kat tek bir bölüm içinde yer alabilir. Düşey boşluklar (asansör boşlukları, merdiven yuvaları, servis bacaları, çöp bacaları, tesisat şaftları vb.) ise genelde ayrı bir kompartıman olarak bağımsız bölümler halinde düzenlenmelidir. Yangın kompartımanları, binanın yeni veya mevcut olmasına, kullanım sınıfına, yangın yüküne, bina yüksekliğine ve yağmurlama sisteminin olup olmamasına bağlı olarak yangının bina bölümleri / kompartımanlar arasında yayılmasını önleyecek şekilde olması gereken en çok taban alanları ve / veya hacimleri öngörmektedir.

Çizelge 4.18. Yapısal yangın dayanım süreleri

Bina Adı	Yangın Dayanım Süresi (dakika)													
	Taşıyıcı Sistem (Kiriş kolon)	Yük Taşıyıcı Duvarlar	Döşemeler	Çatılar, Kaçış yolunu oluşturan	Çatılar, Döşeme görevi yapan	Çatılar, Dıştan yangına maruz kalan	Yangın kompartıman duvarları	Şaftlar	Yangın merdiven duvarları	Yangın güvenlik holü kapıları	Şaft kapakları	Asansörler	Asansör kuyuları	Asansör kapıları
Hastane Binası	90	90	90	30	90	90	90	120	120	90,S	90,S	60	60	E 30

Bina kullanım sınıflarına bağlı olarak binalarda zorunlu oluşturulması gereken en fazla kompartıman alanları BYKHY' in Ek-4 ' de hastaneler için 1500 m² olarak verilmektedir. Binada uygun yangın kontrol sistemleri (otomatik algılama, yağmurlama sistemi, duman tahliye sistemi ve benzeri) yapılmış ise kompartıman alanı 2 katına çıkarılabilmektedir.

Binanın taşıyıcı sisteminin yangına dayanım süreleri, BYKHY Ek 3B ve Ek 3C'ye göre Çizelge 4.18'de verilmektedir. Yangın yayılımının sınırlanması için Çizelge 4.19'da verilen mahaller ise yangın kompartımanı olarak düzenlenmelidir.

Çizelge 4.19. Kompartıman alanlarının dayanım süreleri

Korunması Gereken Alanlar		
Zemin ve üstü katlar		
	Duvar	Kapı
Depolar	REI 90	EI 60
Mekanik Odalar	REI 90	EI 60
Elektrik Odaları	REI 120	EI 90
Mutfaklar	REI 120	EI 90
Şaftlar ve benzeri açıklıklar	REI 120	EI 90
Kirli Odaları	REI 120	EI 90,S

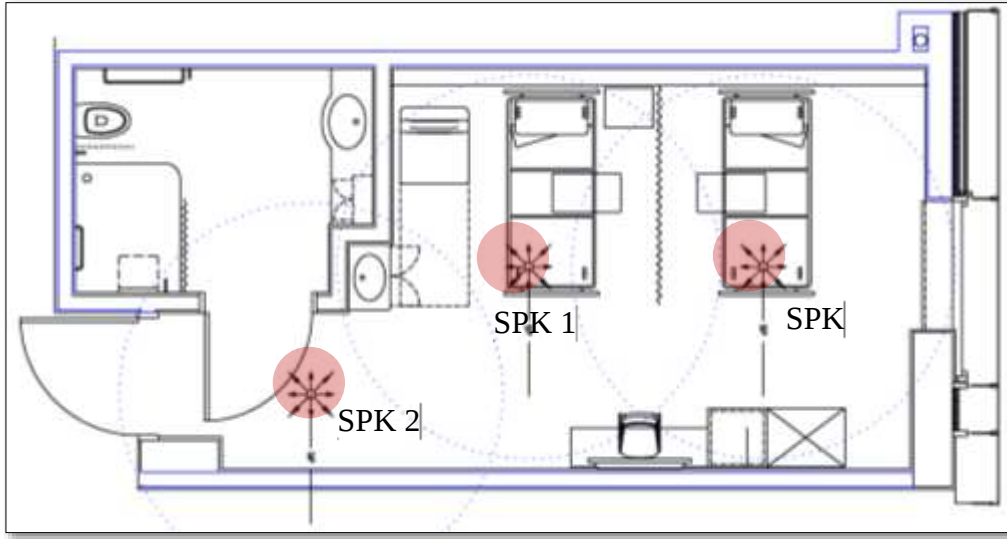
Yangın söndürme alt sistemi

İyi tasarlanmış ve bakımı yapılan otomatik yağmurlama sistemleri mevcut en etkili ve güvenilir yangın söndürme sistemi olarak kabul edilmektedir. İstatistiksel bilgiler, bir yağmurlama sistemi kurulduğunda yangınların yaklaşık % 95'inin yangının çıktığı odada hapsedildiğini göstermektedir. Bu nedenle, sadece hasta yatak katlarının bulunmadığı düşük katlı binalar hariç tüm hastane binalarında yağmurlama sistemleri gerekmektedir [104]. Yağmurlama sistemleri onaylanmış standartlara göre tasarlanmalıdır. Yağmurlama sisteminin su kaynağı özel bir yangın su deposuna bağlanmalıdır. Akredite bir kuruluş tarafından onaylanmış bir yangın pompası takılması gerekmektedir. Yangın pompasının güvenilir bir güç kaynağı olmalıdır. Bir acil durum jeneratörüne bağlı elektrikli bir pompaya bağlanmalıdır. Hastanelerde, ameliyathanelere ve pahalı tıbbi ekipmanlara sahip mahallere yağmurlama sisteminin eklenmesi ile ilgili tartışmalar istenmeyen bir aktivasyonun olabileceği endişesi ile sıklıkla ortaya çıkmaktadır. Ancak, bir ön-eylem sistemi ile sprinkler başlığının istenmeyen aktivasyon olasılığının azaltılabilmesi yağmurlama sistemlerinin oldukça güvenilir hale getirmektedir. Yağmurlama sistemleri minimum 68 ° C sıcaklıkta etkinleşmektedir [97]. Yangının başladığı odada, yangının erken fark edilmesi durumunda personelin yağmurlama sistemi etkinleşmeden önce yangını söndürmesi beklenmektedir. Yağmurlama sistemi, daha büyük yangınları kontrol edecek bir sistem olarak görülmektedir.

Çalışma kapsamında hasta odalarına otomatik yağmurlama sisteminin yerleştirilmesine ilişkin alternatifler düzenlenmiştir. 68 °C’ de aktif olacak yağmurlama sistemine ait alternatifler çerçevesinde oluşturulan senaryolarda;

- yangın esnasında hasta odasında bulunan yağmurlama sisteminin aktif olmama durumu ya da mevcut olmama durumu (S_0),
- yangın esnasında hasta odasında bulunan yağmurlama sisteminin aktif olma durumu (S_1), değerlendirilmektedir.

Senaryolarda analiz edilecek yağmurlama sisteminin yağmurlama başlıkları hasta odasına Şekil 4.25 ’teki gibi yerleştirilmektedir.



Şekil 4.25. Hasta yatak odasında yağmurlama sisteminin gösterimi

Dumanın yayılması, kontrolü ve yönetimi alt sistemi

Duman kontrol sistemleri dumandan etkilenen bölgeyi kontrol etmek, duman sıcaklığını sınırlamak veya kaçış yollarında dumansız bölgeler sağlamak için tasarlanmaktadır. Duman kontrolü, duman bariyerleri veya duman perdeleri gibi pasif yangından korunma sistemleri ve / veya mekanik duman atımı veya duman basınçlandırma sistemlerinden oluşan aktif yangından korunma sistemleriyle yapılmaktadır. Mevcut hasta yatak katının belirlenen senaryo çerçevesinde performans analizleriyle yangın güvenliği değerlendirildiğinde kaçış yollarında optimum kaçış koşullarının sağlanmasını belirleyen parametre dumanın yayılması

ve görüş mesafesinin azalması olarak görülmektedir. Bundan dolayı ortamın dayanılmaz koşullara ulaşma süresini artırmak için dumanın yayılması, kontrolü ve yönetimi alt sistemi oldukça önemlidir. Yangın hâlinde hasta yatak katında duman ve sıcak gazların yapı içindeki hareketini veya yayılımını denetlemek için alınan önlemler ile ASET değerini artırmak mümkün olmaktadır. Bu doğrultuda;

- duman perdesi ve
- mekanik duman kontrol sistemi dikkate alınmıştır.

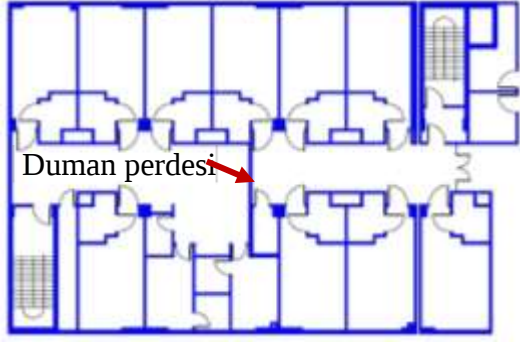
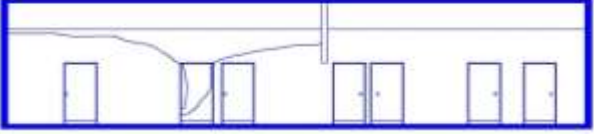
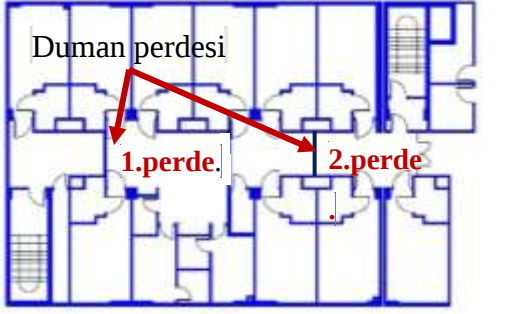
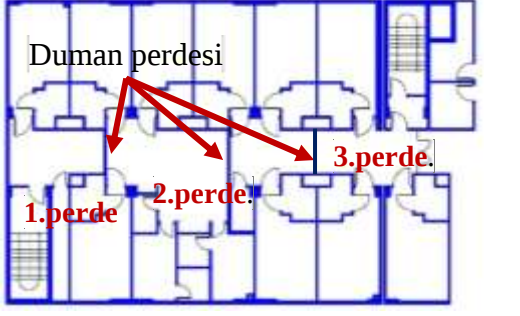
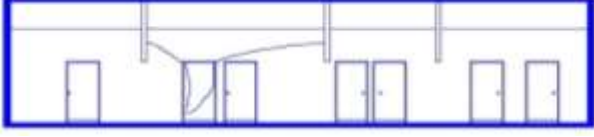
Çalışma kapsamında dikkate alınan iyileştirme önlemlerine ilişkin alternatiflerin tanımlanması ve oluşturulan senaryolar aşağıda açıklanmaktadır.

Hasta yatak koridoruna duman perdesi düzenlenmesi

Yükselen dumanın yanal yayılımını sınırlamak amacıyla tavanda sabit konumda, uzaktan kapatılabilen veya bir algılayıcı uyarısıyla kapanan, yangına karşı dayanıklı duman perdesi önlemi dikkate alınarak alternatifler düzenlenmiştir. (Çizelge 4.20). Tanımlanan alternatifler çerçevesinde oluşturulan senaryolarda;

- duman perdesinin mevcut olmadığı durum (D_0),
- hasta yatak katı koridorunda bir duman perdesinin düzenlenmesi durumu (D_1),
- hasta yatak katı koridorunda iki duman perdesinin düzenlenmesi durumu (D_2),
- hasta yatak katı koridorunda üç duman perdesinin düzenlenmesi durumu (D_3), değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.20. Alternatif tasarımlar için duman perdesinin plan ve kesitte gösterimi

Önerilen duman perdesinin planda yeri	Önerilen duman perdesinin kesitte yeri
	 Alternatif: Hasta yatak katı koridorunda bir duman perdesinin düzenlenmesi durumu (D₁)
	 Alternatif: Hasta yatak katı koridorunda iki duman perdesinin düzenlenmesi durumu (D₂)
	 Alternatif: Hasta yatak katı koridorunda üç duman perdesinin düzenlenmesi durumu (D₃)

Mevcut iklimlendirme ve havalandırma tesisatının duman kontrol sistemi olarak kullanılması

Duman ve zehirli gazların yapı içindeki hareketini veya yayılımını sınırlamak amacıyla hasta yatak katının mevcut iklimlendirme ve havalandırma tesisatına ait koridordaki emiş fanlarının duman kontrol sistemi olarak kullanılmasındaki durumlara sahip alternatifler tanımlanmaktadır (Şekil 4.14). Bu fanların duman emiş fanları olarak kullanılması için BYKHY' nin 87.maddesi;

(2) Mekanik duman kontrol sistemleri için tesis edilen havalandırma ve tahliye kanallarının çelik, alüminyum ve benzeri malzemeden yapılmış olması gerekmektedir.

(3) Bütün mekanik havalandırma ve duman tahliye sisteminde kullanılacak kanalların yeterli sayıda askı elemanları ile bağlanması şarttır.

(4) Kanal kaplama malzemesinin, en azından zor alevlenici malzemeden olması gerekmektedir.

(5) Havalandırma ve duman tahliye kanallarının, kaçış merdivenlerinden ve yangın güvenlik hollerinden geçmemesi asıldır. Ancak, çeşitli sebeplerden dolayı, kanalın bu bölümlerden geçmesi hâlinde, geçtiği bölümün yapısal olarak yangına dayanım süresi kadar yangına dayanacak bir malzeme ile kaplanması şarttır.

(6) Aynı hava santrali ile birden fazla yangın kompartımanının havalandırılması veya iklimlendirilmesi yapılıyor ise, yangın kompartımanları arası geçişlerde, üfleme ve emiş kanallarında yangın damperi kullanılması gerekmektedir.

(7) Asma tavan arası ve yükseltilmiş döşeme altı gibi mahallerin plenum olarak kullanılması hâlinde; bu bölümler içerisinden sadece mineral, alüminyum veya bakır zırlı kablolar, rijit metal borular ve sıvı sızdırmaz esnek metal borular geçirilebilir. Bilgisayar, televizyon, telefon ve iç haberleşme sistemleri kablolarının ve yangın korunum sistemi boruları ile alevlenmeyen sıvılar taşıyan yanmaz malzemeden boruların kullanılmasına izin verilmektedir.

(8) Havalandırma ve duman tahliye kanallarının yangın kompartımanı duvarlarını delmemesi gerekmektedir. Kanalın yangına 120 dakika dayanıklı bir yangın kompartımanı duvarını veya katını geçmesi hâlinde, kanal üzerine yangın kompartımanı duvarını veya katını geçtiği yerde 120 dakika ve üzerindeki yangın zonu geçişlerinde yangın damperi konulması veya şönt baca veya özel kelepçe gibi yangın geçişini engelleyen önlemler alınması gerekir. Havalandırma kanalı, korunmuş bir şaft içinden geçiyor ise şafta giriş ve çıkışta yangın damperi kullanılması şarttır [23].

hükümleri dikkate alınmalıdır. Tanımlanan alternatifler çerçevesinde oluşturulan senaryolarda;

- hasta yatak katı koridorunda duman atımında kullanılacak fanların mevcut olmadığı durum (MK₀),
- hasta yatak odalarında duman atımında kullanılacak fanların mevcut olmadığı durum (MH₀),
- mevcut iklimlendirme ve havalandırma tesisatına ait koridordaki fanların mevcut 0,093 m/s² debisiyle duman atımında kullanılmasındaki durum (MK₁),
- mevcut iklimlendirme ve havalandırma tesisatına ait koridordaki fanların duman atımında kullanılıp debisinin 1,25 m/s² 'ye artırıldığı durum (MK₂),
- mevcut iklimlendirme ve havalandırma tesisatına ait hasta odasındaki fanların mevcut 0,093 m/s² debisiyle duman atımında kullanılmasındaki durum (MH₁),
- mevcut iklimlendirme ve havalandırma tesisatına ait hasta odasındaki fanların duman atımında kullanılıp debisinin 1,25 m/s² 'ye artırıldığı durum (MH₂), değerlendirilmektedir.

4.6.2. ASET değerin artırılmasına yönelik iyileştirme önlemleri çerçevesinde geliştirilen senaryoların analiz edilmesi

Doktora çalışması kapsamında, ön tasarımın sunulan iyileştirme önlemleriyle oluşturulan alternatif tasarımlar senaryolaştırılarak analizler yapılmaktadır. Alternatif tasarımlara ilişkin 21 senaryo tanımlanmış olup Çizelge 4.21’ de bu senaryoların özellikleri verilmektedir.

Çizelge 4.21. İyileştirme önlemleri çerçevesinde analiz edilecek senaryoların özellikleri

Senaryo Kodu	Değişkenler							
	Sprinkler (S ₁)	Fan koridor debi: 0,093 m ³ /s (MK ₁)	Fan hasta odası debi: 0,093 m ³ /s	Fan koridor debi: 1,25 m ³ /s (MK ₂)	Fan hasta odası debi: 1,25 m ³ /s (MH ₂)	Duman perdesi 1 adet (D ₁)	Duman perdesi 2 adet (D ₂)	Duman perdesi 3 adet (D ₃)
S ₀ MK ₀ MH ₀ D ₀	-	-	-	-	-	-	-	-
S ₁ MK ₀ MH ₀ D ₀	√	-	-	-	-	-	-	-
S ₁ MK ₀ MH ₀ D ₁	√	-	-	-	-	√	-	-
S ₁ MK ₀ MH ₀ D ₂	√	-	-	-	-	-	√	-
S ₁ MK ₀ MH ₀ D ₃	√	-	-	-	-	-	-	√
S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₀	√	√	-	-	-	-	-	-
S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₁	√	√	-	-	-	√	-	-
S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₂	√	√	-	-	-	-	√	-
S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₃	√	√	-	-	-	-	-	√
S ₁ MK ₁ MH ₁ D ₀	√	√	√	-	-	-	-	-
S ₁ MK ₁ MH ₁ D ₁	√	√	√	-	-	√	-	-
S ₁ MK ₁ MH ₁ D ₂	√	√	√	-	-	-	√	-
S ₁ MK ₁ MH ₁ D ₃	√	√	√	-	-	-	-	√
S ₁ MK ₂ MH ₀ D ₀	√	-	-	√	-	-	-	-
S ₁ MK ₂ MH ₀ D ₁	√	-	-	√	-	√	-	-
S ₁ MK ₂ MH ₀ D ₂	√	-	-	√	-	-	√	-
S ₁ MK ₂ MH ₀ D ₃	√	-	-	√	-	-	-	√
S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₀	√	-	-	√	√	-	-	-
S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₁	√	-	-	√	√	√	-	-
S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₂	√	-	-	√	√	-	√	-
S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₃	√	-	-	√	√	-	-	√

Not: “√” sistemin olduğunu, - ise sistemin olmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.22’de ise senaryoların analizler sonucu elde edilen performans kriterlerinde belirtilen kritik değerlere ulaşma süreleri gösterilmektedir. Senaryoların hangi iyileştirme önlemlerini kapsadığının daha iyi anlaşılabilmesi için bir kodlama yapılmaktadır. “S” harfi yağmurlama sistemini, “M” harfi fanları, “D” harfi ise duman perdesini tanımlamaktadır. Harflerin yanında bulunan “0” rakamı sistemin olmadığını, “1” rakamı sistemin bulunduğunu “2” ise sistemin artırılmış bir şekilde bulunduğunu ifade etmektedir. $S_0MK_1MH_1D_1$ şeklindeki bir kodlama; “yağmurlama sisteminin bulunmadığını, hasta yatak koridorunda ve hasta yatak odalarında duman atımını sağlayan emiş fanların bulunduğunu, duman perdelerin eklendiğini”, $S_0MK_0MH_0D_0$ şeklindeki bir kodlama “yağmurlama sisteminin bulunmadığını, hasta yatak koridorunda ve hasta yatak odalarında duman atımında kullanılacak emiş fanların olmadığını ve duman perdelerin olmadığı” mevcut durumu göstermektedir.

Senaryoların yangın başlangıcından itibaren 50 s aralıklarla 600 s’ye kadar, yangının çıktığı hasta yatak odası içinde ve koridor doğrultusunda FDS programı ile analiz edilen sıcaklık, görüş mesafesi ve duman yayılımı değişimi EK 2’de Çizelge 2.1’den 2.63’e kadar toplu halde verilmektedir.

Çizelge 4.22. Senaryoların analizleri

Parametreler	Senaryo gelişim süreci	Senaryolar				
		S ₀ MK ₀ MIL ₀ D ₀	S ₁ MK ₀ MIL ₀ D ₀	S ₁ MK ₀ MIL ₀ D ₁	S ₁ MK ₀ MIL ₀ D ₂	S ₁ MK ₀ MIL ₀ D ₃
Dumanın yayılması	Dumanın görülmesi	35 s	35 s		35 s	35 s
	Odanın duman ile dolması	76 s	76 s		76 s	76 s
	Dumanın koridora yayılmaya başlaması	95 s	95 s		95 s	95 s
	Dumanın hasta odalarına yayılmaya başlaması	130 s	130 s	Perdeye kadar olan kısımdaki odalara 125 s'den itibaren Diğer kısımdaki odalara 330 s'den itibaren	İki perde arasında kalan odalara 125 s Diğer kısımdaki odalara 340 s	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan odalara 120 s Diğer kısımdaki odalara 230 s
Sıcaklık	Koridorun tamamen duman ile dolması	250 s	250 s	Perdeye kadar olan kısım 220 s Diğer kısım 408 s	İki perde arasında kalan kısım 270 s Diğer kısımlara 380 s	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan odalara 170 s Diğer kısımdaki odalara 340 s
	Dumanın diğer koridora yayılması	190 s	190 s		375 s	420 s
	Yangının başladığı odada sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (x diliminde)	178 s	178 s		178 s	178 s
	Koridorda sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (y diliminde)	260 s	360 s	Perdeye kadar olan kısım 310 s Diğer kısımlarda 60°C'ye ulaşmamıştır.	İki perde arasında kalan kısım 310 s'de 60°C'ye ulaşmıştır. Diğer kısımlarda 600 s sonunda sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısımlara 270 s Diğer kısımlar ise 600 s sonunda 60°C'ye ulaşmamıştır.
Görüş mesafesi	2 m. yükseklikte sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (z diliminde)	590 s		Perdeye kadar olan kısım 600 sn sonunda 60°C'ye ulaşmıştır. Diğer kısımlar 28°C'ye ulaşmıştır.	Yangının çıktığı hasta odası ile 7 No' lu hasta odası haricinde diğer kısımlarda sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısım ve odalar 460 s Diğer kısımlar 60°C'ye ulaşmamıştır.
	2 m. yükseklikte görüş mesafesinin 10 m. ye inmesi (z dilimi)		Yangının başladığı odada 90 s'de. Diğer kısımlarda ise 290 s'de ulaşmıştır.	Perdeye kadar olan 245 s. Diğer kısımlar 545 s.	İki perde arasında kalan kısımlarda 255 s. Diğer kısımlarda 528 s.	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısımlar 223 s Diğer kısımlar 420 s
CO yoğunluğu	CO yoğunluğunun 1400 ppm' e ulaşması	Yangının çıktığı odada 850 ppm' e ulaşmıştır.	Yangının çıktığı odada 1000 ppm' e ulaşmıştır. 7 no' lu odada 740 ppm' e ulaşmıştır.	Perdeye kadar olan kısım 600 sn sonunda 1040 ppm' e ulaşmıştır. Diğer kısımlarda CO yoğunluğu gözlemlenmemiştir.	İki perde arasında kalan kısımlarda 600 s sonunda 1040 ppm' e ulaşmıştır. Diğer kısımlarda 880 ppm' e ulaşmıştır.	Yangının çıktığı odada 600 s sonunda 1400 ppm' e ulaşmıştır. Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısımlar 1220 ppm' e ulaşmıştır.
Söndürme sisteminin aktif olma durumu	Spk' nin aktif olma durumu	-	292 s	208 s.	200 s	195 s
	Spk1'in aktif olma durumu	-	201 s	207 s.	241 s	243 s
	Spk2'nin aktif olma durumu	-	200 s	234 s.	199 s	206 s

Çizelge 4.22. (devam) Senaryoların analizleri

Parametreler	Senaryo gelişim süreci	Senaryolar			
		S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₀	S ₁ MK ₃ MH ₀ D ₁	S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₂	S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₃
Dumanın yayılması	Dumanın görülmesi	35 s	35 s	35 s	35 s
	Odanın duman ile dolması	85 s	85 s	85 s	85 s
	Dumanın koridora yayılması	100 s	100 s	100 s	100 s
	Dumanın hasta odalarına yayılması	120 s	Perdeye kadar olan kısımdaki odalara 125 s den itibaren Diğer kısımdaki odalara 350 s den itibaren	İki perde arasında kalan odalara 130 s Diğer kısımlardaki odalara 345 s	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan odalara 130 s Diğer kısımdaki odalara 345 s
Sıcaklık	Koridorun tamamen duman ile dolması	260 s	Perdeye kadar olan kısım 240 s, Diğer kısımlar 430 s,	İki perde arasında kalan kısım 284 s Diğer kısımlar 375 s	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısım 210 s Diğer kısımlar 365
	Dumanın diğer koridora yayılması	233 s	404 s	385 s	455 s
	Yangının başladığı odada sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (x dilimde)	178 s	178 s	178 s	178 s
	Koridorda sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (y dilimde)	380 s	Perdeye kadar olan kısımda 330 s Diğer kısımlarda 60°C'ye ulaşmamıştır.	İki perde arasında kalan kısımda 310 s Diğer kısımlarda 60°C'ye ulaşmamıştır.	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısım 290 s Diğer kısımlar ise 600 s sonunda 60°C'ye ulaşmamıştır.
Görüş mesafesi	2 m, yükseklikte sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (z dilimde)	Yangın hasta odası haricinde sıcaklık 600 s sonunda 60°C'ye ulaşmamıştır.	Perdeye kadar olan kısımda 600 s sonunda 52°C'ye ulaşmıştır.	600 s sonunda iki perde arasında kalan kısımda 52°C'ye ulaşmıştır.	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısım ve odalar 480 s Diğer kısımlar 60°C'ye ulaşmamıştır.
	2 m, yükseklikte görüş mesafesinin 10 m. ye inmesi (z dilimi)	426 s	Perdeye kadar olan kısımda 305 s Diğer kısımlarda 540 s	İki perde arasında kalan kısımda 250 s Diğer kısımlarda 510 s	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısım 225 s Diğer kısımlarda 380 s
CO yoğunluğu	CO yoğunluğunun 1400 ppm'e ulaşması	Yangın hasta odası 600 s sonunda 1040 ppm'e ulaşmıştır. Diğer kısımlar 700 ppm'e ulaşmıştır.	Yangının çıktığı odada 600 s sonunda 1320 ppm'e ulaşmıştır. Perdeye kadar olan kısımda 600 s sonunda 1160 ppm'e ulaşmıştır.	İki perde arasında kalan kısımda 600 s sonunda 1160 ppm'e Diğer kısımlarda 600 s sonunda 840 ppm'e ulaşmıştır	Yangının çıktığı odada 600 s sonunda 1400 ppm'e ulaşmıştır. Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısımlar 600 s sonunda 1220 ppm'e ulaşmıştır.
	Spk'nın aktif olma durumu	207 s	219 s	200 s	198 s
Söndürme sisteminin aktif olma durumu	Spk1'in aktif olma durumu	232 s	214 s	214 s	242 s
	Spk2'nin aktif olma durumu	217 s	205 s	203 s	202 s

Çizelge 4.22. (devam) Senaryoların analizleri

Parametreler	Senaryo gelişim süreci	Senaryolar			
		S ₁ (MK ₁ MH ₁ D ₀)	S ₂ (MK ₂ MH ₂ D ₁)	S ₃ (MK ₃ MH ₃ D ₂)	S ₄ (MK ₄ MH ₄ D ₃)
Dumanın yayılması	Dumanın görülmesi	35 s.	35 s.	35 s.	35 s.
	Odanın duman ile dolması	85 s.	85 s.	85 s.	85 s.
	Dumanın koridora yayılması	100 s.	100 s.	100 s.	100 s.
	Dumanın hasta odalarına yayılması	136 s.	Perdeye kadar olan kısımdaki odalara 130 s.den itibaren Diğer kısımlardaki odalara 335 s.	İki perde arasında kalan kısımdaki odalara 130 s.	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan hasta odalarına 140 s.
	Koridorun tamamen duman ile dolması	300 s.	Perdeye kadar olan kısım 195 s. Diğer kısımlar 420 s.	İki perde arasında kalan kısım 294 s.	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısım 210 s.
Sıcaklık	Dumanın diğer koridora yayılması	235 s.	430s	330 s.	400 s.
	Yangının başladığı odada sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (x diliminde)	235 s.	180 s.	178 s.	280 s.
	Koridorda sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (y diliminde)	380 s.	215 s.	İki perde arasında kalan kısımda 310s.	Birinci ve ikinci perde arasında kalan kısım 300 s.
	2 m. yükseklikte sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (z diliminde)	Yangının çıktığı hasta odası haricinde sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.	600 s sonunda 1 kısımda 52°C'ye ulaşmıştır.	Yangının çıktığı hasta odası haricinde sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.	Diğer kısımlar 60°C'ye ulaşmamıştır.
	2 m. yükseklikte görüş mesafesinin 10 m. ye inmesi (z dilimi)	436 s' de görüş mesafesi 10 m.' ye düşmüştür.	2. kısımda 24°C'ye ulaşmıştır.	İki perde arasında kalan kısımda 255 s.	Birinci ve ikinci perde arasında kalan kısım 225 s.
CO yoğunluğu	CO yoğunluğunun 1400 ppm' e ulaşması	600 s' de 1040 ppm' e ulaşmıştır.	Yangının çıktığı odada 600 s sonunda 1320 ppm' e ulaşmıştır.	İki perde arasında kalan kısımda 600 s sonunda 1160 ppm' e ulaşmıştır.	Yangının çıktığı odada 600 s sonunda 1400 ppm' e ulaşmıştır.
Söndürme sisteminin aktif olma durumu	Spk'ın aktif olma durumu	210 s.	Perdeye kadar olan kısımda 600 s sonunda 1130 ppm' e ulaşmıştır.	Diğer kısımlarda 600 s sonunda 840 ppm' e ulaşmıştır.	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısımda 600 s sonunda 1160 ppm' e ulaşmıştır.
	Spk'ın aktif olma durumu	250 s.	229 s.	203 s.	199 s.
	Spk2'nin aktif olma durumu	226 s.	202 s.	226 s.	236 s.
		226 s.	216 s.	211 s.	214 s.

Çizelge 4.22. (devam) Senaryoların analizleri

Parametreler	Senaryo gelişim süreci	Senaryolar			
		S ₁ MK ₂ MIL ₄ D ₀	S ₁ MK ₂ MIL ₄ D ₁	S ₁ MK ₂ MIL ₄ D ₂	S ₁ MK ₂ MIL ₄ D ₃
Dumanın yayılması	Dumanın görülmesi	35 s	35 s	35 s	35 s
	Odanın duman ile dolması	80 s	80 s	80 s	80 s
	Dumanın koridora yayılması	100 s	100 s	100 s	100 s
	Dumanın hasta odalarına yayılması	150 s	Perdeye kadar olan kısımdaki odalara 150 s Diğer kısımdaki odalara 550 s	150 s	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan odalara 150 s Diğer kısımdaki odalara 340 s
	Koridorun tamamen duman ile dolması	280 s	Perdeye kadar olan kısım 305 s. Diğer kısımlar 600 s.	İki perde arasında kalan odalara 245 s Diğer kısımlara 590 s Yayılma yok	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısım 245 s Diğer kısımlara 390 s Yayılma yok
Sıcaklık	Dumanın diğer koridora yayılması	290 s	Yayılma yok		
	Yangının başladığı odada sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (x dilinde)	200 s	200 s	200 s	200 s
	Koridorda sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (y dilinde)	Yangının başladığı oda önünde 410 s	Perdeye kadar olan kısımda 340 s	İki perde arasında kalan kısımda 350 s	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısımda 290 s Diğer kısımlar 60°C'ye ulaşmamıştır.
	2 m. yükseklikte sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (z dilinde)	Yangının çıktığı hasta odası haricinde sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.	Yangının çıktığı hasta odası haricinde sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.	Yangının çıktığı hasta odası haricinde sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.	Yangının çıktığı hasta odası haricinde sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.
	Görüş mesafesi	2 m. yükseklikte görüş mesafesinin 10 m. ye inmesi (z dilimi)	420 s	Hasta odası önünde 350 s'de görüş mesafesi 10 m'ye düşmüştür.	Hasta odası önünde 225 s'de görüş mesafesi 10 m'ye düşmüştür.
Sondırma sisteminin aktif olma durumu	CO yoğunluğunun 1400 ppm'e ulaşması	600 s'de 1160 ppm'e ulaşmıştır.	600 s sonunda 1080 ppm'e ulaşmıştır.	600 s sonunda 1240 ppm'e ulaşmıştır.	600 s sonunda 1400 ppm'e ulaşmıştır.
	Spk'nın aktif olma durumu	217 s	212 s	250 s	217 s
	Spk1'in aktif olma durumu	215 s	250 s	219 s	214 s
	Spk2'nin aktif olma durumu	222 s	235 s	214 s	217 s

Çizelge 4.22. (devam) Senaryoların analizleri

Parametreler	Senaryo gelişim süreci	Senaryolar			
		S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₀	S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₁	S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₂	S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₃
Dumanın yayılması	Dumanın görülmesi	35 s	35 s	35 s	35 s
	Odanın duman ile dolması	90 s	90 s	90 s	90 s
	Dumanın koridora yayılması	115 s	115 s	115 s	115 s
	Dumanın hasta odalarına yayılması	150 s	Perdeye kadar olan kısımdaki odalara 180. s den itibaren Diğer kısımdaki odalara hiç yayılmıyor.	İki perde arasında kalan odalara 190 s. den itibaren Diğer kısımlardaki odalara yayılma yok	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan odalara 160 s Diğer kısımdaki odalara yayılma yok.
	Koridorun tamamen duman ile dolması	320 s	Perdeye kadar olan kısım 310 sn. Diğer kısımlara yayılma yok	İki perde arasında kalan odalara 190 s Diğer kısımlara yayılma yok	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan kısım 230 s Diğer kısımlara yayılma yok.
Sıcaklık	Dumanın diğer koridora yayılması	Yayılma yok	Yayılma yok	Yayılma yok	Yayılma yok
	Yangının başladığı odada sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (s dilinde)	239 s	239 s	239 s	239 s
	Koridorda sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (y dilinde)	Yangının başladığı oda önünde 600 s	Perdeye kadar olan kısımda 490 s	İki perde arasında 600 sonunda 60 °C'ye ulaşmıştır.	Birinci perde ve ikinci perde arasında kalan 400 s Diğer kısımlar 60°C'ye ulaşmamıştır.
	2 m. yükseklikte sıcaklığın 60 °C'ye ulaşması (z dilinde)	Yangının çıktığı hasta odası haricinde sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.	Yangının çıktığı hasta odası haricinde sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.	Yangının çıktığı hasta odası haricinde sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.	Yangının çıktığı hasta odası haricinde sıcaklık 60°C'ye ulaşmamıştır.
	2 m. yükseklikte görüş mesafesinin 10 m. ye inmesi (z dilimi)	455 s	Perdeye kadar olan kısımda 460 sn.de. Diğer kısımlarda görüş mesafesi 10 m'nin altına düşmemiştir.	İki perde arasında alan kısımda 450 s'de düşmektedir. Diğer kısımlarda görüş mesafesi 10 m'nin altına düşmemiştir.	Yangının başladığı oda önünde 290 s'den itibaren
CO yoğunluğu	CO yoğunluğunun 1400 ppm'e ulaşması	Yangının çıktığı hasta odasında 600 s sonunda 1000 ppm'e ulaşmıştır. Diğer kısımlarda 500 ppm'e ulaşmıştır.	Perdeye kadar olan kısımda 600 s sonunda 680 ppm'e ulaşmıştır. Diğer kısımlarda CO yoğunluğu gözlemlenmemiştir.	Yangının çıktığı odada 600 sn sonunda 1160 ppm'e ulaşmıştır. Birinci ve ikinci perde arasındaki kısımda 600 saniye sonunda 840 ppm'e ulaşmıştır.	Yangının çıktığı odada 600 sn sonunda 1160 ppm'e ulaşmıştır. Birinci ve ikinci perde arasındaki kısımda 600 saniye sonunda 840 ppm'e ulaşmıştır.
Söndürme sisteminin aktif olma durumu	Spk'nın aktif olma durumu	307 s	307 s	307 s	255 s
	Spk1'in aktif olma durumu	254 s	252 s	226 s	239 s
	Spk2'nin aktif olma durumu	234 s	216 s	244 s	224 s

4.6.3. RSET değerinin azaltılmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin belirlenmesi ve tasarım alternatiflerinin oluşturulması

Hasta yatak katında RSET değerini azaltmak için iyileştirme önlemlerinin belirlenmesi (Adım D.4.2), kullanıcı davranışı ve kaçış alt sistemi altında incelenmektedir. Kullanıcı davranışı ve kaçış alt sistemi çerçevesinde;

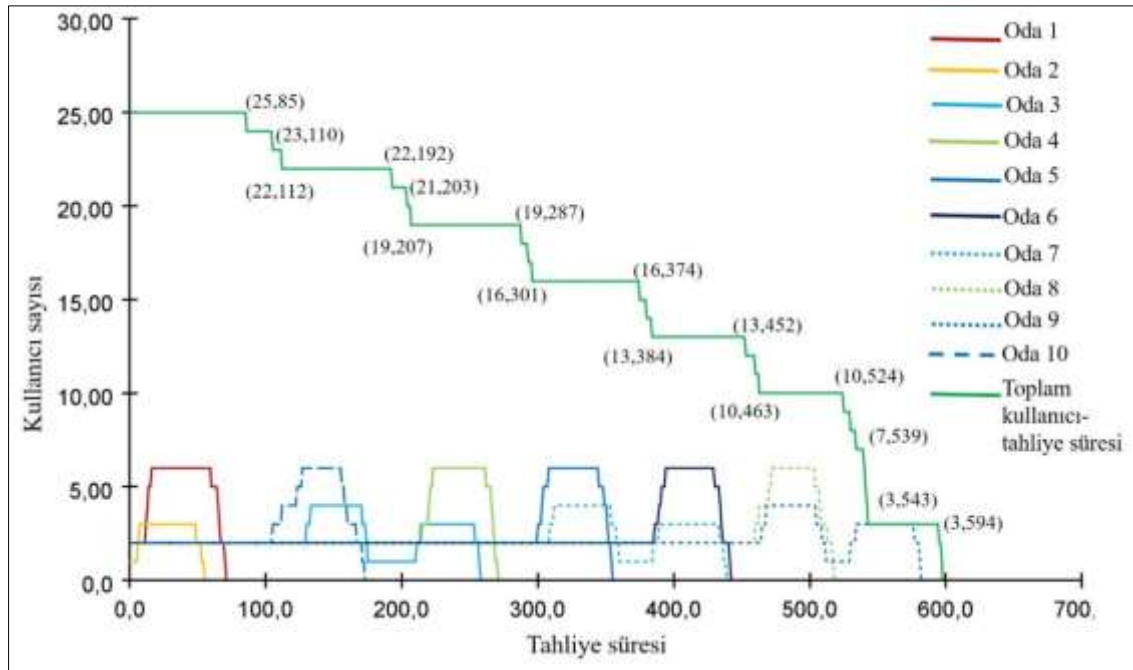
- Hastaların hareket kabiliyetlerinin değerlendirilmesi için hastaların tahliyesinin tekerlekli sandalye ile yapılması durumları,
- Hasta odalarının kapı genişliklerinin 1,05 m, 1,10 m ve 1,20 m olduğu durumlar,
- Tahliye yardımcı görevli sayısının ise 6 ve 8 olduğu durumlar değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.23. Kullanıcı davranış senaryoları

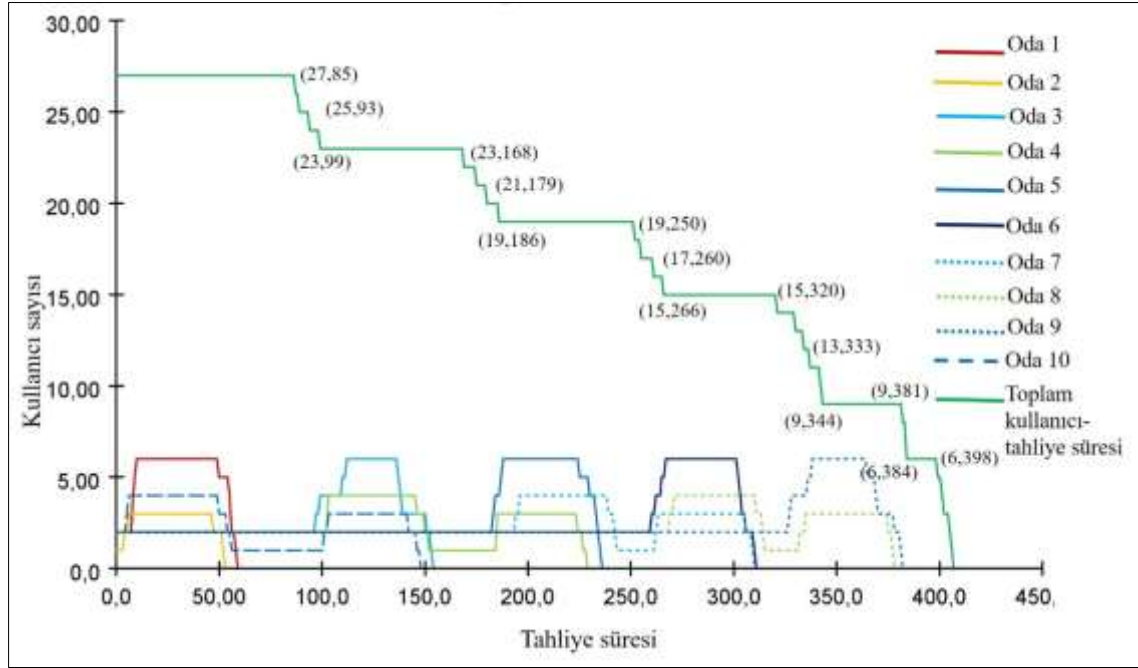
Senaryo Kodu	Kullanıcıların özellikleri	Kapı genişliği	Görevli sayısı
KDS _{1_1}	T3	1,05	6
KDS _{1_2}	T3	1,05	8
KDS _{1_3} (mevcut)	T3	1,10	6
KDS _{1_4}	T3	1,10	8
KDS _{1_5}	T3	1,20	6
KDS _{1_6}	T3	1,20	8
KDS _{2_1}	T2	1,05	6
KDS _{2_2}	T2	1,05	8
KDS _{2_3}	T2	1,10	6
KDS _{2_4}	T2	1,10	8
KDS _{2_5}	T2	1,20	6
KDS _{2_6}	T2	1,20	8

BYKHY’ de hasta odalarının kapı genişlikleri hakkında bir hüküm yoktur ancak sağlık yapılarında tasarım kriterleri kılavuzunda “yatak ya da sedye erişimi gereken odalardaki tüm kapı açıklıkları en az 1,05 m olmalıdır” denilmektedir. Bundan dolayı hasta odalarının kapı genişliklerinin ele alındığı alternatiflerde kapı genişliği olarak 1.05 m de incelenmektedir. Hastaların hasta yatağı ile tahliye edildiği KDS_{1_1}, KDS_{1_2}, KDS_{1_3}, KDS_{1_4}, KDS_{1_5} ve KDS_{1_6} senaryolarından; kapı genişliğinin 1,05 m olarak belirlenen senaryolardan; KDS_{1_1} kodlu senaryo ile görevli sayısının 8 kişi olduğu KDS_{1_2} senaryosu karşılaştırıldığında tahliye süresinin 597,5 s’ den 408 s’ ye düştüğü görülmektedir. Kapı genişliğinin 1,10 m olarak belirlenen senaryolardan; KDS_{1_3} kodlu senaryo ile görevli sayısının 8 kişi olduğu

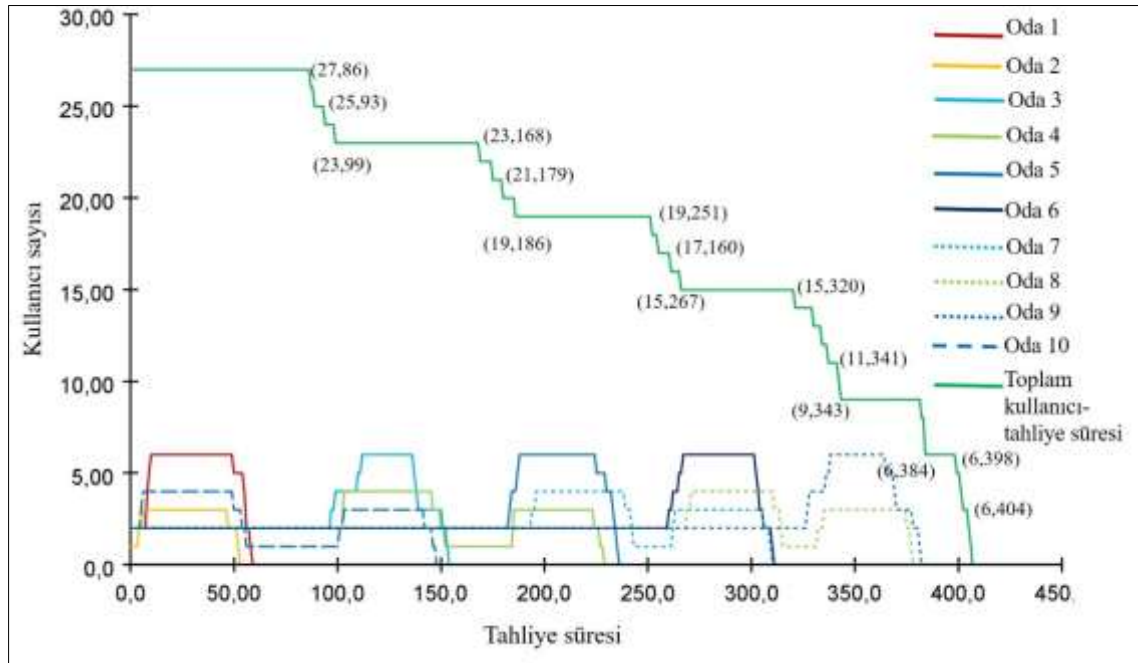
KDS_{1_4} senaryosu karşılaştırıldığında tahliye süresinin 551,3 s 'den 406,8 s 'ye düştüğü görülmektedir. Kapı genişliğinin 1,20 m olarak belirlenen senaryolardan; KDS_{1_5} kodlu senaryo ile görevli sayısının 8 kişi olduğu KDS_{1_6} senaryosu karşılaştırıldığında tahliye süresinin 519,8 s 'den 379,3 s 'ye düştüğü görülmektedir. En kısa tahliye süresi 8 görevlinin bulunduğu ve kapı genişliklerinin 1,20 m olduğu KDS_{1_6} senaryosunun olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 4.31). Hastaların tekerlekli sandalye ile tahliye edildiği KDS_{2_1}, KDS_{2_2}, KDS_{2_3}, KDS_{2_4}, KDS_{2_5} ve KDS_{2_6} senaryolarından; kapı genişliğinin 1,05 m olarak belirlenen senaryolardan; KDS_{2_1} kodlu senaryo ile görevli sayısının 8 kişi olduğu KDS_{1_2} senaryosu karşılaştırıldığında tahliye süresinin 268,8 s 'den 219,5 s 'ye düştüğü görülmektedir. Kapı genişliğinin 1,10 m olarak belirlenen senaryolardan; KDS_{2_3} kodlu senaryo ile personel sayısının 8 kişi olduğu KDS_{2_4} senaryosu karşılaştırıldığında tahliye süresinin 269,8 s 'den 213,8 s 'ye düştüğü görülmektedir. Kapı genişliğinin 1.20 m olarak analiz edildiği KDS_{2_5} kodlu senaryo ile personel sayısının 8 kişi olduğu KDS_{2_6} senaryosu karşılaştırıldığında tahliye süresinin 269 s'den 218,3 s 'ye düştüğü görülmektedir. En kısa tahliye süresi 8 görevlinin bulunduğu ve kapı genişliklerinin 1,20 m olduğu KDS_{2_6} senaryosunun olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 4.38).



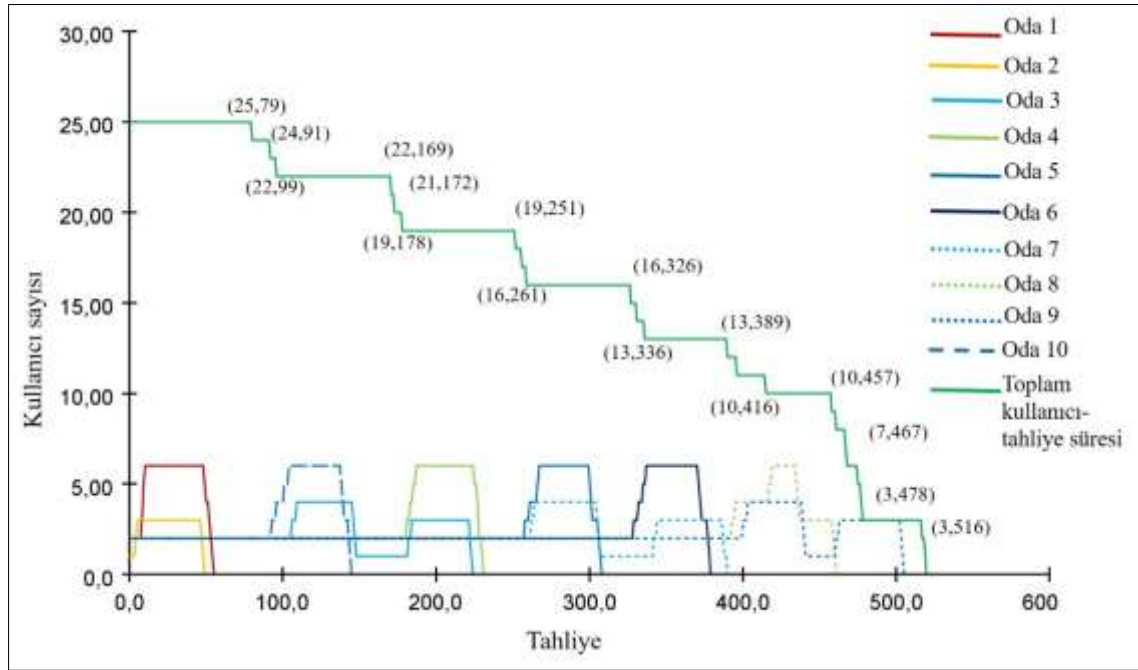
Şekil 4.26. KDS_{1_1} senaryosuna ait zamana göre tahliye edilen kullanıcı sayısı



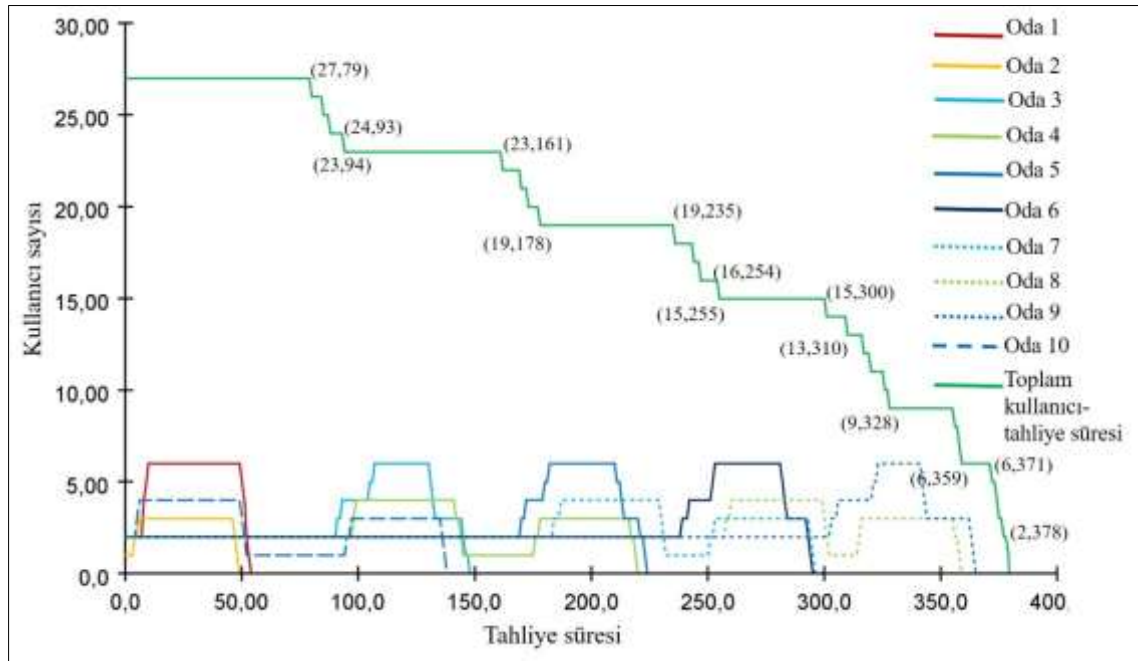
Şekil 4.27. KDS_{1_2} senaryosuna ait zamana göre tahliye edilen kullanıcı sayısı



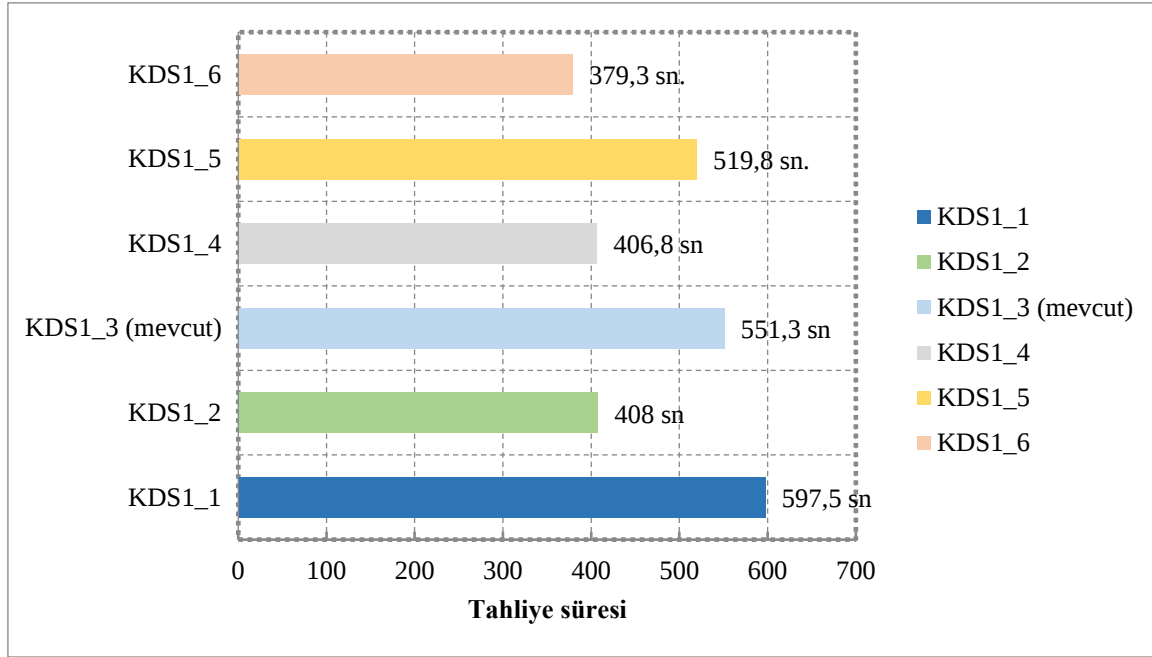
Şekil 4.28. KDS_{1_4} senaryosuna ait zamana göre tahliye edilen kullanıcı sayısı



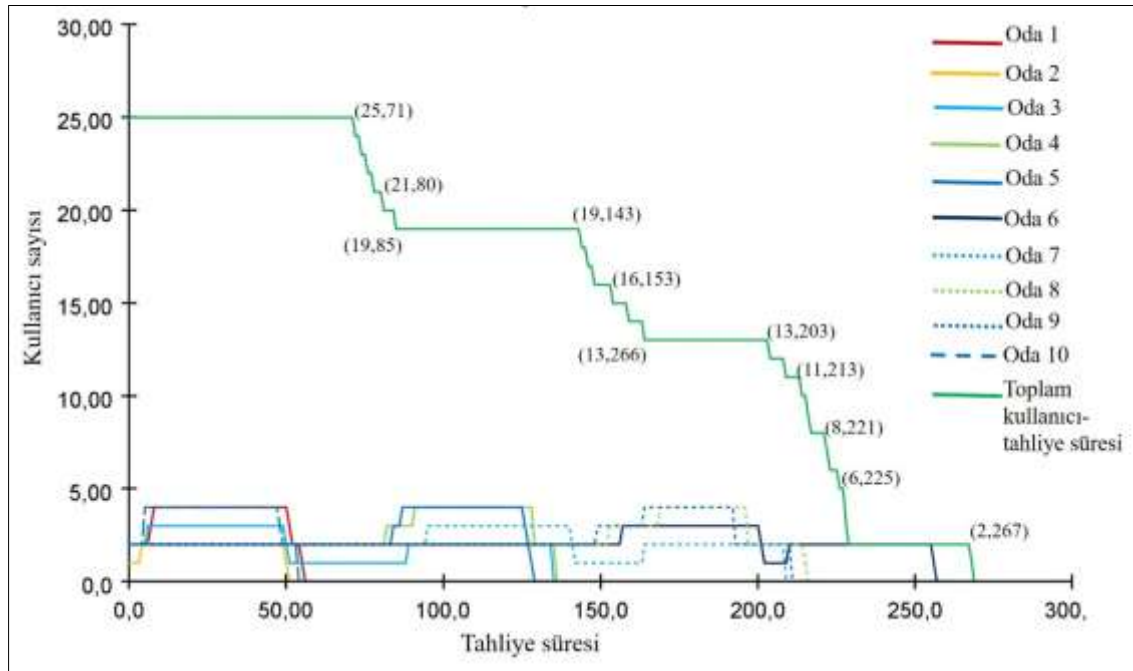
Şekil 4.29. KDS_{1_5} senaryosuna ait zamana göre tahliye edilen kullanıcı sayısı



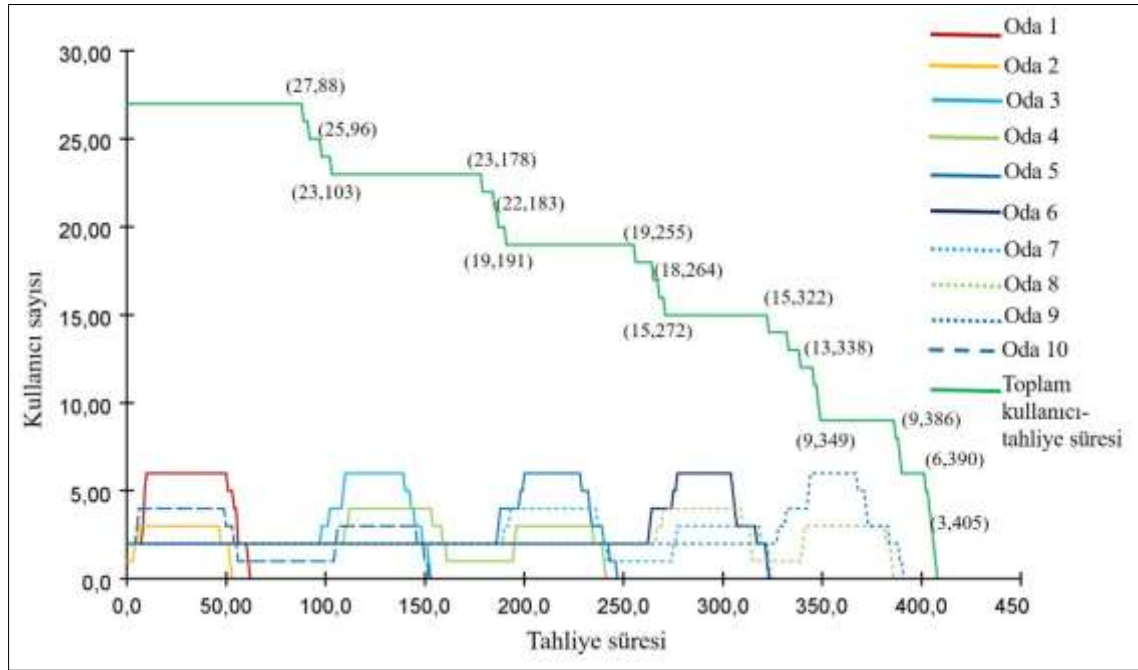
Şekil 4.30. KDS_{1_6} senaryosuna ait zamana göre tahliye edilen kullanıcı sayısı



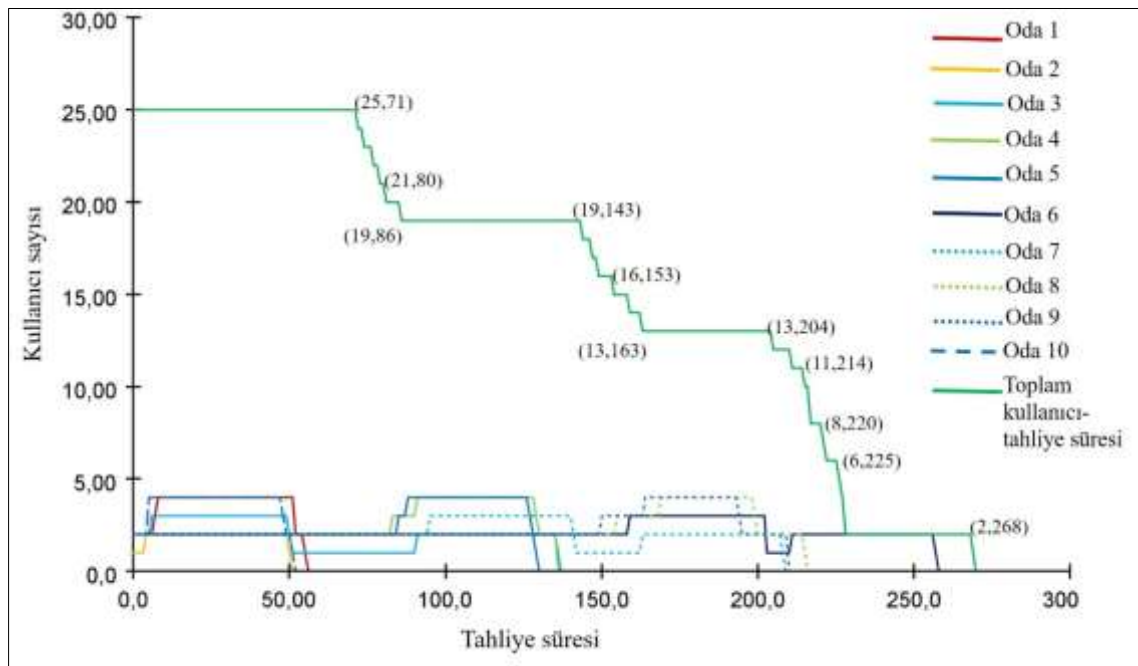
Şekil 4.31. Hasta yatak katında hasta yataklarıyla tahliye sürelerinin karşılaştırılması



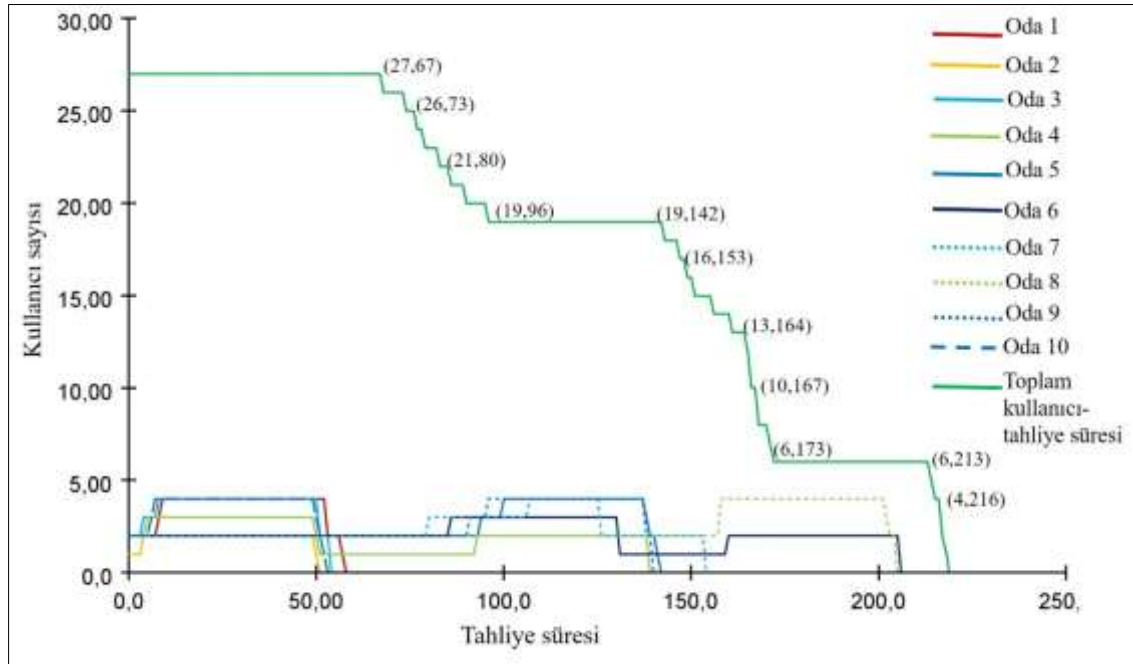
Şekil 4.32. KDS_{2_1} senaryosuna ait zamana göre tahliye eden kullanıcı sayısı



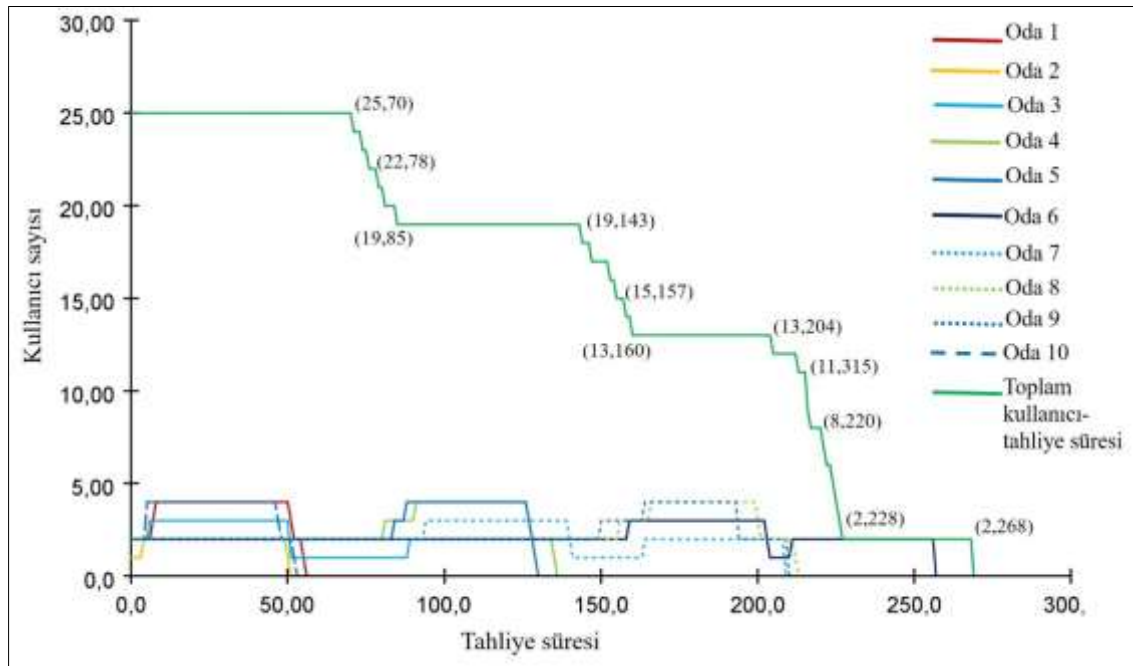
Şekil 4.33. KDS_{2_2} senaryosuna ait zamana göre tahliye eden kullanıcı sayısı



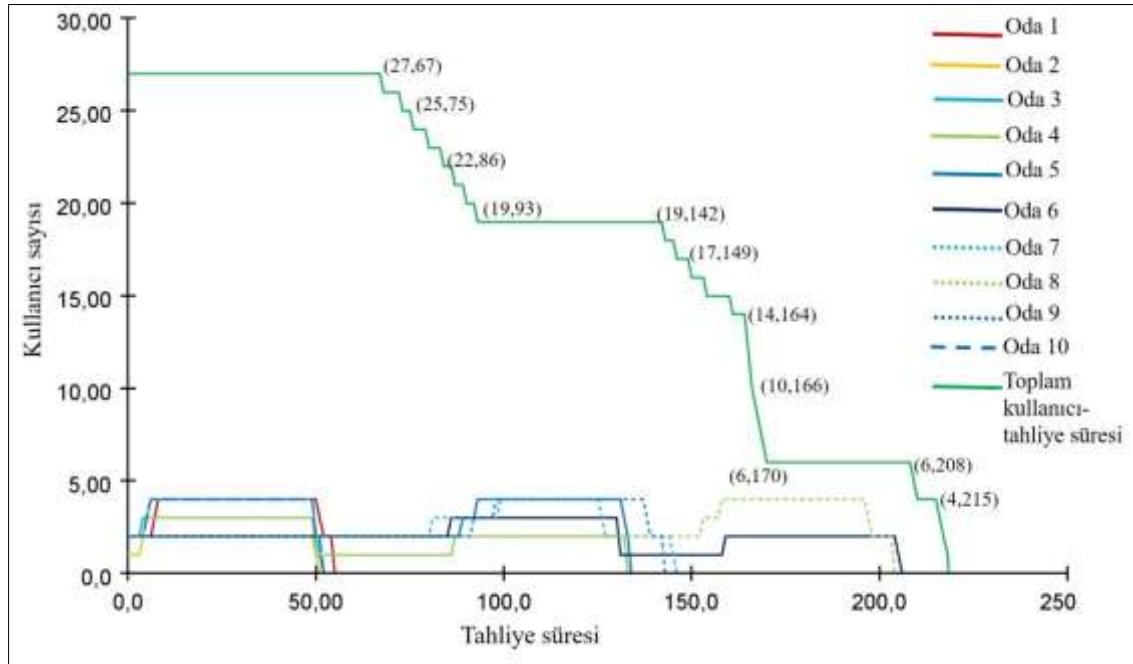
Şekil 4.34. KDS_{2_3} senaryosuna ait zaman göre tahliye eden kullanıcı sayısı



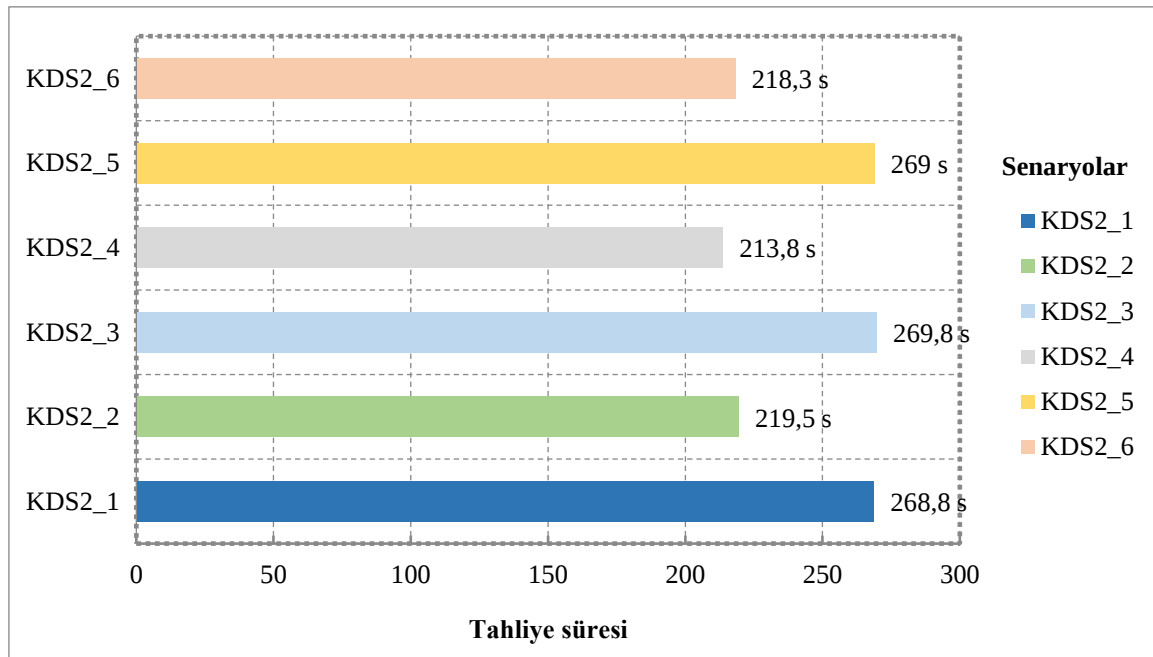
Şekil 4.35. KDS_{2_4} senaryosuna ait zaman göre tahliye eden kullanıcı sayısı



Şekil 4.36. KDS_{2_5} senaryosuna ait zaman göre tahliye eden kullanıcı sayısı



Şekil 4.37. KDS_{2_6} senaryosuna ait zaman göre tahliye eden kullanıcı sayısı



Şekil 4.38. Hastaların tekerlekli sandalyelerle tahliye sürelerinin karşılaştırılması

Çizelge 4.24. Kullanıcı davranış senaryoları ve tahliye süreleri

Senaryo Kodu	Kullanıcıların özellikleri	Kapı genişliği	Görevli sayısı	Kullanıcıların tahliye süresi
KDS _{1_1}	T3	1,05	6	597,5 s
KDS _{1_2}	T3	1,05	8	408 s
KDS _{1_3} (mevcut)	T3	1,10	6	551,3 s
KDS _{1_4}	T3	1,10	8	406,8 s
KDS _{1_5}	T3	1,20	6	519,8 s
KDS _{1_6}	T3	1,20	8	379,3 s
KDS _{2_1}	T2	1,05	6	268,8 s
KDS _{2_2}	T2	1,05	8	219,5 s
KDS _{2_3}	T2	1,10	6	269,8 s
KDS _{2_4}	T2	1,10	8	213,8 s
KDS _{2_5}	T2	1,20	6	269 s
KDS _{2_6}	T2	1,20	8	218,3 s

5. DEĞERLENDİRME VE BULGULAR

Karşılaştırma yapmak için 5 yangın senaryo grubu oluşturulmaktadır. Her senaryo grubunda yağmurlama sistemi, hasta yatak koridoruna ve hasta yatak odasına eklenen duman atım fanları kendi içlerinde sabit tutulmakta koridora eklenen duman perdelerinin sayısı değişmektedir. Buna göre;

- I. grupta yağmurlama sisteminin olduğu, koridor ve hasta odasında duman atım fanlarının olmadığı, duman perdesinin olmadığı, duman perdesinin 1,2 ve 3 adet olduğu senaryolar,
- II. grupta yağmurlama sisteminin olduğu, koridorda duman atım fanlarının olduğu ve debisinin $0.093 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu, hasta odasında duman atım fanının olmadığı, duman perdesinin olmadığı, duman perdesinin 1,2 ve 3 adet olduğu senaryolar,
- III. grupta yağmurlama sisteminin olduğu, koridor ve hasta odasında duman atım fanlarının olduğu ve debisinin $0,093 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu, duman perdesinin olmadığı, duman perdesinin 1,2 ve 3 adet olduğu senaryolar,
- IV. grupta yağmurlama sisteminin olduğu, koridorda duman atım fanlarının olduğu ve debisinin $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu, hasta odasında duman atım fanının olmadığı, duman perdesinin olmadığı, duman perdesinin 1,2 ve 3 adet olduğu senaryolar,
- V. grupta yağmurlama sisteminin olduğu, koridor ve hasta odasında duman atım fanlarının olduğu ve debisinin $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu, duman perdesinin olmadığı, duman perdesinin 1, 2 ve 3 adet olduğu senaryolar karşılaştırılmaktadır (Çizelge 5.1).

I. grup senaryolarda tasarıma yağmurlama sistemi ve duman perdesi eklenmektedir. Yapılan iyileştirme önlemleri I. grup senaryolarda CO yoğunluğu, duman yayılımı, sıcaklık değişimi ve görüş mesafesinde önemli bir etki meydana getirmemektedir. Duman perdeleri duman yayılımında etkili olsa da 600 s sonunda dumanın tüm koridora yayıldığı gözlemlenmektedir. II. grup senaryolarda tasarıma yağmurlama sistemi, duman perdesi ve hasta yatak koridoruna duman atımında kullanılacak fanlar eklenmektedir. Hasta yatak koridoruna $0,093 \text{ m}^3/\text{s}$ debi ile çalıştırılan duman atım fanlarının eklenmesinin bir etkisi

olmadığı görülmektedir. III. grup senaryolarda tasarıma yağmurlama sistemi, duman perdesi, hasta yatak koridorundaki fanlara ek olarak hasta yatak odalarına koridordaki duman atım fanlarıyla aynı debide duman atımı fanı eklenmektedir. III. grup senaryolarda duman atım fanlarının emiş debisi yetersiz geldiğinden fanların etkisi ihmal edilebilecek kadar azdır. Duman yayılımında fanların olmadığı I. grup senaryolardaki duman yayılımı gözlemlenmektedir. Ancak sıcaklık değişimi I. grup senaryolarındaki artış kadar olmadığı gözlenmektedir. II. grup ve III. grup senaryolarda etkili olan iyileştirme önlemleri duman perdeleri olmaktadır.

Çizelge 5.1. Yangın senaryo grupları

Gruplar	Senaryo Kodu
mevcut	S ₀ MK ₀ MH ₀ D ₀
I.	S ₁ MK ₀ MH ₀ D ₀
	S ₁ MK ₀ MH ₀ D ₁
	S ₁ MK ₀ MH ₀ D ₂
	S ₁ MK ₀ MH ₀ D ₃
II.	S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₀
	S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₁
	S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₂
	S ₁ MK ₁ MH ₀ D ₃
III.	S ₁ MK ₁ MH ₁ D ₀
	S ₁ MK ₁ MH ₁ D ₁
	S ₁ MK ₁ MH ₁ D ₂
	S ₁ MK ₁ MH ₁ D ₃
IV.	S ₁ MK ₂ MH ₀ D ₀
	S ₁ MK ₂ MH ₀ D ₁
	S ₁ MK ₂ MH ₀ D ₂
	S ₁ MK ₂ MH ₀ D ₃
V.	S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₀
	S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₁
	S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₂
	S ₁ MK ₂ MH ₂ D ₃

IV. grup senaryolarda tasarıma yağmurlama sistemi, duman perdesi ve hasta yatak koridoruna fanların emiş debisi artırılarak eklenmektedir. Bu grup senaryoların I. ,II. ve III. grup senaryolara göre duman yayılımında, sıcaklık değişiminde azalma görülmektedir. Koridora yerleştirilen duman atım fanlarının debilerini artırılmasının etkisi gözlemlenmektedir. Duman perdelerinin ve duman atım fanlarının birlikte çalışmasıyla dumanın diğer koridora yayılması engellenmektedir. V. grup senaryolarda tasarıma yağmurlama sistemi, duman perdesi, hasta yatak koridoruna ve hasta yatak odalarına fanlar emiş debileri artırılarak eklenmektedir. V. grup senaryolarda da IV. Grup senaryolarda

olduğu gibi duman atım fanlarının ve duman perdelerini birlikte etkisi açıkça görülmektedir. Duman yayılımı V. grup senaryolarda duman yayılımı, sıcaklık değişimi, CO yoğunluğunun değişimi ve görüş mesafesinin değişimi $S_1MK_2MH_2D_1$ senaryosunda duman perdesine kadar, $S_1MK_2MH_2D_2$ senaryosu ile $S_1MK_2MH_2D_3$ senaryosunda birinci ve ikinci perde arasında gözlemlenmiştir. Ancak $S_1MK_2MH_2D_3$ senaryosunda duman perdeleri tarafından oluşturulmuş duman haznesi, $S_1MK_2MH_2D_2$ senaryoda duman perdeleri tarafından oluşturulan duman haznesi boyutlarına göre daha küçük olduğundan duman yayılımı, sıcaklık değişimi, görüş mesafesinin ve CO yoğunluğunun değişimi birinci ve ikinci perde arasında daha fazla olmaktadır. V. grup senaryolarda duman yayılımı, sıcaklık değişimi, görüş mesafesinin ve CO yoğunluğunun değişiminde hasta yatak katında daha az sayıdaki odaların etkilenmesi duman perdelerin varlığının yanı sıra koridora ve hasta odalarına yerleştirilen duman atım fanlarının emiş gücünün artırılarak kullanılmasının etkisinin fazla olduğu görülmektedir.

Duman perdesinin sıcaklık dağılımına etkisi duman haznesi boyutlarına göre hazne içerisinde biriken duman ve gaz tabakasının çok fazla ısınması veya soğumasından dolayı iki farklı yönde olmaktadır. Tek duman perdesi kullanıldığı durumlarda hazne çok büyük olduğundan içinde biriken hava soğumakta ve yoğunluğunun artması nedeni ile çökmeye başlamaktadır. Bu durum iki farklı tehlike yaratmaktadır. Birincisi çökerek ortam havasına karışan üst tabaka dumanı, ikincisi ise koridorda çalışan duman atım fanlarının çekimi azalmakta ve bina dışına atılması gereken duman miktarı azalmaktadır. Üç duman perdesinin kullanıldığı durumlarda hazne çok küçük olduğundan hazne içerisinde sıcaklık çok hızlı artacağından sıcak gaz içinde bulunan tam yanmamış yangın sonucu çıkan ürünler ikincil bir tutuşma kaynağı oluşturma riski yaratacaktır. Bu etkiler nedeni ile duman perdeleri arasında bırakılan mesafenin iki duman perdesi kullanıldığı durumlarda daha uygun olduğu görülmektedir. Hasta yatak katında dayanılmayan koşullar, CO yoğunluğu sınır değere ulaşmadan önce duman yayılımı ve sıcaklıktan dolayı oluşmaktadır. Hasta yatak katında yangın riski önlemediği durumda yağmurlama sistemi ile duman kontrol sisteminin önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Yangının çıktığı mekândaki otomatik yağmurlama sistemini başarılı bir şekilde çalışmakta ortamdaki sıcaklığın düşürülmesinde etkili olmaktadır. Simülasyonlarda, hasta odası kapısına yakın olan yağmurlama başlığı SPK2 başta olmak üzere sırasıyla SPK1 ve SPK'nın aktive olması dikkat çekmektedir. Bu durum, dumanın koridora doğru hareketiyle sıcaklığın hareket ettiği yönde daha fazla sıcaklık artışı olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bunun dışında otomatik yağmurlama sisteminin

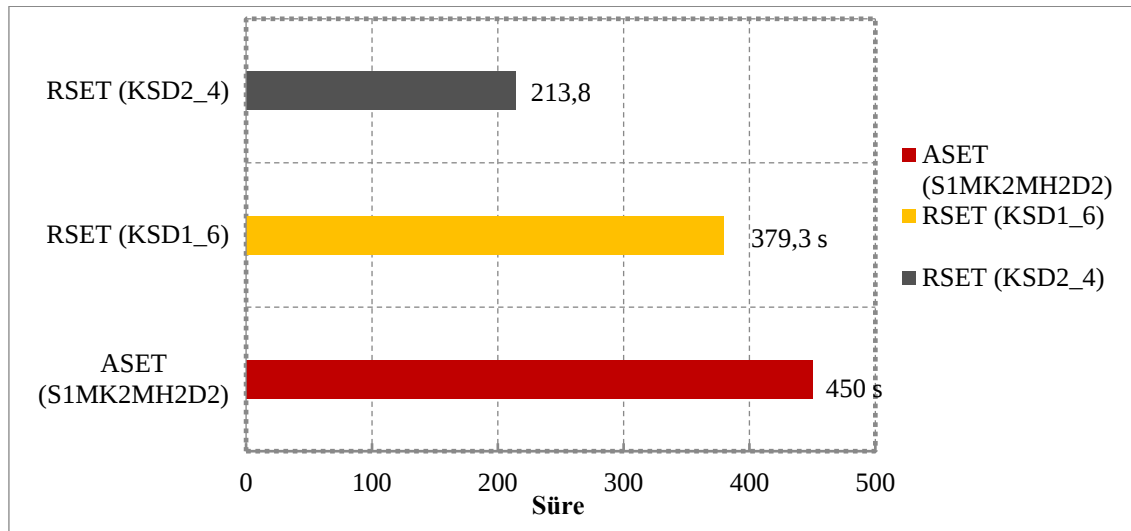
devam eden bir yangında dumanın yayılımı ve görüş mesafesinin düşürülmesinde tek başına yeterli olamamaktadır.

Elde edilen veriler ışığında binaya eklenecek ve yangın anında aktif hale getirilecek doğru debi ile eklenecek duman atım fanlarının ciddi miktarda duman tahliyesi sağlayabileceği anlaşılmaktadır. Düşük debili fan kullanılması durumunda dumanın yayılmasında fazla bir etkiye sahip olmadığı gözlemlenmektedir. Fan debisinin yüksek olduğu senaryolarda duman tahliyesinin kaçış yollarında duman, CO yoğunluğunu ve sıcaklık artışını azalttığı anlaşılmaktadır. Çıkan yangın büyüklüğü ve duman miktarı farklı değişkenlere bağlıdır. Bu nedenle fan debisinin seçiminin binaya ve yangın yüküne göre oldukça spesifik bir konu olduğundan her bina için özellikle hastane binaları için simülasyonların uygulanması ve binaya göre doğru kapasitede fan seçiminin yapılması gerektiği önerilmektedir.

RSET değerinin azaltılmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin tanımlandığı alternatif tasarımlarla oluşturulan senaryolarda en iyi performansı gösteren hastaların hasta yataklarıyla tahliye edildiği senaryolardan, kapı genişliğinin 1,20 m olduğu, personel sayısının 8 olduğu KSD_{1_6} senaryosudur. Hastaların tekerlekli sandalye ile tahliye edildiği senaryolardan kapı genişliğinin 1,10 m olduğu, personel sayısının 8 olduğu KSD_{2_4} senaryosudur. KSD_{1_6} senaryosunda tahliye 379,3 s 'de; KSD_{2_4} senaryosunda tahliye 218,3 s ' de gerçekleşmektedir. Kapı genişliğinin 1.20 m olduğu durumdan farklı olarak en iyi performans gösteren senaryonun kapı genişliğinin 1.10 m olduğu senaryo olması hastaların tekerlekli sandalyeleri odalarından çıkıp koridorda sıkışıklığa neden olunmasıdır. Hasta yatak katı için hasta odalarının kapı genişliklerinin en az 1.10 m olması gerektiği önerilmektedir. Hasta yatak katı için mevcut durumda hastalar hasta yataklarıyla tahliye edilmeleri gerektiğinden mevcut güvenli kaçış süresi 379,3 s olarak kabul edilmektedir. Kullanıcı davranış senaryolarında kapı genişliğinin ve personel sayısının tahliye süresinin azaltılmasında etkili olduğu görülmektedir. Bunun yanında yönetimsel stratejiler de tahliye süresinin kısaltılmasında etkili olacaktır. Personel tahliye prosedürlerine alışık değilse, tahliye sırasında gecikme yaşanması muhtemeldir. Ayrıca personelin hastaların tahliyeye hazırlanması için hastaya bağlı ekipmanları çıkarılmasında eğitilmiş olması da tahliye süresini kısaltacaktır.

ASET değerinin artırılmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin tanımlandığı alternatif tasarımlarla oluşturulan senaryolardan en iyi performansı gösteren senaryo; yağmurlama

sisteminin aktif olduğu, mevcut iklimlendirme ve havalandırma tesisatına ait koridordaki fanların duman atımında kullanılıp debisinin $1,25 \text{ m/s}^2$ 'ye artırıldığı, mevcut iklimlendirme ve havalandırma tesisatına ait hasta odasındaki fanların duman atımında kullanılıp debisinin $1,25 \text{ m/s}^2$ 'ye artırıldığı ve hasta yatak katı koridorunda iki duman perdesinin düzenlenmesi durumunu gösteren $S_1MK_2MH_2D_2$ senaryosudur. $S_1MK_2MH_2D_2$ senaryosunda kaçış koşulları için optimum süre iki perde arasındaki görüş mesafesinin 10 m' nin altına düştüğü 450 s kabul edilmektedir.



Şekil 5.1. İyileştirme önlemleri çerçevesinde ASET/RSET değerlerinin karşılaştırılması

Hasta yatak katında $S_1MK_2MH_2D_2$ senaryosunda analiz edilen tasarıma göre düzenleme yapıldığında kapı genişliklerinin 1,05 m olduğu durumlar hariç diğer durumlarda 450 s olarak belirlenen optimum kaçış süresinden önce hastaların hem tekerlekli sandalye ile hem de hasta yatağı ile tahliye edilebildiği görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişen teknolojiyle birlikte hızlı nüfus artışı, farklı gereksinimlerin ortaya çıkmasıyla büyük ve karmaşık binaların yapılması yangınların çıkma olasılığını azaltmadığı gibi yangınların neden olduğu can ve mal kaybının da her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Özellikle Türkiye’de son yıllarda meydana gelen yangınlar can kaybı ve maddi zararlarla sonuçlanmıştır.

Bugün yangın güvenliği tasarımı, hükümlere dayalı ve performansa dayalı yangın güvenlik tasarımı olarak incelenmektedir. Hükümlere dayalı tasarım, yangından korunma amacıyla kabul edilebilir bir alt düzeyi oluşturmak için mimar ve mühendisler rehber görevi üstlenen hükümlere dayalı zorunluluklardır. Ancak, tamamen hükümlere dayalı yapılan tasarımlar, her zaman gerek duyulan esnekliği sağlamadığı gibi tasarımda belirlenmiş fonksiyonel gereksinimlerin karşılanamadığı durumlar olmaktadır. Performansa dayalı düzenlemelerde ise, kabul edilebilir tasarımlar ve alternatif çözümler gibi tasarıma kısıtlama getirmeyen sayısal çözümler üzerine odaklanma söz konusu olmaktadır. Bu bakımdan, günümüzde ülkelerin mevzuatlarının, performansa dayalı düzenlemelerden oluşturulması yönünde bir eğilim dünya çapında oluşmuştur.

Türkiye’de ne yazık ki yangın güvenlik önlemlerine gereken önem verilmemektedir. Yangınla ilgili az sayıdaki standart, TSE (Türk Standartları Enstitüsü) tarafından ve genellikle NFPA ve EN’ ler den tercüme edilerek hazırlanmıştır. Ülkemizde yangın güvenliği tasarımı, Bakanlar Kurulu kararı ile ilk defa 26 Temmuz 2002 tarihinde yürürlüğe girmiş olan BYKHY’ nin hükümlerine göre belirlenmektedir. Mevzuata uygun olarak tasarlanan tüm binaların ise yangın açısından güvenli olduğu düşünülmekte, bir yangın olayında can ve mal kaybının yaşanması durumunda ise binanın mevzuata uygun olarak inşa edilmediği vurgulanmaktadır. Ancak performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımında yangın güvenliği için alınan önlemlerin yeterli olup olmadığı, gerekli olup olmadığı gibi tasarım kararları analizlerle değerlendirilebilmektedir. Bu açıdan, gerek mevcut gerekse yeni yapılacak binalarının yangın güvenlik tasarımlarına ilişkin yapılacak çalışmalar kapsamında, daha önce uygulanmış yöntemlerin revize edilmesi ve/veya uygun yaklaşımların geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, doktora çalışması kapsamında binalarda performans analizleriyle yangın güvenliğinin sağlanabilmesi için bir model oluşturulmaktadır. Geliştirilen modelin amacı, binaların tasarım süreci içerisinde yangın

performansının değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin bu süreç içerisinde geliştirilmesidir. Bu model ile binaların yangın performansını iyileştirmede etkili olan önlemlere ilişkin binalarının yangın performansları da değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme ile;

- mevcut binaların yangın güvenliği etkinliğinin artırılmasına yönelik olarak tasarımcılar açısından neler yapılabileceği sonuçlarına ulaşılması ve ayrıca,
- yeni tasarlanacak binalara uygulanması ile tasarım aşamasında yangın güvenliği açısından optimum performans gösteren binaların üretilmesi ve bina kullanıcılarının güvenliğinin sağlanması amaçlanmaktadır.

Ayrıca bu modelin uygulanması ile tasarımın herhangi bir evresinde herhangi bir tasarım kriteri karşısında tasarımın performans düzeyi sorgulanabilmektedir. Performansa dayalı yangın güvenlik tasarımı ile ilgili uluslararası seviyede az sayıda çalışma, bu tasarım yaklaşımının karmaşık olması, çok fazla uzman bilgi gerektirmesinden dolayı pratikte uygulaması çok fazla olmamıştır. Geliştirilen model ile uygulanabilirliğin artması beklenmektedir. Modelin geliştirilmesi öncesinde ortaya konulan problemlerin çözümüne yönelik olarak;

- dünyada performansa dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımı ülkeler bazında ele alınarak incelenmekte,
- performansa dayalı yangın güvenlik tasarımını etkileyecek faktörler irdelenmektedir.

Modelde; performansa analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım süreci bir sistem olarak ele alınmaktadır. Model oluşturulurken sistem, alt sistem ve bileşen açılımlarından yararlanılmaktadır. Her alt sistemin bileşeni detaylı olarak tanımlanarak tasarımcı için karar adımları oluşturulmaktadır. Bu karar adımları gerçeğe çok yakın sonuçların elde edilebildiği simülasyon programların seçimi, verilerin girişi gibi tasarımcının göz önünde bulundurması gereken kararları içermektedir. Bu şekilde tasarımda ihmal edilmiş bilgilerin ya da alternatifleri gözden kaçırma olasılığı minimuma indirgenmektedir. Alt sistemler oluşturulurken başlangıç noktası, projenin tanımlanması olarak belirlenmektedir. Projenin tanımlanması alt sistemiyle bina ve kullanıcıları öncelikle büyük ölçekte ele alınmakta, yangın güvenlik tasarımının amaçları ve hedefleri belirlenmektedir. Modelde yer alan adımlar sırasıyla izlenerek çalışma alanı ve burada yer alan kullanıcı özellikleri daha ayrıntılı incelenmektedir. Çalışmada örnek alan olarak seçilen bir hastanenin hasta yatak katı için performans

analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım modelinin uygulaması yapılmaktadır. Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarımında önemli olan tasarımın ilk evresinde amaç ve hedeflerin performans kriterlerini karşılamaya yönelik tasarım yapılması ve tasarımın performans düzeyinin uygun ölçme metotlarıyla değerlendirilmesidir.

Tasarımın performans gereksinimlerini karşıladığının değerlendirilmesi, performansa dayalı tasarımın önemli bir bileşenidir. Bir tasarım çözümünün değerlendirilmesi ve paydaşların gereksinimlerine uygunluğu, bu özel çözüme entegre edilmesi gereken diğer tasarım bileşenleri gibi yer alan bu etkinliğin diğer unsurlarıdır. Bu değerlendirmelerin yapılabilmesi için birçok ölçme metotları, değerlendirme yöntemleri mevcuttur. Tasarım performansı değerlendirmesinde kullanılan en önemli hesaplama aracı bilgisayar teknolojileri ile yapılan simülasyonlardır. Bina simülasyon araçları tasarım sürecini hızlandırdığı, verimliliği artırdığı, farklı tasarım şemalarının geniş bir alanda karşılaştırılmasına olanak tanıdığı ve daha optimal çözümleri gösterdiği için günümüzde büyük bir önem kazanmıştır.

Geliştirilen model, hasta yatak katında çıkan bir yangının gelişiminin nasıl olabileceğini ortaya koyabilmek açısından Ankara’da bulunan 200 yataklı bir devlet hastanesinin hasta yatak katında uygulanmaktadır. Örnek hastane binasının inşaatı güncel mevzuata uygun olarak Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı tarafından 2018 yılında tamamlanmıştır. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı’nın 2010 yılında çıkardığı Sağlık Yapıları Tasarım Standartları Kılavuzu’na ve bu yıldan sonra çıkan genelge ve mevzuatlara uygun olarak tasarlanan diğer hastanelerle benzer tipoloji göstermektedir. Böylelikle, doktora çalışması kapsamında geliştirilen modelin bu hasta yatak katına uygulanması ile güncel mevzuata uygun uygulamalar için performans analizleriyle yangın güvenliklerinin değerlendirilmesinde örnek olacağı düşünülmektedir.

Uygulama çalışması kapsamında, ele alınan hasta yatak katının mevcut durumu ile belirlenen yangın güvenlik hedef ve amaçlarına ilişkin performans kriterleriyle kaçış yollarında dayanılamayan koşulların olduğu sınır değerler bulunmakta ve yapılan analizlerle güvenli mevcut tahliye süresi belirlenmektedir. Kullanıcıların güvenli tahliyesi için gerekli olan süre, güvenli mevcut tahliye süresinden küçük olması durumunda bina güvenli kabul edilmektedir. Bu durumda güncel mevzuat da göz önünde bulundurularak uygulanabilir önlemler çerçevesinde alternatiflerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu açıdan, hasta yatak katının yangın performansının etkin olarak iyileştirilmesi için ASET >

RSET olması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, alternatif tasarımların oluşturulması;

- ASET değerini artırmak; ortamın dayanılmaz koşullara ulaşma süresini geciktirmek,
- RSET değerini azaltmak; kullanıcıların tahliye süresini azaltmak olarak ele alınmaktadır.

Model, ASET değerinin artırılmasını sağlayan önlemler çerçevesinde yangının başlaması, gelişmesi, kontrolü alt sistemi, dumanın yayılması, kontrolü, yönetimi alt sistemi, yangın algılama, uyarma alt sistemi, yangın söndürme alt sistemi ile yapısal tepki ve yangının yayılması alt sistemlerini incelemeyi bu alt sistemlerden birinde, birkaçında veya hepsinde iyileştirme önlemlerinin alınabileceğini karar alanlarında belirtmekte tasarımcının dikkatini çekmektedir. Yangından dolayı can güvenliğinin tehlikeye girmesi binanın çökmesiyle değil, yüksek sıcaklıklara ve dumana maruz kalma ve görüş mesafesinin azalmasıyla başlamaktadır. Bundan dolayı doktora çalışmasında; yangın söndürme alt sistemi ve dumanın yayılması kontrolü ve yönetimi alt sistemi kapsamında iyileştirme önlemleri üzerinde durulmaktadır. Ancak yapısal yangın tasarımı yapan mimar ve mühendisler için de karar alanlarında belirledikleri amaç, hedef ve performans kriterleri doğrultusunda yapısal tepki ve yangının yayılması alt sistemi kapsamında modelden faydalanabilecekleri düşünülmektedir. Yangın söndürme alt sistemi kapsamında, yağmurlama sisteminin aktif olup olmama durumu dikkate alınmış, dumanın yayılması, kontrolü ve yönetimi alt sistemi kapsamında ise görüş mesafesinin 10 m'nin altına düşme süresini artırmak, duman yayılımını ve CO yoğunluğunu azaltmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; duman perdesi ve mekanik duman kontrol sistemi dikkate alınmaktadır. Uygulama çalışması çerçevesinde, dikkate alınan kabul ve yöntemler sonucunda iyileştirme önlemlerine ilişkin 21 farklı alternatif tanımlanmaktadır. Hasta yatak katında RSET değerini azaltmak için iyileştirme önlemlerinin belirlenmesi, kullanıcı davranışı ve kaçış alt sistemi altında incelenmektedir. RSET değerinin azaltılmasına ilişkin 12 farklı alternatif tanımlanmaktadır.

Hasta yatak katında ASET değerinin artırılmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin tanımlandığı alternatif tasarımlarla oluşturulan senaryolarda CO yoğunluğu, görüş mesafesi ve sıcaklık değerleri FDS bilgisayar yazılımının kapsamlı ara yüzü programı olan Pyrosim simülasyon programı kullanılarak değerlendirilmektedir. Hasta yatak katında RSET değerinin azaltılmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin tanımlandığı alternatif tasarımlarla oluşturulan senaryolarında kullanıcıların hasta yatak katını tahliye etme sürelerini

belirlemek için ise Pathfinder simülasyon programı kullanılmaktadır. Tasarım yangın senaryosunun analizi çerçevesinde, ele alınan alternatif tasarımlara ilişkin dayanılmaz koşulların oluşmaya başladığı süre ile ASET değeri belirlenmektedir. Tasarım kullanıcı davranış senaryosunun analizi çerçevesinde ise ele alınan parametrelere ilişkin kullanıcıların tahliye süresi ile RSET değeri belirlenmektedir.

ASET değerinin artırılmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin tanımlandığı alternatif tasarımlarla oluşturulan senaryolardan en iyi performansı gösteren senaryo, en yüksek ASET değerini sağlayan kaçış koşullarının en geç sürede dayanılmaz koşullara ulaşmasını sağlayan senaryodur. RSET değerinin azaltılmasına yönelik iyileştirme önlemlerinin tanımlandığı alternatif tasarımlarla oluşturulan senaryolardan en iyi performansı gösteren en düşük RSET değerini sağlayan kullanıcıların en kısa sürede tahliyesinin gerçekleştirilebildiği senaryodur. Belirlenen senaryolar karşılaştırıldığında alınan iyileştirme önlemleriyle $ASET > RSET$ olduğu görülmektedir. Yani kullanıcılar, kaçış yolları dayanılmaz koşullara ulaşmadan önce hasta yatak katında güvenli alana ulaşabilmektedirler. Çalışmanın hipotezine uygun olarak çalışmanın kapsamında geliştirilen model ile yangın durumunda yangın gelişim sürecinin izlenmesi, en uygun kaçış ortamlarının ve sürelerinin belirlenmesi yolu ile hasta yatak katının yangın güvenliği performans analizlerinden yararlanarak sağlanmaktadır. Çalışmanın araştırma soruları;

- Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımı yangın güvenliğinde nasıl yer almaktadır?
- Yangın güvenliğini değerlendireceğimiz kriterler nelerdir?
- Bir binanın yangın güvenlik tasarımını değerlendirmek için kullanılacak tasarım yangın senaryoları nasıl oluşturulur?
- Tasarım yangın senaryolarını temsil eden nasıl tasarım yangınları nasıl hazırlanır?
- Bu bağlamda hangi program, araç ve yöntemler kullanılır? modelin adımlarıyla cevap bulmaktadır.

Bu çalışma ile binaların yangın güvenliğinin tasarımında ve yangın güvenliğinin değerlendirilmesinde tasarım aşamasında performansa dayalı yaklaşımın önemi vurgulanmaktadır. Binadan güvenli olarak tahliyeyi sağlamak ve acil bir durumda ciddi yaralanmalara neden olmamak için yangın simülasyon programları ve/veya kullanıcı davranış simülasyon programları tasarımı denetlemek ve eksiklikleri gidermek için

kullanmalıdır. Ayrıca kullanıcıların tahliye güvenliği kriterlerini iyileştirmek için imkân sunmaktadır. Doktora çalışmasında binalarda yangın güvenliğini performans analizleriyle değerlendirmede sadece duman yayılımı, görüş mesafesi ve sıcaklığı kullanan analizlerden farklı olarak tahliyeyi birleştirmekte, kaçış yollarında dayanılamayan koşulların ortaya çıkma zamanını kullanan performansa dayalı analizlerin eksikliklerini ortadan kaldırmaktadır.

Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım modeli ile yeni binalarının tasarımı ya da mevcut binalarının yangın güvenliklerinin iyileştirilmesinde, ilgili yönetmeliklere veri oluşturabilecek sonuçlar elde edilebilmekte ve ülke kaynakları ve karar vericiler açısından maksimum faydanın sağlanabileceği doğru kararların alınabilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca, gerek mevcut gerekse yeni yapılacak binalarının yangın güvenlik düzeylerinin geliştirilmesinde ileride yapılacak çalışmalar için gereksinim duyulan teknik bilginin hazırlanmasına da destek sağlanmaktadır. Yeni tasarlanacak binalara da uygulanabilirliği ile tasarım aşamasında yangın güvenliği açısından doğru kararlar alınabilecektir. Bu kararlar, özellikle uygulama aşamasında geri dönüşü olmayan hataların yapılmasına engel olunmasını sağlayacaktır.

Bu modelin kullanılmasını yaygınlaştırmak için Türkiye’de geliştirilmesi gereken bazı alanlar vardır. Bu alanlardan birisi, istatistiksel verilerin geliştirilmesi ve sunulma metodunu içermektedir. Türkiye’de tutulan ya da yayınlanan verilerde sadece yangın çıkış nedenleri, aylara ve saatlere göre ne sıklıkta yangın çıktığı varsayımlarına sınırlı olarak ulaşılabilse de insan yaralanma ve/veya kayıplarına TÜİK tarafından yayınlanan ölüm istatistiklerinde bile ölüm nedenlerinde yangından ölümlere yer verilmediği gözlemlenmiştir. Diğer ülkelerde yangın istatistikleri ile maddi kayıpların, yanlış yangın alarm sayısının, kazazedinin binaya aşinalığı, kullanıcının yangın öncesi- sonrası psikolojik durumunun bile değerlendirildiği, araştırmalar yapıldığına rastlanılmaktadır. Bu bakımdan Türkiye’de tutulan yangın istatistiklerinin yeterli olmadığı gözlemlenmektedir. Türkiye’de yangınların azaltılması, toplumda bilinçlendirmenin yapılması, farkındalık sağlanması gibi birçok stratejilerin belirlenmesine ve bu konuda hedeflerin gerçekçi oluşturulmasına yardımcı olacak analitik yaklaşım için istatistiklerin önemi büyüktür. Bu bağlamda istatistiklerde veri çeşitliliğinin artırılması gerekmektedir. “Diğer” ve “tespit edilemedi” gibi belirsizlik taşıyan veri türlerindeki artış, veri çeşitliliği ile verilerin gerçekçi analiz ve değerlendirilmesinin önünde engel oluşturmaktadır. Belirsizliği artıran veri türlerinin artışına izin vermeyen bir sistem

kurulmalıdır. Kritik olan can kayıpları ve yaralanmalar (ki tüm detaylarıyla istatistiklerde yer almalı) ile maliyetlerle ilgili veriler binaların yangın riskini belirlemede büyük önemi bulunmaktadır. Türkiye’de istatistik verilerin her kullanım sınıfına ait bina için yangının çıktığı mekânların ve yangın çıkış sebeplerinin ayrı ayrı düzenlenmesi iyi bir başlangıç olacaktır. Bunun tasarım yangın senaryolarının belirlenmesinde daha ayrıntılı bir yaklaşım sağlayacağı düşünülmektedir.

Dünya’da tasarım yangınlarının gelişimine yardımcı olmak için, performans analizlerine dayalı tasarımlarda kullanılmak üzere hazır HRR verilerini sağlamak için daha kapsamlı bir veri tabanı geliştirilmelidir. Günümüzde kullanılan ürün ve malzemeleri temsil etmek için HRR ve diğer yangın testi verilerinin güncellenmesi gerekmektedir. Şu anda, hastane binaları başta olmak üzere diğer kullanım sınıfına ait binaların verilerinde büyük bir boşluk bulunmakta ve mevcut verilerin yeni çıkan ve kullanılan malzemeler baz alınarak güncellenmesi gerekmektedir.

Bu modelin kullanımının yaygınlaştırılmasının bir başka yolu, kullanıcıların yangın ve dumana maruz kalma ve performans kriterleriyle ilgili çalışmaların artırılması olacaktır. Performans kriterleri, performans analizlerine dayalı mevzuatların geliştirilmesiyle önem kazanacaktır. Ortak bir veri tabanı sağlayarak, veri aramak için harcanan süre azaltılabilir. Performans kriterleri evrensel olarak kabul edilmesine rağmen literatürde kriterlerde farklılıklar olduğu görülmektedir. Tasarımcılara kullanıcı duyarlılığını değerlendirmek için standartlaştırılmış verilerin sağlanması performans analizlerine dayalı tasarımları daha verimli ve tutarlı hale getirecektir. Performans kriterlerinin standartlaşmasına olan ihtiyaç, toplum tarafından kabul edilebilir risk seviyelerinin geliştirilmesi ihtiyacını artıracaktır. Bu ihtiyaç, binanın özelliklerine ve binada bulunan yangından korunma sistemlerinin özelliklerine dayanarak bir binadaki can ve mal/mülk riskini değerlendirmek için hem deterministik hem de olasılıklı yöntemleri kullanan risk değerlendirme yöntemlerinin kullanımının geliştirilmesiyle karşılanabilir. Binalarda yangından kaynaklı can güvenliğini değerlendirmek için gerekli olan performans kriterlerinin geliştirilmesi, risk değerlendirme metodlarının ve performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımının gelişmesine yol açacaktır. Bunun yanında performans analizlerine dayalı yangın güvenlik mevzuatların kullanıma sokulması çok daha yüksek bir bilgi birikimi ve uzmanlık alanı gerektireceği de unutulmamalıdır. Performans analizlerine dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımının yaygınlaşması ile mühendislik hesaplamalarının kullanılmasında ve yapı

tasarımı ile malzemelerde daha fazla yenilik ortaya çıkması beklenmektedir. Doktora çalışmasında sunulan model, performans analizlerine dayalı tasarım yaklaşımın geliştirilmesi için rehberlik edecektir. Türkiye’de performansa dayalı yangın güvenlik tasarım yaklaşımını mevcut mevzuatlara dahil etmek veya yeni mevzuatlar oluşturmak için bu yöntemle ilgilenebilirler.

KAYNAKLAR

1. Hadjisophocleous, G. V., Benichou, N. and Tamim, A. S. (1998). Literature review of performance-based fire codes and design environment. *Journal of Fire Protection Engineering*, 9(1), 12–40.
2. Çetin, S. ve Beyhan, F. (2017). *Performansa dayalı yangın güvenlik tasarımı. Yangında Can Güvenliği ve Risk Yönetimi*. Tüyak 2017 Uluslararası Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi Tüyak, İstanbul, 170–185.
3. Croce, P. A., Grosshandler, W. L., Bukowski, R. W. and Gritzo, L. A. (2008). A position paper on performance-based design for fire code applications. *Fire Safety Journal*, (43), 234–236.
4. Puchovsky, M. (1996). NFPA's perspectives on performance-based codes and standards. *Fire Technology*, 32(4), 323–332.
5. Hadjisophocleous, G. V. and Bénichou, N. (2000). Development of performance-based codes, performance criteria and fire safety engineering methods. *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, 2(4), 127–142.
6. Jager, G. and Schröder, B. (2016). *Evacuation and life safety assesment in Germany*. 11th Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, Warsaw, Poland, 36-37.
7. Alvarez, A., Meacham, B., Dembsey, N. and Thomas, J. (2013). Twenty years of performance-based fire protection design: challenges faced and a look ahead. *Journal of Fire Protection Engineering*, 23(4), 249–276.
8. The Confederation of Fire Protection Associations in Europe. (2009). *European Guideline CFPA-E No 19, Fire safety engineering concerning evacuation from buildings*. Stockholm: CFPA Europe, 33-42.
9. Meacham, B. J. and Alvarez-Rodriguez, A. (2015). *Risk-informed performance-based design concepts and framework*. Gaithersburg: Building Fire Research Laboratory National. Institute Standarts Techonolgy, 216-223.
10. Ministry of Business, Innovation and Employment (2014). *New Zealand building code handbook* (Third edition). New Zealand: Government, 67-95.
11. Beck, V. (1997). Performance-based fire engineering design and its application in Australia. *Fire Safety Science*, 5, 23–40.
12. Foliente, G. C. (2000). Developments in performance-based building codes and standards. *Forest Products Journal*, 50(7–8), 12–21.
13. Chow, W. (2013). Experience on implementing performance-based design in Hong Kong. *Procedia Engineering*, 62, 28–35.

14. Akipek, F. Ö. ve İnceoğlu, N. (2007). Bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojilerinin mimarlıktaki kullanımları. *Megaron Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi E- Dergisi*, 2(4), 237–253.
15. Sayın S. (2014). *Performansa dayalı bina tasarımına bir model önerisi*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 41-47.
16. Hurley, M. J. (editor) (2016). *SFPE Handbook of fire protection engineering*. (Fifth edition). New York: Springer, 1162–1423.
17. Meacham, B. J. (1998). *Assessment of the technological requirements for the realization of performance based fire safety design in the United States*. Gaithersburg: Building Fire Research Laboratory National Institute Standards Technology, 112-114.
18. Hurley, M. J. and Rosenbaum, E. R. (2015). *Performance-based fire safety design*, (First edition). Boca Roton: CRC Press, 5–72.
19. Yung, D. (2008). *Principles of fire risk assessment in buildings* (First edition). Canada: Wiley, 33–47.
20. Eduful, J. (2012). *Correlation of fire load survey methodologies towards design fires for office buildings*. Master Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Carleton University, Canada, 8–11.
21. Vandekerckhove, J. (2015). *The development of a link between prescriptive regulations and the performance based approach*, Master Thesis, Faculty of Engineering Ghent University, Belgium, 5-12, 52-64.
22. Meacham, B. J. (editor). (2012) *Performance- based building design concepts*. NewYork: International Code Council, 10-12.
23. Custer, R. (2005). *SFPE engineering guide to performance-based analysis and design of buildings*, (Second edition). Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association, 30-76, 113-124.
24. Tsui, S. C. (2004). Performance based fire safety design in Hong Kong. *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, 6(4), 223–229.
25. Nystedt, F. (2012). *Case studies on the verification of fire safety design in sprinklered buildings*, Lund University, Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund.
26. National Fire Protection Association. (2018). *NFPA 101 Life Safety Code 2018 edition*. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association, 44-49.
27. Bakanlar Kurulu. (2018). *Binaların yangından korunması hakkında yönetmelik*. Ankara: Bakanlar Kurulu.
28. New Zealand Government (2014). *CAS3 Acceptable solution for buildings where care or detention is provided: Risk group SI New Zealand Building Code Clauses C1-C6 protection for fire*. Wellington: Ministry of Business Innovation and Employment, 19-38.

29. Australian Building Codes Board. (2019). *Fire safety verification method overview*. Australia: Australian Building Codes Board, 49-85.
30. Ed, S. and Wade, C. (2015). *Guide to the acceptable solutions: protection from fire*. New Zealand: BRANZ Limited., 7-12
31. The Ministry of Business, Innovation and Employment (2014). *CVM2 Verification method: framework for fire safety design*. New Zealand: 12-48
32. Tavares, R. M. and Marshall, S. (2012). The development of a real performance-based solution through the use of people movement modelling analysis (PeMMA) combined with fire modelling analysis. *Safety Science*, 50(7), 1485–1489.
33. British Standards Institution (2002). *PD 7974-0 :Application of fire safety engineering principles to the design of buildings Part 0: Guide to design framework and fire safety engineering procedures*. London: British Standards Institution, 20-22.
34. British Standards Institution (2003). *PD 7974-7:Application of fire safety engineering principles to the design of buildings Part 7: Probabilistic risk assessment*. London: BSI, 30-35.
35. Takeichi, N., Hagiwara, I., Kazunori, H., Tsujimoto, M. and Takahashi, W. (2003). Performance-based provisions for fire safety in the Japanese Building Standard Law: How to connect regulation and engineering. *Fire Safety Science*, 7, 777–788.
36. Lo, S. M., Gao, L. J., and Yuen, K. K. (2007). The development of performance-based fire safety engineering design in Hong Kong and Japan. *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, 9(3), 133–139.
37. Buchanan, A. H. (1999). Implementation of performance-based fire codes. *Fire Safety Journal*, 32(4), 377–383.
38. Australian Building Codes Board. (2005). *International fire engineering guidelines*. (2005 edition). Australia: Australian Government.
39. Baker, G., Wade, C., Spearpoint, M. and Fleischmann, C. (2013). Developing probabilistic design fires for performance-based fire safety engineering. *Procedia Engineering*, 62, 639–647.
40. Department of Building and Housing. (2011). *Compliance document for New Zealand building code clauses C1, C2, C3, C4 Fire Safety*. New Zealand: New Zealand Government, 11-18, 77-81.
41. Han, Y. (2011). *Evaluating the DBH verification method to complex buildings designed according to New Zealand Compliance Documents CAS1*. Master Thesis, Department of Civil and Natural Resources Engineering at Canterbury University, Christchurch, 65-70, 86-90.
42. Meacham, B. J. (1996). *The Evolution of performance based codes and fire safety design methods*. Boston: Society of Fire Protection Engineers, 30-36, 42-48.

43. Australian Building Codes Board. (2016). *Guidance document: Development of performance solutions*. Australia: Australian Government, 17-19.
44. Meacham, B. (2000). International experience in the development and use of performance-based fire safety design methods: Evolution, current situation and thoughts for the future. *Fire Safety Science*, 6, 59–76.
45. National Fire Protection Association (2018). *NFPA 5000 building construction safety code*. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association, 82-86.
46. Candy, N. M. Y. (2006). *Aspects on fire safety for the retail areas at the airport terminal in Hong Kong*. Doctor of Philosophy Thesis, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, 27-36,44-52.
47. Hadjisophocleous, G. V. and Benichou, N. (1996). *Fire safety design guidelines for federal buildings*. Canada, Department of National Defence and Public Works and Government Services Canada, 94-96.
48. Jutras, I. and Meacham, B. J. (2016). Development of objective-criteria-scenario triplets and design fires for performance-based fire safety design. *Journal of Building Engineering*, 8, 269–284.
49. Grewolls, K. (2013). *Probabilistic modelling of sensitivity in fire simulations*. Doctor of Philosophy Thesis, University of Central Lancashire, Preston, 4-7, 45-57.
50. Mairah, W. P. (2011). Tenability criteria for design of smoke hazard management systems. *Ecolibrium Journal*, 32–37.
51. Purser, D. A. (2010). *Fire toxicity and toxic hazard analysis. Sixth international seminar on fire and explosion hazards (FEH6)*. United Kingdom: University of Leeds, 9-11.
52. Hadjisophocleous, G. V. and Benichou, N. (1999). Performance criteria used in fire safety design. *Automation in Construction*, 8(4), 489–501.
53. Buchanan, A. H. (ed) (2001). *Fire engineering design guide*. (Second edition). Christchurch, New Zealand: Centre for Advanced Engineering, 21-37,5-70.
54. Malhotra, H. L. (1987). *Fire safety in buildings*. Herts: Department of the Environment, Building Research Establishment, Fire Research Station, 13.
55. Bukowski, R. W., Stiefel, S. W., Hall, J. R. Jr. and Clarke, F. B. (1990). Fire risk assessment method: Description of methodology. *National Fire Protection Associations*, 30–33.
56. Cheng, H. (2011). *Modeling of fire spread in buildings and modeling of fire spread from the fire building to adjacent buildings*. Doctor of Philosophy Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering at Carleton University, Ottawa, 25-34.
57. Serteser, N. (2004). *Yanan binadan karşısındaki binaya ışınlama yangın yayılımının önlenmesi için güvenli sınır mesafesinin belirlenmesinde bir model önerisi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 11-26

58. Beyhan, F., Çetin, S. ve Civelek, E. (2018). *Yangın ve yangın güvenliği*. (Birinci baskı). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi, 50-57.
59. Spearpoint, M. (editor) (2008). *Fire engineering design guide*, (Third edition). Christchurch, New Zealand: Centre for advanced engineering, 101-113.
60. Yung, D. T. and Benichou, N. (2002). How design fires can be used in fire hazard analysis. *Fire Technology*, 38, 231–242.
61. Zalok, E. (2006). *Design fires for commercial premises*. Doctor of Philosophy Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering at Carleton University, Ottawa, 20-27.
62. Kars, F. (1999). *Yapıların projeleri üzerinden yangın güvenlik analizlerinin bilgisayar modeli ve programı*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 41-58.
63. Thomas, P. H. (1986). Design guide structural fire safety : Workshop CIB W14 ; [report]. *Fire Safety Journal*, 10(2), 77–167.
64. British Standards Institution (1999). BS ISO/TR 13387-2:1999 Fire safety engineering. Part 2: Design fire scenarios and design fires. London: BSI, 5-7.
65. Li, Y. Z. and Ingason, H. (2016). A new methodology of design fires for train carriages based on exponential curve method. *Fire Technology*, 52(5), 1449–1464.
66. Ocran, N. (2012). *Fire loads and design fires for mid-rise buildings*. Master Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering Carleton University, Ottawa, 11-22, 46-73.
67. Cote, A. E., Grant, C. C., Hall, R. J. and Solomon, R. E. (editors) (2008). *Fire protection handbook* (Twentieth edition). Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association, 145-149.
68. O'Connor, D. J., Biller, J., Dryden, S., Fahy, R., Gann, R. G. and Goodhead, S. (2017). *Guide to human behavior in fire*. (Second edition). New York: Springer, 15-22, 64-69.
69. British Standards Institution. (2004). *The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings: Human factors. Life safety strategies. Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6)*. London: British Standards Institution, 22-28.
70. The International Organization for Standardization (2009). *ISO / TR 16738: Fire safety engineering -Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people*. Genova: The International Organization for Standardization, 17-19.
71. The International Organization for Standardization (2010). *ISO/TS 13571:2010 Life-threatening components of fire - Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data*. Genova: The International Organization for Standardization, 7-21.

72. The International Organization for Standardization. (2015). *PD ISO/TS 29761:2015 Fire Safety Engineering- Selection of design occupant behavioural scenarios*. Genova: The International Organization for Standardization
73. Arı, S. ve Demirel, F. (2009). *Yangında insan davranışı*. TÜYAK 2009 Uluslararası Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul.
74. Borg, A., Njå, O. and Torero, J. L. (2015). A Framework for selecting design fires in performance based fire safety engineering. *Fire Technology*, 51(4), 995–1017.
75. Staffansson, L. (2010). *Selecting design fires*. Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety Lund University, Report 7032, Lund, 23-48.
76. British Standards Institution (2015). BS ISO 16733-1 (2015) *Fire safety engineering- Selection of design fire scenarios and design fires Part 1: Selection of design fire scenarios*. London: British Standards Institution, 6-15.
77. Çevik, O. ve Aran, G. (2009). Kalite iyileştirme sürecinde hata türü etkileri analizi (FMEA) ve piston üretiminde bir uygulama. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 241–265.
78. Guanquan, C. and Jinhua, S. (2008). Quantitative assessment of building fire risk to life safety. *Risk Analysis*, 28(3), 615–625.
79. Hadjisophocleous, G. V. and Fu, Z. (2004). Literature review of fire risk assessment methodologies. *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, 6(1), 28–45.
80. The Chartered Institution of Building Services Engineers. (2003). *CIBSE Guide E: Fire engineering*. (Second Edition). London: The Chartered Institution of Building Services Engineers, 45-54.
81. Bwalya, A. (2008). An Overview of Design Fires for Building Compartments. *Fire Technology*, 44(2), 167–184.
82. Chen, Z. (2008). *Design fires for motels and hotels*, Master Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering Carleton University, Ottawa, 17-34.
83. Klote, J. H., Milke, J. A., Turnbull, P. G., Kashef, A. and Ferreira, M. J. (2012). *Handbook of smoke control engineering*, United State of America: ASHRAE, 145,155,160,373.
84. SPFE Task Group On fire Safety in Very Tall Buildings (2012). *Guidelines for designing fire safety in very tall buildings (Public Review Draft)*. New York: Springer, 48-53
85. Enrico, R., Nilsson, D. (2013). *Assessment of total evacuation systems for tall buildings: Literature review*. Massachusetts, USA: The Fire Protection Research Foundation, 11-23.
86. Sun, Y. (2013). *Egress as part of fire safety in high-rise buildings*. Master of Science Thesis, Delft University of Technology, Delft, 53-57.

87. Babrauskas, V., Fleming, J. M. and Don Russell, B. (2010). RSET/ASET, a flawed concept for fire safety assessment. *Fire and Materials*, 34(7), 341–355.
88. Zhang, L., Wu, X., Liu, M., Liu, W. and Ashuri, B. (2019). Discovering worst fire scenarios in subway stations: A simulation approach. *Automation in Construction*, 99, 183–196.
89. Poon, S. L. (2014). A Dynamic Approach to ASET/RSET Assessment in performance based design. *Procedia Engineering*, 71, 173–181.
90. Chu, G., Wang, J. and Wang, Q. (2012). Time-dependent fire risk assessment for occupant evacuation in public assembly buildings. *Structural Safety*, 38, 22–31.
91. Singapore Civil Defence Force. (2015). *Singapore fire safety engineering guidelines*. Singapore: Singapore Civil Defence Force, 117–120.
92. Rahouti, A., Datoussaid, S. and Lovreglio, R. (2016). *A sensitivity analysis of a hospital in case of fire: The impact of the percentage of people with reduced mobility and the staff to occupant's ratio*. Fire and Evacuation Modelling Technical Conference (FEMTC), Spain.
93. National Fire Protection Association and Society of Fire Protection Engineers. (2002). *SFPE handbook of fire protection engineering*. (Third edition). Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association, Society of Fire Protection Engineers, 162–189.
94. Hunt, A. L. E. (2016). *Simulating hospital evacuation*, Doctor of Philosophy Thesis, University of Greenwich, Greenwich, 108–128.
95. Alonso, V. (2014). *Egress modelling in health care occupancies*. Massachusetts, USA: The Fire Protection Research Foundation, 9–18.
96. Gültekin, A. T. (2007). *Proje yönetimi yapım öncesi süreci*. (Birinci Baskı). Ankara: Palme Yayınevi, 23,24.
97. Beyhan, F., Çetin, S. ve Civelek, E. (2018). *Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim Araştırma Hastanesi yangını değerlendirme raporu*. Ankara: Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği.
98. Acil Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2015). *Hastane Afet ve Acil Durum Planı Hazırlama Kılavuzu*. Ankara: Sağlık Bakanlığı, 86–89.
99. Olsson, F. (1999). *Tolerable Fire Risk Criteria for Hospitals*. Sweden: Department of Fire Safety Engineering Lund University, 25–30.
100. Long, M. and Martin, D. (2015). Impact of smoke compartment size on horizontal evacuation time in health care facilities, Department of Fire Protection Engineering Worcester Polytechnic Institute, A Graduate Independent Study Research Report, Worcester, 15–20, 48–56.
101. Department of Health.(2015). *Health Technical Memorandum 05-02: Firecode*. (2015 Edition), London: Guidance in support of functional provisions Fire safety in the design of healthcare premises, 6–13, 18–50.

102. Thunderhead Engineering. (2017). *Pathfinder user manuel*. Manhattan: Thunderhead Engineering, 29-45,58-60
103. Gutierrez, A. V. and Ronchi, E. (2016). *The simulation of assisted evacuation in hospitals*. Fire and Evacuation Modelling Technical Conference, Spain.
104. Graham, J., Cestari, L. and Chuzhakova, E. (2017). *IFC life and fire safety: Hospitals*. Washington: International Finance Corporation, 7-11, 31.

EKLER

(Ekler Tezin arka kapağında CD ortamında verilmiştir.)

EK- 1. Yangın simülasyon programlarının tanıtılması

Yangın simülasyon programı

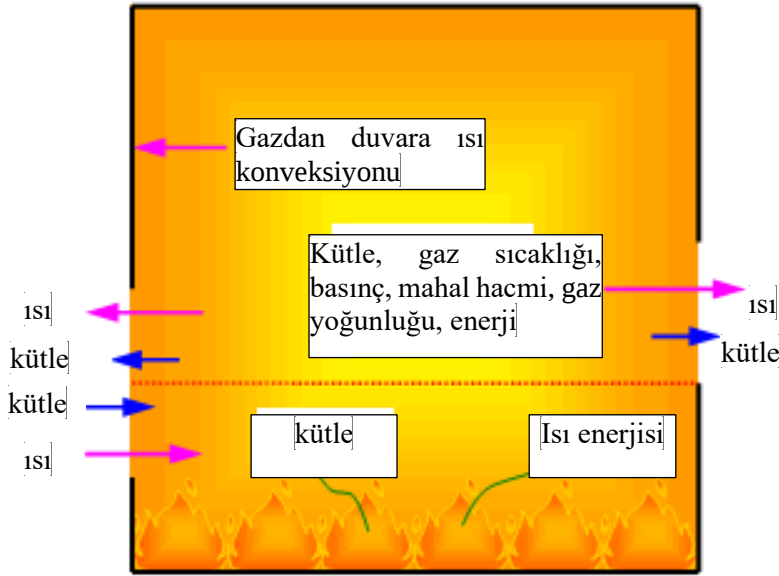
Yangın olgusunun karmaşıklığı basit yangın modellerinden alan modellerine doğru gidildikçe artmaktadır. Tüm modellerin başlangıç parametreleri birbirinden farklıdır. Basit modeller daha az veriye ihtiyaç duyarken, ileri düzeydeki modeller daha detaylı ve daha fazla veriye ihtiyaç duymaktadır. Basit yangın modellerinde yanma sonucunda çıkan gazlarının sıcaklığı mahal içinde üniform kabul edilmekte ve sıcaklık, zaman bazında gösterilmektedir. Duman hareketleri ve yangının yayılımı modele dahil edilmemektedir. Basit modeller daha çok tam gelişmiş yangınlar (flashover sonrası) için uygundur. İleri düzeydeki yangın modelleri ise ısı ve kütle transferini modele dahil etmektedir. Mahal içindeki sıcaklığı çok daha detaylı göstermekte, yangının yayılması ile duman hareketlerini çözüme dahil etmektedirler. Yangın modelleri, bölge modelleri ve alan modelleri olarak incelenmektedir.

Bölge Modelleri

Bölge modeli terimi kapalı mahal yangınlarını modellemek üzere kullanılan bir çeşit bilgisayar modelini tanımlamak için kullanılmaktadır. Bazı modellerde sadece yangının olduğu mahali modellemek üzere kullanılırken, bazı modellerde ise yangın mahaline bitişik mahaller de modellenerek bina içerisindeki ısı transferi ve duman hareketleri modellenebilmektedir. Bölge modelleri “tek bölge modelleri” ve “iki bölge modelleri” olarak ikiye ayrılmaktadır. Tek bölge modelleri sadece tam gelişmiş yangınlar için uygulanabilmektedir. Mekân içindeki gaz sıcaklığı, gaz yoğunluğu, enerji dağılımı ve basınç dağılımı tüm yangın mahali için üniform dağıldığı kabul edilmektedir. Tek bölge modelleri yangının olduğu mahalde kütle ve enerji korunumu için oluşturulan diferansiyel denklemleri tek bölge için çözmektedir. İki bölge modelleri ise tek bölge modellerinden farklı olarak yangın mahallini alt bölge ve üst bölge olmak üzere iki farklı bölgeye ayırmaktadır. Kütle, momentum ve enerji için oluşturulan korunum denklemlerini bu bölgeler için çözmektedir. Yangından dolayı oluşan ısının yarattığı yoğunluk farkı nedeniyle oluşan yükselme neticesinde üst bölgenin sıcak bölge; alt bölgenin ise soğuk bölge olduğu kabulü yapılmakta ve sıcaklığın bölgeler içinde üniform olduğu düşünülmektedir. Her iki –

EK-1. (devam) Yangın simülasyon programlarının tanıtılması

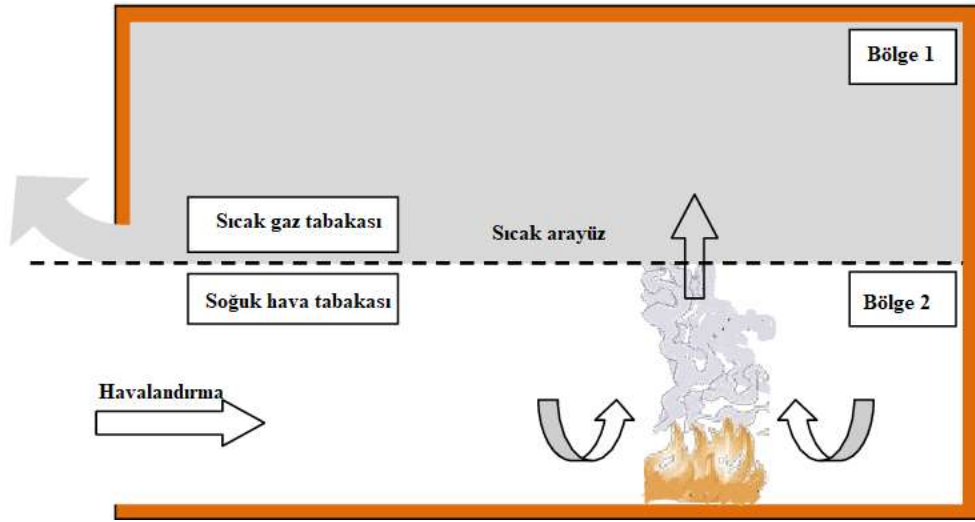
bölgeyi birbirinden ayıran hayali bir tarafsız yüzeyin olduğu kabul edilmektedir. İki bölge modelleri, büyüme evresinde olduğu kabul edilen yangınlar için kullanılmaktadır.



Şekil 1.1. Tek bölge modeli yapısı

Alan modellerine göre daha basit olan bölge modellerinde, daha küçük bilgisayar kapasiteleriyle çözüm elde edilmektedir. Her iki model ile ulaşılan çözümler arasında benzerlik olmakla birlikte bölge modellerinin alan modellerine göre dezavantajı hava akışlarını, sıcaklık dağılımlarını ve yanma sonucu oluşan ürünleri uygun düzeyde verememesidir.

EK-1. (devam) Yangın simülasyon programlarının tanıtılması



Şekil 1.2. İki bölge modeli yapısı

Çizelge 1.1. Bölge modellerine örnek bilgisayar programları

Program	Ülke	Tanım
ARGOS	Danimarka	Çok bölmeli bölge modeli
ASET	ABD	Havalandırmasız tek odalı bölge modeli
BRANZFIRE	Yeni Zellanda	Alev yayılımı ve mekanik havalandırmayı kapsayan çok odalı bölge modeli
BRI-2	Japonya/ABD	Çok katlı/çok kompartımanlı duman hareketi iki katmanlı bölge modeli
CALTECH	ABD	Flashover öncesi bölge modeli
CCFM.VENTS	ABD	Havalandırmalı çok odalı bölme modeli
FIGARO-II	Almanya	Dayanılamaz koşulları belirlemek için yangın bölge modeli
CFAST/FAST	ABD	Yangın bölge modeli
CFIRE-X	Almanya	Sıvı hidrokarbon havuz yangınları için bölge modeli
CiFi	Fransa	Çok odalı bölme modeli

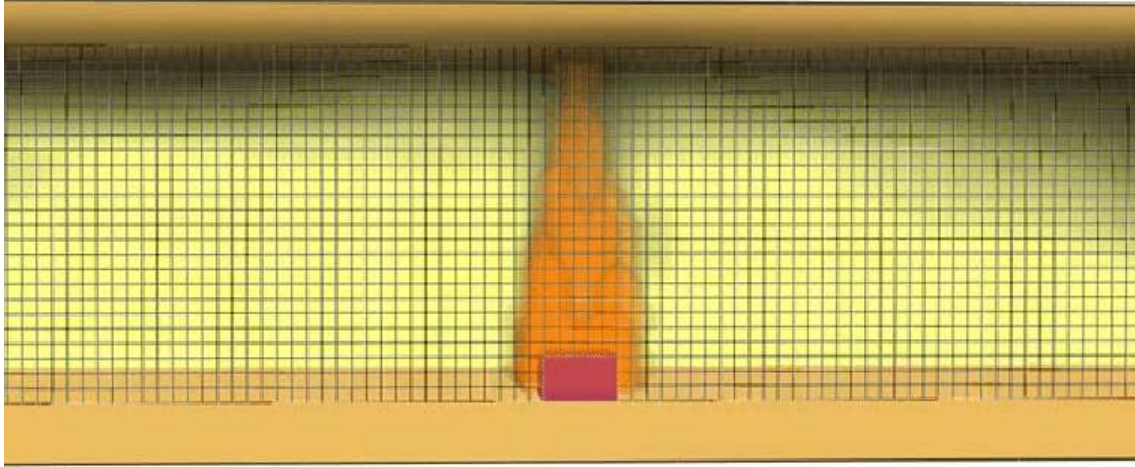
EK-1. (devam) Yangın simülasyon programlarının tanıtılması

COMPBRN-III	ABD	Kompartıman bölge modeli
COMF2	ABD	Tek odalı flashover sonrası kompartıman modeli
DACFIR-3	ABD	Uçak kabinleri için bölge modeli
DSLAYV	İsveç	Tek kompartımanlı bölge modeli
FireWIND	Avustralya	Çok odalı bölge modeli
FIRM	ABD	İki bölmeli tek kompartımanlı model
FIRST		Tek odalı bölme modeli havalandırmayı kapsayan
FMD	ABD	Atriumlar için yangın bölge modeli
HYSLOW	İsveç	Flashover öncesi bölge modeli

Alan (CFD) yangın modelleri

Yangın mühendisliğinde kullanılan en ileri modelleme yöntemleri alan (CFD Computational Fluid Dynamics) modelleridir. Alan yangın modelleri yangının yayılımını, sıcaklık dağılımını ve duman hareketlerini değerlendirmek üzere tek mahali veya birbirine bitişik birçok mahali modellemek üzere kullanılmaktadır. İki bölge yangın modelinin aksine alan modelinde yangın mahali çok daha fazla sayıda alt hücrelere bölünmekte ve her hücre için korunum denklemleri ayrı ayrı çözülmektedir. Bu durum bölge modellerine oranla daha ayrıntılı ve doğru çözümler sağladığı gibi bölge modellerinin uygulanamadığı çok daha karmaşık geometrili hacimler için de yangını modellenebilir kılmaktadır.

EK-1. (devam) Yangın simülasyon programlarının tanıtılması



Şekil 1.3. Alan modeli hücre yapısı

Alan modellerinde öncelikle yangın ortamının geometrik modeli oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu model çok sayıda hücreye bölünmektedir. Uygun fiziksel modellerin ve sınır koşullarının seçilmesi ile parçaların her biri için kütlenin korunumu, enerjinin korunumu, momentumun korunumu, ısı transferi denklemleri ve ortam koşullarına bağlı olarak diğer denklemler bilgisayar yardımıyla çözülmektedir. Alan modelleri Çizelge 3.2’ de gösterildiği üzere diğer tüm modellere oranla çok daha detaylı veriye ihtiyaç duymaktadır. Bu başlangıçta bir dezavantaj gibi görünse de elde edilen sonuçlar da diğer modellere göre çok daha detaylı olmaktadır. Aynı şekilde alan modellerindeki detaylı veri girişi ve detaylı modelleme nedeniyle problemin çözüm süresi diğer modellere göre çok daha uzundur ve çok daha fazla bilgisayar kapasitesine ihtiyaç duymaktadır. Aşağıdaki tabloda kullanılan alan modelleri listelenmiştir.

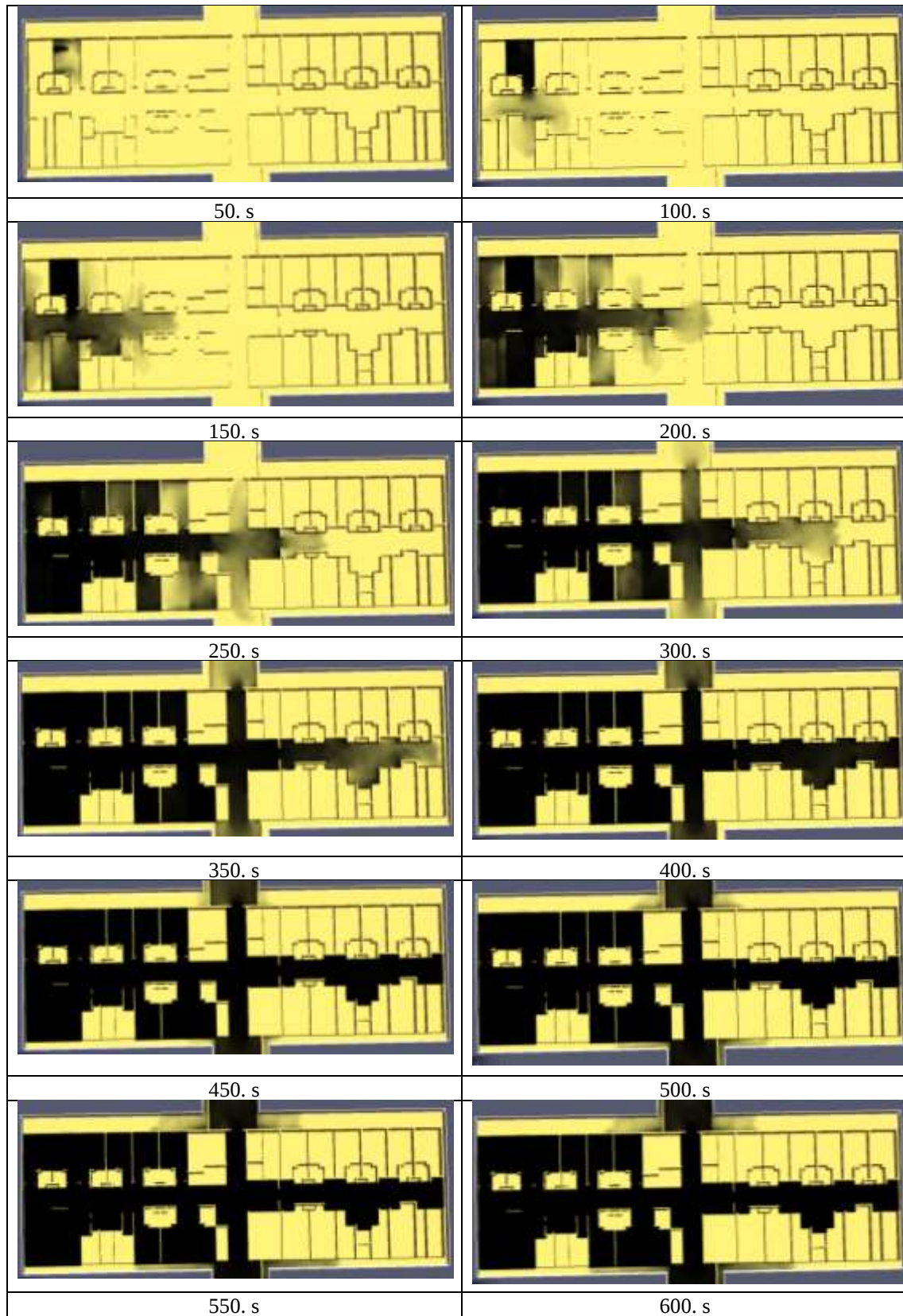
Çizelge 1.1. Alan modellerine örnek bilgisayar programları

Program	Ülke	Tanım
ALOFT-FT	ABD	Açık alan yangınlarında duman hareketini tahmin etme
CFX	İngiltere	Yangın ve patlamalar için genel amaçlı CFD yazılımı
FDS	ABD	Yangına bağlı akışlara özgü CFD kodu

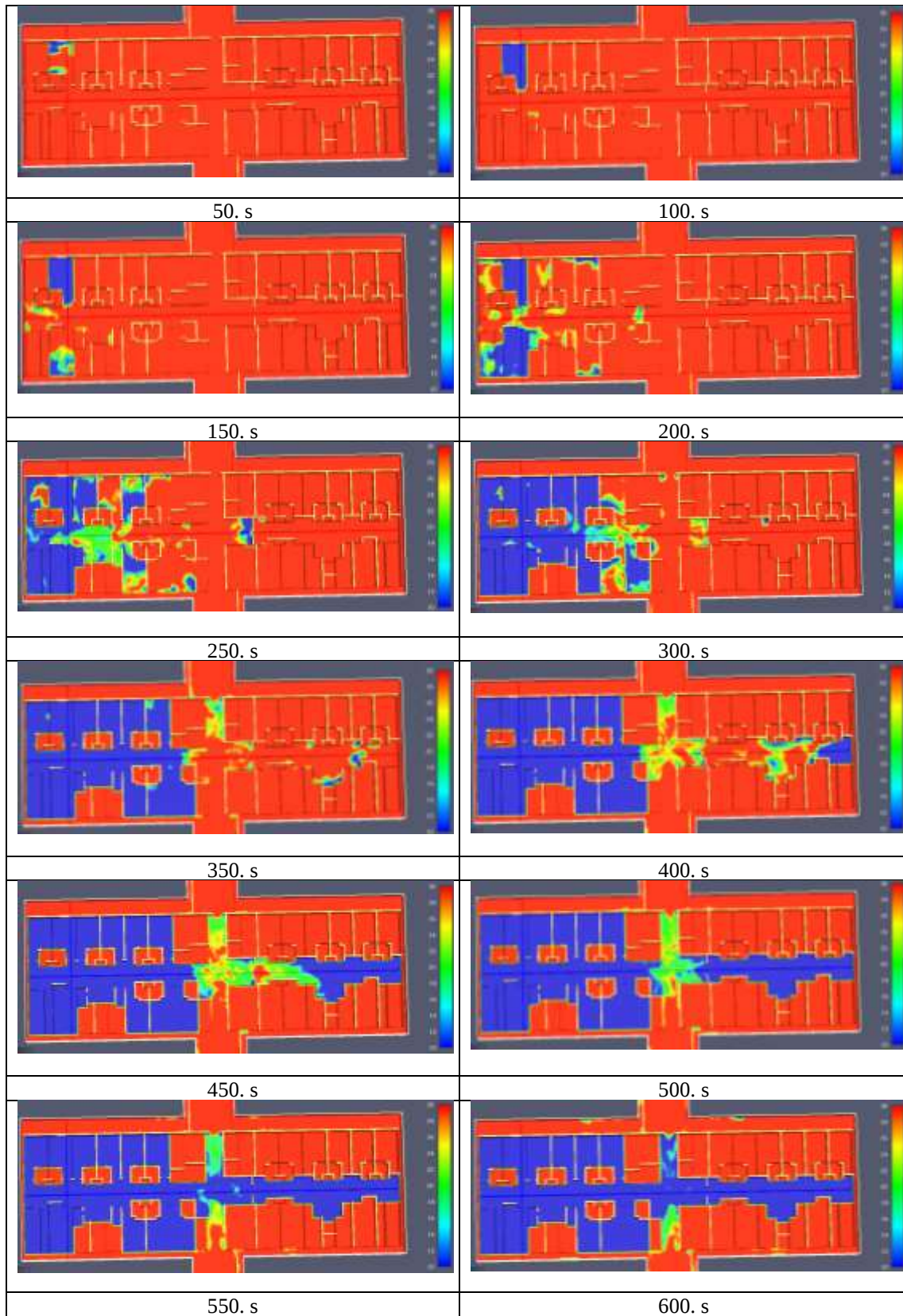
EK-1. (devam) Yangın simülasyon programlarının tanıtılması

FIRE	Avustralya	Yanma oranını ve söndürmeyi tahmin etmek için kullanılan CFD modeli
FLUENT	ABD	Genel amaçlı CFD yazılımı
JASMINE	İngiltere	Tasarım sorunlarını değerlendirmek amaçlı yangın sonuçlarını tahmin etme de kullanılan alan modeli
KAMELEON FireEx	Norveç	Yapıların termal tepkisi için sonlu bir eleman koduna bağlı yangın için CFD modeli
KOBRA-3D	Almanya	Karmaşık geometrilerde duman yayılması ve ısı transferi için CFD modeli
MEFE	Portekiz	Bir veya iki bölme için CFD modeli
PHOENICS	İngiltere	Çok amaçlı CFD kodu
RMFIRE	Kanada	Oda yangınlarında duman hareketinin geçici hesaplanması için iki boyutlu alan modeli
SMARTFIRE	İngiltere	Yangın alan modeli
SOFIE	İngiltere/İsveç	Yangın alan modeli
SOLVENT	İngiltere	Bir tünelde duman ve ısı iletimi için CDF modeli
SPLASH	İngiltere	Yağmurlama spreylelerinin yangın gazlarıyla etkileşimini tanımlayan alan modeli
STAR-CD	İngiltere	Genel amaçlı CFD yazılımı
UNSAFE	İngiltere/Japonya	Açık veya kapalı alanlarda kullanım amaçlı yangın alan modeli

EK-2. Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

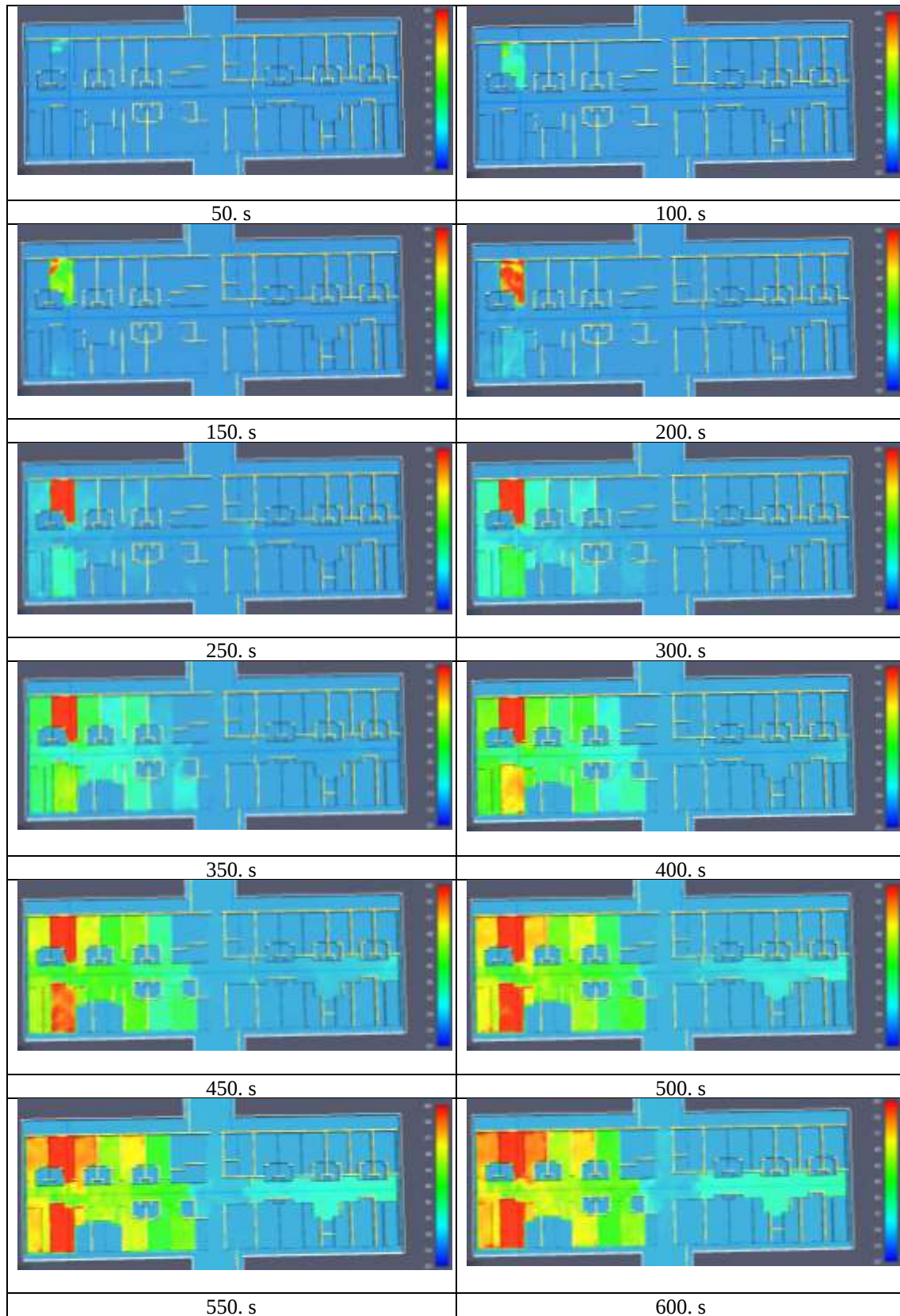
Şekil 2.1 S₀MK₀MH₀D₀ kodlu senaryonun zamana göre duman yayılımı

EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

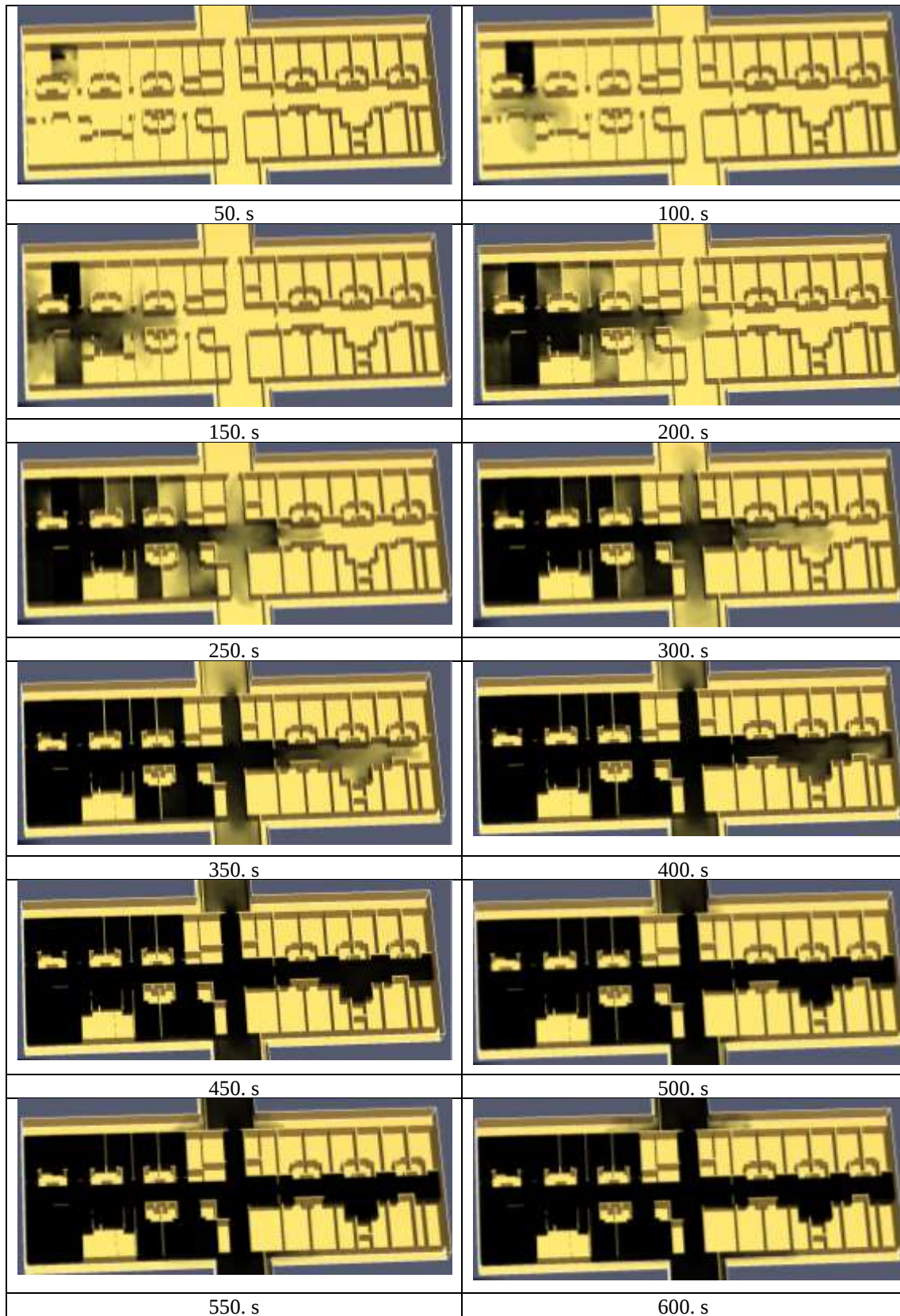


Şekil 2.2 S0MK0MH0D0 kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

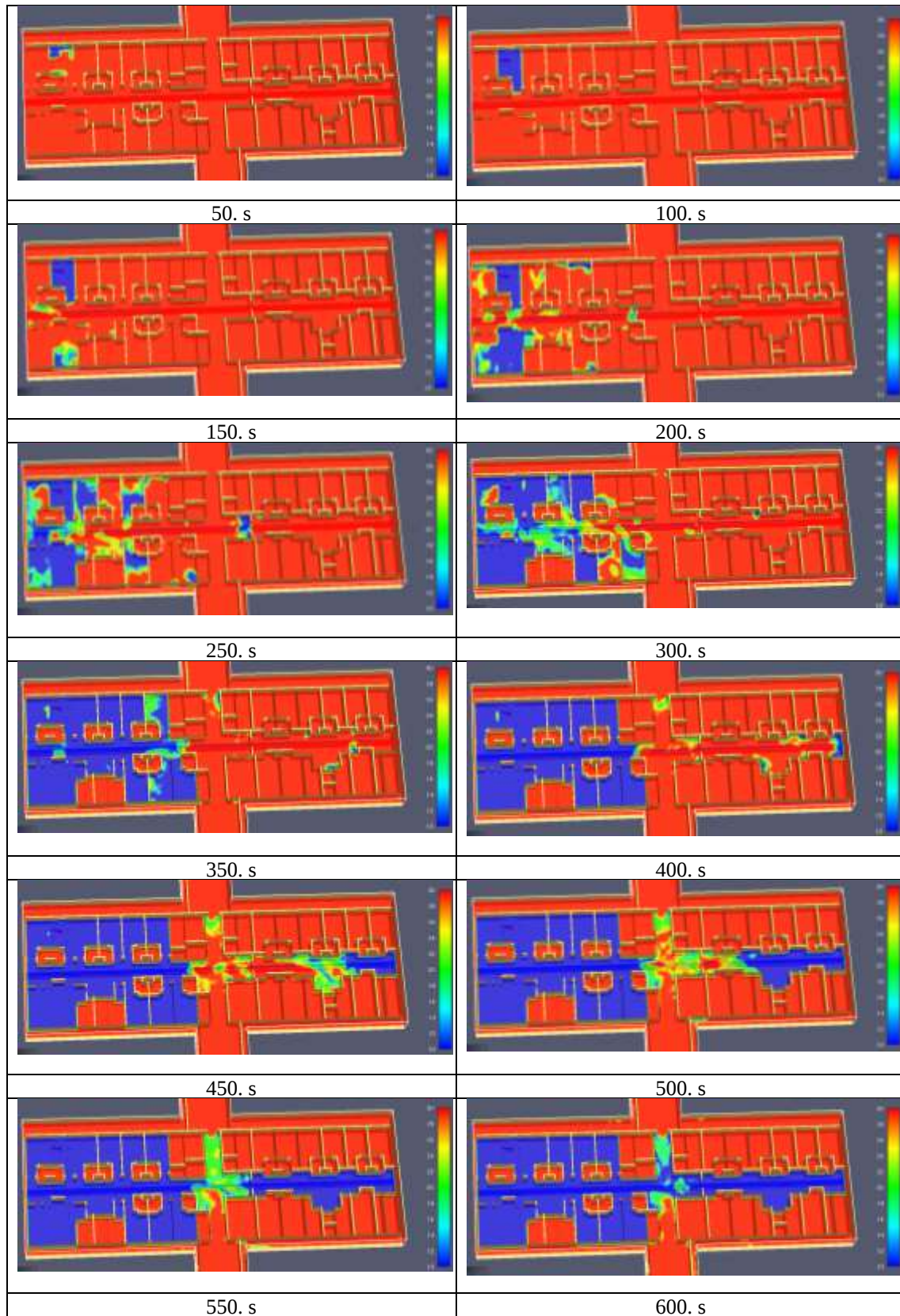
Şekil 2.3 S₀MH₀MK₀D₀ kodlu senaryonun zamana göre sıcaklık değişimi

EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



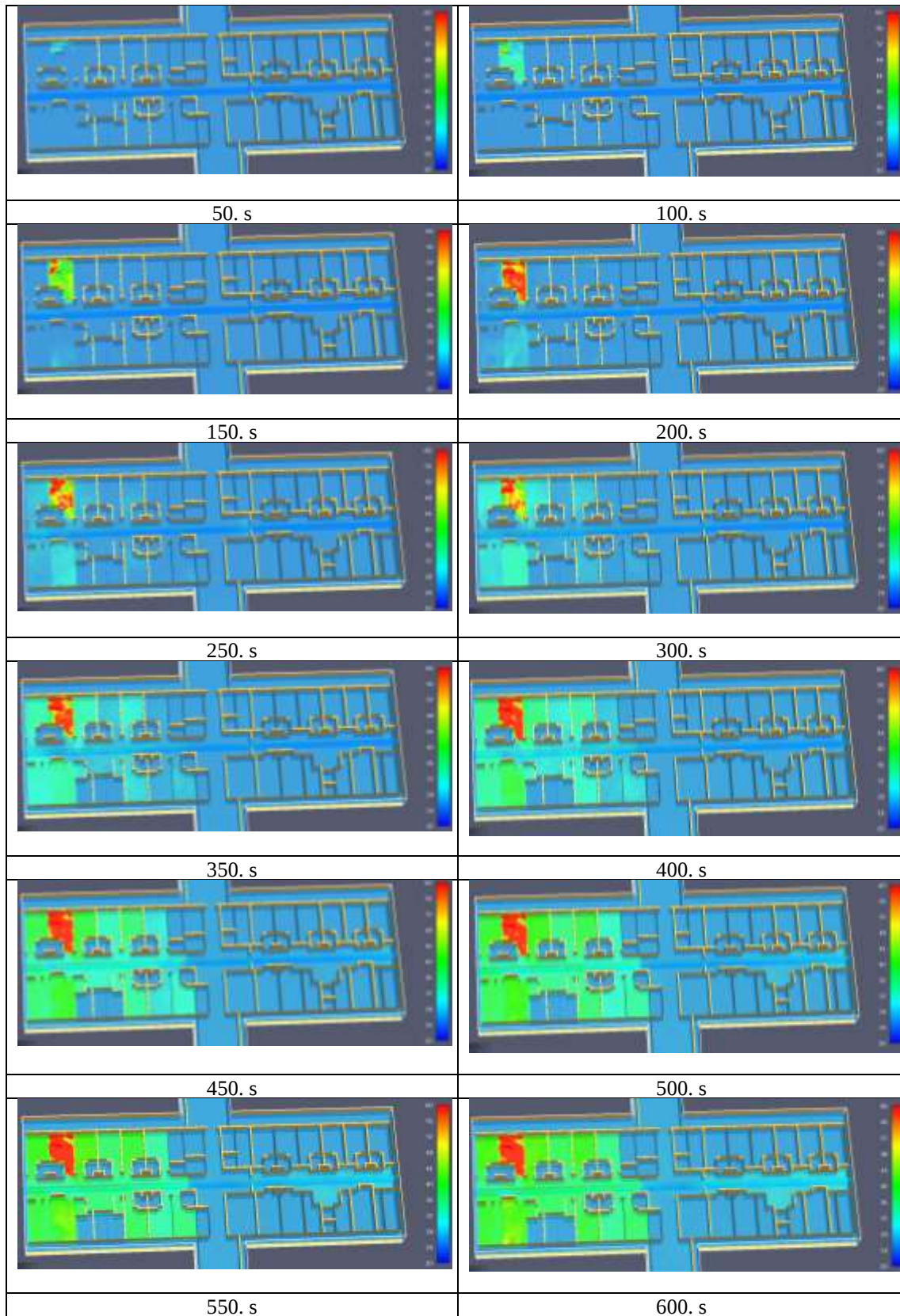
Şekil 2.4 S1MK0MH0D0 kodlu senaryonun zamana göre duman yayılımı

EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



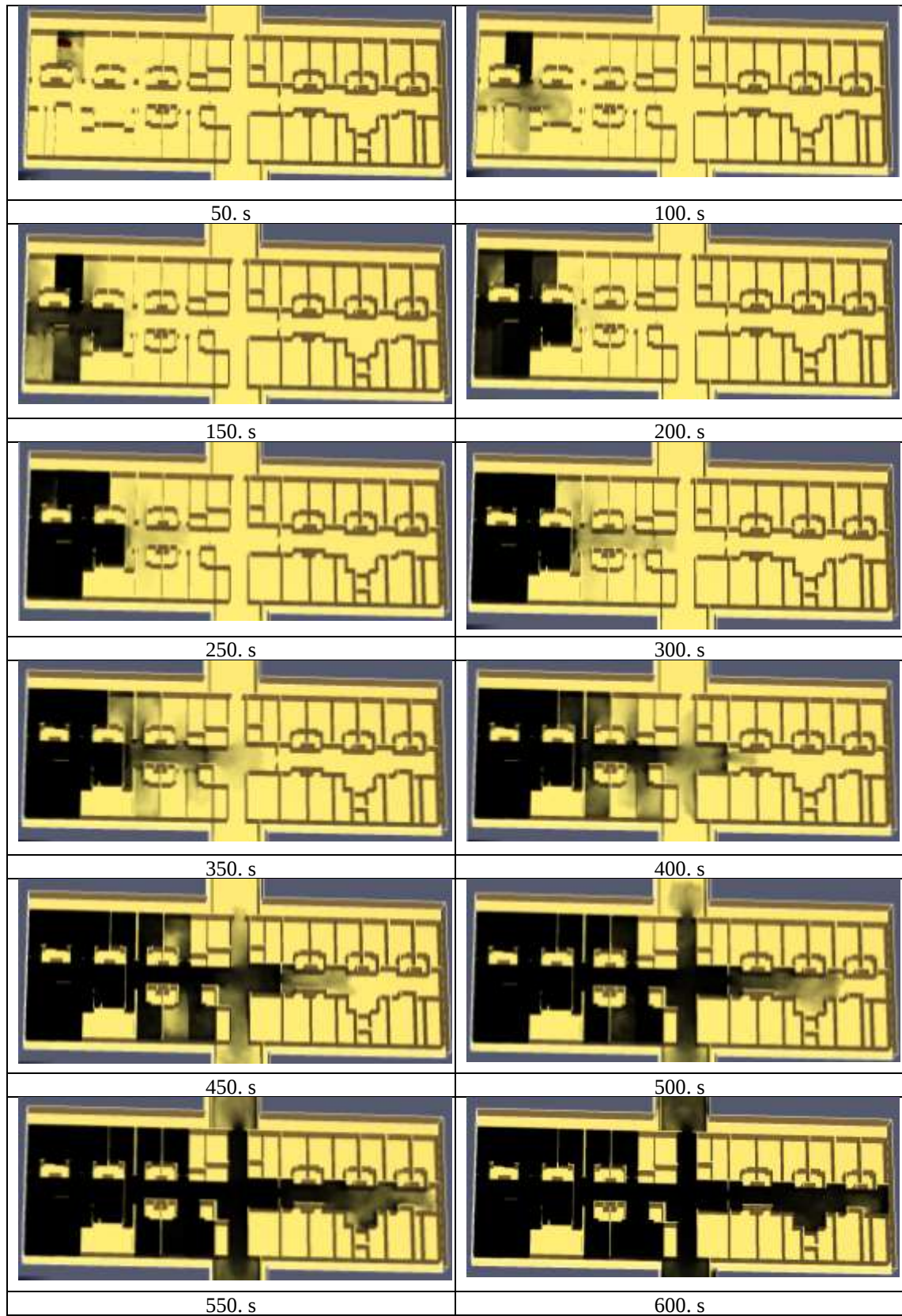
Şekil 2.5. S1MK0MH0D0 kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



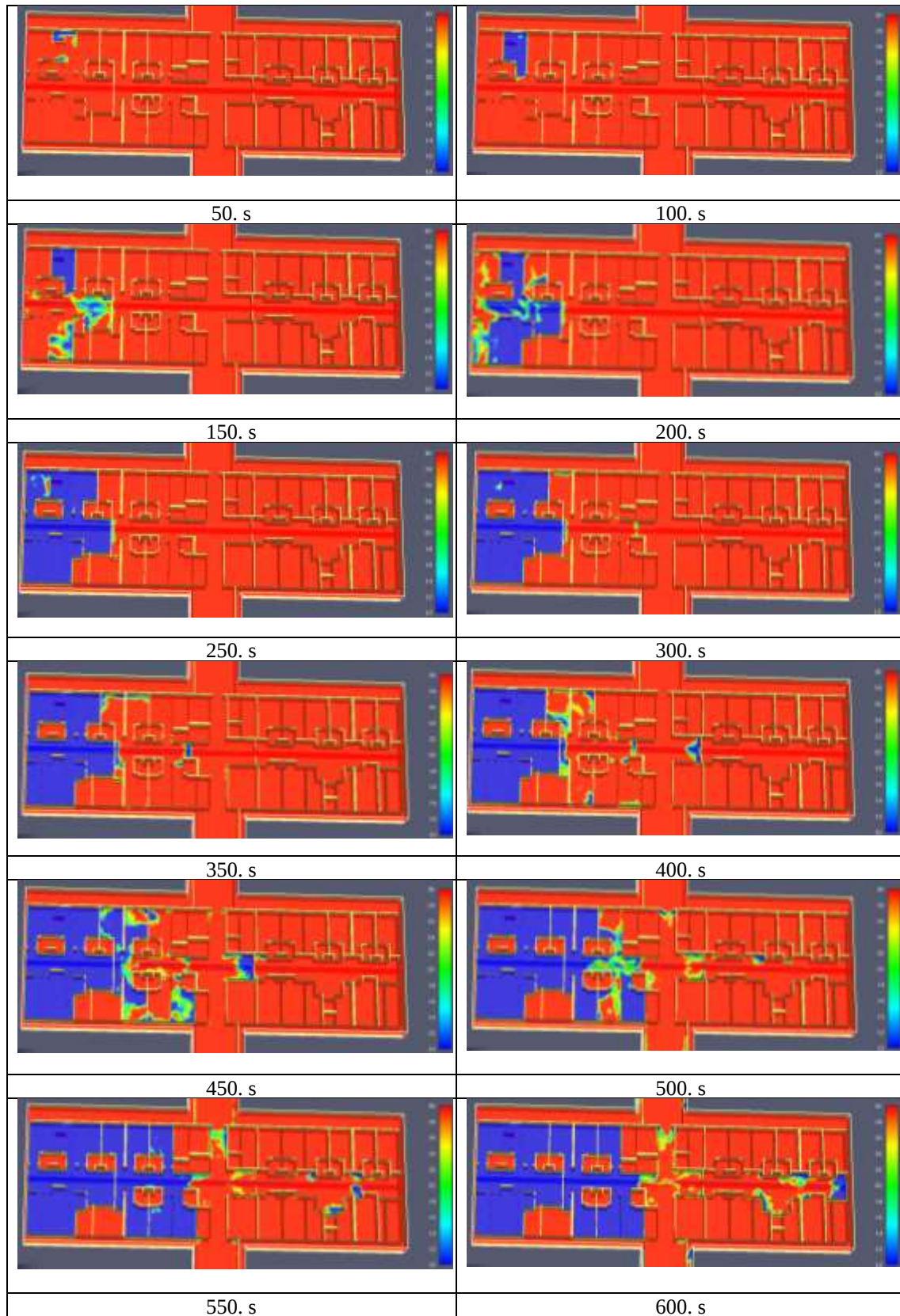
Şekil 2.6. S1MH0MK0D0 kodlu senaryonun zamana göre sıcaklık değişimi

EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

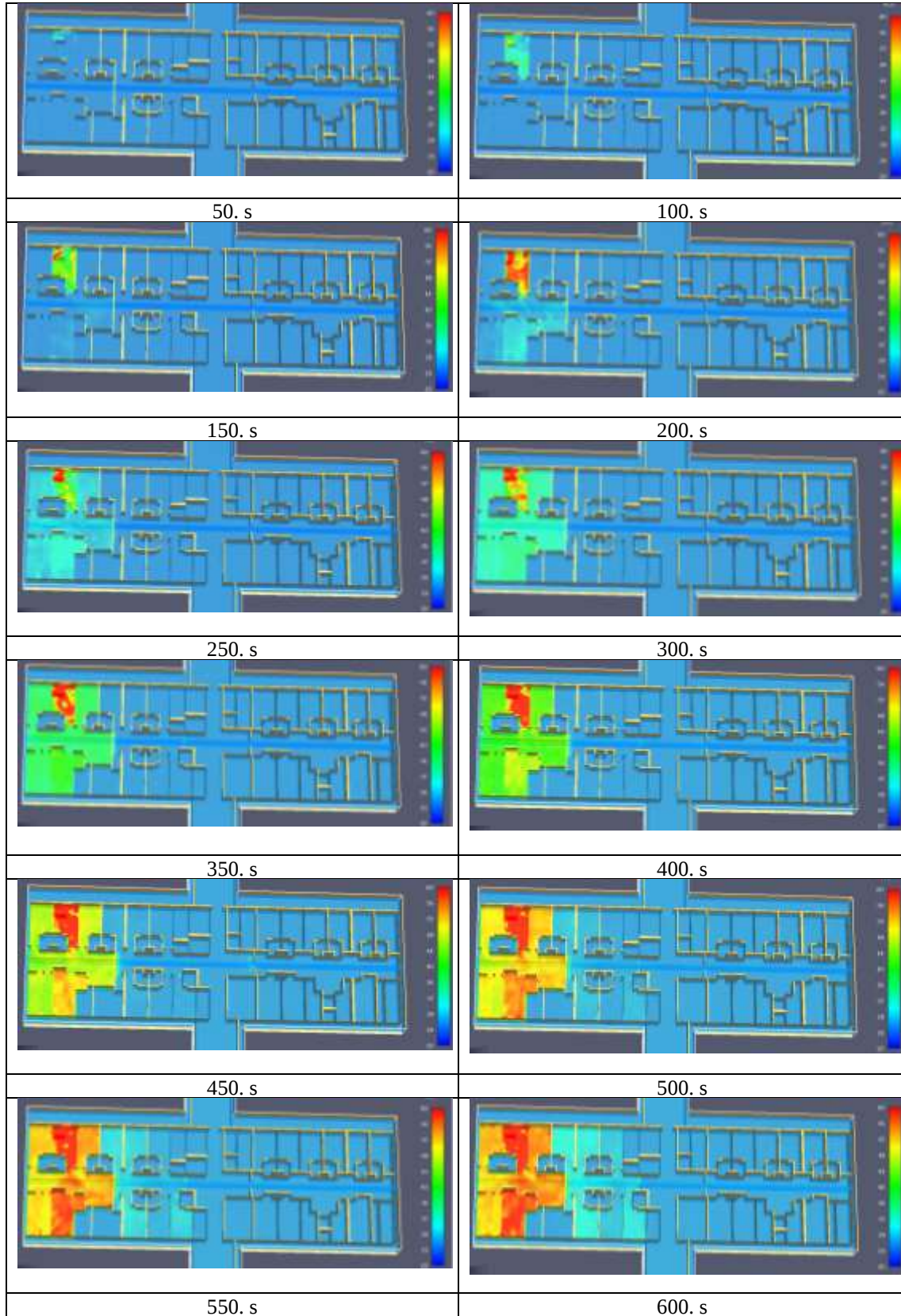


Şekil 2.7. S1MK0MH0D1 kodlu senaryonun zamana göre duman yayılımı

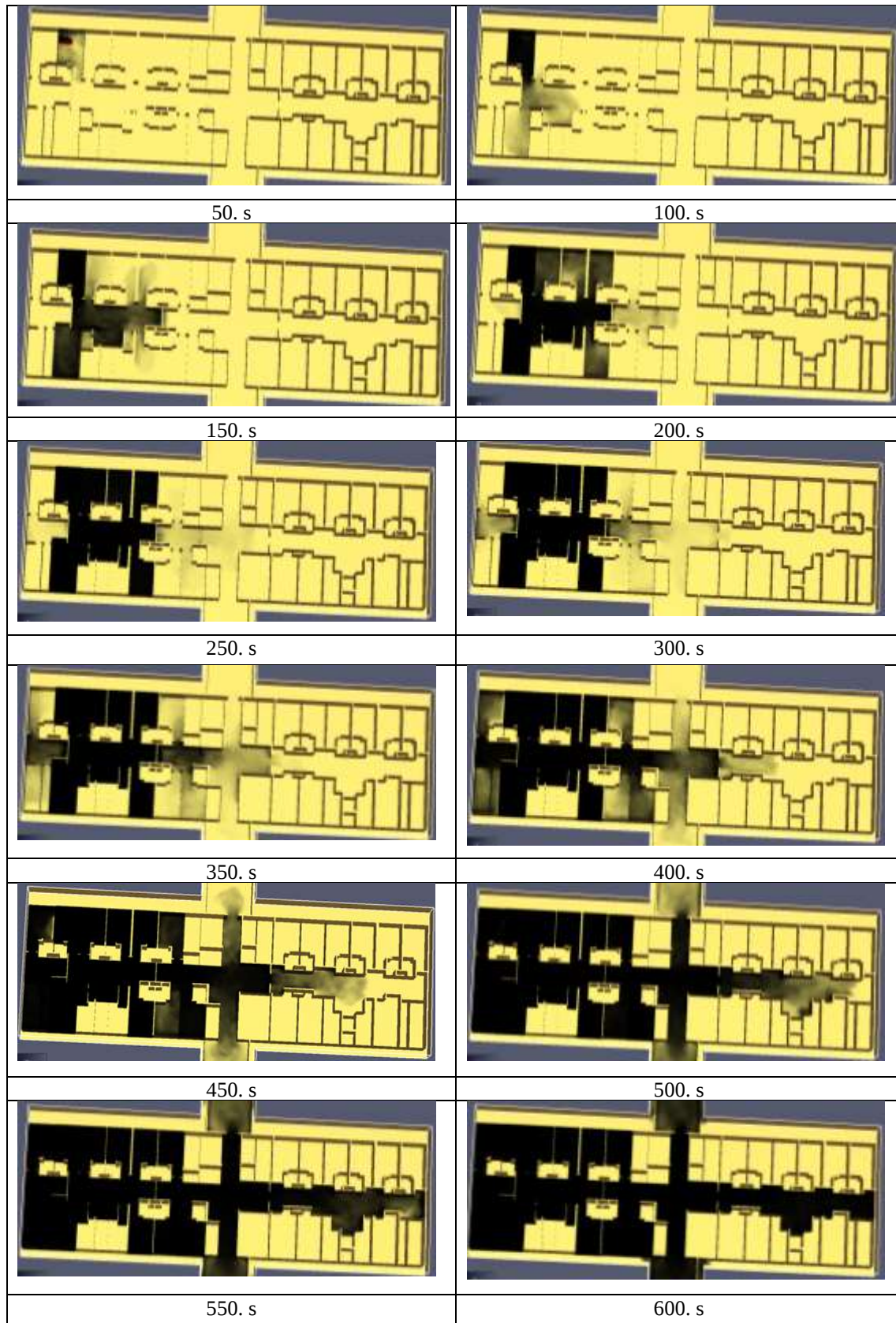
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.8. S₁MK₀MH₀D₁ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

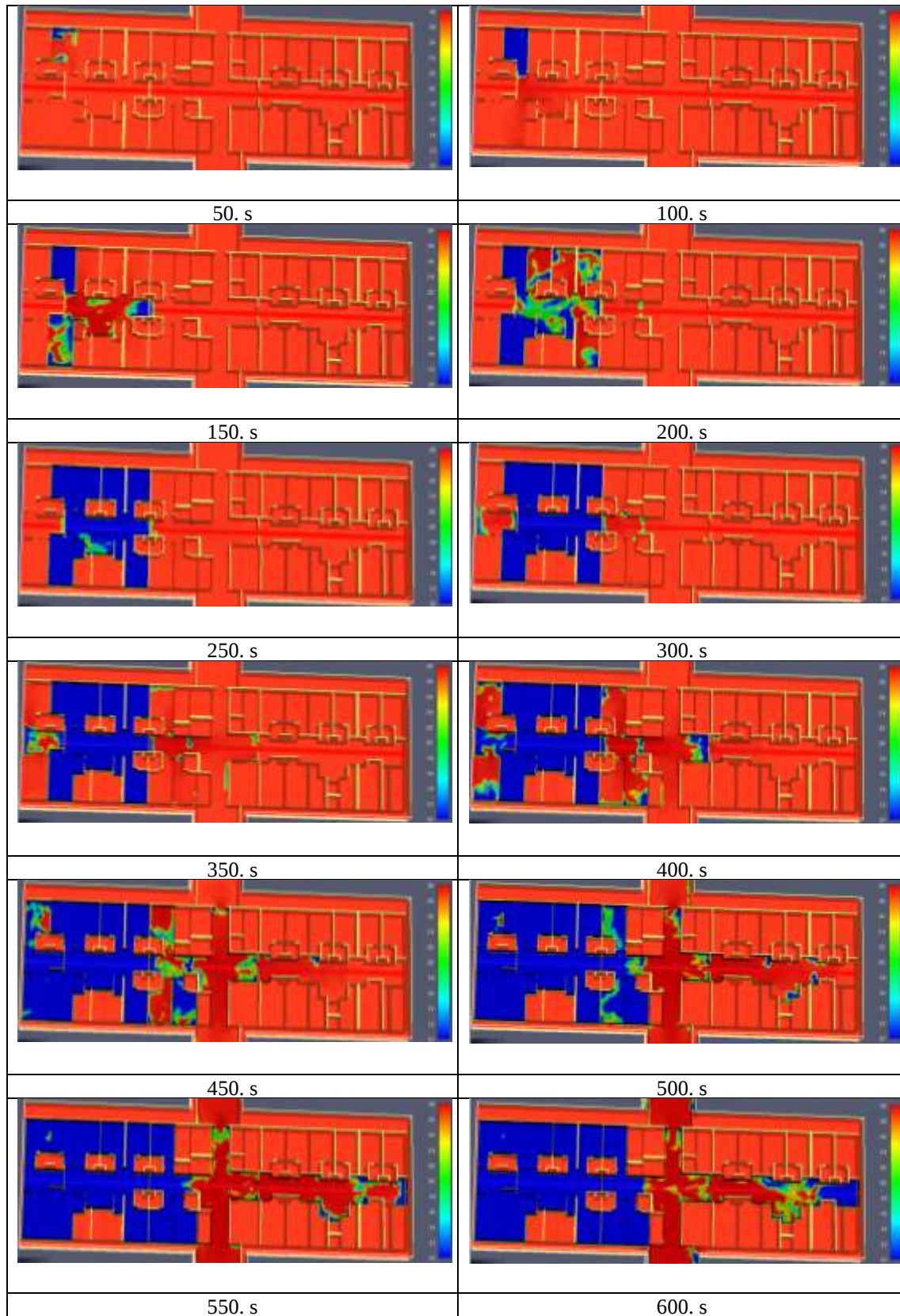
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.9 S₁MH₀MK₀D₁ kodlu senaryonun zamana göre sıcaklık değişimi

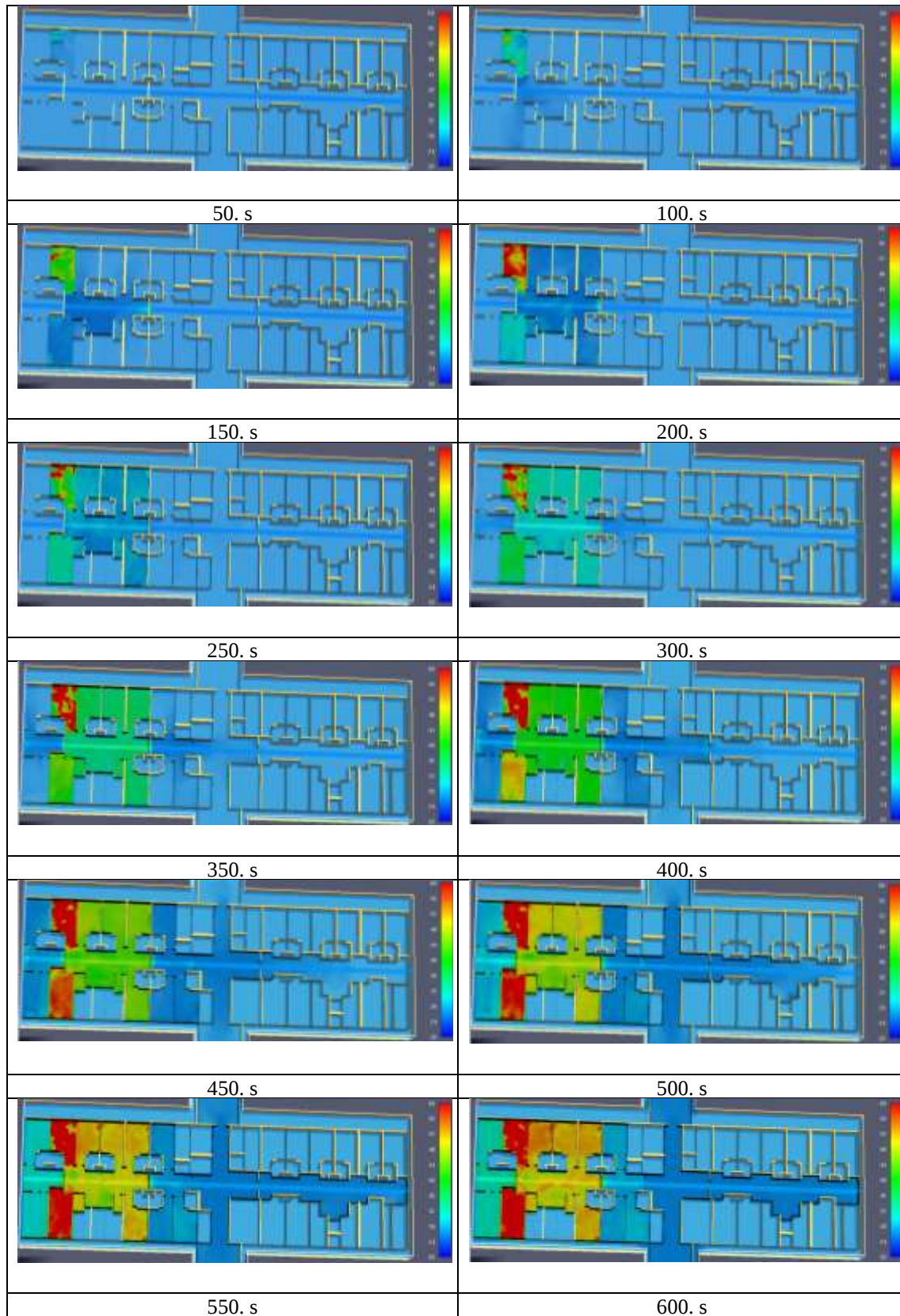
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.10. S₁MK₀MH₀D₂ kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

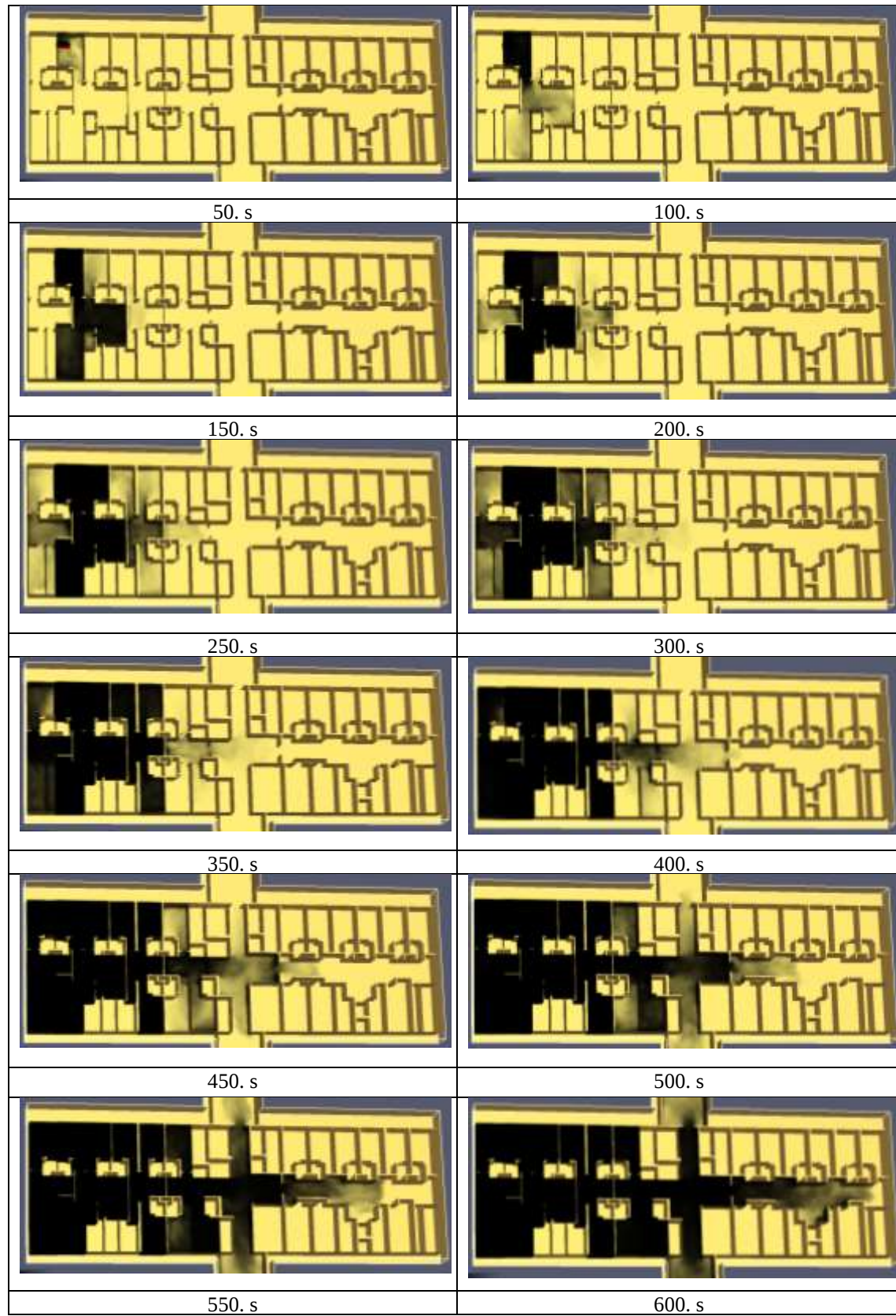
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.11. S₁MK₀MH₀D₂ kodlu senaryonun zaman göre görüş mesafesi

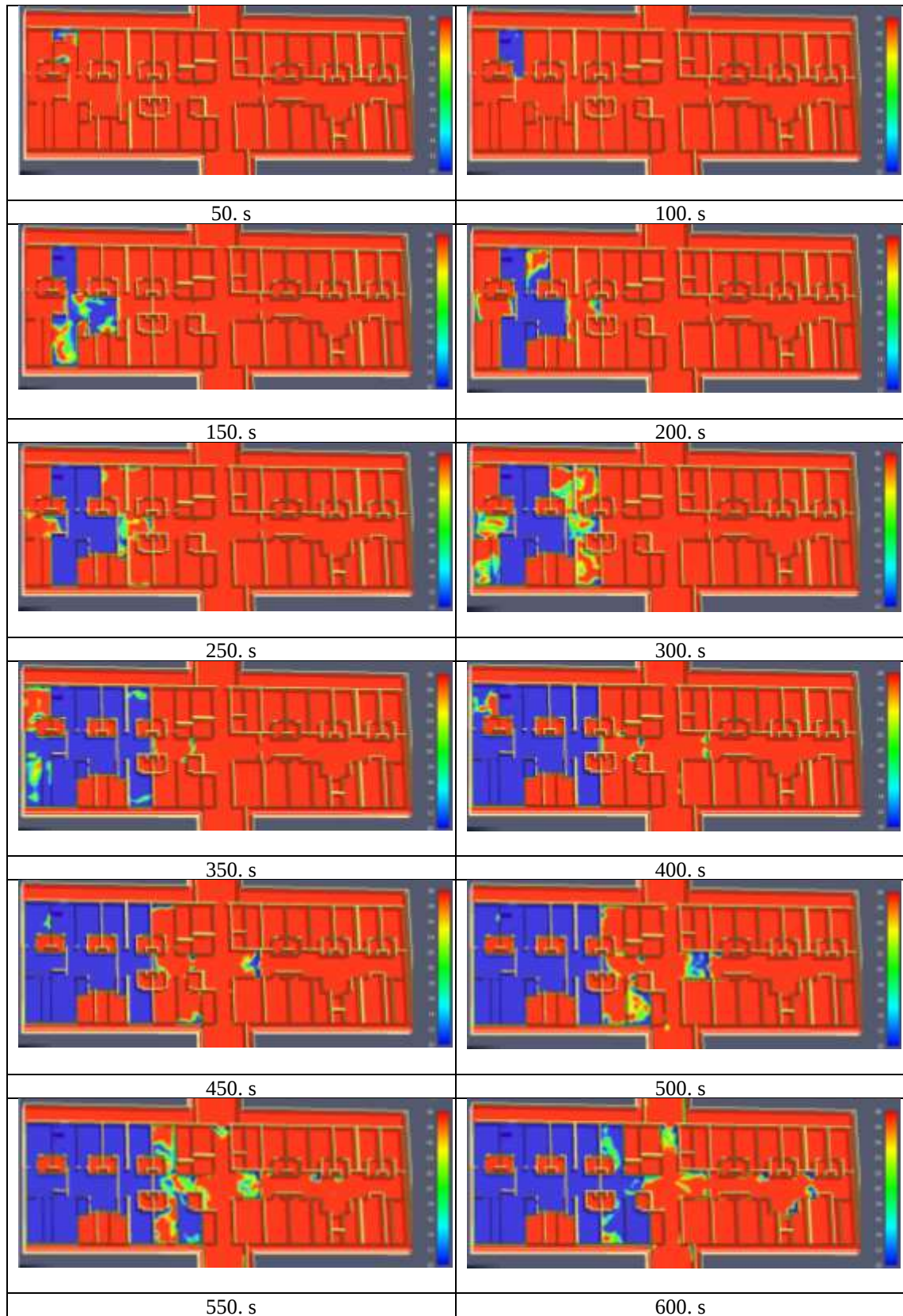
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.12. S₁MK₀MH₀D₂ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklık değişimi

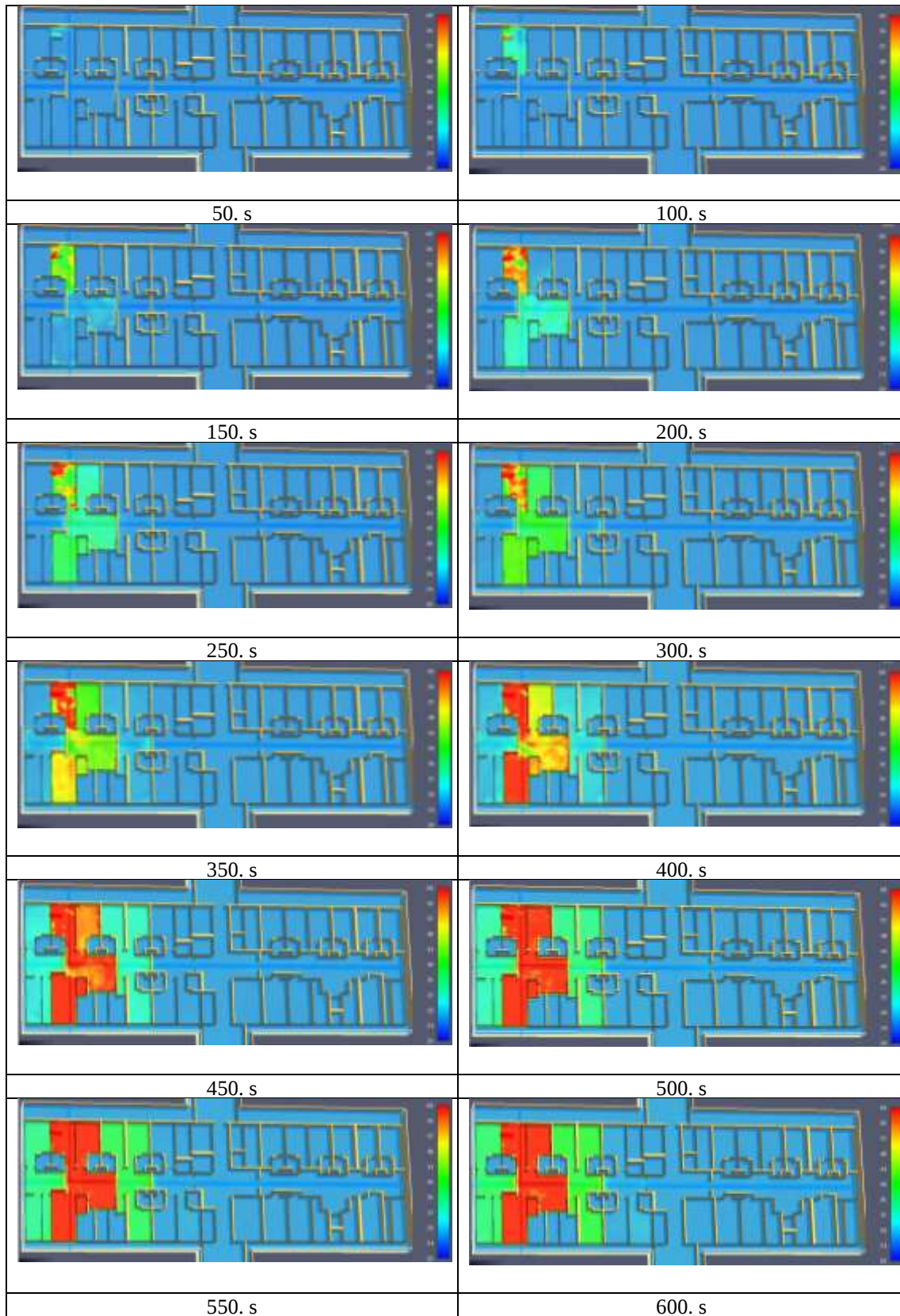
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.13. S₁MK₀MH₀D₃ kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

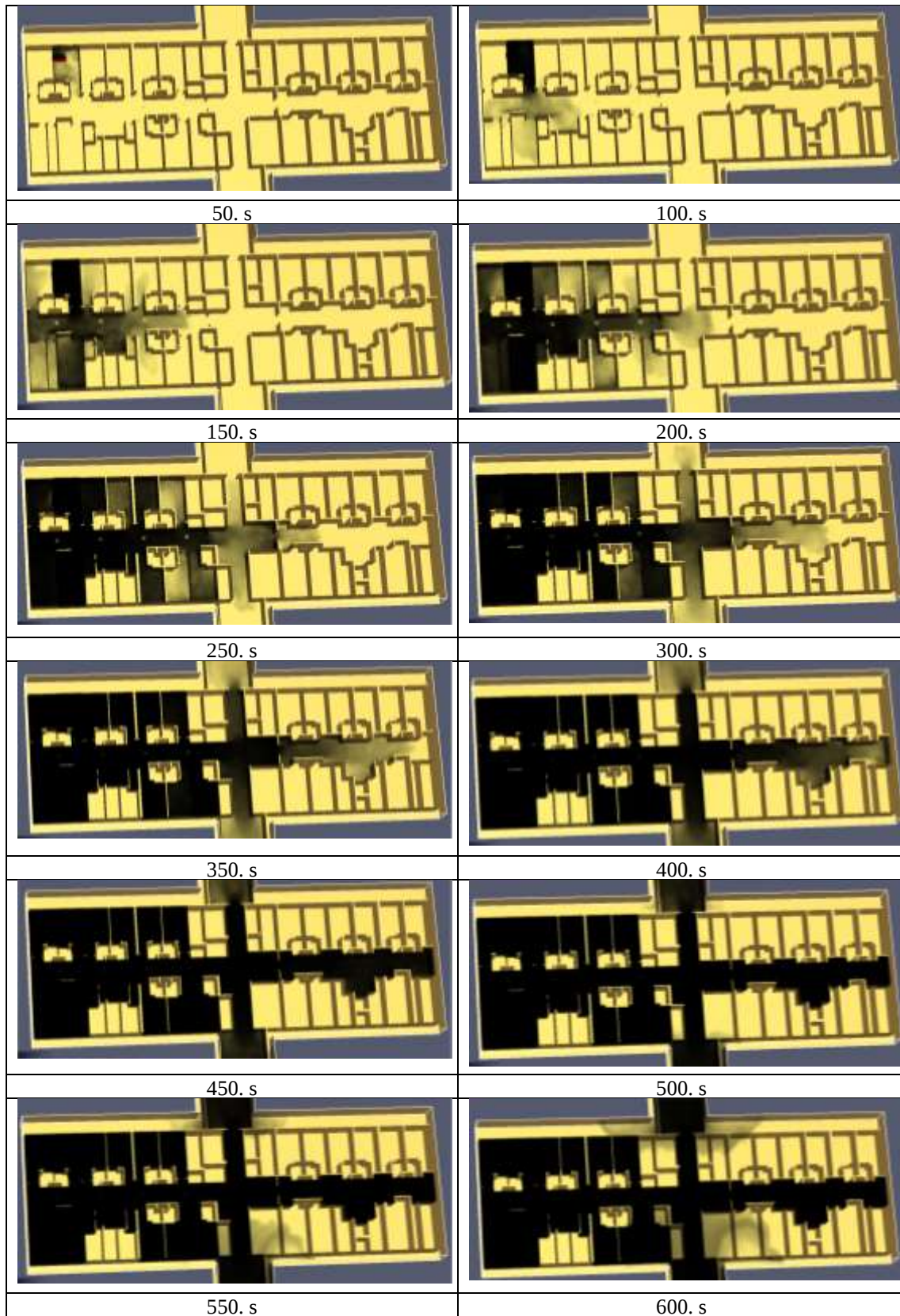
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.14. S₁MK₀MH₀D₃ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

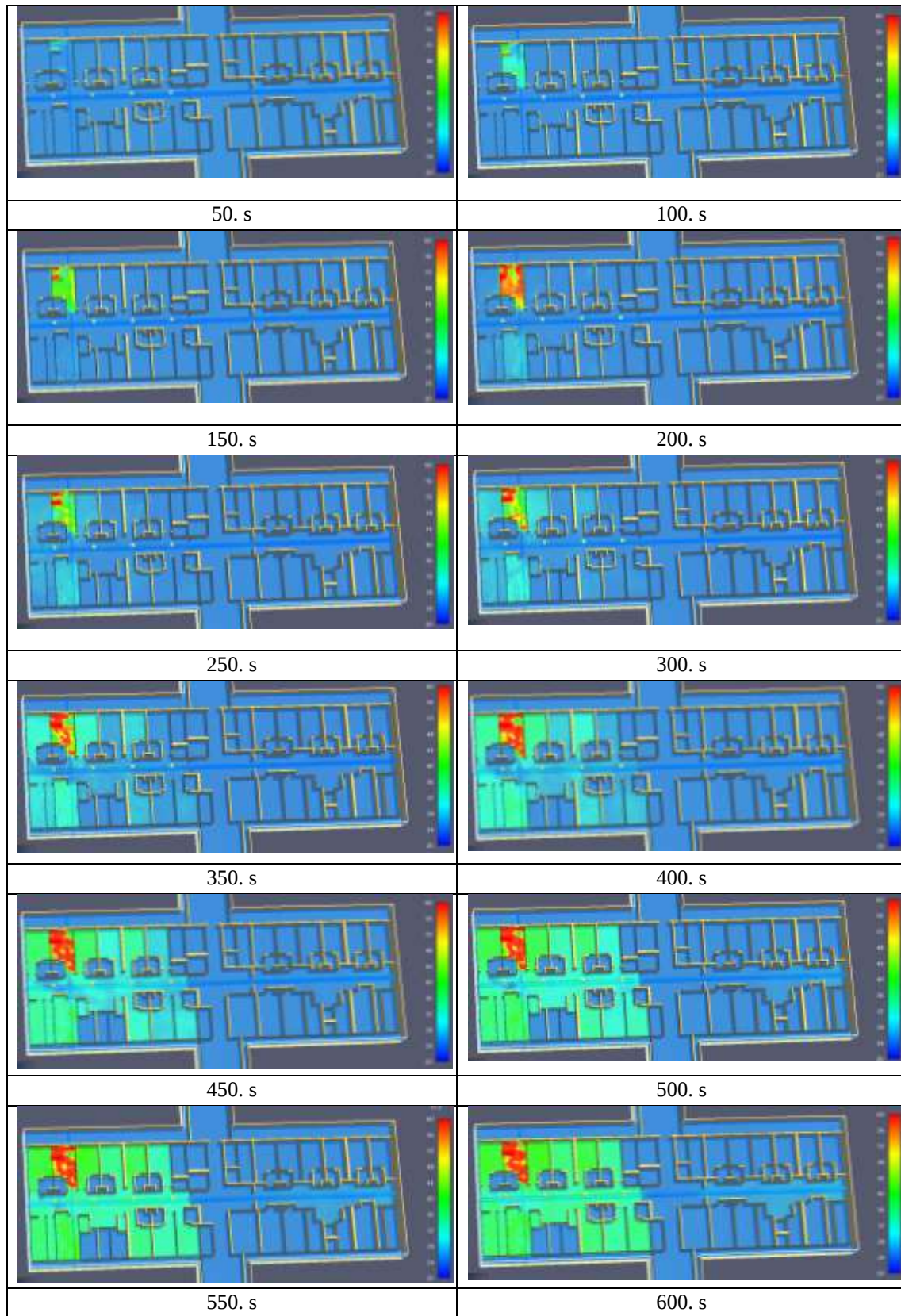
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.15. S₁MK₀MH₀D₃ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklığı

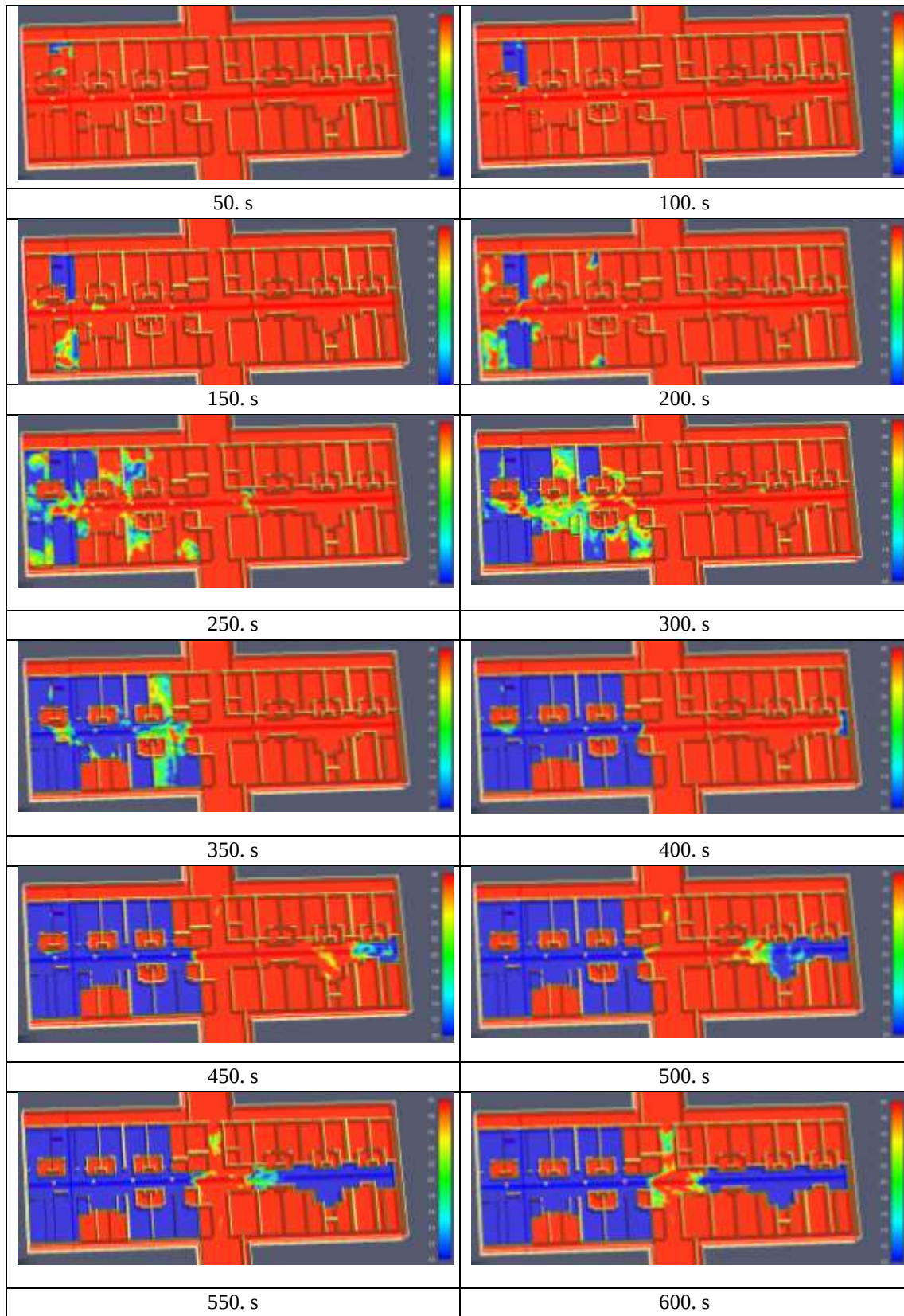
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.16. S₁MK₁MH₀D₀ kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

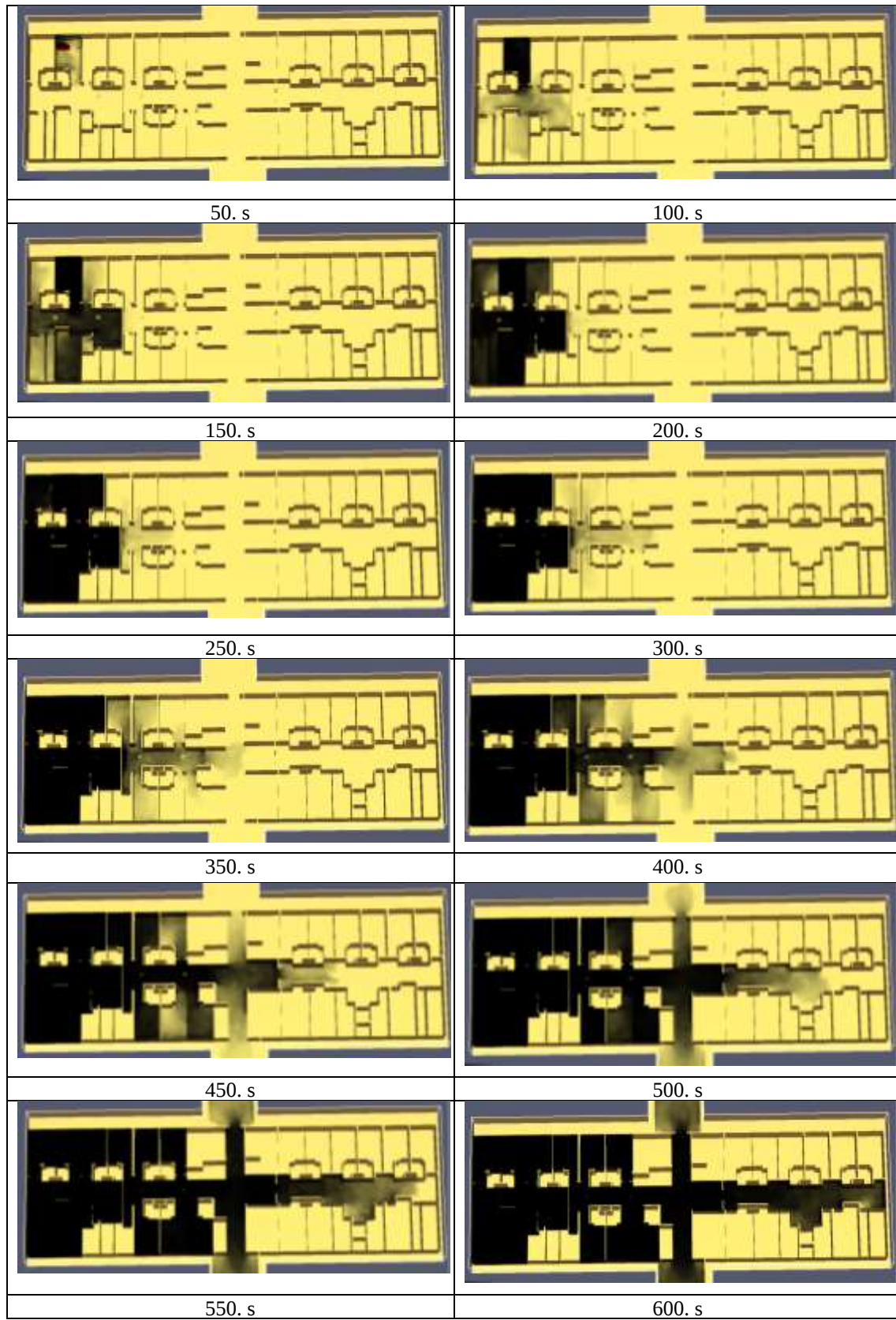
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.17. S₁MK₁MH₀D₀ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

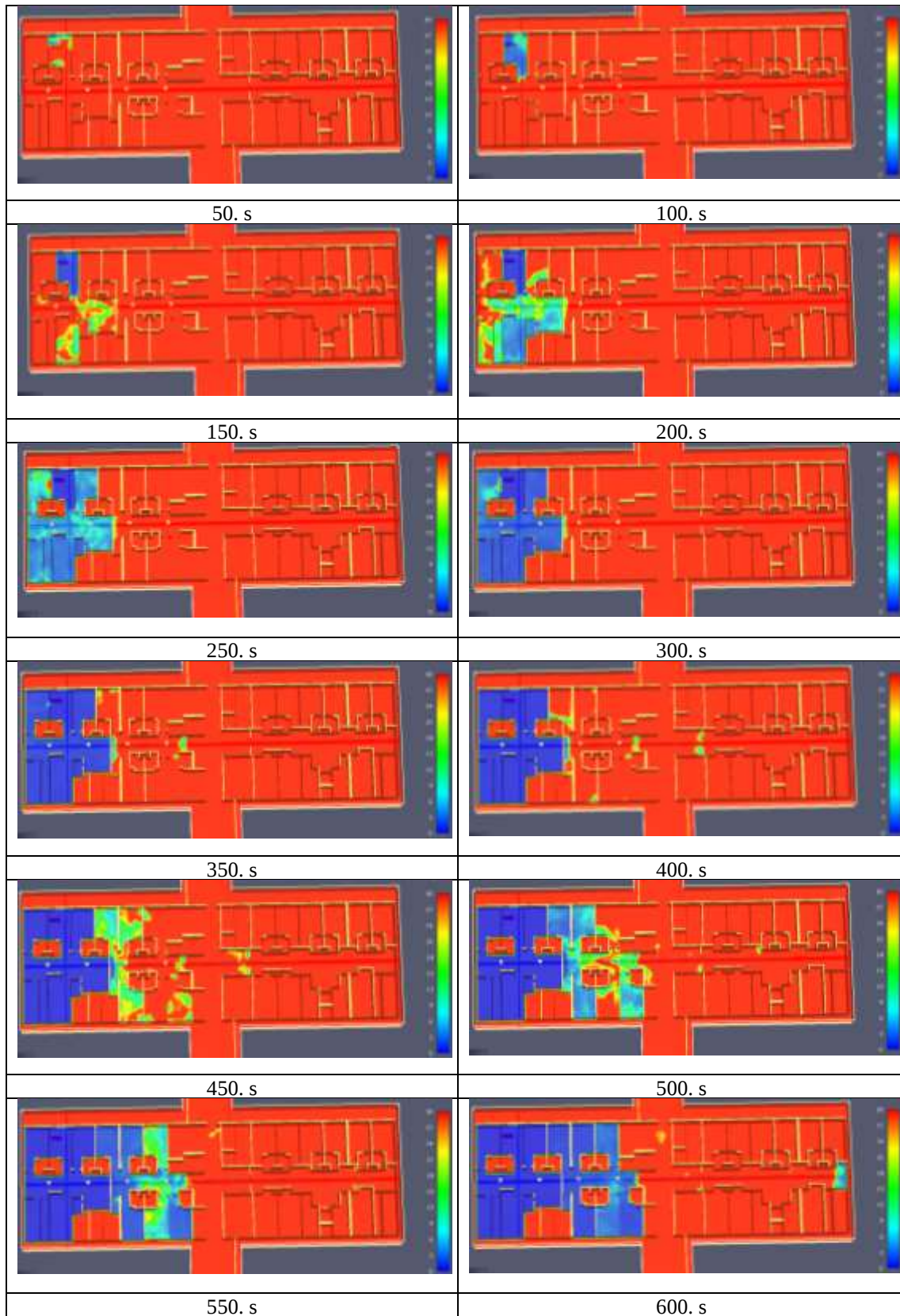
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.18. S₁MK₁MH₀D₀ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklığı

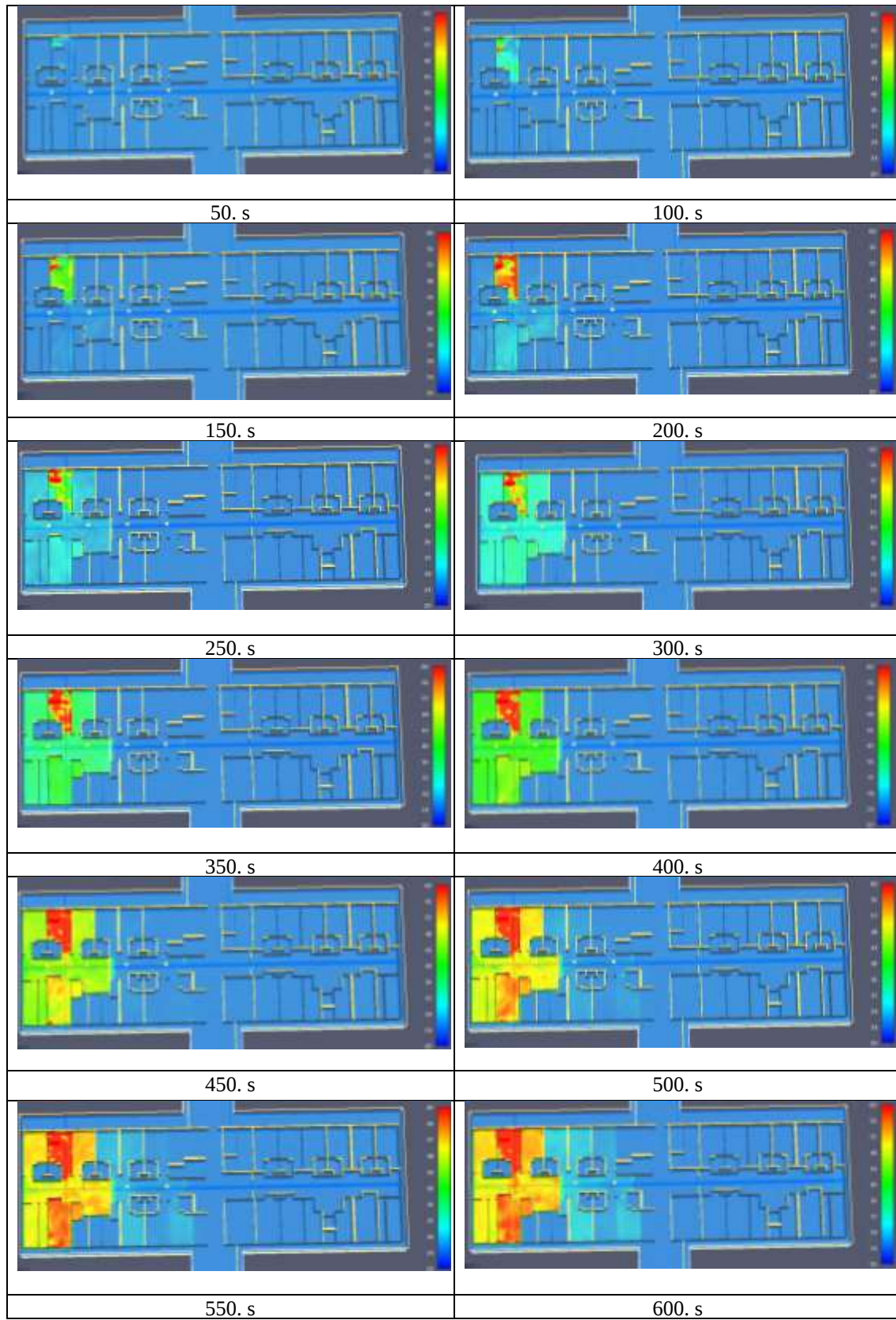
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.19. S₁MK₁MH₀D₁ kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

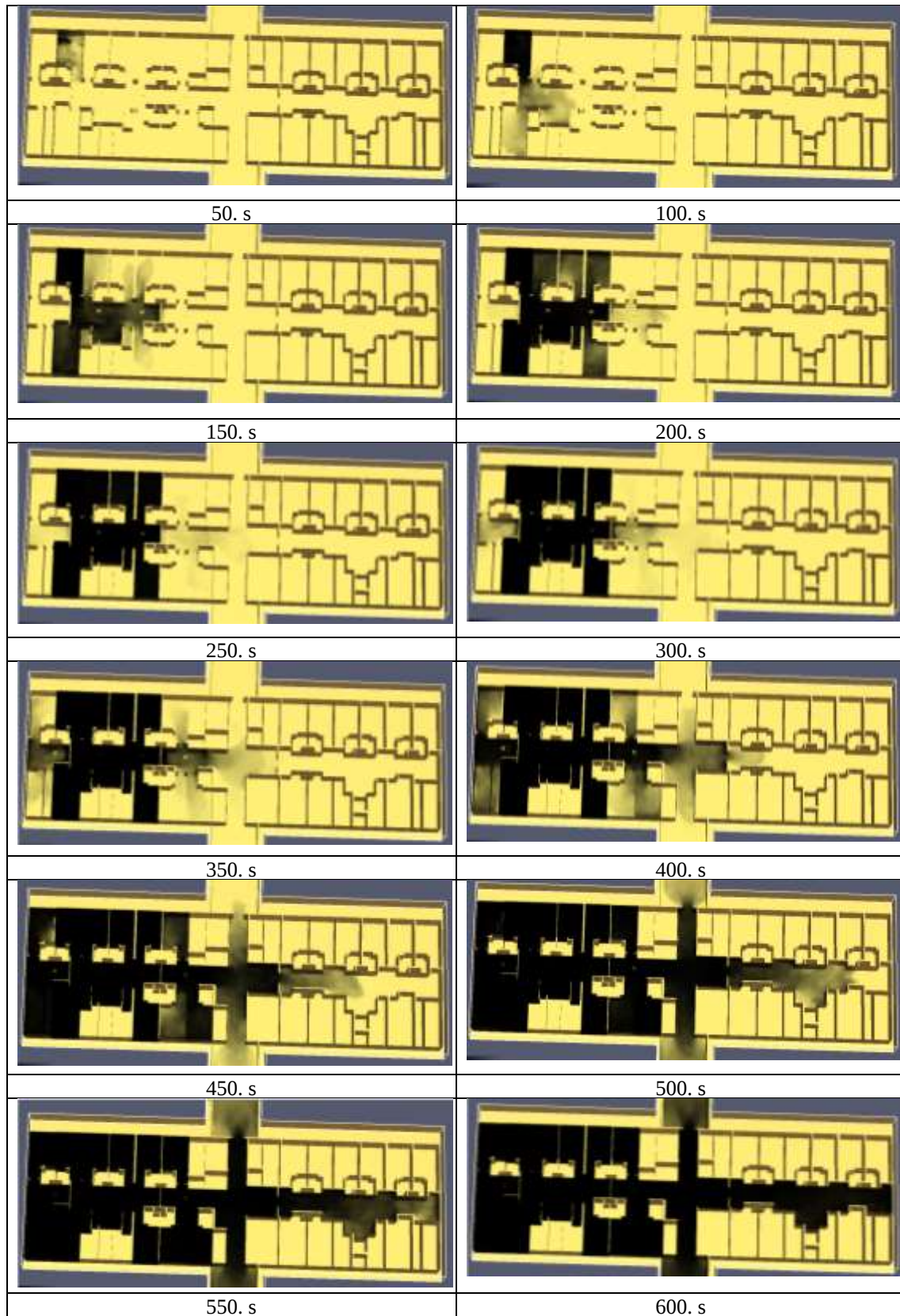
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.20 S₁MK₁MH₀D₁ kodlu senaryonun zaman göre görüş mesafesi değişimi

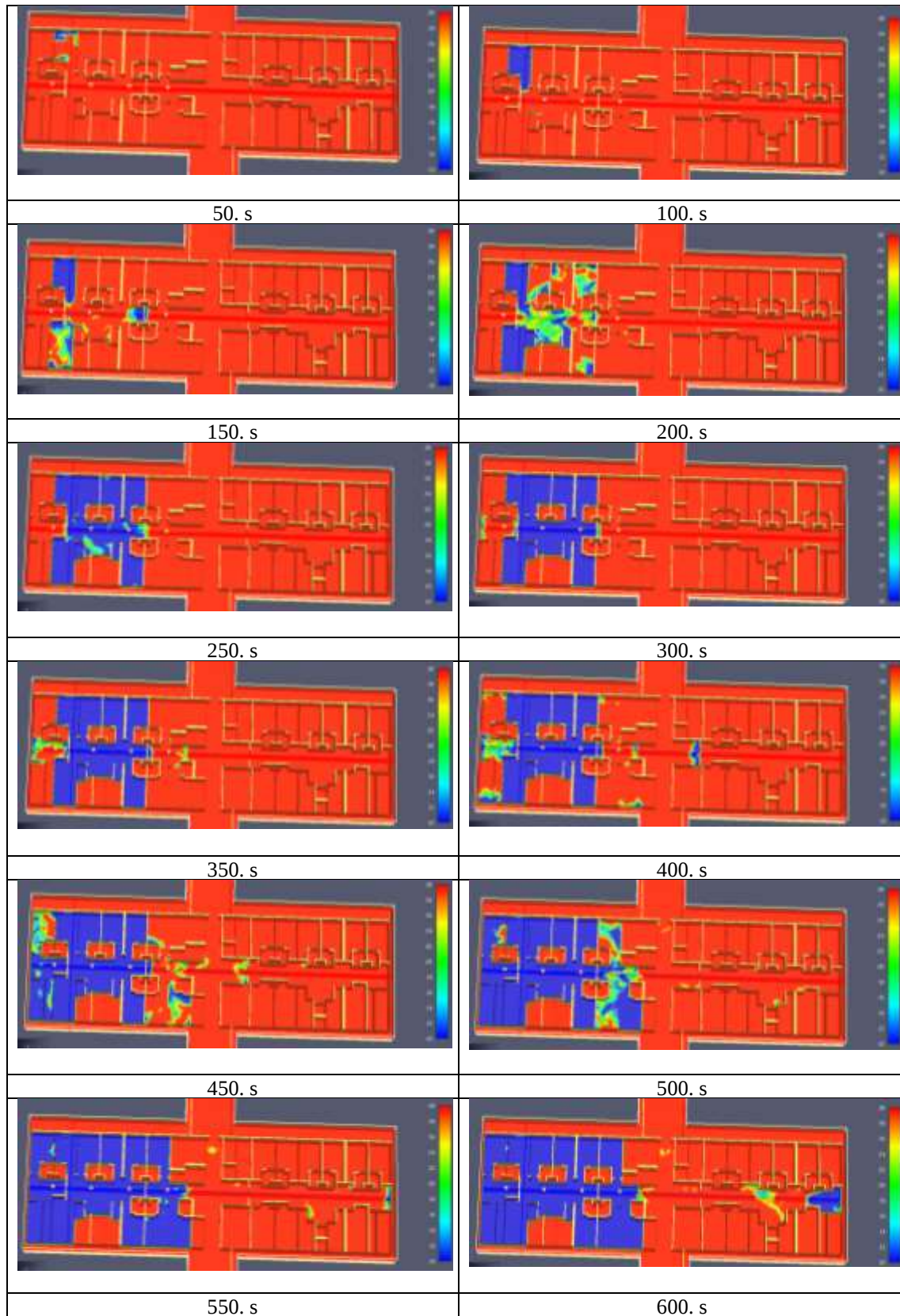
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.21. S₁MK₁MH₀D₁ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklık değişimi

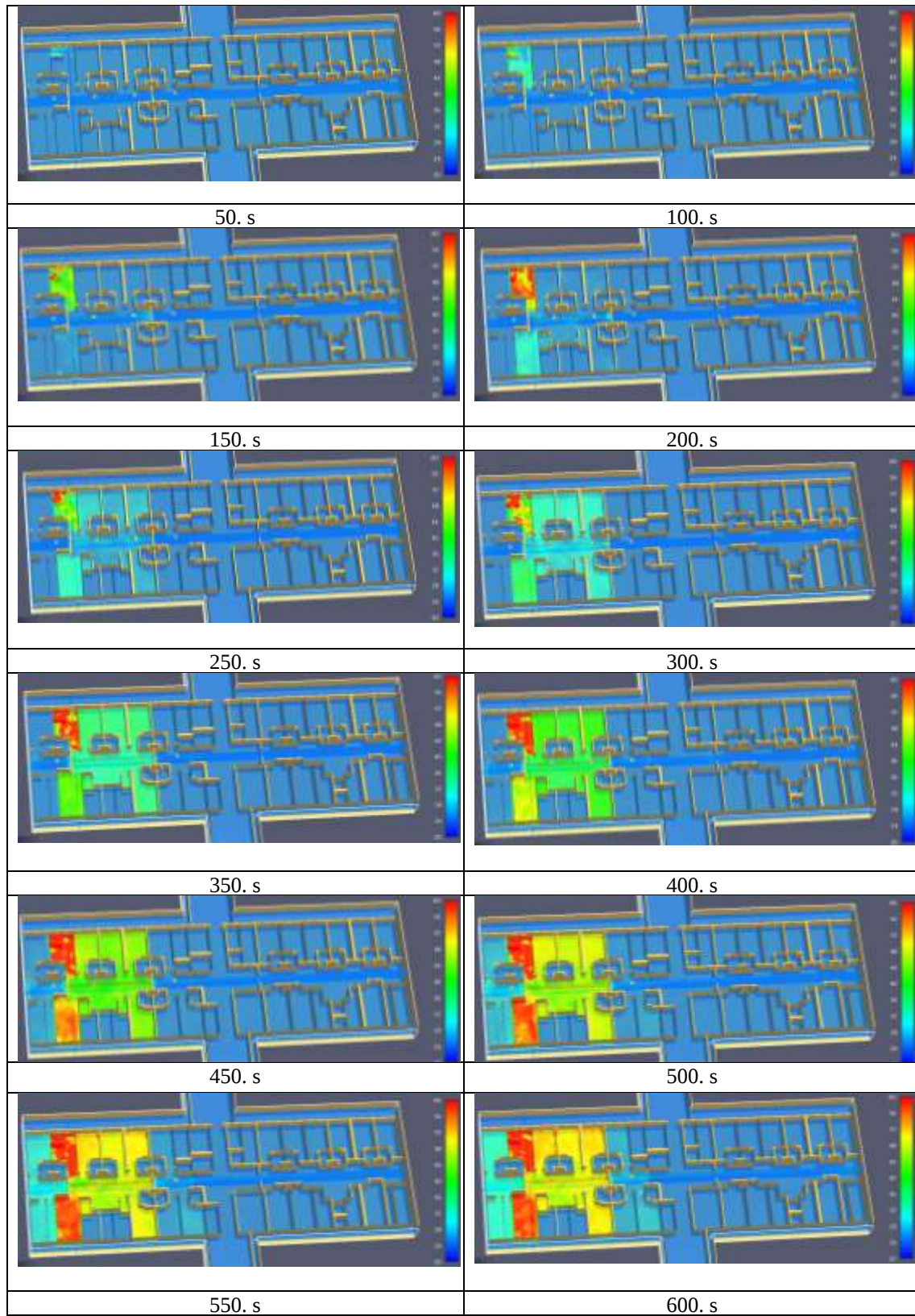
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.22. S₁MK₁MH₀D₂ kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

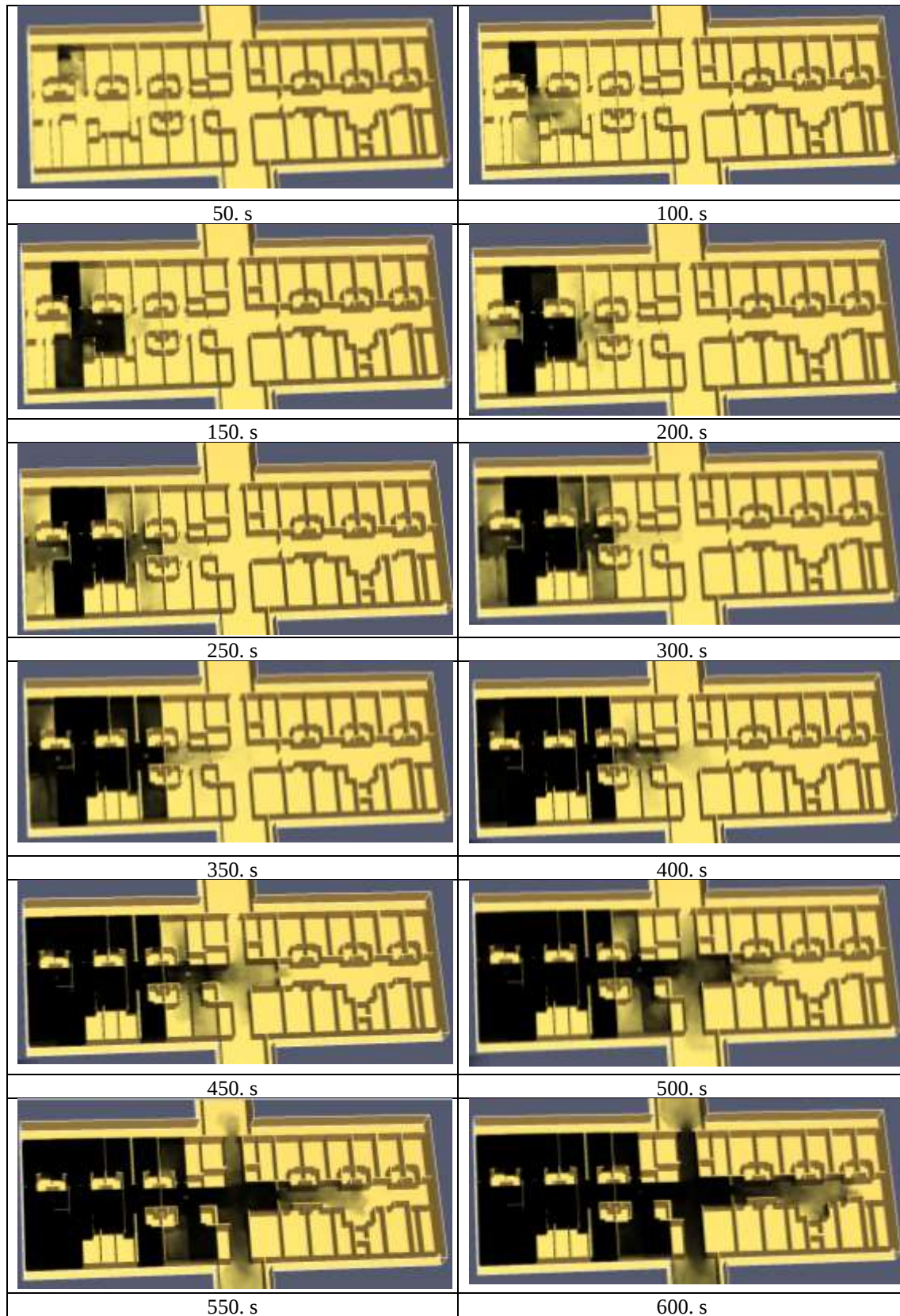
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.23. S₁MK₁MH₀D₂ kodlu senaryonun zaman göre görüş mesafesi

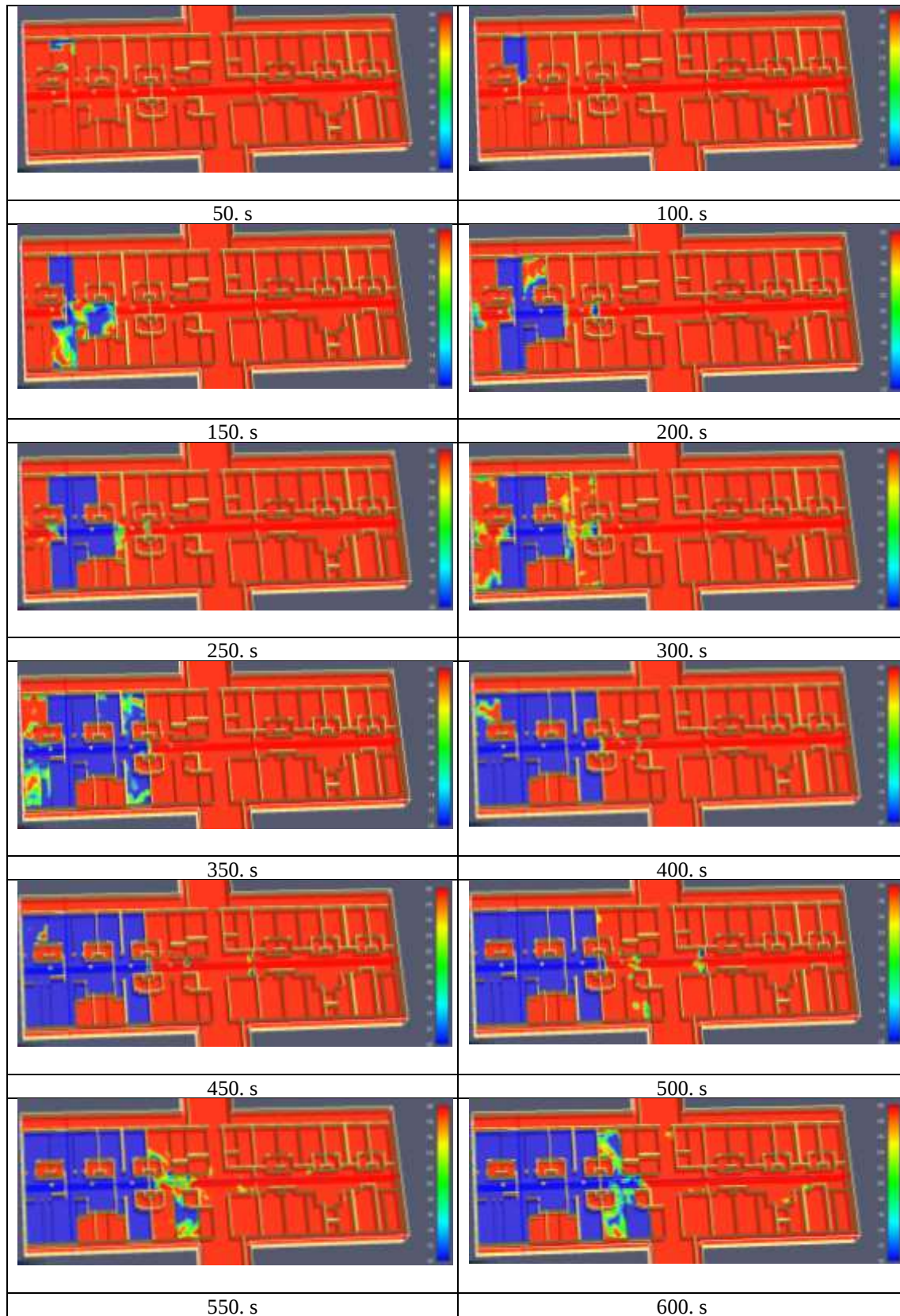
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.24. S₁MK₁MH₀D₂ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklık değişimi

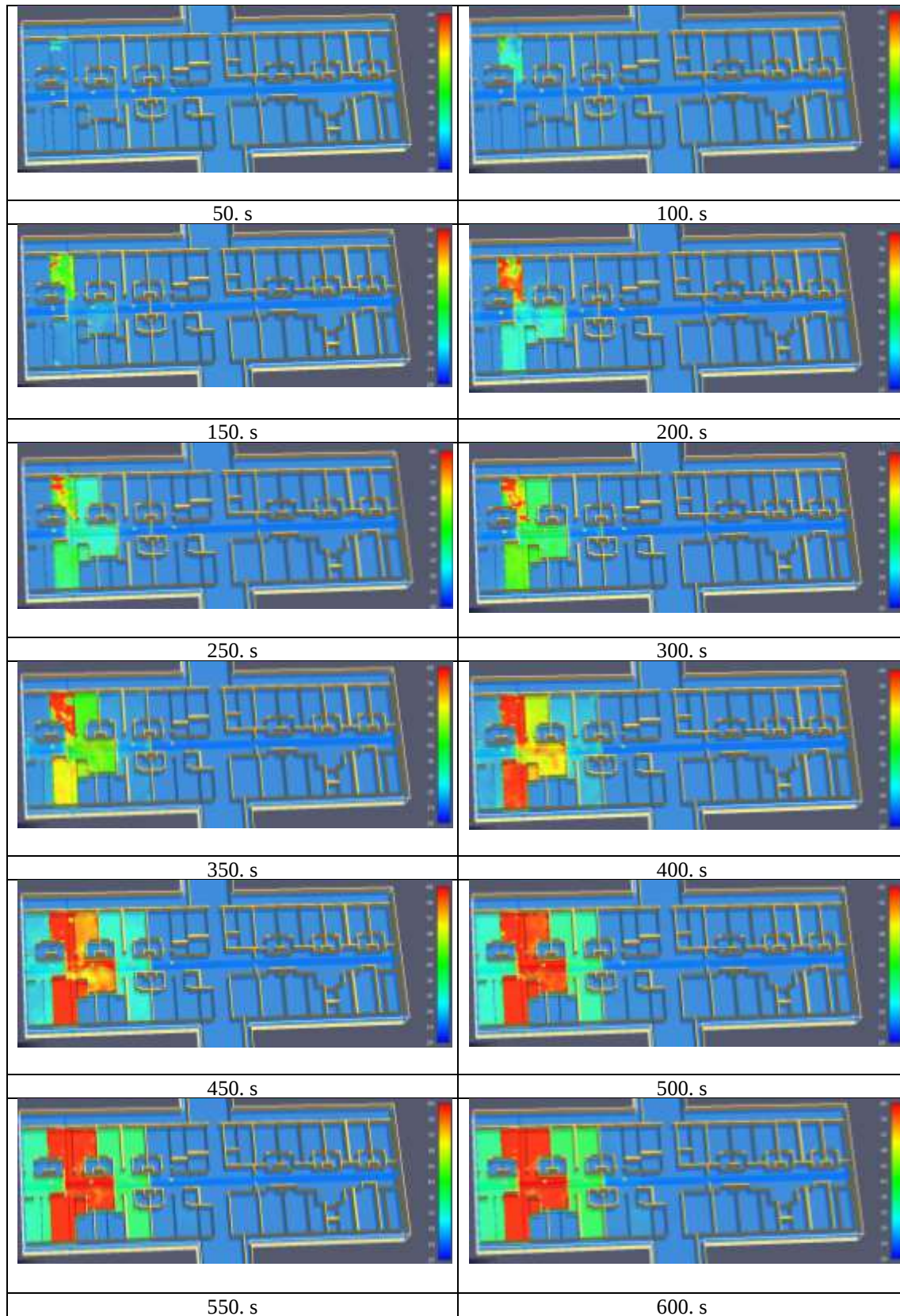
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.25. S₁MK₁MH₀D₃ kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

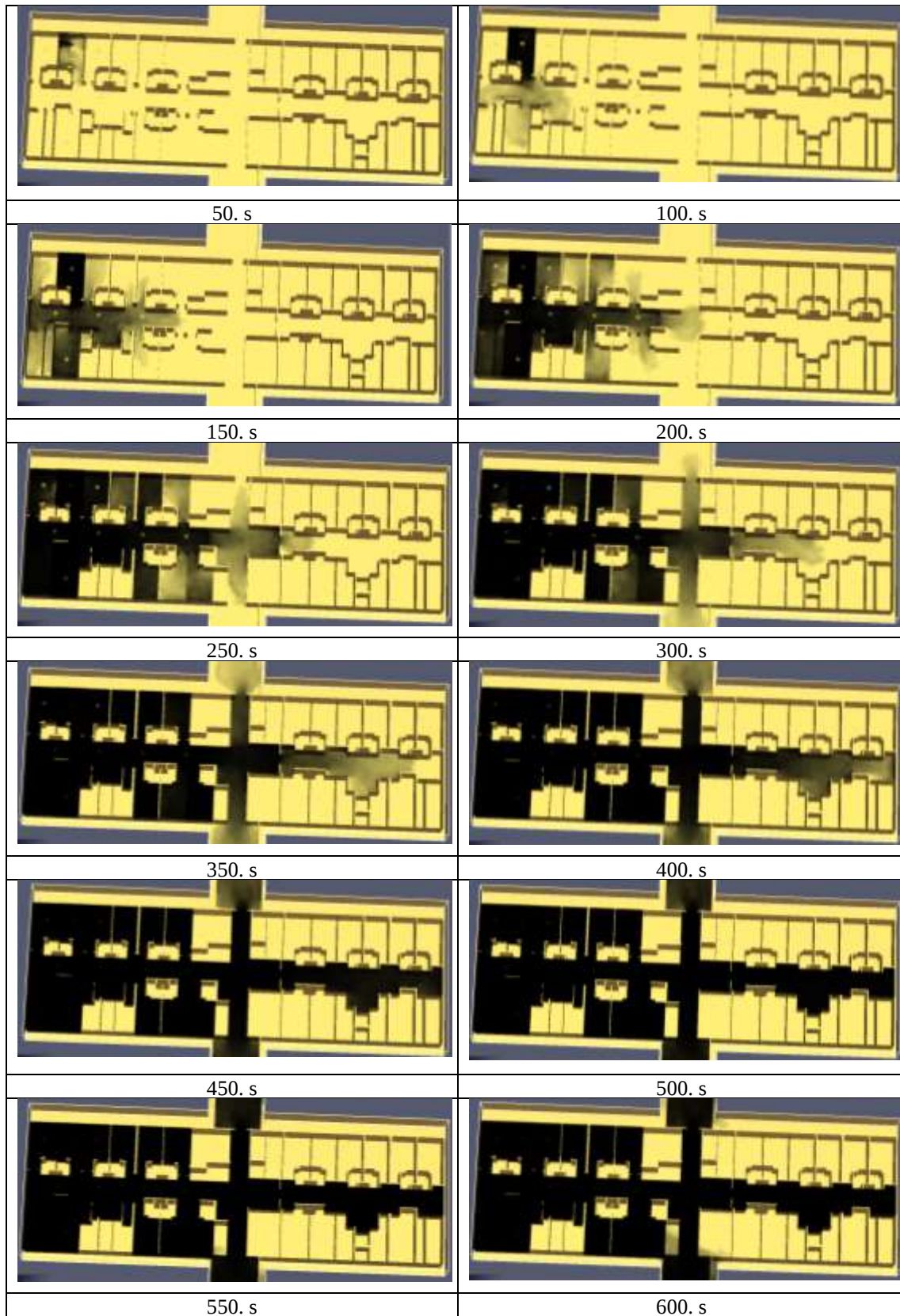
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.26. S₁MK₁MH₀D₃ kodlu senaryonun zaman göre görüş mesafesi

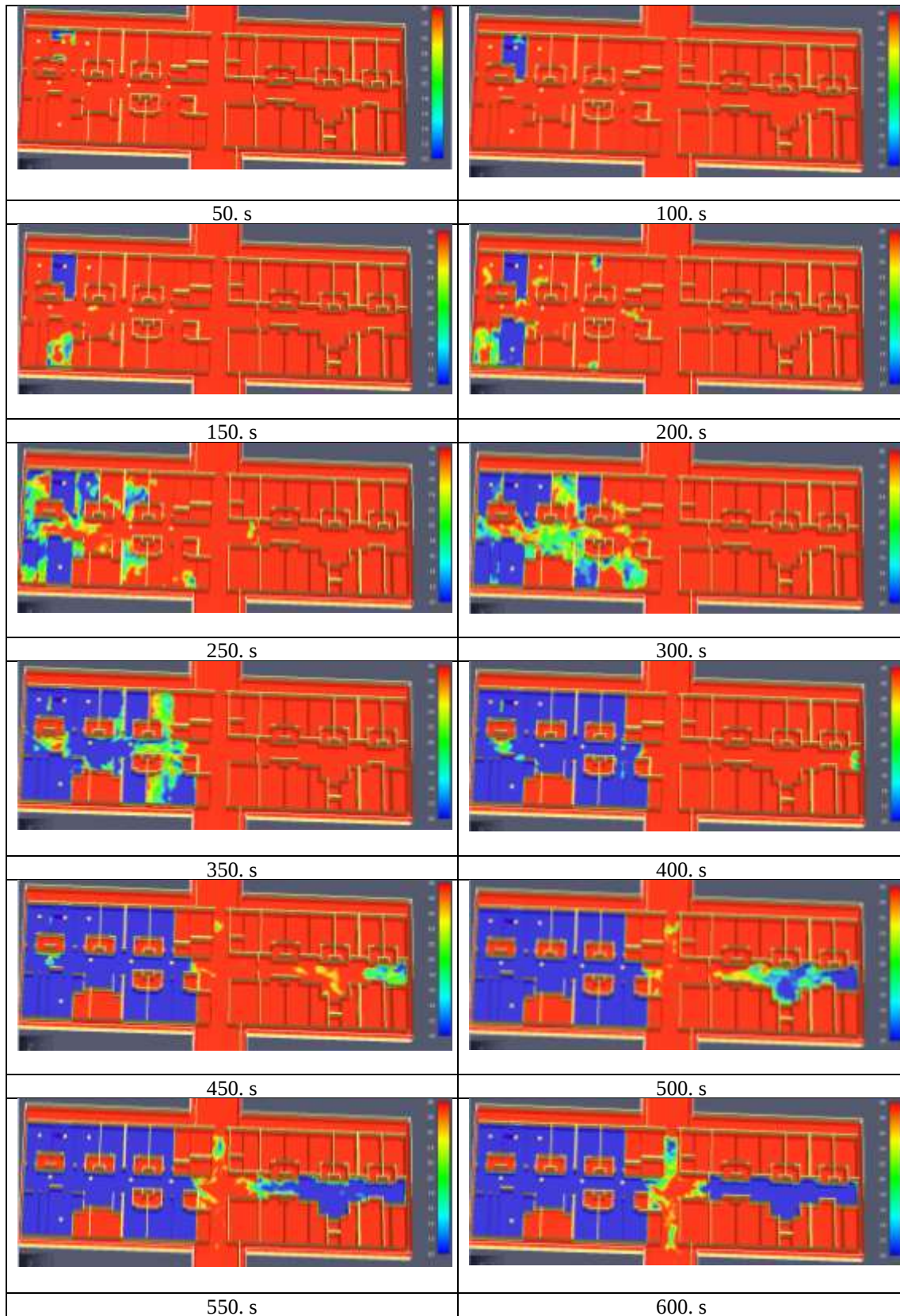
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.27. S₁MK₁MH₀D₃ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklığı

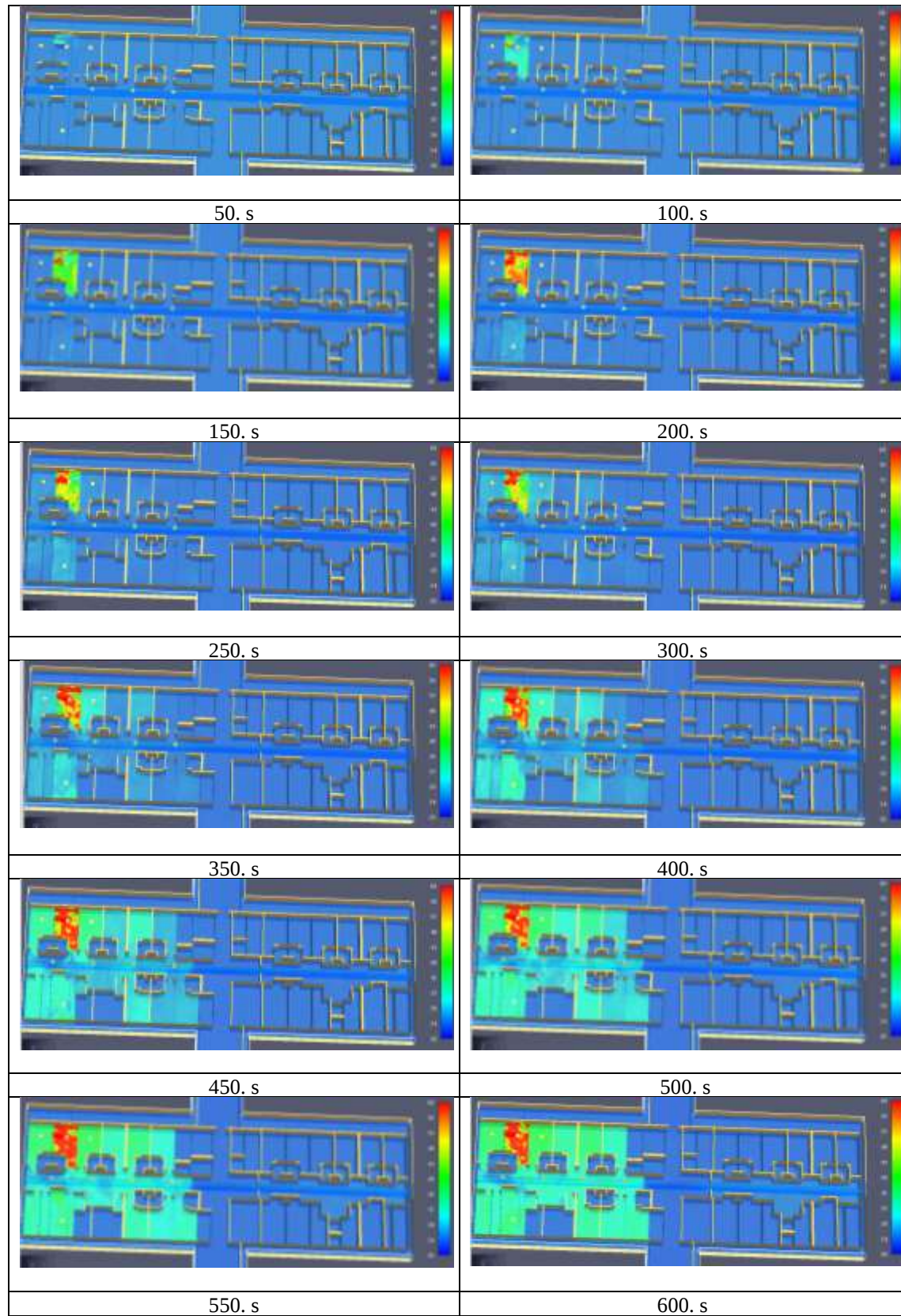
EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.28. S₁MH₁MK₁D₀ kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

EK-2. (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

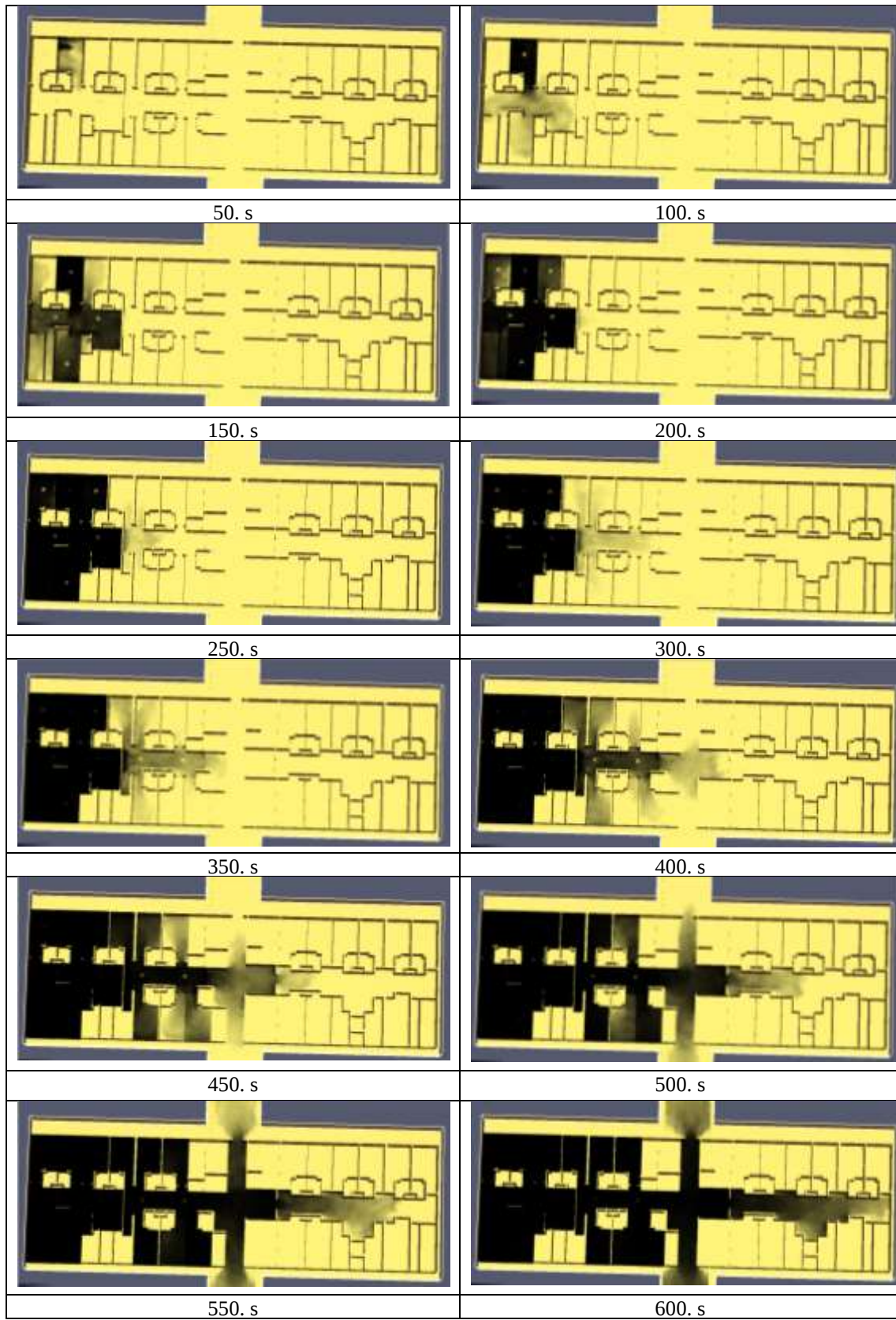
Şekil 2.29. S₁MH₁MK₁D₀ kodlu senaryonun zaman göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



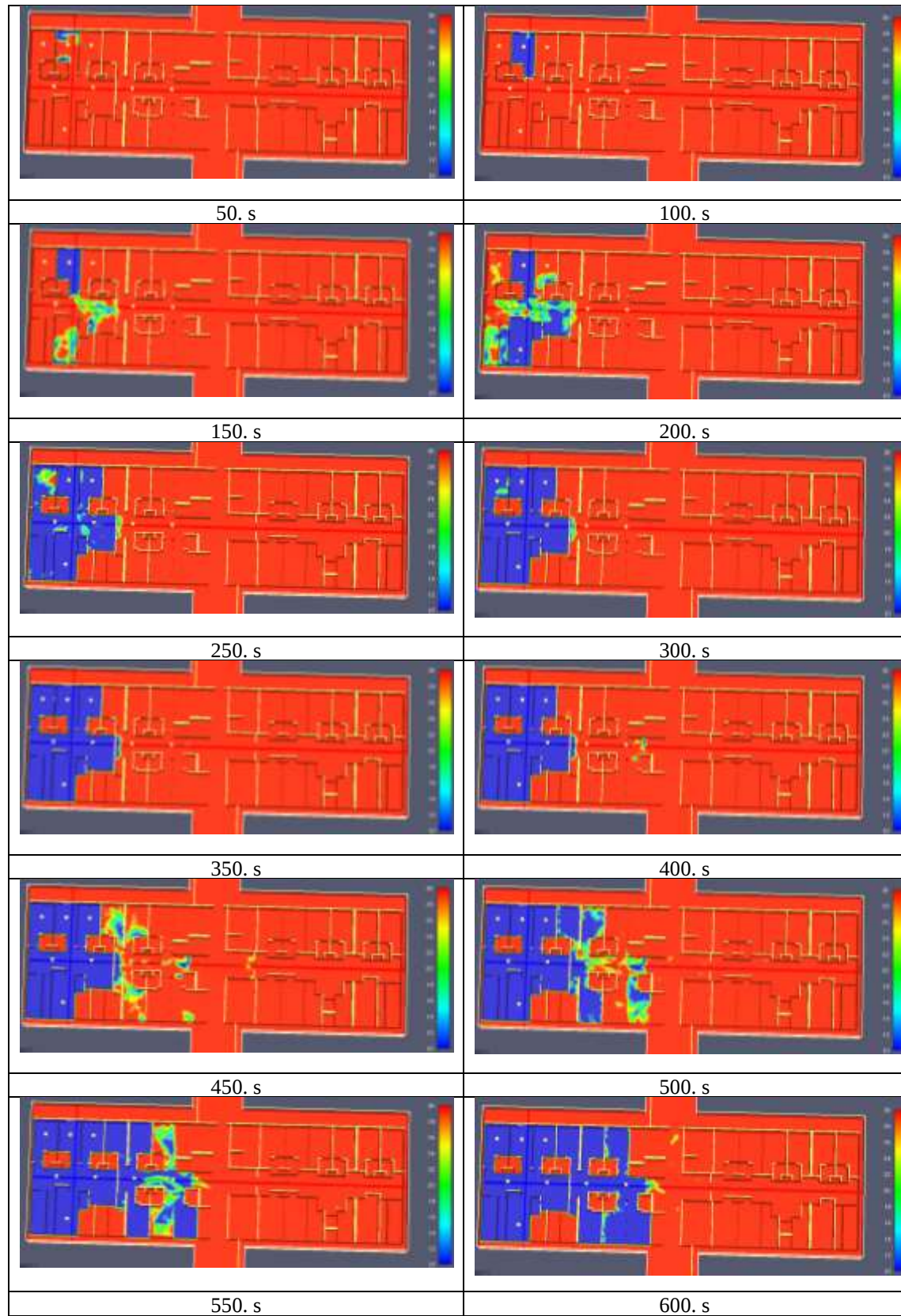
Şekil 2.30. S₁MH₁MK₁D₀ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklık değişimi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



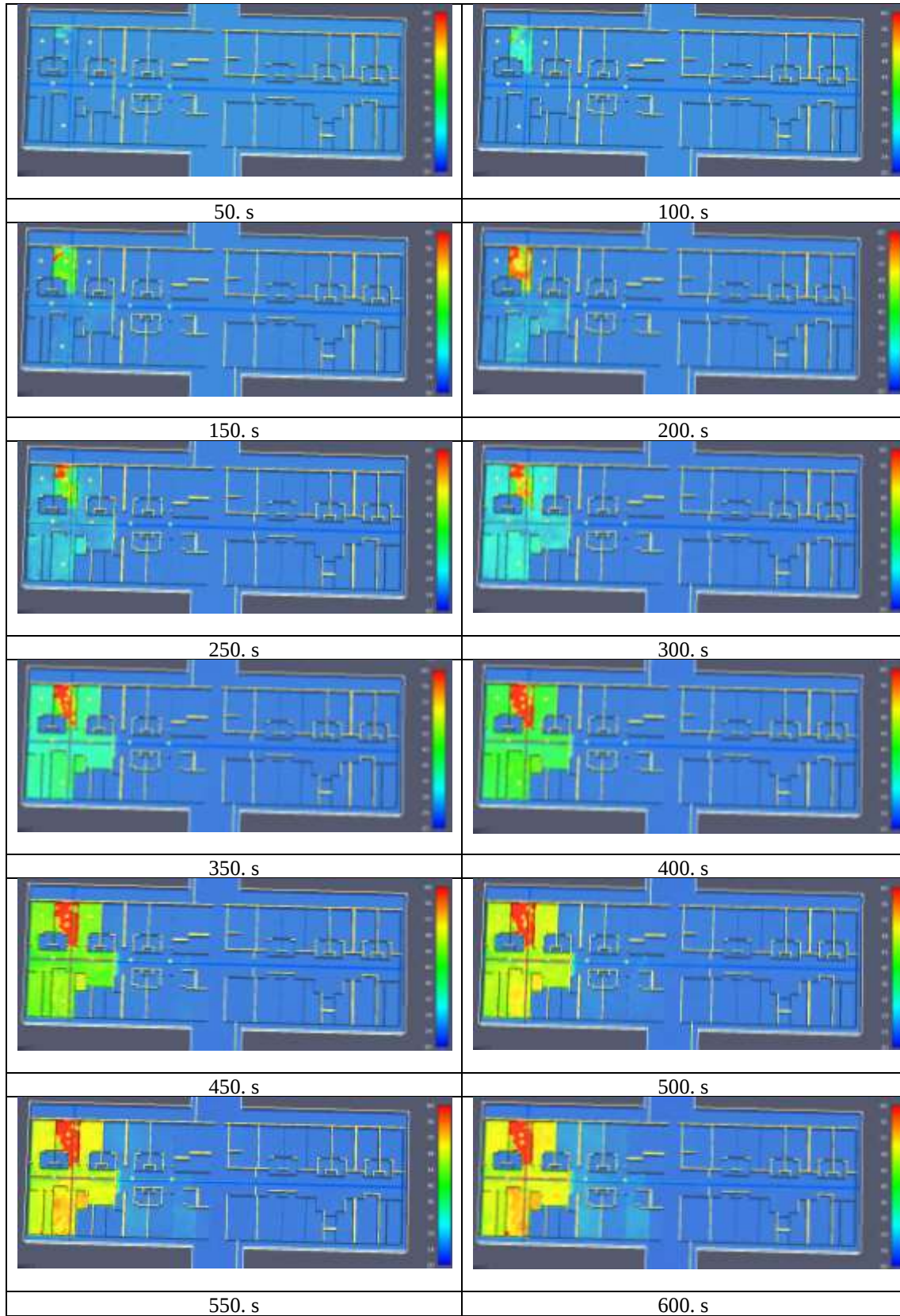
Şekil 2.31. S1MK1MH1D1 kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



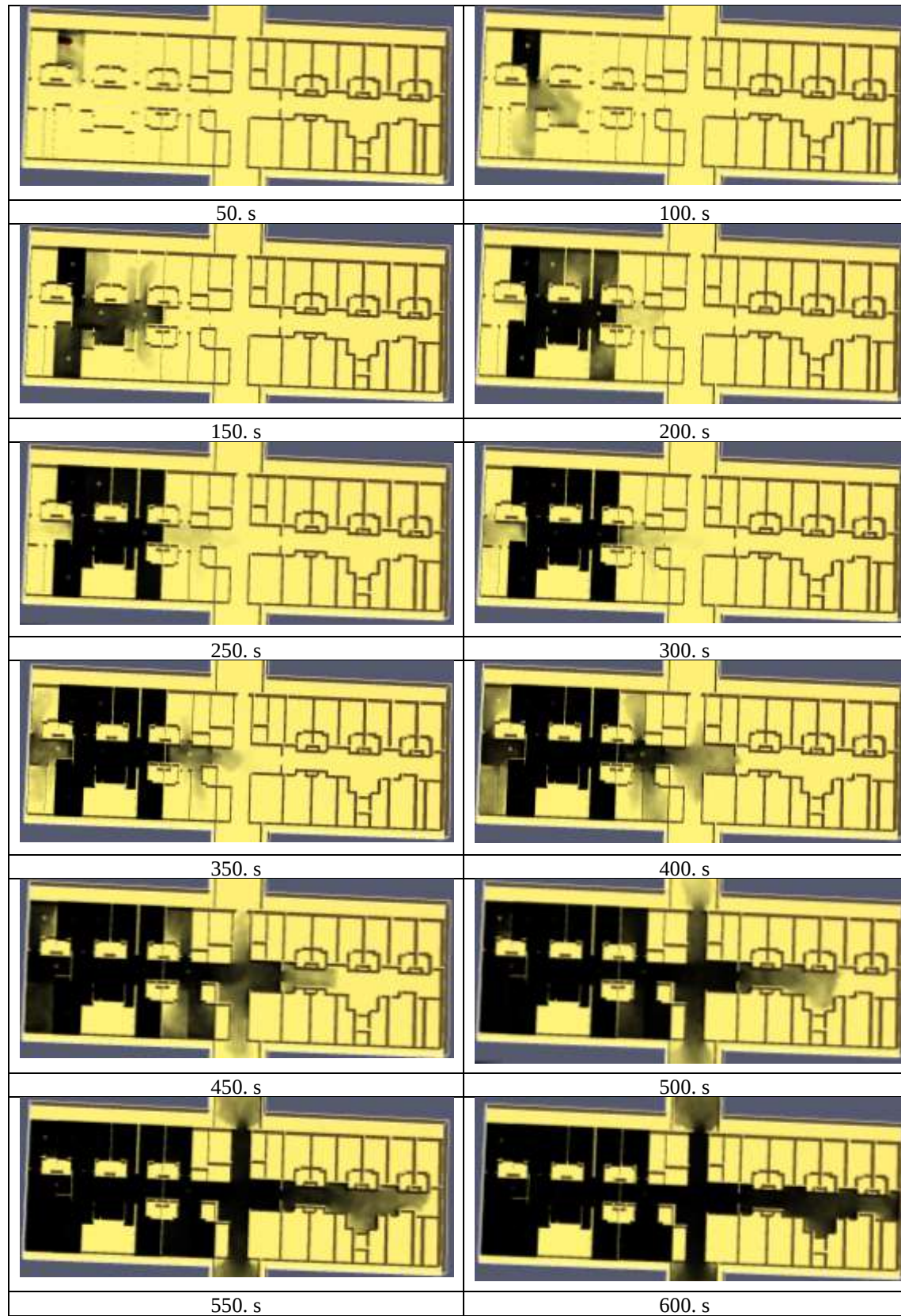
Şekil 2.32. S₁MK₁MH₁D₁ kodlu senaryonun zaman göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

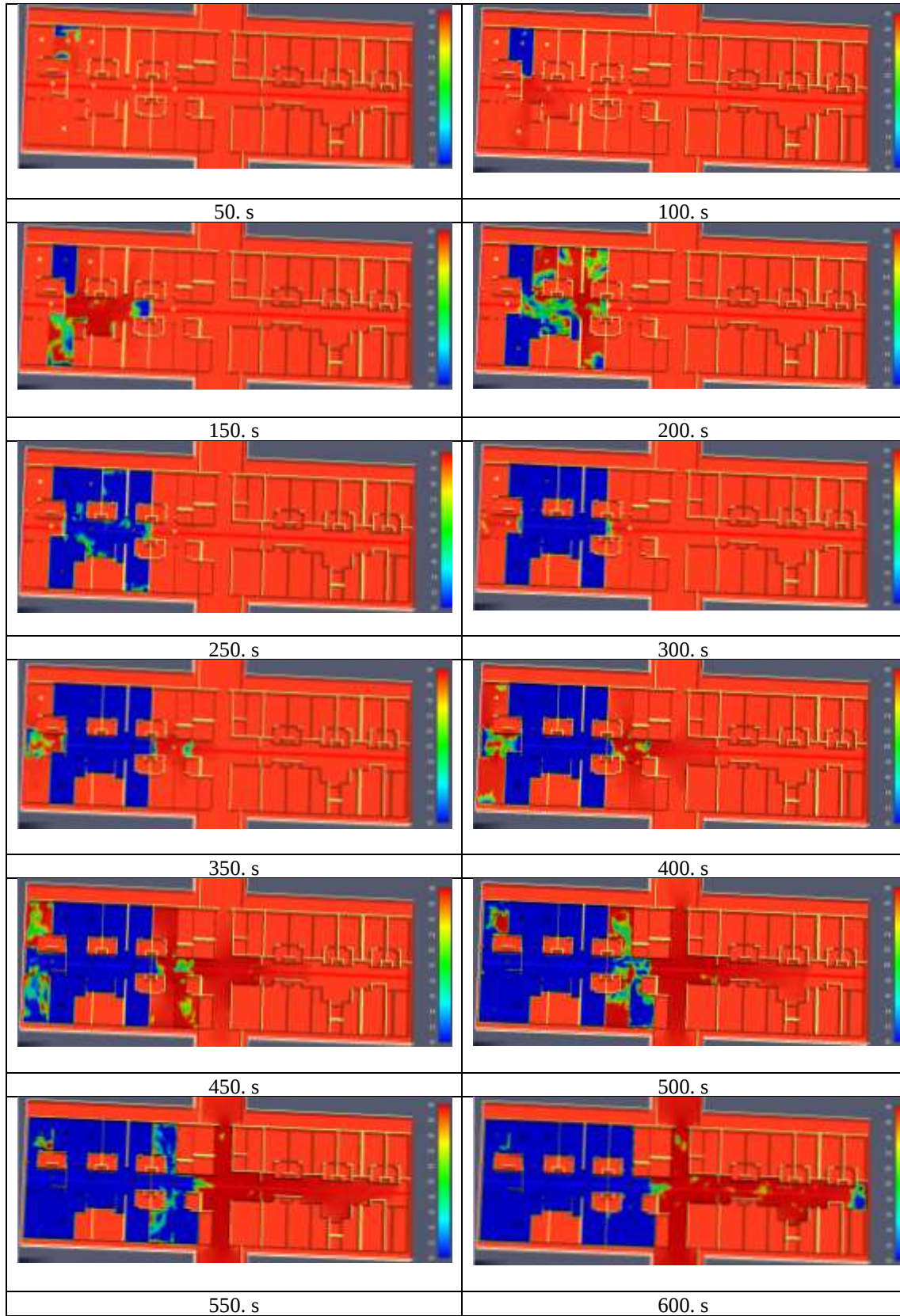


Şekil 2.33. S₁MK₁MH₁D₁ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklık değişimi

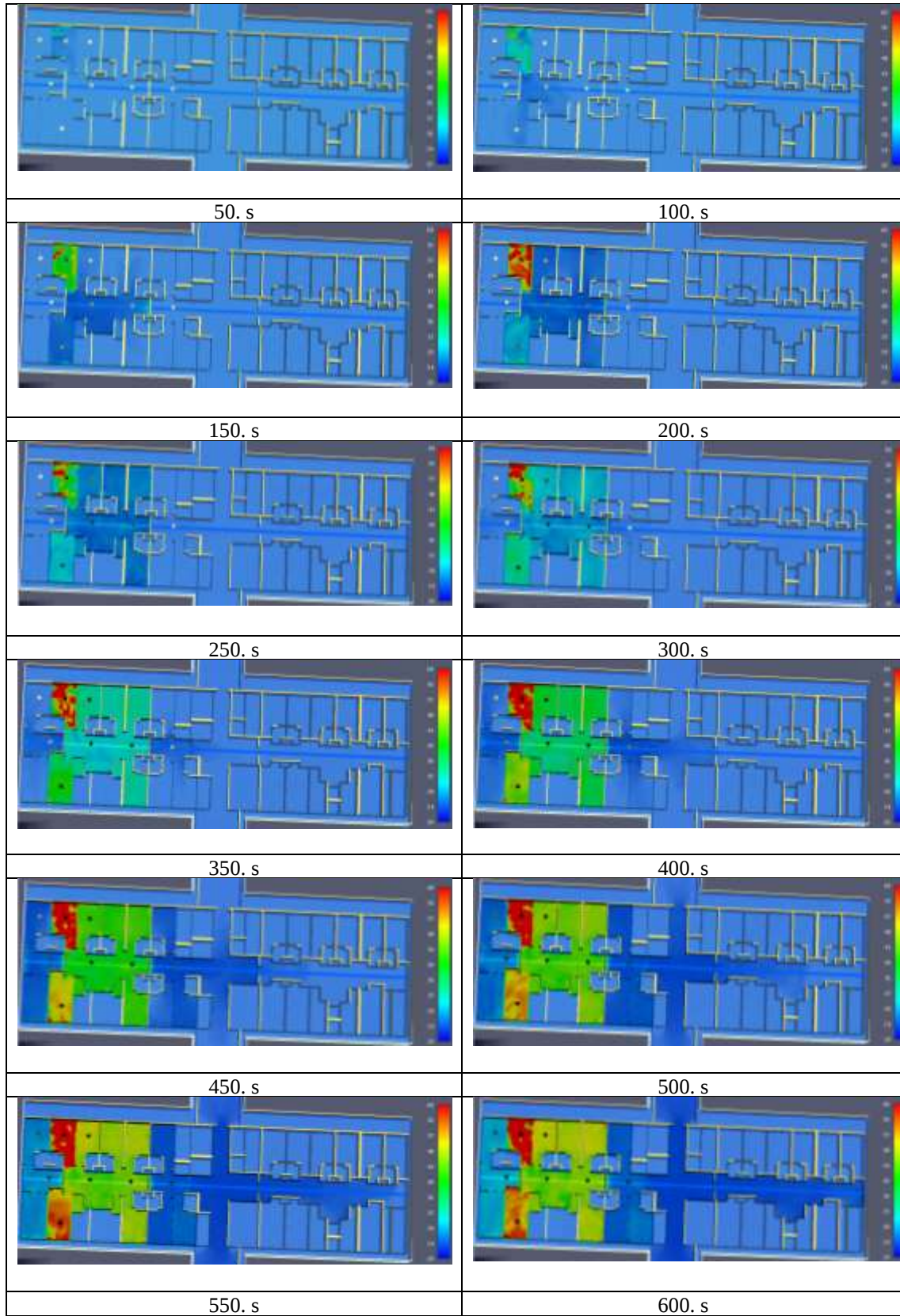
EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.34. S₁MK₁MH₁D₂ kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

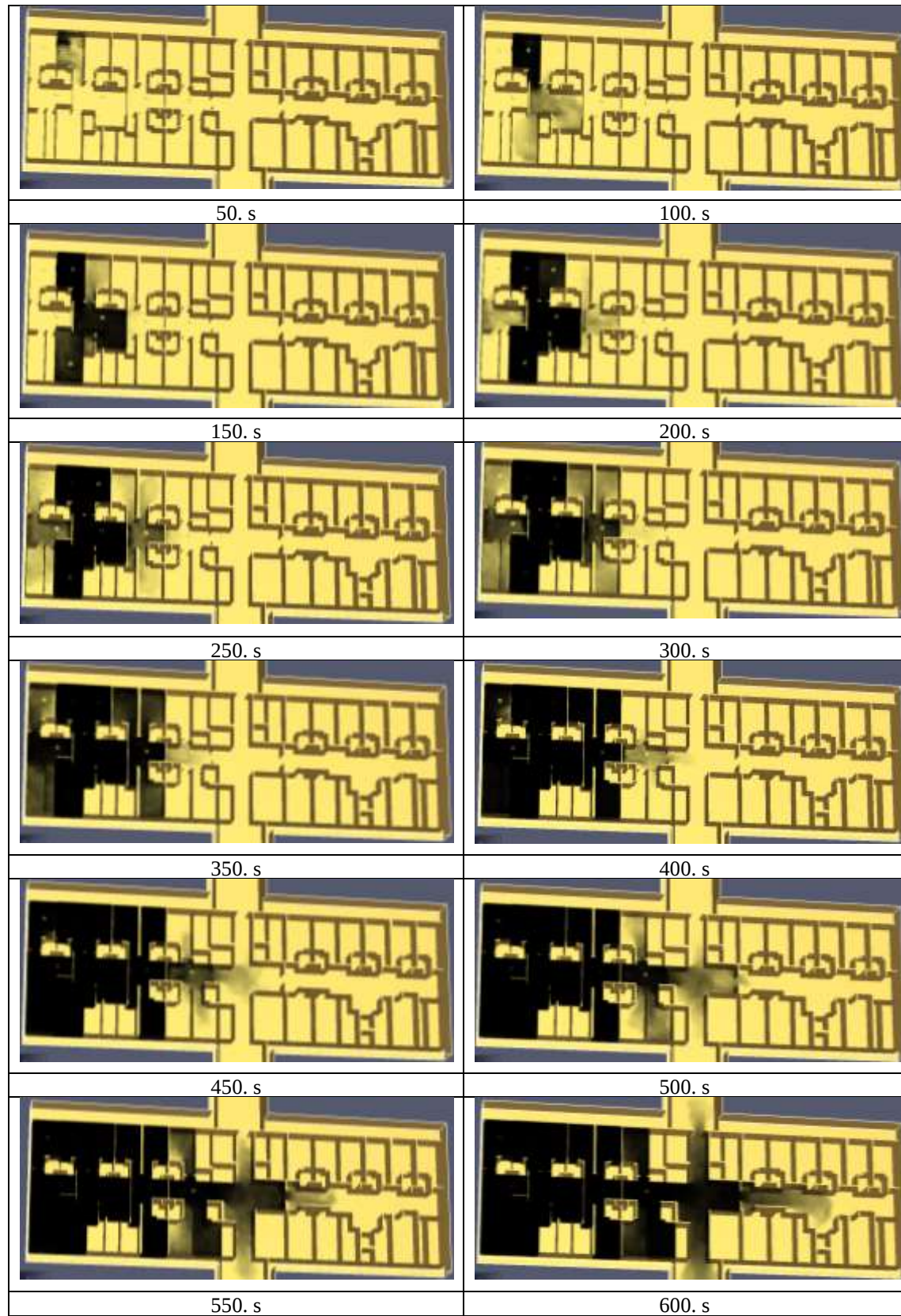
Şekil 2.35. S₁MK₁MH₁D₂ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

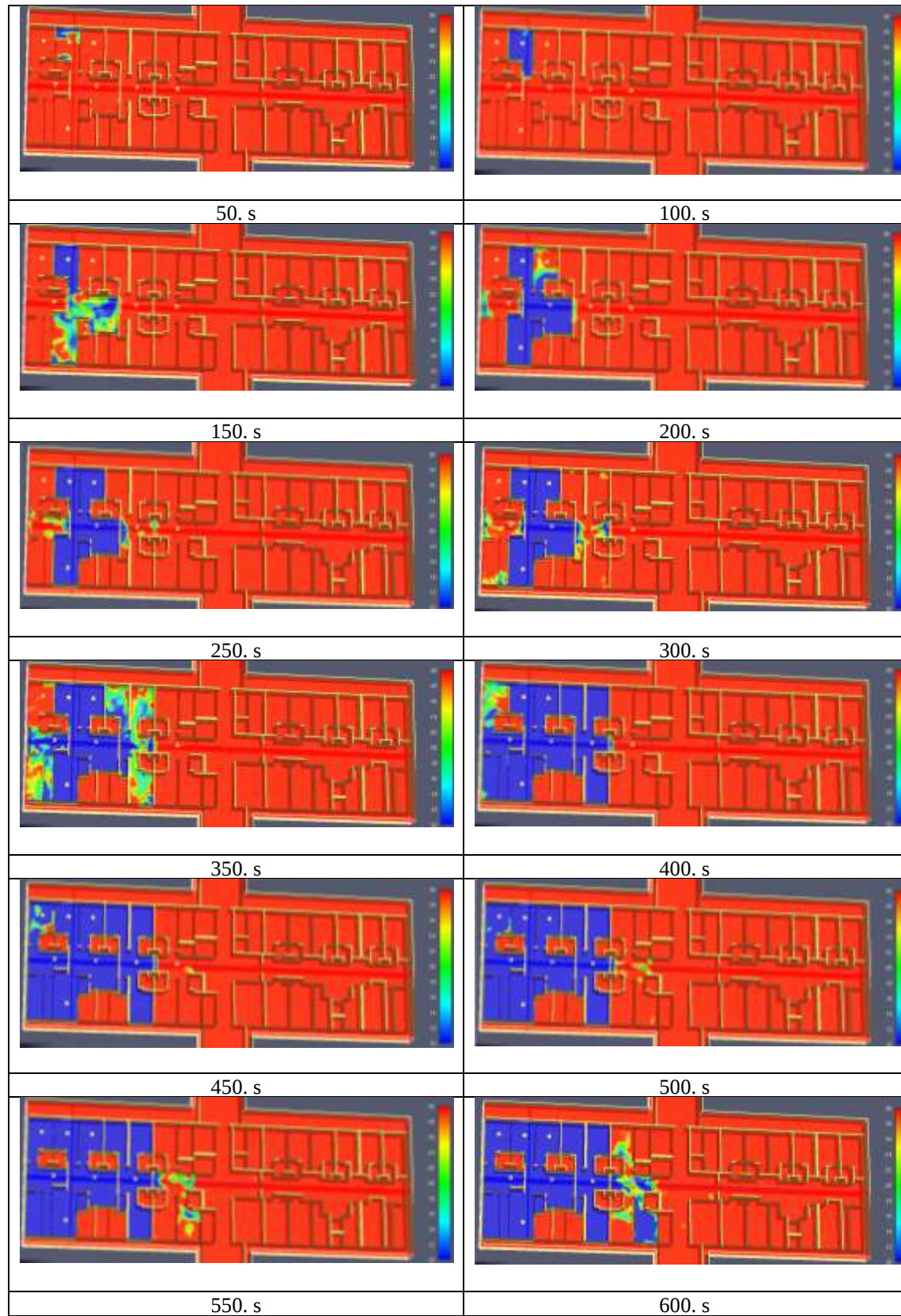


Şekil 2.36. S₁MK₁MH₁D₂ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklık değişimi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

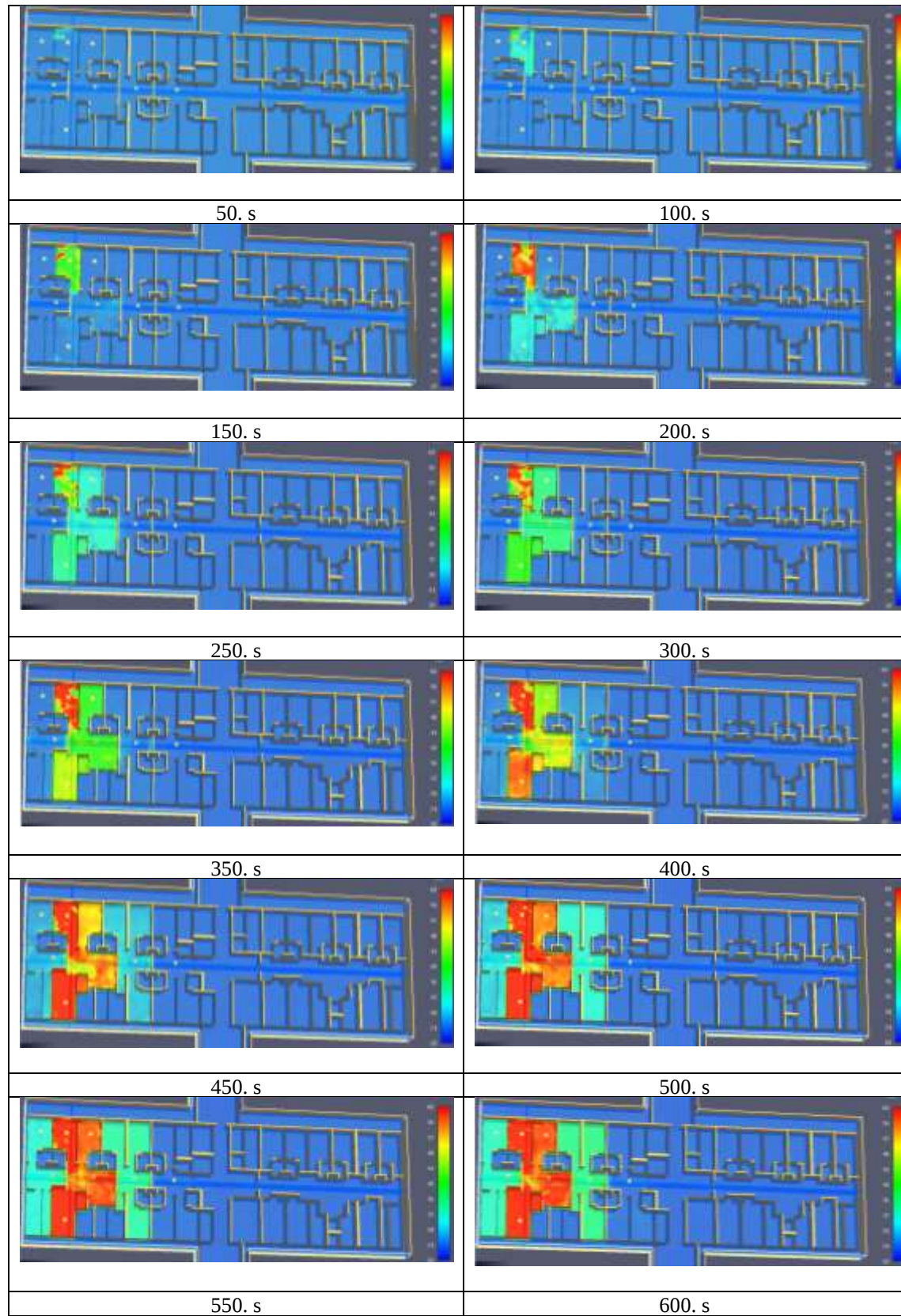
Şekil 2.37. S₁MK₁MH₁D₃ kodlu senaryonun zamana göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



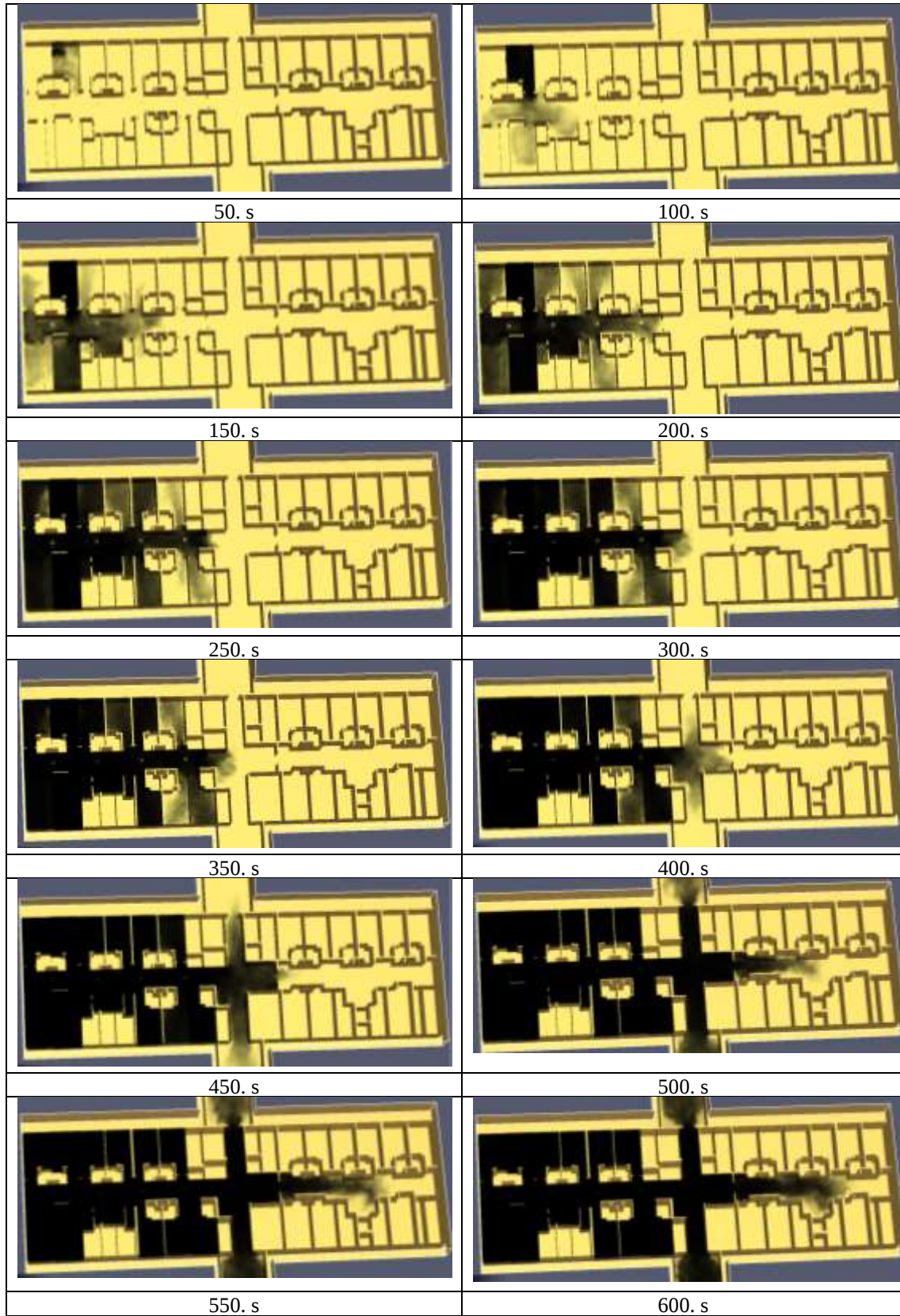
Şekil 2.38. S₁MK₁MH₁D₃ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

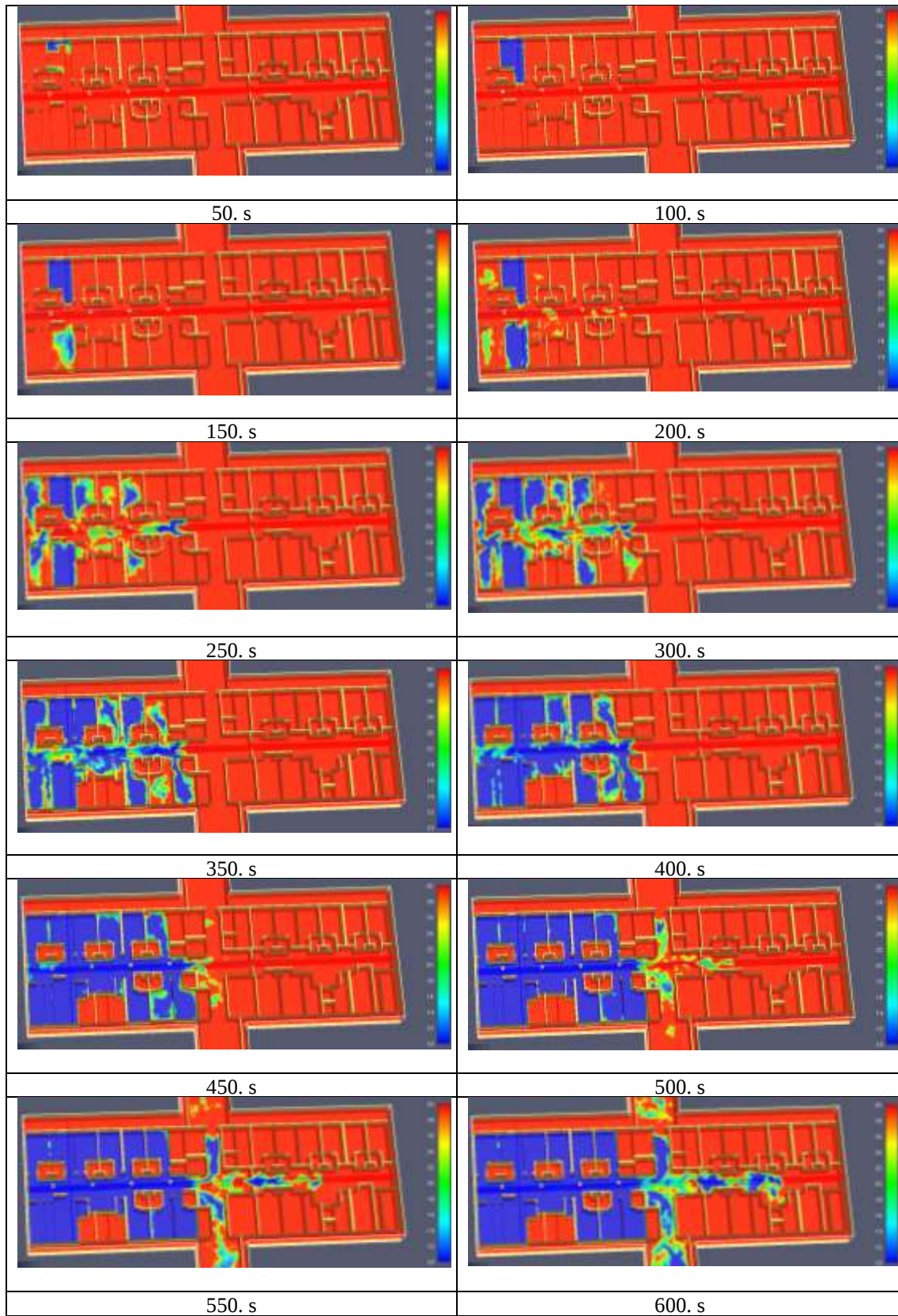


Şekil 2.39. S₁MK₁MH₁D₃ kodlu senaryonun zamana göre sıcaklık değişimi

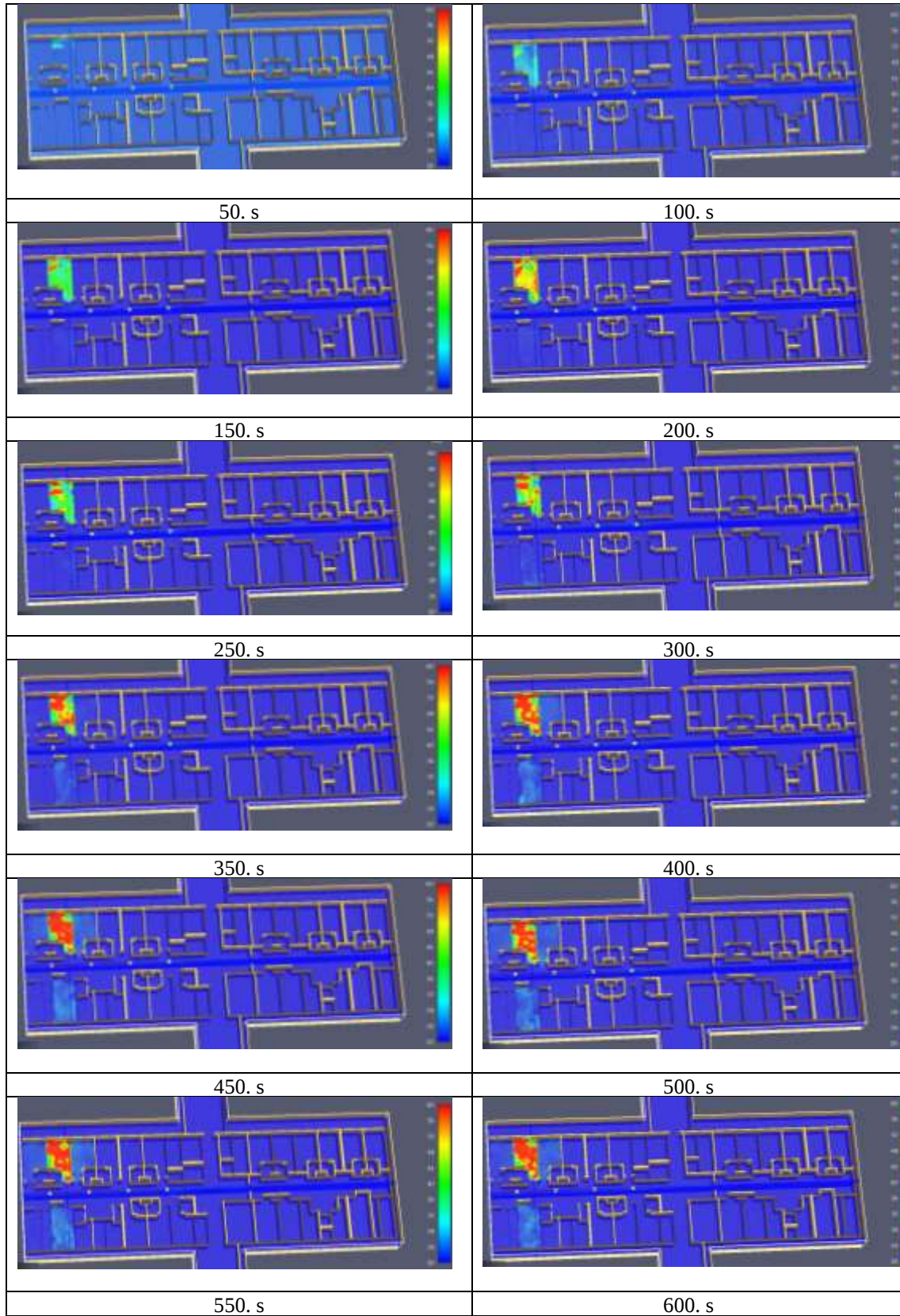
EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.40 S₁MK₂MH₀D₀ kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

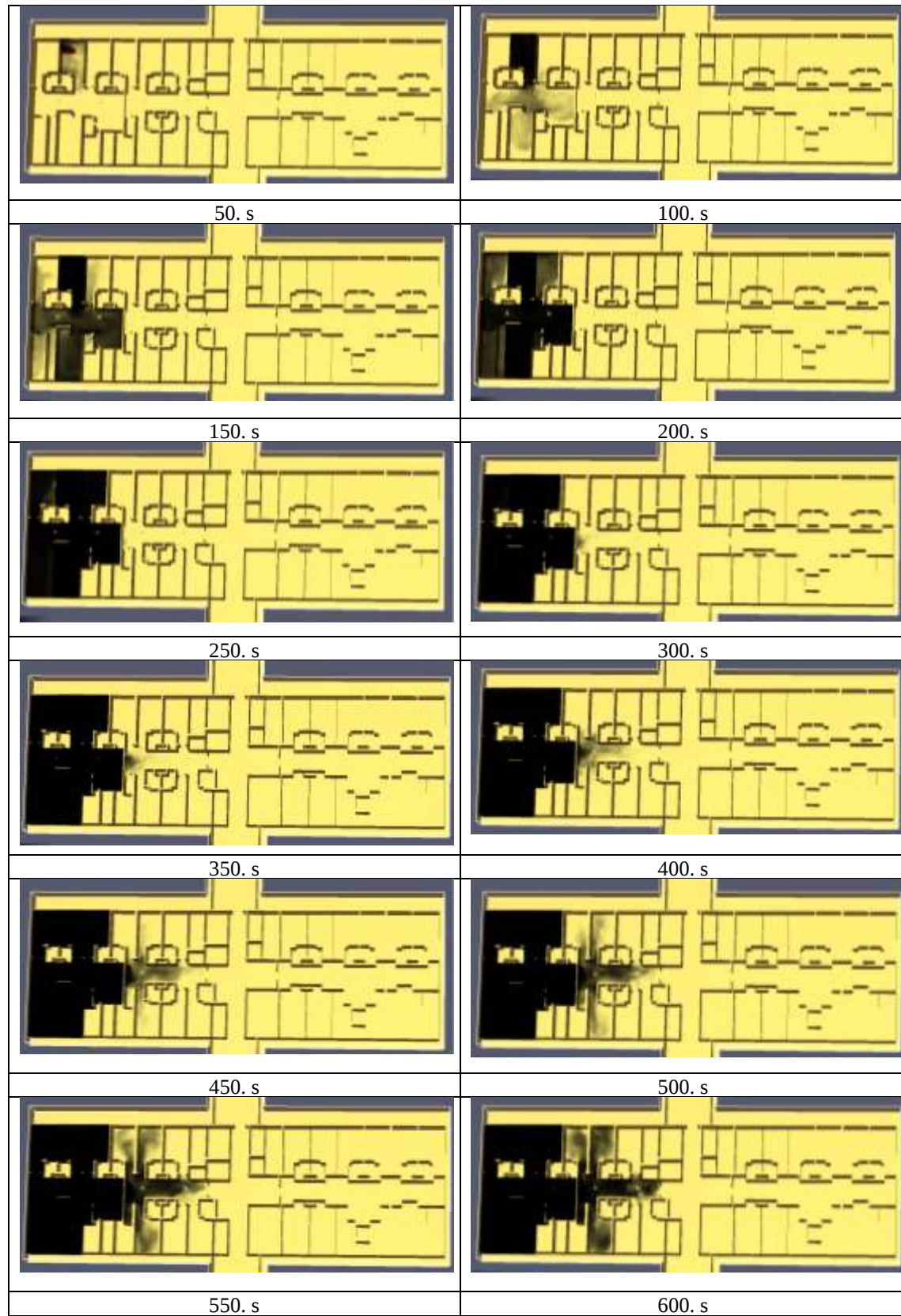
Şekil 2.41 S₁MK₂MH₀D₀ kodlu senaryonun zaman göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

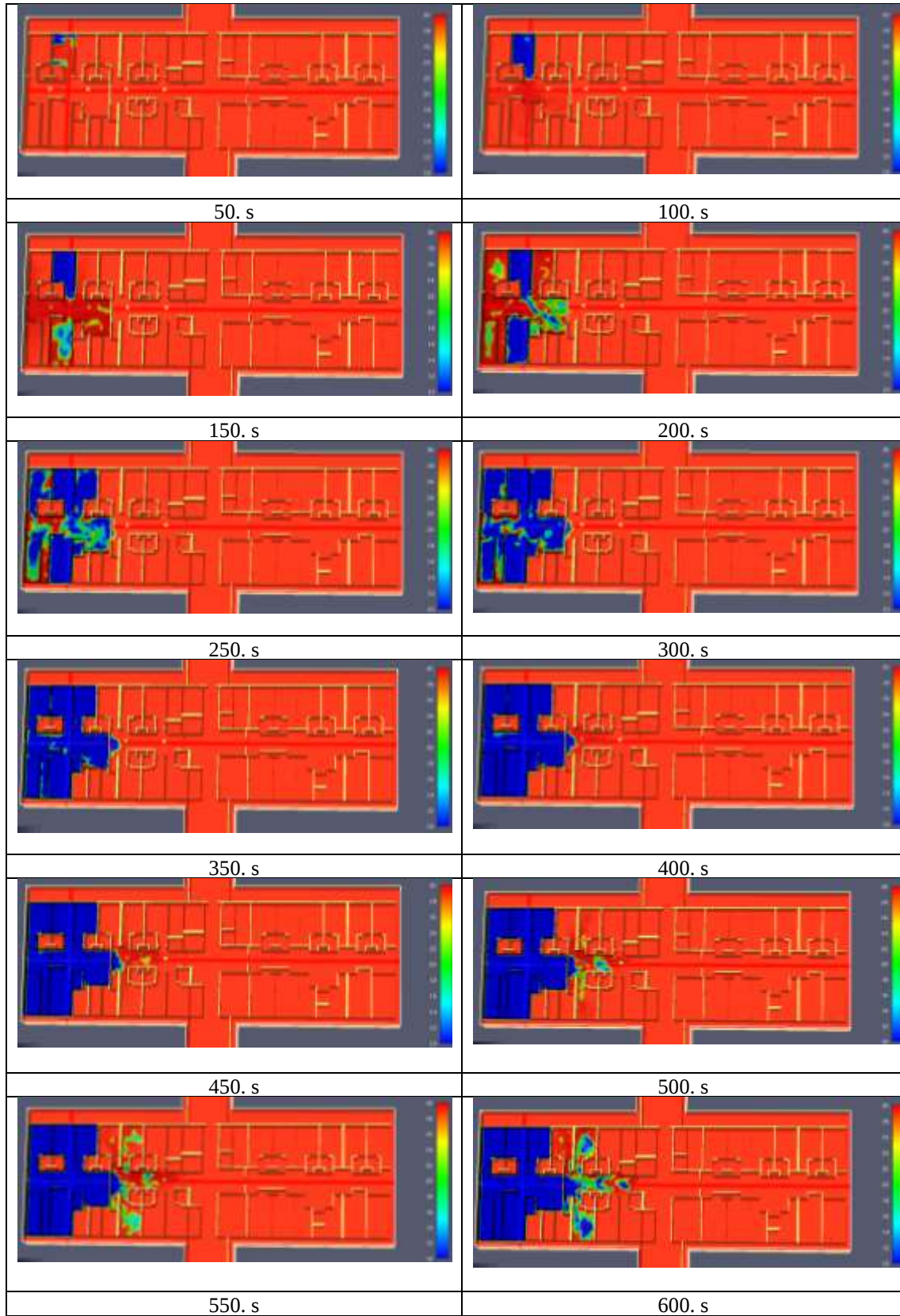


Şekil 2.42. S₁MK₂MH₀D₀ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklık değişimi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

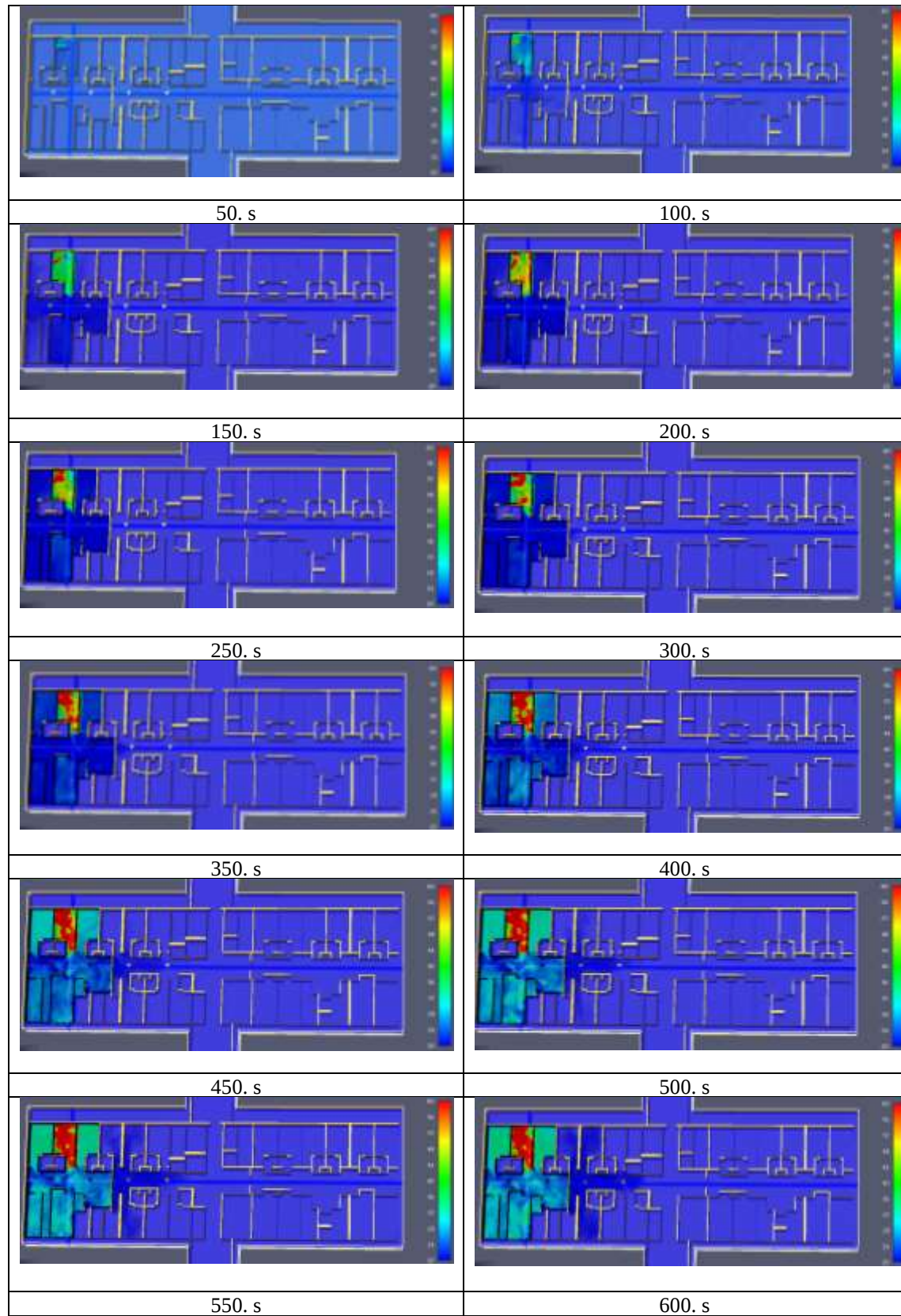
Şekil 2.43. S₁MK₂MH₀D₁ kodlu senaryonun zamana göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



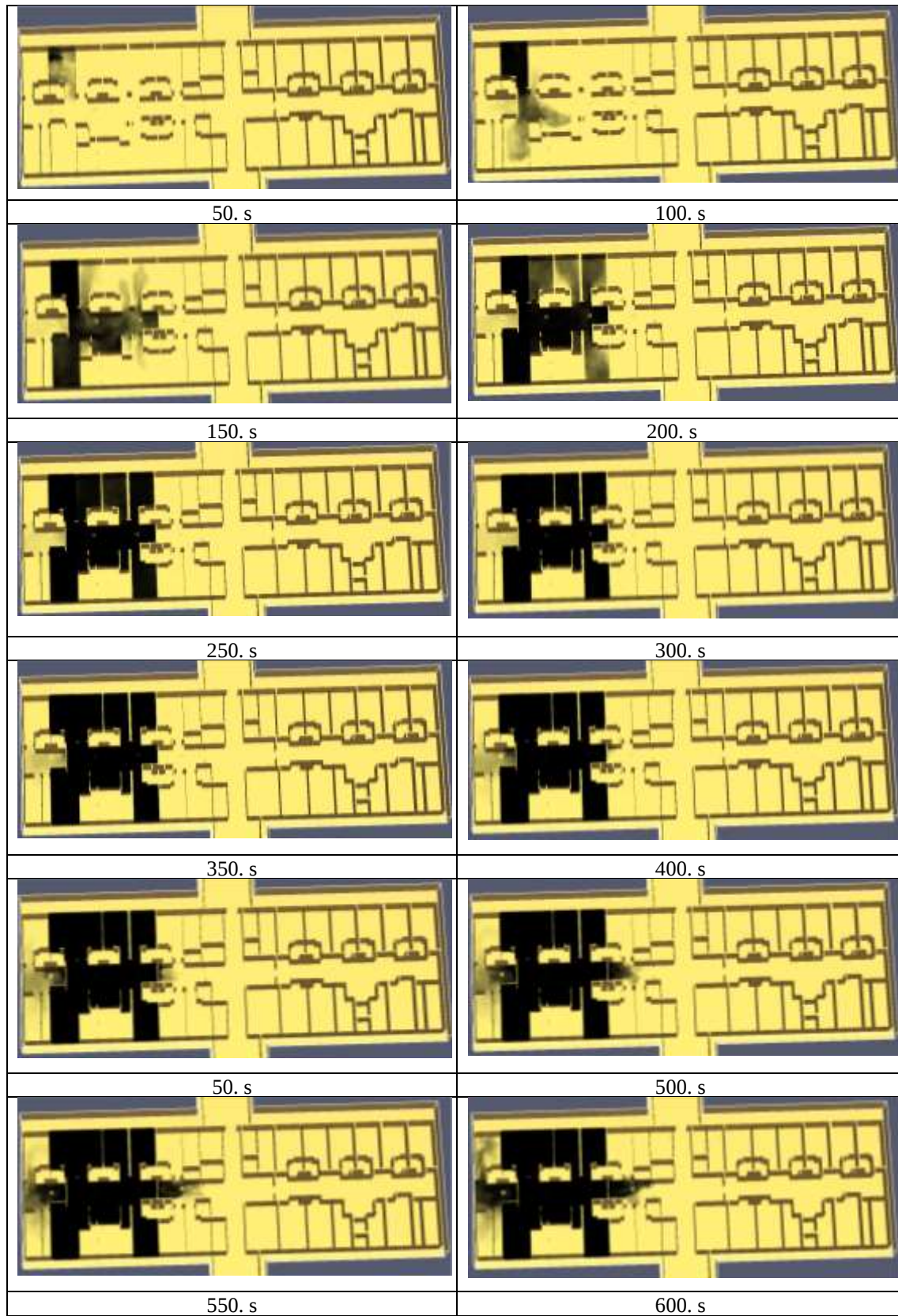
Şekil 2.44. S₁MK₂MH₀D₁ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

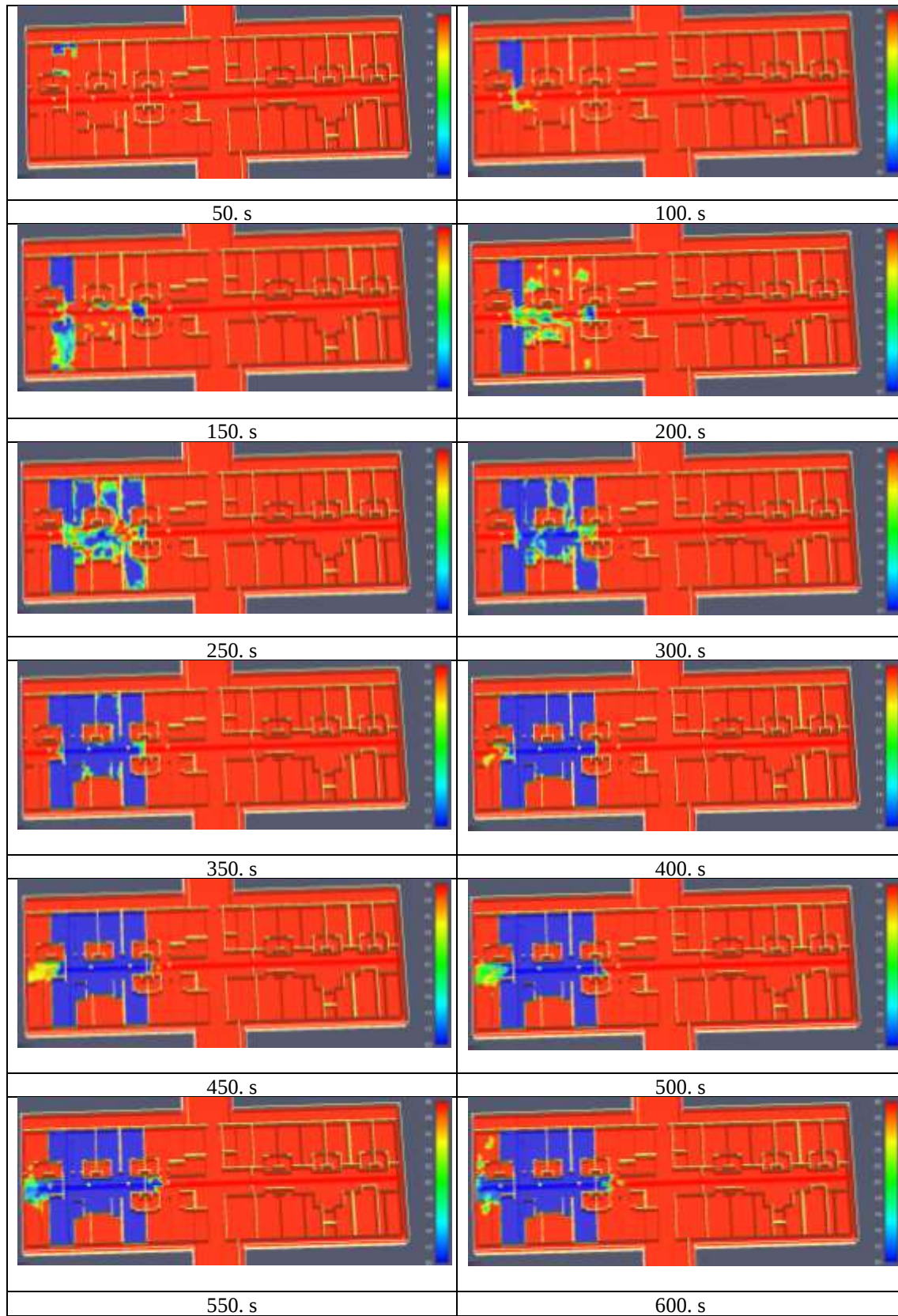


Şekil 2.45 S₁MK₂MH₀D₁ kodlu senaryonun zamana göre sıcaklık değişimi

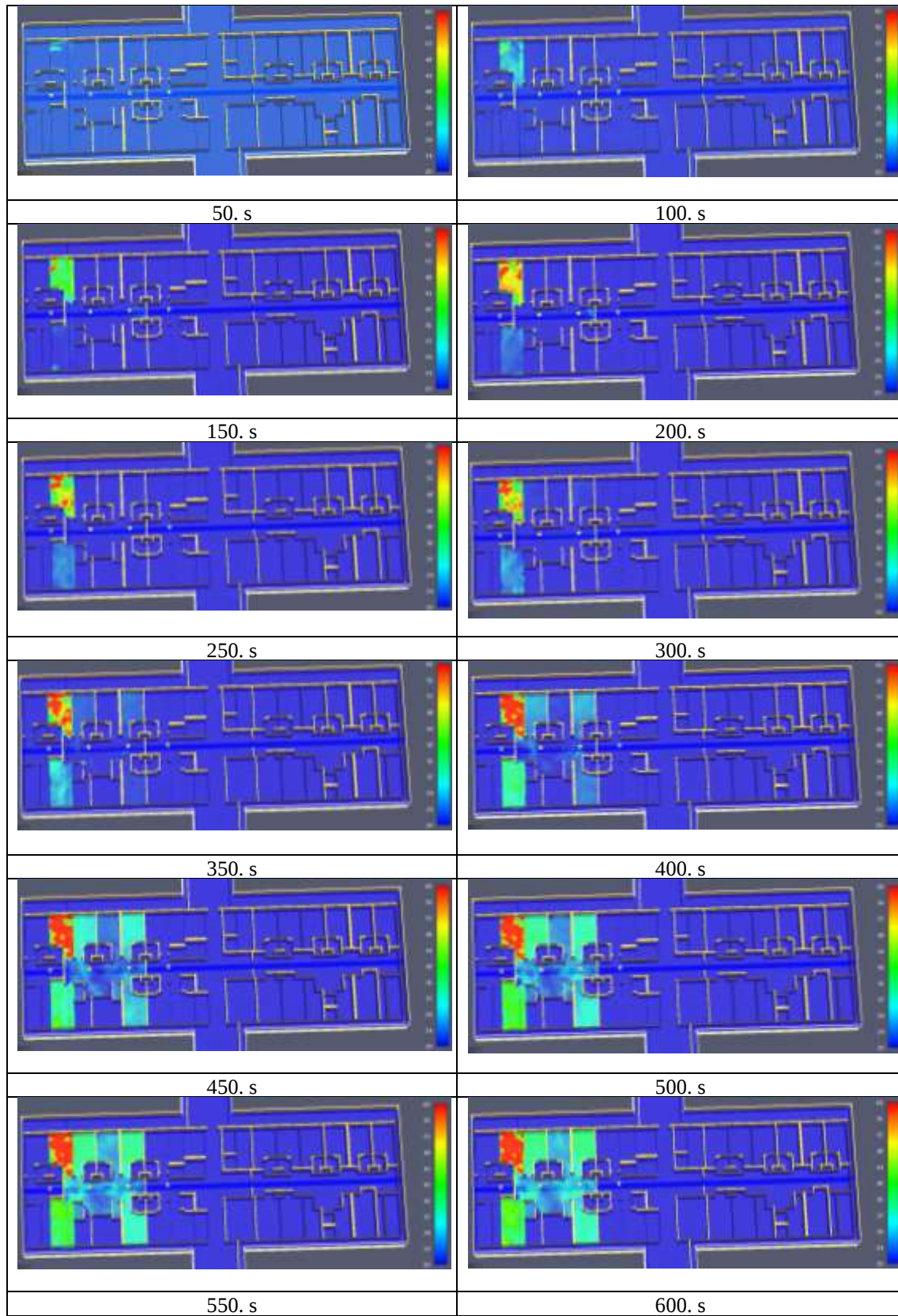
EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

Şekil 2.46. S₁MK₂MH₀D₂ kodlu senaryonun zamana göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

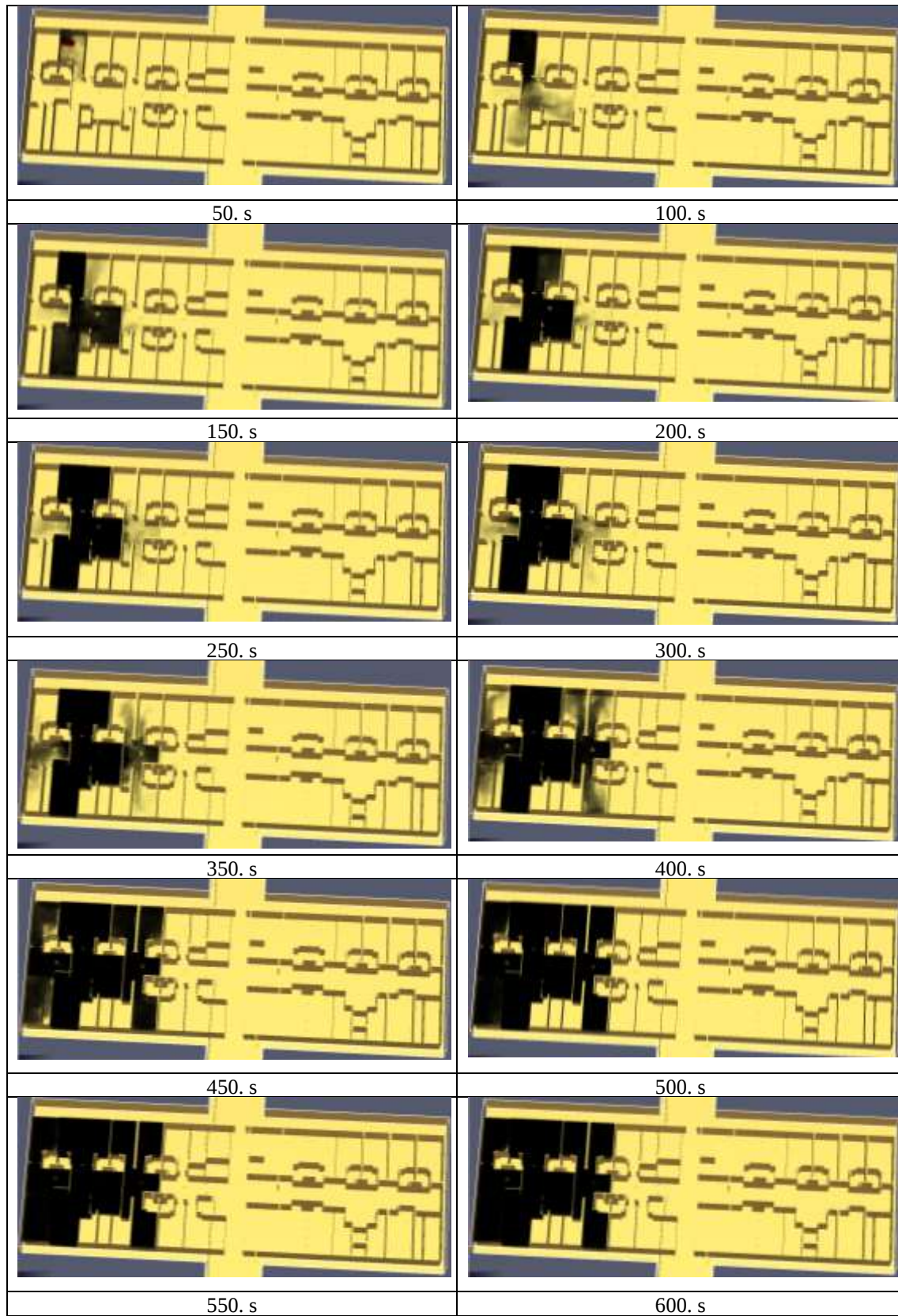
Şekil 2.47. S₁MK₂MH₀D₂ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

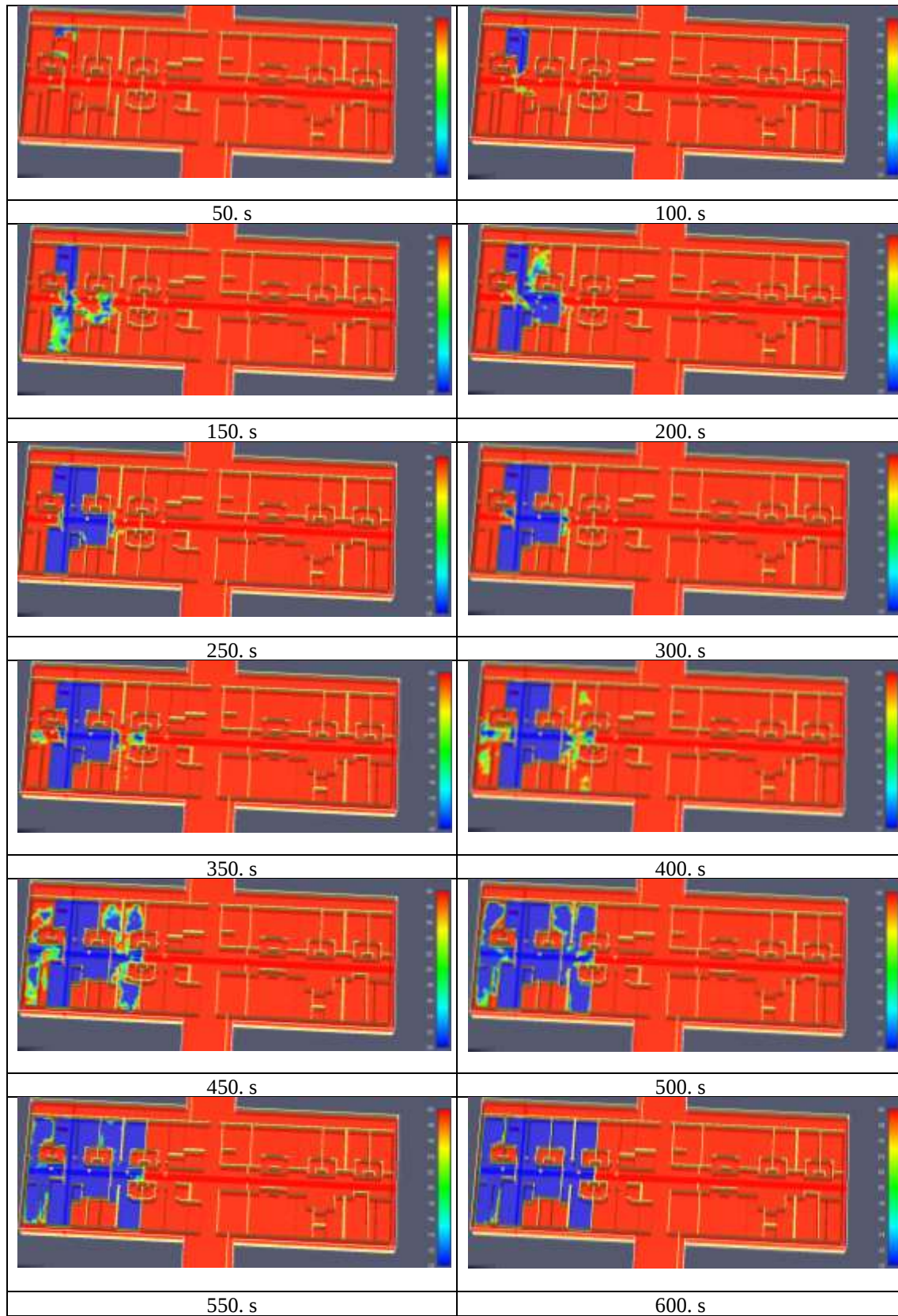


Şekil 2.48. S₁MK₂MH₀D₂ kodlu senaryonun zamana göre sıcaklık değişimi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

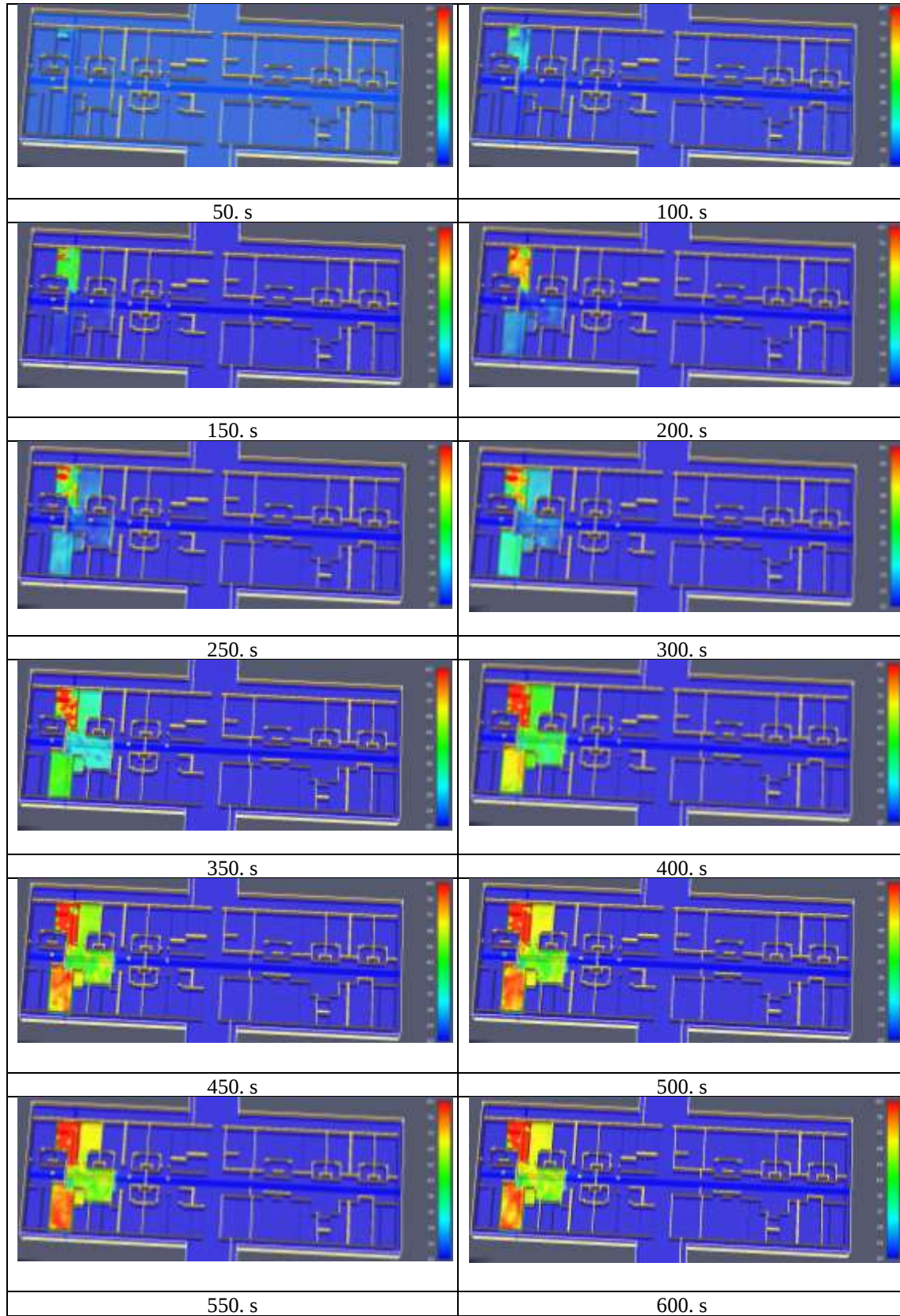
Şekil 2.49. S₁MK₂MH₀D₃ kodlu senaryonun zamana göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



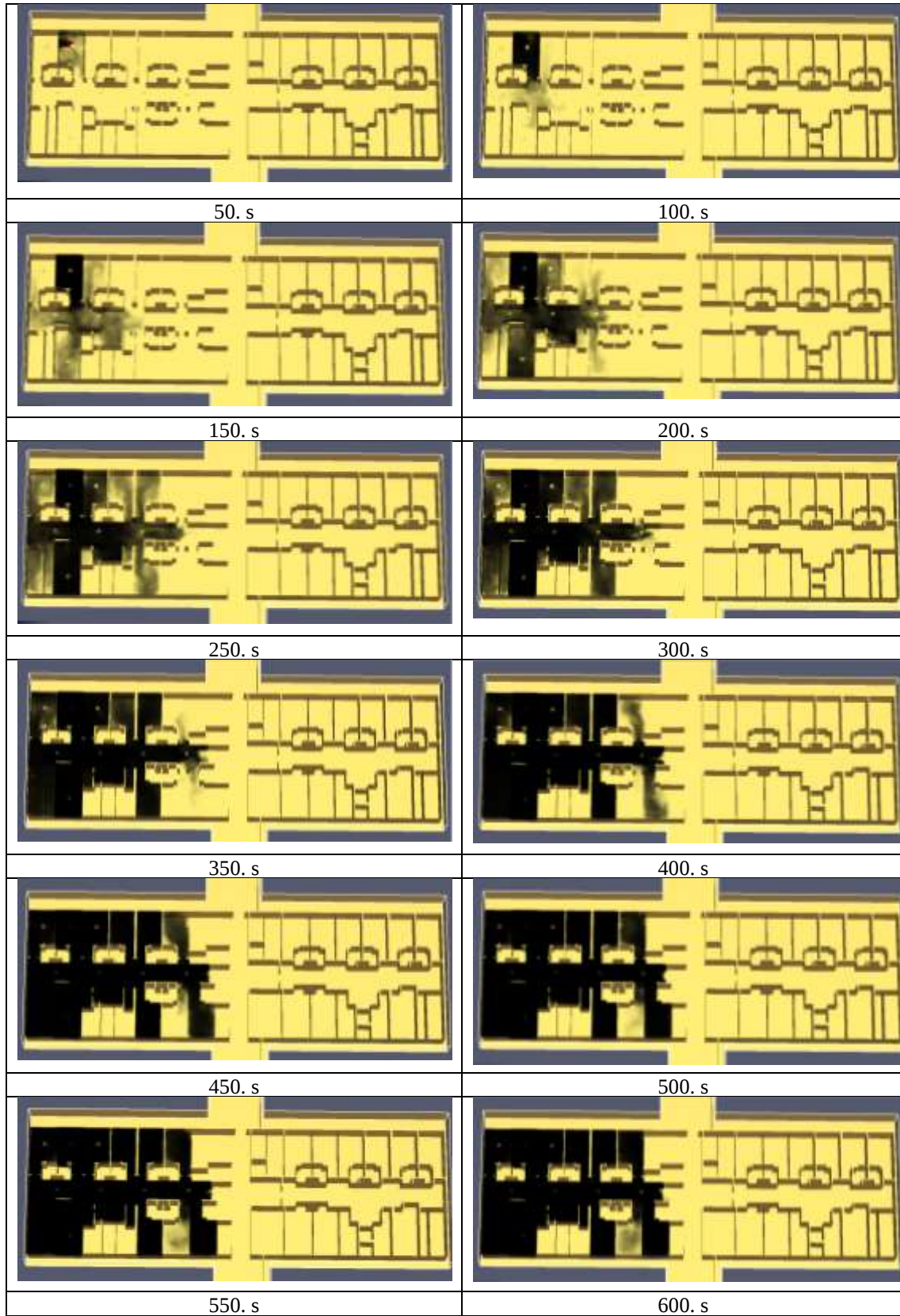
Şekil 2.50. S₁MK₂MH₀D₃ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

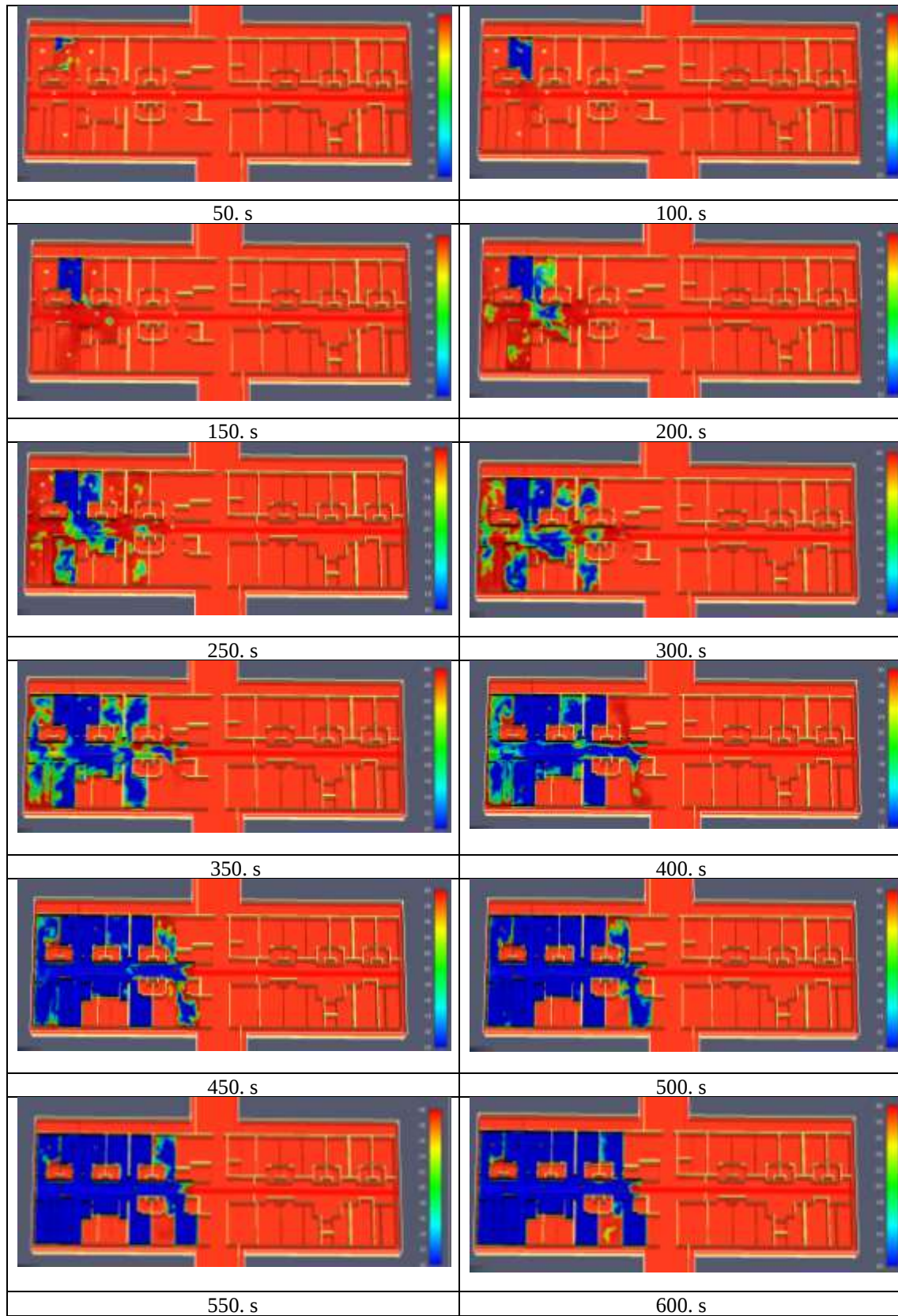


Şekil 2.51. S₁MK₂MH₀D₃ kodlu senaryonun zamana göre sıcaklık değişimi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

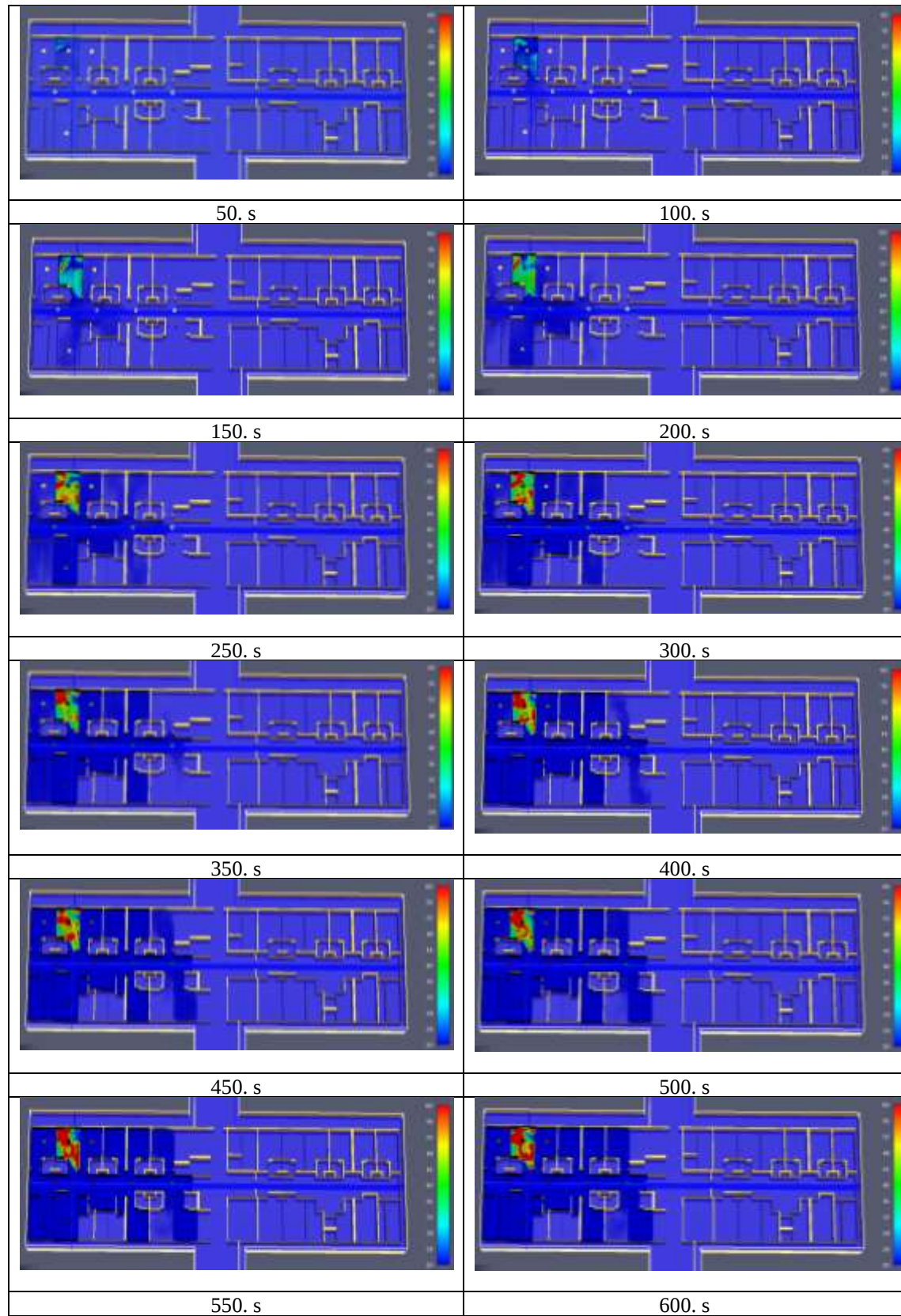
Şekil 2.52 S₁MK₂MH₂D₀ kodlu senaryonun zamana göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



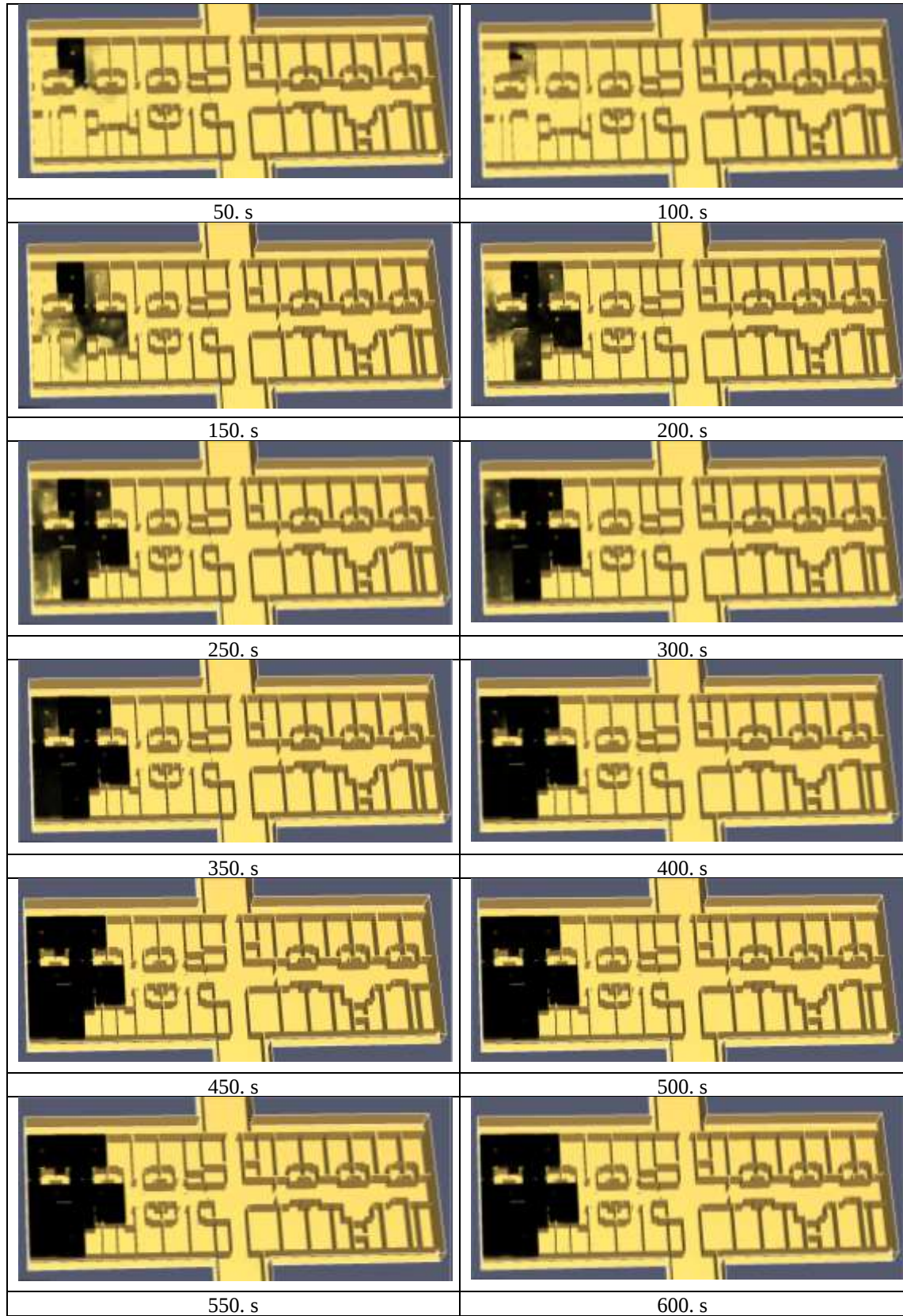
Şekil 2.53. S₁MK₂MH₂D₀ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

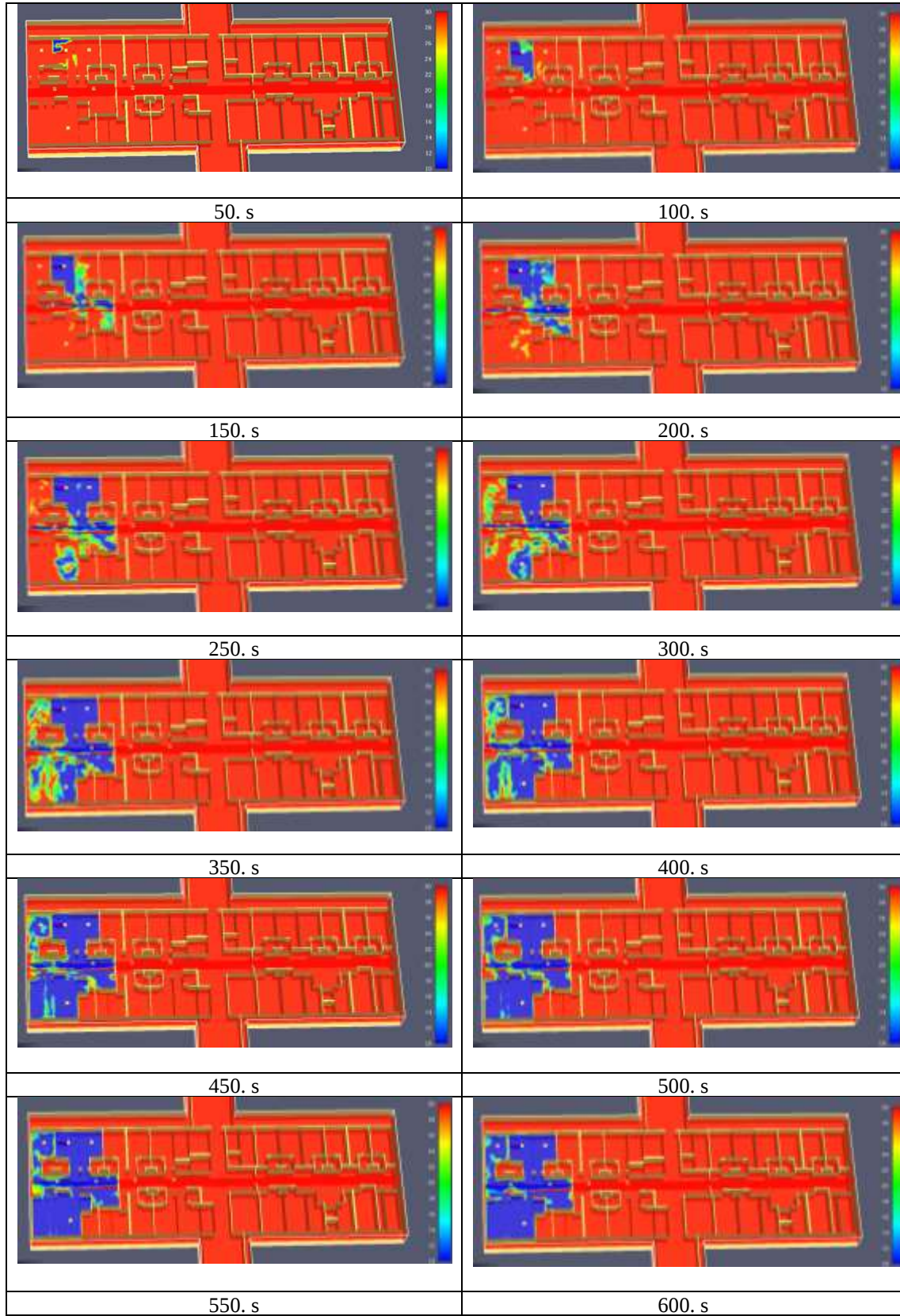


Şekil 2.54. S₁MK₂MH₂D₀ kodlu senaryonun zamana göre sıcaklık değişimi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

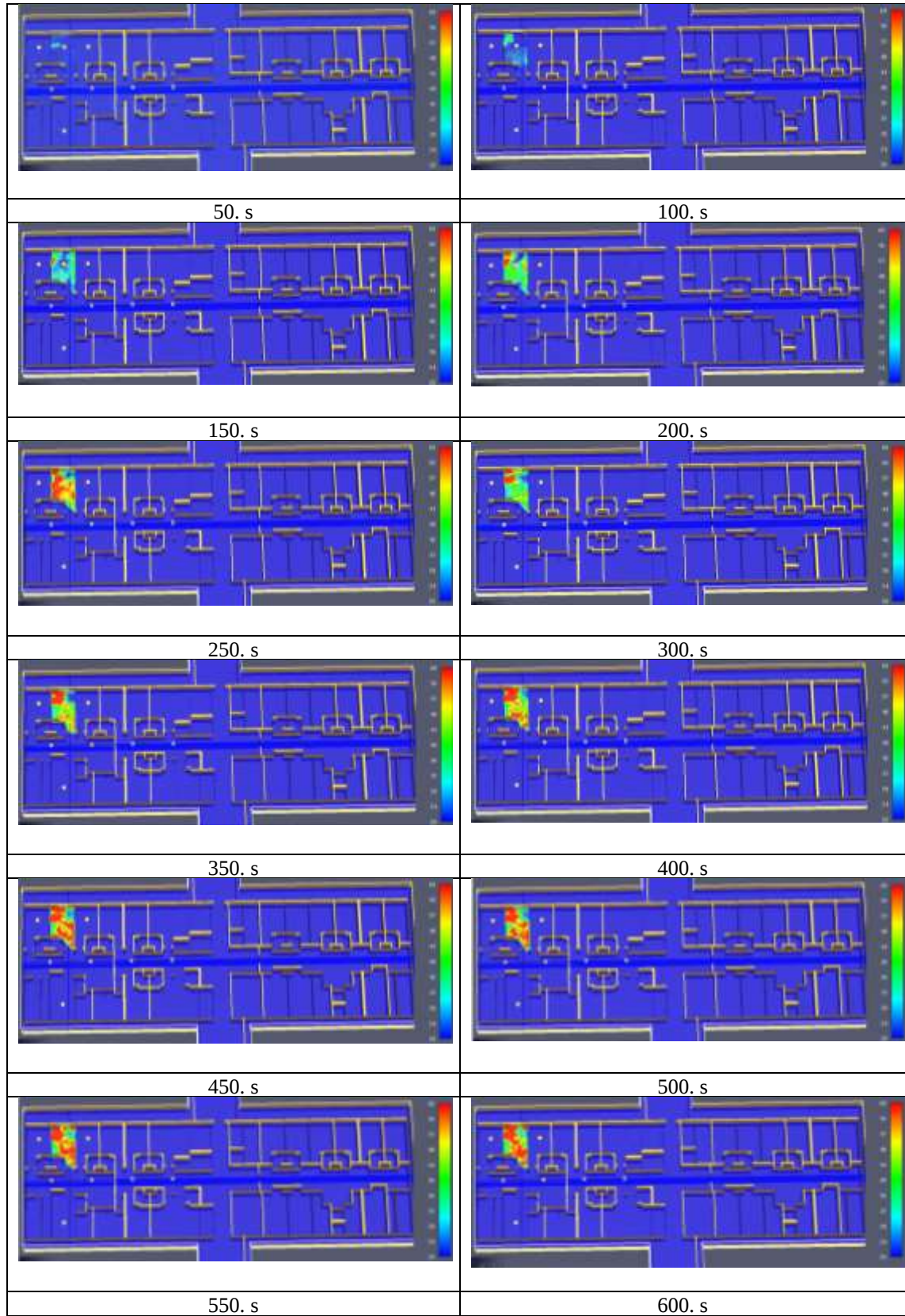
Şekil 2.55. S₁MK₂MH₂D₁ kodlu senaryonun zamana göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



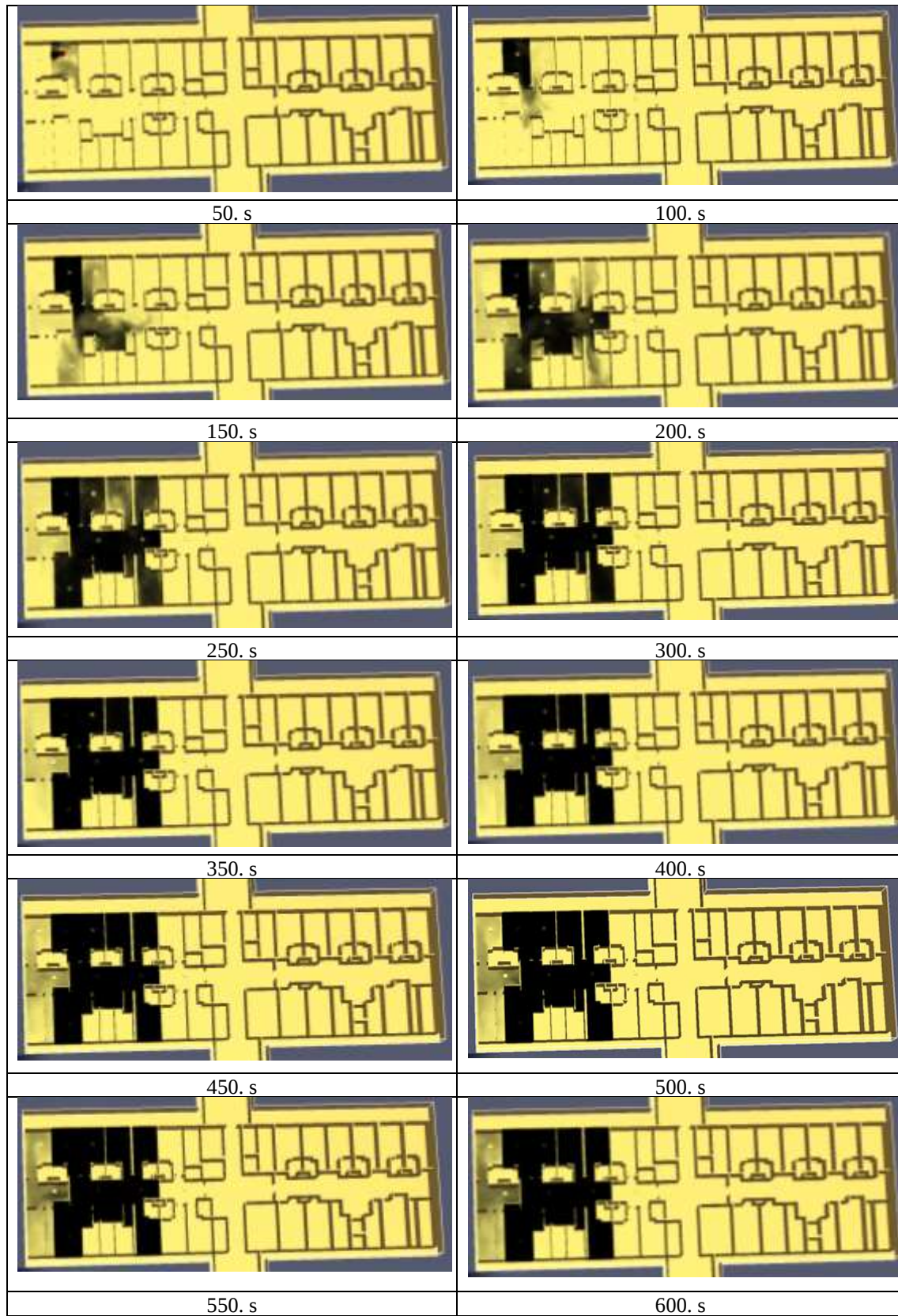
Şekil 2.56. S₁MK₂MH₂D₁ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



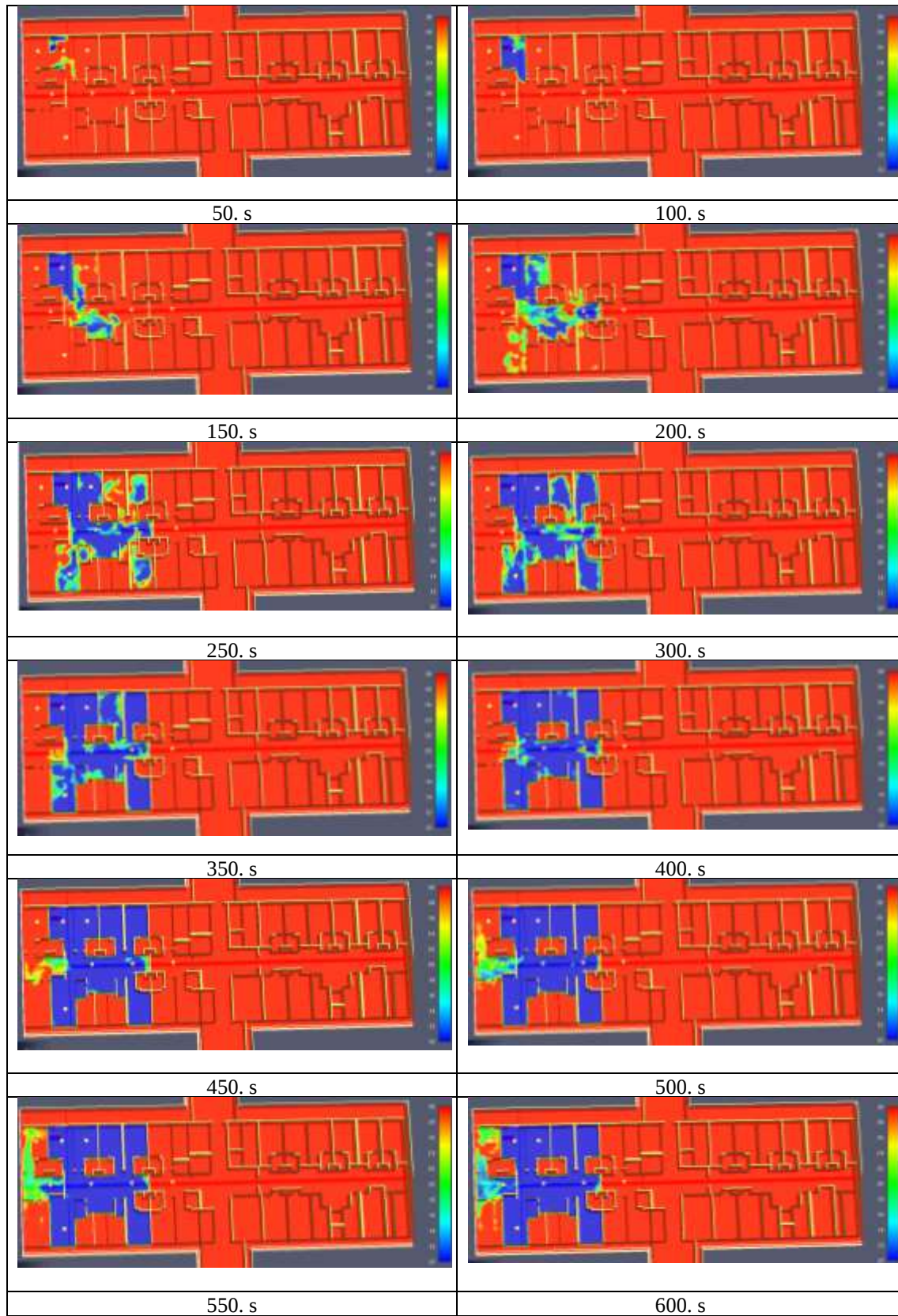
Şekil 2.57. S₁MK₂MH₂D₁ kodlu senaryonun zamana göre sıcaklık değişimi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

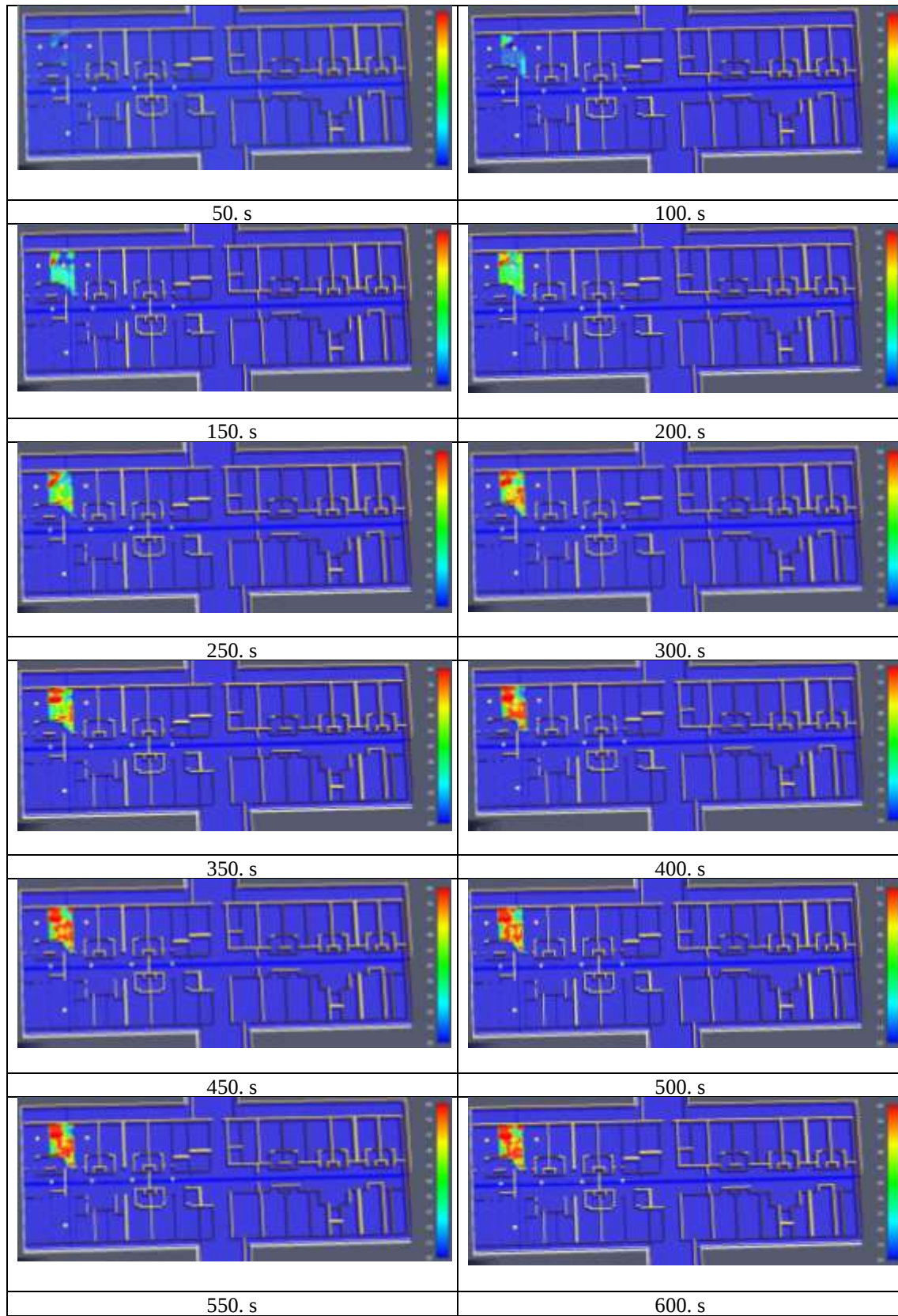


Şekil 2.58. S1MK2MH2D2 kodlu senaryonun zaman göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

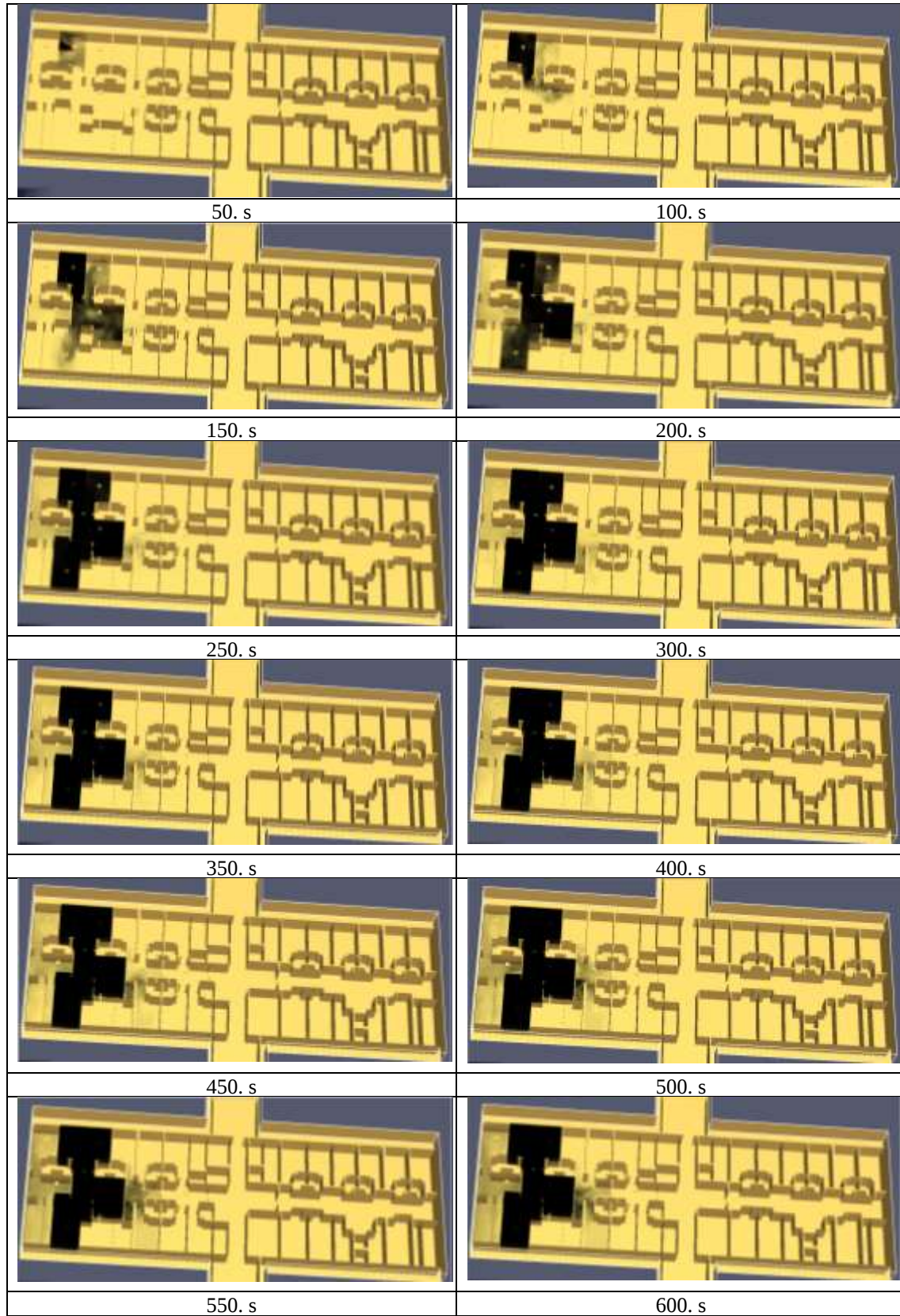
Şekil 2.59 S₁MK₂MH₂D₂ kodlu senaryonun zaman göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

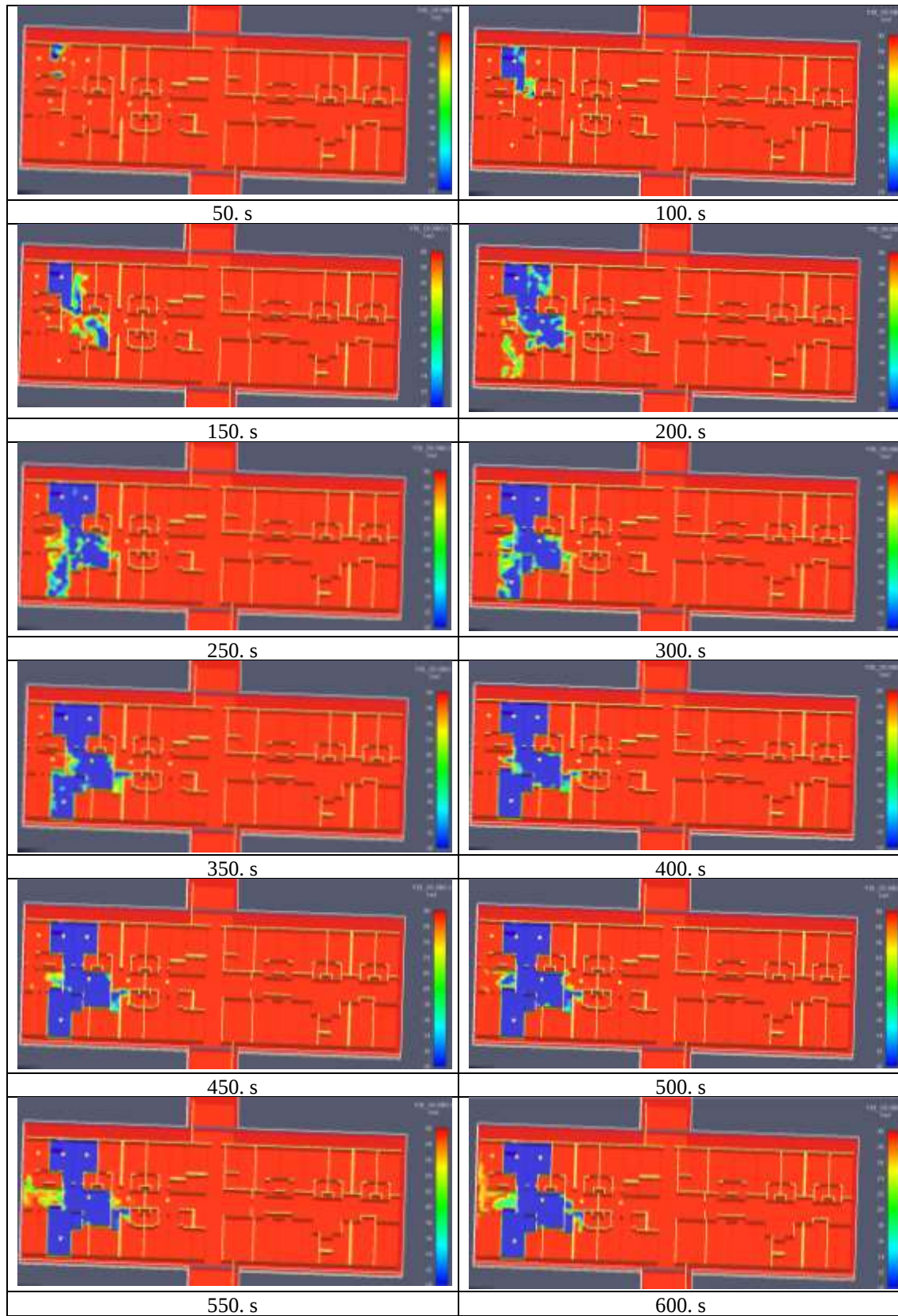


Şekil 2.60. S₁MK₂MH₂D₂ kodlu senaryonun zaman göre sıcaklığı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller

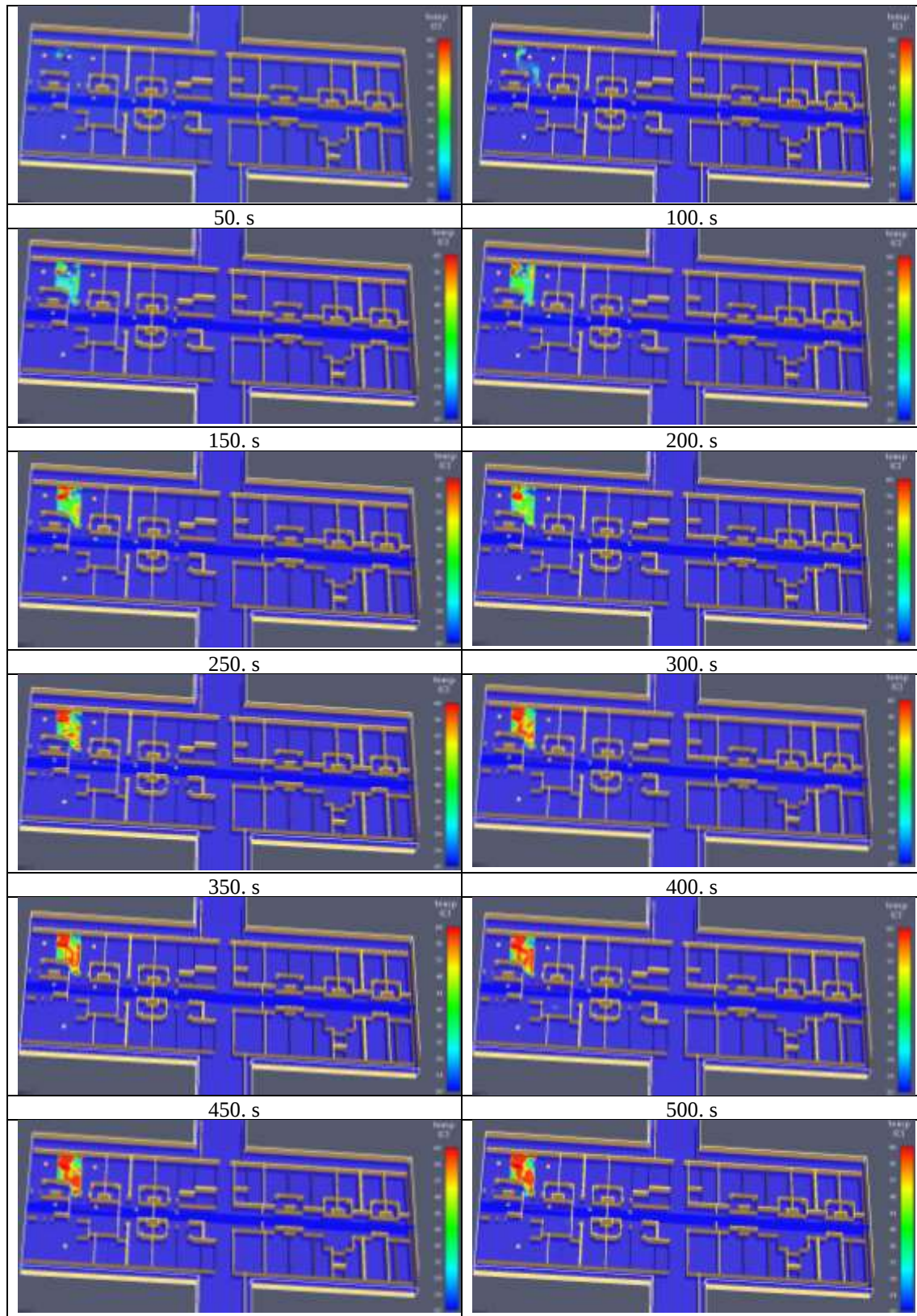
Şekil 2.61. S₁MK₂MH₂D₃ kodlu senaryonun zamana göre duman yayılımı

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



Şekil 2.62. S₁MK₂MH₂D₃ kodlu senaryonun zamana göre görüş mesafesi

EK-2 (devam) Tasarım yangın senaryolarının analizlerine ait görseller



Şekil 2.63. S₁MK₂MH₂D₃ kodlu senaryonun zamana göre sıcaklık değişimi

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇETİN, Sevinç
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 10. 04. 1983, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (542) 4233645
 e-mail : archsevinc@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	2010
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi / Mimarlık	2007
Lise	Eskişehir Fatih Fen Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-Halen	Sağlık Bakanlığı	Yüksek Mimar
2008-2011	Tuğsa Mimarlık Mühendislik Ltd. Şti.	Mimar
2007-2008	Kerem Mimarlık Mühendislik Ltd. Şti.	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce- Almanca

Yayınlar

1. Çetin, S ve Demirel, F. (2009). *Yangın ve İnsan Davranışı*. TÜYAK 2009 Yangın ve Güvenlik Sempozyumu, İstanbul.

2. Çetin, S., Gültekin, A.T. (2010). *Alüminyum Giydirmeye Cephe Bina Alt Sistemlerinin Uygulama Süreci Yönetimi-Ankara Arena Spor Kompleksi*, Ortadoğu Teknik Üniversitesi 1.Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi. Ankara.
3. Çetin, S., Beyhan, F. (2017). *Performansa Dayalı Yangın Güvenlik Tasarımı*. Yangında Can Güvenliği ve Risk Yönetimi Uluslararası Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi Tüyak. İstanbul. 170–185
4. Beyhan, F., Çetin, S., ve Civelek, E. (2018). *Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim Araştırma Hastanesi yangını değerlendirme raporu*. Ankara: Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği.
5. Beyhan, F., Çetin, S., ve Civelek, E. (2018). *Yangın ve yangın güvenliği*. (Birinci baskı). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi.
6. Civelek, E., Çetin, S., Beyhan, F. (2019), *A Research On Performance-Based Fire Safety Design*. Challenges In Architecture, Urban Design and Art.
7. Çetin, S., Beyhan, F. (2019). *Evaluation of Fire Safety Problems in Energy Efficient Buildings*. 4th International Sustainable Buildings Symposium-ISBS 2019, Texas, USA.

Hobiler

Spor, Yüzme, Dans



GAZİ GELECEKTİR..