

Makale

Gencer KOÇ
Özgür Cem CEYLAN

Abstract:

Sweeping the smoke in a single direction and creating a safe evacuation path in the other direction is a common approach during vehicle fires in metro tunnels and stations. With this method, smoke is intended to be swept in a specified direction confined in that direction with the aid of "critical velocity concept" which is applicable for high length to diameter ratio systems. It is known that, as long as the critical velocity is satisfied with means of ventilation, smoke will not show any back layering thus will be kept in the desired region enabling the evacuation through the safe direction. However, providing a ventilation velocity which is equal to or larger than critical velocity does not propose any practical solution for cases in which the source of smoke divides the occupied region into two. In such cases, part of the population would be exposed to hot and toxic combustion products and smoke, while the other part would be rescued safely. For the very reason of such cases, emergency ventilation strategies that consider the three dimensional movement of smoke together with human evacuation simulations are under development. With inclusion of human evacuation simulations, emergency ventilation requirements can be optimized. In this study, proposed strategies are elaborated with the aid of findings obtained from successfully designed Warsaw Metro Line.

Key Words:

Emergency Ventilation; CFD Simulations, Human Evacuation, Metro Fires.

Metro İstasyon ve Tünellerinin Acil Durum Havalandırmasında Yeni Yaklaşımlar ve Uygulama Esasları

ÖZET

Metro tünel ve istasyonlarında, araç yangını esnasında dumanın tek yönde süpürülmesi ve dumansız bölgenin kaçış yönü olarak kullanılması yaygın olarak başvurulan bir yöntemdir. Bu yöntemde esas olarak, dumanın belli sınırlar içerisine hapsedilmiş şekilde yönlendirilmesi amaçlanmakta, tek boyutlu akıştan bahsedilebilecek yüksek uzunluk/hidrolik çap oranı olan geometrilerde kritik hız kavramına başvurulmaktadır. Kritik hız yaklaşımına göre, havalandırma hızının, yangın noktası için hesaplanan kritik hızdan büyük olması durumunda, dumanın ters katmanlaşma yapmayacağı ve havalandırma yönüne ters tarafta insan tahliyesinin güvenli olacağı belirtilmektedir. Ancak bu yaklaşımda, örneğin, yangının aracın orta noktasında çıkması durumunda, havalandırma yönünde kalan yolcuların güvenli tahliyesine ilişkin bir tasarruftan bahsedilmemektedir. Bu nedenle, kritik hız kavramını, dumanın 3 boyutlu hareketlerini ve en önemlisi insan tahliyesini hesaba katan acil durum havalandırması stratejileri geliştirilmektedir. Yeni geliştirilen ve geliştirilmekte olan insan tahliyesi simülasyon programlarının kullanılması ile, geleneksel duman yönlendirmesi uygulamalarındaki ciddi problemleri en aza indirecek yaklaşımlar ortaya konmaktadır. Bu çalışmada, Varşova Metrosu'nda uygulanan ve başarılı sonuçlar elde edilen bir çalışma ışığında, önerilen yeni yaklaşımlar irdelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Acil Durum Havalandırması, CFD Simülasyonları, İnsan Tahliyesi, Metro Yangınları.

1. GİRİŞ

Acil durum havalandırma sistemleri, metro tünel ve istasyonlarında araç yangınına karşı alınan önlemlerin başında gelmektedir. Türkiye'de tamamlanmış olan ve yapımı devam eden metro sistemlerinin büyük çoğunluğunda, acil durum havalandırma sistemlerinin tasarımı, analizler ve simülasyonlarla desteklenerek yapılmakta, bu konuda uluslararası standartlarda güvenlik önlemlerinin alınabilmesi için ciddi ölçüde çaba sarf edilmektedir. Acil durum havalandırma sistemlerinin tasarımında aranan temel unsurlar şu şekilde ifade edilebilir [1].

1. Yangın anında, dumanın kontrol altına alınması ve insan tahliyesi için güvenli bir güzergâh oluşturulması
2. Tünel yapılarında, yangın bölgesinde, Kritik Hız'ı sağlamaya yetecek kadar taze havanın sağlanması
3. Tam kapasite ile çalışma noktasına 180 saniye içerisinde ulaşabilmeli
4. Yangın esnasında, havalandırma bacaları arasında bulunabilecek en fazla aracı göz önüne alması
5. Gerekli havalandırma miktarını, güvenli bölge gereksiniminden kısa olmamak kaydı ile en az 1 saat sağlayabilmesi.

Acil durum havalandırma sistemlerinin kapasitesi, özellikle yukarıda bahsi geçen unsurlardan ikinci maddede belirtilen kritik hız kavramına göre tespit dilmektedir. Kritik Hız, tanım olarak, dumanın havalandırma yönünde hareket etmesini sağlayabilecek ve havalandırma yönüne ters yönde meyil etmesine engel olabilecek en düşük havalandırma hızı olarak ifade edilebilir [2, 3]. Metro tünellerinde araç yangını senaryolarında, yüksek uzunluk/hidrolik çap oranları sayesinde tek boyutlu akış çözen yazılımlar kullanılmakta ve havalandırma hızının kritik hızla kıyaslanması mümkün olmaktadır [4]. Kritik Hız kavramının geçerli olmadığı, duman hareketlerinin üç boyutlu olduğu istasyon yangınlarında ise, üç boyutlu Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) simülasyonları [5, 6] ile duman hareketleri tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Tüm mühendislik hesaplamalarının ve bilgisayar destekli analiz çalışmalarının yanında, metro sistemlerinin yangın güvenliği açısından tasarlanması ve değerlendirilmesi aşamasında, ulusal ve uluslararası standart ve kodlardan faydalanılmaktadır. NFPA 130, metro sistemlerinin acil durum havalandırması ve yangın güvenliği açısından değerlendirilmesinde, dünyada bir çok projede ve ülkemizdeki projelerin neredeyse tamamına yakınında, standart dokümanlardan bir tanesi olarak kullanılmaktadır.

NFPA 130, yangın bölgesinde sağlanması gereken ortam koşullarına, havalandırma sisteminin kapasitesine, yangın açısından değerlendirilen bölgenin kaçış

olanaklarının detaylarına ve yangınla mücadele gereksinimlerine ilişkin doğrudan ya da dolaylı ifadelerle yönlendirmelerde bulunmakta ve standartları belirlemektedir. Bu açıdan, metro sistemlerinin tasarımında vazgeçilmez bir kaynak durumunda olmasına rağmen, doğru yorumlanmadığı takdirde, projenin maliyeti açısından ve teknik yeterlilikler konusunda aşılması güç problemlere sebep olmaktadır. Bu problemlerin başlıcaları;

- Çok yüksek inşaat maliyetlerinin oluşabilmesi
- Yeterli inşaat sahasının bulunmadığı durumlarda mekan probleminin yaşanması
- Çok yüksek yangından korunma sistemi gereksinimi
- Çok yüksek acil durum havalandırma sistemi kapasitesinin oluşması

şeklinde listelenebilir. Bu problemlerin çözümünün yine NFPA 130 içerisinde tarif edildiğinin bilinmesi, NFPA 130'dan en iyi şekilde faydalanılmasını sağlayabilmektedir. Mühendislik hesapları ve analizlerin yapılması, NFPA 130'a uyumlu projelerin daha az teknik problemle ve daha düşük bütçelerle hayata geçirilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu makalede, NFPA 130'un standart olarak kabul edildiği Varşova Metrosu tasarım çalışmasında uygulanan "insan tahliyesi ve yangın simülasyonlarının birlikte kullanımı" yaklaşımına yakından bakılacak ve farklı metro sistemi tasarımlarında NFPA 130'a uyumlu ve teknik çelişkilerin önüne geçebilen uygulamaların sonuçlarına değinilecektir.

Makalenin ikinci bölümünde metro istasyonlarında acil durum havalandırmasındaki genel uygulama esaslarına değinilecektir. Bir sonraki bölümde, NFPA 130'un metro istasyonlarının yangın durumundaki güvenliğine referans veren maddelerine göz atılacak ve bu maddelerin yorumlaması yapılacaktır. Dördüncü bölümde, NFPA 130 maddelerinden yola çıkılarak tasarlanan Varşova Metro Hattı istasyonlarından bir tanesi, hem insan tahliyesi hem de havalandırma açısından incelenecek, proje tasarımında uygulanan yaklaşım, detayları ile anlatılacaktır.

Makale**2. METRO İSTASYONLARININ ARAÇ YANGINI DURUMUNDA HAVALANDIRILMASI**

Metro sistemlerinde araç yangını iki temel durum için değerlendirilir. İlk durum metro treni yangınının, araç tünel içerisinde iken fark edilmesi ve aracın bir sonraki istasyona kadar ulaştırılması durumudur. Yangının tünelde fark edildiği durumlarda, araç hareket edebilir vaziyette ise, istasyona kadar ulaştırılması sağlanır. Bu sayede hem insan tahliyesinin hem de yangına müdahalenin daha güvenli şekilde yapılabilmesi amaçlanır. Diğer taraftan, yanmakta olan aracın, kendi kendine hareket etme becerisini yitirmesi durumunda, araç tünelde kalarak yanmaya devam eder. Bu durumda hem insan tahliyesi hem de yangına müdahalenin tünel içerisinde yapılması gerekecektir. Bu çalışmada, aracın yangına rağmen istasyona getirilebildiği durum değerlendirilecek ve bu durum “istasyon içi araç yangını” olarak isimlendirilecektir.

İstasyon içi araç yangınlarında, acil durum havalandırma sisteminin dumanı kontrol altına alması beklenir. Bu sayede, peron ve araçlardaki yolcuların, güvenli bir şekilde tahliye edilmesi amaçlanır. Ülkemizdeki metro sistemlerinin tasarımları aşamasında, acil durum havalandırma sistemlerinin ve istasyon kaçış olanaklarının yeterlilikleri, NFPA 130’un yangın anında perondaki yolcuların 4 dakikada peronu boşaltacak şekilde tasarlanması gerektiğini belirten maddesine göre sorgulanmaktadır. Ancak, NFPA 130’daki kaçış yolu ve acil durum sistemlerinin kapasitelerine ilişkin ifadelerin, tam olarak ve doğru şekilde değerlendirilmesi, maliyeti artıran ve projelerde uygulanabilirlik problemi yaratan birçok ek önlemin ortadan kaldırılmasına yardımcı olabilmektedir.

NFPA 130’daki yangın anında peronun 4 dakikada boşaltılabilmesi gerekliliğini belirten ifadeye uyan bir istasyon tasarımı;

- Yüksek maliyetli yangın ayırıcı bölmelerle güvenli bölgeler oluşturma,

- Yangına dayanıklı kapılarla, peron katını bağlantı tünellerinden ayırma,
- Kaçış yolu olanaklarını artırmak adına mimari tasarımlarda değişikliğe gidilmesi,

gibi unsurlarla desteklenmek durumundadır. Ancak NFPA 130’un istasyon yangınları için geçerli diğer ifadelerine başvurulduğunda, NFPA 130’a tamamen uyumlu bir tasarım için, yukarıda bahsi geçen önlem ya da değişikliklerin bir çoğuna gerek kalmadığı görülecektir.

Varşova Metro Hattı’nda, insan tahliyesi simülasyonları, CFD yangın simülasyonları ve NFPA 130’un ilgili maddeleri bir arada kullanılmış, bu sayede istasyonların güvenli bir şekilde ve NFPA 130’a tamamen uygun olarak tasarlanabilmesi başarılmıştır.

3. NFPA 130’DA İNSAN TAHLİYESİ VE ACİL DURUM HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ

Ülkemizde daha önce yapılmış ve halen yapımı devam etmekte olan metro sistemlerinin neredeyse tamamında yerel idareler tarafından hazırlanmış şartnameler, NFPA standartlarına uyumluluğu zorunlu kılmaktadır. Metro sistemleri için, yangın ve can güvenliği önlemleri, yangın kaçış olanakları ve acil durum havalandırma sistemleri gibi birçok konu NFPA 130 yardımı ile çözümlenmekte, tasarımlar bu standarda uygun şekilde yapılmaktadır.

NFPA dokümanlarının yorumlanmasında en önemli hususlardan biri, bu dokümanlardaki zorunluluk ve tavsiye niteliğindeki ifadelerin birbirlerinden dikkatle ayrılmasıdır. Bunun yanında, NFPA standartları, mühendislik analizleri ve hesaplamaları ile ispatlanabildiği sürece, yine kendi kapsamında yapılmasını öngördüğü, tavsiye ettiği ya da zorunlu kıldığı uygulamaların değişikliğine ve yeniden değerlendirilmesine izin verir ve daha önemlisi bu yönde teşvik edicidir.

Bu bölümde, metro sistemlerinin acil durum havalandırması ve insan tahliyesi olanaklarını düzenleyen NFPA 130 maddelerine göz atılacak ve bu maddelerin hali hazırda yorumlanışına değinilecektir.

3.1. NFPA 130'da Kaçış Yolu Olanakları

NFPA 130-5.5.1.1: Bir istasyon için çıkış olanakları tasarımı, tren/trenlerdeki ve istasyonda bulunan insanların "güvenli bir bölgeye" tahliye edilmesini gerektirecek acil durum koşulları temel alınarak yapılmalıdır.

NFPA 130-5.5.1.3 Alternatif Çıkış Yolları: Her istasyon platformu için bir birinden uzak en az iki adet çıkış yolu olanağı sağlanmalıdır.

Temel olarak yukarıdaki iki madde, ve NFPA 130'da kaçış yolu olanaklarını detaylandıran diğer maddeler ile, bir istasyonda kaçış yolu olanaklarından kastedilen unsurlar ve kaçış yolu olanağı olarak değerlendirilebilecek yapılar açıkça tarif edilmektedir. Tarif edilen kaçış yolu olanaklarının, acil durumda istasyonun tahliyesi açısından yeterliliği ise, bu olanaklar ya da istasyonların kendileri için yapılmış yeterlilik tarifleri üzerinden sorgulanmaktadır.

Bir istasyonda, peronun ve tüm istasyonun acil durumda tahliye edilmesi için sahip olması gereken kaçış yolu olanakları, nicelik olarak aşağıdaki ifadelerle tarif edilmiştir.

NFPA 130-5.5.6.1: Madde 5.5.5.6'da tarif edilen platform yolcu yükünün, istasyon platformundan 4 dakikada ya da daha kısa bir sürede tahliye edilebilmesi için gerekli kaçış yolu kapasitesinin sağlanması gerekmektedir.

Bu maddede bahsi geçen 5.5.5.6 maddesi, platform yolcu yükünün hesaplanmasına ilişkin detayları tarif eden maddelerden biridir.

NFPA 130-5.5.6.2: İstasyonun kendisi de, perondaki en uzak noktadan güvenli bir noktaya kadar tahliyenin 6 dakikada ya da daha kısa bir sürede yapılabilmesine olanak tanıyacak şekilde tasarlanmalıdır.

NFPA 130'un platformun ve istasyonun boşaltılması sürelerine ilişkin bu maddeleri, metro sistemlerinin neredeyse tamamının tasarım sürecinde ilk olarak göz önünde bulundurulmuş maddelerdir. Bu maddelerde belirtilen süre kısıtlamalarının sağlanamadığı

durumlarda ise, projenin en başında tasarımlarda büyük değişikliklere gidilmekte ya da mimari/inşaat açısından teknik imkansızlıkların olduğu durumlarda, güvenli alanlar tanımlamak için yüksek maliyetli ve işletme karmaşasına sebep olan, peron ayırıcı kapılar, yangın kapıları, yangın perdeleri gibi istasyon içi ekipmana dayalı önlemler alınmaktadır.

3.2. NFPA 130'da Acil Durum Havalandırma Sistemleri

Acil durum havalandırma sistemleri, tünel ve istasyon yangınlarında dumanın istenen yöne hareketlendirilebilmesini ve ters katmanlaşma olmadan bu yönde süpürülebilmesini sağlamalıdır. Acil durum havalandırma sistemleri için öngörülen bu yeterliliklerin temeli aşağıdaki NFPA 130 maddesidir ve çift yönlü havalandırma imkanının sağlanmasına yönelik bir ifadedir.

NFPA 130-7.3.1: Yangın durumunda kullanılmak için tasarlanan havalandırma sistemi fanları, gerekli havalandırma ihtiyacına cevap verebilmek için, tünel havasını her iki tarafa da yönlendirebilecek kapasitede olmalıdır.

Yukarıda sunulan NFPA 130 maddesi de, tünel ve istasyonlarda, yangın durumunda acil durum fanlarının, uygun bir senaryo eşliğinde devreye alınması ve dumanın tek yönde hareketinin sağlanması gerektiği yönünde yorumlanarak uygulamaya geçirilmektedir. Bu maddeye ek olarak, acil durum havalandırma sisteminin tepki sürelerine ilişkin aşağıdaki NFPA 130 maddesi, araç yangını esnasında, fanların en kısa sürede devreye girmesi gerektiği ve dumanın tek yönde süpürülmesi gerektiği yönünde yorumlanmaktadır.

NFPA 130-7.3.1.1: Her bir acil durum havalandırma fan motoru, durma konumundan tam devir değerine 30 saniyeden uzun olmayan bir sürede; değişken devirli motorlar içinse 60 saniyeden uzun olmayan bir sürede ulaşabilmelidir.

Kaçış yolu olanakları ve acil durum havalandırma sistemlerine ilişkin NFPA 130 maddeleri dikkate alınarak metro sistemlerinin tünel ve istasyonlarının

Makale

tasarımları gerçekleştirilmekte ve yangın güvenliği açısından standartlara uygun projelere imza atılabilmektedir. Ancak, bu makaleye konu olan Varşova Metrosu örneğindeki gibi, yapısal olarak küçük ancak yüksek yolcu yükü beklenen ve havalandırma sistemleri açısından alışılmalı dışında, asimetrik yapılara sahip olan istasyonlarda, NFPA 130'un yukarıda bahsedilen maddelerinden daha fazlasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda, NFPA 130'un çoğu zaman dikkatlerden kaçan ancak gerçekte doğru ve güvenli projelerin yapılabilmesine olanak tanıyan hükümlerine de göz atmak gerekmektedir. Bu sayede, mevcut mühendislik araçlarının ve yeni gelişmekte olan simülasyon ve modelleme yazılımlarının yardımı ile, NFPA 130'a tam uyumlu ve teknik çeliőikleri ortadan kaldıracıken tasarımlar yapmak mümkün olabilmektedir.

Varşova Metrosu tasarımında, NFPA 130'un, tasarımcıyı "mühendislik hesaplamaları ve analizlere" yönlendiren aşağıdaki basit ifadesinden yola çıkılmıő, son yıllarda yaygınlaőmaya başlayan "insan tahliyesi simülasyonu" yapan yazılımlardan faydalanılmıő ve bu simülasyonlardan elde edilen sonuçlar üç boyutlu CFD analizlerinin sonuçları ile birlikte kullanılmıştır.

NFPA 130-5.5.6.1.2: Yangın yükü, istasyon geometrisi ve acil durum havalandırma sistemlerinin hesaba katıldığı mühendislik analizlerine dayandırılarak, insan tahliye süresi ve yürüme mesafesi değerlerinde değişiklik yapılabilir.

Yukarıdaki NFPA 130 maddesi ışığında, acil durum insan tahliyesinin 4 dakikanın çok üzerine çıktığı bir istasyonda, tüm istasyon geometrisini deėiőtirmek ya da yüksek maliyetli önlemler almak zorunda kalmadan, NFPA 130'a tam uyumlu bir tasarım yapılması mümkün olmuőtur.

4. ÖRNEK DURUM: VARŞOVA METROSU, POWISLE İSTASYONU

4.1. Sistem Tanımı

Powisle İstasyonu, Varşova Metro Sistemi-2. Hat üzerinde yapıımı planlanan ara istasyonlardan bir tanesidir. Sağında ve solunda tünellerle komőu istasyonlara bağlanan bir yeraltı istasyonudur.

Türkiye'de yaygın olarak tercih edilen simetrik havalandırma yapılarından farklı olarak Powisle İstasyonu'nun sadece doėu tarafında havalandırma bacaları ve acil durum havalandırma fanları bulunmaktadır. Diėer taraftan, yine ülkemizdeki uygulamalardan farklı olarak, istasyonları bağlayan tüneller üzerinde havalandırma bacaları ve acil durum havalandırma sistemleri bulunmaktadır. İstasyonun, acil durum havalandırma sistemleri açısından asimetrik durumu, ülkemizdeki metro sistemlerinde sıkça uygulanan, "en kritik senaryo"nun belirlenmesi ve sistem kapasitesinin buna göre sečilmesi yaklaşımını yetersiz kılmaktadır.

Powisle İstasyonu için, yerel idare tarafından öngörülen yolcu yükü 3.600 kiőidir. Bu sayı, bir yangın anında perondan ve trenlerden tahliye edilmesi gereken insan yükünü ifade etmektedir. NFPA 130 EK dokümanlarında tarif edilen tahliye hesap yöntemleri ile yolcuların tamamının, yangın anından itibaren 10 dakikanın üzerinde bir sürede tahliye edilebileceği hesaplanmıőtır. Bu durumda temel yaklaşım, tahliye süresini kısaltmaya yönelik önlemlerin alınması (merdiven sayılarının artırılması, merdiven genişliklerinin artırılması, vb.) ya da peron üzerinde "güvenli bölgeler"in oluőturulmasına yönelik yapısal değişikliklerin uygulanması yönündedir. Ancak, Varşova Metrosu tasarım sürecinde bu olasılıklar deėerlendirilmemiő ve detaylı insan tahliyesi simülasyonları ile NFPA 130'a uygunluk sorgulanmıőtır.

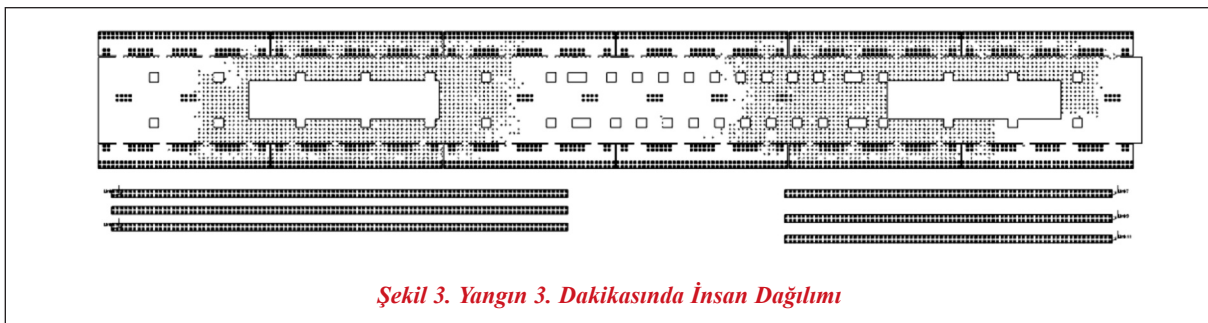
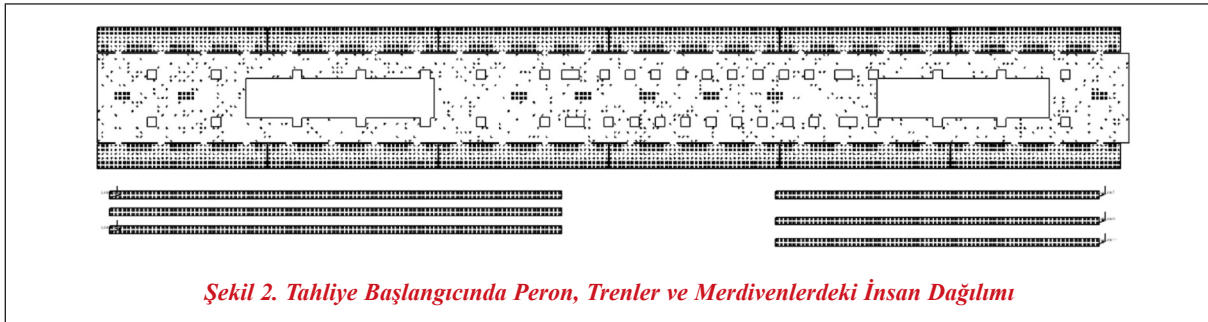
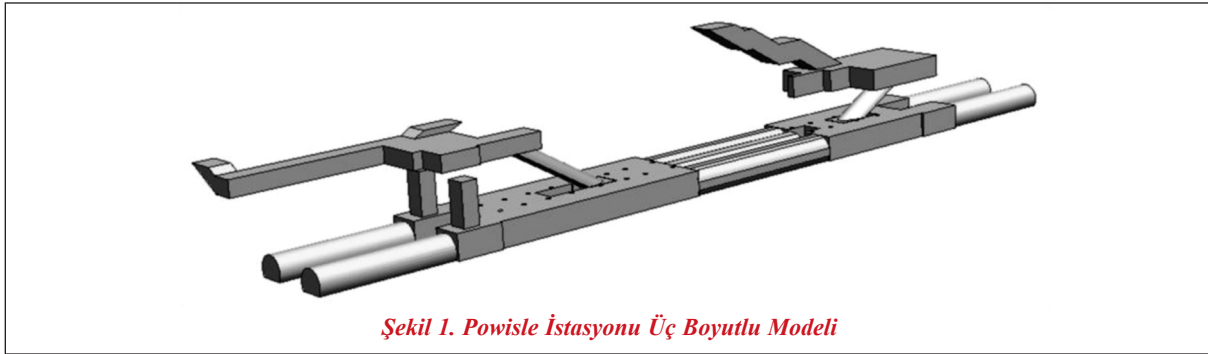
4.2. İnsan Tahliyesi Simülasyonları

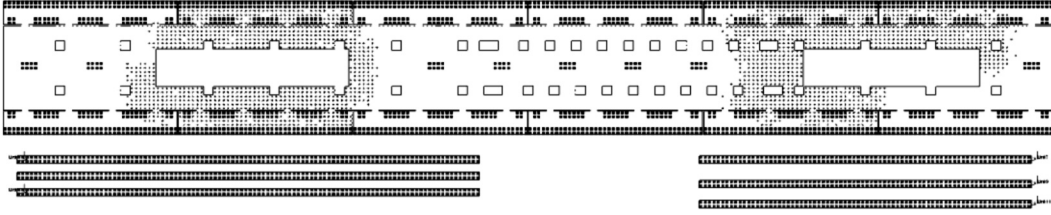
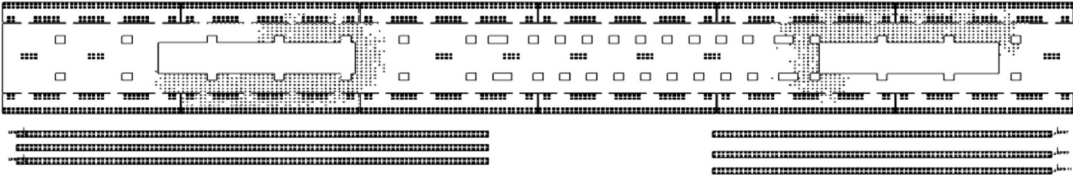
Varşova Metrosu istasyonlarında acil durum havalandırma sistemlerinin kapasitelerinin belirlenmesinde ve istasyon mimarilerinin yangın ve can güvenliği açısından NFPA 130'a uygunluklarının denetlenmesinde CFD ve insan tahliyesi simülasyonları birlikte kullanılmıştır. İnsan tahliyesi simülasyonları, son yıllarda, alış-veriő merkezleri, hastaneler, stadyumlar, gemiler ve istasyonlar gibi çok sayıda insanın bir arada bulunduğu kapalı ve açık mekanların kaçış yolu olanaklarının değerlendirilmesinde kullanılmaya baőlamıőtır. Bu sayede tasarımcılar, mekanların kaçış yolu olanaklarını ve genel mimari yapısını, ulusal ve uluslararası standartlara uygun şekilde tasarlayabilmektedir.

İnsan tahliyesi simülasyonlarında sıkça başvurulan yazılımlar, Thunderhead Engineering tarafından geliştirilen Pathfinder, Greenwich Üniversitesi Yangın Güvenliği Mühendisliği Grubu tarafından geliştirilen Building EXODUS, ve açık kaynak kodu ile FDS + evac yazılımlarıdır. Varşova Metro su istasyonlarının tasarımlarında Building EXODUS yazılımı kullanılmış ve sonuçlar CFDesign 2011 yazılımından elde edilen duman ve sıcaklık dağılımı sonuçları ile karşılaştırılmıştır. İstasyon geometrisi Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1’de görüldüğü gibi, Powisle İstasyonu’nda, peron katını bilet holü katına bağlayan iki adet yolcu merdiveni bulunmaktadır. Bu merdivenler, NFPA 130’da tarif edilen “en az iki adet birbirinden uzak

kaçış yolu” gereksinimini karşılamaktadır. Ancak, 3.600 kişilik istasyon yolcu yükü ile NFPA 130’da tarif edilen hesaplama yöntemleri uygulandığında, toplam tahliye süresinin 8 dakikanın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu süre, tahliye işlemlerinin yangının 2. dakikasında başladığı kabul edildiğinde, yangının 10. dakikasında peronda insanların bulunduğunu işaret etmektedir. Bu sonuç, peron tahliye süresinin 4 dakika ya da daha kısa olması gerektiğini belirten NFPA 130 maddesine uyum göstermektedir. Bu aşamada, Powisle İstasyonu için insan tahliyesi simülasyonları yapılmış ve acil durum kaçış anında perondaki insan dağılımının elde edilmesi amaçlanmıştır. Şekil 2, 3, 4, 5 ve 6’da, farklı zamanlarda peronda elde edilen insan dağılımları gösterilmektedir.



Makale**Şekil 4. Yangın 5. Dakikasında İnsan Dağılımı****Şekil 5. Yangın 7. Dakikasında İnsan Dağılımı****Şekil 6. Yangın 10. Dakikasında İnsan Dağılımı**

Peronun tahliyesinin 4 dakikadan uzun sürmesi, istasyon tasarımının NFPA 130'a uyumlu olmadığına karar vermek için yeterli değildir. NFPA 130, madde 5.5.6.1.2'ye göre, peron tahliye süreleri, tahliye süresince güvenliğin sağlanabildiği mühendislik analizleri ve hesaplamaları ile desteklenerek değiştirilebilir. Bu durumda, elde edilen insan dağılımları ile aynı senaryoda oluşan sıcak hava ve duman dağılımlarının karşılaştırılması, istasyon tasarımının doğru şekilde değerlendirilebilmesine olanak tanıyacaktır.

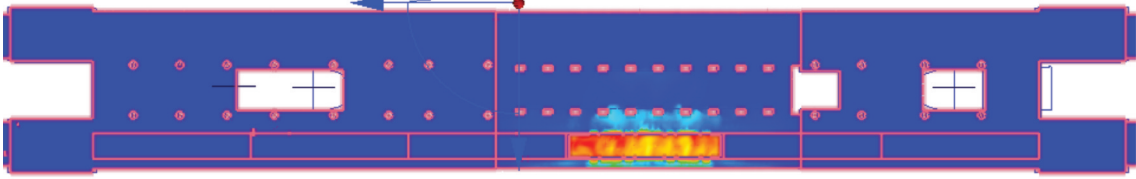
4.3. Üç Boyutlu CFD Yangın Simülasyonları

Üç boyutlu yangın simülasyonları, kapalı mekanlarda meydana gelebilecek yangın durumlarında, dumanın ve sıcak havanın mekan içerisindeki dağılımını hesaplamakta ve gerekli önlemler için alt yapı oluşturmakta başvurulan yöntemlerdir. Bu makalede, yangının üç boyutlu olarak modellenmesi ve

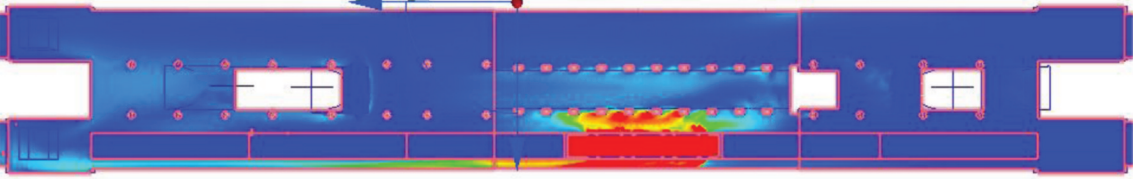
simüle edilmesinin detaylarına girilmeyecek ancak üç boyutlu duman ve sıcaklık dağılımlarının, insan tahliyesi simülasyonları ile birlikte kullanımına değinilecektir. Söz konusu çalışmada, simülasyon programı olarak, Autodesk firmasının CFDDesign 2011 programı kullanılmıştır.

Powisle İstasyonu'nun asimetrik havalandırma sistem yapısı, istasyon üzerindeki en kritik bölgede yangın senaryosu oluşturma yaklaşımını geçersiz kılmıştır. Bu nedenle, istasyon üzerinde sanal bir "havalandırma stratejisi değiştirme" çizgisi oluşturulmuş, istasyondaki yangının konumuna göre havalandırma yönü tayin edilmiştir. Bu makalede, duman ve sıcaklık dağılımı sonuçları açısından daha kritik olan batı bölgesi yangını sonuçları sunulmuştur.

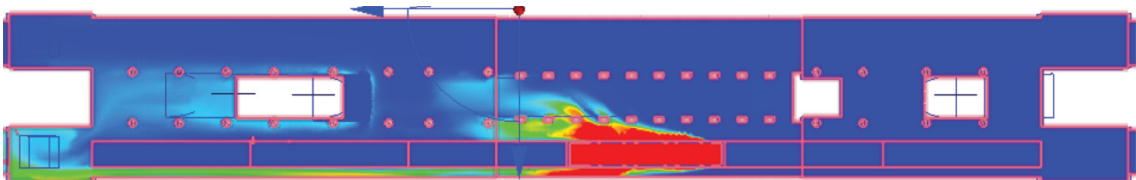
Şekil 7, 8, 9, 10 ve 11'de, insan dağılımı sonuçları-



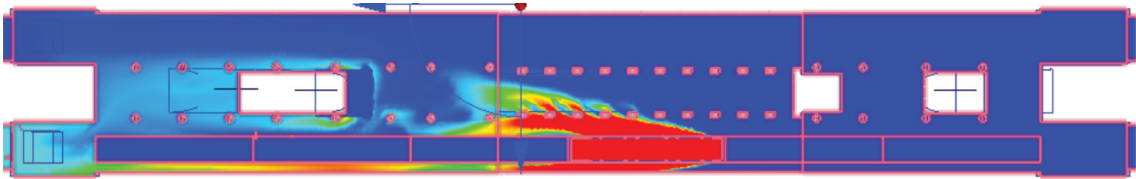
Şekil 7. Yangın 2. Dakikası Sıcaklık Dağılımı



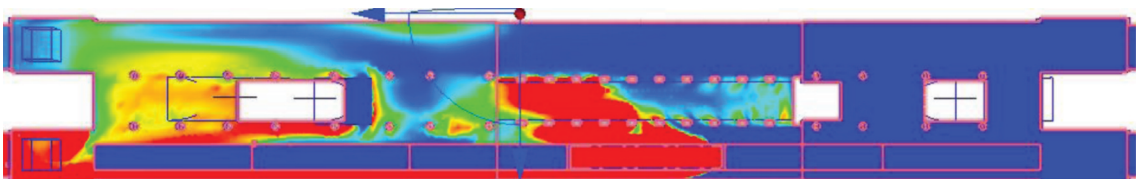
Şekil 8. Yangın 3. Dakikası Sıcaklık Dağılımı



Şekil 9. Yangın 5. Dakikası Sıcaklık Dağılımı



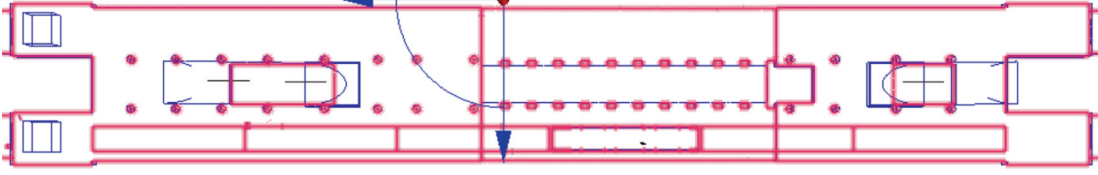
Şekil 10. Yangın 7. Dakikası Sıcaklık Dağılımı



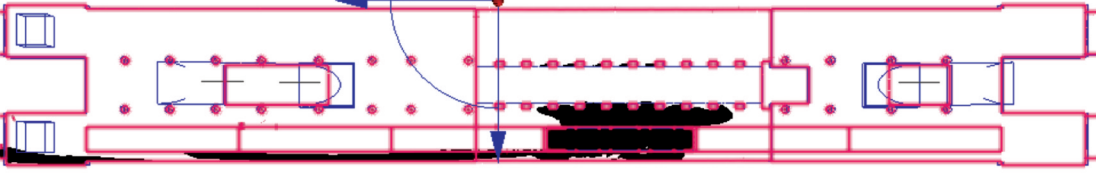
Şekil 11. Yangın 10. Dakikası Sıcaklık Dağılımı

nın verildiği anlar için sıcaklık dağılımları verilmiştir. Şekil 12, 13, 14 ve 15 ve 16'da ise görüş mesafesi dağılımları gösterilmektedir. Görüş mesafesi ve

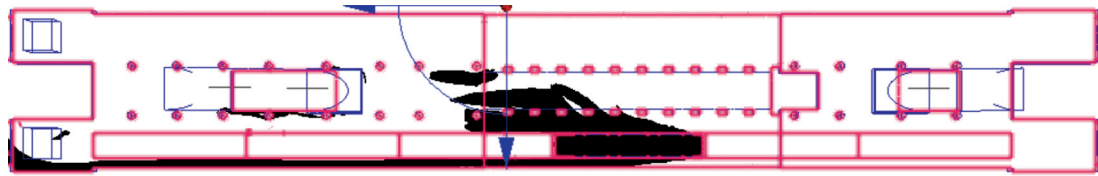
sıcaklık dağılımları peron seviyesinden 1,8 metre yükseklikte verilmiştir.

Makale

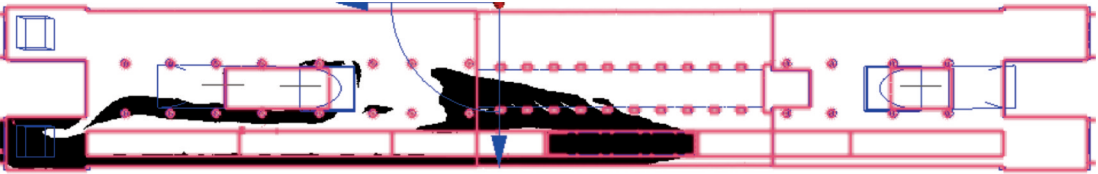
Şekil 12. Yangın 2. Dakikası Görüş Mesafesi Dağılımı



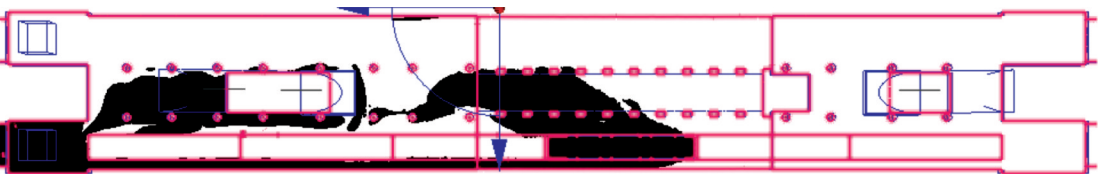
Şekil 13. Yangın 3. Dakikası Görüş Mesafesi Dağılımı



Şekil 14. Yangın 5. Dakikası Görüş Mesafesi Dağılımı



Şekil 15. Yangın 7. Dakikası Görüş Mesafesi Dağılımı



Şekil 16. Yangın 10. Dakikası Görüş Mesafesi Dağılımı

Yaygın olarak başvuru olan yöntemle değerlendirildiğinde, yangının 7. ve 10. dakikalarında, görüş mesafesinin ve sıcaklık değerlerinin, perondaki yolcular için kritik seviyelere ulaştığı ve tahliyenin gerektiği şekilde yapılamadığı yorumlanacaktır. Bu durumda, NFPA 130'da tarif edilen şekliyle, peronun 4 dakikadan kısa sürede tahliye edilmemesi, istasyon kaçış yapılarının ve genel mimarinin değişikliği ile sonuçlanacaktır. Ancak, insan tahliyesi simülasyonları ile elde edilen insan dağılımı sonuçları ile görüş mesafesi ve sıcaklık dağılımları sonuçları birlikte değerlendirildiğinde çok farklı bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Şekil 17, 18 ve 19'da, yangının 7. dakikasındaki insan, sıcaklık ve görüş mesafesi dağılımları birlikte verilmiştir.

Şekil 17, 18 ve 19 birlikte değerlendirildiğinde, el hesabı ile yapılan tahliye öngörülerini ve CFD çalışmalarından elde sonuçların, bazı durumlarda, istasyonun yangın güvenliği açısından gerçek performan-

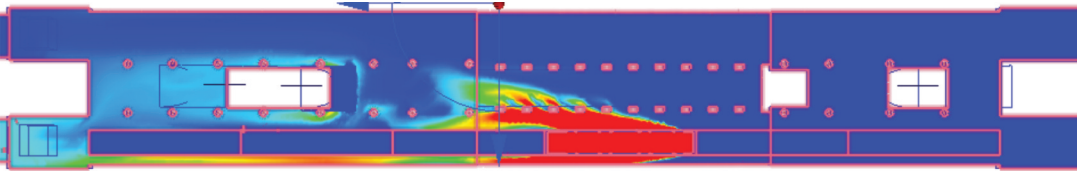
sının değerlendirilmesinde yeterli olmadığı görülmektedir. El hesabı ile elde edilen toplam tahliye süresi, tahliye boyunca peron üzerinde nasıl bir insan dağılımı olduğu hakkında bilgi vermemektedir. Dolayısı ile, peron üzerinde herhangi bir noktada, tahliye tamamlanmadan önce, duman ve sıcaklık değerlerinin limit değerlerin üzerine çıkması, istasyonun performans açısından yetersiz kaldığı yönünde yorumlanmaktadır. Oysa, insan tahliyesi simülasyonları, duman ve sıcaklık açısından limit değerlerin aşıldığı noktalarda yolcu bulunup bulunmadığını net bir şekilde gösterebilmektedir. Bu senaryoda da, duman ve sıcaklık değerlerinin limit değeri aştığı bölgelerde yolcu bulunmadığı ve aslında istasyonun NFPA 130 açısından gerekli kriterleri sağladığı görülmektedir.

SONUÇ

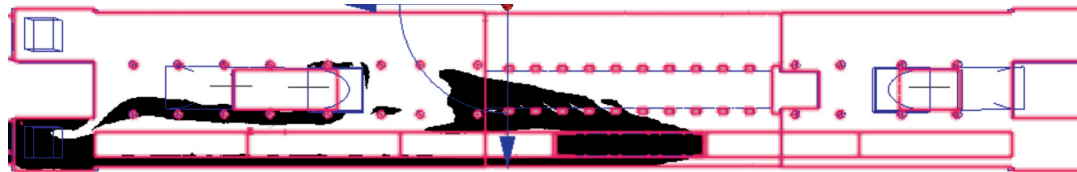
Varşova Metro Hattı istasyonlarından Powisle İstasyonu tasarımı, yangın performansı ve NFPA 130



Şekil 17. Yangın 7. Dakikası İnsan Dağılımı



Şekil 18. Yangın 7. Dakikası Sıcaklık Dağılımı



Şekil 19. Yangın 7. Dakikası Görüş Mesafesi Dağılımı

Makale

açısından değerlendirilmiştir. Çalışmada, peron tahliye sürelerinin elle hesaplanması durumunda elde edilen sonuçların, istasyonun performansı hakkında yeterli bilgiyi vermediği sonucu çıkarılmıştır. CFD ve insan tahliyesi simülasyonlarının birlikte kullanılmasının, istasyonların yangın durumundaki güvenlik performanslarının doğru olarak değerlendirilmesini sağladığı görülmüştür. Bulgular aşağıda listelenmiştir.

- Türkiye’de ve yurt dışında bir çok metro projesinde, yerel şartnamelere ek olarak uluslararası standartlardan faydalanılmaktadır. NFPA 130 bu standartlar içerisinde en çok başvurulan dokümandır.
- NFPA 130’da, perondan insan tahliyesi süresi üst sınırı olarak 4 dakika belirtilmiştir. Birçok projede, istasyon tasarımı bu sınırlamaya göre yapılmaktadır. Çoğu zaman bu kriterin sağlanabilmesi için ciddi düzenlemeler ve yüksek maliyetli ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır.
- NFPA 130, insan tahliyesi sürelerinin, istasyon performansını açıklayan mühendislik hesapları ve analizlerle desteklendiği sürece, artırılabilirliğini belirtmektedir.
- CFD çalışmaları, istasyonda duman ve sıcak hava hareketlerini üç boyutlu olarak elde etmekte kullanılmaktadır. Ancak, el hesabı ile elde edilen tahliye süreleri ile CFD sonuçları bir arada kullanıldığında bile, istasyon hakkında yeterli bilgi elde edilememektedir. Bunun sebebi, tahliye süreleri için kullanılan hesaplamaların, perondaki yolcu dağılımı hakkında bilgi vermiyor olmasıdır.
- Son yıllarda hastane, stadyum, otel, alışveriş merkezleri, gemiler, uçaklar ve istasyonlarda kullanılmaya başlayan yolcu tahliyesi yazılımları, insanların toplu olarak bulunduğu mekanların tahliyesi hakkında çok kıymetli veriler türetebilmektedir. Geliştirilmiş ve geliştirilmekte olan tahliye simülasyon yazılımları sayesinde, perondan insan tahliyesi boyunca yolcuların peron üzerindeki dağılımını elde etmek mümkündür.
- Varşova örneğinde olduğu gibi, el hesabı ve CFD sonuçları ile “yetersiz” olarak değerlendirilebile-

cek Powisle İstasyonu, insan tahliyesi simülasyonları sonucunda NFPA 130 ve yerel teknik şartnameler açısından “yeterli” olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

- Ülkemizde de, insan tahliyesi simülasyonlarının kullanımının yaygınlaşması, hem ekonomik tasarımlara imkan tanıyacak, hem de tahliye yollarındaki darboğazların ve gözden kaçan tehlikelerin daha kolay tespit edilmesini mümkün kılacaktır.
- Yangın anında, yüksek tünel kesitlerinde, acil durum havalandırma sisteminin gecikmeli olarak devreye girmesi ve dumanın doğal hareketi ile tünelin tavan kısmında toplanması, insan tahliyesi açısından olumlu sonuçlar verebilmektedir. İlerleyen dönemde, tünel yangınlarında havalandırma sisteminin geciktirilerek devreye alınmasına ilişkin devam etmekte olan CFD çalışmalarının sonuçları da raporlanarak literatüre sunulacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] NFPA, NFPA 130-Standard for Fixed Guideway Transit System, National Fire Protection Association, 2010.
- [2] Kennedy, W. D., Gonzales, J. A., Sanchez, J. G., “Derivation and Application of the SES Critical Velocity Equations”, ASHRAE Transactions, 3983.
- [3] Atkinson, G. T., Wu, Y., “Smoke Control in Sloping Tunnels”, Fire Safety Journal v 27, 1996, p 335-341
- [4] Subway Environmental Design Handbook, V. 1, Principles and Applications, 2nd Ed., U. S. Department of Transportation, 1976
- [5] Floyd, J. E., McGrattan, K.B., Hostikka, S., Baum, H. R., “CFD Fire Simulation Using Mixture Fraction Combustion and Finite Volume Radiative Heat Transfer”, Journal of Fire Protection Engineering, 2003.
- [6] Olenick, S. M., Carpenter, D. J., “An Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke”, Journal of Fire Protection Engineering, 2003.