ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/362504812

Investigation of Evacuation Efficiency of High-Rise Buildings: Case of Gaziantep Annex Courthouse Building

Article *in* Afet ve Risk Dergisi · August 2022

DOI: 10.35341/afet.1083155

CITATION
1

READS
81

2 authors:

Yagmur Toprakli
Gazi University
97 PUBLICATIONS **96** CITATIONS

SEE PROFILE

Muhsin Selçuk Satır
Gazi University
14 PUBLICATIONS **9** CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Yagmur Toprakli on 02 November 2022.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Araştırma Makalesi / Research Article
Geliş Tarihi / Received: 04.03.2022
Kabul Tarihi / Accepted: 04.08.2022
Yayımlanma Tarihi /Published: 30.11.2022

Afet ve Risk Dergisi 5(2), 2022, (545-559)
Journal of Disaster and Risk 5(2), 2022, (545-559)
e-ISSN: 2636-8390
DOI 10.35341/afet.1083155

Yüksek Binaların Tahliye Etkinliğinin İncelenmesi: Gaziantep Ek Adliye Binası Örneği

Abdurrahman Yağmur TOPRAKLI [1], Muhsin Selçuk SATIR[2]

Öz

Binaların tahliye analizinde en gerçekçi metot tahliye tatbikatlarıdır. Fakat bu metot özellikle yüksek kullanıcı yüküne sahip binalarda bazı fiziki riskler taşımaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte bilgisayar tabanlı benzetim çalışmaları, birçok alanda olduğu gibi tahliye analizlerinde de geniş yer almaya başlamıştır. Bu makalede, ön tanımlı metotla test edilmiş ve onaylanmış olan ve Türkiye İmar Yönetmeliğine göre yüksek yapı sınıfında bulunan Gaziantep Ek Adliye Binasının tahliye etkinliği incelenmiştir. Benzetim modelleri oluşturulurken kullanılan metotlardan ön tanımlı ve performans tabanlı metotları inceleyen bu çalışmada, Gaziantep Ek Adliye Binası, performans tabanlı modele göre ve uluslararası tanımlara göre, Pathfinder benzetim programıyla test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre binanın, National Fire Protection Association tarafından belirlenen kullanıcı yüküne göre 45 dk 35 sn'de, yazarlar tarafından binanın normal bir gündeki normal yüküne yönelik oluşturulan tahmini kullanıcı yüküne göre ise 18 dk 50 sn'de tahliye edildiği görülmüştür. Ayrıca yüksek binaların tasarımında etkin tahliyeye izin verecek tasarım detaylarından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Binalar, Tahliye, Benzetim, Gaziantep Ek Adliyesi

Investigation of Evacuation Efficiency of High-Rise Buildings: Case of Gaziantep Annex Courthouse Building

Abstract

The most realistic method in the evacuation analysis of buildings is evacuation drills. However, this method carries some physical risks, especially in buildings with high occupant loads. With the developing technology, computer-based simulation programs have started to take a large place in evacuation analyzes as in many areas. In this article, the evacuation efficiency of Gaziantep Annex Courthouse, which has been tested and approved with the prescriptive method and is in the high-rise class according to the Turkish Zoning Regulation, is examined. In this study, which examines the prescriptive and performance-based methods used in creating simulation models, Gaziantep Annex Courthouse was tested according to the performance-based model and according to international definitions, with the Pathfinder simulation program. According to the results obtained, it was seen that the building was evacuated in 45 minutes and 35 seconds with the occupant load determined by the National Fire Protection Association, and in 18 minutes and 50 seconds with the estimated occupant load determined by the authors for the normal occupant load of the building on a normal day. In addition, design details that will allow effective evacuation in the design of high-rise buildings are mentioned.

[1] Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara
e-posta: toprakli@gazi.edu.tr ORCID: 0000-0003-2437-9724
[2] Arş. Gör., Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, İ
İlgili yazar e-posta/ Corresponding author e-mail: muhsinselcuksatir@gazi.edu.tr ORCID: 0000-0003-1011-5429

Bu makaleye atıf yapmak için- To cite this article
Topraklı, A. Y. ve Satır, M. S., (2022). Yüksek Binaların Tahliye Etkinliğinin İncelenmesi: Gaziantep Ek Adliye Binası Örneği. Afet ve Risk Dergisi, 5(2), 545-559

Keywords: High-Rise Buildings, Evacuation, Simulation, Gaziantep Annex Courthouse

1. GİRİŞ

Teknolojideki gelişmeyle ve yapı malzemelerinin iyileştirilip bu malzemelere kolay ulaşım sağlanmasıyla birlikte yüksek yapıların sayısı artmıştır. Yüksek binaların tasarımında normal binalardan farklı gereksinimler bulunmaktadır. Olası bir acil durumda binanın ivedilikle boşaltılabilmesi yönünde tasarım yapılması bu gerekliliklerden biridir. Terörist saldırılarının veya deprem gibi doğal afetlerin etkisiyle, binaların tahliyesi konusu, önemini daha da artırmıştır. Bu bağlamda yüksek binaların tahliyesi konusu, 14.000'in üzerinde kişinin tahliye edildiği İkiz Kulelere yapılan 11 Eylül saldırısından günümüze artan bir eğilimle araştırılmaktadır (Galea vd., 2008; McConnell vd., 2010).

Bu çalışmada, bina tahliyesinin araştırılması ve benzetim çalışmalarının ortaya konulmasında kullanılan iki yöntem olan ön tanımlı model (prescriptive) ve performans tabanlı (performance based) model karşılaştırılmıştır. SFPE Handbook'a göre performans tabanlı model; kabul görmüş amaç ve hedefler üzerinden oluşturulan senaryoların, deterministik veya probabilistik analizleriyle oluşturulan modeldir (Hurley vd., 2015). Ön tanımlı modele göre standartlar, o işin yapımında kullanılacak malzeme ve tasarım ilkelerini belirlerken, performans tabanlı metot, bu işten istenen performansı tanımlamaktadır. Ön tanımlı metot, tanımlanması daha kolay kriterlerden oluşabilirken performans tabanlı model, gereksiz yüklerin ve maliyetlerin önüne geçip daha etkin bir tasarım sağlayabilmektedir (Strömgren, 2018). Ön tanımlı ve performans tabanlı modellerin kendine has avantaj ve dezavantajları vardır (Lowe, 2019). Performans tabanlı modelde, yönetmeliklerde tanımlandığı haliyle yetersiz olan bir uygulama, gerekli şekilde yapılarak etkin bir sonuca ulaşılabilir. Örneğin bir alışveriş merkezindeki tüm satış birimleri aynı yönetmeliğin aynı maddesiyle işlem görürken, performans tabanlı yöntem, yanıcı veya parlayıcı maddeler barındıran bir birime daha farklı önlemler alınmasına olanak sağlar (Hurley vd., 2015). Bununla birlikte, ön tanımlı metotla karşılaştırıldığında, performans tabanlı uygulamaların yapılması daha fazla uzmanlık isteyen ve daha çok zaman alabilen uygulamalar olmaktadır.

Bu çalışmada, bina tahliyesinde modelleme metodu olarak kullanılan bu iki metot, bir yapı üzerinden dolaylı olarak karşılaştırılmaktadır. Türkiye Yangın Yönetmeliği'ne (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2015) göre ön tanımlı teste tabi tutulmuş ve onay almış olan, İmar Yönetmeliğine göre bina yüksekliği 21.5 m'den fazla olduğu için yüksek yapı sınıfında olan Gaziantep Ek Adliye Binasının tahliye verimliliği incelenmiştir. Yüksek yapı sınıflandırması, NFPA 101 standardında; kullanılabilir son katının yüksekliği 23 m. (75ft.)'den fazla olan bina olarak tanımlanmıştır (NFPA 101, 2009). Çin Yüksek Bina Yangından Korunma Yönetmeliğine göre yüksek binalar; 10 kat veya fazla olan binalar veya 24 m'den yüksek binalar olmak üzere iki durum üzerinden tanımlanmıştır (Code for Fire Protection Design of Tall Building, 2005). Görüldüğü üzere yüksek binalar, farklı tahliye gerekliliklerinden dolayı ayrı bir kategoriye alınmıştır (Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017).

Binaların tahliye etkinliğinin değerlendirilmesinde sık kullanılan bir yöntem olan benzetim yöntemi, günümüzde havacılık faaliyetlerinden şehircilik faaliyetlerine kadar birçok alanda kullanılmaktadır (Aydın vd., 2019). Bu programlardan biri olan Pathfinder programı Reynold Kontrollü Hareket Davranış Modelini kullanması ve akademik literatürde geçerli kabul edildiği için seçilmiştir (Topraklı vd., 2019). Reynold Kontrollü Hareket Davranış Modeli, modeldeki tüm kullanıcıların ayrı ayrı tanımlandığı (mikroskobik model), kullanıcıların hareketlerini otonom olarak tanımladığı bir yöntemdir (Reynolds, 1999). Kullanıcıların, yoluna çıkan engellere göre hareket etmesi ve davranış değiştirmesi gibi özellikleri bulunmaktadır. Bunun yanında SFPE modu ise kullanıcıların tahliyesini akışkanlar dinamiği prensiplerine göre modeller (Sosnowski ve Pisarek, 2014). Kapıların akış kapasitesi SFPE Handbook'ta belirtildiği gibi tanımlanır ve

kullanıcılar bulundukları odadaki yoğunluğa göre belirlenen azami hızla hareket ettiği varsayılır (Hurley vd., 2015). Ayrıca Reynold modelinde kullanıcılar aynı konumu paylaşamazken bu moda göre kullanıcılar aynı konumda bulunabilirler.

Türkiye Yangın Yönetmeliğinde binaların tahliye süreleri ile ilgili bir sınırlama bulunmamakta, sadece belirli gereklilikleri yerine getirmeleri beklenmektedir (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2015). Ön tanımlı yönetmeliklerin bir eksikliği olarak görülen bu durum, bir binanın bahsedilen gereklilikleri yerine getirse dahi tahliye bağlamında yetersiz olabileceği gerçeğini göz ardı etmektedir. Bu çerçevede Hollanda yönetmelikleri, binalarda tahliye süreleri için, güvenli alana geçme sınırını 1 dakika, binanın tamamen tahliye sınırını ise 15 dakika olarak belirlemiştir (Leur, 2005). Birleşik Krallık yönetmeliğinin genel öngörüsü ise binadaki tüm kullanıcıların 2,5 dakikada güvenli alanlara yani duman ve yangın etkilerine dayanıklı olan yangın merdiveni veya sığınma alanlarına geçmeleri yönündedir (Brown, 2016).

Bu çalışma, yüksek binaların tahliye edilmesi aşamasında karşılaşılan zorlukların önceden belirlenmesi ve böylece tahliyeyi yavaşlatan tasarım detaylarından kaçınılmasını amaçlamaktadır. Ofis tipindeki bu kamu kurumunu üzerinden yüksek bina tahliye süreleri hakkında da ülkemiz literatürüne katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Literatür incelendiğinde yüksek binalarda tahliye konusunun tartışmalı bir konu olduğu görülmektedir. 11 Eylül olayı ile birlikte bu konu üzerinde daha fazla durulmaya başlandığı söylenebilir. Yüksek binalar, normal binalara kıyasla daha fazla kat bulundurdukları için tahliye bağlamında farklı gereklilikleri bulunmaktadır. Kat sayısı arttıkça kullanıcıların merdiven yoluyla aşağı katlara ve sonuçta dışarı ulaşmaları daha çok zaman almaktadır. Bu nedenle yüksek binaların tahliyesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları yüksek yapılarda tahliye amaçlı asansör kullanımını araştırmıştır (Chen vd., 2017; Ding vd., 2015; Haitao vd., 2012; Kinsey vd., 2012; Kuligowski, 2003; Nakahama vd., 2005). Bazı yönetmelikler, örneğin Hong Kong asansör yönetmeliği, acil durum tahliyelerinde asansör kullanımına izin vermemektedir (Code of Practice for Lift Works and Escalator Works, 2018). Buna karşın bazı durumlarda tahliye süresi üzerinde olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin 11 Eylül saldırısında kuzey kulesinde binasında dakikada ortalama 73 kişi kurtarıldığı halde kuzey kulesinde binasında bu sayı dakikada ortalama 108 kişidir. Bunun sebebi ise güney kulesinde belli bir süre asansör kullanılabilmiş olmasıdır (Chen vd., 2017). Bu durum göz önüne alındığında bazı araştırmacılar acil durum tahliyelerinde asansör kullanımını önermiş, bu durumda asansörün özel bir moda alınarak çağırılan her katta durmak yerine öncelikli olarak acil müdahale ekiplerinin, engelli ve yaşlıların kullanımına sunulmasını ve yumuşak iniş modundan hızlı moda geçirilmesini önermektedir (Chen vd., 2017; Ma vd., 2012). Türkiye Yangın Yönetmeliğinde ise yapı yüksekliği 51,50 m'yi geçen binalarda acil durum asansörü zorunlu tutulmuştur (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2015). Binaların tahliyesinde önemli bir diğer konu ise insan faktörü ve insan davranışıdır. Bu konu üzerine yapılan araştırmalar; kişilerin merdivendeki ortalama hızının bilinmesi, merdivende kalabalığın davranış analizi, yukarıdan aşağı inildikçe yürüme hızındaki düşüş, birleşme akışı (merge flow) gibi konuları kapsamaktadır (Chen vd., 2017; Fang vd., 2012; Huo vd., 2016; Wu ve Huang, 2015).

3. METODOLOJİ

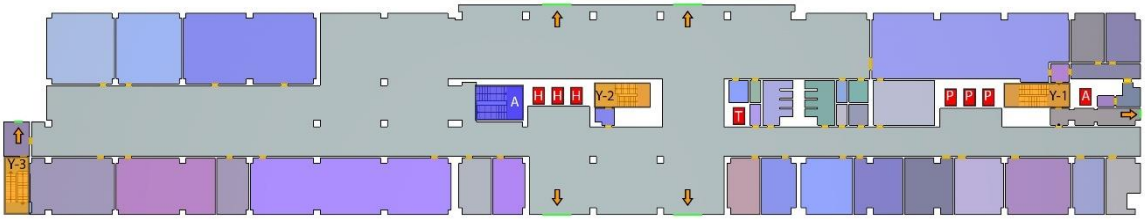
Bu çalışmada, yüksek binaların tahliye etkinliğinin analiz edilmesinde kullanılan iki yaklaşım olan ön tanımlı (prescriptive) ve performans tabanlı (performance based) yaklaşımları incelenmiştir.

Bu bağlamda ön tanımlı metoda göre tasarlanmış ve onay almış olan Gaziantep Ek Adliye Binası, performans tabanlı metotla sınanmıştır. Yapılan bu sınama, NFPA 101'de belirtilen kullanıcı yükü tanımlarına göre ve binanın gerçek kullanıcı yükü tanımlanarak 2 farklı senaryo ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular 5. bölümde tartışılmıştır. 6. bölümde ise sonuçlar verilmiş, ön tanımlı ve performans tabanlı yaklaşımların olumlu ve olumsuz yönleri işaret edilmiştir.

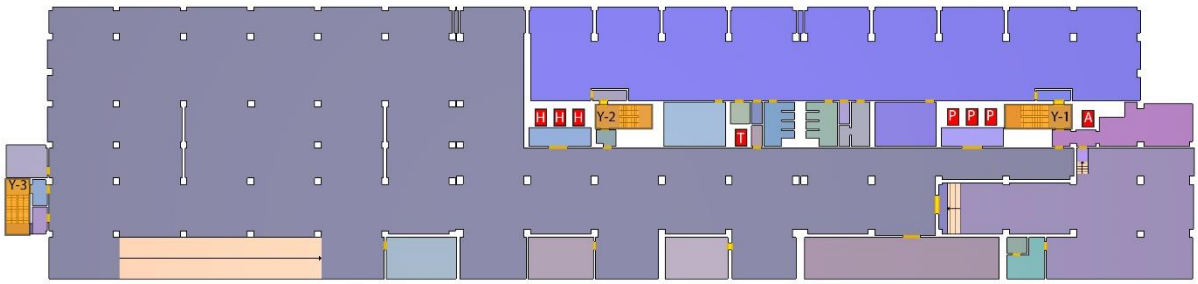
4. ÇALIŞILAN ÖRNEK DURUM

4.1. Gaziantep Ek Adliye Binası

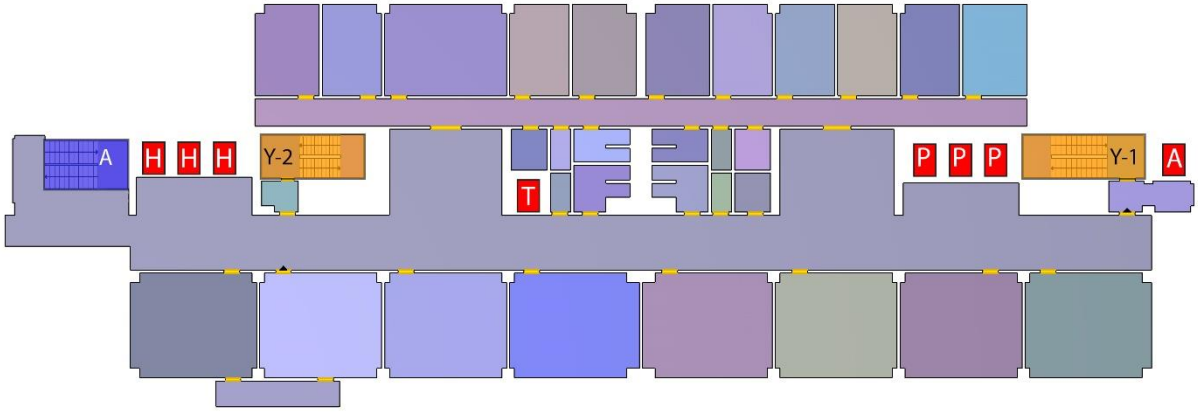
Gaziantep Ek Adliye Binası, 4 bodrum kat, zemin kat ve zemin üstündeki 11 normal kattan oluşan, Türkiye İmar Yönetmeliğine göre "yüksek yapı" sınıflandırmasında bulunan, 3274 m^2 taban alanına sahip bir binadır. Şekil 1-3'te kat planları şematik olarak verilen binanın çıkışları turuncu oklar ile gösterilmiş, yangın merdivenleri turuncu, ana merdiven ise mavi renk ile gösterilmiştir. Bahsi geçen şekillerde de görüldüğü üzere binada bulunan 3 yangın merdiveni Y-1, Y-2, Y-3 ile, ana merdiven ise A harfiyle gösterilmiştir. Yangın merdivenleri Y-1 ve Y-2, binanın tüm katlarına ulaşmakta, Y-3 ise 4. bodrum kattan 4. kata kadar ulaşmaktadır. Bunun yanında ana merdiven ise zemin kattan 11. kata kadar ulaşmaktadır. Ayrıca binada her kata ulaşan 8 asansörden 3'ü ziyaretçi (Şekil 1-3'te kırmızı H), 3'ü personel (Şekil 1-3'te kırmızı P) kullanımına açık olup 1'i yük (Şekil 1-3'te kırmızı T) asansörü sonuncusu ise acil durum (Şekil 1-3'te kırmızı A) asansörü olarak tanzim edilmiştir. Şekil 4'teki kesit perspektifinde görüldüğü üzere binanın 4 bodrum katı 3,65 m kat yüksekliğine sahipken zemin ve 11 normal kat 4,20 m kat yüksekliğine sahiptir. Şekil 5'te binanın perspektif resmi görülmektedir.



Şekil 1. Gaziantep Ek Adliye Binası Zemin Kat Planı

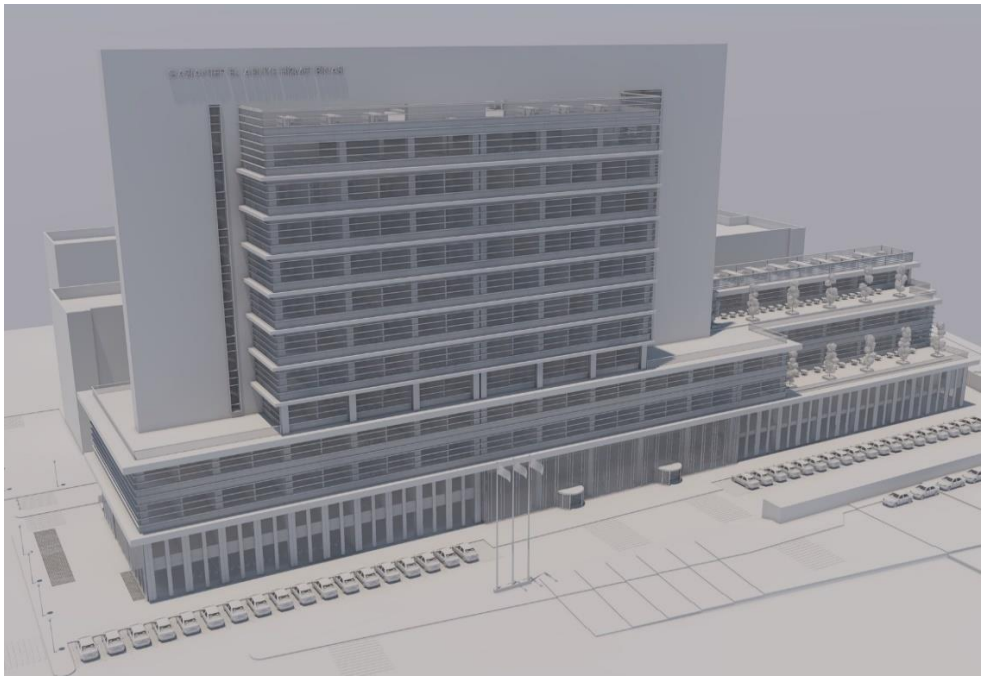


Şekil 2. Gaziantep Ek Adliye Binası 4. Bodrum Kat Planı



Şekil 3. Gaziantep Ek Adliye Binası 5. Kat Planı

Şekil 4. Gaziantep Ek Adliye Binası Kesit Perspektifi (AYT Proje'nin izniyle)



Şekil 5. Gaziantep Ek Adliye Binası Perspektif Resmi (AYT Proje'nin izniyle)

4.2. Kullanıcı Yükü Hesabı

Kullanıcı yükünün hesaplanmasında NFPA 101 (NFPA 101, 2009)'de belirlenmiş kullanıcı yükü ve binanın gerçek kullanıcı yükü olmak üzere 2 farklı hesaplama yapılmıştır. Buna göre adliyede yer alan birimlere, NFPA 101 (Tablo 14.8.1.2)'de verilen değerlere göre oluşturulan kullanıcı yükü, Tablo 1'de gösterilmiştir. Bodrumlarda depo kullanımı (her 46,5 m^2 için 1 kişi); kafeterya, konferans salonu, mezat, duruşma salonları, teras ve yeme alanları için koltuk sayısı; geri kalan ofis ve mutfak birimleri için ise her 9,3 m^2 için 1 kişi hesabı baz alınarak yükleme yapılmış, sonuçta kullanıcı yükü 4398 kişi olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Senaryo 1 için (NFPA 101 Standardına Göre) Kullanıcı Yükü Hesaplaması

Kat	Kullanım	Alan (m^2)	Detay	Kullanıcı Sayısı
4. Bodrum	Depo	4509	4509/46,5 (NFPA Depo Kullanımı)	97
3. Bodrum	Depo	4509	4509/46,5 (NFPA Depo Kullanımı)	97
2. Bodrum	Depo	4509	4509/46,5 (NFPA Depo Kullanımı)	97
1. Bodrum	Depo	4509	4509/46,5 (NFPA Depo Kullanımı)	97
Zemin Kat	Kafeterya	140	68 Koltuk (NFPA Sabit Koltuklu Toplanma Kullanımı)	68
	Konferans Salonu	190	125 Koltuk (NFPA Sabit Koltuklu Toplanma Kullanımı)	125
	Ofis	2944	2944/9,3 (NFPA Ofis Kullanımı)	317
1. Kat	Mezat	70	45 Koltuk (NFPA Sabit Koltuklu Toplanma Kullanımı)	45
	Arşiv	337	337/46,5 (NFPA Depo Kullanımı)	7
	Ofis	2572	2360/9,3 (NFPA Ofis Kullanımı)	277
2. Kat	Duruşma	813	286 Koltuk (NFPA Sabit Koltuklu Toplanma Kullanımı)	286
	Teras		76 Koltuk (NFPA Sabit Koltuklu Toplanma Kullanımı)	76
	Ofis	2360	2360/9,3 (NFPA Ofis Kullanımı)	251
3. Kat	Duruşma	813	286 Koltuk (NFPA Sabit Koltuklu Toplanma Kullanımı)	286
	Ofis	2360	2360/9,3 (NFPA Ofis Kullanımı)	251
4. Kat	Teras		320 Koltuk (NFPA Sabit Koltuklu Toplanma Kullanımı)	320
	Ofis	1479	2320/9,3 (NFPA Ofis Kullanımı)	159
5. Kat	Ofis	1573	1573/9,3 (NFPA Ofis Kullanımı)	169
•••	**•••**	**•••**	**•••**	**•••**
10. Kat	Ofis	1573	1573/9,3 (NFPA Ofis Kullanımı)	169
11. Kat	Mutfak	178	178/9,3 (NFPA Ofis Kullanımı)	19
	Yeme Alanı		448 Koltuk (NFPA Sabit Koltuklu Toplanma Kullanımı)	448
	Ofis	564	564/9,3 (NFPA Ofis Kullanımı)	61
Toplam Kullanıcı				**4398 kişi**

Gerçek kullanıcı yükü hesaplanırken, NFPA 101'deki kullanıcı yükünde göz ardı edilen eş zamanlılık faktörü dikkate alınmıştır. Örneğin hakimler, sadece hâkim odalarında kabul edilirken duruşma salonlarında ve yemekhanede tekraren sayılmamıştır. Ayrıca aynı anda kullanılmayacağı öngörülen duruşma salonları için; her iki salondan birinin tahliye anında kullanıldığı öngörülmüştür. Duruşma salonları için ortalama %50 doluluk oranı, bekleme alanları koltuk sayısınca ve otopark için ortalama %15 doluluk oranı (her 100 araç yeri için 15 kişi) öngörülmüştür. Sonuçta kullanıcı yükü 2150 kişi olarak hesaplanmıştır. Bahsedilen hesaplama Tablo 2'de görülmektedir. Binanın gerçek kullanıcı yükünün hesaplanması, literatürde bazı örneklerde görülmektedir (Muha, 2012; Ronchi ve Nilsson, 2013).

Tablo 2. 2. Senaryo İçin Gerçek Kullanıcı Yükü Hesaplaması (Actual Occupant Load Calculation for 2. Case)

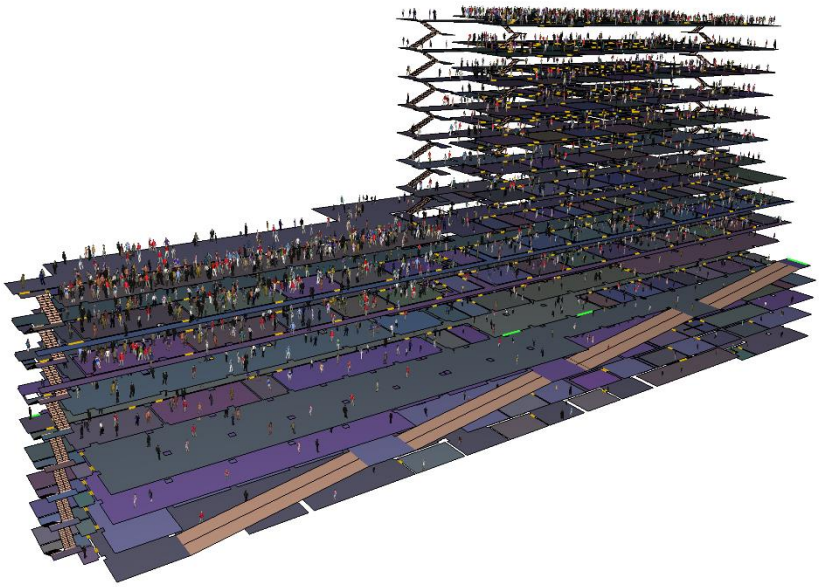
Kat	Çalışan Sayısı	Ziyaretçi Sayısı	Kattaki Kullanıcı Sayısı
4. Bodrum	2	Otopark (85 Araçlık Alan; (85x15) /100) =13 kişi	15
3. Bodrum	-	Otopark (101 Araçlık Alan; (101x15) /100) =15 kişi	15
2. Bodrum	-	Otopark (102 Araçlık Alan; (102x15) /100) =15 kişi	15
1. Bodrum	-	Otopark (106 Araçlık Alan; (106x15) /100) =16 kişi	16
Zemin Kat	113	Bekleme Alanı (164 Koltuk) =164 kişi	277
1. Kat	201	Bekleme Alanı (84 Koltuk) =84 kişi	285
2. Kat	45	Bekleme Alanı (210 Koltuk) =210 kişi Duruşma Salonu (Her İki Salondan Biri (128 koltuk x50) /100) =64 kişi	319
3. Kat	48	Bekleme Alanı (210 Koltuk) =210 kişi Duruşma Salonu (Her İki Salondan Biri (128 koltuk x50) /100) =64 kişi	322
4. Kat	50	Bekleme Alanı (60 Koltuk) =60 kişi	110
5. Kat	71	Bekleme Alanı (60 Koltuk) =60 kişi	131
6. Kat	67	Bekleme Alanı (60 Koltuk) =60 kişi	127
7. Kat	67	Bekleme Alanı (60 Koltuk) =60 kişi	127
8. Kat	67	Bekleme Alanı (60 Koltuk) =60 kişi	127
9. Kat	67	Bekleme Alanı (60 Koltuk) =60 kişi	127
10. Kat	67	Bekleme Alanı (60 Koltuk) =60 kişi	127
11. Kat	10	-	10
Toplam Kullanıcı Sayısı	**875 kişi**	**1275 kişi**	**2150 Kişi**

4.3. Ön Kabuller ve Tahliye Süreci

Binanın tahliye benzetimi 2 farklı senaryo üzerinden gerçekleştirilirken yaya yürüme hızı, Pathfinder programının varsayılan yürüme hızı olan 1,19 m/sn olarak kabul edilmiştir. Kullanıcıların kadın-erkek oranı %50-%50 olarak kabul edilmiştir. Yapılan bir araştırmaya göre Türk insanı için omuz genişliği ölçüsü erkekler için 430 mm, kadınlar için 423 mm olarak ölçülmüştür (Güleç vd., 2009). Fakat omuz genişliği faktörü, bu çalışma kapsamına alınmamış, dolayısıyla programın varsayılan değeri olan 455,80 mm kullanılmıştır. Simülasyona dair bina modelindeki bir diğer parametre olan yangın merdivenlerinin genişlikleri 125 cm, ana merdiven genişliği ise 150 cm'dir. Yangın durumunda ana merdiven açık merdiven olması ve yangın yeterliliklerini sağlamaması nedeniyle benzetim çalışmalarında bu merdiven kullanılmamış, sadece yangın merdivenleriyle tahliye sağlanmıştır. Tüm merdivenler için basamak derinliği 30 cm, rıht yüksekliği ise 16,15 cm'dir. Tahliye anında kullanıcıların tahliyesi amacıyla asansör kullanımı, araştırma konusunun dışında tutulmuştur. Tüm kullanıcıların tahliye hareketinin başından sonuna kadar aynı hız sınırıyla (1,19 m/sn) ilerlediği kabul edilmiştir. Ön kabuller Tablo 3'te ve Tablo 4'te gösterilmektedir. Belirtilen parametrelere göre oluşturulan bina modeli Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 3. Ön Kabuller

Cinsiyet Dağılımı	**(%50 Erkek %50 Kadın)**	
Kullanıcı Yürüme Hızı	1,19 m/sn.	
Kullanıcı Omuz Genişliği	455,80 mm.	
Merdiven Rıht Yüksekliği	16,15 cm.	
Merdiven Basamak Derinliği	30 cm.	
Merdiven Genişliği	Yangın Merdivenleri	125 cm.
	Ana Merdiven	150 cm.



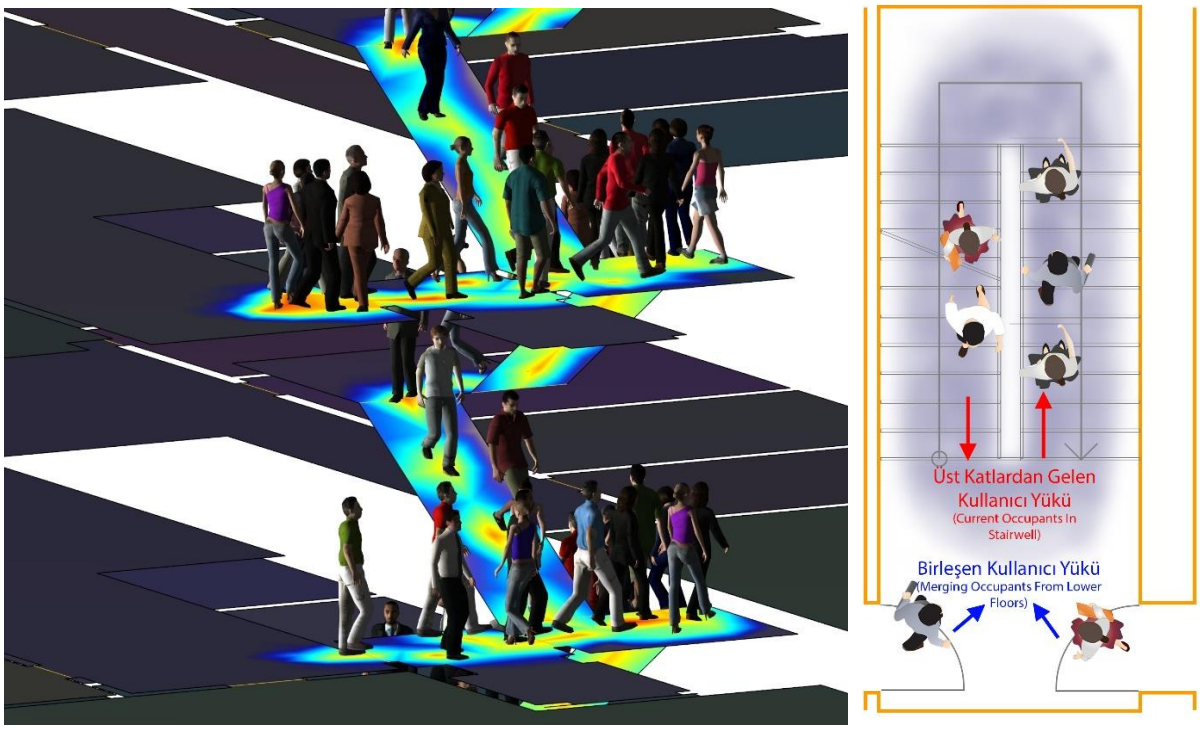
Şekil 6. 1. Durum Benzetimi (0. sn.)

Tablo 4. Çalışmada İncelenen Senaryolar

Senaryo	Tanım	Kullanıcı Sayısı
Senaryo 1	NFPA 101 Standardına Göre Kullanıcı Yükü (Asansörler ve Ana Merdiven Kullanım Dışı)	4398
Senaryo 2	Gerçek Kullanıcı Yükü (Asansörler ve Ana Merdiven Kullanım Dışı)	2150

4.4. Birleşme Etkisi

Kullanıcılar binada en üst kattan başlayarak, öncelikle merdivenlere ulaşmakta, daha sonra alt katlara doğru hareket etmektedirler. Bu durumda her kat, kendinden alttaki katlara bir yük sağlamaktadır. Örneğin, 11. kattaki kullanıcılar merdivenden inerken, 10. kattan itibaren 10. kat kullanıcıları ile merdiveni paylaşmaktadır. Kat kullanıcılarının ve merdivende üst kattan gelen kullanıcıların bu noktada birleşmesine (merging effect) birleşme etkisi denilmektedir. Bu durum, yayaların hızını azaltan bir etki yaratır. Yangın merdivenine giriş kapılarının yaya akışına göre doğru konumlandırılması, birleşme etkisi ile kaybolan zamanın en aza indirilmesinde etkili olacaktır (Fang vd., 2012; Huo vd., 2016; Wu ve Huang, 2015). Bu bağlamda şekil 7'de görüldüğü üzere yangın merdivenine açılan kapılar, sahanlık miktarınca geri çekilmeli, böylelikle kattaki kullanıcıların yangın merdivenindeki akışı bozmadan tahliye edilmeleri sağlanmalıdır.



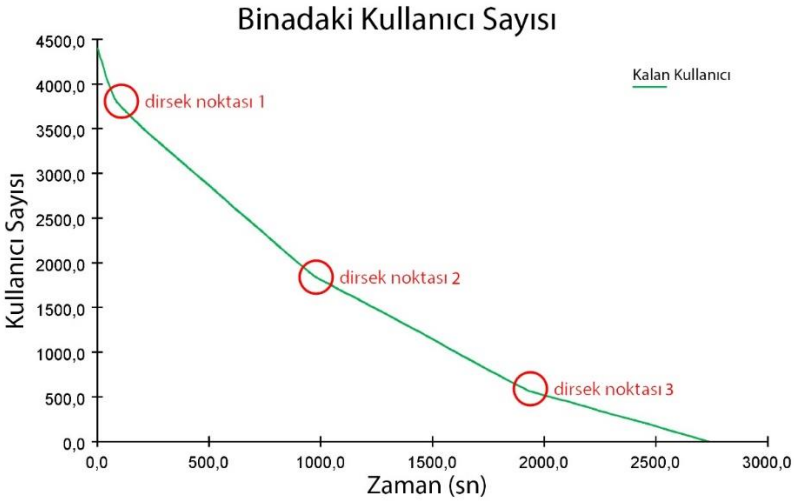
Şekil 7: Merdivenlerde Birleşme Etkisi

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

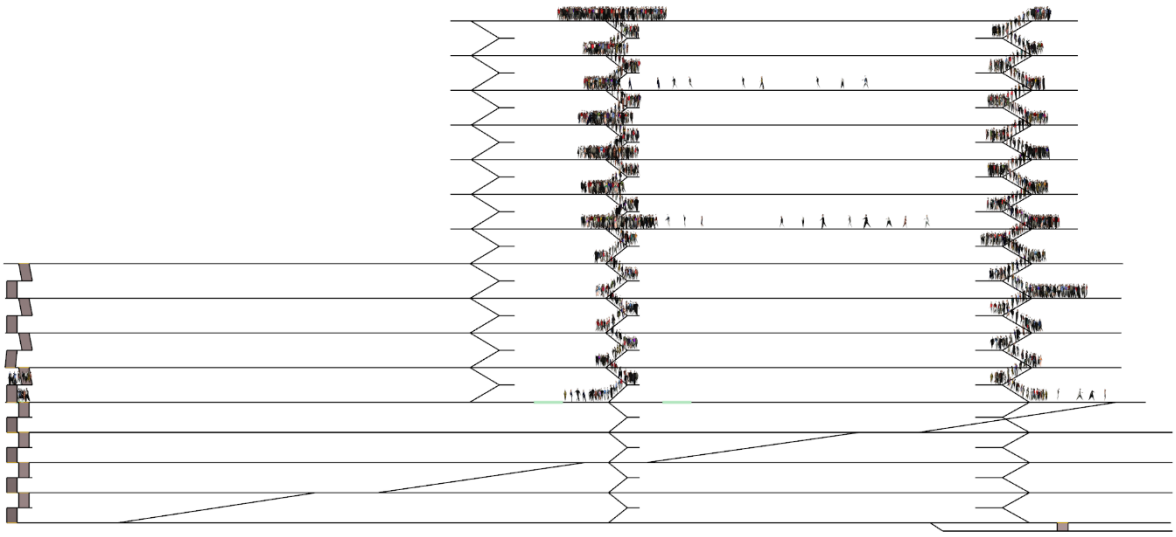
Yapılan benzetim çalışması sonucunda elde edilen tahliye süreleri Tablo 5'te verilmiştir. 1. durumda binada bulunan 4398 kullanıcının binadan tamamen tahliye edilmesi 45 dk. 35 sn. (2735 sn.) sürmüştür. 1. durum için binadaki kullanıcı sayısını gösteren Şekil 8'de 3 adet dirsek noktası gözlenmektedir. Bunlardan 1. dirsek noktası, zemin kattaki kullanıcıların herhangi bir limit veya sınırlayıcı (yangın merdiveni veya kapılar) olmadan çıkış kapılarına ulaşabilmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu noktadan sonra yangın merdivenleri, üst katlardan gelen kullanıcılar için bir limit oluşturmakta, tahliye edilen kullanıcı sayısı sınırlanmaktadır. 2. dirsek noktası ise Şekil 9'da görüldüğü üzere Y-1 merdivenlerindeki kullanıcılar tahliye edildiği için kalan tüm kullanıcıların Y-2 ve Y-3 merdiveni ile sınırlandırılmasından kaynaklanmaktadır. 3. dirsek noktası ise Şekil 10'da görüldüğü üzere binada kalan tüm kullanıcıların tahliyesinin Y-2 merdiveni ile sınırlandırılmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 5. İncelenen Senaryolarda Tahliye Süreleri

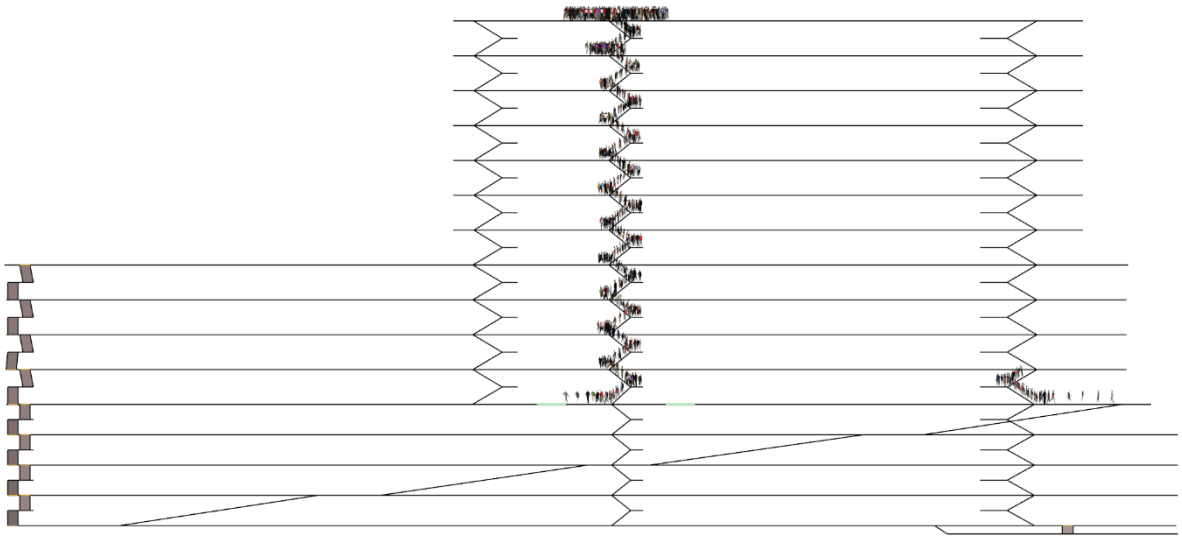
Senaryo	Kullanıcı Yükü	Tamamen Tahliye Süresi
1	4398	45 dakika 35 saniye
2	2150	18 dakika 50 saniye



Şekil 8. Binadaki Kişi Sayısı (1. Durum) (Number of Occupants in the Building (1. Case))

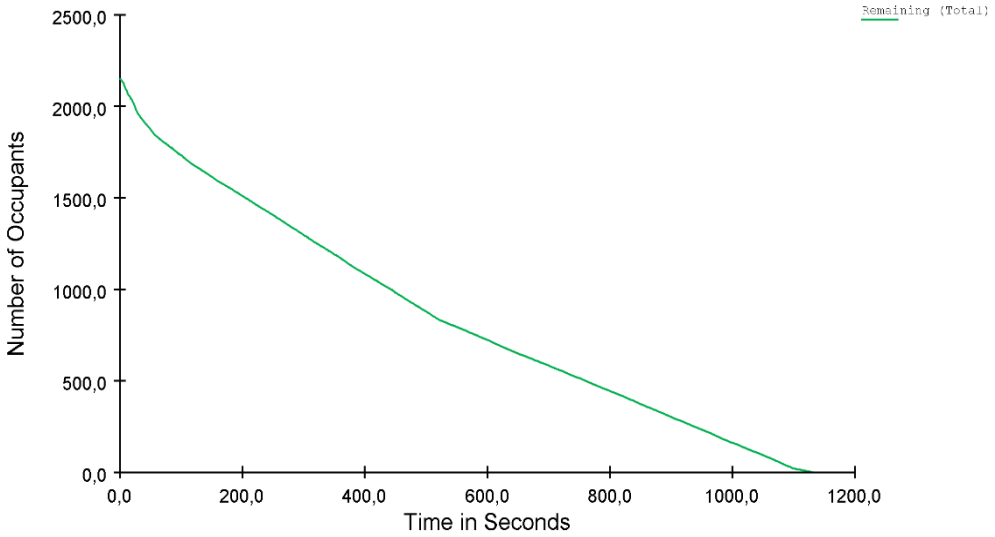


Şekil 9. 1. Durum Benzetimi (918. sn.) (Simulation of 1. Case (918. s.))

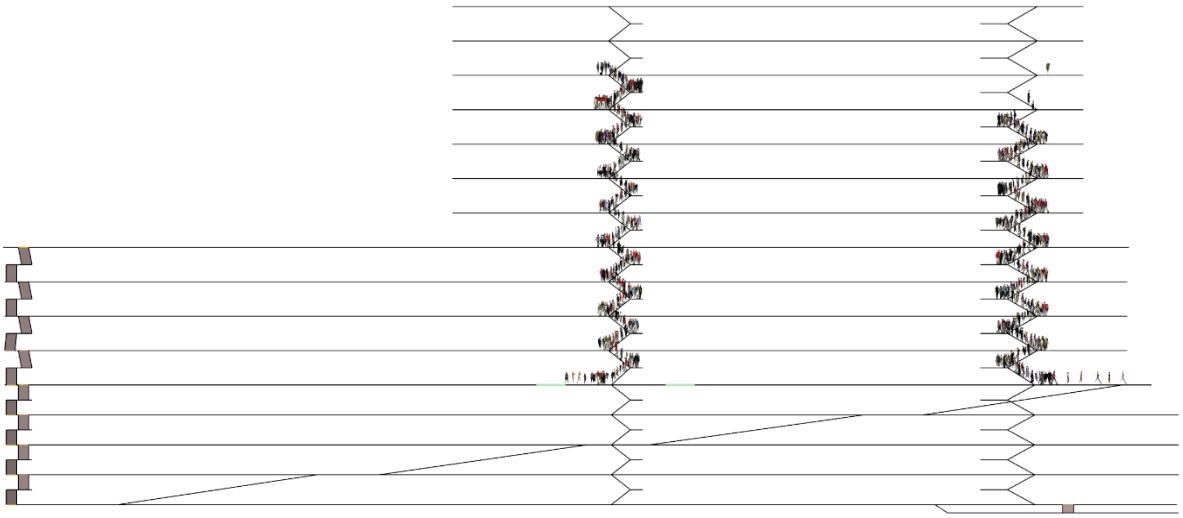


Şekil 10. 1. Durum Benzetimi (1863. sn.) (Simulation of 1. Case (1863. s.))

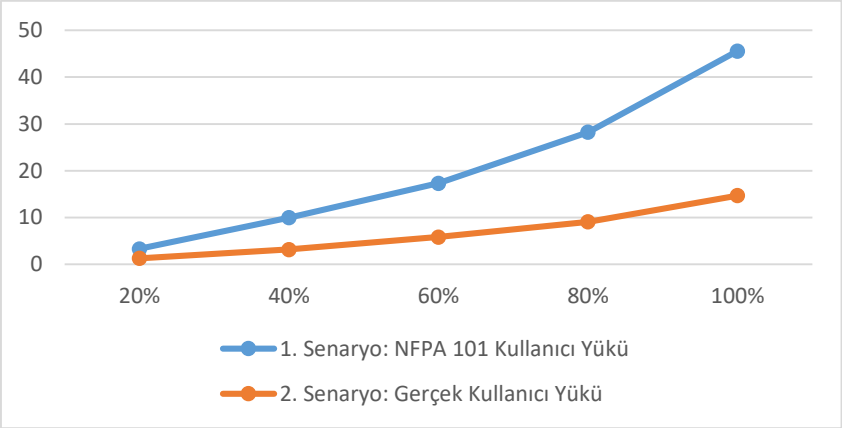
2. durumda binanın tamamen tahliye edilmesi 18 dk. 50 sn (1130 saniye) sürmüştür. Binada kalan kullanıcı sayısını gösteren Şekil 11'de görüldüğü üzere grafikte 2 farklı dirsek noktası oluşmuştur. 1. Dirsek noktasının sebebi, Şekil 12'de görüldüğü üzere Y3 merdivenindeki kullanıcıların tahliye edilmesi sonucu kalan kullanıcıların Y2 ve Y1 merdivenleri ile tahliye edilmesi ve bu andan itibaren bina tahliyesinin bu iki merdivenden devam etmesinden kaynaklanmaktadır. 2. Dirsek noktası ise Y1 merdivenindeki kullanıcıların tahliye edilmesiyle kalan tüm kullanıcıların Y2 merdiveninde olması sonucu oluşmuştur. Ayrıca 2. durumda 3 dk 23 sn'de (203. Saniye) herkes güvenli alanlara (yangın merdiveni veya yangın güvenlik holüne) girmiştir.



Şekil 11. Binadaki Kullanıcı Sayısı (2. Durum) (Number of Occupants in the Building (2. Case))



Şekil 12. 2. Durum Benzetimi (640. sn.) (Simulation of 2. Case (640. s.))



Şekil 13. Kullanıcı Oranı – Binadan Tamamen Çıkma Süresini Gösteren Dağılım Grafiği (Scatter Graph Showing Occupant Ratio–Evacuation Time)

6. SONUÇ

Bu çalışmanın asıl amacı, ön tanımlı ve performans tabanlı modellerin yüksek binaların tahliye verimliliğinin değerlendirilmesindeki yetkinliklerinin karşılaştırılmasıdır. Bu bağlamda ön tanımlı yönetmeliğe uygun ve ön tanımlı metotlarla sınanmış ve testi geçmiş olan Gaziantep Ek Adliye Binası, performans tabanlı metotla benzetim çalışması ile sınanmıştır. Pathfinder benzetim programı ile yapılan çalışma, bina kullanıcı yükü NFPA 101'e göre hesaplanan kullanıcı yükü ve gerçek kullanıcı yükü karşılaştırılarak 2 örnek durum üzerinden yapılmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen bulgular 5. bölümde verilmiştir. Sonuç olarak ön tanımlı modele göre "tahliye etkin" olduğu görülen binanın performans tabanlı benzetim analizi, binanın 1. bölümde bahsedilen kısasları sağlamadığı görülmüştür. 1. durumda NFPA 101'e göre yapılan kullanıcı yüklemesinin aşırı fazla ve gerçekçi olmayan bir yükleme olduğu gözlenmiştir. Bu durumda binanın tamamen tahliye edilmesi 45 dk. 35 sn. sürmüştür. 2. durumda ise binanın gerçek çalışan sayısı ve bu sayı üzerinden %40 ziyaretçi yüklemesi ile yapılan benzetim sonucu 18 dk. 50 sn. içerisinde binanın tamamen tahliye edildiği, 3 dk. 23 sn. içerisinde ise tüm kullanıcıların güvenli alanlara girdiği gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 13'te gösterilmiştir. Sonuç olarak Gaziantep Ek Adliye

Binası, 5. bölümde bahsedilen uluslararası yönetmeliklerin gerekliliklerini 1. durumda NFPA 101 yönergesine göre kullanıcı yüklemesi yapıldığında sağlayamamıştır. Gerçek kullanıcı yükü tayin edilerek oluşturulan 2. durumda ise 15 dakikada tamamen tahliyeyi sağlamış fakat 2,5 dakika içerisinde güvenli alanlara geçilmesini sağlayamamıştır.

Yüksek binaların etkin tahliyeye imkân verecek şekilde planlanmasında, çok sayıda kat olması ve bu katlardaki insanların kısa sürede tahliye edilmesi zor olduğundan bina içi önlemlerin önemi artmaktadır. Acil durum merdivenlerinin, tüm kullanıcıların en kısa sürede güvenli alana geçebilmesine imkân verecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu bağlamda bölüm 4.4'te bahsedilen birleşme etkisi göz önünde bulundurularak tasarım yapılmalıdır. Bunun için merdiven kovalarının acil durumda tüm kullanıcıların sığacağı büyüklükte yapılması düşünülebilir. Fakat burada binanın gerçekçi kullanıcı yükü göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 10 ve 12'de görüldüğü üzere başka boş merdiven bulunduğu halde bir merdivene yığılmış kullanıcıların oluşmasını engellemek için tüm merdivenlerin görülebilir yerlerde olması veya gerekli yönlendirmenin sağlıklı bir şekilde yapılması gerekmektedir. Çünkü merdiven içine giren kullanıcılar, kalabalık etkisiyle yeni yollar arama imkanına sahip olmayıp yoluna devam etme eğilimindedir. Bina kullanıcılarının merdivenlere en efektif şekilde dağıtılabilmesi için bu konuyla ilgili görevliler tayin edilmesi ve bina personelinin belli aralıklarla tatbikata tabi tutulması, binanın hangi bölümündeki kişilerin hangi merdivenleri kullanması gerektiğinin bir acil durum tatbikat planı ile belirlenmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

Aydın, M. M., Akgöl, K., & Günay, B. (2019). Trafik sakinleştirme çalışmalarında farklı kıvrımlama uygulamalarının sürüş simülatörü ortamında incelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(4), 1793–1806. https://doi.org/10.17341/gazimmfd.571558

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik., Pub. L. No. 26735 (2015).

Brown, S. (2016). Fire and Evacuation Modelling Technical Conference. A UK Evacuation Case Study Using Pathfinder Questions the Suitability of Fire Safety Guidance. Costa de Sol.

Chen, J., Ma, J., & Lo, S. M. (2017). Event-driven modeling of elevator assisted evacuation in ultra high-rise buildings. Simulation Modelling Practice and Theory, 74, 99–116. https://doi.org/10.1016/J.SIMPAT.2017.03.004

Code for Fire Protection Design of Tall Building, (2005). Chinese Standard in English/GB 50045-1995.

Code of Practice for Lift Works and Escalator Works, (2018). Electrical and Mechanical Services Department The Government of the Hong Kong Special Administrative Region.

Ding, Y., Yang, L., Weng, F., Fu, Z., & Rao, P. (2015). Investigation of combined stairs elevators evacuation strategies for high rise buildings based on simulation. Simulation Modelling Practice and Theory, 53, 60–73. https://doi.org/10.1016/J.SIMPAT.2015.01.004

Fang, Z.-M., Song, W.-G., Li, Z.-J., Tian, W., Lv, W., Ma, J., & Xiao, X. (2012). Experimental study on evacuation process in a stairwell of a high-rise building. Building and Environment, 47, 316–321. https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2011.07.009

Galea, E. R., Sharp, G., Lawrence, P., & Holden, R. (2008). Approximating the Evacuation of the World Trade Center North Tower using Computer Simulation. Journal of Fire Protection Engineering - J FIRE PROT ENG, 18, 85–115. https://doi.org/10.1177/1042391507079343

Güleç, E., Akın, G., Sağır, M., Koca Özer, B., Gültekin, T., & Bektaş, Y. (2009). ANADOLU İNSANININ ANTROPOMETRİK BOYUTLARI: 2005 YILI TÜRKİYE ANTROPOMETRİ ANKETİ GENEL SONUÇLARI. Ankara Ünibersitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 49(2), 187–201.

Haitao, C., Leilei, L., & Jiuzi, Q. (2012). Accident Cause Analysis and Evacuation Countermeasures on the High-Rise Building Fires. Procedia Engineering, 43, 23–27. https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2012.08.005

Huo, F., Song, W., Chen, L., Liu, C., & Liew, K. M. (2016). Experimental study on characteristics of pedestrian evacuation on stairs in a high-rise building. Safety Science, 86, 165–173. https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2016.02.025

Hurley, M. J., Gottuk, D. T., Hall, J. R., Harada, K., Kuligowski, E. D., Puchovsky, M., … WIECZOREK, C. J. (2015). SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Retrieved from https://books.google.com.tr/books?id=Jh88rgEACAAJ

Kinsey, M., Galea, E. R., & Lawrence, P. (2012). Human Factors Associated with the Selection of Lifts/Elevators or Stairs in Emergency and Normal Usage Conditions. Fire Technology, 48, 3–26. https://doi.org/10.1007/s10694-010-0176-7

Kuligowski, E. (2003). Elevators for occupant evacuation and fire department access. NISTIR.

Leur, P. van de. (2005). Building Evacuation, Rules and Reality. HERON, 50(4), 237–246.

Lowe, S. (2019). Prescriptive vs. Performance Specifications In Construction. Retrieved September 23, 2019, from https://www.traunerconsulting.com/prescriptive-vs-performance-specifications-in-construction/

Ma, J., Lo, S. M., & Song, W. G. (2012). Cellular automaton modeling approach for optimum ultra high-rise building evacuation design. Fire Safety Journal, 54, 57–66. https://doi.org/10.1016/J.FIRESAF.2012.07.008

McConnell, N. C., Boyce, K. E., Shields, J., Galea, E. R., Day, R. C., & Hulse, L. M. (2010). The UK 9/11 evacuation study: Analysis of survivors' recognition and response phase in WTC1. Fire Safety Journal, 45(1), 21–34. https://doi.org/10.1016/J.FIRESAF.2009.09.001

Muha, T. (2012). Evaluating Occupant Load Factors for Business Operations. Worcester.

Nakahama, S., Ebihara, M., Sekizawa, A., Ikehata, Y., & Notake, H. (2005). An Examination Of Feasibility Of Elevator Evacuation Based On Risk Assessment. Fire Safety Science, 8, 611–622. https://doi.org/10.3801/IAFSS.FSS.8-611

National Fire Protection Association, NFPA 101-Life Safety Code, (2009).

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği. Resmî Gazete Tarihi: 03.07.2017 Resmî Gazete Sayısı: 30113, (2017).

Reynolds, C. W. (1999). Steering Behavior for Autonomous Characters. Game Developers Conference, 763–782.

Ronchi, E., & Nilsson, D. (2013). Assessment of Total Evacuation Systems for Tall Buildings.

Sosnowski, M., & Pisarek, J. (2014). Comparative analysis of evacuation modelling using different numerical models. Prace Naukowe Akademii Im. Jana Długosza w Częstochowie. Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa, 2, 383–390. https://doi.org/10.16926/tiib.2014.02.33

Strömgren, M. (2018). Fire Safety Europe. Retrieved September 23, 2019, from https://firesafeeurope.eu/performance-based-design-prescriptive-methods/

Topraklı, A. Y., Sedihemaiti, S., & Ağraz, G. (2019). Osmanlı klasik dönem tipi modern camilerin tahliye problemine ilişkin değerlendirme. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(4), 2261–2270. https://doi.org/10.17341/gazimmfd.490086

Wu, G.-Y., & Huang, H.-C. (2015). Modeling the emergency evacuation of the high rise building based on the control volume model. Safety Science, 73, 62–72. https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2014.11.012

View publication stats