



**YERALTI METRO İSTASYONLARINDA PASİF YANGIN GÜVENLİK
ÖNLEMLERİ: TAHLİYE SÜRECİNİN İNCELENMESİ VE BİR
ÖRNEKLEM**

Emine Deniz ÖZDAMAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2020

Emine Deniz ÖZDAMAR tarafından hazırlanan “YERALTI METRO İSTASYONLARINDA PASİF YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ: TAHLİYE SÜRECİNİN İNCELENMESİ VE BİR ÖRNEKLEM” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Fusun DEMİREL

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Ali İhsan ÜNAY

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Prof. Dr. Metin ARSLAN

Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Ana Bilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 15/01/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans 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.

Emine Deniz ÖZDAMAR

15/01/2020

YERALTI METRO İSTASYONLARINDA PASİF YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ: TAHLİYE SÜRECİNİN İNCELENMESİ VE BİR ÖRNEKLEM

(Yüksek Lisans Tezi)

Emine Deniz ÖZDAMAR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2020

ÖZET

Tahliye süreci ve insan davranışı birbirini tamamlayan iki ana kavram olmakla beraber, binalarda yangın güvenliği projelerinin yapı taşı oluşturulmaktadır. Yapıya ilişkin özel yangın güvenlik önlemlerinin alınması gereken yeraltı metro istasyonlarında, tahliye sürecini kontrol altında tutabilmek için birçok düzenleme ve standartlar yürürlüğe girmiştir. Ancak, ulusal yangın mevzuatı olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğin, yeraltı metro istasyonlarında pasif yangın güvenliği ve engelli bireylerin tahliyesi ile ilgili eksiklikleri mevcuttur. Bu çalışmada, yeraltı metro istasyonlarında pasif yangın güvenliğinin sağlanması için uluslararası ve ulusal kapsamda yangın güvenliği yönetmeliği ve standartları karşılaştırılmış, parametreler değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler ışığında, örnek yeraltı metro istasyonu üzerinden hem geleneksel yöntem olan el hesabı hem de performans temelli bir program olan Pathfinder hareket simülasyonu ile tahliye süreci ve kaçış elemanlarının kapasitesi test edilmiştir. Geleneksel yöntemin ötesinde, Pathfinder hareket simülasyonu ile kullanıcıların yoğunluğu ve hız parametreleri değerlendirilerek, yapıdaki riskli noktalar saptanmış, değerlendirilmiş ve çözümler sunulmuştur. Bunun sonucunda, performans temelli hareket simülasyon programlarının, çeşitli parametreleri test edip değerlendirme kabiliyeti sayesinde, yangın güvenliğinin sağlanması açısından avantaj sağladığı görülmüştür. Engelli bireylerin tahliye sürecine olan etkisine ışık tutularak, yapılarda engelli bireyler için tahliye stratejisinin sağlanması gerektiği vurgulanmıştır.

Bilim Kodu : 80103
Anahtar Kelimeler : Yeraltı metro istasyonları, Tahliye süreci, Tahliye simülasyonu,
Pasif koruma, Yangın güvenliği
Sayfa Adedi : 103
Danışman : Prof. Dr. Füsün DEMİREL

PASSIVE FIRE SAFETY MEASURES IN UNDERGROUND METRO STATIONS:
ASSESSMENT OF EVACUATION PROCESS AND A CASE STUDY

(M. Sc. Thesis)

Emine Deniz ÖZDAMAR

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2020

ABSTRACT

Evacuation process and human behavior are complementary main concepts and they are the cornerstone of fire safety projects in buildings. Because subway stations require special passive fire protection features, various regulations and standards had been developed to facilitate emergency egress of occupants. However, Turkish Fire Regulation has inadequacies regarding passive protection features and evacuation of people with disabilities in underground metro stations. In this study, in order to provide passive protection in underground subway stations, international and national fire safety regulations and standards were compared and parameters were evaluated. In the light of such assessments, the evacuation process and the capacity of the egress components were tested by means of the traditional method of hand calculation according to NFPA 130, and the Pathfinder egress simulation, a performance-based program, on the sample underground subway station. Beyond the traditional method, the density and speed parameters of the users were evaluated with Pathfinder egress simulation, potential bottlenecks in the structure were determined, evaluated and solutions were presented, accordingly. As a result, it has been found that performance-based egress simulation programs provide an advantage in terms of fire safety due to the ability to test and evaluate various parameters. It is concluded that the evacuation strategy for the disabled people in the buildings should be studied and verified by clarifying the effect of the disabled individuals on the evacuation process.

Science Code : 80103
Key Words : Underground metro station, Evacuation process, Evacuation simulation, Passive fire protection, Fire safety
Page Number : 103
Supervisor : Prof. Dr. Füsün DEMİREL

TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresince başta, her aşamasında bana yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen, saygıdeğer tez danışmanım, Prof. Dr. Füsun DEMİREL'e; tez sürecinin beraberinde yürüttüğüm iş hayatımda, bana sonsuz anlayış ve yol gösteren, arkadaşlığını esirgemeyen Pınar YILMAZ TUNA'ya ve değerli bilgilerini paylaşan, sorularımı bıkmadan cevaplayan Bora KOCAMAN'a teşekkürlerimi sunarım. 2013 yılında stajımı gerçekleştirdiğim ve tekrar yolumun kesiştiği, tez çalışmasında örnekleme yer verilen yeraltı metro istasyonu için değerli projelerini paylaşan, araştırmacı ve araştırmaları destekleyen bir kuruluş oluşuna şahit olduğum, Yüksel Proje 'ye ve proje desteği aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sn. Cihan KAYHAN'a; aynı heyecanla yardımcı olan Sn. Başar BULUT ve Sn. Özgür ÖZTÜRK'e teşekkürü bir borç bilirim. Onlar olmasaydı burada olmazdım dediğim ailem; en başta kendi derslerinden ve zamanından fedakârlık gösteren, beraber sabahladığımız, kardeşim Ahmet Ege ÖZDAMAR'a; tüm kahrıma rağmen benim suyuma giden ve güzel ev ortamı sağlayan, "yaparsın kızım"ları ve desteğini daima arkamda hissettiren canım annem ve babam, Müberra ÖZDAMAR ve Bülent ÖZDAMAR'a; bana daima pozitif kalmam gerektiğini dili olmasa da gösterebilen köpeğim Barış'a ne kadar teşekkür etsem az.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. YERALTI METRO İSTASYONLARI VE PASİF YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ	9
2.1. Genel Kavramlar.....	9
2.2. Tahliye Süreci.....	13
2.2.1. Tahliye süresi.....	16
2.2.2. Mevcut güvenli tahliye süresi ve gerekli güvenli tahliye süresi	17
2.2.3. Toplam tahliye süresi.....	20
2.2.4. Kuyruk oluşumu	21
2.3. İnsan Davranışı ve Fazlar	22
2.3.1. Panik davranış	26
2.3.2. Paralize olmak	26
2.3.3. Sürü psikolojisi.....	27
2.4. Yeraltı Metro İstasyonlarında Tahliye.....	27
2.4.1. Tahliyeye etki eden faktörler.....	27
2.4.2. Yeraltı metro istasyonlarında tahliye stratejisi.....	28

3. YERALTI METRO İSTASYONLARINDA PASİF KORUMA BAĞLAMINDA ULUSAL VE ULUSLARARASI YANGIN MEVZUATLARI VE PERFORMANS KRİTERLERİ.....	31
3.1. Mevzuatların Yeraltı Metro İstasyonları Açısından Karşılaştırılması.....	31
3.2. Ulusal ve Uluslararası Yangın Mevzuatları Kriterleri Özet Tablosu.....	32
3.2.1. Yatay kaçış elemanları ve kapasitesi	32
3.2.2. Düşey kaçış elemanları ve kapasitesi.....	36
4. ÖRNEK ÇALIŞMA: İSTANBUL'DA BİR YERALTI METRO İSTASYONU.....	45
4.1. Örnek Yeraltı Metro İstasyonu ile İlgili Genel Bilgiler.....	45
4.2. Örnek Yeraltı Metro İstasyonunun Yangın Güvenliği Parametreleri Açısından Analizi	54
4.2.1. Tahliye süresi analizi.....	54
4.2.2. Verilerin değerlendirilmesi.....	90
5. SONUÇ.....	93
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	101

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Literatür araştırma tablosu-1.....	5
Çizelge 1.2. Literatür araştırma tablosu-2.....	6
Çizelge 1.3. Literatür araştırma tablosu-3.....	7
Çizelge 3.1. Platformlar, koridorlar ve rampalar için kriterler	33
Çizelge 3.2. Kapılar ve geçitler için kriterler.....	34
Çizelge 3.3. Ücretli geçişler için kriterler	35
Çizelge 3.4. Yatay tahliye için kriterler	36
Çizelge 3.5. Merdivenler ve yürüyen merdivenler için kriterler	37
Çizelge 3.6. Asansörler için kriterler	38
Çizelge 3.7. Tahliye süresi için kriterler	39
Çizelge 3.8. Kaçışların birim genişlikleri	42
Çizelge 3.9. Kaçış mesafesi için kriterler	42
Çizelge 4.1. Endüstriyel amaçlı kullanım alanlarında çıkışlara götüren en uzun kaçış uzaklıkları.....	48
Çizelge 4.2. Toplanma amaçlı kullanım alanlarında çıkışlara götüren en uzun kaçış uzaklıkları	51
Çizelge 4.3. 1. hat ve 2. hatta göre binen ve inen yolcu verileri.....	55
Çizelge 4.4. Yeraltı metro istasyonunda düşey kaçış olanaklarının kapasitesi.....	59
Çizelge 4.5. Yeraltı metro istasyonunda yatay kaçış olanaklarının kapasitesi	59
Çizelge 4.6. Yeraltı metro istasyonunda ücretli geçiş alanlarından güvenli noktaya kadar kaçış olanaklarının kapasitesi	60
Çizelge 4.7. Platformdaki en uzak mesafeden güvenli noktaya yürüme süresi.....	61
Çizelge 4.8. Yeraltı metro istasyonunda bulunan kullanıcıların aldıkları mesafe aralıkları	72
Çizelge 4.9. Yeraltı metro istasyonunda bulunan kullanıcıların bekleme süresi ve tahliye süresi arasındaki ilişki	79
Çizelge 4.10. Engelli birey yüzdesine göre elde edilen tahliye süreleri	82

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 4.11. Engelli birey yüzdesine göre elde edilen tahliye süre ilişkisi..... 82



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tahliye olanakları	13
Şekil 2.2. Tahliye sürecini oluşturan fazlar	14
Şekil 2.3. Tahliye zaman çizelgesi.....	15
Şekil 2.4. Tahliye süresi.....	16
Şekil 2.5. Tahliye süresini oluşturan fazlar.....	16
Şekil 2.6. Mevcut güvenli tahliye süresi ve gerekli güvenli tahliye süresi.....	17
Şekil 2.7. RSET'i oluşturan fazlar	18
Şekil 2.8. ASET ve RSET'i etkileyen faktörler	19
Şekil 2.9. Toplam tahliye süresi.....	20
Şekil 2.10. Kuyruklarda bekleme süresi	21
Şekil 2.11. Yangın durumunda insanların tepkisinin zaman çizelgesi	24
Şekil 2.12. Tahliye yönü ve güzergâhının şematik gösterimi	29
Şekil 3.1. Oda bazında ve kat bazında alternatiflik	44
Şekil 4.1. Örnek yeraltı metro istasyonunda alternatiflik	46
Şekil 4.2. Teknik hacim katı alanların fonksiyon diyagramı	47
Şekil 4.3. Teknik hacim katı yatay kaçış olanakları	47
Şekil 4.4. Teknik hacim katı düşey kaçış olanakları.....	48
Şekil 4.5. Konkors katı alanların fonksiyon diyagramı	49
Şekil 4.6. Konkors katı yatay kaçış olanakları.....	50
Şekil 4.7. Konkors katı düşey kaçış olanakları	51
Şekil 4.8. Platform katı alanların fonksiyon diyagramı	52
Şekil 4.9. Platform katı yatay kaçış olanakları	53
Şekil 4.10. Konkors katı düşey kaçış olanakları	53
Şekil 4.11. Platform katında en uzun mesafede alınan yol	60

Şekil	Sayfa
Şekil 4.12. Konkors katında en uzun mesafede alınan yol	61
Şekil 4.13. Platformda bulunan kullanıcıların rastgele dağıtıldığında oluşan görünüm.	65
Şekil 4.14. Konkorsta bulunan kullanıcıların rastgele dağıtıldığında oluşan görünüm..	66
Şekil 4.15. Yeraltı metro istasyonunda bulunan kullanıcı sayısının tahliye süresine göre değişimi	66
Şekil 4.16. Platformda bulunan kullanıcı sayısının tahliye süresine göre değişimi.....	67
Şekil 4.17. Tahliye başladıktan sonra 25. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcı dağılımı	68
Şekil 4.18. Tahliye başladıktan sonra 25. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcı yoğunluğu dağılımı	69
Şekil 4.19. Tahliye başladıktan sonra 25. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcıların hız dağılımı	69
Şekil 4.20. Tahliye başladıktan sonra 35. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcı dağılımı	70
Şekil 4.21. Tahliye başladıktan sonra 80. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcı yoğunluğu dağılımı	71
Şekil 4.22. Tahliye başladıktan sonra 80. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcıların hız dağılımı	71
Şekil 4.23. Yeraltı metro istasyonunda yangın kaçış merdivenlerini kullanan kullanıcı sayısı	73
Şekil 4.24. Yeraltı metro istasyonunda yangın kaçış merdivenlerinde akış oranı	74
Şekil 4.25. Yeraltı metro istasyonunda yürüyen merdivenleri kullanan kullanıcı sayısı	74
Şekil 4.26. Yeraltı metro istasyonunda yürüyen merdivenlerde akış oranı	75
Şekil 4.27. Yeraltı metro istasyonunda sirkülasyon merdivenlerini kullanan kullanıcı sayısı	75
Şekil 4.28. Yeraltı metro istasyonunda sirkülasyon merdivenlerinde akış oranı.....	76
Şekil 4.29. Yeraltı metro istasyonunda doğrudan çıkış kapılarında akış oranı.....	77
Şekil 4.30. Yeraltı metro istasyonunda yangın kaçış merdivenlerinin doğrudan çıkış kapılarında akış oranı	77
Şekil 4.31. Yeraltı metro istasyonunda turnikelerde akış oranı	78

Şekil	Sayfa
Şekil 4.32. %1'lik engelli bireylerin rastgele dağıtıldığında platform üzerinde oluşan görünüm.....	80
Şekil 4.33. %2'lik engelli bireylerin rastgele dağıtıldığında platform üzerinde oluşan görünüm.....	80
Şekil 4.34. %3'lük engelli bireylerin rastgele dağıtıldığında platform üzerinde oluşan görünüm.....	81
Şekil 4.35. %4'lük engelli bireylerin rastgele dağıtıldığında platform üzerinde oluşan görünüm.....	81
Şekil 4.36. %5'lik engelli bireylerin rastgele dağıtıldığında platform üzerinde oluşan görünüm.....	81
Şekil 4.37. %2'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 192 saniye sonra oluşan görünüm.....	83
Şekil 4.38. %3'lük engelli bireylerin tahliye başladıktan 297,7 saniye sonra oluşan görünüm.....	84
Şekil 4.39. %4'lük engelli bireylerin tahliye başladıktan 373 saniye sonra oluşan görünüm.....	84
Şekil 4.40. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 41,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı yoğunluğu dağılımı	85
Şekil 4.41. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 61,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı yoğunluğu dağılımı	86
Şekil 4.42. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 61,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı hız dağılımı	87
Şekil 4.43. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 81,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı yoğunluğu dağılımı	87
Şekil 4.44. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 101,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı yoğunluğu dağılımı	88
Şekil 4.45. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 141,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı yoğunluğu dağılımı	88
Şekil 4.46. %5'lik engelli bireylerin kullandığı engelli geçiş turnikelerinde akış oranı	89
Şekil 4.47. Engelli geçiş turnikelerinde akış oranı	89

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Yeraltı metro istasyonlarında konkors görüntüsü.....	11
Resim 2.2. Yoğun bir zaman diliminde konkors görüntüsü	11
Resim 2.3. Yeraltı metro istasyonunda platform görüntüsü	12
Resim 2.4. Yoğun bir zaman diliminde platform görüntüsü	12



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

cm

Santimetre

dk

Dakika

m

Metre

m²

Metrekare

mm

Milimetre

s

Saniye

Kısaltmalar

Açıklamalar

ASET

Mevcut Güvenli Tahliye Süresi

BYKHY

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik

ET

Tahliye Süresi

NFPA

Ulusal Yangından Korunma Derneği

RSET

Gerekli Güvenli Tahliye Süresi

SFPE

Yangından Korunma Mühendisleri Derneği

TDK

Türk Dil Kurumu

TET

Toplam Tahliye Süresi

1. GİRİŞ

Yeraltında konumlanan bir yapıda, can ve mal güvenliğini etkileyebilecek acil durumlardan biri yangındır. Yangının doğal bir afet olmadığı, ihmal ve dikkatsizlik ürünü olduğu anlaşıldığından beri, günümüze kadar yönetmelik ve standartlar, binalarda can ve mal kaybını önlemek için düzenlenmiştir. Yeraltı metro istasyonunda bulunan kullanıcılar, yangın durumunda meydana gelen yoğun ısı ve dumanın oluşması [1] nedeniyle tehdit altında kalarak, güvenli bir şekilde tahliye olamamaktadır. Bu noktada, yeraltı yapılarında yangın güvenliğini sağlamak önem arz etmektedir.

Yangından korunma aktif ve pasif koruma olarak ikiye ayrılmaktadır: aktif koruma, yolcuların güvenli bir yere ulaşmalarına izin verecek şekilde duman ve zehirli gazların birikmesini önlerken, pasif koruma ise yangın güvenliği standartlarına uygun olarak tasarlanmış binalardaki kullanıcıları, güvenli bir bölgeye uygun zaman ve mesafede tahliyesini sağlamaktadır. Aktif koruma ile pasif koruma birlikte çalışmaktadır. Ancak, aktif korumanın bir sorun olması halinde çalışmadığı noktada pasif koruma, fonksiyonunu yerine getirmeye devam etmektedir. Bu nedenle, yapılarda pasif yangın güvenliğinin sağlanması büyük önem arz etmektedir.

Yapıların yeraltında konumlanması, gelişen kentler ve artan nüfus için gereksinim haline gelmiştir. Yeraltı metroları, şehirlerde hızlı ulaşım, kara yollarının yükünü almak ve kısa zamanda bir yerden bir yere ulaştırmak gibi önemli görevleri üstlenmektedir [2]. Ancak, yeraltı metroları kullanım amacından ötürü diğer yapılardan farklıdır. Yeraltı metro istasyonları, yangın güvenliği açısından, kullanıcı yükünün yoğun olması, sınırlı alan ve yer altında konumlandırılmasından ötürü büyük sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle, uluslararası kapsamda raylı sistemlerin yangın güvenliğini ele alan standartlar mevcuttur.

Bu çalışmada, literatür araştırmalarından hareketle, yeraltı metro yapılarında kullanıcı yükünün çok fazla olması, bu durumun tahliye süresine etkisi ve tahliye süresinin analizinin, geleneksel yöntem ve Pathfinder hareket simülasyonu programı ile hesaplanması, elde edilen verilerin karşılaştırılması sağlanmıştır. Engelli bireylerin, geleneksel yöntem hesabında yer almaması nedeniyle, denek grupları oluşturulup Pathfinder simülasyonu ile hesaplanarak, tahliye süresine etkisi görülmüştür. Tüm bu verilerin sonucunda, mimarinin

iyileştirilmesi ve yangın güvenliğinin sağlanmasına yönelik değerlendirme ve çözüm önerileri sunulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde, tezi oluşturan bölümlerin anlaşılabilir olması için standart ve yönetmelikte belirtilen yangın güvenliğine ilişkin kavramların tanımına yer verilmiş, tahliye sürecinin analizi yapılmıştır. Üçüncü bölümde, yeraltı metro istasyonlarını ele alan yangın güvenliği standartları ve yönetmeliği karşılaştırılarak performans kriterleri oluşturulmuştur. Çalışmanın son bölümünde, İstanbul'da bulunan bir yeraltı metro istasyonunun, geleneksel yöntem ve performans temelli program olan Pathfinder hareket simülasyonu ile tahliye süresi analizleri yapılmış; veriler değerlendirilmiş, çözüm önerileri ortaya konulmuştur.

Problemin Tanımı

Yeraltı metro istasyonlarında kullanıcı yükünün çok fazla olması, yangın güvenliğini sağlamak ve kullanıcıların güvenli tahliyesini sağlamak açısından büyük sorun teşkil etmektedir. Mimari tasarımda, pasif yangın güvenliği önlemleri, tutuşmanın başladığı an ile yangının kontrol edilemez hale geldiği an arasında yapıda can ve mal güvenliğini sağlamaktadır. Ancak, ülkemizde yeraltı metro istasyonu projeleri için pasif yangın güvenliği konusunda, ulusal yangın yönetmeliği olan *Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik* kapsamında eksiklikler bulunmaktadır. Örneğin, bu yönetmelikte engelli bireyler, yeraltı metro istasyonlarında kullanıcı yükü hesabı ve tahliye süresi ile ilgili yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Bu bağlamda, Türkiye'de yapılacak bir yeraltı metro istasyonunun, tahliye performansı ve tahliye süreci, NFPA tasarım standartlarının belirlediği yönergeler takip edilerek ele alınmıştır.

Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, mimari tasarımda etkin rol oynayan, Ulusal/Uluslararası yönetmelik ve standartlarının incelenmesi sonucunda elde edilen performans kriterlerinin saptanması; performans temelli simülasyon programı ile mimari tasarıma yol gösterici olması amaçlanmıştır. Yangın durumunda, engelli bireylerin tahliye süresi ve sürecine etkisi sunularak, evrensel tasarımın önemine ışık tutmak amaçlanmıştır.

Ayrıca bu tezde, kullanıcıların, tahliye süre ve sürecini olabildiğince kısa sürede tamamlamasını sağlamak, tehlike altında kalmadan güvenli bir bölgeye ulaştırmak, can kaybını önlemek için tahliye stratejilerinin sunulması hedeflenmiştir.

Tezin Yöntemi

İlk olarak, literatür, ulusal ve uluslararası standartlar ve yönetmeliklerde ele alınan kavramlar açıklanmıştır. Araştırma tekniği olan tarama yöntemiyle, literatür taraması yapılmıştır; elde edilen verilerle tahliye süreci, süreci oluşturan süreler, yangın durumunda insan davranışı ve yeraltı metrolarında tahliye başlıkları altında irdelenmiştir. Ulusal ve uluslararası yönetmelik ve standartlar ışığında, yeraltı metro istasyonlarını ele alan kısımlar incelenip, performans kriterleri oluşturulmuş, veriler özet tablosunda yer verilmiştir. Elde edilen teorik bilgileri, pratiğe dökmek ve gerçek hayata uygulamak için İstanbul'da kesin proje aşamasında olan bir yeraltı metro projesi, örnek çalışma olarak seçilmiştir.

İlk adımda, oluşturulan performans kriterleri ve NFPA 130'un yönlendirmeleriyle geleneksel yöntem olan el hesabı ile yeraltı metro istasyonlarının, kullanıcı yükü hesabı, kaçış olanaklarının kapasiteleri, tahliye süre analizleri ve tahliye boyunca aldıkları yol kriterleri hesaplanmıştır. İkinci adımda, performans temelli Pathfinder hareket simülasyon programı ile yangın güvenliği performans kriterleri test edilmiş; geleneksel yöntem ile karşılaştırılmıştır. Üçüncü adımda, engelli bireylerin kullanıcı yüküne dahil edilmesiyle, Pathfinder hareket simülasyonu ile tahliye süreleri analiz edilmiştir. Elde edilen veriler üzerinden genel değerlendirme yapılmıştır.

'Yeraltı metro istasyonlarında pasif yangın güvenlik önlemleri bağlamında tahliye sürecinin incelenmesi ve bir örneklem' adlı tez çalışmasında, araştırma teknikleri ve yöntemleri ile elde edilen verilerin yönetmelik ve standartlar bağlamında uygun olup olmadığı değerlendirilmiş, bu bilgiler ışığında mimari öneri ve çözümleri sunulmuştur.

Tezin Sınırlılıkları

Yeraltı metro istasyonlarında yangın güvenliği tasarımı yapılırken, birden çok disiplinle (mekanik, elektrik, statik...vb.) koordineli çalışması gerekmektedir. Bu tezin sınırlarında, aktif koruma sistemleri kapsam dışında tutulmuş olup, pasif yangın güvenliği çerçevesinde

özüm önerileri geliştirilmiştir. İlk yapılan simülasyon analizinde, kullanıcı profilleri kapsam dışında tutulmuş, standardize edilmiştir. İkinci yapılan simülasyon analizinde ise, engelli bireyler kapsama dahil edilmiştir.

Araştırmanın Önemi:

Yeraltı metro istasyonları yangın güvenliği açısından yüksek riskli alanlardır. Ulusal yönetmelik olan, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte, yeraltı metro istasyonların yangın güvenliği aktif ve pasif koruma bağlamında detaylı bir şekilde ele alınmamış ve yetersizdir. Ayrıca, BYKHY’de engelli bireylerin tahliye süreç ve stratejilerine dahil edilmemesi diğer bir eksikliktir. Bu araştırma, yangın yönetmeliğin eksiklerine, gereksinimlerine ışık tutma açısından önem arz etmekte ve engelli bireylerin yangın güvenliği bağlamında ele alınması gerektiği konusuna dikkat çekmektedir. Son olarak, performans temelli hareket simülasyon programının, mimari tasarımında yol göstermek ve yangın güvenliğini sağlamak açısından önemli olduğunu belirtmektedir.

Literatür Araştırması:

Ülkemizde yeraltı metro istasyonlarının yangın güvenliği pasif koruma kapsamında yapılan araştırmalar, birçok yapı türüne göre daha komplike ve yeni bir yapı türü olması nedeniyle, oldukça sınırlıdır. Yeraltı metro sistemlerinin geliştiği ülkelerde, yangın güvenliği aktif koruma bağlamında daha fazla çalışmanın yapıldığı, pasif koruma bağlamında yapılan çalışmaların aktif koruma için yapılan çalışmalara göre daha az olduğu anlaşılmıştır; ancak, yine de Türkiye’de yapılan yeraltı metrolarda pasif koruma bağlamında yapılan çalışmalara göre sayıca fazladır.

Literatür araştırmalarında, tahliye süreci ve süreci oluşturan süreleri ele alan Sime, Kendik, Merchant ve Togowa’nın çalışmaları bulunurken; Proulx, Fruin ve Purser’in insan davranışı üzerinde yapılan çalışmaları bulunmaktadır. 2000 yılları sonrasında simülasyon programları yöntemi kullanılarak, tahliye süreci ve insan davranışı üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Çizelge 1.1. Literatür araştırma tablosu-1

No	Yazar/Yazarlar	Yılı	Yayınlandığı Yer	Çalışmanın Türü	Yayının Adı
1	Zhang, Limao Wu, Xianguo Liu, Menjie Liu, Wenli Ashuri, Baabak	2019	Automation in Construction	Makale	Discovering worst fire scenarios in subway stations: A simulation approach
2	Song, Xiao Ya Pan, Yong Jiang, Jun Cheng Wu, Fan Ding, Yu Jun	2018	Procedia Engineering	Makale	Numerical Investigation on the Evacuation of Passengers in Metro Train Fire
3	Lin, Cherng Shing Wu, Ming En	2018	Advances in Mechanical Engineering	Makale	A study of evaluating an evacuation time
4	Kallianiotis, Anastasios Papakonstantinou, Despina Arvelaki, Vasiliki Benardos, Andreas	2018	International Journal of Disaster Risk Reduction	Makale	Evacuation Method Evaluation in Underground Metro Station
5	Hu, Yuling Wang, Xiao Wang, Fei Yue	2018	IEEE Transactions on Computational Social Systems	Makale	A Quantitative Study of Factors Influence on Evacuation in Building Fire Emergencies
6	Hong, Ling Gao, Jia Zhu, Wei	2018	Safety Science	Makale	Self-evacuation modelling and simulation of passengers in metro stations
7	Hashemi, Mahdi	2018	Cogent Engineering	Makale	Emergency evacuation of people with disabilities: A survey of drills, simulations, and accessibility
8	Zhu, Pengen Wei, Weizhi Mei, Jian Tu, Jiangfeng Ding, Ru	2017	Procedia Engineering	Makale	Numerical Simulation & Scene Experiment of Metro Tunnel with Crossover Interval under Fire Conditions
9	Song, Xiao Zhang, Zenghui Peng, Gongzhuang Shi, Guoqiang	2017	Physica A: Statistical Mechanics and its Applications	Makale	Effect of authority figures for pedestrian evacuation at metro stations
10	Li, Yanfeng Wang, Hongyi Wang, Chao Huang, Youbo	2017	Procedia Engineering	Makale	Personnel evacuation research of subway transfer station based on fire environment

Çizelge 1.2. Literatür araştırma tablosu-2

No	Yazar/Yazarlar	Yılı	Yayınlandığı Yer	Çalışmanın Türü	Yayının Adı
11	Chen, Shaokuan Di, Yue Liu, Shuang Wang, Baoshan	2017	Mathematical Problems in Engineering	Makale	Modelling and Analysis on Emergency Evacuation from Metro Stations
12	Zhang, Limao Liu, Mengjie Wu, Xianguo AbouRizk, Simaan M.	2016	Automation in Construction	Makale	Simulation-based route planning for pedestrian evacuation in metro stations: A case study
13	Shiwakoti, Nirajan Tay, Richard Stasinopoulos, Peter Woolley, Peter Jarrod	2016	Australasian Transport Research Forum 2016 Proceedings 16 – 18 November 2016, Melbourne, Australia	Makale	Exploring passengers ' behaviour in an underground train station under emergency condition
14	Maohua Zhonga Congling Shia Xuwei Tub Tairan Fua Li Hea	2016	Fire Technology	Makale	Study of the human evacuation simulation of metro fire safety analysis in China
15	Shiwakoti, Nirajan Tay, Richard Stasinopoulos, Peter Woolley, Peter Jarrod	2016	Australasian Transport Research Forum 2016 Proceedings 16 – 18 November 2016, Melbourne, Australia	Makale	Exploring passengers ' behaviour in an underground train station under emergency condition
16	Erkan, İ. Hastemoglu, H.	2015	Journal of Transportation Technologies	Makale	Building Evacuate Module for Urban Underground Passages: Subway Station in Turkey
17	Wang, W. Lo, T. J.	2014	Procedia Engineering	Makale	A Simulation Study on Passenger Escape in Rail Tunnels
18	Capote, Jorge A. Alvear, Daniel Abreu, Orlando Cuesta, Arturo Alonso, Virginia	2013	Safety Science	Makale	A real-time stochastic evacuation model for road tunnels
19	Ronchi, E.	2012	Lund University	Doktora Tezi	Evacuation Modeling in road Tunnel Fires
20	M. Spearpoint	2004	Journal of Fire Protection Engineering	Makale	The effect of pre-evacuation distributions on evacuation times in the Simulex Model

Çizelge 1.3. Literatür araştırma tablosu-3

No	Yazar/Yazarlar	Yılı	Yayınlandığı Yer	Çalışmanın Türü	Yayının Adı
21	D.A. Purser	2003	2nd International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics	Makale	Behaviour and movement interactions in emergencies and data needs for engineering design
22	D.A. Purser M. Bensilum	2001	Fire Safety Engineering Centre	Makale	Human behaviour in fire and other emergencies
23	J.D. Sime	1996	Fire engineering and emergency planning	Makale	Assessing occupant response time: a key issue for fire engineering
24	P.A. Thompson E.W. Marchant	1995	Fire Safety Journal	Makale	A computer model for the evacuation of large building populations
25	G. Proulx	1995	Fire Safety Journal	Makale	Evacuation time and movement in apartment buildings
26	J.M. Watts	1987	Fire Safety Journal	Makale	Computer models for evacuation analysis
27	J.D. Sime	1986	Fire Safety Science: Proceedings of the First International Symposium	Makale	Perceived time available: the margin of safety in fires
28	E. Kendik	1983	Fire Safety Journal	Makale	Determination of the evacuation time pertinent to the projected area factor in the event of total evacuation of high-rise office buildings via staircases
29	J.J. Fruin	1971	1st edition, USA	Kitap	Pedestrian planning and design
30	F.S. Hillier, R.W. Conway and W.L. Maxwell	1964	Journal of Industrial Engineering	Makale	A multiple server queueing model with statedependent service rate
31	R.W. Conway and W.L. Maxwell,	1961	Journal of Industrial Engineering	Makale	A queueing model with state-dependent service rate
32	B.D. Hankin R.A. Wright	1958	Operational Research Quarterly	Makale	Passenger flow in subways

2. YERALTI METRO İSTASYONLARI VE PASİF YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

2.1. Genel Kavramlar

Tez ve tezi oluşturan bölümlerin açık ve anlaşılabilir olması için tanımlar kısmına yer verilmiştir. Tanımlar, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, National Fire Protection Association 101 Life Safety Code ve National Fire Protection Association 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems kaynaklarından bulunan terimlerdir. Ancak, BYKHY’de terimin tanımı olmadığı durumlarda, TDK’ye başvurulmuş; NFPA standartlarında terimin tanımı olmadığı durumlarda, atıfta buldukları Merriam-Webster sözlüğüne başvurulmuştur. Terimler, alfabetik sıraya göre dizilmiş ve açıklanmıştır.

Çıkış: NFPA 101 ve BYKH’te yapılan tanımlar birleştirildiğinde, Kaçış yollarının, konum, malzeme ve konstrüksiyon bazında binanın diğer alanlarından ayrıldığı ve çıkış erişimine ulaştırılan tahliye olanaklarından biridir. Çıkış kapıları, korunumlu holler, yatay çıkışlar, kaçış merdivenleri ve kaçış rampaları “çıkış” kapsamında değerlendirilmektedir [3,4].

Çıkış sonrası tahliye: Bir yapıdan kaçış sağlayan yolun yapı dışındaki yol ve cadde gibi güvenli bir alana geçit veren bitiş noktasın şeklinde BYKHY’de tanımlanmıştır [3].

Erişilebilir tahliye olanakları: NFPA 101’de yapılan tanıma göre, sığınak alanına, yatay tahliye ile başka bir kompartımana veya kamusal alana kaçışı imkân sayan olanaktır [4].

Kademeli yatay tahliye: BYKHY’de kullanıcıların yangından uzaklaşarak aynı kat seviyesinde yer alan yangın geçirimsiz komşu kompartımana sığınmasını ifade etmektedir. Kaçış mesafesi kompartıman sınırına kadar ölçülmektedir [3].

Kaçış (yangın) merdiveni: Yangın hâlinde ve diğer acil hâllerde binadaki insanların emniyetli ve süratli olarak tahliyesi için kullanılabilen, yangına karşı korunumlu bir şekilde düzenlenen ve tabii zemin seviyesinde güvenli bir alana açılan merdiveni, şeklinde BYKHY’de tanımlanmıştır [3].

Kaçış uzaklığı: Herhangi bir katta bir mekân içinde durulabilen en uzak noktada bulunan bir kullanıcının kendisine en yakın kat çıkışına kadar almak zorunda olduğu yürüme yolunun uzunluğu şeklinde BYKHY’de tanımlanmıştır [3].

Kaçış yolu: BYKHY’de “oda ve diğer müstakil hacimlerden çıkışlar, katlardaki koridor ve benzeri geçişler, kat çıkışları, zemin kata ulaşan merdivenler ve bina son çıkışına giden yollar dâhil olmak üzere binanın herhangi bir noktasından yer seviyesindeki cadde veya sokağa kadar olan ve hiçbir şekilde engellenmemiş bulunan yolun tamamı” şeklinde ifade edilmiştir [3].

Kamusal alan: NFPA 101 tanımına göre, sokak, geçit ve benzeri yollar esasen açık havaya açıktır. Kamuya adanmış veya kamuya uyarlanmış bu yollar, standart bir genişliği ve yüksekliği 3050 mm’den az olmayan alanlar olarak kabul edilmiştir [4].

İstasyon: NFPA 130’da yapılan tanıma göre, metro trenine kullanıcıları bindirme ve indirme amacıyla tasarlanmış, aynı zamanda da servis ve yardımcı mahallerin de bulunabileceği yerdir.

Kapalı İstasyon: NFPA 130’da yapılan tanıma göre, doğrudan atmosfere açık olmayan, duman ve sıcaklığın atmosfere doğal bir yolla dağılmasına izin vermeyecek şekilde inşa edilen istasyondur [5].

Kullanıcı yükü: BYKHY ve NFPA 101’de “herhangi bir anda, bir binada veya binanın esas alınan belirli bir bölümünde bulunma ihtimali olan toplam insan sayısı” olarak tanımlanmıştır. [3,4]

Kullanıcı yükü katsayısı: BYKHY ve NFPA 101’de “yapılarda kişi başına düşen kullanım alanının metrekare cinsinden $m^2/\text{kişi}$ ” olarak tanımlanmıştır [3,4].

Konkors: NFPA 130’da yapılan tanıma göre, istasyon platformlarını, merdiven, yürüyen merdiven veya koridor ile kamusal alanı bir şekilde birbirine bağlayan platform üstü seviyede bulunan alanlardır. Turnikelerden ücretli geçiş, konkors alanında bulunmaktadır [5].



Resim 2.1. Yeraltı metro istasyonlarında konkors görüntüsü [6]



Resim 2.2. Yoğun bir zaman diliminde konkors görüntüsü [7]

Korunumlu koridor/hol: BYKHY’de, bitişik olduğu mekânlardan yangına karşı dayanıklı yapı elemanlarıyla ayrılmak suretiyle yangın etkilerinden korunmuş koridoru veya holü olarak tanımlanmıştır. “Çıkış” teriminin tanımına göre, korunumlu holler çıkış sayılmaktadır; bu tanımdan kaçış mesafesinin korunumlu hole kadar ölçüldüğü anlaşılmaktadır [3].

Metro: TDK’de yapılan tanıma göre, büyükşehirlerde semtler arasında işleyen, ulaşımı yerin altında sağlayan tren, yer altı treni olarak ifade edilmiştir [8].

Platform: NFPA 130 tanımına göre, yolcunun iniş ve binişinin sağlandığı yerdir [5].



Resim 2.3. Yeraltı metro istasyonunda platform görüntüsü [9]

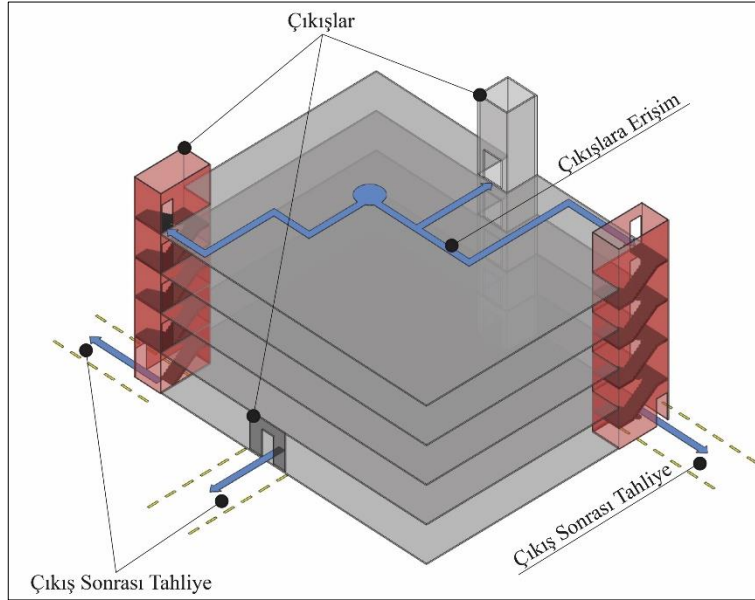


Resim 2.4. Yoğun bir zaman diliminde platform görüntüsü [10]

Tahliye: Türk Dil Kurumu tarafından tahliyenin tanımı, “boşaltma, boşaltım” olarak tarif edilmektedir. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik’te tahliye kavramının tanımı bulunmamaktadır. Uluslararası standartlar olan, NFPA 1 Fire Code/ Bölüm 3- Tanımlar ve NFPA 101 Life Safety Code/Bölüm 3-Tanımlar kısmına göre tahliyenin tanımı yoktur. Ancak, ilgili standartların üçüncü bölümünün ilk paragrafında, aranılan terim standartlarda tanımlanmamışsa, terimin anlamı, kabul görülen ve 1828 yılından beri varlığını sürdüren Merriam-Webster sözlüğünün kaynak olarak alınması gerektiği vurgulanmıştır. Bu bilgiler ışığında Merriam-Webster sözlüğüne göre, tahliye terimi, fiil olarak gitmek ya da çıkmak; isim anlamında ise, çıkış olarak belirtilmiştir [11,12].

Tahliye (kaçış) olanakları: NFPA 101 tarafından yapılan tanıma göre, binanın veya yapının herhangi bir noktasından kesintisiz ve engellerden arındırılmış geçişler ile kamusal alana

kadar ulaştıran imkanlardır. Çıkışlar, çıkışlara erişim ve çıkış sonrası tahliye olmak üzere üç aşamaya bölünmektedir. Tanımın devamında, tahliyenin düşey (merdivenler, asansörler, rampalar) ve yatay kaçış (yatay ıkışlar, koridorlar, geçitler) olanaklarından oluştuğu vurgulanmıştır [4].



şekil 2.1 Tahliye olanakları [13]

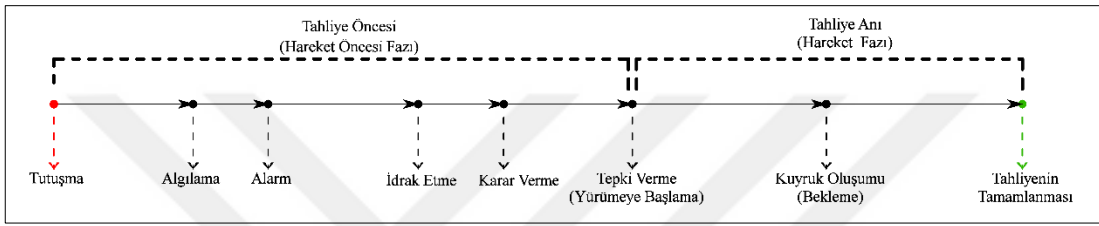
Yolcu Yükü: NFPA 130 tarafından yapılan tanıma göre, trenden inen yolcu, trene binen yolcu ve bağlantılı yolcu yükü olmak üzere üç terime bölünmüştür. Trenden platforma geçiş yapan yolcu, trenden inen yolcuyu belirtmektedir. Platformdan trene geçiş yapan yolcu, trene binen yolcu sayısını tanımlamaktadır; bağlantılı yolcu yükü ise, iki istasyon arasında seyahat eden yolcu sayısını ifade etmektedir [5].

2.2. Tahliye Süreci

Bu bölümde, kullanıcıların yangın durumundaki davranışlarını göz önünde bulundurarak, tahliye sürecini oluşturan süreçler ele alınmaktadır. Yeraltı metro istasyonları, kullanıcı yükü yönünden oldukça kalabalık mimari yapılar olduğu için tahliye sürecini doğru analiz etmek çok önemlidir. Yangın durumunda can güvenliğini sağlamak için, insan davranışı ve tahliye sürecinin birbirini tamamlayan iki kavram olduğunu göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Tahliye süreci, çeşitli acil durumları veya felaketleri, yönetmek ve kontrol etmek için acil durum müdahale stratejisinin önemli bir parçasıdır. Hem uygun tasarımı hem

de etkin tahliye prosedürünü sağlamak için pek çok düzenleme ve standart yürürlüğe girmiştir [14].

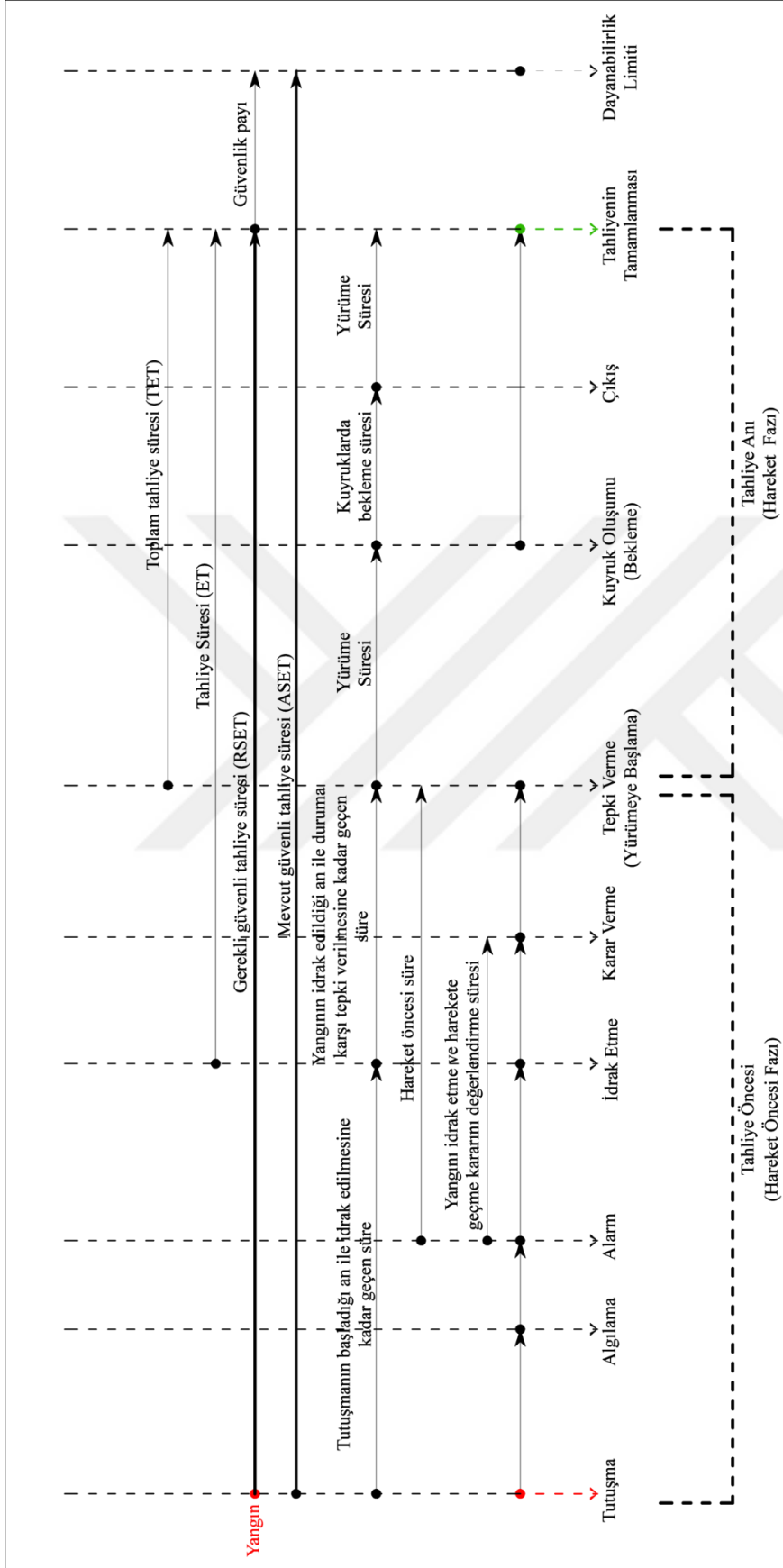
Yangın durumunda buldukları konumdan güvenli bir yere doğru tahliye olmak isteyen kullanıcılar, yangın uyarısını aldıkları andan, tahliye için harekete geçtikleri ana kadar birçok davranış sergilemektedir. Sergiledikleri her davranış süre aralıklarını meydana getirmektedir; böylelikle oluşturdukları her süre aralığı, tahliye sürecinin parçaları haline gelmektedir.



Şekil 2.2. Tahliye sürecini oluşturan fazlar [16]

Şekil 2.2’de insan davranışına göre meydana gelen süre aralıkları gösterilmiştir. SFPE, tahliye sürecinin, tahliye esnası (hareket fazı) ve tahliye öncesi (hareket öncesi fazı) ve bu fazları oluşturan sürelerden meydana geldiğini ifade etmiştir [15].

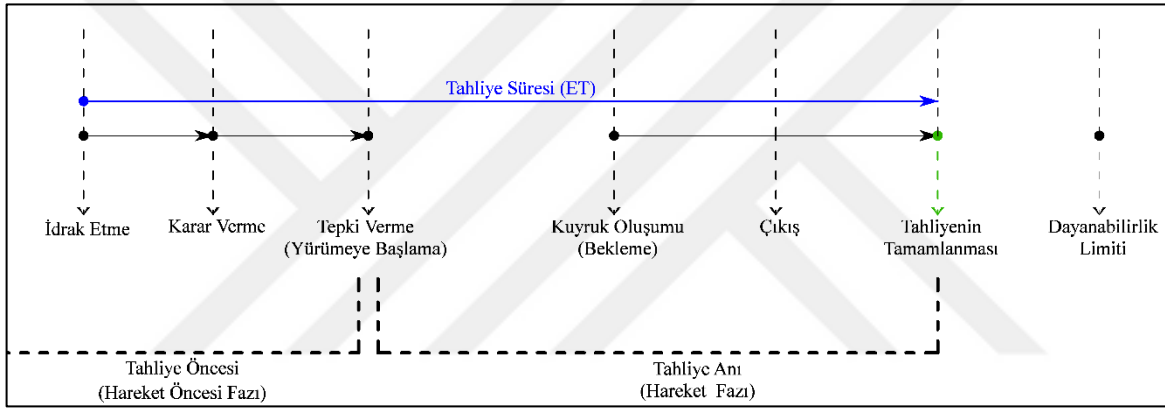
Literatürde, tahliye sürecini anlayabilmek için tahliye süresi (ET), mevcut güvenli tahliye süresi (ASET), gerekli güvenli tahliye süresi (RSET), toplam tahliye süresi (TET) ve sıra oluşumu üzerinde birçok çalışmalar yapılmıştır [16]. Bir sonraki bölümde, tahliye zaman çizelgesinin beş ana kavramı olan tahliye süresi (ET), mevcut güvenli tahliye süresi (ASET), gerekli güvenli tahliye süresi (RSET), toplam tahliye süresi (TET) ve sıra oluşumu kavramları ayrı başlıklarda ele alınmıştır.



Şekil 2.3. Tahliye zaman çizelgesi [16]

2.2.1. Tahliye süresi

Pauls ve Proulx tarafından, tahliye süresi bina kullanıcılarının alarmı duydukları ya da yangın durumunun idrak ettiği an ile binanın içinde veya dışında bulunan güvenli bir bölgeye geçtikleri an arasında geçen süre olarak ifade edilmiştir [17-20]. Bu kavram, binada bulunan kullanıcıların tahliye olduğu süreyi temsil eden “maksimum tahliye süresi” terimi ilk olarak NFPA Can Güvenliği Komitesi tarafından 1917 yılında “Engineering News Record”da tanıtılmıştır [21]. Bu terim, tahliye sürecine dâhil olan ilk zaman kavramı olmakla beraber Pauls tarafından “tahliye süresi” olarak tanımlanmıştır [17]. Şekil 2.4.’de tahliye süresini oluşturan fazlar belirtilmiştir.



Şekil 2.4. Tahliye süresi [16]

Şekil 2.5.’de gösterildiği gibi tahliye süresi, algılama ve bildirim, hareket öncesi ve hareket fazından meydana gelmektedir [22].

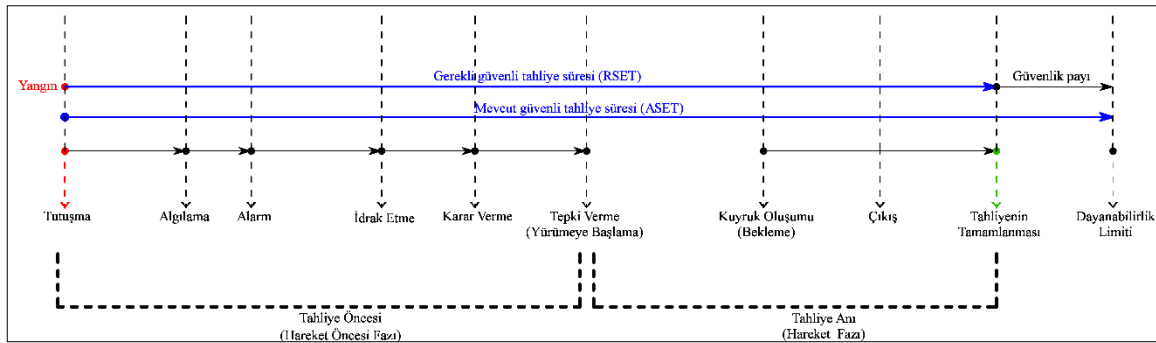


Şekil 2.5. Tahliye süresini oluşturan fazlar [22]

Tahliye konusu üzerinde çok fazla çalışması bulunan Togawa tarafından hem düşük hem yüksek kullanıcı yoğunluğu göz önünde bulundurularak, trenden tahliye olan kullanıcı, istasyonda bulunan kullanıcı ve çıkıştan tahliye olan kullanıcıların senaryoları, tahliye sürelerini belirlemek için analiz edilmiş ve hesaplamalar ortaya koyulmuştur [23]. Yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır ki, algılama ve bildirim, hareket öncesi ve hareket süresinin yanı sıra kullanıcı yükünün düşük veya yüksek olması, tahliye süresini etkileyen önemli faktörlerden biridir.

2.2.2. Mevcut güvenli tahliye süresi ve gerekli güvenli tahliye süresi

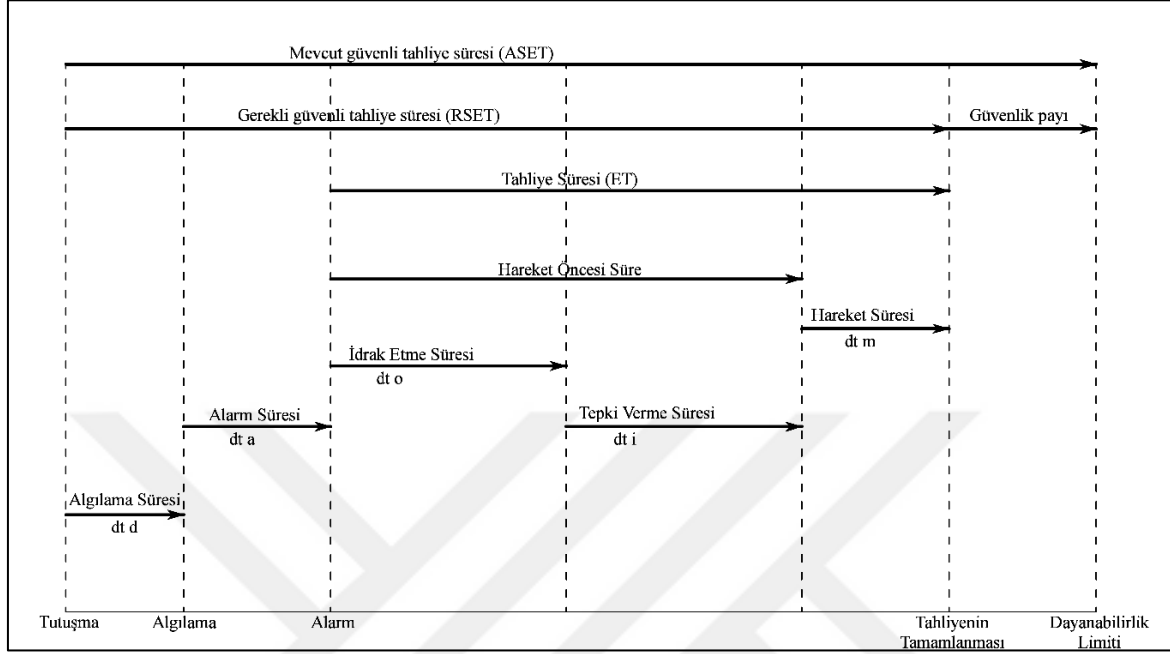
1960'lardan bu yana yangın davranışını tahmin edebilmek için birçok analitik modeller geliştirilse de yangın davranışı ve vereceği zararı hızlı bir şekilde hesaplayabilen bilgisayar yazılımları sayesinde hesaplama yapmak daha pratik hale getirilmiştir [24]. İlk örneklerden biri olan ASET modeli, Cooper ve Stroup tarafından 1982 yılında ortaya konulmuş ve geliştirilmeye başlanmıştır [25]. Tahliyenin sağlanacağı, tek kompartımandan oluşan alanda yangın durumunun kontrolden çıkacağı ve aşılabilir hale geleceği tahmini süreyi ASET modeli başarılı bir şekilde ortaya koymaktadır [26]. SFPE'nin yaptığı tanıma göre ve Şekil 2.6.'da gösterildiği gibi ASET tanımı, tutuşmanın başladığı an ile dayanabilirlik limiti anına kadar geçen süre olarak tanımlanmıştır [27].



Şekil 2.6. Mevcut güvenli tahliye süresi ve gerekli güvenli tahliye süresi [16]

Yapılan araştırmalara göre, literatürde RSET modeli "tahliye için gerekli süre" olarak tanımlanmıştır [23, 28]. SFPE'nin yaptığı tanıma göre ve Şekil 2.6.'da gösterildiği gibi RSET, yangının başladığı an ile tahliyenin tamamlandığı ana kadar geçen süredir [27]. RSET modeli üzerine yapılan ilk çalışmalarda, tahliye esnasındaki insan davranışının, RSET

süresini etkileyebileceği hesaba katılmamıştır [29]. Ancak, günümüzde tahliye süreci üzerinde çalışmalar yapılmakta ve süreç geliştirilmektedir [30].



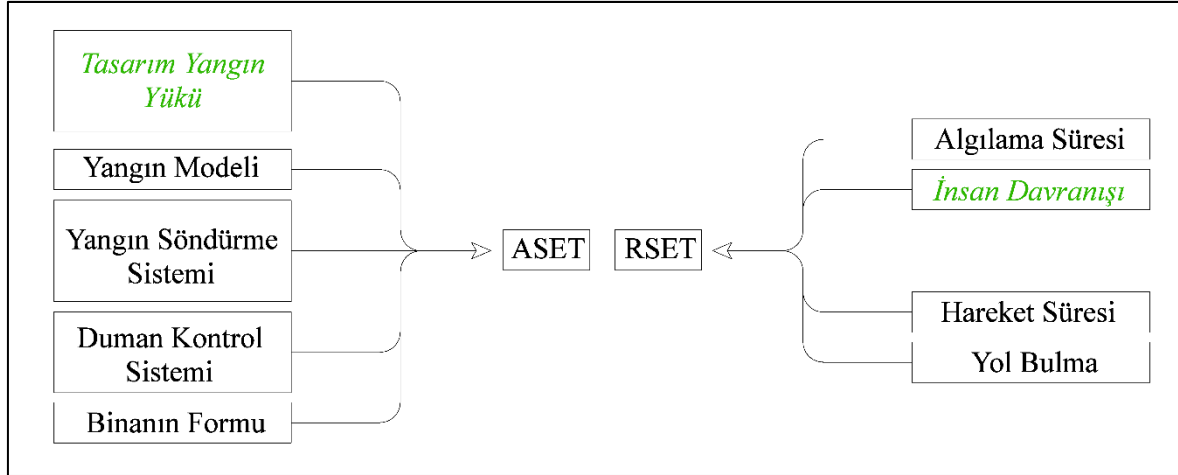
Şekil 2.7. RSET'i oluşturan fazlar [31]

RSET, kendi içinde birden çok zaman aralığına bölünebilmektedir:

$$RSET = t_d + t_a + t_o + t_i + t_e \quad (2.1)$$

- t_d : Algılama süresi. Tutuşmanın başladığı andan yangının algılamasına kadar geçen süre
- t_a : Alarm süresi. Yangının algılandığı an ile kullanıcılara acil durumun bildirilmesine kadar geçen süre
- t_o : İdrak etme süresi. Kullanıcıların alarmı duydukları an ile buna karşı tepki vermelerine kadar geçen süre
- t_i : Tepki süresi. İdrak ettikleri an ile tahliyenin başlamasına kadar geçen süre
- t_e : Hareket süresi. Tahliyenin başladığı an ile tamamlanmasına kadar geçen süre [14]

ASET ve RSET modelinden bahsedebilmek için, etkileyen faktörleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Kullanıcı güvenliğini sağlayan, zamana bağlı bir hesaplama yöntemi olan ASET ve RSET modeli, birden fazla önemli değişkenlere bağlı olan iki parametredir [26].



Şekil 2.8. ASET ve RSET’i etkileyen faktörler [26]

Şekil 2.18.’deki görsele göre, ASET’i etkileyen değerler, yangın, yangın modeli, yangın söndürme sistemi, duman kontrol sistemi ve binanın formu iken, RSET’i etkileyen değerler; algılama süresi, insan davranışı, hareket süresi ve yol bulma olarak belirtilmiştir. Poon’un yaklaşımına göre, ASET’i en çok etkileyen faktör tasarım yangın yükü iken, RSET’i ise en çok etkileyen faktör insan davranışdır. Pasif yangın güvenlik önlemlerinde, insan davranışı önemli bir konu olduğu için tahliye fazları ile beraber insan davranışı, ayrı bir başlıkta ele alınmıştır [32]

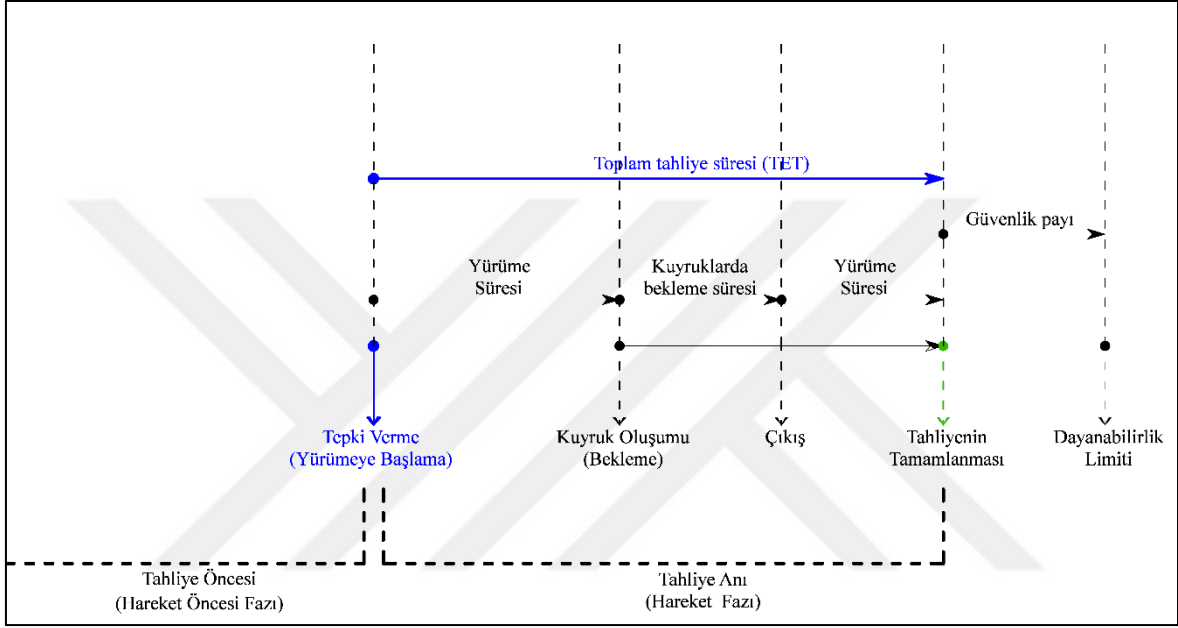
Yangın durumunda kullanıcıların güvenli tahliyesinin sağlanabilmesi için şartlar aşılamaz hale gelmeden kullanıcıların tahliyesini yapabilmek için ASET ve RSET karşılaştırmasının yapılması gerekmektedir. Kabul edilebilir bir güvenli kaçış süresi ve güvenli tahliye sürecini sağlamak için RSET, ASET’ten az olmalıdır [30, 33].

$$RSET < ASET$$

(2.2)

2.2.3. Toplam tahliye süresi

Tüm kullanıcıların güvenli bir yere doğru yürümeye başlaması ile güvenli bir yere ulaşması arasında geçen süreye toplam tahliye süresi (TET) denir [34]. Literatürde ortak tanımda toplamak gerekirse, Toplam tahliye süresinin tanımı, binada son kalan kullanıcının, binanın en uzak noktasından son çıkışa ulaşana kadar aldığı süredir [35-38].



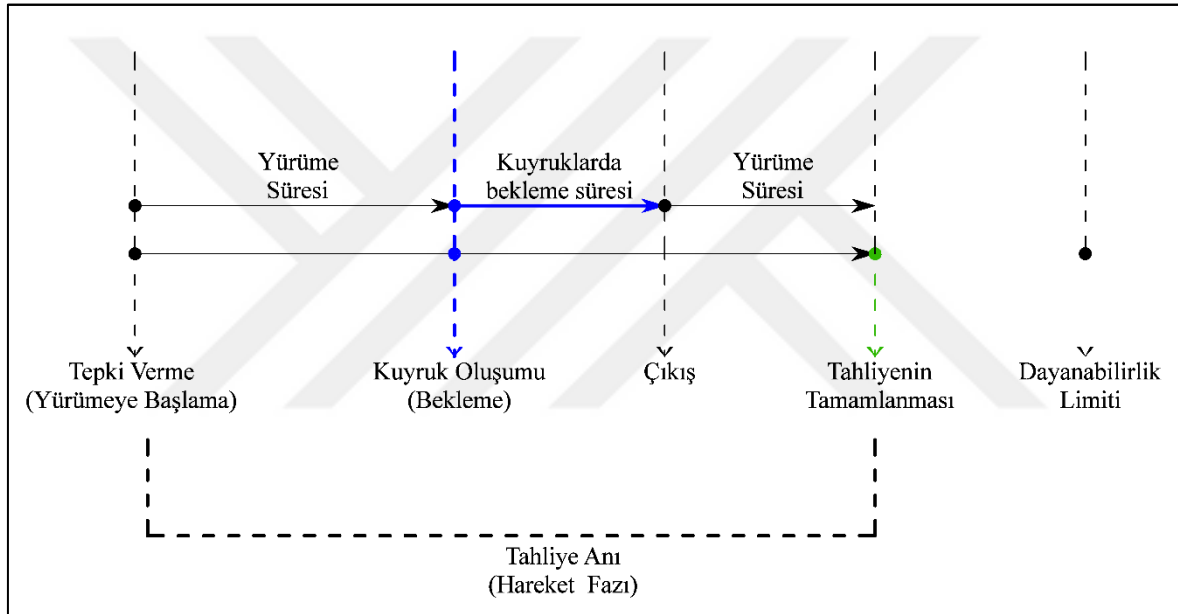
Şekil 2.9. Toplam tahliye süresi [14]

Kendik tarafından TET'i etkileyen faktörler şu şekilde ifade edilmiştir: TET'i hesaplayabilmek için, saniye cinsinden akış süresi, kullanıcıların saniye cinsinden yürüme süresi ve kalabalık nedeniyle kaçış yolu üzerinde meydana geleceği göz önünde bulundurulmuş sıklığı sebebiyle beklenen süre, değişkenlerini bilmek gerekmektedir [38]. Ancak, bu formülasyonun, kalabalıktan doğan sıklığına büyük önem verirken, idrak etme ve yanıt verme gibi hareket öncesi faz sürelerinin hesaplamaya dâhil edilmediğini vurgulamıştır.

İlk defa Sim tarafından, toplam tahliye süresi hesabında, kullanıcıların psikolojik etkileri göz önünde bulundurulmuştur. Bunun sonucunda, tehlikeli durumu idrak edip tanımlama süresi, tahliyeye karar verme ve varış süresi hesaplamaya dâhil edilmiştir. Toplam tahliye süresini saptamak geleneksel yöntemler ile zordur. Bu sebeple, performans temelli simülasyon programları tercih edilen bir yöntem olmuştur [16].

2.2.4. Kuyruk oluşumu

Togawa tarafından belirtildiği gibi “bekleme süresi”, kullanıcıların platform çıkışına kadar geçen geciken süre olarak tanımlanmaktadır. Oluşan kuyruklar yüzünden meydana gelen, kullanıcıların sabit bir konumda hareketsiz bir şekilde durduğu safha olarak da tanımlanan gecikme süresi Fruin tarafından yorumlanmış, Smith tarafından hesaplanmış, Kendik tarafından Toplam Tahliye Süresini (TET) hesaplarken dahil edilmiştir [16,38-40]. Şekil 2.10.’da gösterildiği gibi kuyruk oluşumu tahliye sürecinin tahliye anında meydana gelmektedir.



Şekil 2.10. Kuyruklarda bekleme süresi [14]

Kuyruk oluşumu aşağıdaki sebeplerden ötürü meydana gelmektedir.

- Mevcut çıkış kapasitesinin, olması gereken çıkış kapasitesinden az olması; yani, çıkışlardan tahliye olan kullanıcı oranının, çıkışlara ulaşarak çıkmaya çalışan kullanıcıların oranından daha az olması,
- Çıkışa ulaşan kullanıcıların oranının, çıkışlardan tahliye olan maksimum akış oranından daha fazla olması

Çıkışların önünde, sıralı kuyruk ve toplu kuyruk olmak üzere iki tür kuyruk tipi oluşmaktadır. Sıralı bir kuyruk için, sıraya alınma önceliği “ilk gelene ilk hizmet” esasına dayanırken, toplu sıra ise sıra disiplininin olmaması ile karakterize edilmektedir [40].

Bazı insanlar sabırsız olabilir ve çıkışa ulaşmak için öndeki kişiyi geçmek isteyebilir [41,42]. Bu eylemin sonucunda, yanındaki kuyruk sırasını tıkayabilir, daha hızlı hareket edebilir ve sonra yavaş kullanıcının önüne doğru yürüyebilir [41]. Kullanıcının önündeki kullanıcıyı geçemediği durumlarda, sadece sıranın etrafında durabilir, kuyruğu geçip çıkışa ulaşma şansını beklemek zorunda kalabilir. Toplu kuyrukların oluşumu, çıkışların akış hızını etkiler, böylece yolcular çıkıştan geçmek için daha uzun zamana ihtiyaç duyarlar [43]. Kalabalık bir sıranın orta kısmında bekleyen kullanıcılarda, gergin bekleyişler oluşmakta ve bu durum birbirleri arasında meydana gelen çıkışlara ulaşma rekabetine neden olmaktadır. En sonunda, kullanıcıların birbirleri arasındaki izdiham etkisi artmakta, binayı hızlıca terk edemedikleri güvenli alana geçiş yapamadıkları için panik durumu ortaya çıkmaktadır [44]. Sonuç olarak, sıra oluşumu, tahliye süreci içinde bekleme süresini oluşturmaktadır, tahliye sürecini etkilediği için kontrol altına alınması gerekmektedir.

2.3. İnsan Davranışı ve Fazlar

Bu bölümde, insan davranışının tüm süreci ele alınarak, bu süreçlerin yangın güvenliğinde nasıl kullanılacağı konusunda bilgi verilmektedir. Tahliye sürecinde insan davranışının kavranması, yangın güvenliğini sağlamak açısından oldukça önemlidir.

Yangın durumunda insan davranışının tanımı ilk olarak, program komitesi üyelerinin fikir birliği ile geliştirilen 2012 yılında, İnsan Davranışı Sempozyumu'nu içeren broşürde sunulmuştur [15]. 1950 yıllarından bugünlere kadar, insan davranışının mühendislik disiplinleri ve bina tasarımına doğrudan etkisi olduğu anlaşılmasından beri birçok araştırmalara konu olmuştur. İlk tartışıldığı yıllarda, yaşanan afete göre değerlendirilme yapılırken, bu değerlendirmeler genelleştirilmiş ve geçerli kılınmıştır.

Yangın durumunda insan davranışını anlayabilmek için teoriler ve modeller geliştirilmiştir. Bu teoriler ve modeller, yeraltı metro yangınlarında insan davranışının tanımını kavramak için oldukça değerlidir [30]. Sime'e göre, gelişim süreciyle beraber, binadaki kullanıcıları “düşünemeyen objeler” olarak tanımlamak ya da oluşan herhangi bir kazanın sonucunu

“panik olma durumu” şeklinde değerlendirmektense, “insan davranışı” ana başlığında toplanan bir takım sürece sahip bir yaklaşım biçimi ortaya çıkmıştır [45].

1950 yılından bugünlere kadar üretilen, geliştirilen teori ve modeller, yangın durumunda insan davranışını anlamaya yönelik temel oluştursa da yeraltı ulaşım sistemlerinin yangın tahliyesi ile bağlantısı açıkça belirtilmemiştir. Yangın güvenliğinin temelinde insan davranışı yer almaktadır. Aktif veya pasif koruma sistemleri, insanların yangın durumundaki davranışlarına göre şekillenmiştir. Bu sebeple, binada bulunan insanların, acil bir durumda nasıl bir tepki verdiğini anlamaya çalışmak, binanın tasarımında, sağlanan güvenliğin seviyesinde ve hesaplama araçlarının kullanımı ve geliştirilmesinde etkili olmaktadır.

Yangın durumunda insan davranışı, insanların farkındalığı, inançları, tutumları, motivasyonları, davranışları, kararları ve yangın gibi acil durumlarda strateji oluşturmaları dahil olmak üzere “insan tepkisi” üzerine yapılan bir çalışmadır ve oldukça karmaşıktır. İnsan davranışının incelenmesi disiplinler arası bir çalışmadır; bu alanda yapılan tüm araştırmaların ve teorilerin uygulamaya dönüştürülmesindeki temel odak nokta, yangın riskini en aza indirmektir. Kapsamlı insan davranışı teorisini anlamak, mevcut yangın güvenliği mühendisliği tasarımını, performans dayalı sistemlerini, kaçış genişliği ile ilgili hesaplama modellerini ve yangın güvenliği yönetimini geliştirmek için anahtardır. Performansa dayalı tasarımda can güvenliği analizlerini iyileştirmenin nihai amacı, kapsamlı bir yangında insan davranışı teorisi geliştirmektir. [15]

Önceki bölümlerde, insanların yangın durumundaki davranışlarının, tahliye öncesi ve tahliye esnası olmak üzere iki ana aşamada değerlendirildiği belirtilmişti. Tahliye öncesi faz, kullanıcı veya grubun yangını algılamasıyla beraber güvenli alana doğru tahliye hareketinin başlaması arasında geçen süreçtir. Tahliyenin başladığı an ile güvenli alana geçişe kadarki geçen süre tahliye (hareket) süreci olarak kabul edilmektedir [15].

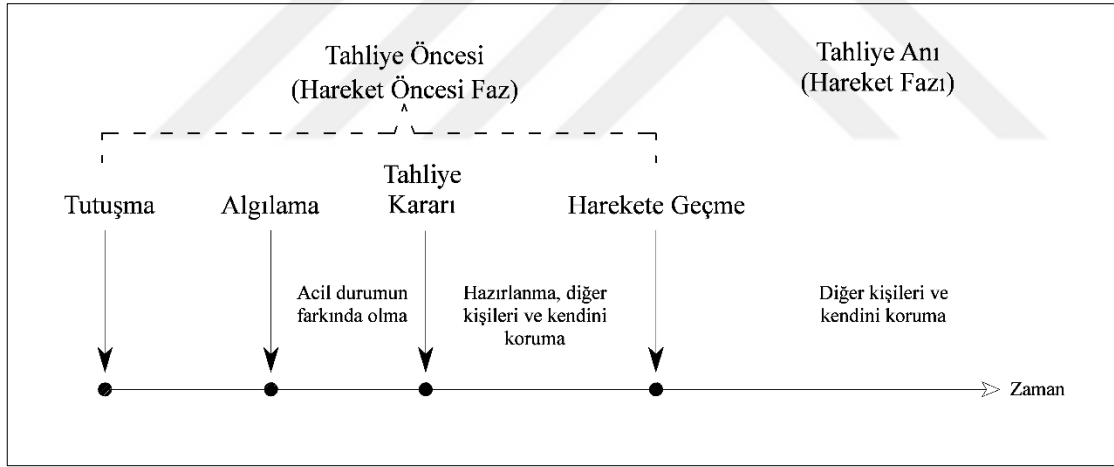
Hareket öncesi faz:

Hareket öncesi süre kavramı Paul tarafından ve SFPE’de ele alınmıştır. Paul bu kavramı, tahliye süresince kullanıcıların karmaşık davranışlarıyla geçen zaman olarak tanımlamıştır [44]. SFPE’ye göre, hareket öncesi süre aralığı, kullanıcıların yangını idrak etmesiyle başlar ve karar alıp eyleme başladığı anda sona erer [22]. Diğer bir ifadeyle,

hareket öncesi verilen yangın uyarısı (kullanıcının alarmla uyarılması, doğrudan duman ya da yangını görmesiyle) ve çıkışa doğru yapılan ilk hareket arasındaki zaman aralığıdır. Böylelikle, idrak etme ve karar verme gibi süreçler hareket öncesi süre içerisinde hesaba katılmaktadır.

Hareket öncesi sürenin, kullanıcı yükü ve her kullanıcının hareket öncesi süresinden etkilendiği Spearpoint tarafından ortaya konmuştur [43]. Bu süre, kullanıcı yükünün yüksek olduğu durumlarda tahliye süresini etkiler.

Hareket öncesi fazda, tahliye süresini etkileyen bir diğer faktör, sıra oluşumudur. Sıra oluşumuna dâhil olan kullanıcıların oranı, kullanıcıların birlikte ya da farklı zamanlarda hareket etmesi nedeniyle farklı olmaktadır. Kullanıcılar, aynı anda ve aynı yürüme hızıyla hareket ediyor olsalardı, aynı anda çıkışa ulaşır ve böylelikle çıkışların önünde yığılma durumları meydana gelirdi [43].



Şekil 2.11. Yangın durumunda insanların tepkisinin zaman çizelgesi [15]

Yukarıdaki figürde verilen bilgiler ışığında, tahliye öncesi fazın en az üç alt fazdan oluşabildiği, SFPE tarafından ortaya konulurken, bir çalışmaya göre ise, literatür çalışmaları arttıkça, tahliye öncesi fazda bulunan alt fazlar çeşitlendirilmiştir. SFPE’de zaman çizelgesi üzerinde, tutuşma, alarm, tahliye kararı ve hareketin başlaması noktaları bulunurken, bir makale çalışmasında ek olarak algılama, tanımlama, karar verme noktaları eklenmiştir. [15,16]

Tüm bu bilgileri birleştirmek gerekirse;

Alarm öncesi fazı:

Yanmanın başladığı an ile yangın algılama sisteminin devreye girmesi ya da insanların yangını fark etmesi (duman görmeleri, yangın olduğuna dair bilgi almaları...) arasında geçen evredir.

Tanıma süresi fazı:

Alarm sinyalinin algılandığı an ile kullanıcıların bu sinyali bir yangın ya da acil durum olarak yorumladığı zaman arasındaki süredir [15]. Kullanıcıların, tehlikeli durumu fark ettikleri faz olarak Sime tarafından tanımlanmıştır. Kullanıcıların tepki gösterip göstermemeleri konusunda karar verdikleri an sonlanmaktadır. Bu sürenin uzunluğu, binanın fonksiyonuna, kullanıcılara ve algılama sistemlerine bağlıdır [37].

Tepki süresi fazı:

Kullanıcıların idrak ettiği an ile tahliyeye dair ilk hareketin yapıldığı zaman arasındaki süredir. Bu faz, yangınla mücadele, başkalarını uyarma, aile üyelerini ve evcil hayvanları toplama, giyinme, gibi davranışları içermektedir [15]. Kullanıcılar, acil bir durum olduğunu anladıktan sonra, tepki verebilmek için süreye ihtiyaç duymaktadırlar. Tepki süresi, durum ile ilgili bilgileri almak, yorumlamak ve tahliye hazırlıkları yapmak için geçen zaman olarak tanımlanır [35,38,39]. Tehlikeli durumun bulunduğu yere yakın olan kullanıcılar riskli durumun daha bilincindedirler; böylelikle uzakta bulunan kullanıcılara göre daha erken tepki verir ve tahliye olurlar [35].

Tahliyeye karar verme ve uygulama fazı:

Kullanıcıların yangını idrak etmesi ve bu bilgiyi işleyip kendilerini korumalarına gerek olup olmadığının kararını verme aşamasıdır [15].

Bu fazları anlamak oldukça önemlidir. Çünkü belirli bina türüne ve acil durumlara göre, tahliye öncesi süreç, tahliye esnasına göre daha uzun olabilmektedir. Buna karşın,

kullanıcıların çevrede gözlemlediği belirtilere göre alınan kararlar ve geçilen eylemler, tahliye esnasında yer almaktadır.

2.3.1. Panik davranış

Panik sözcüğü, TDK'de "ani dehşet duygusu, büyük korku, ürkü" olarak tanımlanmıştır [46]. Birçok tanıma göre, panik abartılıdır; insanların, stabil bir durumdan stabil olmayan bir duruma ani geçmesi nedeniyle ortaya çıkan durum sonucu oluşan davranıştır. Panik davranışı, insanın içinde bulunduğu durumdan çıkma çabası şeklinde tanımlanmıştır [15].

Oluşan panikle beraber, insanlar çoğunluğu takip etmeye, ışığın bulunduğu yere doğru koşmaya ve farkında olmadan dumanın yoğun olduğu yerden geçme gibi hatalı eylemler gerçekleştirir. Bunun gibi kontrolsüz eylemler tahliye süresini olumsuz yönde etkilemektedir.

2.3.2. Paralize olmak

Panik durumunu yaşayan insanların, acil durum karşısında tepkisiz kaldıkları literatürde yapılan çalışmalar tarafından desteklenmiştir [15,48]. Kullanıcılar, sersemlemenin ve şaşkınlığın verdiği duygularla, yaşanan durum ile başa çıkamamaktadır. Yangın, önce tutuşmaya daha sonra büyüyerek yayılmaya devam etmektedir. Bina kullanıcıları, yangın başladıktan sonra uyarılmaya başlar. Çünkü yangın belirli bir seviyeye geldiğinde ilk olarak algılama sistemlerin devreye girmesiyle beraber uyarı sistemleri de devreye girer; böylelikle kullanıcılar yangının başladığı uyarısını alırlar. Bu nedenle kullanıcılar kendilerini, başlamış olan bir tehlikenin ortasında bulacakları için şoka gireceklerini varsaymak gerekmektedir.

1943 ve 1983 yılları arasında yapılan afet çalışmalarını inceledikten sonra, paralize olmak ile ilgili üç sonuç bulunmuştur [15,49];

1. Uyarı yetersizliğinin, sosyal ve fiziksel yıkımların yaşandığı felaketlerde ani şok durumuna sık rastlanmaktadır.
2. Ani şok, herhangi bir felakette nüfusun nispeten küçük bir oranını etkiler.
3. Ani şok birkaç saat veya günden daha fazla sürmeyen felaket sonrası dönemde ortaya çıkmaktadır.

Yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır ki, ani şok kavramının yangın durumundaki rolü tam olarak kavranamamıştır.

2.3.2. Sürü psikolojisi

Yaşanan felaket durumunda, her bir kullanıcının bir araya gelip, grup ya da gruplar oluşturması ve yaşanan felakete grupça tepki vermesi durumudur. Bu durum, sürü psikolojisi ya da sürü davranışı olarak açıklanır. [50]

Sosyologlar, bir grubun belirli bir şekilde ortak düşünceye varıp davranacağını düşünmek “durumu fazla basitleştirmek” olarak görmektedirler. Bu varsayımı göz önünde bulundurmak, ilgili disiplinler ve araştırmacıların gruptaki çeşitliliği görmesini engellemektedir. Böyle bir varsayımda bulunulduğunda, bu gruplara akıl, sorumluluk bilinci, vicdan veya irade gibi nitelikler bahşedilmesi mümkündür. [50]

Afet durumunda gruplar incelendiğinde, çeşitli özellikteki bireylerin bir araya gelmesiyle oluştuğu anlaşılmıştır. Afet boyunca, gruplarda “iş bölümü” oluşmaktadır ve gruptaki birey, tecrübeleri ile grupta bulunan diğer bireylerle sürdürdüğü ilişkilerine dayanarak belirli bir rol üstlenir. Böylelikle, grup fonksiyon alır ve beraber hareket etmeye başlar [15].

Bu nedenle, gruplardaki iş bölümü, gruptaki bireylerin davranışı, karakteristik özellikleri, deneyimleri ve karar verme sürecini idrak etmek, yangın durumunda insan davranışını anlamak için önemlidir.

2.4. Yeraltı Metro İstasyonlarında Tahliye

2.4.1. Tahliyeye etki eden faktörler

Yer altı metro yapılarında, acil durum tahliyesi için yapılan analitik hesaplamalar, simülasyonlar, etki faktörleri ve tahliye stratejilerinin, mikro ve makro boyutta ayrı ayrı dikkate alınması gerekmektedir [51]. Tahliyeye etki eden faktörler, binanın kapasitesine bağlı olduğu kadar temel olarak kullanıcıların bireysel fizyolojik ve psikolojik özelliklerine bağlıdır [52].

Bireysel özellikler

Tahliye davranışı, bireysel fizyolojik ve psikolojik özelliklerden büyük ölçüde etkilendiği gibi kalabalık ve duygusal durumun yoğunluğundan da etkilenir. Tahliye olmaları gerektiğinin yarattığı acil durum ile birlikte duygusal tepki düzeyinin arttığı, bireylerin dikkat ve kontrollerinin hızla düşebileceği ortaya konmuştur [53]. Sonuç olarak, kullanıcıların normalden daha hızlı hareket etmeye çalıştığı, hayatta kalma isteği ile tahliyenin sürekliliği arasındaki koordinasyonsuzluğu nedeniyle rekabet ve izdiham ortaya çıktığı Jiang, Deng, Hu, Ding, ve Chow-tarafından belirtilmiştir [54].

Binadaki tahliye olanaklarının kapasitesi

Binada bulunan tahliye olanakları, platform ve konkors alanlarında bulunan yürüyen merdivenler ve merdivenler; çıkışlara ulaştıran, koridorlar, ücretli geçiş kapılar, merdivenler ve yürüyen merdivenleri içermektedir. Bu konuda yol gösteren yönetmelik ve standartlar, - BYKHY, NFPA 101 ve NFPA 130- kullanıcı yüküne bağlı yatay ve düşey kaçışların genişliği ve sağlanması gereken minimum temiz genişlikleri hakkında bilgi vermektedir. Ancak, Shaokuan Chen, Yue Di, Shuang Liu, and Baoshan Wang yaptığı çalışmalarda, bu olanakların her zaman verimli bir şekilde kullanılmadığı ve kullanıcı yükünün yoğun olduğu saatlerde özellikle düşey kaçışlarda tıkanıklık oluştuğu belirtilmiştir [52].

2.4.2. Yeraltı metro istasyonlarında tahliye stratejisi

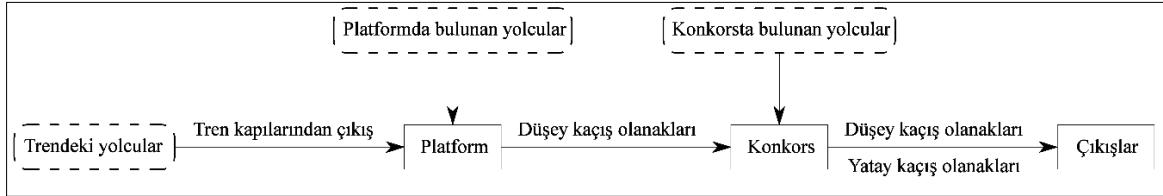
Tahliye stratejileri, mimari konsept aşamasındayken belirlenmesi gerekmektedir. Kullanıcı sayısı, tahliye rotası ve güvenli tahliye noktası, tahliye stratejisinin belirlenmesinde önemli rol oynayan, vazgeçilmez noktalardır [53].

Kullanıcı yükü

Belli bir süre içinde tahliye edilebilecek kullanıcı yükü en önemli tahliye endekslerinden biridir. Kullanıcı yükün en fazla olduğu durum, en olumsuz koşul olarak değerlendirilmektedir ve bu göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. Maksimum kullanıcı yükü, dolu bir trenden, platformlarda bekleyen ve istasyonda bulunan kullanıcılardan oluşmaktadır [53].

Tahliye rotası

Metro istasyonunda meydana gelen yangın sırasında, tüm kullanıcıların ilk davranışı bulunduğu ortamı terk etmek ve yangın kaynağından uzaklaşmak üzerine olmaktadır. İstasyonlarda tahliye Şekil 2.12.'de gösterildiği gibidir [53].



Şekil 2.12. Tahliye yönü ve güzergâhının şematik gösterimi [53]

Güvenli tahliye noktası

Acil durum tahliyesinin temel prensibi, tüm yolcuların savunulamaz koşullara ve ölümcül kazalara maruz kalmamasını temin etmek; böylece kısa ve emniyetli bir tahliye yolunu seçerek güvenli bir yere ulaşmalarını sağlamaktır. NFPA 130 'da belirttiği gibi, geliştirilmiş tahliye stratejisine göre birden fazla güvenli tahliye noktası olması mümkündür [5]. "Güvenli Nokta" olarak tanımlanan bu kavram, tahliyenin kabul edildiği noktalar şu şekilde sıralanmıştır:

- İstasyon, tren yolu ve metro dışında kalan kamusal alan ya da açık havaya götüren tüm çıkışlar,
- istasyon, tren yolu ve metro ile aynı seviyede ancak olabildiğince uzak bir nokta,
- Herhangi tahliye noktasının "güvenli nokta" olarak kabul edildiği yerler,

Güvenli nokta olarak kabul edilmiştir [5].

Mimari tasarım aşamasındayken dikkat edilmesi gereken aşağıdaki parametrelerin, hesaplamalara veya simülasyon verilerine uygun olacak şekilde mimaride düzenlenmesi gerekmektedir.

1. Kullanıcı Yüğü ve Hesaplanması
2. Tahliye Süresi

3. Tek ve Çift Yön Kaçış Mesafesi
4. Alternatif Çıkışlar
5. Platformlar, Koridorlar ve Rampalar
6. Merdivenler ve Yürüyen Merdivenler
7. Asansörler
8. Kapılar ve Geçitler
9. Ücretli Geçiş Alanları
10. Yatay Tahliye

Bir sonraki bölümde, standartlar ve yönetmelikler ışığında yukarıdaki parametreler karşılaştırılıp, açıklanmıştır.



3. YERALTI METRO İSTASYONLARINDA PASİF KORUMA BAĞLAMINDA ULUSAL VE ULUSLARARASI YANGIN MEVZUATLARI VE PERFORMANS KRİTERLERİ

3.1. Mevzuatların Yeraltı Metro İstasyonları Açısından Karşılaştırılması

Bu bölümde, örneklem çalışmasının değerlendirileceği Ulusal ve Uluslararası mevzuatlar ele alınacaktır. Ulusal mevzuat olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, bakanlar kurulu kararı ile 2002 yılında yürürlüğe girmiştir. Daha sonrasında, bazı maddelerin değişikliğe uğramasıyla, 2007, 2009 ve 2015 yılında yeniden yayımlanarak; on yedi yılda üç kez revize olduğu görülmektedir. Yönetmelikte bulunan maddeler, bakanlar kurulu tarafından hüküm olarak ifade edildiği için hükme dayalı bir yönetmelik olduğu anlaşılmaktadır. NFPA standartlarının aksine, maddelerin ortaya çıkış sebepleri açıklanmamaktadır. Örneklem çalışmasında ele alınacak yönetmelik ile beraber Amerikan standardı olan NFPA 101 Life Safety Code ve NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems'dir. NFPA standartları, meydana gelen yangın felaketlerini değerlendirerek ve istatistik oluşturarak düzenlenmiştir. İsim değişikliği ve birçok revizelerden sonra, NFPA 101 bugünkü ismiyle, 1967 tarihinde yayımlanmıştır. Daha sonrasında düzenli olarak, üç yılda bir revize olacak şekilde organize edilmiştir. En son, 2018 yılında revize olarak, elli iki yılda on yedi kez revize olmuştur. Hükme dayalı bir standart olduğunu belirtmesiyle beraber, revizeler sonucunda dördüncü bölüm "Genel" başlığı altında performans temelli tasarımı "performans temelli" bir standart olduğu da anlaşılmaktadır. NFPA 130, 1983 yılında yayımlanmıştır; sonraki revizelerle beraber günümüzde 2017 yılında yayımlanarak otuz beş yılda on üç kez revize olmuştur. Standartta bulunan tüm bölümlerde, geleneksel hükme dayalı maddelerin yanı sıra, performansa dayalı tasarım içeren maddeler de düzenlenerek, kapsamlı bir standart hazırlanmıştır. BYKHY ikinci bölüm, ilkeler kısmı, madde 5/2 ibaresinde belirttiği gibi, "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." maddesine dayanarak, Uluslararası standart sayılan NFPA standartlarına başvurulmuştur.

3.2. Ulusal ve Uluslararası Yangın Mevzuatları Kriterleri Özet Tablosu

Bu bölümde, mimari tasarımı etkileyen performans kriterleri özetlenecektir. Performans kriterleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

1. Kullanıcı Yüğü ve Hesaplanması
2. Tahliye Süresi
3. Tek ve Çift Yön Kaçış Mesafesi
4. Alternatif Çıkışlar
5. Platformlar, Koridorlar ve Rampalar
6. Merdivenler ve Yürüyen Merdivenler
7. Asansörler
8. Kapılar ve Geçitler
9. Ücretli Geçiş Alanları
10. Yatay Tahliye

Parametreler, ayrı başlıklarda açıklanıp, NFPA 101, NFPA 130 standardı ve BYKHY'nin bilgileri ışığında karşılaştırılma yapılmıştır.

3.2.1. Yatay kaçış elemanları ve kapasitesi

NFPA standartları ve BYKHY'de yatay kaçışlar, kaçış yolu olarak tabir edilen "Oda ve diğer müstakil hacimlerden çıkışlar, katlardaki koridor ve benzeri geçişler, kat çıkışları, zemin kata ulaşan merdivenler ve bina son çıkışına giden yollar dâhil olmak üzere binanın herhangi bir noktasından yer seviyesindeki cadde veya sokağa kadar olan ve hiçbir şekilde engellenmemiş bulunan yolun tamamı olarak tanımlanmıştır. Kısacası, metro istasyonlarında yatay kaçışı sağlayan birimler, platformlar, koridorlar ve rampalar, kapılar, geçitler ve turnikeler olarak sıralanmaktadır.

Platformlar, koridorlar ve rampalar

NFPA 130 ve BYKHY'de belirtilen platformlar, koridorlar ve rampalar için özet kriteri tablosu oluşturulmuş, Çizelge 3.1.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Platformlar, koridorlar ve rampalar için kriterler

Platformlar, Koridorlar ve Rampalar	
NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2017) [5]	<p>Beşinci Bölüm/İstasyonlar</p> <p>5.2.3.4 / A.5.2.3.4 maddesi, NFPA 101'e göre eğimi %8,33'ü geçmeyen rampaların istasyonlarda kaçış olarak kullanımına izin vermektedir.</p> <p>5.3.4.1 maddesine göre, platformlar, koridorlar ve rampaların kaçış olarak kullanılabilmesi için minimum temiz genişliği 112 cm olmalıdır.</p> <p>5.3.4.2 maddesine göre, platformlar, koridorlar ve rampaların kapasitesini hesaplariken, her bir yan duvarlardan 30 cm temiz genişliğinden düşülmesi gerektiği; metroya bakan platform kenarından 45 cm düşülmesi gerektiği belirtilmiştir.</p> <p>5.3.4.3 maddesine göre, platform, koridor ve rampaların maksimum çıkış kapasitesi 0,0819 p/mm-dk. olarak belirtilmiştir.</p> <p>5.3.4.4 maddesine göre, kullanıcıların, platformlar, koridorlar ve rampalar boyunca aldığı yoldaki maksimum kaçış hızı 37,7 m/dk. olarak belirtilmiştir.</p> <p>5.3.4.5 maddesine göre, konkors alanları ve daha az kullanıcı yoğunluğunun bulunduğu alanlarda aldığı yoldaki maksimum kaçış hızı, 61 m/dk. olarak belirtilmiştir.</p>
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2015) [3]	<p>İkinci Bölüm /Kaçış Yolları</p> <p>Madde 33/1</p> <p>Toplam kullanıcı sayısı 50 ila 500 kişi arasında ise kattaki bir kaçış yolunun genişliği 100 cm'den, 501 ila 2000 kişi arasında ise kattaki bir kaçış yolunun genişliği 150 cm'den, 2001 ve daha fazla ise kattaki bir kaçış yolunun genişliği 200 cm'den az olmayacak şekilde çıkış sayısı bulunur. Kaçış yolu, bu özelliği dışında, yapının mekânlarına hizmet veren koridor ve hol olarak kullanılıyor ise 110 cm'den az genişlikte olamaz. Hiçbir çıkış veya kaçış merdiveni veyahut diğer kaçış yolları, hesaplanan bu değerlerden ve 80 cm'den daha dar genişlikte olamaz.</p>

Çizelge 3.1.'de belirtilen özet kriteri tablosunda, NFPA 130 ve BYKHY'de platformlar, koridorlar ve rampalarda sağlanması gereken minimum temiz genişlik hakkında bilgi vermektedir. Ancak, NFPA 130 genişlik bilgilerine ek olarak, platform, koridor ve rampaların maksimum çıkış kapasitesi ve bu alanlardaki kullanıcıların kaçış hızı bilgisini vermektedir.

Kapılar ve geçitler

NFPA 130 ve BYKHY'de belirtilen kapılar ve geçitler için özet kriteri tablosu oluşturulmuş, Çizelge 3.2.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.2. Kapılar ve geçitler için kriterler

Kapılar ve Geçitler	
NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2017) [5]	<p>NFPA 130 (2010) 5.5.6.3.4.1. maddesine göre, kapı ve geçitlerin minimum temiz genişliği 91 cm olması gerektiği belirtilmiştir. Ancak, NFPA 130'un, 2017 yayımında bu madde bulunmamaktadır.</p> <p>Beşinci Bölüm/İstasyonlar</p> <p>5.3.7.1 maddesine göre, kapı ve geçitlerin çıkış kapasiteleri aşağıdaki gibi olması gerekmektedir.</p> <p>-Kapı ve geçitlerin tek kanadından, dakikada 60 kişi (p/dk.) geçecek şekilde düzenlenmelidir.</p> <p>- Temiz genişlik ölçüsü için çok bölmeli ve birden fazla kanatlı kapıların çıkış kapasitesi 0,0819 p/mm-dk. olarak belirtilmiştir.</p>
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2015) [3]	<p>İkinci Bölüm /Kaçış Yolları</p> <p>MADDE 47- (1) Kaçış yolu kapılarının en az temiz genişliği 80 cm'den ve yüksekliği 200 cm'den az olamaz. Kaçış yolu kapılarında eşik olmaması gerekir. Dönel kapılar ile turnikeler, çıkış kapısı olarak kullanılamaz.</p> <p>(2) Kaçış yolu kapıları kanatlarının, kullanıcıların hareketini engellememesi gerekir. Kullanıcı yükü 50 kişiyi aşan mekânlardaki çıkış kapılarının kaçış yönüne doğru açılması şarttır. Kaçış yolu kapılarının el ile açılması ve kilitli tutulmaması gerekir.</p> <p>(3) Kaçış merdiveni ve yangın güvenlik holü kapılarının; duman sızdırmaz ve 4 kattan daha az kata hizmet veriyor ise en az 60 dakika, bodrum katlara ve 4 kattan daha fazla kata hizmet veriyor ise en az 90 dakika yangına karşı dayanıklı olması şarttır. Kapıların, kendiliğinden kapatan düzenekler ile donatılması ve itfaiyecilerin veya görevlilerin gerektiğinde dışarıdan içeriye girmelerine imkân sağlayacak şekilde olması gerekir.</p> <p>(4) Kaçış kapısında, tek kanatlı kapıda temiz genişlik, kapı kasası veya lamba çıkıntısı ile 90 derece açılmış kanat yüzeyi arasındaki ölçüdür. Tek kanatlı bir çıkış kapısının temiz genişliği 80 cm'den az ve 120 cm'den çok olamaz. İki kanatlı kapıda temiz genişlik, her iki kanat 90 derece açık durumda iken, kanat yüzeyleri arasındaki ölçüdür.</p>
Kapılar ve Geçitler	
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2015) [3]	<p>(5) Merdivenden tabii zemin seviyesinde güvenli bir alana açılan bütün kaçış yolu kapıları ile bir kattaki kişi sayısının 100'ü geçmesi hâlinde, kaçış merdiveni, kaçış koridoru ve yangın güvenlik holü kapıları, kaçış yönünde kapı kolu kullanılmadan açılacak şekilde düzenlenir.</p> <p>(6) Kapıların en çok 110 N kuvvetle açılacak şekilde tasarlanması gerekir.</p>

Çizelge 3.2.'de belirtilen özet kriteri tablosunda, NFPA 130 ve BYKHY'de kapılar ve geçitlerde sağlanması gereken minimum temiz genişlik hakkında bilgi vermektedir. Ancak, NFPA 130 genişlik bilgilerine ek olarak, kapılar ve geçitlerin çıkış kapasitesi bilgisini

vermektedir. BYKHY’de turnikelerin kaçış amaçlı kullanılmayacağı belirtilirken, NFPA 130’da kaçışın bir parçası olarak kabul edilmektedir.

Ücretli geçişler

NFPA 101, NFPA 130 ve BYKHY’de belirtilen ücretli geçişler için özet kriteri tablosu oluşturulmuş, Çizelge 3.3.’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Ücretli geçişler için kriterler

Ücretli Geçişler	
NFPA 101 Life Safety Code (2018) [4]	Yedinci Bölüm/Kaçış Olanakları 7.2.1.11.1.2/ (3) maddesine göre, turnikelerin yüksekliği 99 cm’yi aşmamalı ve genişliği 42 cm’den az olmalıdır.
NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2017) [5]	Beşinci Bölüm/İstasyonlar 5.3.8.4. maddesine göre, hızlı geçiş turnikelerin aşağıdaki kriterleri karşılaması gerekmektedir. 1-Hızlı geçiş turnikelerin, yüksekliği 100 cm veya 100 cm’den az ise, minimum temiz genişliği 45,5 cm olmalıdır. Yüksekliği, 100 cm’den fazla ise, temiz genişliği 53 cm olmalıdır.
Ücretli Geçişler	
NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2017) [5]	2- Hızlı geçiş turnikelerin çıkış kapasitesi, 50 p/min. olarak belirtilmiştir. 5.3.8.5. maddesine göre, düşen kollu turnikelerin NFPA 101’e göre metro alanlarında kullanılmasına izin verilmektedir ve aşağıdaki kriterleri karşılaması gerekmektedir. - NFPA 130, turnikelerin temiz genişliği ve ölçüleri için NFPA 101’e atıfta bulunmaktadır. - Düşen kollu turnikelerin, çıkış kapasitesi, 50 p/min. olarak belirtilmiştir. Çıkış yönünde serbestçe dönen turnikeler aşağıdaki kriterleri karşılamalıdır: • Her bir birim, çıkış kapasitesi 25 p/dk. olarak belirlenmiştir. • Turnike, kaçış için gerekli çıkış kapasitesinin %50'sinden fazlasını oluşturmayacaktır.
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2015) [3]	İkinci Bölüm /Kaçış Yolları MADDE 47- (1) Kaçış yolu kapılarının en az temiz genişliği 80 cm’den ve yüksekliği 200 cm’den az olamaz. Kaçış yolu kapılarında eşik olmaması gerekir. Dönel kapılar ile turnikeler, çıkış kapısı olarak kullanılamaz.

BYKHY’de geçitler ücretli geçişler olarak ayrılmamıştır. Ancak, turnikelerin kaçış amaçlı kullanılamayacağı açıkça belirtilirken, NFPA 101 ve NFPA 130’da ücretli geçişlerin kaçış amaçlı kullanılabileceği gibi geçişlerin çeşidi, boyutları, temiz genişliği ve çıkış kapasitesi hakkında detaylı bilgi verilmektedir.

Yatay tahliye

NFPA 130 ve BYKHY’de belirtilen yatay tahliye hakkında özet kriteri tablosu oluşturulmuş, Çizelge 3.4.’te belirtilmiştir.

Çizelge 3.4. Yatay tahliye için kriterler

Yatay Tahliye	
NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2017) [5]	Beşinci Bölüm/İstasyonlar 5.3.9 maddesine göre, yatay tahliyeye izin verilmektedir.
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2015) [3]	Yatay tahliye stratejisi sadece sağlık kurumlarında izin verilmektedir. Diğer bina kullanım sınıflarında yatay tahliye stratejisinden bahsedilmemiştir.

Çizelge 3.4.’e göre, yatay tahliye stratejisi NFPA 130 standardına göre metro istasyonlarında izin verilirken, BYKHY’ye göre sadece sağlık yapılarında izin verilmektedir.

3.2.2. Düşey kaçış elemanları ve kapasitesi

NFPA standartları ve BYKHY’de, tahliye olanakları yatay kaçışlar ve düşey kaçışlardan oluşmaktadır. Tahliye olanakları tanımının devamında her iki standart, tahliyenin düşey (merdivenler, asansörler, rampalar) ve yatay kaçış (yatay çıkışlar, koridorlar, geçitler) olanaklarından oluştuğu vurgulanmıştır. Kısacası, metro istasyonlarında yatay kaçışı sağlayan birimler, asansörler, merdivenler ve yürüyen merdivenlerdir.

Merdivenler ve yürüyen merdivenler

NFPA 130 ve BYKHY’de belirtilen merdivenler ve yürüyen merdivenler için özet kriteri tablosu oluşturulmuş, Çizelge 3.5.’te belirtilmiştir.

Çizelge 3.5. Merdivenler ve yürüyen merdivenler için kriterler

Merdivenler ve Yürüyen Merdivenler	
NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2017) [5]	<p>Beşinci Bölüm/İstasyonlar</p> <p>5.3.5.2 maddesine göre merdivenlerin kaçış olarak kullanılabilmesi için minimum temiz genişliği 112 cm olmalıdır.</p> <p>5.3.5.3 maddesine göre, merdivenler ve yürüyen merdivenler için çıkış kapasitesi ve hızı aşağıdaki gibidir.</p> <p>(1) Çıkış Kapasitesi — 0.0555 p/mm-dk.</p> <p>(2) Hızı — 14,6 m/dk.</p> <p>5.3.5.6 maddesine göre, yürüyen merdivenlerin kaçış kapasitesi hesaplanırken, her katta 1 adet yürüyen merdivenin servis dışı olduğu göz önünde bulundurularak hesaplamaya dahil edilecektir.</p>
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2015) [3]	<p>Madde 33/1</p> <p>Toplam kullanıcı sayısı 50 ila 500 kişi arasında ise kattaki bir kaçış yolunun genişliği 100 cm'den, 501 ila 2000 kişi arasında ise kattaki bir kaçış yolunun genişliği 150 cm'den, 2001 ve daha fazla ise kattaki bir kaçış yolunun genişliği 200 cm'den az olmayacak şekilde çıkış sayısı bulunur. Kaçış yolu, bu özelliği dışında, yapının mekanlarına hizmet veren koridor ve hol olarak kullanılıyor ise 110 cm'den az genişlikte olamaz. Hiçbir çıkış veya kaçış merdiveni veyahut diğer kaçış yolları, hesaplanan bu değerlerden ve 80 cm'den daha dar genişlikte olamaz.</p> <p>Madde 33/7</p> <p>Bir katı geçmeyen açık merdivenler ile bir kat inilerek veya çıkılarak bina dışına tahliyesi olan kata ulaşılan yürüyen merdivenler ve rampalar, bina dışına ulaşım noktasına veya korunmuş kaçış noktasına olan uzaklıklar, tek yönde ve iki yönde korunmuş kaçış yollarına olan uzaklıklar ve Ek-5/B'de belirtilen uzaklıklara uygun olmak şartıyla, kaçış yolu olarak kabul edilir. Ancak kullanıcı sayısı 50 kişiyi geçen katlarda kaçış yollarının kapasite ve sayı bakımından en az yarısının korunmuş olması gerekir.</p>

Çizelge 3.5.’te belirtilen özet kriteri tablosunda, NFPA 130 ve BYKHY’de merdivenlerde sağlanması gereken minimum temiz genişlik hakkında bilgi vermektedir. Ancak, NFPA 130 genişlik bilgilerine ek olarak, merdiven ve yürüyen merdivenlerin çıkış kapasitesi bilgisini vermektedir. BYKHY’de yürüyen merdivenler ve açık merdivenlerin bir kat inilerek veya çıkılarak tahliyenin sağlanması şartıyla kaçış amaçlı kullanılmasına izin verirken, NFPA 130’da minimum genişliğin 112 cm olması şartıyla kaçış olarak kullanılmasına izin

verilmektedir. Ayrıca, NFPA 130, yapıda bulunan bir yürüyen merdivenin servis dışı olduğu göz önünde bulundurularak kaçış genişliği hesabının yapılması gerektiğini belirtmektedir.

Asansörler

NFPA 130 ve BYKHY’de belirtilen asansörler için özet kriteri tablosu oluşturulmuş, Çizelge 3.6.’da belirtilmiştir.

Çizelge 3.6. Asansörler için kriterler

Asansörler	
NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2017) [5]	<p>Beşinci Bölüm/İstasyonlar</p> <p>5.3.6.2 maddesine göre, asansörlerin kapasitesi kaçış genişliği hesabına eklenmektedir. Bununla beraber, aşağıdaki maddelerin sağlanması gerekmektedir.</p> <p>-Gerekli çıkış kapasitesinin %50'sinden fazlası için hesaplanmayacaktır.</p> <p>-En az bir asansör hizmet dışı sayılır ve bir asansör daha itfaiye için ayrılmak üzere toplamda iki asansör hesaba katılmaz.</p> <p>Eğer binada 1 veya 2 asansör var ise, asansörlerin kapasitesi çıkış kapasitesi hesabına katılmaz.</p> <p>Her asansörün kapasitesi, asansörün 30 dakika içerisinde taşıma kapasitesi olacaktır.</p>
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2015) [3]	<p>Madde 31/2</p> <p>(2) Asansörler kaçış yolu olarak kabul edilmez.</p> <p>Madde 62/8</p> <p>(8) Asansör kabini dışında asansör holünde, kolayca okunabilecek büyüklükte "YANGIN SIRASINDA KULLANILMAZ" levhasının olması zorunludur."</p>

Çizelge 3.6.’da belirtilen özet kriteri tablosunda, BYKHY’de asansörlerin yangın durumunda kaçış amaçlı kullanılmaması gerektiği belirtilirken, NFPA 130 standardı ise yapıda iki asansör var ise kaçış genişliği hesabına katılmaması gerektiğini; ikiden fazla asansör var ise asansörlerden birinin servis dışı, diğerinin itfaiye için ayrılmak üzere olduğu göz önünde bulundurularak kaçış genişliği hesabına katılması gerektiğini vurgulamıştır.

Tahliye süresi

BYKHY’de tahliye süresi ile ilgili herhangi bir bilgi verilmemiştir. NFPA 130’da ise, iki ölçüt belirtmektedir. Çizelge 3.7.’de belirtildiği gibi, ilk kriter platformun tahliye süresi, ikinci ise tüm istasyonun güvenli alana kadarki tahliye süresidir.

Çizelge 3.7. Tahliye süresi için kriterler

Tahliye Süresi	
NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2017) [5]	5.3.3.1 maddesine göre, platformdaki kullanıcıların 4 dakika veya daha az bir sürede tahliye olması gerekmektedir. 5.3.3.2 maddesine göre platformun en uzak noktasından güvenli bir noktaya kadar kullanıcıların 6 dakika veya daha az bir sürede tahliye olması gerekmektedir.
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2015) [3]	BYKHY’de gerekli tahliye süresi ile ilgili bilgi bulunmamaktadır.

Platformun tahliye süresi, aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır [5]:

T_p : Platform Tahliye Süresi

O_p : Platform Kullanıcı Yüğü (kişi)

F_p : Platformun Çıkış Kapasitesi (kişi/dakika)

$$T_p = \frac{O_p}{F_p} \quad (3.1)$$

İstasyonun tahliye süresi, aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır [5]:

T_s : Toplam Çıkış Süresi

W_p : Platformda Bekleme Süresi

T : En uzun yolda alınan yürüme süresi

T_1 : En uzun yolda alınan yürüme süresi

$$T_s = W_p + T \quad (3.2)$$

Platformda bekleme süresi, toplam tahliye süresi ile yürüme süresinin farkı ile bulunmaktadır [5]:

$$W_p = T_p - T_1 \quad (3.3)$$

Kullanıcı Yüğü

Kullanıcı yüğü, zamanın herhangi bir anında binada bulunan kişilerin toplam sayısıdır. Kaçış yollarını tasarlayabilmek için binada bulunan kullanıcı yükünü hesaplamak gerekmektedir. NFPA 130'un rehberliğinde, istasyonda toplam kişi yüğü aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. NFPA 130 Annex C kısmında gerekli bilgiler verilmiştir. [5]

$$\text{Platformun Kullanıcı yüğü} = \text{Trene Binecek Kişi Yüğü} + \text{Trenden İnecek Kişi Yüğü} \quad (3.4)$$

NFPA 130'a göre, metrolarda kullanıcı yükünü hesaplariken, maksimum yolcu akış hızının olduğu pik saatler göz önünde bulundurulmalıdır. "Pik periyodu" terimi, maksimum yolcu akış hızına sahip pik saat içindeki süreyi ifade etmektedir. Genellikle bu süre 10 dakika ve 20 dakika arasında değişmektedir. Trene binen ya da inen yolcu sayısı bugüne kadar yapılan istatistikler sonucu belirlenmektedir; genelde bu sonuçlara, projenin verildiği belediyeler tarafından istasyondaki maksimum tren yüğü, trene binen ve inen kullanıcı yüküne ulaşılmaktadır. [5]

F_{bf} , NFPA 130'da "büyütme faktörü" olarak tanımlanmaktadır; pik saat boyunca sabit kalmayan kişi sayısı için bu faktör kullanılmaktadır. Genellikle, 1.3 ve 1,5 sayı faktörleri hesaplamalarda kullanılmaktadır. Güvenli tarafta kalabilmek için genellikle 1.5 büyütm faktörü kullanılmaktadır. [5]

Sefer aralığı, dakika cinsinden verilmiştir; istasyondaki bir platformda ardışık trenlerin, gelişi arasındaki zaman aralığını ifade etmektedir.

NFPA 101 ile Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik'in alan veya kattaki kullanıcı sayısı hesabı yaklaşımları aynıdır. Her iki standart ve yönetmelikte, alanın verilen kullanıcı yüğü katsayısına bölünmesiyle kullanıcı sayısı bulunmaktadır [4]. Ancak, NFPA 130 Annex C / C.1 istasyonun kullanıcı yüğü kısmında ise, NFPA 101 kullanıcı yüğü hesabı yaklaşımının, metro istasyonlarında uygulanmasının doğru olmadığını belirtmektedir. [5]

BYKHY madde 32'de kullanıcı yüğü katsayısının tanımı ve hesap yöntemini belirtmiştir.

Madde 32'ye göre,

(1) Kullanıcı yükü katsayısı olarak, gerekli kaçış ve panik hesaplarında kullanılmak üzere Ek-5/A'da belirtilen değerler esas alınır.

(2) Çıkış genişliği için, çıkış kapıları, kaçış merdivenleri, koridorlar ve diğer kaçış yollarının kapasiteleri 50 cm'lik genişlik birim alınarak hesaplanır. Birim genişlikten geçen kişi sayısı bina kullanım sınıflarına göre Ek-5/A'da gösterilmiştir.

Yönetmelikte birim genişlikte geçen kişi sayısı belirtilmiştir ancak zaman belirtilmemiştir. Singapur yönetmeliği ile paralel işleyen BYKHY'de dakika cinsinden verildiği göz önünde bulundurulmuştur.

Metrolarda bulunabilecek mahallere göre kullanıcı katsayıları aşağıda belirtilmiştir.

Ek-5/A'ya göre kullanıcı yükü katsayıları:

Terminallerin yolcu geliş gidiş bekleme salonları: 3 m²/kişi

Süpermarket, mağazalar, dükkânlar: 5 m²/kişi

Ofis Alanları: 10 m²/kişi

Depolar, ambarlar, makina daireleri: 30 m²/kişi

Konferans salonu, çok amaçlı salonlar (balo vs), lokanta, kantin, bekleme salonları, konser salonları, sinema ve tiyatro salonları, topluma açık stüdyo, düğün salonu vb.: 1,5 m²/kişi

olarak alınmaktadır [3].

BYKHY'de belirtilmiş olan, çizelge 3.8. tablosuna göre, toplanma amaçlı bina olarak değerlendirilen metro istasyonlarındaki birim genişlikten geçen kişi sayısı aşağıdaki gibidir [3].

Çizelge 3.8. Kaçışların birim genişlikleri

	Birim Genişlik İçin Kişi Sayısı			
	Kapı Açıklıklarında		Kaçış Merdivenlerinde	Rampalar ve Koridorlarda
Kullanım Sınıfı	Dışarı Çıkış Kapısı	Diğer Kapılar ve Koridor Kapılar		
Toplanma Amaçlı Binalar	100	80	60	100

Çizelge 3.8.'e göre, 50 cm'lik birimden, dışarı çıkış kapısı, rampalar ve koridorlardan 100 kişi geçiyorken, koridor kapıları veya diğer kapılardan 80 kişi geçmektedir. Kaçış merdivenlerinde ise, 50 cm'lik birimden 60 kişi geçmektedir.

Kaçış mesafesi

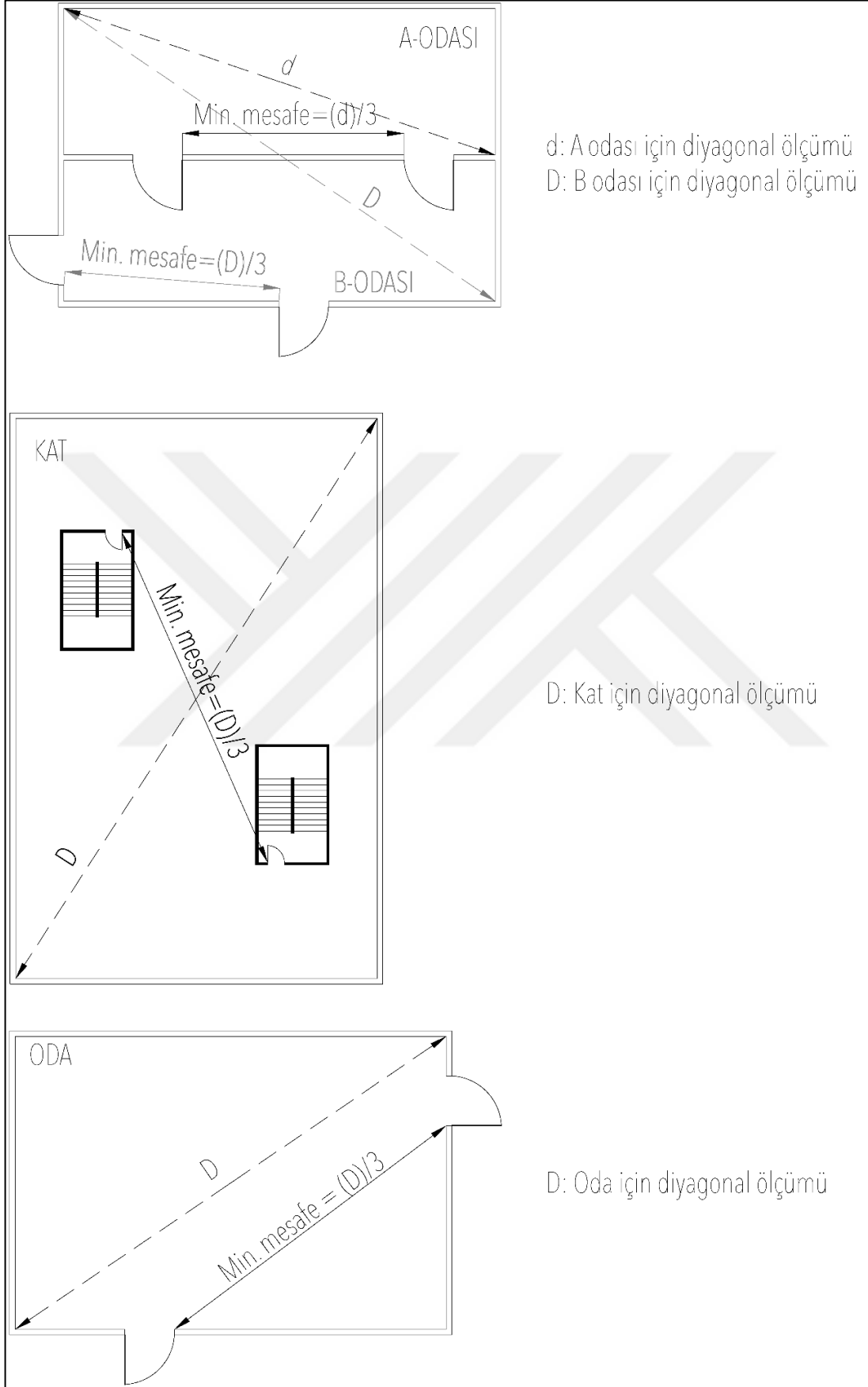
NFPA 101 Life Safety Code ve BYKHY'de tek yönlü kaçış mesafesi, bir mekân içindeki kişilerin sadece tek bir yönde hareket ederek bir çıkışa veya alternatifli iki yönde kaçış imkânına sahip olduğu noktaya kadar olan mesafeyi ifade eder şeklinde tanımlanmıştır. Tek yönlü mesafenin sağlandığı binalarda, ikinci kaçış düzenlemişse çift yönlü kaçış mesafesi kontrol edilmektedir. Metro binalarında sağlanması gereken tek ve çift yön kaçış mesafesi BYKHY ve NFPA 130 standardında verilen bilgiler Çizelge 3.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Kaçış mesafesi için kriterler

Kaçış Mesafesi	
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2015) [3]	<p>Metro binalarına ait kaçış mesafesi bilgisi bulunmamaktadır. Ancak, toplanma amaçlı bina fonksiyonunda değerlendirilebileceğinden aşağıdaki bilgiler baz alınmıştır.</p> <p>Ek-5/B Çıkışlara Götüren En Uzun Kaçış Uzaklıkları ve Birim Genişlikleri tablosunda, toplanma amaçlı binalar kullanım sınıfında:</p> <p>Yağmurlama sisteminin bulunduğu binalarda çift yön kaçış mesafesi 60 m, tek yön kaçış mesafesi 25 m'dir.</p> <p>Yağmurlama sisteminin bulunmadığı binalarda çift yön kaçış mesafesi 45 m, tek yön kaçış mesafesi ise 15 m'dir.</p>
NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2017) [5]	<p>5.3.3.4 maddesine göre çift yön kaçış mesafesi, platformun en uzak noktasından çıkışa ulaştığı noktaya kadar alınan mesafe 100 m'yi aşmamalıdır.</p> <p>5.3.3.5 maddesine göre tek yön kaçış mesafesi 25 m'yi veya aracın uzunluğunu aşmamalıdır.</p>

Çıkışlarda alternatiflik

BYKHY 30/1 maddesine göre, binalarda en az iki çıkışın sağlanması gerekmektedir. İkinci bir çıkıştan bahsedebilmek için BYKHY madde 30/3'te belirttiği gibi çıkışların olabildiğince uzakta konumlanması gerekmektedir. Alternatifliğin sağlanabilmesi için çıkışlar arasındaki mesafe, yağmurlama sisteminin bulunduğu binalarda, alanın diyagonal mesafesinin 1/3'ünden az olmaması gerekmektedir. BYKHY madde 40/1'de ifade ettiği gibi Yangın hangi noktada çıkarsa çıksın, o kotta bütün insanların çıkışlarının sağlanması için kaçış yollarının ve kaçış merdivenlerinin birbirlerinin alternatifli olacak şekilde konumlandırılması gerekir [5]. NFPA 101 Life Safety Code (2018)'de, BYKHY'den farklı olarak, hesaplanan diyagonal ölçünün 1/3'ü, kapıların birbirine bakan yakın noktaları arasında ölçüldüğünü belirtmektedir. NFPA 101 Handbook (2015 yayımı)'da alternatifliği bina, oda ve odalar düzeninde nasıl ölçülmesi gerektiği Şekil.3.1'de açıklanmıştır [4].



Şekil 3.1. Oda bazında ve kat bazında alternatiflik [4]

4. ÖRNEK ÇALIŞMA: İSTANBUL'DA BİR YERALTI METRO İSTASYONU

İstanbul'da konumlanan bir yeraltı metro projesi üzerinden, performansa dayalı yangın kaçış simülasyonu programıyla tahliye süresi analizi yapılarak, geleneksel yöntem ile yapılan hesaplara karşılaştırma yapılmıştır. Simülasyon programı ile kaçış süreleri test edildikten sonra, kaçış olanaklarının ve mimarinin koşullarını iyileştirmeye yönelik çözüm ve öneriler sunulması hedeflenmiştir.

4.1. Örnek Yeraltı Metro İstasyonu ile İlgili Genel Bilgiler

Örnekleme, İstanbul'da inşa edilmesi planlanan bir yeraltı metro istasyonudur. Metro istasyonu kesin proje aşamasındadır; yapının işleyişi hakkında genel kararlar alındığı gibi disiplinler arası proje tasarım çalışmaları da tamamlanmıştır. Metro istasyonunun tasarımı, BYKHY'e gerekliliklerine uygun şekilde tasarlanması amaçlanmıştır. Ancak, madde 5/2 gereğince, "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." İfadesiyle, NFPA standartlarından yararlanılmıştır.

Metro istasyonunun, yangın güvenliği pasif güvenlik önlemleri yönetmelik ve standartlardan yararlanarak sağlanmıştır.

Ulusal Yönetmelik

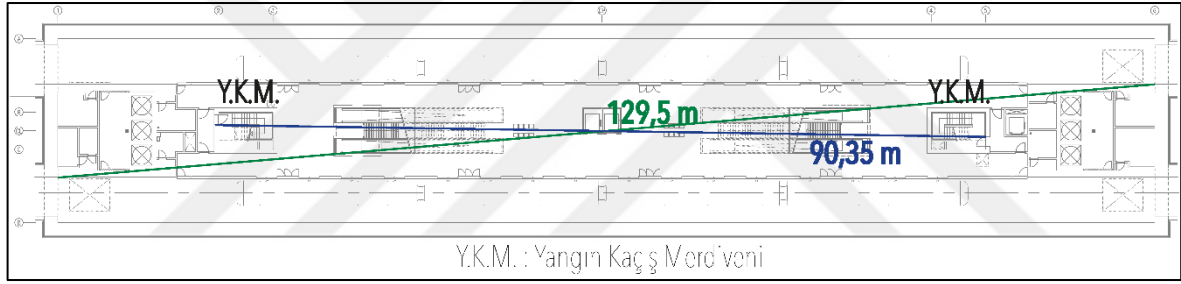
BYKHY Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2015)

Uluslararası Standartlar

NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems

NFPA 101 Life Safety Code

Metro istasyonu aç-kapa tip bir istasyon olmakla beraber üç kattan oluşmaktadır; bu katlar platform katı, konkors katı ve teknik hacim katıdır. Metro istasyonu, BYKHY 15/1 ve 15/1/e maddeleri gereğince, “toplanma amaçlı” kullanım sınıfında değerlendirilmektedir. Kullanımların birbirinden fonksiyonları olarak ayrılabilirdiği kullanım sınıflarında, her kullanımın kaçış olanakları değerlendirildiği kullanım sınıfında değerlendirilmiştir. Kullanım sınıflarının ayrılamayan durumlarda ise esas kullanım sınıfı olan toplanma amaçlı kullanım gereklilikleri bütün kullanımlar için geçerli olmuştur. Binada yağmurlama sistemi bulunmaktadır. İki adet yangın kaçış merdiveni ve bir adet acil durum asansörü, dört adet asansör, üç adet sirkülasyon merdiveni, dört adet yürüyen merdiven bulunmaktadır. Şekil 4.1’de sunulduğu gibi 2. bölümde bahsedilen ilk parametre çıkışlarda alternatiflik kontrolü yapılmıştır; doğrudan çıkışlar ve kaçış merdivenleri kat bazında birbirlerine alternatif olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 4.1. Örnek yeraltı metro istasyonunda alternatiflik

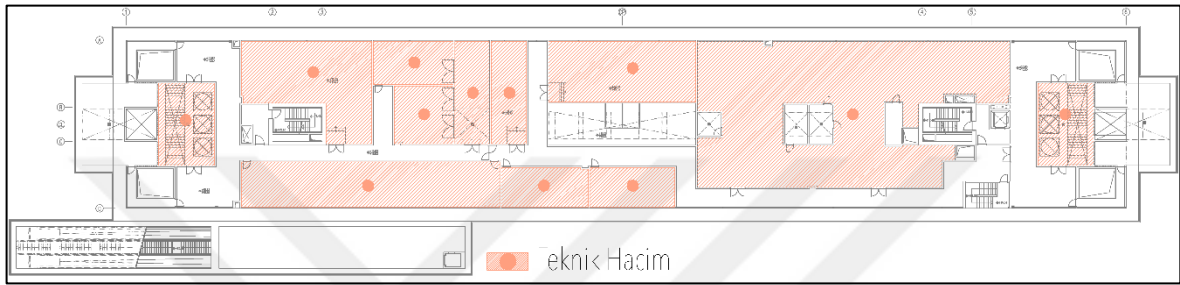
Örnek olarak platform katı ele alındığında, Şekil 4.1.’de gösterildiği gibi alanın diyagonali 129,5 m’dir. Kaçışlar arasındaki mesafeyi, diyagonalin 1/3’ünü hesaplayarak elde edildiğinde, 43,2 m değerine ulaşılmaktadır. Yani, kaçışlar arasındaki minimum mesafe 43,2 m’den az olmamalıdır. Sonuç olarak, Şekil 4.1’de, kaçışlar arasındaki mesafe 90,35 m olduğu belirtildiğinden, kaçışların birbirine alternatif olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Yangın kaçış merdiveni her kata hizmet vermektedir. Ancak, diğer dikey kaçışların adetleri katlarda değişim göstermektedir. Yangın kaçış merdivenler sokak seviyesinde, doğrudan tahliye olmaktadır. Katlar, genel bilgiler ve kullanım sınıfı, yatay kaçış olanakları, dikey kaçış olanakları ve tahliye stratejisi olmak üzere dört başlıkta incelenmiştir.

Teknik hacim katı

Genel bilgiler ve kullanım sınıfı

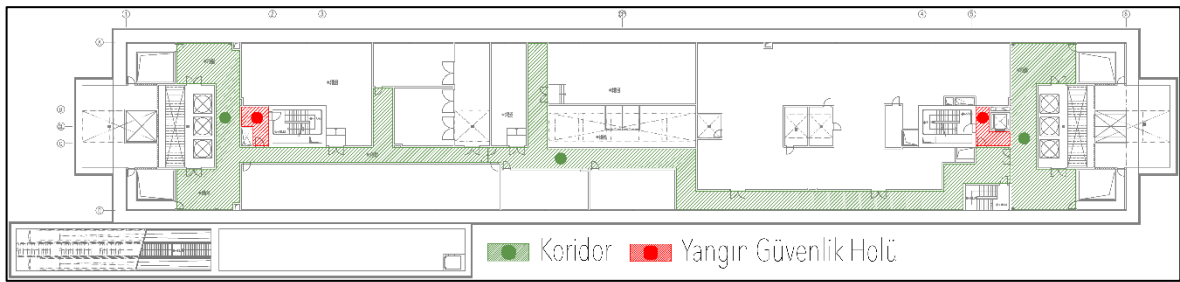
Teknik hacim katı, +15.55 kotunda yer almaktadır. Şekil 4.2.'de gösterildiği gibi katta teknik amaçlı kullanımdan başka kullanım alanı bulunmamaktadır. Bu nedenle, BYKHY'e göre, "Endüstriyel amaçlı kullanım" sınıfında değerlendirilmektedir.



Şekil 4.2. Teknik hacim katı alanların fonksiyon diyagramı

Yatay Kaçış Olanakları

Şekil 4.3.'de gösterildiği gibi, teknik hacim katında, kaçış yolunu oluşturan yangın güvenlik holü ve koridorlar bulunmaktadır. Kullanıcılar bu kaçış yollarından geçerek, güvenli bir noktaya ulaşmaktadır.



Şekil 4.3. Teknik hacim katı yatay kaçış olanakları

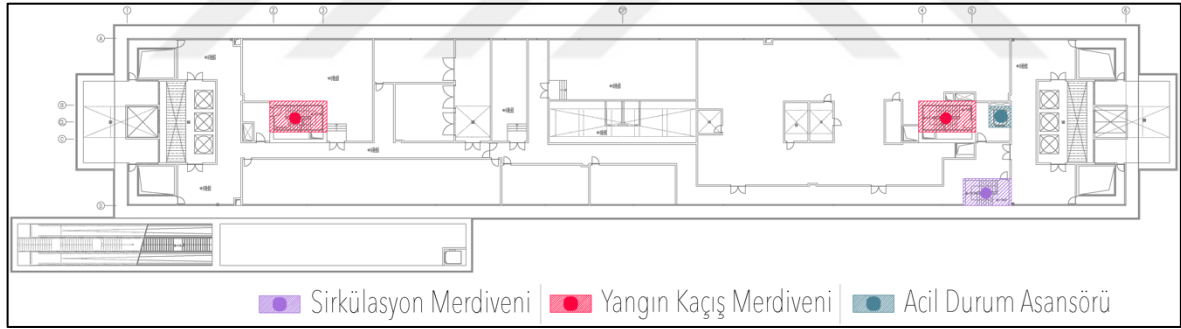
Kattaki, kaçış mesafesi Şekil..’de gösterilen yangın güvenlik holüne kadar ölçülmüştür; BYKHY’de Çizelge 4.1.’de gösterilen, çift yönün 60 m’yi aşmaması, tek yönün ise 25 m’yi aşmaması gerektiği kuralını sağlamaktadır. Sonuç olarak, Böylelikle, kullanıcıların uygun mesafe içerisinde güvenli bir alana ulaşması sağlanmıştır.

Çizelge 4.1. Endüstriyel amaçlı kullanım alanlarında çıkışlara götüren en uzun kaçış uzaklıkları

Kullanım Sınıfı	Tek Yönde En Çok Uzaklık		Çift Yönde En Çok Uzaklık	
	Yağmurlama Sistemi Yok	Yağmurlama Sistemi Var	Yağmurlama Sistemi Yok	Yağmurlama Sistemi Var
Endüstriyel Amaçlı Kullanım	15 m	25 m	45 m	60 m

Düşey Kaçış Olanakları

Şekil 4.4.'de gösterildiği gibi, teknik hacim katında, düşey kaçış olanaklarından bir adet sirkülasyon merdiveni ve iki adet yangın kaçış merdiveni bulunmaktadır. Katta, kullanıcıların bulunabileceği alanlarda kullanıcı yükü hesabı yapıldığında, kattaki toplam kişi sayısı 53'tür; BYKHY madde 39/2 "...50 kişinin aşıldığı her mekânda en az 2 çıkış bulunması şarttır. Kişi sayısı 500 kişiyi geçer ise en az 3 çıkış ve 1000 kişiyi geçer ise en az 4 çıkış bulunmak zorundadır." ifadesine göre en iki çıkışın sağlanması gerekmektedir [3]. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi, katta iki adet yangın kaçış merdiveni bulunmaktadır.



Şekil 4.4. Teknik hacim katı düşey kaçış olanakları

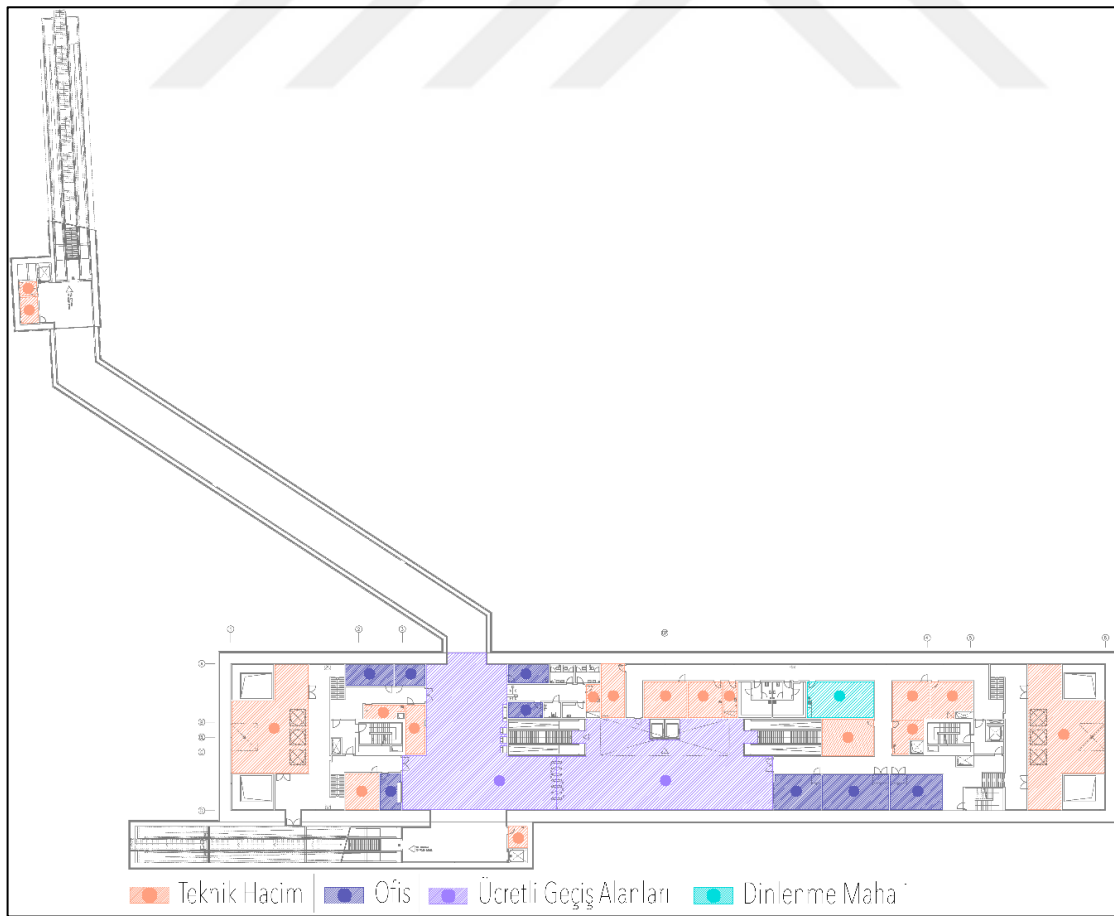
Tahliye stratejisi

Katta bulunan kullanıcılar iki adet yangın kaçış merdivenini kullanacaklardır; yeterli çıkış ve kaçış genişliği sağlandığından sirkülasyon merdiveninin, kaçış amaçlı kullanılmasına gerek bulunmamaktadır.

Konkors katı

Genel Bilgiler ve kullanım sınıfı

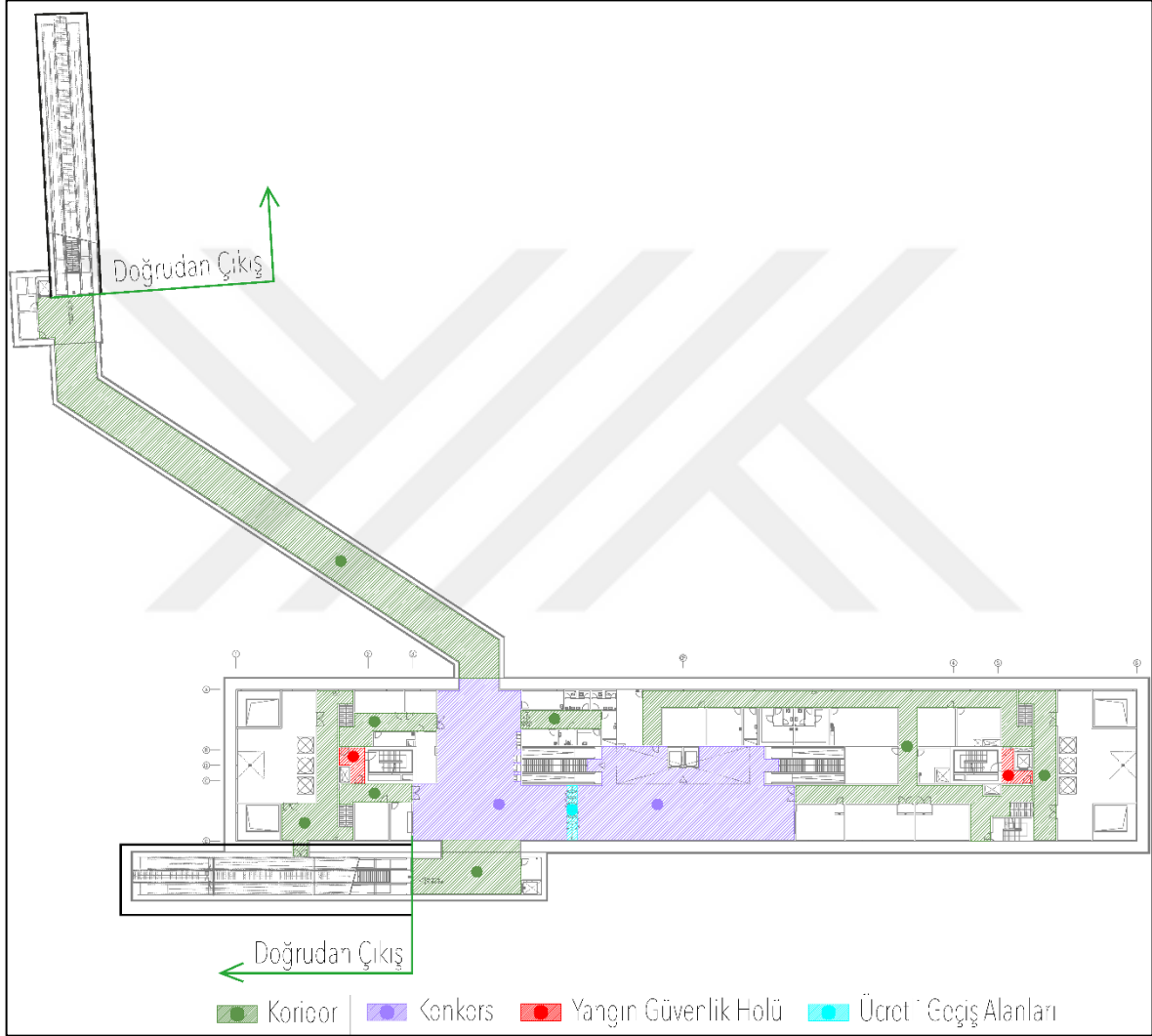
Konkors katı, +8.25 kotunda yer almaktadır. Kullanıcılar bu katta, bilet satın alabilir ya da ücretli geçiş alanlarından geçerek platform katına doğru yol alabilmektedir. Şekil 4.5.'de gösterildiği gibi, teknik hacimler, ofis mahalleri, dinlenme mahali ve ücretli geçiş alanlarından ve farklı kompartıman sınıflarından oluşmaktadır. Konkors katında kullanıcıların, bekleyeceği veya toplanacağı alanların yanı sıra yangın güvenliği açısından pasif ve aktif korumanın sağlanması gereken teknik hacimler de bulunmaktadır. BYKHY madde 31/5, "Değişik bölümleri veya katları, değişik tipte kullanımlar için tasarlanan veya içinde aynı zamanda değişik amaçlı kullanımların sürdürüldüğü yapılarda, yapı bütününe veya kat bütününe ilişkin gerekler, en sıkı kaçış gerekleri olan kullanım tipi esas alınarak tespit edilir veya her bir yapı bölümüne ilişkin gerekler ayrı ayrı belirlenir." ifadesine dayanarak, katın esas kullanım sınıfı toplanma amaçlı kullanımdır. [3]



Şekil 4.5. Konkors katı alanların fonksiyon diyagramı

Yatay Kaçış Olanakları

Şekil 4.6.' da sunulduğu gibi yatay kaçış olanaklarını oluşturan unsurlar doğrudan çıkışlar ile beraber koridorlar, konkors alanı, yangın güvenlik holü ve ücretli geçiş alanlarıdır. Kullanıcılar bu kaçış yollarından geçerek, güvenli bir noktaya ulaşmaktadır.



Şekil 4.6. Konkors katı yatay kaçış olanakları

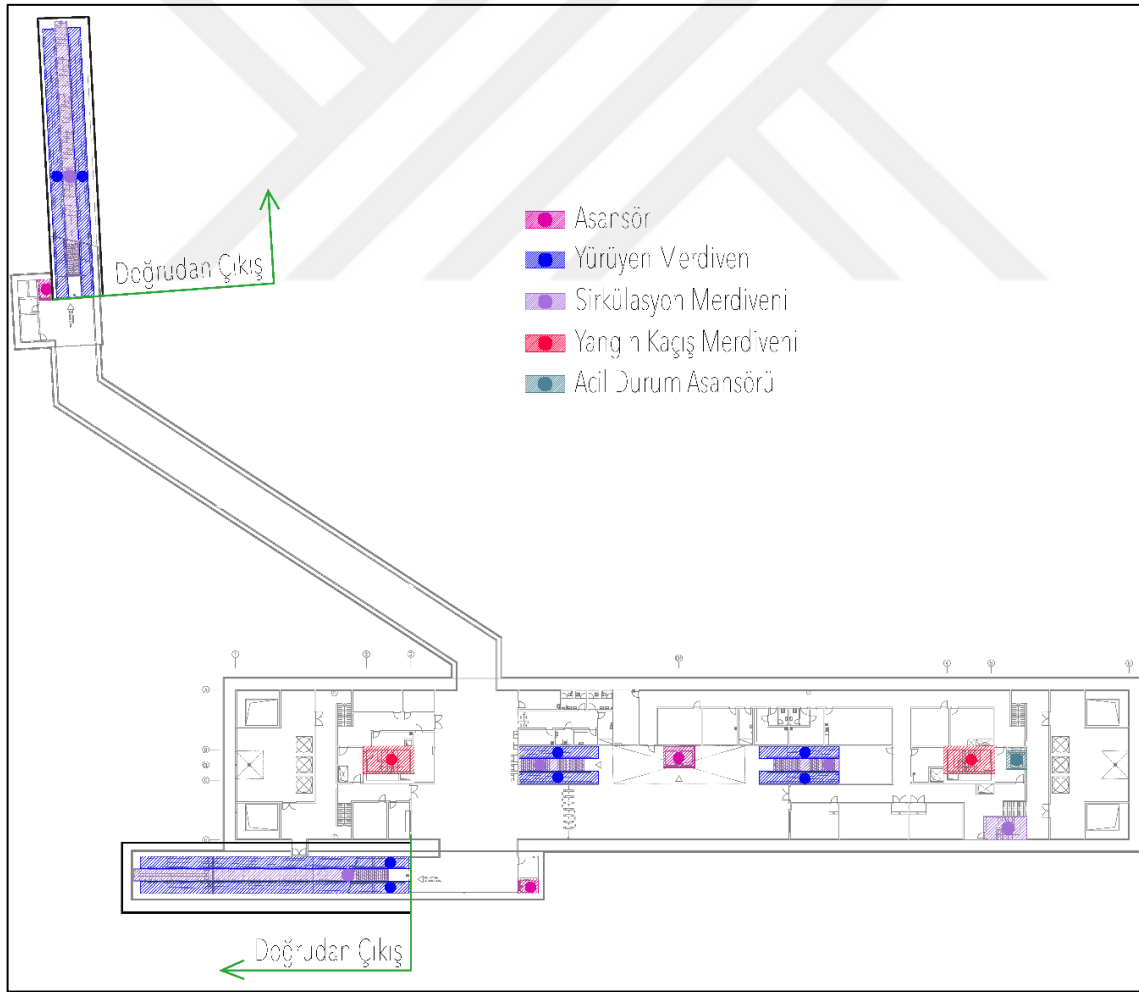
BYKHY gereğince, “Toplanma amaçlı kullanım” sınıfında değerlendirilen bu kat, çizelge 4.2.’de belirtilen kaçış mesafeleri, çift yönün 60 m’yi aşmaması, tek yönün ise 25 m’yi aşmaması gerektiği kuralını karşılamaktadır. Böylelikle, kullanıcıların uygun mesafe içerisinde güvenli bir alana ulaşması sağlanmıştır.

Çizelge 4.2. Toplanma amaçlı kullanım alanlarında çıkışlara götüren en uzun kaçış uzaklıkları

Kullanım Sınıfı	Tek Yönde En Çok Uzaklık		Çift Yönde En Çok Uzaklık	
	Yağmurlama Sistemi Yok	Yağmurlama Sistemi Var	Yağmurlama Sistemi Yok	Yağmurlama Sistemi Var
Toplanma Amaçlı Kullanım	15 m	25 m	45 m	60 m

Düşey Kaçış Olanakları

Şekil 4.7.'de sunulduğu gibi, konkors katında doğrudan çıkışlar ile beraber, 3 adet asansör, 3 sirkülasyon merdiveni, 4 adet yürüyen merdiven ve 2 adet yangın kaçış merdiveni bulunmaktadır.



Şekil 4.7. Konkors katı düşey kaçış olanakları

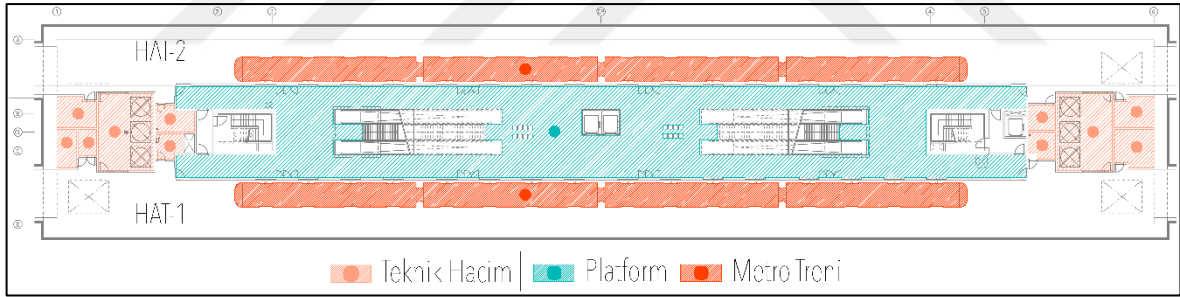
Tahliye stratejisi

Katta bulunan kullanıcılar iki adet kaçış merdiveni ile beraber dört adet doğrudan çıkış bulunmaktadır. Yeterli çıkış ve kaçış genişliği sağlandığından diğer kaçış olanaklarının kullanılmasına gerek bulunmamaktadır. Ayrıca, konkors katındaki konkors alanları “güvenli bekleme alanı” olarak kabul edilmiştir; platformdan, konkors katına ulaşan kullanıcıların, güvenli alana ulaştığı varsayılmıştır.

Platform Katı

Genel Bilgiler ve Kullanım Sınıfı

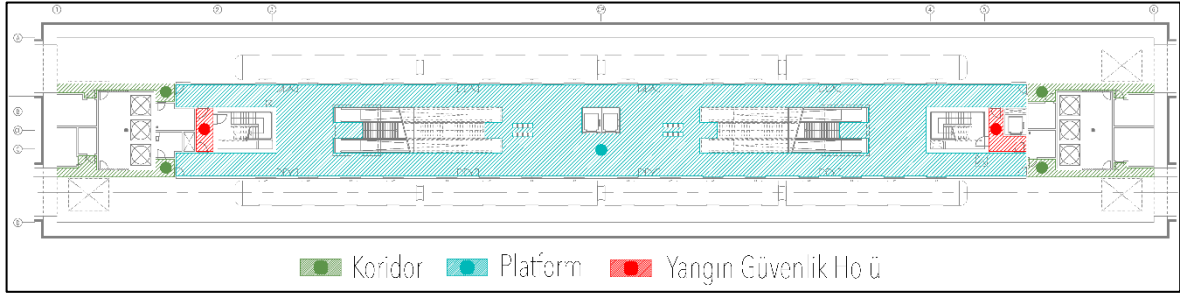
Platform katı +0.95 kotundadır; platform 1. hat ve 2. hattın ortasında bulunmaktadır. Kullanıcıların trene bindiği, trenden indiği ve platform alanında treni beklediği kattır. Konkors katına benzer olarak toplanma alanların yanı sıra teknik hacimleri de barındırmaktadır. Ancak, katın esas kullanım sınıfı toplanma amaçlı kullanımdır.



Şekil 4.8. Platform katı alanların fonksiyon diyagramı

Yatay Kaçış Olanakları

Şekil 4.8.’de sunulduğu gibi yatay kaçış olanaklarını oluşturan unsurlar koridor, platform ve yangın güvenlik holleridir. Kullanıcılar bu kaçış yollarından geçerek, güvenli bir noktaya ulaşmaktadır.

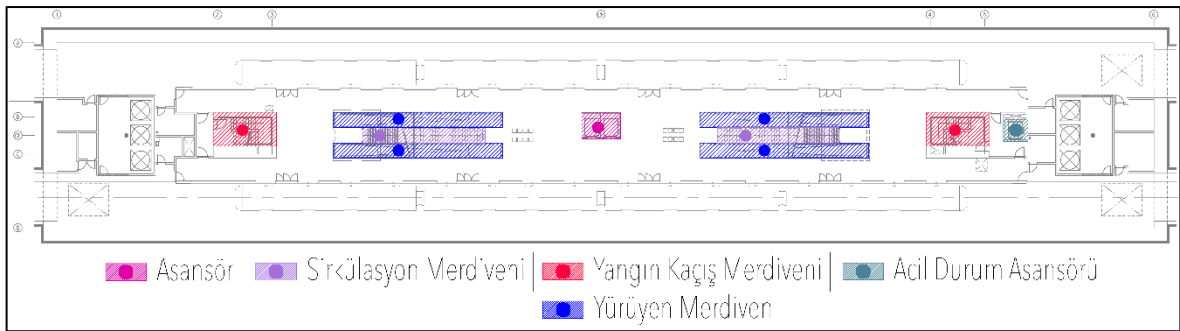


Şekil 4.9. Platform katı yatay kaçış olanakları

BYKHY gereğince, “Toplanma amaçlı kullanım” sınıfında değerlendirilen bu kat, çizelge 4.2.’de belirtilen kaçış mesafeleri, çift yönün 60 m’yi aşmaması, tek yönün ise 25 m’yi aşmaması gerektiği kuralını karşılamaktadır. Böylelikle, kullanıcıların uygun mesafe içerisinde güvenli bir alana ulaşması sağlanmıştır.

Düşey Kaçış Olanakları

Platform katında, düşey kaçış olanaklarından iki adet asansör, iki adet sirkülasyon merdiveni ve dört adet yürüyen merdiven bulunmaktadır.



Şekil 4.10. Konkors katı düşey kaçış olanakları

Tahliye Stratejisi

BYKHY’ye uygun olarak katta bulunan kullanıcılar iki adet kaçış merdiveni, iki adet sirkülasyon merdiveni ve 4 adet yürüyen merdiven ile beraber katta 8 adet çıkış bulunmaktadır. Yeterli çıkış ve kaçış genişliği sağlandığından diğer kaçış olanaklarının kullanılmasına gerek bulunmamaktadır. Asansörler kaçış amaçlı kullanılmamıştır. Ayrıca, konkors katındaki, konkors alanları “güvenli bekleme alanı” olarak kabul edilmiştir; platformdan, konkors katına ulaşan kullanıcıların, güvenli alana ulaştığı varsayılmıştır.

4.2. Örnek Yeraltı Metro İstasyonunun Yangın Güvenliği Parametreleri Açısından Analizi

4.2.1. Tahliye süresi analizi

NFPA 130, metro platformun tahliyesini 4 dakika veya daha az sürede; metro istasyonun tahliyesini 6 dakika veya daha az sürede sağlanması gerektiğini vurgulayarak, iki adet tahliye süresi belirtmiştir. Metro istasyonun tahliye süresi ve platformun tahliye süresi geleneksel yöntem ile hesaplanmış ve performans temelli program olan Pathfinder ile test edilmiştir. Geleneksel yöntem ve performans dayalı yöntem ile elde edilen tahliye süre verileri ile NFPA 130'un belirttiği tahliye süreleri karşılaştırılarak uygunluğu test edilmiştir. Analiz sonucunda, elde edilen verilerle mimari tasarımda yol gösterici ve iyileştirmeye yönelik öneriler sunulmuştur.

Geleneksel Yöntem ile Analiz

Bu bölümde, metro platformun tahliye süresi olan 4 dakika analizi ve metro istasyonunun tahliye süresi olan 6 dakika analizi, NFPA 130'da belirtilen geleneksel yöntem ile hesaplanmıştır. Tahliye süresinin analiz edilebilmesi için katlardaki ve toplam kullanıcı yükünün hesaplanması gerekmektedir. NFPA 130'a göre, metro platform ve konkors katları için NFPA 101 kullanıcı yükü hesabı yaklaşımının, metro istasyonu için uygulanmasının doğru olmadığını belirtmektedir. NFPA 101 ve BYKHY'nin kullanıcı yükü hesapları aynı olduğundan, BYKHY'de belirtilen kullanıcı yükü katsayıları da metro platformun kişi yükü hesabında kullanılmamıştır. Kullanıcı yükü hesabını yapabilmek adına, istasyonun proje onayı alacağı belediyeden alınan, kullanıcı yükü istatistiksel verilere ulaşılmıştır. Bu verilere göre 2040 yılı baz alınarak 1. hat ve 2. hatta en yoğun saatlerde binen/inen kişi sayıları ve 2040 yılında tren kullanıcı yükünün maksimum değeri 1050 kişi olarak belirtilmiştir. Tüm hesaplamalar, çizelge 4.3.'te belirtilen bilgilere göre yapılmıştır.

Çizelge 4.3. 1. hat ve 2. hatta göre binen ve inen yolcu verileri

	1. Hat	2. Hat
Binen Yolcu	221 kişi	806 kişi
İnen Yolcu	335 kişi	434 kişi

Bu bilgiler ışığında, tahliye süresi analizi iki aşamada gerçekleştirilmiştir; birinci aşamada kullanıcı yükü hesabı yapılmıştır. İlk olarak, 1. hattın yoğun olduğu saatlerde kullanıcı yükü ve 2. hattın yoğun olmadığı saatlerde kullanıcı yükü formüller ile hesaplanarak, platformda bulunabilecek maksimum kullanıcı yükü hesaplanmıştır. Aynı hesap, 2. hattın yoğun olduğu saatlerde kullanıcı yükü ve 1. hattın yoğun olmadığı saatlerde kullanıcı yükü hesaplanarak, platformda bulunabilecek maksimum kullanıcı sayısı bulunmuştur. İki hesapta da elde edilen platformdaki maksimum kullanıcı yükü karşılaştırılarak, kullanıcı yükü fazla olan hesap kabul edilmiştir. Sonrasında, kullanıcıların tahliye esnasında kullanacağı dişey ve yatay kaçış elemanlarının kapasitesine göre kaçış elemanlarının karşılayacağı kullanıcı sayısı hesaplanmıştır. Analizin 2. aşamasında, kullanıcıların en uzak noktadan güvenli bir noktaya kadar aldıkları yol ile yürüme süreleri hesaplanarak, platform katının tahliye süresi elde edilmiştir. 6 dakika analizinin tamamlanabilmesi için tüm yapılan hesaplara ek olarak, konkors katı kullanıcı yükü hesabı yapılarak, platform çıkışlarında bekleme süresi, turnikelerden geçiş ve turnikelerde bekleme süresi hesaplanarak, toplam tahliye süresi bulunmuştur.

Yukarıda ifade edildiği gibi, 1. hattın yoğun olduğu saatlerde kullanıcı yükü ve 2. hattın yoğun olmadığı saatlerde kullanıcı yükü aşağıdaki formüller ile hesaplanarak, platformda bulunabilecek maksimum kullanıcı yükü hesaplanmıştır

Yoğun Saatler / 1. Hat Kullanıcı Yüğü:

Çizelge 4.3.'e göre, 1. Hat binen yolcu sayısı 221 kişidir.

$$\text{Hesaplanan Binen Yolcu} = \frac{\text{Binen yolcu}}{60 \text{ dk.}} \times 5 \text{ (Sefer aralığı)} \times 1,5 \text{ (Büyütme faktörü)} \quad (4.1)$$

$$= \left(\frac{221}{60} \right) \times 5 \times 1,5$$

56

=28 kişi

Yoğun Olmayan Saatler / 2. Hat Kullanıcı Yüğü:

Çizelge 4.3.'e göre, 2. Hat inen yolcu sayısı 434 kişidir.

$$\text{Hesaplanan inen yolcu} = \frac{\text{İnen yolcu}}{60 \text{ dk.}} \times 1,5 \text{ (Sefer aralığı)} \times 1,5 \text{ (Büyütme faktörü)} \quad (4.2)$$

$$= \left(\frac{434}{60} \right) \times 1,5 \times 1,5$$

=17 kişi

Çizelge 4.3.'e göre, 2. Hat binen yolcu sayısı 806 kişidir.

$$\text{Hesaplanan binen yolcu} = \frac{\text{Binen yolcu}}{60 \text{ dk.}} \times 1,5 \text{ (Sefer aralığı)} \times 1,5 \text{ (Büyütme faktörü)} \quad (4.3)$$

$$= \left(\frac{806}{60} \right) \times 1,5 \times 1,5$$

=31 kişi

Alınan verilere göre, maksimum tren yüğü 1050 kişidir. Sonuç olarak NFPA 130'da verilen formüle göre,

$$\text{Platformdaki kullanıcı yüğü} = \text{Tren yüğü} + \text{Trene binecek kullanıcı yüğü} \quad (3.4)$$

Yoğun Saatler / 1. Hat Kullanıcı Yüğü:

$$\text{Kullanıcı yüğü} = 1050 + 28 + 17 + 31$$

=1126 kişi'dir.

Yukarıda yapılan hesap, 2. Hattın yoğun olduğu saatlerde kullanıcı yükü ve 1. Hattın yoğun olmadığı saatlerde kullanıcı yükü hesaplanarak, platformda bulunabilecek maksimum kullanıcı sayısı hesaplanmıştır.

Aşağıda yapılan hesaplamada, 2. hattın yoğun olduğu saatlerde kullanıcı yükü ve 1. hattın yoğun olmadığı saatlerde kullanıcı yükü hesaplanarak, platformda bulunabilecek maksimum kullanıcı sayısı elde edilmiştir.

Yoğun Saatler / 2. Hat Kullanıcı Yükü:

Çizelge 4.3.'e göre, Hat 2 binen yolcu sayısı 806 kişidir.

$$\text{Hesaplanan binen yolcu} = \frac{\text{Binen yolcu}}{60 \text{ dk}} \times 5 \text{ (Tren aralığı)} \times 1,5 \text{ (Büyütme faktörü)} \quad (4.1)$$

$$= \left(\frac{806}{60} \right) \times 5 \times 1,5$$

$$= 101 \text{ kişi}$$

Yoğun Olmayan Saatler / 1. Hat Kullanıcı Yükü:

Çizelge 4.3.'e göre, Hat 1 inen yolcu sayısı 335 kişidir.

$$\text{Hesaplanan inen yolcu} = \frac{\text{İnen yolcu}}{60 \text{ dk}} \times 1,5 \text{ (Tren aralığı)} \times 1,5 \text{ (Büyütme faktörü)} \quad (4.2)$$

$$= \left(\frac{335}{60} \right) \times 1,5 \times 1,5$$

$$= 13 \text{ kişi}$$

Çizelge 4.3.'e göre, Hat 1 binen yolcu sayısı 221 kişidir.

$$\text{Hesaplanan binen yolcu} = \frac{\text{Binen yolcu}}{60 \text{ dk}} \times 1,5 \text{ (Tren aralığı)} \times 1,5 \text{ (Büyütme faktörü)} \quad (4.2)$$

$$= \left(\frac{221}{60} \right) \times 1,5 \times 1,5$$

$$= 9 \text{ kişi}$$

Verilen bilgiye g6re, maksimum tren y6k6 1050 kişidir. Sonuç olarak NFPA 130'da verilen form6le g6re,

$$\text{Platformdaki kullanıcı y6k6} = \text{Tren y6k6} + \text{Trene binecek kullanıcı y6k6} \quad (3.4)$$

Yoğun Saatler / 2. Hat Kullanıcı Y6k6:

$$\text{Kullanıcı y6k6} = 1050 + 101 + 13 + 9$$

$$= 1173 \text{ kişi'dir.}$$

Yukarıdaki hesaplamalarda 1. hat ve 2. hattın yoğun olduğu saatlerde platformda bulunabilecek kullanıcı y6k6 hesabı ayrı ayrı yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara g6re, 1. hattın en yoğun saatin g6re platformda bulunabilecek maksimum kullanıcı y6k6 hesabı yapıldığında, elde edilen sonuç 1126 kişi iken, 2. hattın en yoğun saatine g6re platformda bulunabilecek maksimum kullanıcı y6k6 hesabı yapıldığında, elde edilen sonuç 1173 kişidir. B6ylelikle, 2. Hattın yoğun olduğu saatlerde platformda bulunabilecek kullanıcı y6k6, 1. Hattın yoğun olduğu saatlerde platformda bulunabilecek kullanıcı y6k6'den fazla olduğu için ve güvenli tarafta kalmak adına platformda bulunabilecek maksimum kullanıcı y6k6 1173 kişi olarak kabul edilmiştir. Sonraki adımda hem d6şey hem yatay kaçış olanaklarının kapasitesini ve karşıladığı kullanıcı sayısı elde edilmiş, gerekli tahliye s6resi olan 4 dakika analizi için kullanıcıların en uzak noktadan güvenli noktaya kadar aldıkları yol ile y6r6me s6releri hesaplanarak, platformun tahliye s6resi hesaplanmıştır.

Platformun Tahliye S6resi (4 Dakika Analizi):

Bir 6nceki b6l6mde, 2. hattın yoğun olduğu saatlerde platformda bulunabilecek maksimum kişi sayısı baz alınarak, 1173 kişi sayısı kabul edilmiştir. Bu hesaplamada, 4 dakika analizinin ilk adımımda, yatay ve d6şey kaçış olanaklarının kapasitesi ve karşıladığı kişi

sayısı hesabı yapılmıştır. Çizelge 4.4. ve çizelge 4.5.'te yeraltı metro platformunda kullanıcılar tarafından kullanılan düşey ve yatay kaçış olanaklarının kapasitesi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4. Yeraltı metro istasyonunda düşey kaçış olanaklarının kapasitesi

İstasyondan güvenli alana				
Kaçış Olanakları	Sayısı	Toplam Genişlik (mm)	Kapasite (kişi/mm-dk.)	(kişi/dk.)
Yangın Kaçış Merdivenleri	2	3000	0,0555	166,5
Sirkülasyon Merdivenleri	2	3600	0,0555	199,8
Yürüyen Merdivenler	3*	3750	0,0555	288,1
Asansörler	1**	Kullanılmıyor.		
Platform Toplam Çıkış Kapasitesi (F_p)=				654,4

Çizelge 4.5. Yeraltı metro istasyonunda yatay kaçış olanaklarının kapasitesi

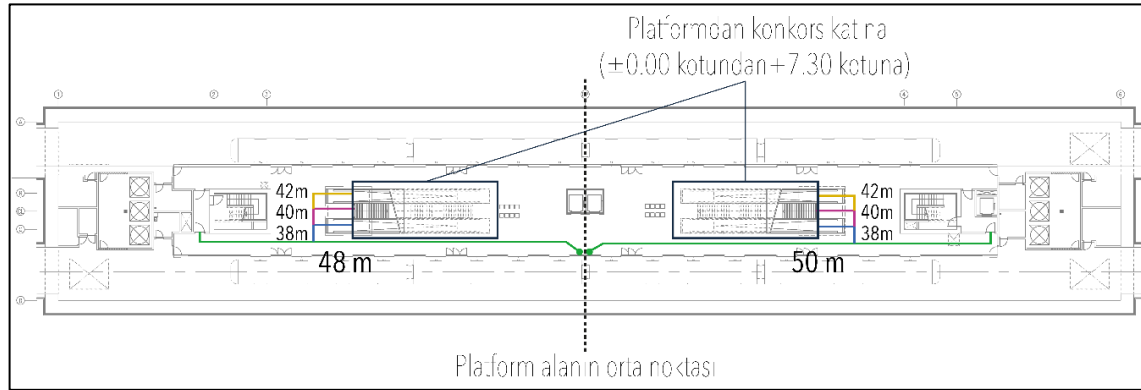
Ücretli Geçiş Alanlardan Geçiş			
Kaçış Olanakları	Sayısı	Kapasite (kişi/dk)	(kişi/dk.)
Turnikeler	6	50	300
Engelli Geçiş Kapısı	2	50	100
Ücretli Geçiş Alanlarında Çıkış Kapasitesi (F_{fb}) =			400

Çizelge 4.6. Yeraltı metro istasyonunda ücretli geçiş alanlarından güvenli noktaya kadar kaçış olanaklarının kapasitesi

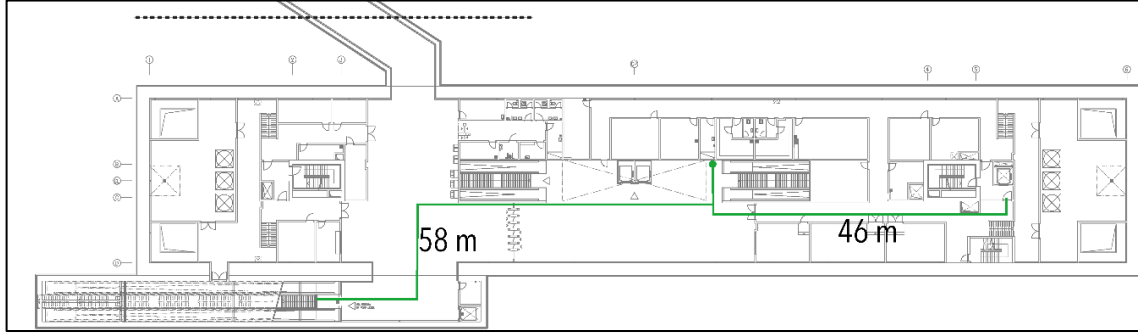
Ücretli Geçiş Alanlarından Güvenli Noktaya				
Kaçış Olanakları	Sayısı	Toplam Genişlik (mm)	Kapasite (kişi/mm-dk)	kişi/dk
Yangın Kaçış Merdivenleri	2	3000	0,0555	166,5
Sirkülasyon Merdivenleri	2	3600	0,0555	199,8
Yürüyen Merdivenler	3*	3750	0,0555	288,1
Asansörler	1**	Kullanılmıyor.		
İstasyonun Toplam Çıkış Kapasitesi (F_c)=				654,4

(*) (**) NFPA 130'a göre, katta bulunan asansörlerin en az 2 tanesinin servis dışı olduğu göz önünde bulundurularak hesaplanması gerektiği belirtilmiştir. Benzer yaklaşım ile katta bulunan yürüyen merdivenlerden en az 1 tanesinin servis dışı olduğu göz önünde bulundurularak hesaplanması gerektiği ifade edilmiştir.

4 dakika analizinin 2. adımında, kullanıcıların en uzak noktadan güvenli noktaya kadar aldıkları yol ile yürüme süreleri hesaplanarak, platformun tahliye süresi hesaplanmıştır. En uzun mesafede alınan yolun yürüme süreleri şekil 4.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Platform katında en uzun mesafede alınan yol



Şekil 4.12. Konkors katında en uzun mesafede alınan yol

Çizelge 4.7. Platformdaki en uzak mesafeden güvenli noktaya yürüme süresi

Platformdaki En Uzak Mesafeden Güvenli Noktaya Yürüme Süresi (T)				
Kaçış Bölümleri		Mesafe (m)	Yürüme Hızı (m/dk)	Süre (dk)
Platform	T1	50	37,7	1,3263
Platformdan konkors katına	T2	7,3	14,6	0,5
Konkors katından güvenli noktaya kadar	T3	58	61	0,9508
Toplam Yürüme Süresi (T)=				2,7771

NFPA 130, metrolarda tahliye süresi için 2 ölçüt belirtmektedir. Birincisi, platformdaki kullanıcıların güvenli bir şekilde tahliye olması için gerekli platform tahliye süresi, ikincisi ise tüm metro istasyonunun güvenli bir yere doğru geçebilmesi için gerekli tahliye süresidir. NFPA 130'a göre, platformdaki kullanıcılar 4 dakika ya da daha az sürede tahliye olması gerekmektedir. Hesabın yapılabilmesi için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.

T_p = Platform tahliye süresi

O_p = Kullanıcı yükü

F_p = Peron toplam çıkış kapasitesi

$$T_p = \frac{O_p}{F_p} \quad (3.1)$$

Veriler ve denkleme göre, metro platformundaki tahliye süresi:

$$T_p = \frac{1173}{654,4}$$

$$= 1,79 \text{ dk} < 4 \text{ dk}$$

Sonuç olarak, platformda bulunan maksimum kullanıcı yüküne göre yapılan tahliye süresi hesabında, kullanıcıların 1,79 dakikada platformdan güvenli bir alana geçtiği hesaplanmıştır. NFPA 130'da belirtilen 4 dakika süre kriterine göre uygun olduğu tespit edilmiştir.

Metro İstasyonun Tahliye Süresi (6 Dakika Analizi):

6 dakika analizinin tamamlanabilmesi için yukarıdaki yapılan tüm hesaplara ek olarak, konkors katında bulunan kullanıcı yükü hesaplanması gerekmektedir. Sonraki adımda, platform çıkışlarında bekleme süresi, turnikelerden geçiş ve turnikelerde bekleme süresi hesaplanarak, toplam tahliye süresi elde edilmiştir.

Konkors katı kullanıcı yükü aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır.

Konkors katı kullanıcı yükü (O_c):

O_c : Konkors katı kullanıcı yükü

O_p : Platform katı kullanıcı yükü

T_p : Platform tahliye süresi

$$O_c = O_p - (T_p - \text{Kaçış merdiveni kapasitesi}) \quad (4.3)$$

$$= 1173 - (1,79 \times 166,5)$$

$$= 874,965 \text{ (875 kişi)}$$

Platform çıkışlarında bekleme süresi (W_p)

Platform çıkışlarında bekleme süresi, toplam tahliye süresi ile yürüme süresinin farkı ile bulunmaktadır.

$$W_p = T_p - T_1 \quad (3.3)$$

Bu formüle göre platform çıkışlarında bekleme süresi,

$$\begin{aligned} W_p &= 1,79 - 1,32 \\ &= 0,47 \text{ dk} \end{aligned}$$

Turnikelerden geçiş süresi (W_2):

$$\begin{aligned} W_2 &= \frac{O_c}{\text{Turnike geçiş kapasitesi}} \quad (4.4) \\ &= \frac{875}{400} \\ &= 2,1875 \text{ dk} \end{aligned}$$

Turnikelerde bekleme süresi (W_f):

$$\begin{aligned} W_f &= W_2 - T_p \quad (4.5) \\ &= (2,1875 - 1,79) \\ &= 0,3975 \text{ dk} \end{aligned}$$

Toplam Tahliye Süresi (TET):

$$\begin{aligned} TET &= T + T_p + W_f \quad (4.6) \\ &= 2,7771 + 1,79 + 0,3975 \\ &= 4,9646 \text{ dk} < 6 \text{ dk} \end{aligned}$$

Sonuç olarak, metro istasyonunda bulunan maksimum kullanıcı yüküne göre yapılan tahliye süresi hesabında, kullanıcıların 4,96 dakikada güvenli bir alana geçtiği hesaplanmıştır. NFPA 130’da belirtilen 6 dakika süre kriterine uygun olduğu tespit edilmiştir.

Tahliye simülasyonu ile analiz

Pathfinder simülasyon programı, kullanıcıların hız değişkenlerini, çıkışlara ulaşılabilirliğini ve profili ile birlikte kullanıcıların davranışını, hareket yönelim ve seçimi olmak üzere daha birçok davranışını yönetebilmektedir. Pathfinder, SFPE modu ve yönlendirme modu olmak üzere iki hareket simülasyon modunu desteklemektedir. Bu analizde kullanılmış olan mod, yönlendirme modudur. Kullanıcılar, diğer kullanıcılar ile beraber hareket etmek ve etkileşimde bulunmak için bir “yönlendirme modu” kullanılmaktadır; SFPE modunun aksine, kullanıcılar engelleyicilere, duvarlara ve diğer kullanıcılara dikkat etmektedir. Kullanıcıların, hareketlerini tamamlamaya doğru ilerlerken bir engeli aşmak için yollarından sapma kabiliyetleri vardır. Bu şekilde, kullanıcılar değişen ve dinamik bir ortama cevap vermektedir. Sonuç olarak, yönlendirme modu mümkün olduğu kadar insan davranışını ve hareketini taklit etmeye çalıştığından tercih edilmiştir. [55]

Bu analizde, duman yoğunluğu, dumanın yayılma hızı ve yangın tasarımı hesaba katılmamıştır. Altı farklı kullanıcı durumu ortaya koyarak, altı adet simülasyon analizi yapılması hedeflenmiştir. Birinci simülasyonda, denek grubu engelli bireylerin metro platformunda bulunmadığı varsayılarak başlanmıştır. Buradaki amaç, geleneksel yöntem ile hesapları yapılan platform tahliye süresi, metro istasyonu tahliye süresi, turnikeden geçiş süresi, turnikelerde bekleme süresi ve platform çıkışlarında bekleme sürelerini, performansa dayalı bir program olan Pathfinder simülasyon analizinde elde edilen bulgularla karşılaştırmaktır. Bunun sonucunda, elde edilen veriler ile durum analizi ortaya konulmuş; sonuçlar ve öneriler kısmında tartışılmıştır.

Yeraltı metro istasyonları, çeşitli kullanıcı profillerine hizmet vermektedir. Ancak, geleneksel el hesaplarında ve ulusal yangın yönetmelikte engelli bireyler ve tahliyesi ile ilgili herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle, İkinci ve sonraki analizlerde, denek grubuna engelli bireyler katılarak ve engelli birey kullanıcı yükü, platform kullanıcı yükünün %1’i, %2’si, %3’ü, %4’ü ve %5’i olmak üzere beş ayrı analiz yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, bu denek gruplarının tahliye süresine olan etkisi ve tahliye stratejisi tartışılacak,

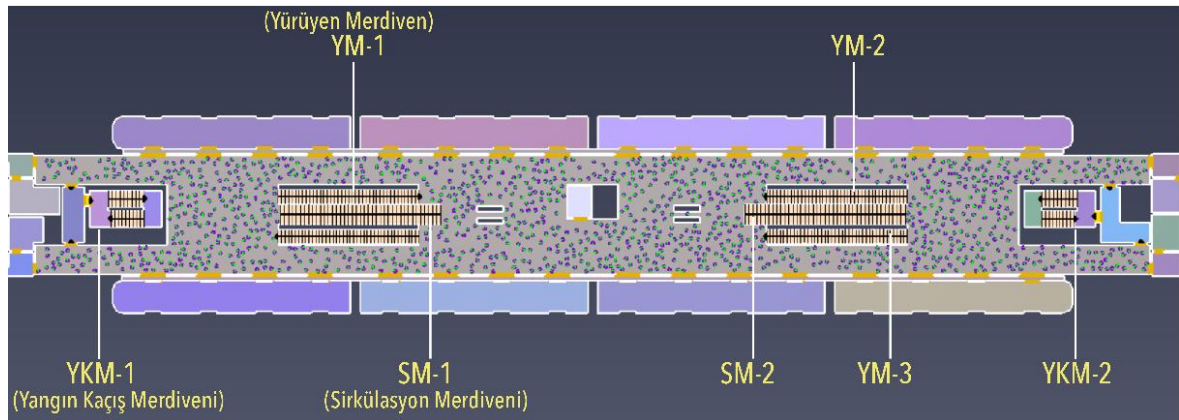
beraberinde öneri sunulacaktır. Denek grupları, İstanbul büyük şehir belediyesinin 2016 yılında yaptığı analiz incelenerek oluşturulmuştur. [56]

Metro istasyonu, AutoCAD formatı ile çalışılmış mimari projenin Pathfinder simülasyon programına yükledikten sonra mimari projenin ölçeği ayarlanarak, platform katı, konkors katı ve teknik hacim katı, belirtilen kotlara yerleştirilip, düzlemsel olarak modellenmiştir. Mimari projeye göre yerleştirilen kapılar, ücretli geçiş alanları, son çıkışlar değiştirilmeden programa aktarılmıştır.

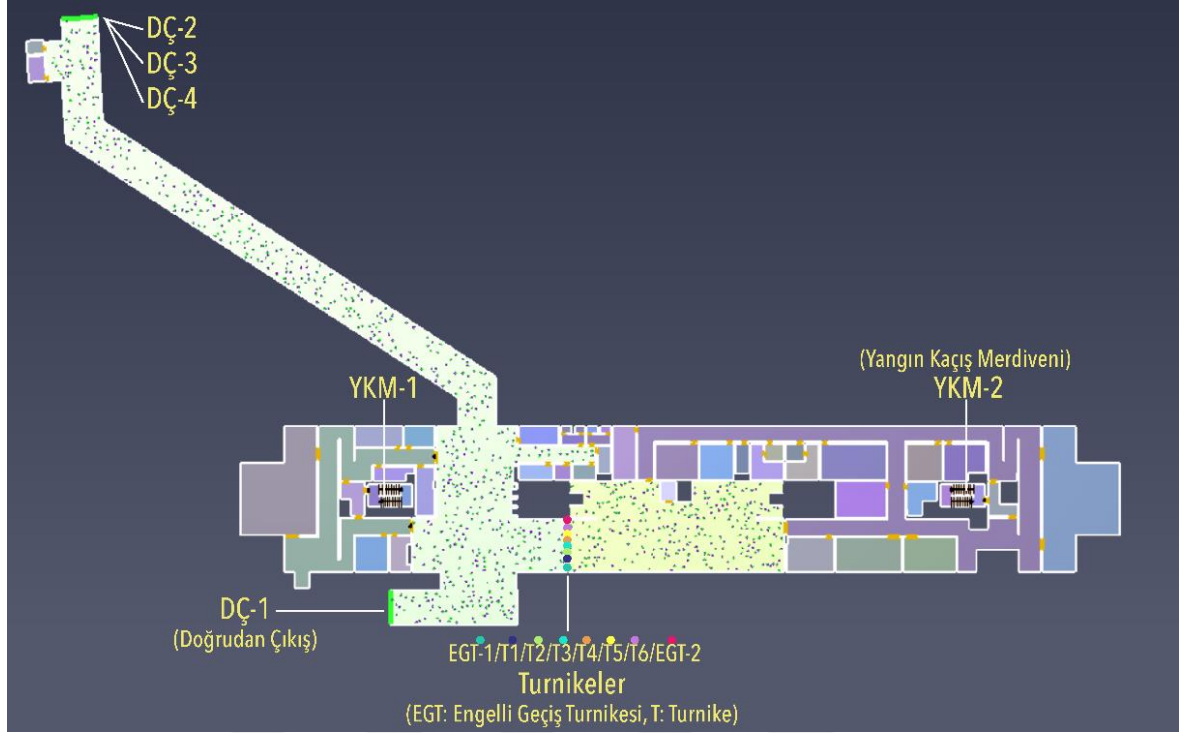
Geleneksel yöntem kısmında hesaplanmış olan 1173 kullanıcı yükü, 2. Hattın yoğun olduğu, 1. hattın yoğun olmadığı zamanda hem platformu hem de trenlerde bulunan, kullanıcıları temsil eden maksimum kullanıcı yüküdür. Bu sebeple, platform alanının 1173 kişiye hizmet verdiği göz önünde bulundurularak, platform kısmına kullanıcılar yerleştirilmiştir. Platform alanı 777 m²'dir; bu alan 1173 kişiye hizmet verdiğinde metrekare başına yaklaşık 1,5 kişi düştüğü görülmektedir.

Simülasyon 1:

Kullanıcı yükü verisi simülasyon programına yüklendikten sonra, simülasyon programı otomatik olarak kullanıcıları rastgele bir şekilde platforma, şekil 4.13.'teki gibi yerleştirmiştir.

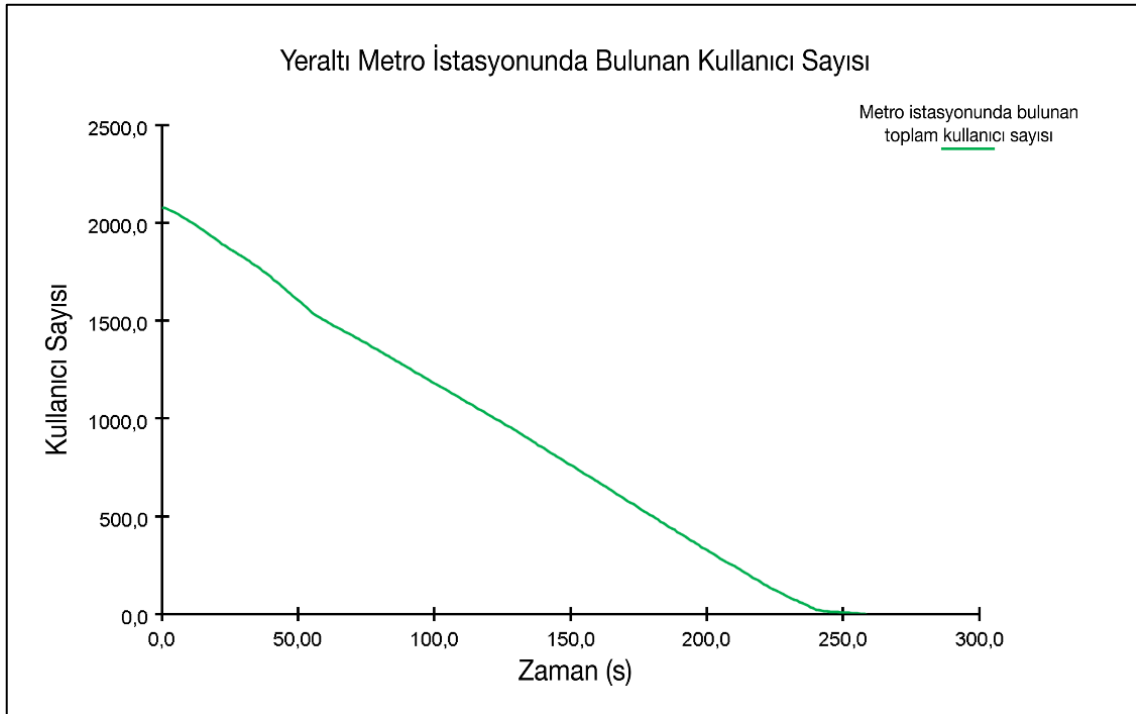


Şekil 4.13. Platformda bulunan kullanıcıların rastgele dağıtıldığında oluşan görünüm



Şekil 4.14. Konkorsta bulunan kullanıcıların rastgele dağıtıldığında oluşan görünüm

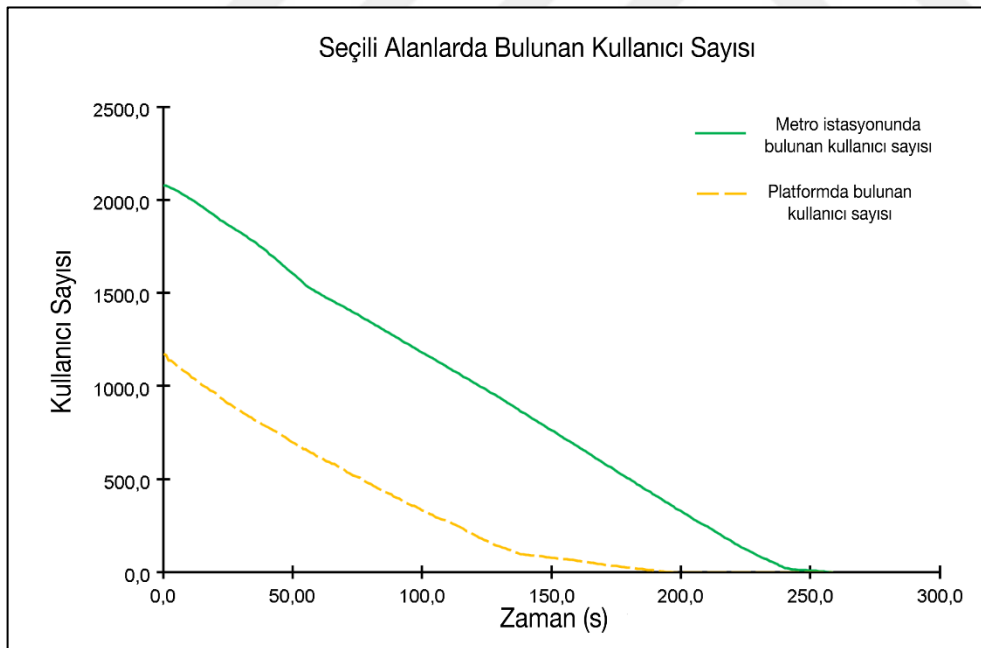
NFPA 130'da tahliye süresi kriteri olan 4 dakika ve 6 dakika tahliye süre analizlerine göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:



Şekil 4.15. Yeraltı metro istasyonunda bulunan kullanıcı sayısının tahliye süresine göre değişimi

Şekil 4.15.'te, tahliyenin başladığı an ile sonlandığı ana kadar ölçülen zamana göre, metro istasyonunda bulunan kullanıcı sayısını göstermektedir. Tahliye süreci, tahliye başladıktan 258, 5 s (4.30 dk.) sonra, binada bulunan son kullanıcının tahliye olmasıyla sona ermektedir. Yukarıdaki grafik aynı zamanda, tahliye performansını ve tahliyenin ilerleyişi konusunda da bilgi vermektedir. Tahliye başlar başlamaz kullanıcı sayısında düzenli bir şekilde azalışının görülmesi, kullanıcıların tahliye boyunca çıkışlarda herhangi bir engel ile karşılaşmadığını ya da kuyruk oluşumunun görülmediğini ifade etmektedir.

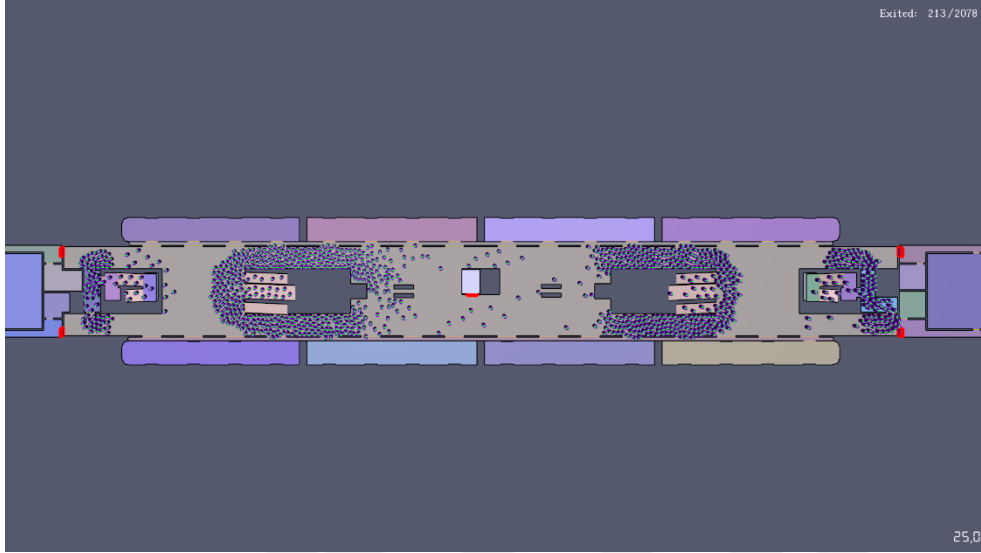
Şekil 4.16.'da tahliyenin başladığı an ile sonlandığı ana kadar ölçülen zamana göre, platformda bulunan kullanıcı sayısını göstermektedir. Kullanıcılar, platformdan güvenli bir alana doğru 197 s (3:28 dk.) sonra tahliye olmaktadır. Tıpkı, Şekil 6'daki grafiğe benzer olarak, tahliye başladığında platformda bulunan kullanıcı sayısı düzenli olarak azalmaya başlamaktadır. Tüm bu elde edilen bulgular sonucunda, şekil 4.15. ve şekil 4.16.'da bulunan grafikler, toplam tahliye sürelerini vermekte ve NFPA 130'da belirtilen 4 dakika ve 6 dakika tahliye olması gerektiği kuralını karşılamaktadır.



Şekil 4.16. Platformda bulunan kullanıcı sayısının tahliye süresine göre değişimi

Yangın güvenliği açısından kullanıcı yükü yoğunluğunun yapıdaki etkisini saptamak için, platform ve konkors katında, kullanıcı konturu uygulanarak, simülasyon programı, kullanıcı yükü yoğunluğunu tahliye süresi boyunca plan üzerinde şekillendirmektedir.

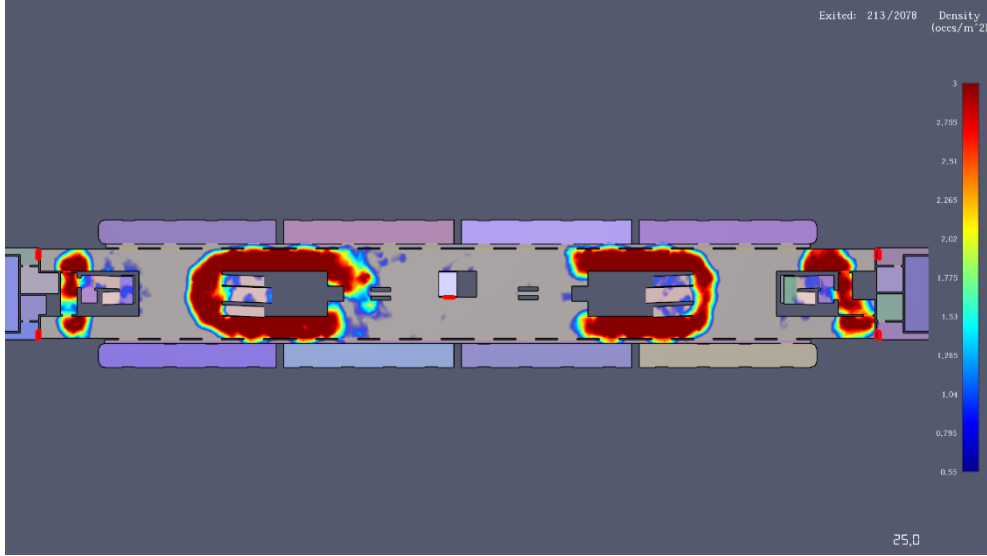
Şekil 4.17.'de, platform katında bulunan kullanıcıların tahliye başladıktan 25 saniye sonra, platform üzerindeki dağılımları gösterilmiştir. Kullanıcıların, düşey ve yatay kaçışların tamamına yöneldiği görülmektedir.



Şekil 4.17. Tahliye başladıktan sonra 25. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcı dağılımı

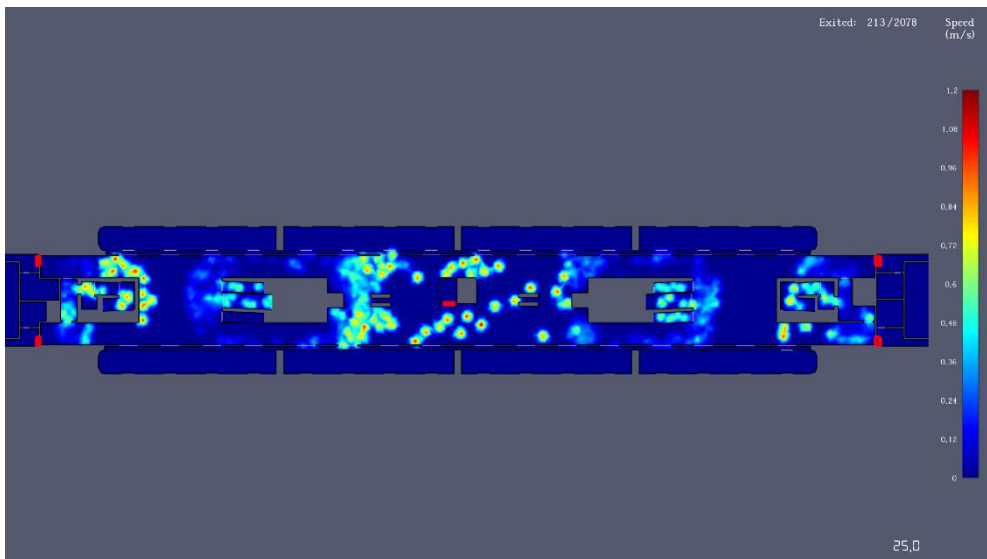
Şekil 4.18.'de ise, tahliye sürecinin 25. saniyesinde platform üzerindeki kullanıcı dağılımına, kullanıcı konturu olan yoğunluk parametresi uygulanarak, kullanıcı yoğunluğunun yapıdaki etkisi belirlenmektedir. Belirteçte görüldüğü gibi, renk skalası minimum seviyeden (koyu mavi), maksimum seviyeye (koyu kırmızı) kadar metrekare başına düşen kullanıcının yoğunluğunu temsil etmektedir.

Yangın kaçış merdivenleri, sirkülasyon merdivenleri ve yürüyen merdivenlerine doğru hizmet veren koridorlarda ve yangın güvenlik hollerinde maksimum kullanıcı yoğunluğun olduğu görülmektedir. Kaçış merdivenlerinde yüksek yoğunluğa sahip olmasının sebebi, yangın güvenlik hollerine iki kapıdan giriş yapılırken, yangın kaçış merdivenine tek kapıdan giriş yapılmaktadır. Bu sonuç neticesinde, kaçış merdiveni tek kapı ile yangın güvenlik holünden gelen iki kapının kapasitesini karşılayamadığından, bu alanlarda kullanıcı yoğunluğu maksimum seviyededir; bu da dolaylı olarak yangın güvenlik holü etrafında da kullanıcı yoğunluğunun koyu kırmızı olarak gösterilmesine neden olmaktadır.



Şekil 4.18. Tahliye başladıktan sonra 25. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcı yoğunluğu dağılımı

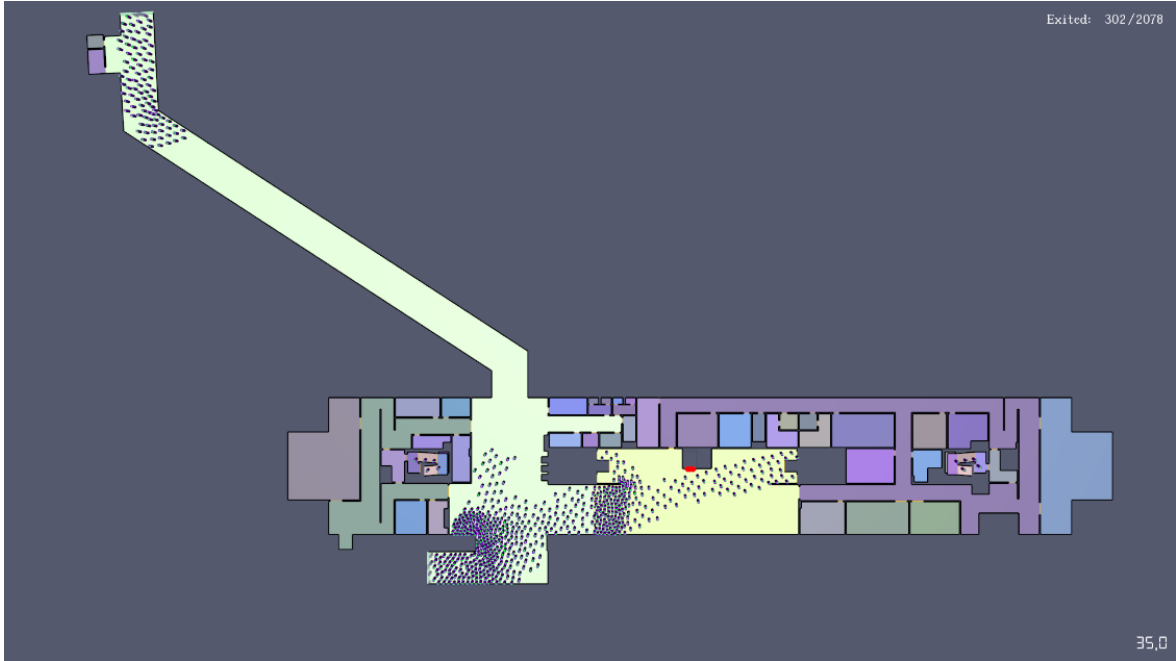
Şekil 4.19’da tahliye sürecinin 25. saniyesinde plan üzerindeki kullanıcı dağılımına, kullanıcı konturu olan hız parametresi uygulanarak, her bir kullanıcının hız dağılımı belirlenmektedir. Belirteçte görüldüğü gibi, renk skalası minimum seviyeden (koyu mavi), maksimum seviyeye (koyu kırmızı) kadar değişmektedir; her renk skalası kullanıcı hızını temsil etmektedir. Kullanıcı yoğunluğu parametresi ve hız parametresi arasında ters orantı vardır; kullanıcı yoğunluğunun maksimum olduğu alanlarda, kullanıcılar hareket edemez hale gelmekte ve hızları ise 0 m/s olmaktadır.



Şekil 4.19. Tahliye başladıktan sonra 25. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcıların hız dağılımı

Sonuç olarak, yürüyen merdivenler, sirkülasyon merdivenleri ve yangın güvenlik holleri ve çevresinde kullanıcıların yığıldığı ve kuyruk oluşturduğu alanlardır; hız parametre analizinde kullanıcıların bu alanlarda hareket edemediklerini ve beklemeye başladığı görülmektedir.

Şekil 4.20.'de, konkors katında bulunan kullanıcıların tahliye başladıktan 35 saniye sonra, plan üzerindeki dağılımları gösterilmiştir. Kullanıcıların, düşey ve yatay kaçışların tamamına yönelmediği görülmektedir; kullanıcılar doğrudan çıkışları kullanmakta, ancak yangın kaçış merdivenlerini kullanmamaktadır.



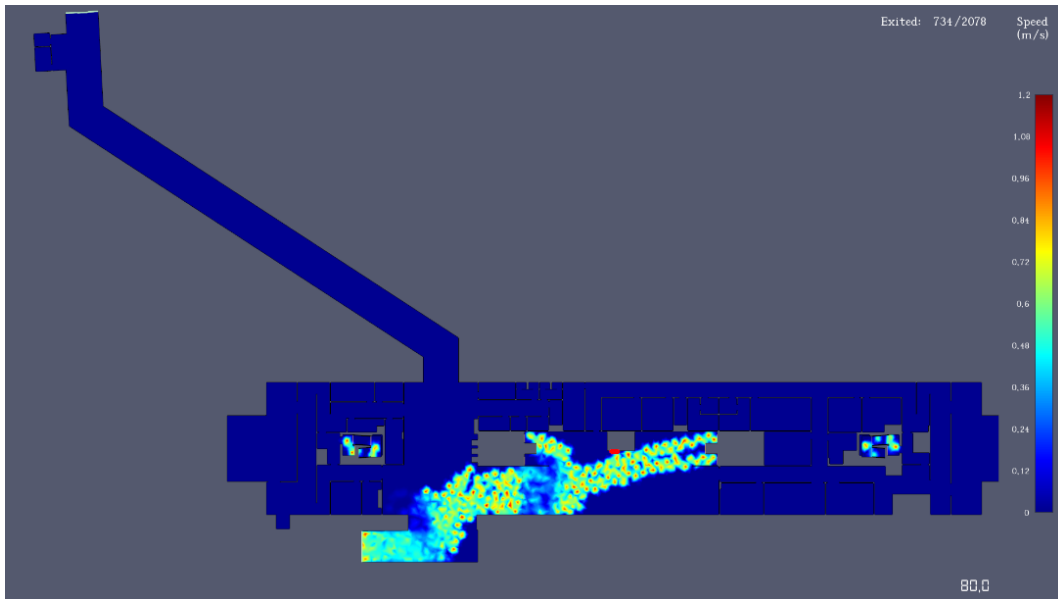
Şekil 4.20. Tahliye başladıktan sonra 35. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcı dağılımı

Şekil 4.20. tahliye başladıktan 35 saniye sonrasını göstermektedir. DÇ-1, DÇ-2 ve DÇ-3 çıkışlarına doğru yönelen kullanıcılar 58,4 saniye içerisinde tahliye olmaktadır. Daha sonrasında, katta bulunan kullanıcılar üstteki çıkışa yönelmemekte; turnike alanlarından geçip DÇ-1 çıkışına doğru hareket etmektedir. Şekil 4.21.'de gösterildiği gibi, tahliye başladıktan 80 saniye sonra, plan üzerindeki dağılımları irdelendiğinde, kullanıcıların üstte bulunan doğrudan çıkışları kullanmadıkları gözlemlenmiştir.



Şekil 4.21. Tahliye başladıktan sonra 80. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcı yoğunluğu dağılımı

Şekil 4.21 görselinde, tahliye başladıktan 80 saniye sonrasında, kullanıcıların yatay çıkışlara doğru yöneldiğinde en yoğun hali gösterilmektedir. Kullanıcılar doğrudan çıkışa yönelik hareket ettiklerinde, ücretli geçiş/turnike alanlarından geçmeleri gerekmektedir. Bu nedenle, turnike alanlarında çıkışların daralması sebebiyle, turnike önlerinde kullanıcı yoğunluğunun maksimum seviyede olduğu görülmektedir.

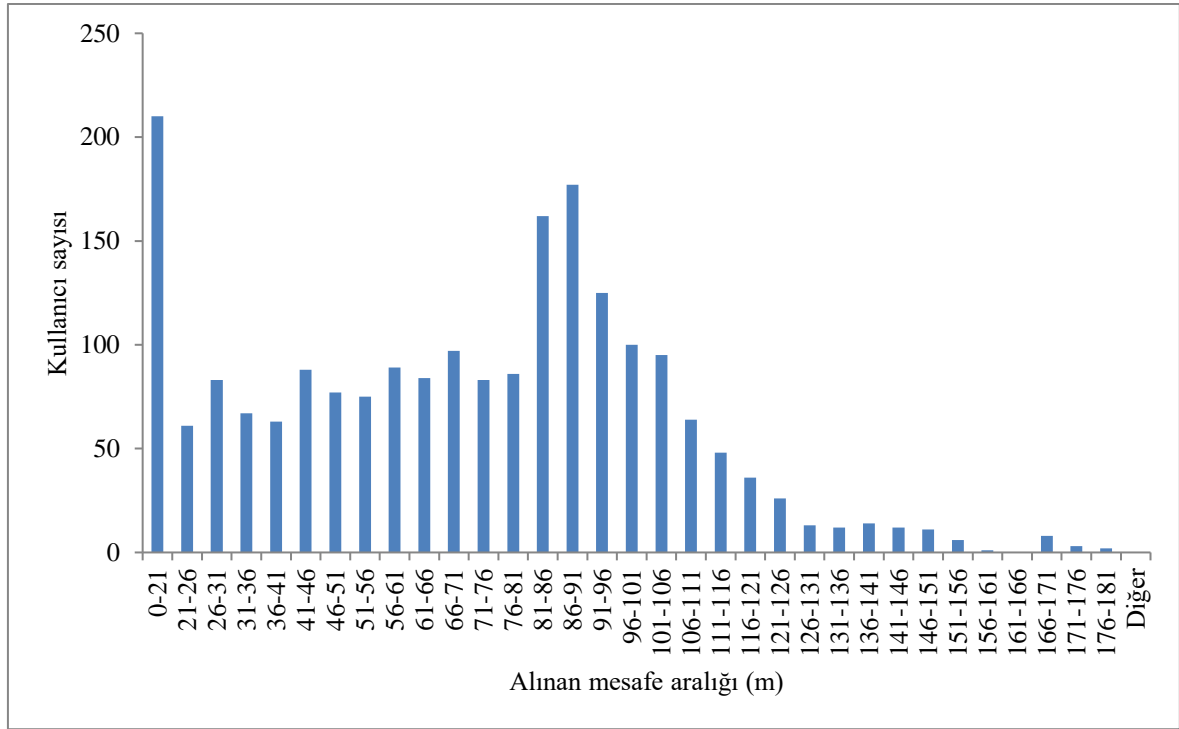


Şekil 4.22. Tahliye başladıktan sonra 80. saniyede bulunan kullanıcı sayısının platform üzerinde kullanıcıların hız dağılımı

Kullanıcı yoğunluğunun gösterildiği şekil 4.21.'den elde edilen bilgilerle, hız parametresinin sunulduğu şekil 4.22. beraber irdelendiğinde, işaretlenmiş yapının köşe formları ve turnikelere doğru hareket edilen yerlerde kullanıcı hızlarının oldukça düştüğünü, koyu mavi gösterilen noktalarda ise bekleme hareketini gerçekleştirdiği anlaşılmaktadır.

Analiz verilerine dayanarak, yolcuların aldığı mesafelerine ulaşabilmektedir. Kullanıcıların ortalama aldığı yol mesafesi 69,8 m civarında olduğu, maksimum ve minimum aldıkları yol ise sırasıyla 180,1 m ve 26 m olduğu tespit edilmiştir.

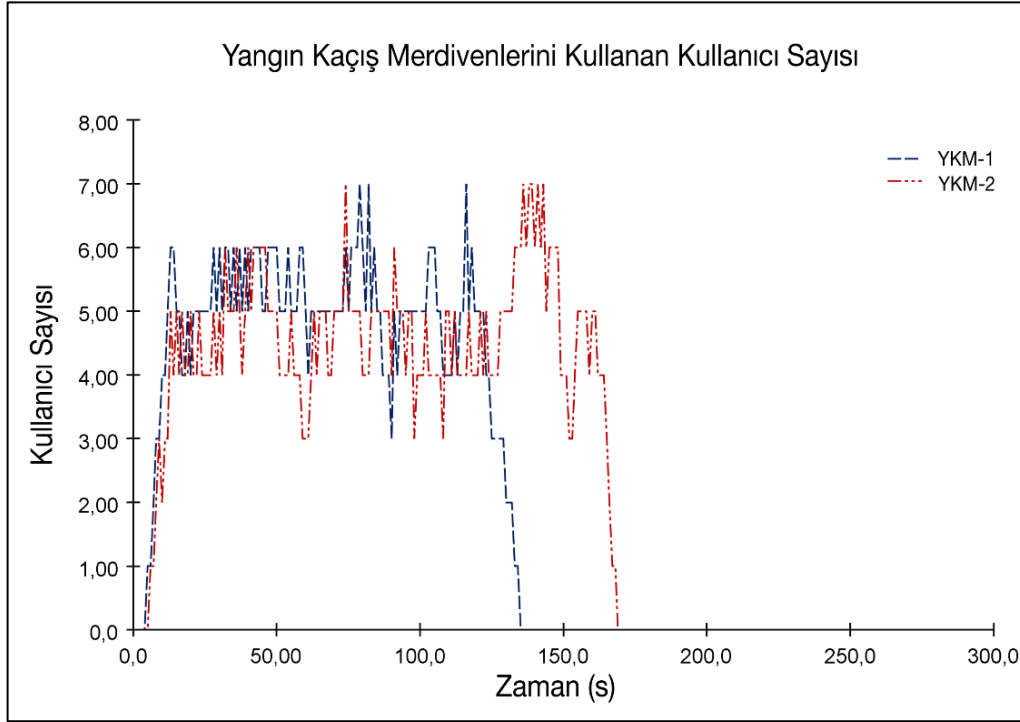
Çizelge 4.8. Yeraltı metro istasyonunda bulunan kullanıcıların aldıkları mesafe aralıkları



Analizi alınan ve değerlendirilen bir diğer faktör, kullanıcıların kullandıkları düşey kaçış olanaklarıdır. Yapının sağ kısmında, bir adet yangın kaçış merdiveni (YKM-1), iki adet yürüyen merdiven ve bir adet sirkülasyon merdiveni bulunurken, yapının sol kısmında bir adet yangın kaçış merdiveni, bir adet sirkülasyon ve bir adet yürüyen merdiven bulunmaktadır. Çizelge 4.8.'de, iki adet kaçış merdiveni, iki adet sirkülasyon merdiveni ve üç adet yürüyen merdivenin zamana bağlı akış oranları ve kaçış olanaklarını kullanan kullanıcıların sayısı verilmiştir.

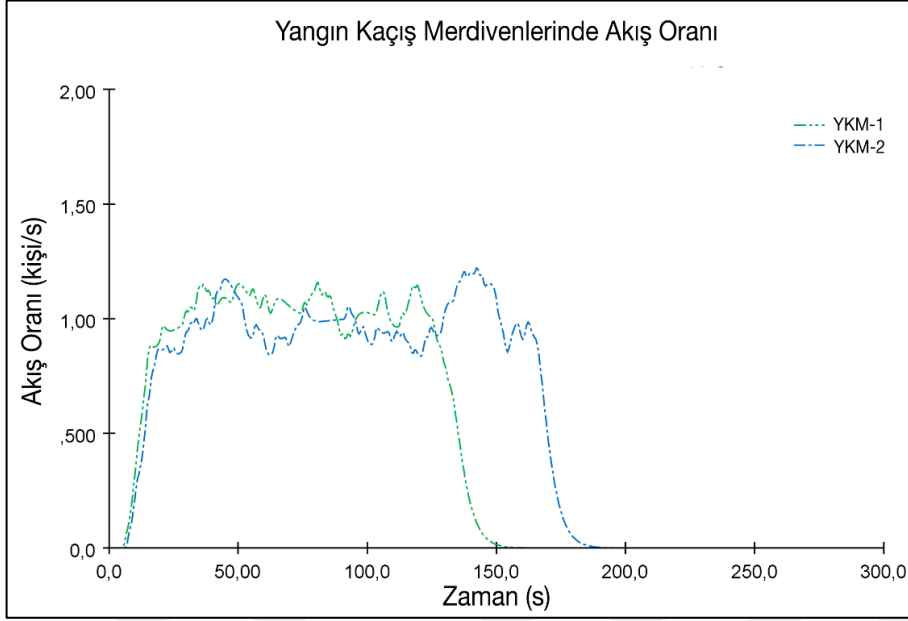
Yangın Kaçış Merdivenleri

Şekil 4.23. ve şekil 4.24.'de grafiklere ve analiz verilerine göre, yapının sol tarafında yer alan YKM-1 yangın kaçış merdiveni, 129 kullanıcı tarafından kullanıldığı ve ortalama akış oranının 1,03 kişi/s olduğu verilerine ulaşılmıştır.



Şekil 4.23. Yeraltı metro istasyonunda yangın kaçış merdivenlerini kullanan kullanıcı sayısı

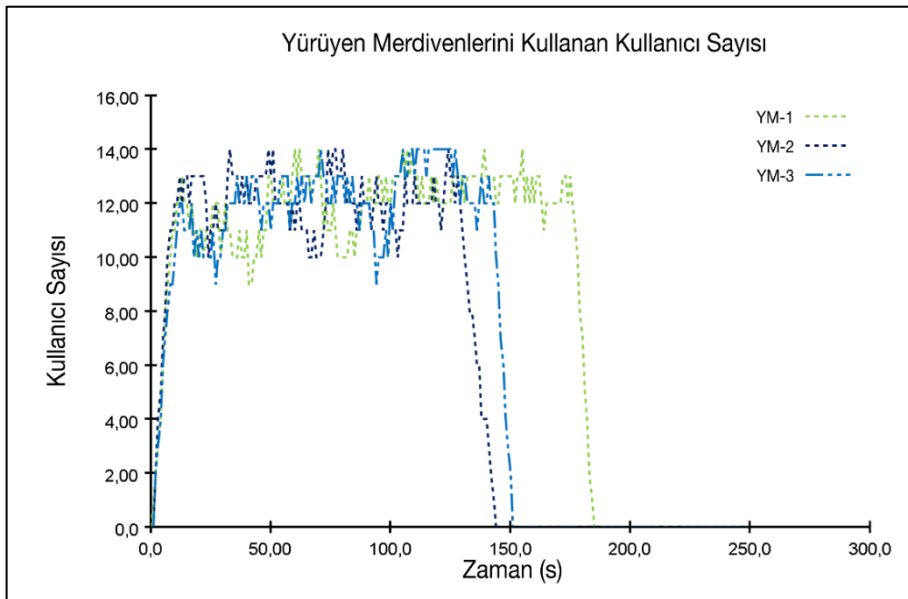
Yapının sağ tarafında YKM-2 yangın kaçış merdiveni ise, 155 kullanıcı tarafından kullanıldığı ve ortalama akış oranının 0,98 kişi/s olduğu verilerine ulaşılmıştır. Sonuç olarak, yapının sağ tarafında düşey kaçış elemanlarının daha fazla olması nedeniyle, platformda bulunan kullanıcıların çoğunluğunun bu tarafa yöneldiği sonucuna ulaşılmaktadır.



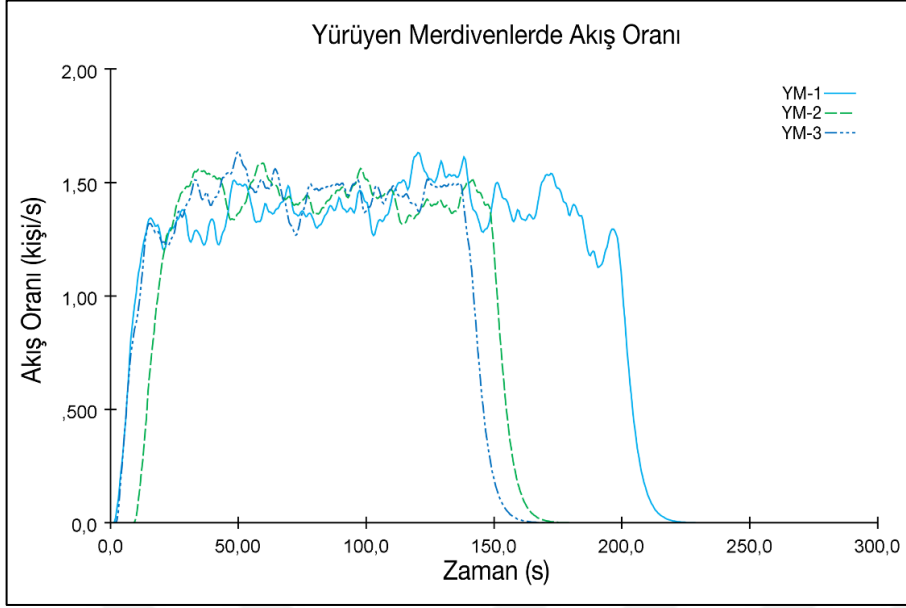
Şekil 4.24. Yeraltı metro istasyonunda yangın kaçış merdivenlerinde akış oranı

Yürüyen Merdivenler:

Yapının sol kısmında yer alan YM-1 yürüyen merdiveni, 272 kullanıcı tarafından kullanıldığı, ortalama akış oranı ise 1,39 kişi/s olduğu verilerine ulaşılmaktadır. Yapının sağ tarafında bulunan YM-2 ve YM-3 yürüyen merdivenler ise sırasıyla, 199 ve 197 kişi tarafından kullanılmıştır; ortalama akış oranları ise 1,44 m/s'dir.



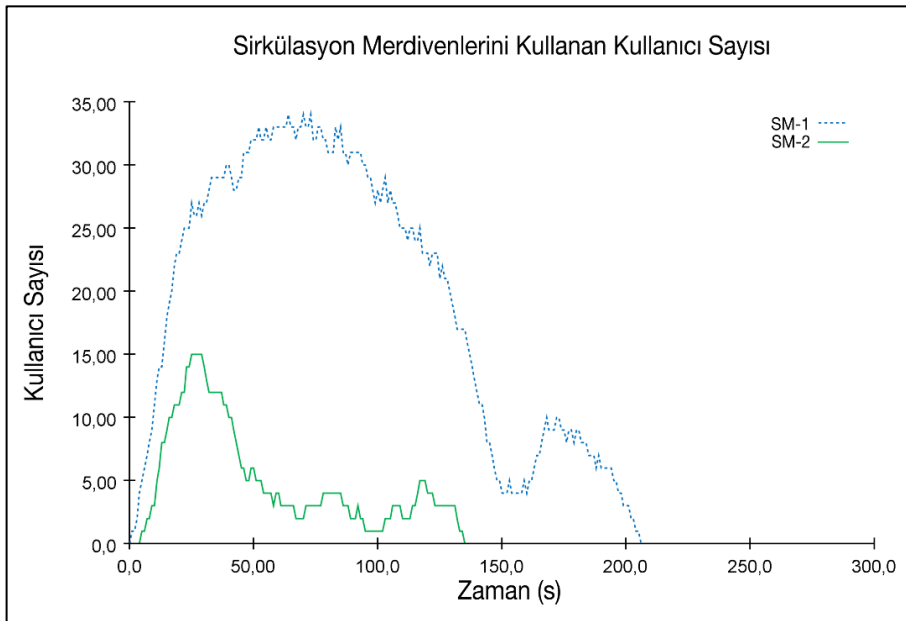
Şekil 4.25. Yeraltı metro istasyonunda yürüyen merdivenleri kullanan kullanıcı sayısı



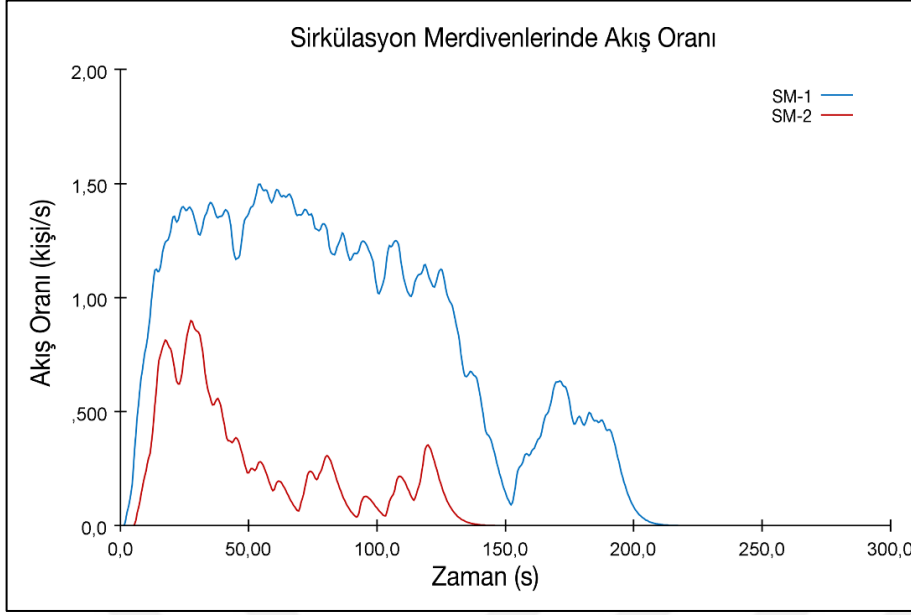
Şekil 4.26. Yeraltı metro istasyonunda yürüyen merdivenlerde akış oranı

Sirkülasyon Merdivenleri:

Yapının sol tarafında konumlanmış olan sirkülasyon merdiveni SM-1, 184 kişi tarafından kullanılmış olup, ortalama akış oranı ise 0,98 kişi/s'dir. Yapının sağ tarafında düzenlenmiş olan SM-2 sirkülasyon merdivenini kullanan kişi sayısı 38 olmak ile beraber, ortalama akış oranı ise 0,34'tür.



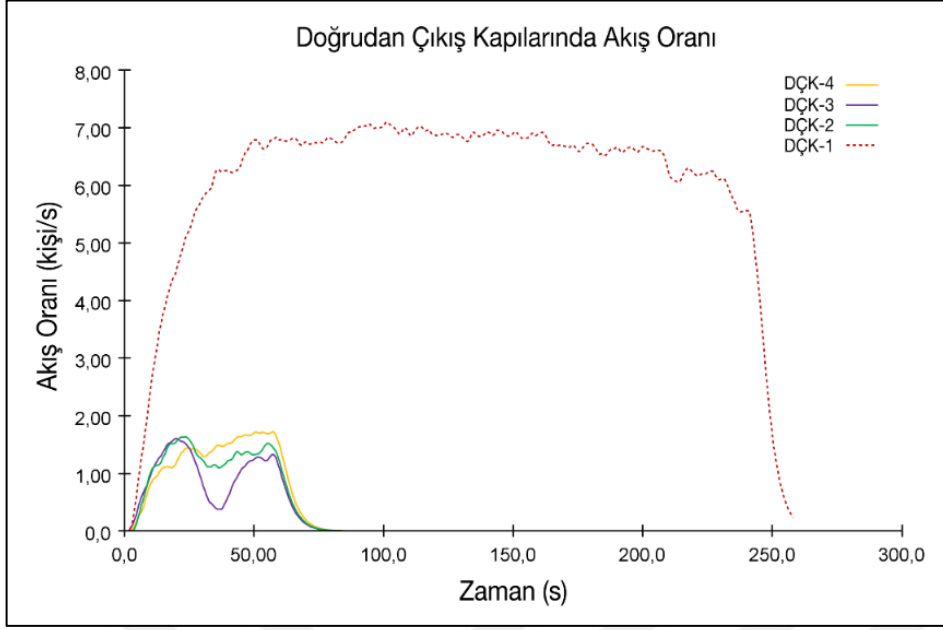
Şekil 4.27. Yeraltı metro istasyonunda sirkülasyon merdivenlerini kullanan kullanıcı sayısı



Şekil 4.28. Yeraltı metro istasyonunda sirkülasyon merdivenlerinde akış oranı

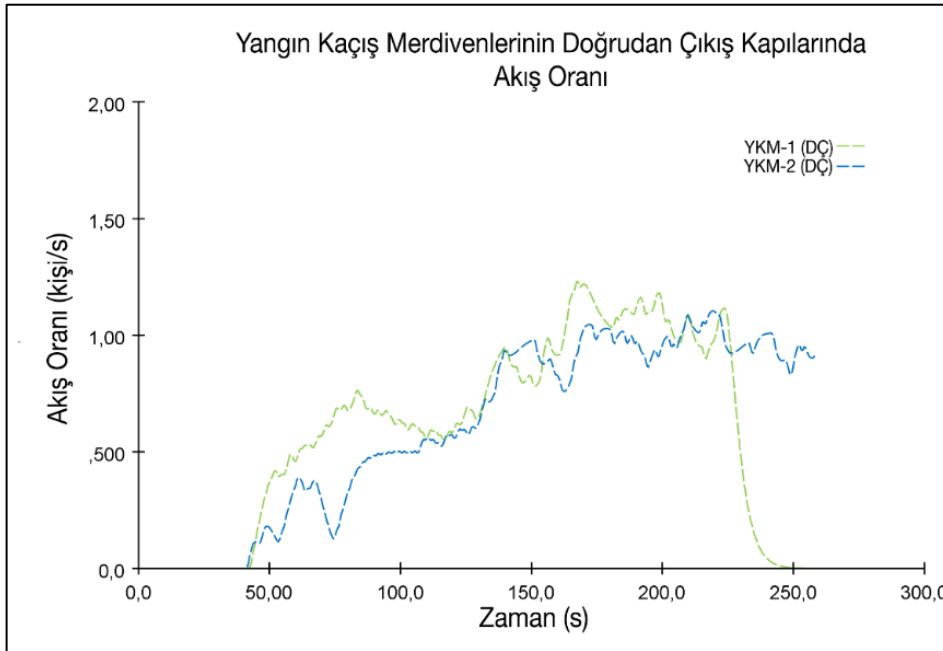
Sonuçlar neticesinde, yapının sağ ve sol tarafında bulunan kaçış merdivenin kullanımı sirkülasyon ve yürüyen merdiven kullanımlarına göre düşüktür. Yapının sol tarafında konumlanan, sirkülasyon ve yürüyen merdivenler, sağ tarafında bulunan yürüyen merdiven ve sirkülasyon merdivenleri ile kıyaslandığında, sağ taraftaki sirkülasyon merdivenin kullanımının sol taraftaki sirkülasyon merdiveninin kullanımına göre oldukça düşük olduğu gözlemlenmektedir. Bunun sebebi, binanın sağ tarafında konumlanan sirkülasyon merdivenin sağ ve sol tarafında yürüyen merdiven bulunmaktadır. Bu noktada, platformda bulunan kullanıcıların düşey kaçış olanaklarından yürüyen merdivenlerini, sirkülasyon merdiveni yerine daha çok tercih edildiği gözlemlenmiştir. Yürüyen merdivenlerin tercih edilmesinin diğer bir sebebi, kullanıcılar yürüyen merdiven üzerinde durmamakta kaçış yönüne doğru ilerlemeye devam etmektedir. Bu sayede, sirkülasyon merdiveni ya da kaçış merdiveni kullanan kullanıcılardan daha hızlı hareket edebilmekte ve çıkışa daha çabuk ulaşabilmektedir.

Konkors katında, turnikeler ve doğrudan çıkışlar bulunmaktadır. Şekil 4.29.'da kattaki doğrudan çıkışların zamana göre akış oranları gösterilmektedir. Yapının sol altında bulunan çıkış, sol üstünde bulunan çıkışlara göre oldukça fazla akış oranına sahiptir; tahliye başladıktan 49 saniye sonra akış oranı 6,79 kişi/s ulaşmaktadır; 101,31 saniyede en yüksek akış oranına sahip olup 7,1 kişi/s'dir. Ortalama 6,35 kişi/s değerine akış oranına sahip olan sağ alttaki doğrudan çıkış kapısından 1542 kişi tahliye olmuştur.



Şekil 4.29. Yeraltı metro istasyonunda doğrudan çıkış kapılarında akış oranı

Katın sol üstünde bulunan doğrudan çıkış kapıları ise, ortalama 1,35 kişi/s akış oranına sahip olup, 222 kişi tahliye olmuştur. Sol üstte bulunan doğrudan çıkışlar yapıdaki kullanıcı yükünün yoğun olduğu alanlardan oldukça uzakta konumlandığından, kullanıcılar en kısa sürede tahliyeyi tamamlayabilmek için sağ altta bulunan doğrudan çıkışlara yöneldiği gözlemlenmiştir.

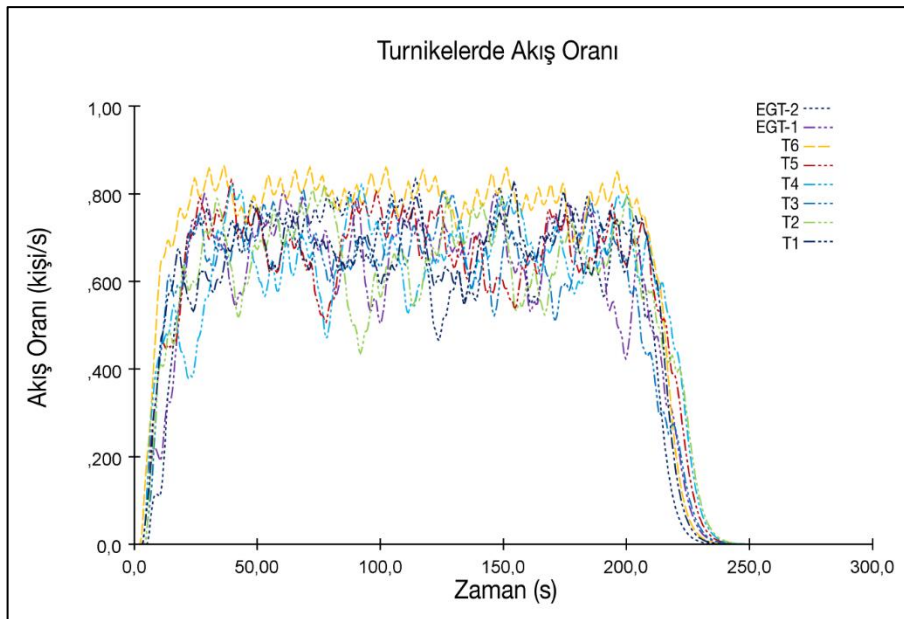


Şekil 4.30. Yeraltı metro istasyonunda yangın kaçış merdivenlerinin doğrudan çıkış kapılarında akış oranı

Şekil 4.30.'da görüldüğü gibi yangın kaçış merdivenlerinin doğrudan çıkış kapılarının zamana bağlı akış oranı grafiği gösterilmektedir. Yapının solunda bulunan son çıkış kapısının akış oranı (YKM-1(DÇ)), 0,83 kişi/s ve 151 kişi tahliye olmaktadır; sağ taraftaki yangın kaçış merdivenin son çıkışı (YKM-1(DÇ)), akış oranı 0,75 kişi/s ve 163 kişi bu merdiven ile tahliye olmaktadır. Sağ taraftaki kaçış merdivenini kullanan kullanıcı sayısının daha fazla olma sebebi, kullanılabilen düşey kaçış olanaklarının yapının sağ tarafında daha fazla olmasından kaynaklıdır. Yine de sağ ve sol yangın kaçış merdivenlerinin karşıladığı kullanıcı yükü arasındaki fark yüksek değildir.

Şekil 4.29. ve Şekil 4.30.'daki doğrudan çıkışlar ve yangın kaçış merdiveninin son çıkış kapıları değerlendirildiğinde, kaçış merdivenlerinin konkors katının üst kısmında bulunan çıkıştan daha fazla kişinin tahliye olduğu gözlemlenmiştir.

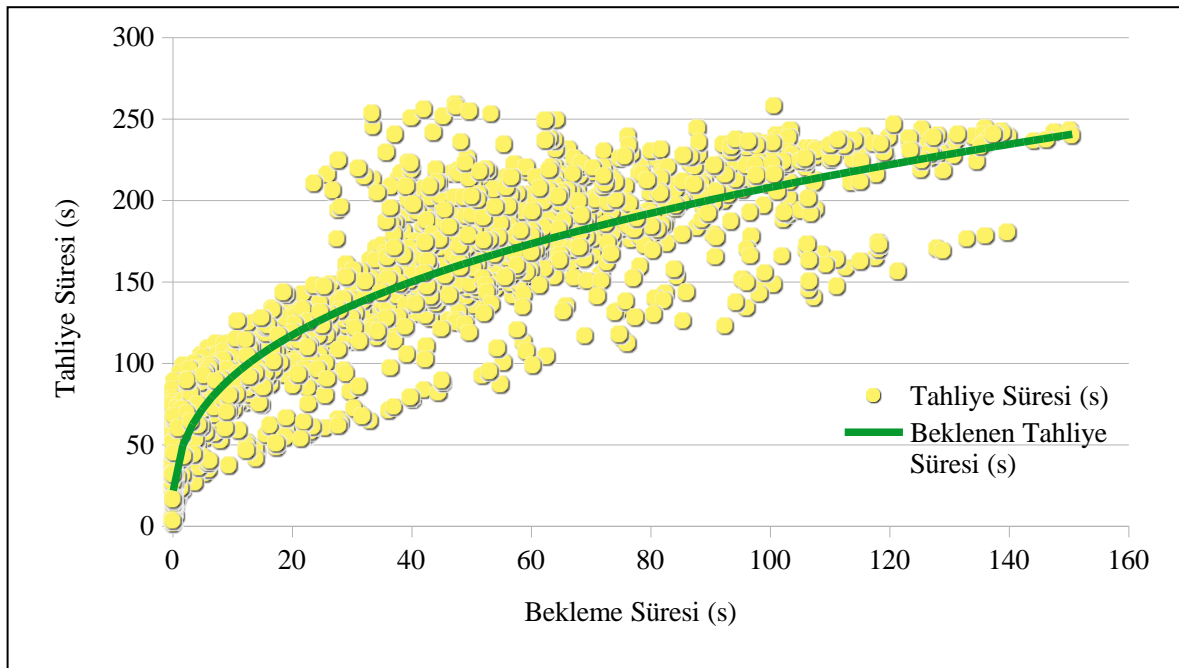
Turnike geçişlerindeki zamana bağlı akış oranı Şekil 4.31.'de belirtilmiştir. Engelli geçiş turnikelerin tahliye anında kullanılacağı göz önünde bulundurulmuştur. Aşağıdaki engelli geçiş turnikelerinden ortalama 0,79 kişi/s akış oranına sahip olup, 166 kullanıcı engelli geçiş turnikesini kullanmıştır. Şekil 4.31.'de görüldüğü gibi turnike ve engelli geçiş turnikelerin zamana bağlı akış oranları hemen hemen birbirine yakındır. Buna bağlı olarak, her turnike ve engelli geçişlerinden geçen kullanıcı sayısı birbirine benzerdir.



Şekil 4.31. Yeraltı metro istasyonunda turnikelerde akış oranı

Çizelge 4.9.'da kullanıcıların kullanıcıların bekleme süresi ile tahliye süresi arasındaki ilişki gösterilmiştir. Bekleme süresinin olmadığı zaman dilimin tahliye süresi arttığını gösteren ilk dilimde, kullanıcıların herhangi bir engelleyiciye uğramadan çıkışlara ulaştığı görülmektedir. Ancak, tahliyenin 50-100 saniye aralığında belirtildiği gibi, kullanıcıların beklemeye başlamakta ve bekleme süresi arttıkça kullanıcıların tahliye olma süresi de artmaktadır.

Çizelge 4.9. Yeraltı metro istasyonunda bulunan kullanıcıların bekleme süresi ve tahliye süresi arasındaki ilişki

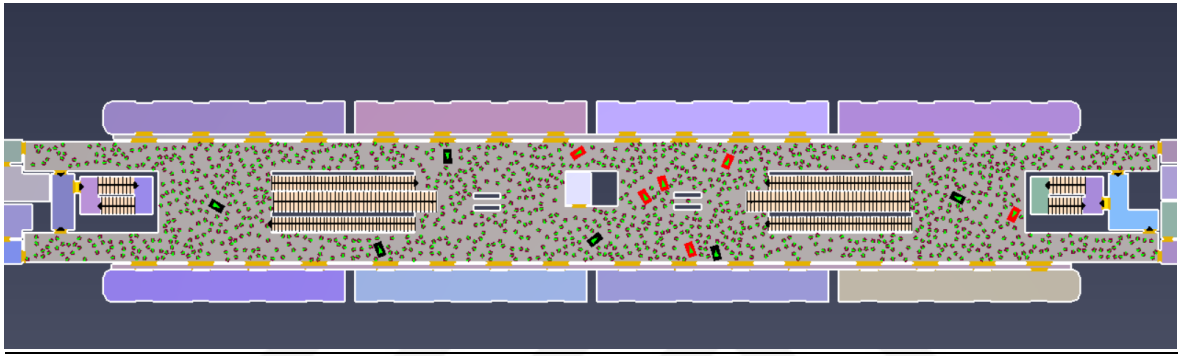


Simülasyon 2:

Bu analizde, engelli bireylerin olduğu varsayılarak simülasyon tekrar çalıştırılmıştır. Geleneksel hesaplama yönteminde göz ardı edilen engelli bireylerin, tahliye süresine olan etkisini anlayabilmek için, engelli birey kişi yükü, platform kullanıcı yükünün %1'i, %2'si, %3'ü, %4'ü ve %5'ini oluşturacak şekilde düzenlenerek, tahliye süre analizi yapılmıştır. Engelli bireylerin yarısı kadın yarısı erkek birey olarak ayrılmış, tekerlekli sandalye kullandıkları varsayılmıştır. Erişilen verilere göre kadın bireylerin hızları 1,17 m/s erkek bireylerin hızları ise 1,34 m/s olarak programa kaydedilmiştir [57]. Engelli bireyler, düşey kaçışlardan asansörü kullanacak; konkors katına ulaştıktan sonra, doğrudan çıkışlar ile tahliye olacaktır. Engelli kullanıcılar doğrudan çıkışlara hareket ederken, ücretli geçiş

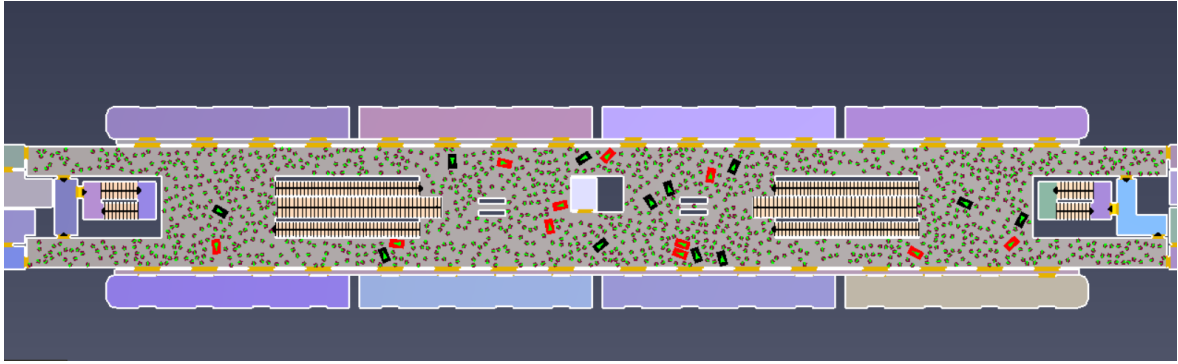
alanlarında, engelli geçişlerinden geçerek ilerlemesi sağlanmıştır; düşey kaçış olanaklarından sirkülasyon merdivenleri, yürüyen merdivenler ve yangın kaçış merdivenleri kullanılmadığı gibi yatay kaçış olanaklarından turnike aralıkları da kullanılmamıştır. Pathfinder programına kullanıcı sayısı atadıktan sonra rastgele bir şekilde platform üzerinde dağılım yapmaktadır. Grup denekleri için platformda görünümü aşağıdaki gibidir. Kırmızılar, engelli kadın bireyi; siyah renk ise engelli erkek bireyi temsil etmektedir.

Grup No 1:



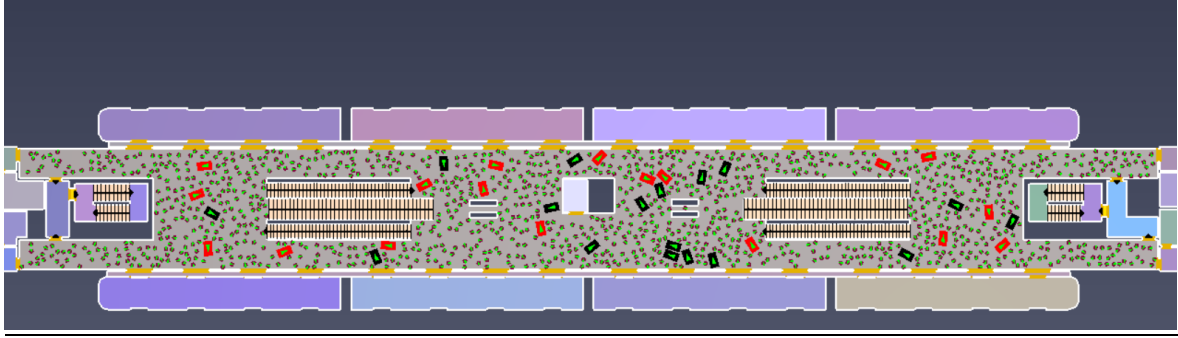
Şekil 4.32. %1'lik engelli bireylerin rastgele dağıtıldığında platform üzerinde oluşan görünüm

Grup No 2:



Şekil 4.33. %2'lik engelli bireylerin rastgele dağıtıldığında platform üzerinde oluşan görünüm

Grup No 3:



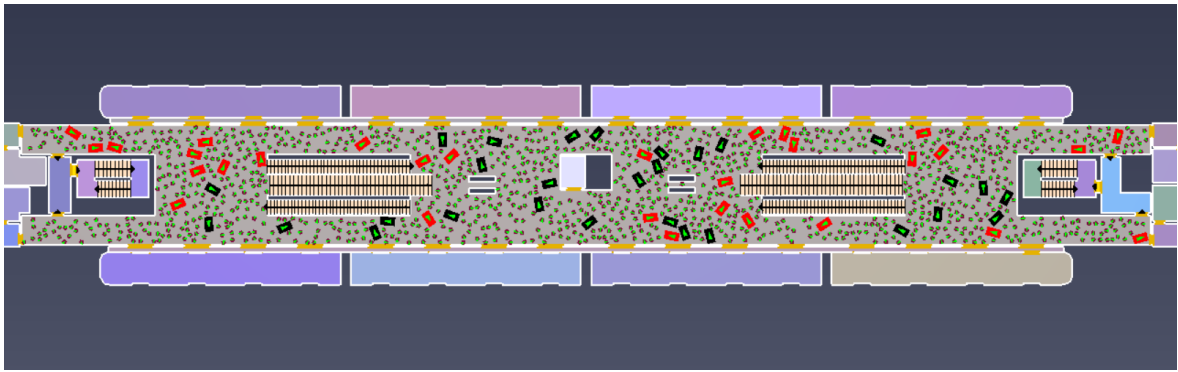
Şekil 4.34. %3'lük engelli bireylerin rastgele dağıtıldığında platform üzerinde oluşan görünüm

Grup No 4:



Şekil 4.35. %4'lük engelli bireylerin rastgele dağıtıldığında platform üzerinde oluşan görünüm

Grup No 5:



Şekil 4.36. %5'lik engelli bireylerin rastgele dağıtıldığında platform üzerinde oluşan görünüm

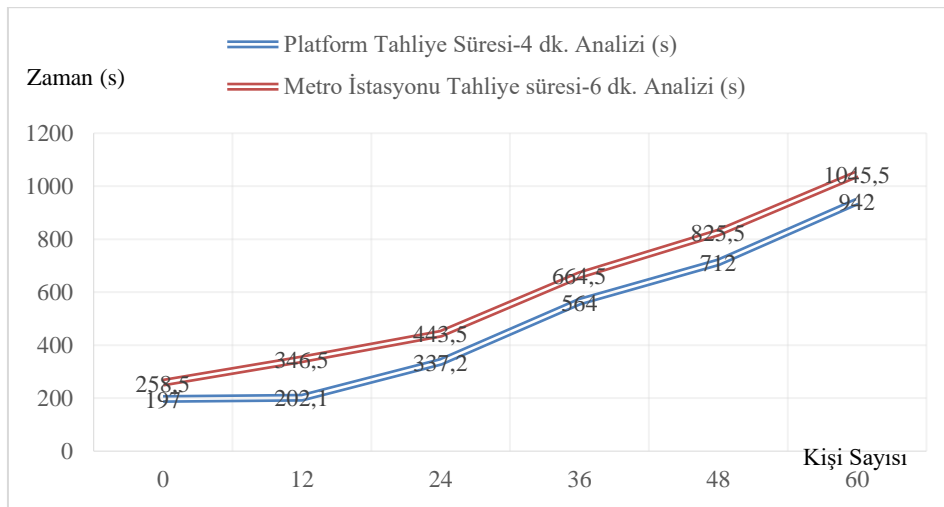
Veriler programa işlendikten sonra aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. Engelli birey yüzdesine göre elde edilen tahliye süreleri

Grup No	Engelli Birey Yüzdesi	Kullanıcı Yüğü	Platform Tahliye Süresi 4 dk. Analizi (s)	(dk.)	Metro İstasyonu Tahliye süresi 6 dk. Analizi (s)	(dk.)
0	-	0	197	3,28	258,5	4,3
1	1%	12	202,1	3,37	346,5	5,78
2	2%	24	337,2	5,62	443,5	7,4
3	3%	36	564	9,4	664,5	11,07
4	4%	48	712	11,87	825,5	13,75
5	5%	60	942	15,7	1045,5	17,43

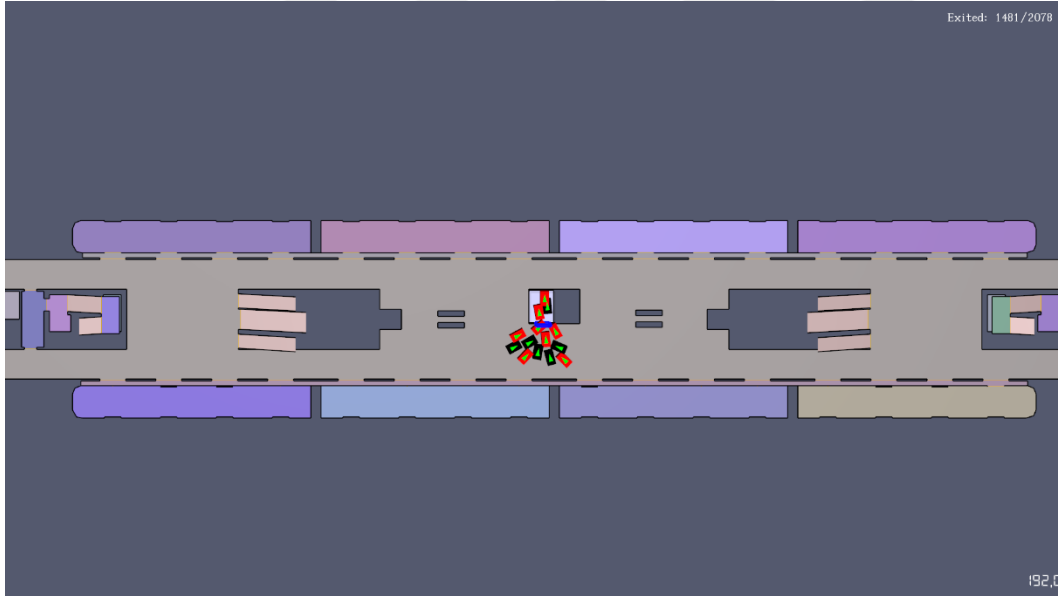
Çizelge 4.10.'da elde edilen verilere göre, engelli kullanıcı yükünün 12 kişi olduğu zaman, tahliye süresi 3,37 dakika, metro istasyonu tahliye süresi ise 5,78 dakikadır; gereken tahliye süresine yakın sonuçlar elde edilmişse de 4 ve 6 dakika analizlerini karşıladığı görülmüştür. Engelli birey sayısının 24 kişi olduğu durumlarda, platform tahliye süresi 5,62 dakika, metro istasyonu tahliye süresi ise 7,4 dakikadır. Engelli birey sayısının 36 ve 48 kişi olduğu durumlarda, platform tahliye süresi sırasıyla 9,4 ve 11,87 dakika; metro istasyonu tahliye süresi ise sırasıyla, 11,07 ve 13,75 dakika olduğu görülmüştür. Son denek grubu olan %5'lik 60 kişilik engelli bireylerin olduğu tahliye süre analizi sonucunda ise, platform tahliye süresi 15,7 dakika; metro istasyonu tahliye süresi ise 17,43 dakika olduğu hesaplanmıştır

Çizelge 4.11. Engelli birey yüzdesine göre elde edilen tahliye süre ilişkisi



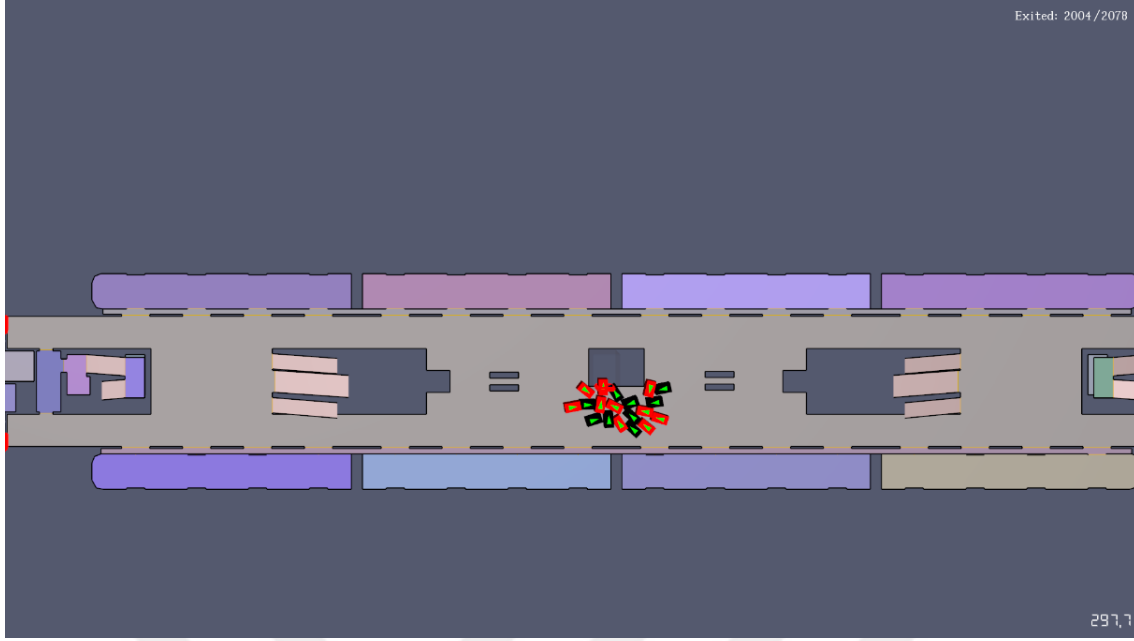
Yukarıdaki çizelge 4.11.'de engelli birey sayısının artmasıyla, platform tahliye süresi ve metro istasyonu tahliye süresinin de arttığı görülmektedir. Aynı şekilde, platform tahliye süresi ile metro istasyonu tahliye süresi arasındaki ilişki birbirlerine yaklaşımdan paralel olarak artmaya devam etmektedir. %2'lik engelli birey kullanıcı yükünden itibaren, yapılan 4 dakika ve 6 dakika analizleri sonucunun yeterli olmadığı bilgisine ulaşılmıştır.

Bir diğer analiz edilen faktör, engelli bireylerin asansör kuyruklarında bekledikleri süredir. %1'lik engelli birey grubu tahliye süreleri NFPA 130'un gerektirdiği tahliye sürelerini karşıladığı için bekleme süre analizi çalışmasına dahil edilmemiştir. Şekil 4.37.'de göre, kullanıcılar tahliye başladıktan 192 saniye sonra, asansör kullanarak tahliye olan engelli bireylerin kuyruk oluşturup asansör bekledikleri görülmektedir. Çizelge 4.10.'a göre sağlanan tahliye süresi, %2'lik engelli bireylerin bulunduğu durumlarda 337, 8 saniye sürdüğü hesabına dayanarak, 14 kişinin 145,4 saniye (2,42 dk.) konkors katına çıkabilmek için asansör kullanmak amaçlı bekledikleri gözlemlenmiştir.



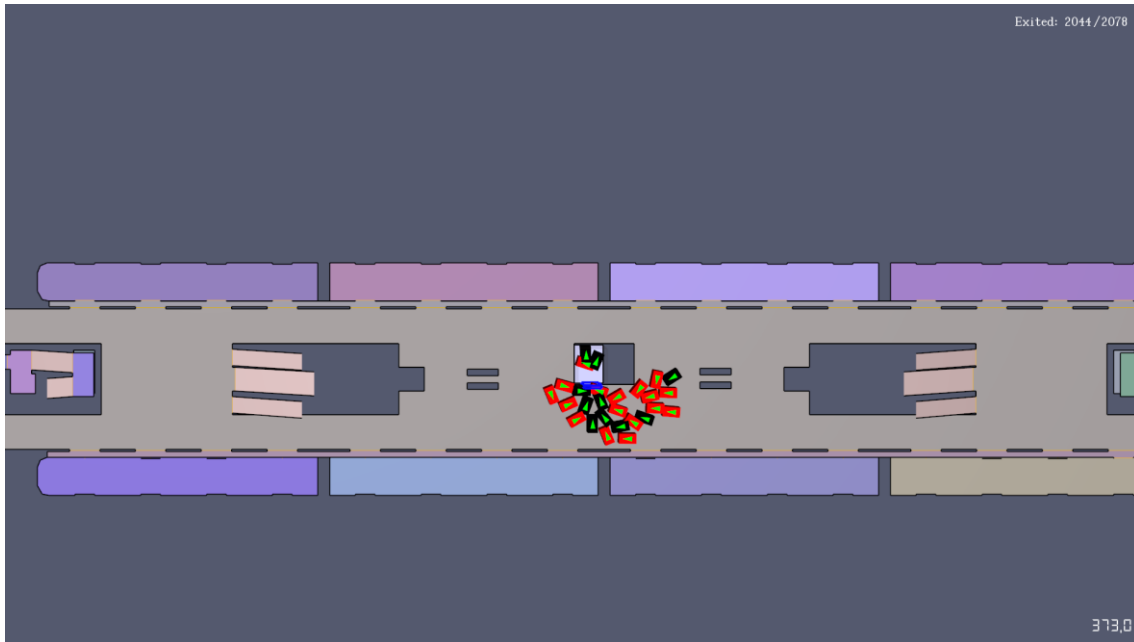
Şekil 4.37. %2'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 192 saniye sonra oluşan görünüm

Şekil 4.38.'e göre, tahliye başladıktan 297,7 saniye sonra, asansör kullanarak tahliye olan engelli bireylerin kuyruk oluşturup asansör bekledikleri görülmektedir. Çizelge 4.10.'a göre sağlanan tahliye süresi, %3'lük engelli bireylerin bulunduğu durumlarda 564 saniye sürdüğü hesabına dayanarak, 19 kişinin 263,3 saniye (4,40 dk.) konkors katına çıkabilmek için asansör kullanmak amaçlı bekledikleri gözlemlenmiştir.



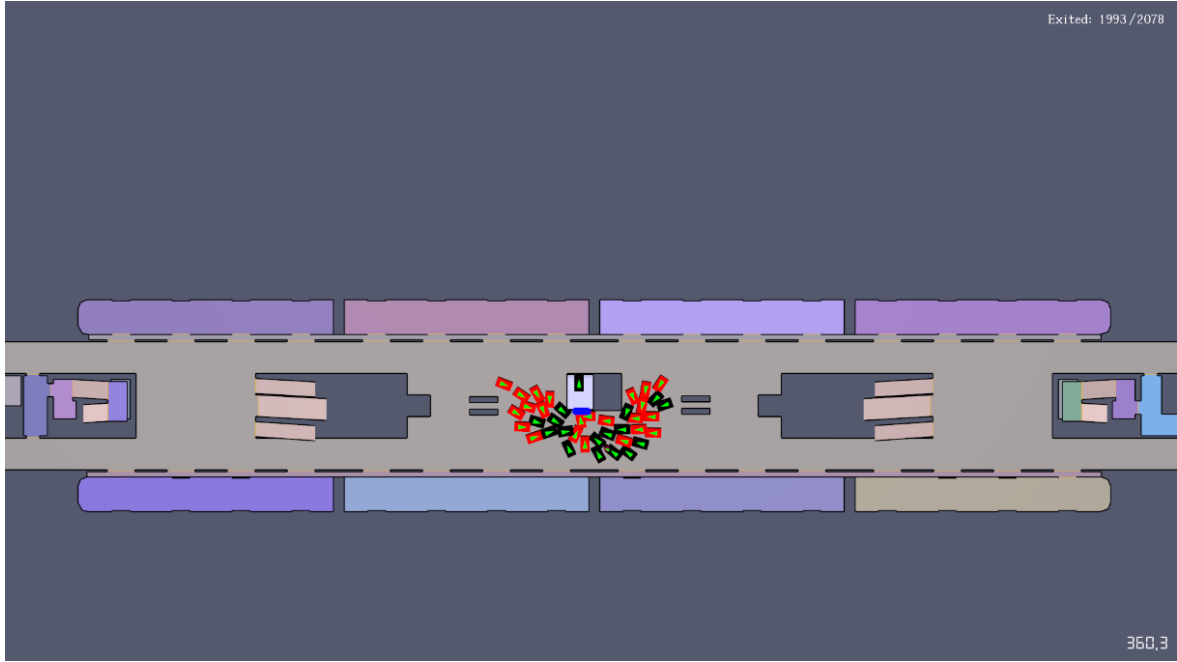
Şekil 4.38. %3'lük engelli bireylerin tahliye başladıktan 297,7 saniye sonra oluşan görünüm

Şekil 4.39.'a göre, tahliye başladıktan 373 saniye sonra, asansör kullanarak tahliye olan engelli bireylerin kuyruk oluşturup asansör bekledikleri görülmektedir. Çizelge 4.10.'a göre sağlanan tahliye süresi, %4'lük engelli bireylerin bulunduğu durumlarda 712 saniye sürdüğü hesabına dayanarak, 27 kişinin 339 saniye (5,65 dk.) konkors katına çıkabilmek için asansör kullanmak amaçlı bekledikleri gözlemlenmiştir.



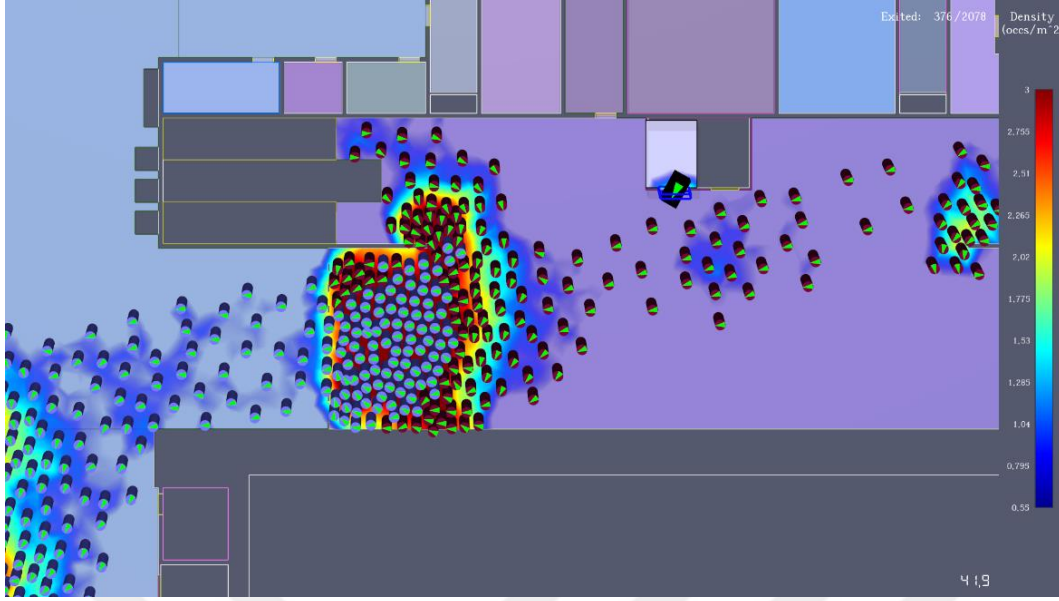
Şekil 4.39. %4'lük engelli bireylerin tahliye başladıktan 373 saniye sonra oluşan görünüm

Şekil 4.40.'a göre, tahliye başladıktan 360,3 saniye sonra, asansör kullanarak tahliye olan engelli bireylerin kuyruk oluşturup asansör bekledikleri görülmektedir. Çizelge 4.10.'a göre sağlanan tahliye süresi, %5'lik engelli bireylerin bulunduğu durumlarda 942 saniye sürdüğü hesabına dayanarak, 40 kişinin 581,7 saniye (9,70 dk.) konkors katına çıkabilmek için asansör kullanmak amaçlı bekledikleri gözlemlenmiştir.



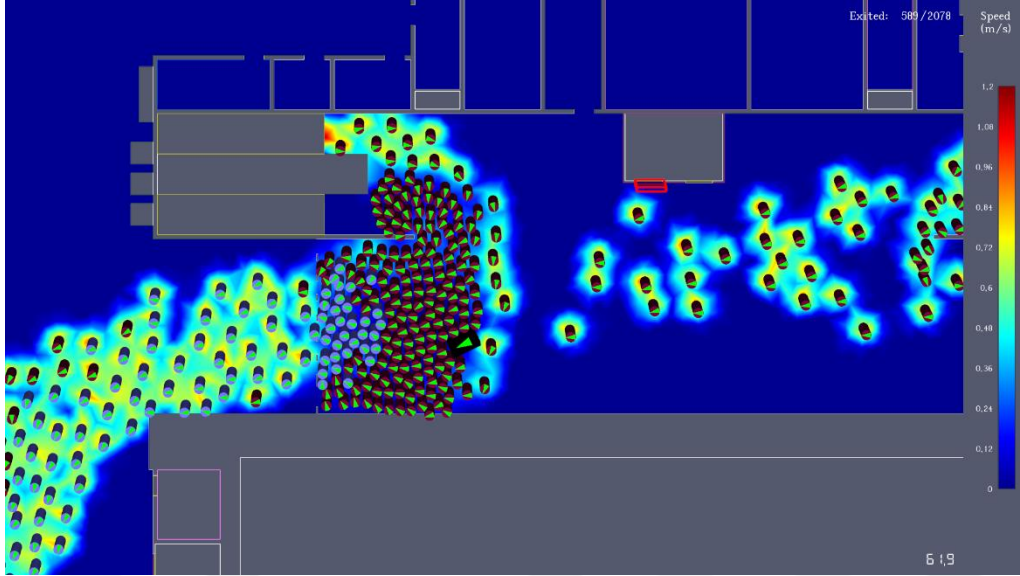
Şekil 4.40. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 41,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı yoğunluğu dağılımı

Şekil 4.41.'de %5'lik Engelli bireylerin olduğu düşünülerek yapılan analiz sonucu, ücretli geçiş alanlarında ilerleyişleri irdelendiğinde, tahliye başladıktan 41,9 saniye sonra platform katından konkors katına ulaşmaktadır. Ulaştığı anda, engelli geçiş kapıları ve turnike önlerinde kullanıcı yükü yoğunluğunun oldukça fazla olduğu ve çoktan kuyrukların oluştuğu gözlemlenmiştir.

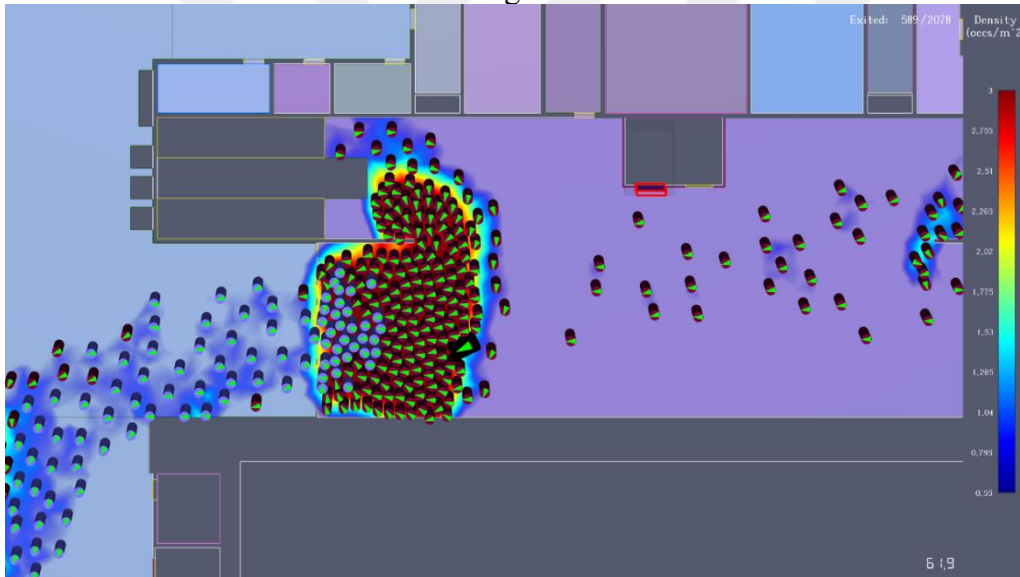


Şekil 4.41. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 61,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı yoğunluğu dağılımı

Engelli bireyin hareketini irdeleyen, her 20 saniyede bir alınan görüntüler aşağıda devam etmektedir. Şekil 4.42.'de konkors katında bulunun kullanıcıların ücretli geçiş alanlarından geçerken hızlarını gösterilmektedir. Turuncu ile işaretlenmiş yerde kullanıcıların koyu mavi renk ile çevrelendiği, yani durdukları belirtilmiştir. Ancak, sıkışıklığın olduğu turnike önlerinde yığılma fazla olsa da kullanıcılar durmamakta, düşük hızda ilerlemeye devam etmektedir.

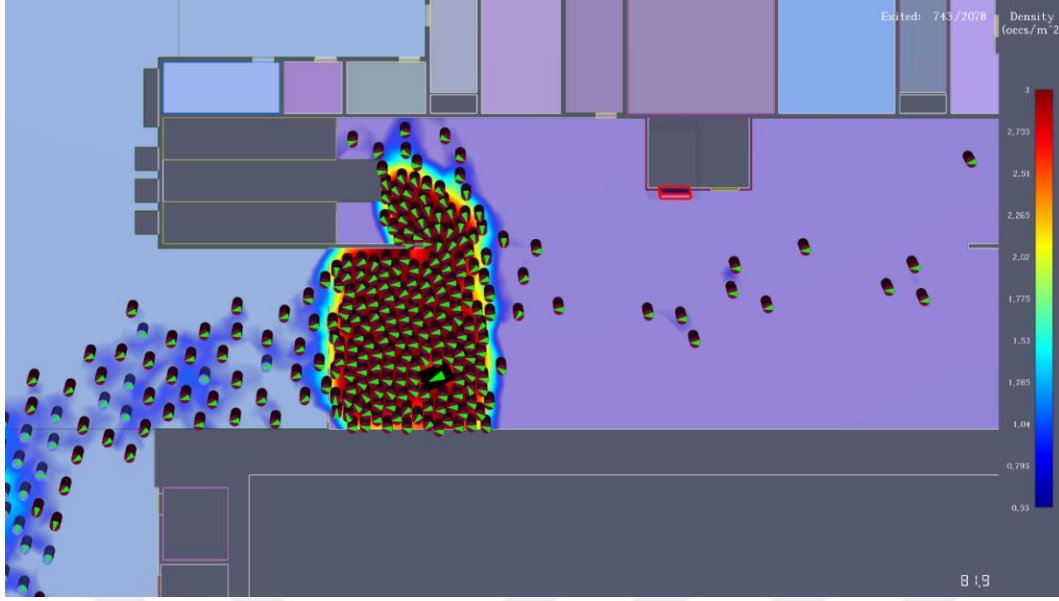


Şekil 4.42. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 61,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı hız dağılımı



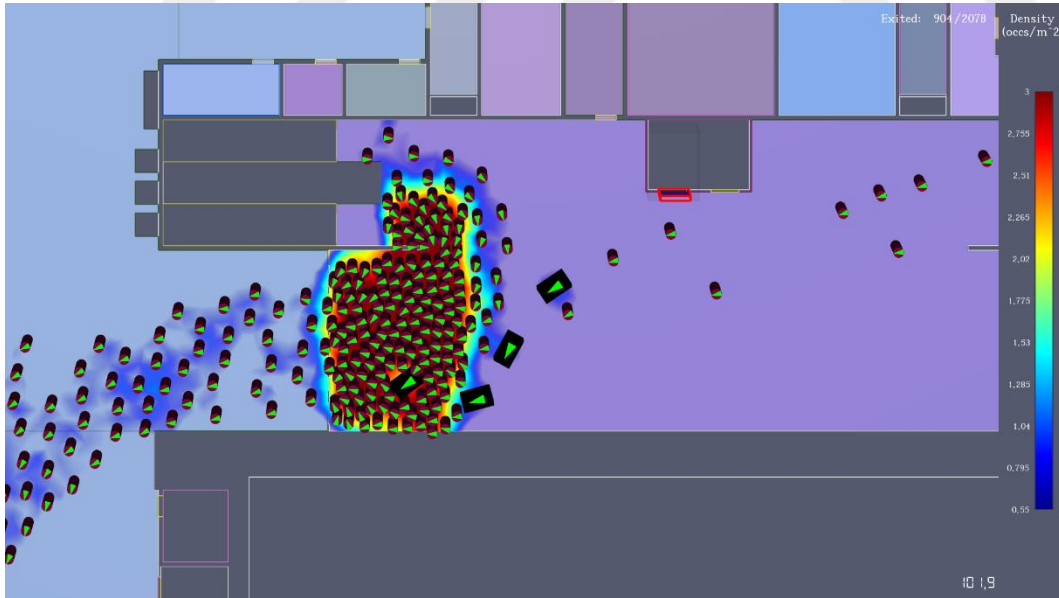
Şekil 4.43. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 81,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı yoğunluğu dağılımı

Şekil 4.44.'te engelli bireyin üst tarafta kullanıcıların hareket edemedikleri alandan sıraya girmedeğini, diğer engelli geçişin bulunduğu kapıya doğru ilerlediği görülmektedir.



Şekil 4.44. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 101,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı yoğunluğu dağılımı

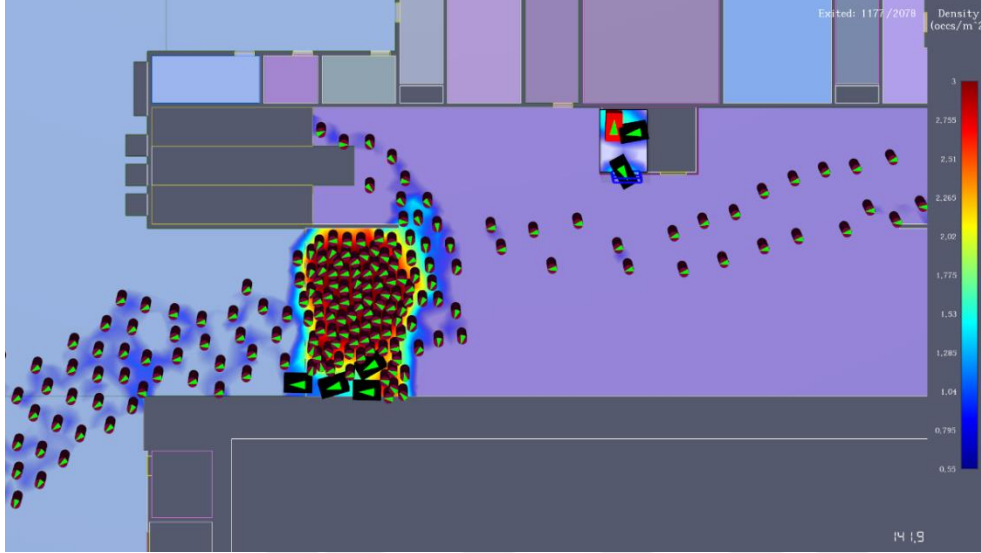
Şekil 4.45.'de aynı şekilde, platform katından konkors katına gelen engelli bireylerin de hareketin devam ettiği alanlara doğru yöneldiği gözlemlenmiştir.



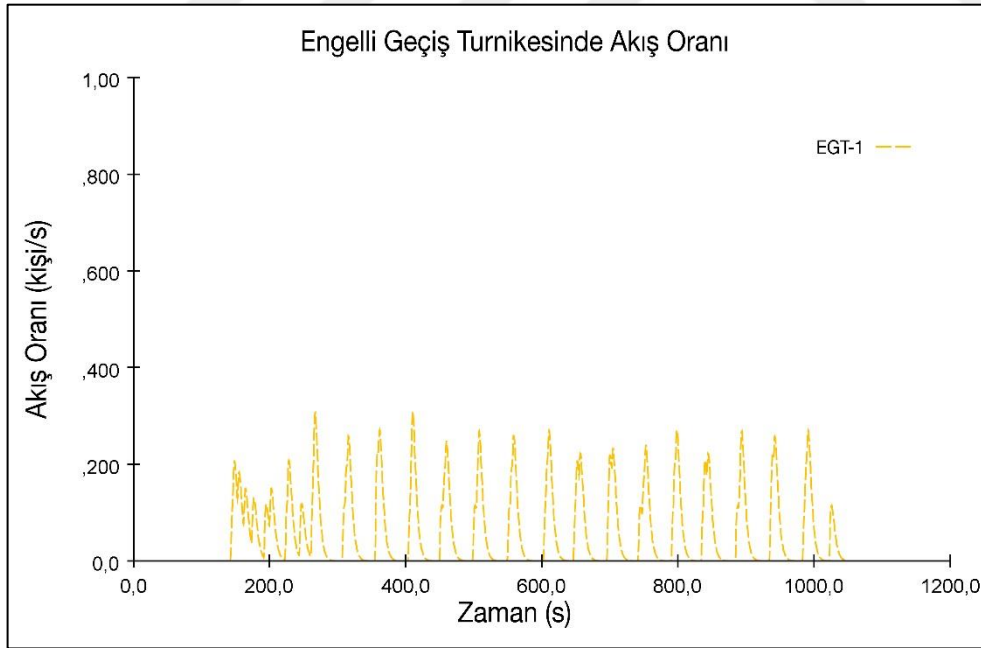
Şekil 4.45. %5'lik engelli bireylerin tahliye başladıktan 141,9 saniye sonra turnike alanlarında kullanıcı yoğunluğu dağılımı

Şekil 4.46.'da üst taraftaki hareket edemeyen kullanıcıların, ilerlemeye başlamasıyla beraber turnike önlerinde oluşan kalabalık azalmıştır. Böylelikle, engelli bireyler, engelli çıkışlarına doğru biraz daha yaklaşmışlardır. İlk gelen engelli bireyin, tahliye başladıktan 61,9 saniye

sonra kuyruğa girdiği, 141,9. saniyede ise engelli geçişinden geçebildiği görülmüştür; aradaki farkın 80 saniye olduğu, bu da 1,33 dakikada kuyruğu aştığı sonucuna ulaşılmaktadır.



şekil 4.46. %5'lik engelli bireylerin kullandığı engelli geçiş turnikelerinde akış oranı



şekil 4.47. Engelli geçiş turnikelerinde akış oranı

4.2.2. Verilerin değerlendirilmesi

Yeraltı metro örneğinde, geleneksel yöntem olan el hesabı ile platform ve konkorssta bulunan maksimum kullanıcı yükü hesabı, kaçış olanaklarının kapasite hesabı, platform katından güvenli bir noktaya kadar yürüme süresi, çıkışlarda bekleme süresi, platform ve metro istasyonunun tahliye süreleri, ücretli geçiş alanlarında geçiş ve bekleme süreleri hesaplanmıştır.

Elde edilen tahliye süreleri, NFPA 130'da belirtilen sağlanması gereken tahliye sürelerini karşılamaktadır. El hesabında belirlenen kullanıcı yükleri, Pathfinder simülasyon programında platform ve konkors katları için veri olarak girilmiştir. Geleneksel yöntem ile elde edilen, platformun tahliye süresi 1,79 dakika, yeraltı metro istasyonunun tahliye süresi, 4,96 dakika sonuçlarına ulaşılmıştır.

Yeraltı metro istasyonun tahliye süresini hesaplayabilmek için çizim pathfinder programına aktarılıp, modellenmiştir. Tahliye süresini hesaplamak için simülasyon iki modda çalıştırılmıştır: yönlendirme modunda çalıştırıldığında elde edilen verilere göre platformun tahliye süresi 2,95 dakika, yeraltı metro istasyonun tahliye süresi ise 4.30 dakikadır.

SFPE modunda çalıştırıldığında ise, platformun tahliye süresi 2,63 dakika, yeraltı metro istasyonunun tahliye süresi 4,22 dakika sonuçları elde edilmiştir. Geleneksel yöntemle edilen sonuçlar ile Pathfinder simülasyon programıyla elde edilen veriler karşılaştırıldığında, platform tahliye süresi Pathfinder simülasyon programında elde edilen değerin daha fazla olduğu; yeraltı metro istasyonu tahliye süresi ise, geleneksel hesapta daha fazla olduğu görölmektedir. Bu şekilde farkın meydana gelmesinin sebebi, simülasyon programının tahliye süresi hesaplama yaklaşımı ile NFPA 130'daki hesaplama yaklaşımında farklılıklar bulunmasından kaynaklıdır. Simülasyon programında, kullanıcı yükünün yoğun olduğu yerlerde, kullanıcıların hızları düşmektedir; kullanıcı yükünün az olduğu yerlerde ise kullanıcıların hızları belirli bir seviyeye kadar artabilmektedir. Ancak, geleneksel hesaplamada kullanıcı yükü yoğunluğu hesaba katılsa dahi kullanıcıların hız değişimleri standardize edilmiştir. Her iki yöntem ile yapılan hesapta elde edilen platform ve yeraltı metro istasyonunun tahliye süreleri, NFPA 130'da belirtilen tahliye sürelerini karşıladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Pathfinder simülasyon programından toplanan verilere göre, kullanıcıların çıkış olanaklarına eşit sayıda dağılmadıklarını, en hızlı sürede tahliye olabilecekleri şekilde çıkışlara yöneldiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, platform ve konkors katında bazı çıkışlar ve turnikelerin önünde yoğun kullanıcı yükü olduğu; kullanıcıların hareket edemeyip sabit durduğu noktalarda ise kuyrukların olduğu gözlemlenmiştir. Kullanıcıların, uzaktaki çıkışlara yönelmemesinden kaynaklı yakın çıkışlarda yoğunlaşması sebebiyle, sıkışmalar meydana gelmektedir; oluşan bu durumların tahliye süresini arttırdığı anlaşılmıştır. Bu sayede, yeraltı metro istasyonunda meydana gelen riskli alanlar tespit edilmiş, ilgili çözüm önerileri sonuç kısmında verilmiştir.

İkinci yapılan analizde, platform kullanıcı yükünün %1'lik kısmının engelli bireylerin olduğu varsayılarak simülasyon programı çalıştırılmıştır. Bunun sonucunda, tahliye süresinin arttığı, ancak NFPA 130 tahliye süresi gerekliliklerini yine de sağladığı gözlemlenmiştir. Ancak, %2, %3, %4 ve %5'lik engelli gruplarının olduğu yapıda tahliye süreleri, beklenen değerleri karşılamamıştır. Engelli bireylerin kaçış amaçlı kullandıkları bir adet asansörün yeterli gelmediği; engelli bireylerin sırayla asansör bekledikleri için sağlanması gereken tahliye süresinin aşıldığı gözlemlenmiştir. Engelli bireyler, konkors katına ulaşmalarına rağmen ücretli geçiş alanlarının önünde yığılma olduğundan, turnikelerin baş ve sonunda yer alan engelli geçişlerden birini kullanamamaktadır. Ulusal yönetmelikte engelli bireyler ile ilgili herhangi bir hüküm bulunmadığından, yapının tasarımında da engelli bireylerin tahliye stratejisi göz önünde bulundurulmadığı anlaşılmıştır. Bununla ilgili öneriler sonuç kısmında belirtilmiştir.



5. SONUÇ

Yeraltı metro istasyonları, gittikçe kalabalıklaşan kentler için bir ihtiyaç olmakla beraber, hızlı ulaşımı sağlayan ve kullanıcı yükünün ciddi derecede yoğun olduğu yapılardır. Binlerce kişinin bulunduğu bu yapılarda, yüksek risk oluşturan yoğun kullanıcı yükünün göz önünde bulundurularak, insanların can güvenliğini sağlamak en önemli yangın güvenliği ilkelerinden biridir. Yeraltı metro istasyonları, toprak altı kotunda konumlanması nedeniyle, itfaiyenin yangına müdahalesi hızlı bir şekilde gerçekleşmesinin kolay olmadığı için, yapının yangın güvenliği bağlamında aktif ve pasif korumanın bulunması önemlidir. Aktif korumanın çalışmadığı veya sonlandığı noktadan itibaren, pasif korumanın halen fonksiyonunu yerine getirmesi sebebiyle, yeraltı metro istasyonlarının yangın güvenliği sağlanırken aktif koruma ile beraber pasif korumaya da gereken önemin verilmesi gerekmektedir.

İnsan davranışı ve tahliye süreci birbirini tamamlayan iki kavram olmakla beraber, yangın durumunda can güvenliğini sağlamak için ikisini birlikte göz önünde bulundurmamak gerekmektedir. Yeraltı metro yapısında bulunan kullanıcılar, yangın uyarısını aldıkları an ile tahliye için harekete geçtikleri ana kadar birçok davranış sergiler; her bir davranış, tahliye sürecini oluşturan süreleri meydana getirdiği gibi tahliye sürecini etkilemektedir. Ancak, ulusal yönetmelikte kullanıcı yükünün hesaplanması, geleneksel yöntem olan el hesabında, insan davranışı ve çeşitli kullanıcı profillerin hesaba katılması kapsam dışıdır. Bu durum, yangın güvenliği açısından eksiklik olduğundan, performans temelli bir simülasyon programı kullanılması gerektiği ihtiyacını doğurmaktadır.

Çalışmada yapılan, araştırma ve karşılaştırmalar neticesinde, uluslararası standartlar olan NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems, NFPA 101 Life Safety Code ile ulusal yangın yönetmeliği olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik arasında farklılıklar olduğu gözlemlenmiş; BYKHY’de bulunan parametrelerde eksiklikler olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, NFPA standartlarının performans temelli standartlar olması, ulusal yönetmelik olan BYKHY’nin hükme dayalı olması nedeniyle bir yeraltı metro istasyonuna yangın güvenliği bağlamında yaklaşımlarının oldukça farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İstanbul’da yapılması planlanan yeraltı metro istasyonu, literatür araştırması ve performans kriterleri oluşturulurken elde edilen teorik bilgileri pratiğe dönüştürmek için seçilen örnektir. Öncelikle, geleneksel yöntem olan el hesabı

ile platform ve konkorsta bulunan azami kullanıcı yükü hesabı, kaçış olanaklarının kapasite hesabı, platform katından güvenli bir noktaya kadar yürüme süresi, çıkışlarda bekleme süresi, platform ve metro istasyonunun tahliye süreleri, ücretli geçiş alanlarında geçiş ve bekleme süreleri hesaplandıktan sonra, mimari proje Pathfinder simülasyon programına yüklenerek, modellenmiştir. Birinci simülasyonda, el hesabı tahliye süreleri verileri ile simülasyon programında elde edilen tahliye süre verileri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar arasında farklılık olmasının sebebinin, simülasyon programının tahliye süresi hesaplama yaklaşımı ile NFPA 130'daki hesaplama yaklaşımında farklılıklar bulunmasından kaynaklı olduğu değerlendirilmiştir. Simülasyon programında, kullanıcı yükünün yoğun olduğu yerlerde, kullanıcıların hızları düşmektedir; kullanıcı yükünün az olduğu yerlerde ise kullanıcıların hızları belirli bir seviyeye kadar artabilmektedir. Ancak, geleneksel hesaplamada kullanıcı yükü yoğunluğu hesaba katılsa dahi kullanıcıların hız değişimleri standardize edilmiştir.

Yeraltı metro istasyonları, çeşitli kullanıcı profillerine hizmet vermektedir. Ancak, geleneksel el hesaplarında ve ulusal yangın yönetmelikte engelli bireyler ve tahliyesi ile ilgili herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle, ikinci ve sonraki analizlerde, denek grubuna engelli bireyler katılarak ve engelli bireylerin tahliye süresine olan etkisinin analizi gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda, platform katında bulunan engelli birey sayısı 24 ve üstü olduğunda, platformun ve yeraltı metro istasyonunun tahliye süresi NFPA 130'un belirtmiş olduğu tahliye sürelerini karşılamamakta olduğu görülmüştür. Bu verilerden hareketle, engelli bireylerin tahliyesi için alınması gereken önlemler aşağıda sıralanmıştır:

- a. Yangın durumunda, engelli bireylere yardımcı olabilecek görev tanımları oluşturulmalıdır,
- b. Yapıda, engelli bireylerin tahliyesi için birbirine alternatif olacak şekilde en az iki çıkış sağlanmalıdır; mevcut durumda kullanabildikleri tek kaçış olanağı olan asansörün, yangın durumunda kullanabilmesi ve iki adet çıkışın sağlanabilmesi için yapıda en az dört asansör bulunmalıdır.
- c. Yapıda yatay tahliye stratejisinin uygulanması: en az iki kompartımana bölünmesi ve kompartıman içerisinde bir yatay tahliye kapısı ve düşey kaçış olmak üzere iki adet çıkış sağlanmalıdır.
- d. Katlarda, "güvenli bekleme alanları" oluşturulmalı, yangın durumunda engelli bireylerin güvenli bekleme alanlarına sığınması sağlanmalıdır.

Tahliye simülasyonları, tahliye süresini hesaplamının yanı sıra, yeraltı metro tasarımı ve tahliye planlarının oluşturulması sırasında dikkat edilmesi gereken riskli alanların tespit edilmesinde de yol gösterici olmaktadır. Platform ve konkors katında, kullanıcı yükünün yoğun olduğu yerler saptanmaktadır. Kullanıcı yükünün yoğun olduğu bu alanlara özellikle dikkat edilmesi, uygun yönlendirme ve uyarı işaretlerinin düzenlenmesi gerekmektedir. Özellikle, korunumlu alanlar olan yangın güvenlik holü ve önünde gerçekleşen maksimum kullanıcı yoğunluğu, yangın güvenlik holüne iki adet kapıdan giriş yapılıyorken, yangın kaçış merdivenine bir adet kapıdan giriş yapılmasından olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumda, yangın kaçış merdivenine de iki adet kapı genişliği ile giriş yapılarak, yangın güvenlik holündeki kullanıcı yoğunluğunun azaltılabileceği değerlendirilmektedir.

Seçilen örneklemin, tahliye simülasyonu ve elde edilen parametrelerin analizine göre kaçış olanaklarının NFPA 130'a uygun olduğu ortaya konulmuştur. Tahliye süre analizinde, simülasyon iki modda çalıştırılarak, yönlendirme modunda elde edilen verilere göre platformun tahliye süresi 3,28 dakika, yeraltı metro istasyonunun tahliye süresi ise 4.30 dakikadır. SFPE modunda çalıştırıldığında ise, platformun tahliye süresi 2,88 dakika, yeraltı metro istasyonunun tahliye süresi 4,30 dakika sonuçları elde edilmiştir. Bu da geleneksel yöntem olan el hesabının hala geçerliliğini koruduğunu göstermiştir. Bununla beraber, yeraltı metro istasyonlarında, tasarımların gittikçe karmaşık bir hal alması ve kullanıcı sayısının gittikçe artması sebebiyle, simülasyon programlarının parametreleri test edebilme ve değerlendirme kabiliyeti sayesinde, yakın gelecekte güvenli bir tasarımın oluşturulması ve yangın güvenliğinin sağlanması için önemli bir gereksinim haline gelmektedir.

Gelecek araştırma ve çalışmalarda, yeraltı metro istasyonu gibi karmaşık ve karakteristik ortamda çeşitli kullanıcı profilleri oluşturulup, oluşturulan profillerin hız senaryolarıyla performans temelli bir hareket programıyla analiz gerçekleştirilmelidir. Yangın durumunda, insan davranışının incelenmesi, özellikle kullanıcı yükünün fazla olduğu yapılarda yığılmanın oluşturabileceği panik durumun sosyokültürel yönden ele alınıp, Türkiye için istatistik tutulmalı ve analiz yapılmalıdır.



KAYNAKLAR

1. Cai, Y., Lin, Z. Y., Mao, J., Bai, G., ve Hu, J. W. (2016). Study on Law of Personnel Evacuation in Deep Buried Metro Station Based on the Characteristics of Fire Smoke Spreading. *Procedia Engineering*, 135, 544–550.
2. Yan, W. Y., Wang, J. H., ve Jiang, J. C. (2016). Subway Fire Cause Analysis Model Based on System Dynamics: A Preliminary Model Framework. *Procedia Engineering*, 135, 431–438.
3. Türkiye, Bakanlar Kurulu. (2015). *Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik*. İstanbul: Türkiye Yangından Korunma ve Eğitim Vakfı/Yangından Korunma Derneği.
4. National Fire Protection Association. (2018). NFPA 101 Life Safety Code, 2018 ed. [Press release]. Retrieved December 28, 2017, from URL: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=101>, Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
5. National Fire Protection Association. (2017). NFPA 130 Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems [Press release]. Retrieved December 28, 2017, from URL: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=130>, Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
6. İnternet: Athens Metro. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d7/Athens_Metro_Syntagma_Station_3.jpg/600px-Athens_Metro_Syntagma_Station_3.jpg , Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
7. İnternet: Trains to get sensors so they know when you're travelling. URL: <https://metro.co.uk/2019/08/12/trains-get-sensors-know-travelling-10555399/>, Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
8. Metro. (t.y.). Türk Dil Kurumu güncel Türkçe sözlük içinde. URL: <https://www.sozluk.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
9. İnternet: Crowded subway platforms dangerously close to tipping point. URL: <https://nypost.com/2014/12/18/crowded-subway-platforms-dangerously-close-to-tipping-point/> , Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
10. İnternet: Crowded subway platforms dangerously close to tipping point. URL: <https://nypost.com/2014/12/18/crowded-subway-platforms-dangerously-close-to-tipping-point/> , Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
11. Tahliye. (t.y.). Türk Dil Kurumu güncel Türkçe sözlük içinde. URL: <https://www.sozluk.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 09.12.2019

12. Evacuation. In The Merriam-Webster.com Dictionary. Retrieved December 4, 2019, from URL: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/evacuation>, Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
13. İnternet: Means of egress definition.. URL: <https://upsideinnovations.com/means-of-egress/>, Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
14. Kallianiotis, A., Papakonstantinou, D., Arvelaki, V., ve Benardos, A. (2018). *Evacuation Method Evaluation in Underground Metro Station*.
15. Kuligowski E.D. (2016) *Human Behavior in Fire*. In: Hurley M.J. et al. (eds) *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Springer, New York, NY
16. Ng, C. M. Y., ve Chow, W. K. (2006). A brief review on the time line concept in evacuation. *International Journal on Architectural Science*, 7(1), 1–13. Retrieved from URL: https://www.bse.polyu.edu.hk/researchcentre/fire_engineering/summary_of_output/journal/IJAS/V7/p1-13.pdf, Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
17. Pauls, J. (1987). Calculating evacuation times for tall buildings. *Fire Safety Journal*, 12(3), 213–236.
18. Proulx, G. (1995). Evacuation time and movement in apartment buildings. *Fire Safety Journal*, 24(3), 229–246.
19. Smith, J. M. G. (1982). An analytical queuing network computer program for the optimal egress problem. *Fire Technology*, 18(1), 18–37.
20. Ghosh, B. (1997). Fires in real scenarios. *Proceedings of International Symposium on Fire Science and Technology (ISFST '97)*, Seoul Education and Culture Centre, Seoul, Korea, 439-449
21. National Fire Protection Association (NFPA) (1917). Engineering news record
22. Bukowski R.W., Tubbs J.S. (2016) Egress Concepts and Design Approaches. In: Hurley M.J. et al. (eds) *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Springer, New York, NY
23. Togawa, K. (1955). Study on fire escapes basing on the observation of multitude currents, *Building Research Institute, Ministry of Construction*.
24. Jones, W. W. (2001). State of the art in zone modeling of fires. *National Institute of Standards and Technology 9th International Fire Protection Seminar*.
25. Cooper, L. Y., ve Stroup, D. W. (1985). ASET-A computer program for calculating available safe egress time. *Fire Safety Journal*, 9(1), 29–45.
26. Poon, S. L. (2014). A dynamic approach to ASET/RSET assessment in performance based design. *Procedia Engineering*, 71, 173–181.

27. Gwynne S.M.V., Rosenbaum E.R. (2016) Employing the Hydraulic Model in Assessing Emergency Movement. In: Hurley M.J. et al. (eds) *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Springer, New York, NY
28. Marchant, E.W. (1976). 'Some aspects of human behaviour and escape route design' in *Proc. 5th International Fire Protection Seminar*, Karlsruhe, September 1976.
29. Sime, J., ve Kimura, M. (1988). The Timing of Escape: Exit choice behaviour in fires and building evacuations. In J. D. Sime (Ed.), *Safety in the Built Environment* (pp. 48-61). London: E. & F.N. Spon Ltd.
30. Fridolf, K. (2010). Fire evacuation in underground transportation systems: a review of accidents and empirical research.
31. Gwynne, S. M. V, ve Boyce, K. E. (2016). Engineering Data. In M. J. Hurley, D. Gottuk, J. R. Hall, K. Harada, E. Kuligowski, M. Puchovsky, C. Wieczorek (Eds.), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (pp. 2429–2551). New York, NY: Springer New York.
32. Poon, L. (2007). Important Design Factors For Regulating Performance-Based Fire Safety Engineering Design of Buildings In Australia, 1–12.
33. Purser, D. (2003). ASET and RSET: Addressing some issues in relation to occupant behaviour and tenability. *Fire Safety Science*, 91–102.
34. Pauls, J. L., ve Jones., B. K. (1980). Building Evacuation: Research Methods and Case Studies. In: Canter, D. (Ed.), *Fires and Human Behaviour*, Wiley, Chichester.
35. Melinek, S. J., et al. (1975). An Analysis of Evacuation Times and the Movement of Crowds in Buildings, Building Research Establishment. *Fire Research Station*, Borehamwood, UK
36. Galea, E. R., ve Perez Galparsoro, J. M. (1994). A computer-based simulation model for the prediction of evacuation from mass-transport vehicles. *Fire Safety Journal*, 22(4), 341–366.
37. Sime, J. D. (1986). Perceived Time Available: the Margin of Safety in Fires. *Fire Safety Science: Proceedings of the First International Symposium*, Hemisphere , 561–570.
38. Kendik, E. (1983). Determination of the evacuation time pertinent to the projected area factor in the event of total evacuation of high-rise office buildings via Staircases. *Fire Safety Journal*, 5(3–4), 223–232.
39. Smith, J. (1982). An analytical queuing network computer program for the optimal egress problem. *Fire Technology*, 18(1), 18-37.
40. Fruin, J. J. (1971). Pedestrian planning and design, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners.

41. Gwynne, S., Galea, E. R., Lawrence, P. J., Owen, M., ve Filippidis, L. (1998). Adaptive decision-making in response to crowd formations in building EXODUS. *Journal of Applied Fire Science*, 8(4), 301–325.
42. Predtechenskiĭ, V. M. (Vsevolod Mikhaĭlovich) ve Milinskii, A. I (1978). *Planning for foot traffic flow in buildings*. Amerind, New Delhi
43. Spearpoint, M. (2004). The effect of pre-evacuation distributions on evacuation times in the Simulex model. *Journal of Fire Protection Engineering*, 14(1), 33–53.
44. Pauls, J. (1987). Calculating evacuation times for tall buildings. *Fire Safety Journal*, 12(3), 213–236.
45. J.D. Sime. (1995). Crowd psychology and engineering. *Chinese Sociology & Anthropology*, 27(3), 57–63.
46. Panik. (t.y.). Türk Dil Kurumu güncel Türkçe sözlük içinde. URL: <https://www.sozluk.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
47. Konishi, Y., ve Yamazaki, H. (2008). Human Behavior Process in Train Station. *Fire Emergency Evacuation*, 153–157.
48. Fischer, H. W. (2008). *Response to disaster: Fact versus fiction and its perpetuation : the sociology of disaster*. Lanham, Md: University Press of America.
49. Fritz, C. E., ve Marks, E. S. (1954). The NORC Studies of Human Behavior in Disaster. *Journal of Social Issues*, 10(3), 26–41.
50. Turner, Ralph H ve Killian, Lewis M. (1957). *Collective behavior*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J
51. Jiang, C. S., Yuan, F., ve Chow, W. K. (2010). Effect of varying two key parameters in simulating evacuation for subway stations in China. *Safety Science*, 48(4), 445–451.
52. Shi, C., Zhong, M., Nong, X., He, L., Shi, J., ve Feng, G. (2012). Modeling and safety strategy of passenger evacuation in a metro station in China. *Safety Science*, 50(5), 1319–1332.
53. Chen, S., Di, Y., Liu, S., ve Wang, B. (2017). *Modelling and Analysis on Emergency Evacuation from Metro Stations*. Mathematical Problems in Engineering.
54. Jiang, C. S., Deng, Y. F., Hu, C., Ding, H., ve Chow, W. K. (2009). Crowding in platform staircases of a subway station in China during rush hours. *Safety Science*, 47(7), 931–938.
55. Pathfinder. (2019). *User Manual User Manual*, 1–148.
56. İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2017). *İstanbul Yıllık Ulaşım Raporu*.

57. Hashemi, M. (2018). Emergency evacuation of people with disabilities: A survey of drills, simulations, and accessibility. *Cogent Engineering*, 5(1), 1–20.





ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZDAMAR, Emine Deniz
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 21.10.1991, İzmir
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (554) 333 38 65
 E-mail : edenizozdamar@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor
Lisans	İzmir Ekonomi Üniversitesi / Mimarlık	2014
Lise	Turgutlu Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-Halen	Perspektif Danışmanlık Tasarım Ltd. Şti.	Tasarım Mimarı
2014-2015	Tülin Çetin Mimari Tasarım	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce, İtalyanca

Hobiler

Spor, Dil öğrenmek, Seyahat etmek, Kitap okumak.

Yayınlar

- Özdamar, E. D. ve Demirel, F. (2019). *Yeraltı Metro İstasyonlarında Pasif Yangın Güvenlik Önlemleri*, 3rd International Congress on Students Academic Students, Ankara, Türkiye.



GAZİ GELECEKTİR..