

FIRE DYNAMICS SIMULATOR PROGRAMIYLA YER ALTI TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİ İSTASYONLARINDA YANGIN VE HAVALANDIRMA SİMÜLASYONU

Serkan KAYILI*

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü G-11806531 Ankara
kayili@metu.edu.tr

O. Cahit ERALP**

Prof. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü
G-10806531 Ankara

ÖZET

Yer altı toplu taşıma sisteminde oluşan bir tren yangınında yangın ve duman yayılımının sayısal simülasyonu, sonuçların değerlendirilmesi ve en iyi kaçış stratejisinin belirlenmesinde faydalı bir araç olarak kullanılmaktadır. Bir istasyon yangınında acil durum havalandırma sistemi ısıyı, dumanı ve yanmadan oluşan zehirli atıkları kaçış yönünden uzaklaştırarak istasyondan tehlikesiz bir bölgeye güvenli bir kaçışı garanti edecek yeterlilikte olmalıdır. Son yıllarda, acil havalandırma sistemlerinin performansının değerlendirilmesinde araç olarak Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği kullanılmaktadır. Bu çalışmada yeraltı toplu taşıma sistemindeki bir istasyonda, yangın güvenliği için özel olarak geliştirilmiş, "Fire Dynamics Simulator (FDS)" programı ile yangın simülasyonu yapılmıştır. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği simülasyonlarında karmaşık geometrilerdeki akış dağılımını gerçeğe daha yakın bir şekilde belirleyebilmek için üç boyutlu istasyon modelleri kullanılmıştır. Metro istasyonunda çıkan bir tren yangını simülasyonu için zamana bağlı akış analizi yapılmıştır. Zamana bağlı analizlerde NFPA 240M 'de belirtilen ısı yayılım hızları için "hızlı t^2 büyüme eğrisi" kullanılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar sıcaklık, hız, görüş mesafesi dağılımlarının kontur grafikleri ile verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yangın güvenliği, hesaplamalı akışkanlar dinamiği, yangın simülasyonu, istasyon yangını, acil durum havalandırması, yer altı toplu taşıma sistemi, FDS

Simulation of Fire and Ventilation in the Stations of Underground Transportation Systems With Fire Dynamics Simulator

ABSTRACT

Numerical simulation of fire and smoke propagation provides a useful tool when assessing the consequence and deciding on the best evacuation strategy in case of a train fire inside an underground transportation system. In a station fire the emergency ventilation system must be capable of removing the heat, smoke and toxic products of combustion from the evacuation routes, to ensure safe evacuation from the underground transportation system station to a safe location. In recent years Computational Fluid Dynamics has been successfully used as a tool to evaluate the performance of emergency ventilation systems. In this study, a well known code in the discipline, "The Fire Dynamics Simulator," specifically developed for fire simulation is used to simulate a fire incidence in underground transportation systems' stations. CFD simulations utilize three dimensional models of the station in order to achieve a more realistic representation of the flow physics within the complex geometry. A transient analysis is performed within a simulation of a train fire in the subway station. In transient analyses, a "fast t^2 growth curve" as shown in NFPA204 M is used to determine the heat release rate. The results of the studies are presented in contour plots of temperature, velocity and visibility distributions.

Keywords : Fire safety, computational fluid dynamics, fire simulation, station fire, emergency ventilation, underground transportation systems, FDS

* İletişim yazarı

Geliş tarihi : 23.06.2010
Kabul tarihi : 31.01.2011

** 27 Eylül 2010 tarihinde aramızdan ayrılan değerli hocamız O. Cahit ERALP'ı saygıyla ve özlemle anıyoruz.

GİRİŞ

Kentlerimizdeki nüfus yoğunluğundaki artış aynı zamanda trafik ve ulaşım problemlerini gündeme getirmiştir. Ulaşım ve trafik problemlerinin çözülmesi amacıyla ülkemizde yer altı raylı toplu taşıma sistemi projeleri ve inşaatları hız kazanmıştır. Yer altı toplu taşıma sistemlerinin (metroların) güvenli bir şekilde kullanabilmeleri için havalandırma sistemlerinin ayrıntılı ve dikkatli bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Havalandırma sistemleri, herhangi bir acil durumda insanlara güvenli bir kaçış yolu sağlayabilmeleri için, gerekli olan hava hızı değerini sağlamak zorundadır.

Bir istasyon yangınında acil durum havalandırma sistemi ısıyı, dumanı ve yanmadan oluşan zehirli atıkları kaçış yönünden uzaklaştırarak, istasyondan tehlikesiz bir bölgeye güvenli bir kaçışı garanti edecek yeterlilikte olmalıdır. Acil durum havalandırma sistemlerinin tasarımda dikkat edilmesi gereken kriterler NFPA-130 [1] standardında belirtilmiştir. Bunlar: (1) Havalandırma sistemi dumanı kaçış yollarından uzaklaştırarak insanlar için güvenli bir kaçış yolu sağlamak zorundadır. (2) Havalandırma sistemi, yolcuların ve personelin tahliye yolu boyunca hava sıcaklığının 50°C'den az olmasını sağlamalıdır. (3) Kapı ve duvarların görülebilmesi için minimum görüş mesafesinin 10 m olması gereklidir.

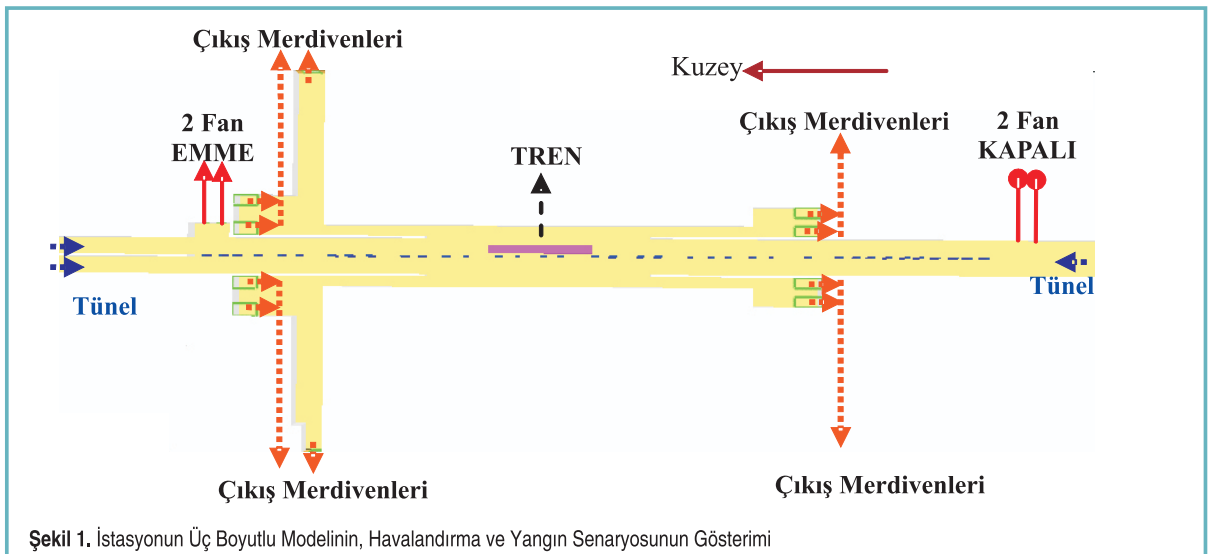
Yer altı toplu taşıma sistemlerinde oluşacak bir tren yangınında, yangın ve duman yayılımının sayısal simülasyonu, sonuçların değerlendirilmesi ve en iyi kaçış stratejisinin belirlenmesinde faydalı bir araç olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, acil havalandırma sistemlerinin performansının değerlendirilmesinde araç olarak Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği kullanılmaktadır. Bu çalışmada yer altı toplu taşıma sistemindeki bir

istasyonda, yangın güvenliği için özel olarak geliştirilmiş, Fire Dynamics Simulator (FDS) programı ile yangın simülasyonu yapılmıştır. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği simülasyonlarında karmaşık geometrilerdeki akış dağılımını gerçeğe daha yakın bir şekilde belirleyebilmek için üç boyutlu istasyon modelleri kullanılmıştır. Bu çalışmada, Polonya'nın Krakow şehrinde bulunan raylı toplu taşıma sistemine dahil olan bir istasyonda oluşabilecek bir tren yangın senaryosu yapılmıştır. Metro istasyonunda çıkan bir tren yangını simülasyonu için zamana bağlı bir analiz yapılmıştır. Zamana bağlı analizlerde NFPA 240M'de belirtilen ısı yayılım hızları için "hızlı t^2 büyüme eğrisi" kullanılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar; sıcaklık, hız ve görüş mesafesi dağılımları kontur grafikleri şeklinde verilmiştir.

SİSTEMİN TANITILMASI

Bu çalışmada, Krakow'un Yer Altı Hızlı Tranvay Sisteminde bulunan KCK istasyonunun acil durum havalandırma senaryosu incelenmiştir. Tünel ağı iki istasyon (KCK ve Polytechnika) ve bunları birbirine bağlayan üç tünelden oluşmaktadır. Tünel sistemi yaklaşık olarak 1.4 km boyundadır. Bu analizde kullanılan istasyonun platform boyu 55.5 m, genişliği 14.8 m ve yüksekliği 4.75 m'dir. İstasyonun FDS programında oluşturulan üç boyutlu model Şekil-1'de gösterilmektedir. İstasyonun iki ucunda ikişer adet olmak üzere toplam dört adet tünel havalandırma fanı öngörülmüştür. İstasyon çıkışlarından platforma dört adet rampa ile ulaşılmaktadır. İstasyonda toplamda 10 adet çıkış bulunmaktadır (Şekil 1).

Tünelde yapılan yangın simülasyonları sonucunda 80 m³/s kapasiteli toplam 4 adet tersinir fanın, istasyonun her iki tarafına yerleştirilmesi gerektiği Subway Environmental Simulation programı kullanılarak yapılan tünel yangın



Şekil 1. İstasyonun Üç Boyutlu Modelinin, Havalandırma ve Yangın Senaryosunun Gösterimi

simülasyon çalışmaları sonucunda belirlenmiştir[2]. Böylelikle, tünellerde oluşabilecek bir yangında ters katmanlaşmanın engellenmesi için gerekli hava hızı sağlanabilmiştir. Aynı fanlar istasyonda oluşabilecek bir yangında dumani ve sıcak gazları temizlemek için kullanılacaktır. Tünel acil durum havalandırma fanları emme ve basma durumunda çalışabilmelidir. Bu çalışmada istasyonun kuzey tarafındaki fanlar emme durumunda çalışırken diğer taraftaki fanlar kapalı olarak çalıştırılmıştır. Bu sonuç yapılan zamandan bağımsız analizler sonucunda en güvenli havalandırma senaryosu olarak seçilmiştir [3].

YANGIN GELİŞİM EĞRİSİ

Yangın, dört evreden oluşmaktadır. Yangın sırasıyla; tutuşma, büyüme, tam gelişmiş yangın ve sönme evrelerinden oluşmaktadır. Güvenli tahliye için yeterli sürenin elde edildiği yangın senaryosu, zamana bağlı yangın modeli kullanılarak çözülmüştür. Bu çalışmada, zamana bağlı yangın modelleri arasında en çok kabul gören, NFPA 204M'de tanımlanmış olan "alfa t² (α t²)" yangın modeli kullanılmıştır. Bu modele göre yangının büyüme evresinde, ısıl gücün zamanın karesiyle doğru orantılı olarak arttığı kabul edilmektedir. Sabit ısı gücüne ulaşana kadar geçen süre, yangının gelişme süresi olarak tanımlanmıştır. Yangın gelişme faktörleri çok hızlı gelişen (0.19 kW/s²), hızlı gelişen (0.047 kW/s²), orta hızda gelişen (0.012 kW/s²) ve yavaş hızda gelişen (0.003 kW/s²) olmak üzere dört farklı şekilde sınıflandırılmıştır [4].

Yapılan çalışmada istasyon içinde oluşabilecek bir tren yangınının, hızlı yangın gelişme faktörü kullanılarak yapılması uygun görülmüştür. Yangın başlamasından sonra, altı dakika boyunca istasyon içindeki duman, sıcaklık, hava hızı ve görüş mesafesi dağılımları incelenmiştir. Altı dakika istasyon platformunun yolculardan boşaltılması için gerekli olan ve NFPA-130 standardında belirtilen süredir. Bu süre boyunca

yangın yükünün zamana göre değişim grafiği Şekil 2'de verilmiştir.

FIRE DYNAMICS SIMULATOR PROGRAMI

Bu çalışmada yangın ve acil durum havalandırması simülasyonu yapmak için Fire Dynamics Simulator (FDS) programı kullanılmıştır. FDS, Amerikan Ulusal Standartlar ve Teknoloji Kurumu (NIST) tarafından geliştirilen yangın simülasyonları için özel olarak tasarlanmış bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımıdır. Bu yazılım, yangın sonucu oluşan hava hareketlerini, duman dağılımlarını ve sıcaklık dağılımlarını sayısal olarak çözebilmektedir. FDS, analiz sonuçlarının görüntülenebilmesi için "Smokeview" adında yardımcı bir programa ihtiyaç duyulmaktadır. FDS farklı zaman adımları için her hücredeki sıcaklık, özkütle, basınç, hız ve kimyasal bileşikleri hesaplamaktadır. Bunlara ek olarak, katı yüzeylerdeki ısı akısı, kütle kayıp hızı ; gazlar için ise gaz sıcaklığı, gaz hızı, gaz türleri konsantrasyonları ve görüş mesafesini de hesaplamaktadır [5,6,7]. Literatürde var olan, kapalı mekanlarda yapılan deneylerin sonuçlarıyla FDS programıyla yapılan analiz sonuçları karşılaştırıldığında, birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir [8,9,10]. Programın kullandığı temel denklemler şunlardır[7]:

$$\text{Süreklilik denklemi} \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho u = 0 \quad (1)$$

$$\text{Momentum denklemi} \quad \frac{\partial (\rho u)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u u) + \nabla p = \rho g + \nabla \cdot \tau \quad (2)$$

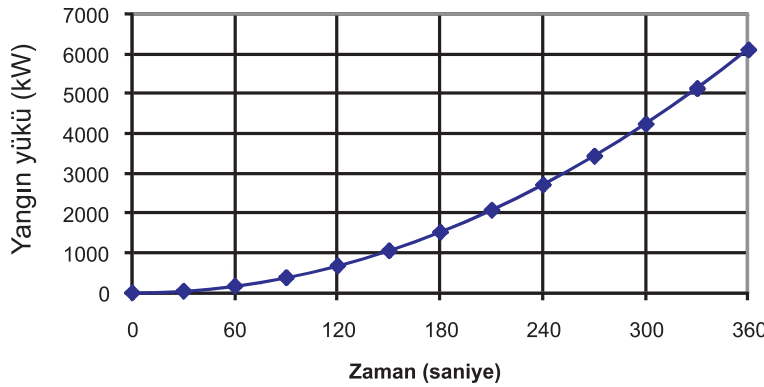
$$\text{Enerji denklemi} \quad \frac{\partial (\rho h)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u h) = \frac{d p_o}{dt} + \nabla \cdot (k \nabla T) + \dot{q}''' \quad (3)$$

$$\text{Kompozisyon denklemi} \quad \frac{\partial (\rho Y_i)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u Y_i) = \nabla \cdot \rho D_i \nabla Y_i + \dot{m}_i''' \quad (4)$$

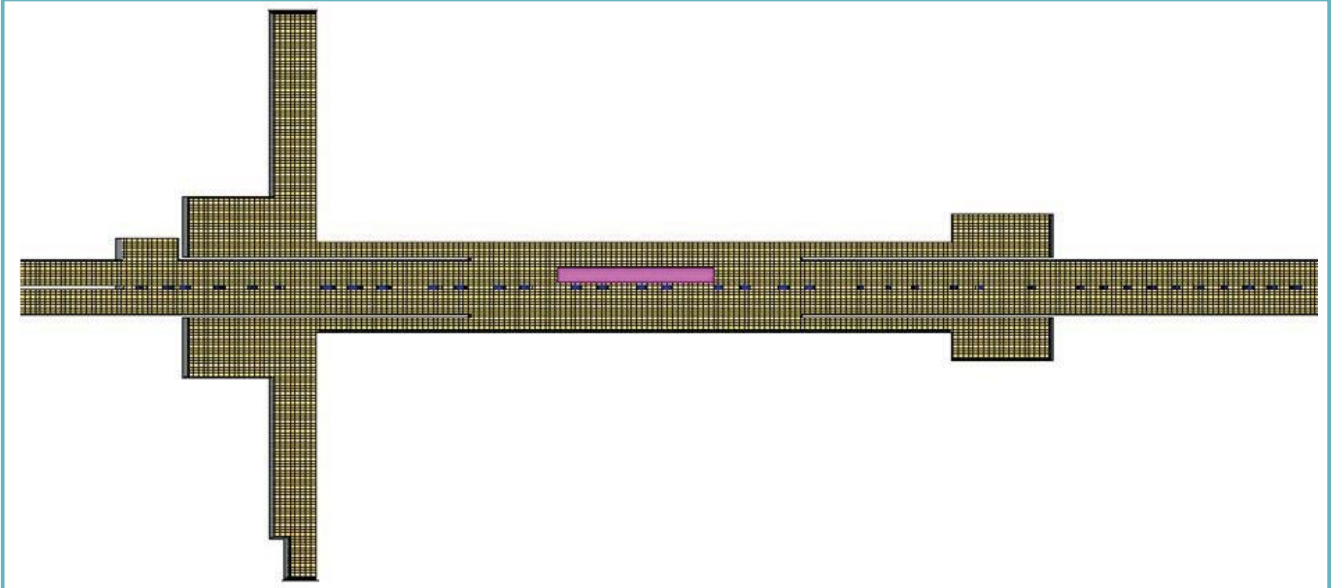
$$\text{Ortalama basınç} \quad p_o(t) = \rho T R \sum_i Y_i / M_i \quad (5)$$

Bu denklemlerde, gazın ρ özkütlesini, u hızını, p basıncı, τ viskoz gerilim tensörünü, h entalpiyi, k ısı iletim katsayısını, T sıcaklığı ifade ederken t zamanı, g yer çekimi ivmesini, Y_i yanmadan oluşan türlerin kütle oranını, q''' hacimsel ısıl gücü, D_i türlerin difüzyon katsayısını, m_i''' kütle azalım/artım hızını, R ideal gaz sabitini, M_i yanma reaksiyonundaki türlerin moleküler ağırlığını gösterir. Bu denklemler düşük oranda sıkıştırılabilir akış için yazılabilir.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonlarında çözüm bölgesi çok sayıda küçük parçalara bölünerek bir çözüm ağı oluşturulur. Bu programda oluşturulan çözüm ağı dikdörtgen prizma elemanlardan



Şekil 2. Tren Yangın Yükünün Zamana Göre Değişim Grafiği



Şekil 3. FDS Tarafından Oluşturulan Çözüm Ağı

oluşturulmaktadır. Oluşturulan çözüm ağı Şekil 3'te gösterilmiştir.

Temel denklemler, zaman ve konumda ikinci seviyede hassasiyetinde sonlu farklar yöntemine göre ayrıştırılmışlardır. Zamana göre akış parametreleri açık (explicit) ikinci derecede Runge-Kutta yöntemiyle güncellenmektedir [7]. Türbülans, Smagorinsky modeli kullanarak LES (Large Eddy Simulation) yöntemiyle çözülmektedir. Bu yöntemle büyük ölçekli girdaplar çözülürken küçük ölçekliler modellenerek sonuç elde edilmektedir. Çok küçük sayıda çözüm ağı elemanı kullanıldığında DNS (Direct Numerical Simulation) metodunda kullanılabilir [7]. Bu çalışmada LES modeli çözümü kullanılmıştır.

Zaman Adımı Seçimi

Çözümün kararlılığını sağlamak amacıyla zaman adımı iki koşula göre belirlenir. Çözüm ağında yer alan hücreler 5 mm'den büyük olduğunda, zaman adımı sadece Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) koşulunu sağlayacak şekilde belirlenmektedir (Denklem 6) [7].

$$\Delta t \cdot \text{maksimum} (|u|/\Delta x, |v|/\Delta y, |w|/\Delta z) < 1 \quad (6)$$

Burada Δt zaman adımını, u , v ve w ise sırasıyla x , y ve z yönlerindeki hızları, Δx , Δy ve Δz ise sırasıyla x , y ve z yönlerin çözüm ağında bulunan elemanların uzunluğunu ifade eder. Programda simülasyon boyunca sabit bir zaman adımı büyüklüğünden bahsedilemez. Tahmin edilen bir sonraki zamandaki hızlara göre CFL koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir [7]. Eğer sağlanmıyorsa zaman adımı izin verilen maksimum değer 0.8 'i alınarak güncellenen hızlar yeniden hesaplanır ve tekrar CFD

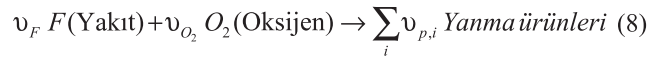
koşulunu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Çok küçük hücrelerden oluşan çözüm alanlarında ise Von Neuman kriteri zaman adımı seçiminde etkili olmaktadır (Denklem-7) [7]. Hesaplama zamanında tasarruf sağlamak için bu kriter DNS kullanılarak yapılan hesaplarda veya ağı eleman büyüklüğü 5 mm'den küçük hücrelerin olduğu LES hesaplamalarında dikkate alınır [7].

$$2 \cdot \text{maksimum} (\mu/\rho, D, k/(\rho C_p)) \Delta t (1/\Delta x^2 + 1/\Delta y^2 + 1/\Delta z^2) < 1 \quad (7)$$

Burada, μ mutlak viskoziteyi, C_p sabit basınçtaki ısı sıhasını belirtir.

Yangın Modeli

FDS programında LES yöntemiyle yapılan simülasyonlarda karışım kontrollü yanma modeli kullanılır. Yakıt ve oksijen arasındaki kimyasal reaksiyon tek adımda gerçekleşen stokiyometrik bir reaksiyondur (Denklem-8).



ν terimi yanma reaksiyonuna giren ve çıkan türlerin stokiyometrik yanmadaki mol sayıları ifade eder. Yanma sıcaklıktan etkilenmeden karışım kontrollü olarak çok hızlı gerçekleşir. Bu yaklaşım, havalandırmanın fazla olduğu yangınlar için uygundur. Bütün ilgili türler karışım oran parametresi olarak tek bir büyüklük ile ifade edilir ($Z(x,t)$) [7]. Bu değer, korunan skaler bir büyüklük olup verilen konumdaki malzeme oranını ifade eder ve şöyle tanımlanır (Denklem-9).

$$Z = \frac{s Y_F - (Y_{O_2} - Y_{O_2}^\infty)}{s Y_F^I - Y_{O_2}^\infty}; s = \frac{\nu_{O_2} M_{O_2}}{\nu_F M_F} \quad (9)$$

Buradaki $Y_F, Y_{O_2}^\infty$ sırasıyla yakıt akışındaki yanan malzemenin kütlesi oranını ve havadaki oksijenin kütle oranını ifade eder. “s” ise stokiometrik yanmada oksijen kütlesinin yakıt kütlesine oranıdır. Gaz türlerinin karışım olarak bulunduğu bir hacimde karışım oranı, bu hacimde bulunan tür kütlesinin hacimdeki toplam kütleyle oranıdır (Kütle oranı). Bu oran 0 ile 1 arasında değişir. Yanma sonucu oluşan ısı güç ise oksijen miktarındaki azalma hızı (\dot{m}_{O_2}) ile birim kütle oksijenin yanması sonucu elde edilen ısı enerjinin (ΔH_{O_2}) çarpımıyla hesaplanır [7].

$$\dot{q} = \Delta H_{O_2} \dot{m}_{O_2} \quad (10)$$

YANGIN SENARYOSU SİMÜLASYONU

Bu çalışmada, ortam sıcaklığı 20°C olarak alınmıştır. Tünelde ve çıkış merdivenlerinde, atmosfer basıncı ve ortam sıcaklığı sınır şartı olarak alınmıştır. Yapılan çalışmada ışıma ve duvarlarda iletim yoluyla ısı transferi göz önüne alınmamıştır. Trenin tek bir vagondan oluştuğu öngörülmüş, ve trenin toplam uzunluğu 26 m olarak alınmıştır. Trenin yüksekliği 3,46 m genişliği ise 2,4 metredir. Tren istasyonun tam ortasında durduğu ve bu pozisyonda iken yanmaya başladığı düşünülerek simülasyon yapılmıştır. Yangının trenin alt bölgesinde oluştuğu ve trenin yangın bölgesi dışındaki yapısal kütlelerinin alüminyumdan yapıldığı varsayılmıştır.

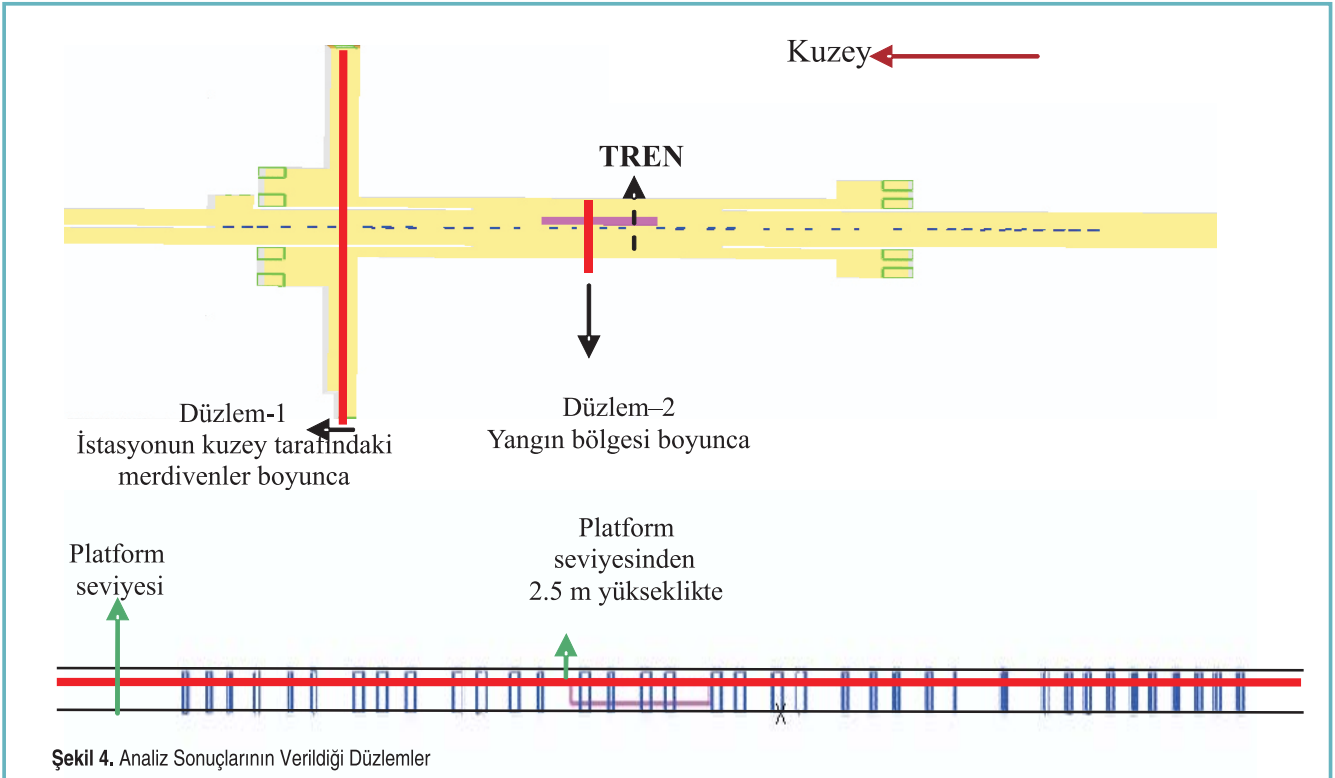
Tünel havalandırma fanlarını simüle edilmesi için fan ağızlarına debi sınır şartı konulmuştur. Fanların yangın başlangıcından sonra 30'uncu saniyede çalışmaya başladığı ve iki dakika içinde tam devire ulaştığı ve fan debisinin zamanla lineer olarak değiştiği varsayılmıştır. Yangını simüle edebilmek için trenin yangın çıkan kısmına yangının ısı güç değeri o bölgenin tabanına girdi olarak girilir. Şekil 1'de modelde kullanılan sınır şartları gösterilmiştir.

ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Yangın başlangıcından sonra geçen altı dakika boyunca yapılan analizlerin sonuçları kontur grafikleriyle gösterilmiştir. Sıcaklık, hız, görüş mesafesi dağılımlarını gösteren grafikler Şekil 4'te işaretlenmiş olan düzlemlerde verilmiştir.

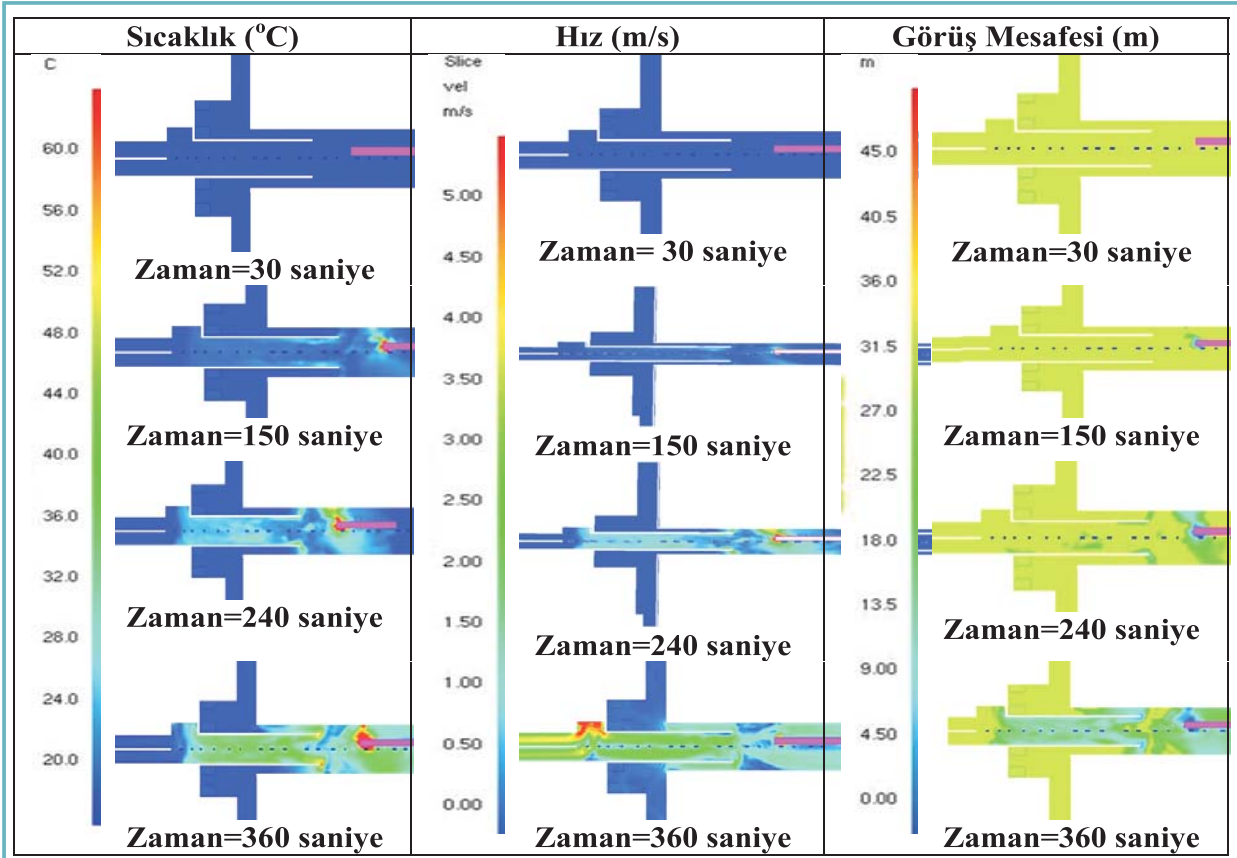
Sıcaklık, hız ve görüş mesafesi dağılımları zamana göre incelendiğinde elde edilen sonuçlar Tablo 1 'de verilmiştir.

Modelin doğruluğunu etkileyen iki parametre vardır. Bunlar sayısal hatalar ve fiziksel yaklaşımdan dolayı oluşan hatalardır. Sayısal hatalar, kullanılan çözüm ağının kademeli sıklaştırılmasıyla sonuçların değişim oranı incelenerek en aza indirilmiştir. Fiziksel yaklaşımdan kaynaklı hatalar ancak deney sonuçlarıyla karşılaştırıldıklarında belirlenirler.

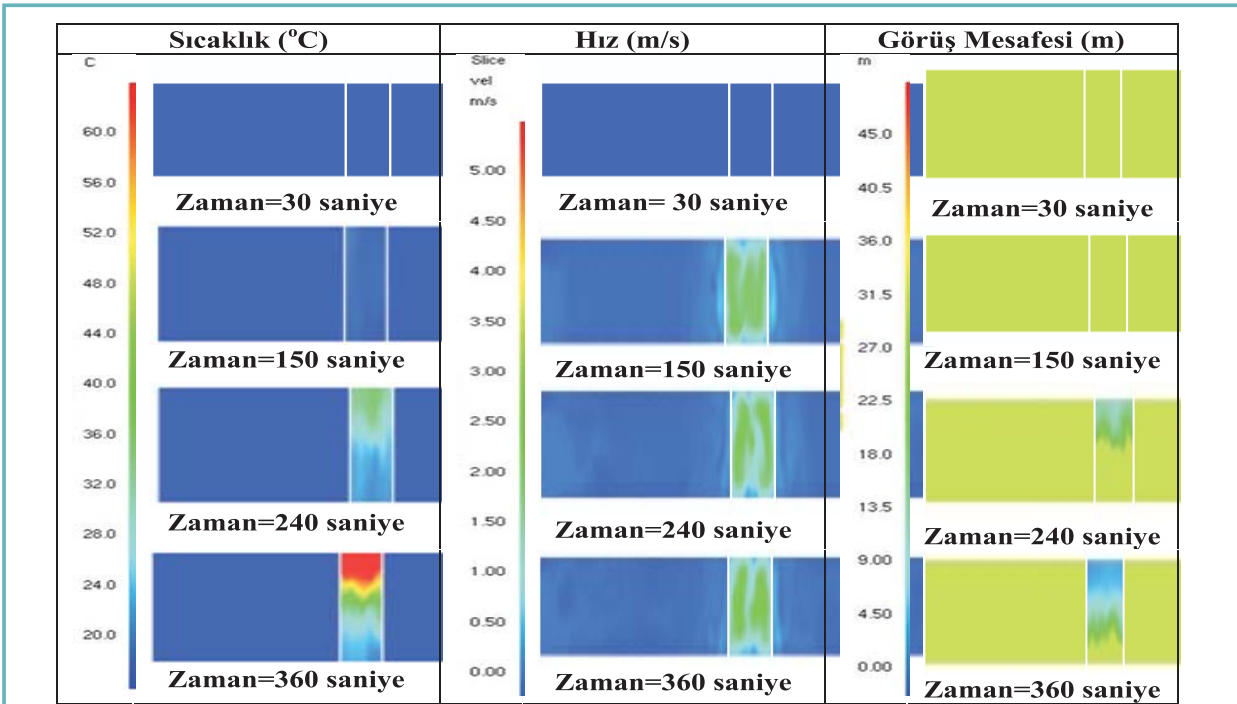


Tablo 1. Zaman Boyunca Sonuçların İrdelenmesi

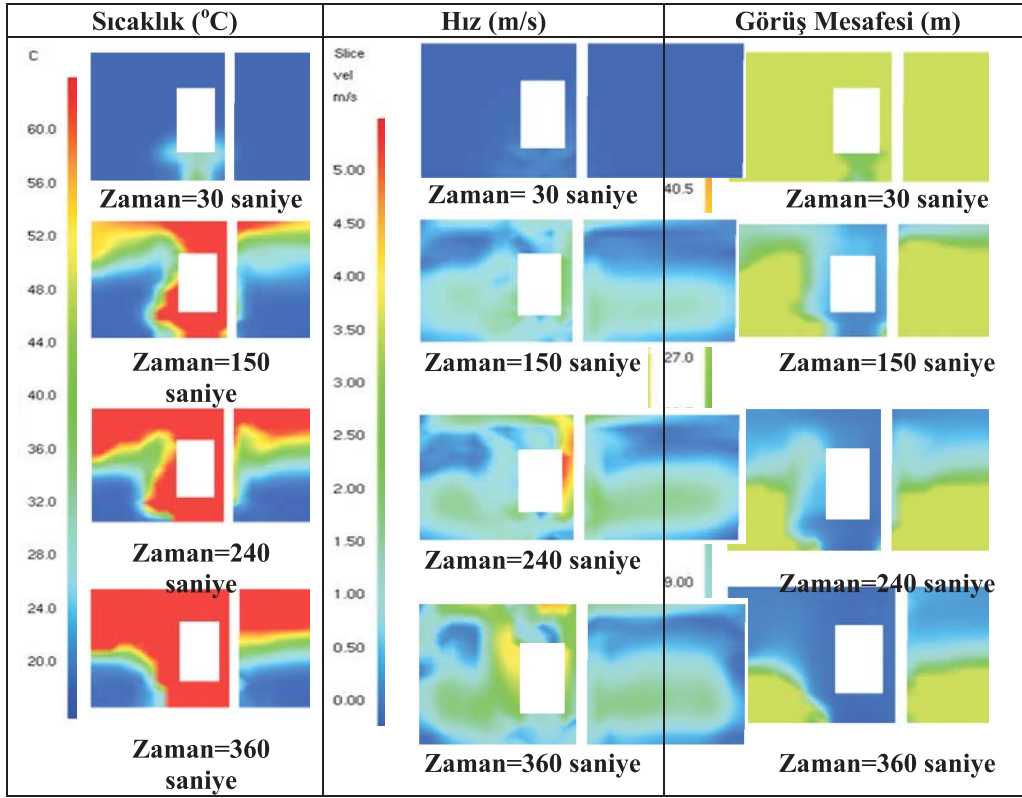
Yangın Başlangıcından İtibaren Geçen Süre	Açıklama
30 Saniye (0.5 Dakika):	Yangın Yüğü 42.3 kW Yangından oluşan sıcak gazlar sadece yangın bölgesinde etkili olduğu gözlemlenmiş; tavana kadar ulaşmadığı Düzlem-2 boyunca sonuçlar incelendiğinde tespit edilmiştir. Görüş mesafesini engelleyecek herhangi bir duman kütesine istasyon boyunca rastlanmamıştır.
150 Saniye (2.5 Dakika)	Yangın Yüğü 1057.5 kW Tünel acil durum havalandırma fanları tam devrinde çalışmaya başlamıştır. Yangında oluşan sıcak gazların tavana kadar ulaştığı ve yayılımını tünel hat eksenine boyunca sürdürmeye başladığı görülmüştür. Kuzey tarafındaki tünel havalandırma fanlarının emme modunda çalışmasıyla, çıkış merdivenlerinden temiz hava akışı olduğu ve dumanın çalışan fanların tarafına doğru yönlendiği görülmüştür. Ancak her dört merdivende de yolcuların tahliyesini engelleyecek bir durum oluşmadığı tespit edilmiştir.
240 Saniye (4 Dakika)	Yangın yükü 2707 kW Yangının etkisiyle çalışan fanların bulunduğu tarafta sıcaklığın artmış olduğu; ancak, fanların emme durumunda çalışmasıyla dumanın istasyonun güney tarafına doğru yayılımını engelleyemediği tespit edilmiştir. Görüş mesafesinin, istasyonun yangın bölgesi yakınlarında 10 m'nin altına düştüğü bölgelerin genişlediği tespit edilmiştir. Ancak kaçış yollarının duman ve sıcak gazlardan uzak kaldığı; bunun sonucunda insanların bu yolları kullanmalarında bir mahsur olmadığı sonucuna varılmıştır.
360 Saniye (6 Dakika)	Yangın yükü 6091 kW Yangın, platform boyunca geniş bir bölgeyi etkilemiştir. Bunun sonucunda istasyon platformu içinde görüş mesafesi düşmüş, sıcaklık değerindeki artış insan hayatını tehdit edecek düzeye ulaşmıştır. Platformda yüksek sıcaklık değerleri görülmeye başlanmıştır. Kuzey taraftaki çıkış merdivenlerini bağlayan platformlarda sıcak havanın yukarı doğru hareket ettiği görülmüştür. Merdivenlerden emilen temiz hava dumanın bu bölgeye ulaşmasına engel olamamaktadır. Yangın durumunda istasyonun güney tarafındaki çıkışların kullanılmasıyla insanlara güvenli bir kaçış yolu sağlanacağı tespit edilmiştir.



Şekil 5. Platform Seviyesinden 2.5 m Yükseklikteki Sıcaklık, Hız, Görüş Mesafesi Dağılımı



Şekil 6. Düzlem-1 Boyunca Sıcaklık, Hız, Görüş Mesafesi Dağılımı



Şekil 7. Düzlem-2 Boyunca Sıcaklık , Hız, Görüş Mesafesi Dağılımı

SONUÇLAR

Yapılan simülasyon çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Sistemde bulunan acil durum havalandırma fanları, yangın başlangıcından 150 sn sonra tam devirli olarak çalıştığı varsayımına dayanarak yapılan simülasyonda, istasyonun her iki tarafındaki kaçış yollarının insan tahliyesi için uygun olduğu ve sıcaklığın NFPA standardında belirtilen 50 °C değerinin altında kaldığı belirlenmiştir.
2. İstasyon yangınlarında, zamana bağlı hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizlerinin yapılmasının, kaçış yolunun ve süresinin tespiti için gerekli olduğu görülmüştür.
3. İstasyon tünel fanlarının kapasiteleri, tünellerde yapılan yangın simülasyonları sonuçlarının irdelenmesiyle belirlenmektedir. Bu fanların istasyon yangın simülasyonu içinde kullanılması durumunda, istasyonun konumuna, istasyon geometrisi ve fan yerleşim durumuna göre farklılıklar görülebilir. Bu nedenle istasyonlarda yangın ve havalandırma senaryosunun tespit edilmesinde üç boyutlu hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemiyle analizlerin yapılması gerekmektedir.

SEMBOLLER

- C_p Sabit basınçta ısı sıhası
- D Kütle difüzyon katsayısı
- g Yer çekimi ivmesi
- h Entalpi
- k Isı iletim katsayısı
- M Moleküler ağırlık
- \dot{m}_{O_2} Oksijen tüketim hızı
- \dot{m}'' Kütle üretim / azalma hızı
- \dot{q} Isıl güç değeri
- \dot{q}'' Hacimsel ısıl güç değeri
- P Basınç
- R İdeal gaz sabiti
- T Sıcaklık
- s Stokiyometrik yanmada oksijen kütlesinin yakıt kütlesine oranı
- u Hız bileşkesi
- μ x yönündeki hız bileşeni
- v y yönündeki hız bileşeni

w	z yönündeki hız bileşeni
t	Zaman
T	Sıcaklık
Y	Türlerin kütle oranı
Z	Karışım Oran Parametresi
Δx	x yönündeki çözüm ağı elemanı uzunluğu
Δy	y yönündeki çözüm ağı elemanı uzunluğu
Δz	z yönündeki çözüm ağı elemanı uzunluğu
Δt	Zaman adımı
ΔH	Birim kütle yanması sonucunda açığa çıkan enerji
α	Yangın gelişme faktörleri
ρ	Özkütle
μ	Viskozite
ν	Reaksiyonuna giren ve çıkan türlerin stokiometrik yanmadaki mol sayıları
τ	Viskoz gerilim tensörü

Alt Simgeler

F	Yakıt
O_2	Oksijen
O_2^{00}	Ortamdaki oksijen
p	Yanma ürünleri

KAYNAKÇA

1. NFPA, 2010. NFPA 130-Standard for Fixed Guideway Transit System, National Fire Protection Association.
2. **Eralp, O.C.** 2005. Krakow Hızlı Tramvay Sisteminde CFD kullanılarak KCK İstasyonundaki Yangın ve Duman Hareketinin

İncelenmesi Projesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü

3. **Eralp, O.C., Kayılı, S., Mustuoğlu, E.** 2005. "A CFD Analysis of Station Fire Incidents and Determination of Passenger Evacuation Scenarios," International Congress: Safety Innovation Criteria Inside Tunnels," Gijon-Spain.
4. NFPA, 2003. NFPA 204M-Standard for Smoke and Heat Venting, National Fire Protection Association.
5. **McGrattan, K.B., Forney, G.** 2004. Fire Dynamics Simulator (Version 4) User's Guide NISTIR Special Publication 1019, National Institute of Standards and Technology, U.S. Government Printing Office.
6. **McGrattan, K.B., Forney, G.** 2004. User's Guide for Smokeview Version 4- A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulator NISTIR Special Publication 1017, National Institute of Standards and Technology, U.S. Government Printing Office.
7. **McGrattan, K.B.** 2006. Fire Dynamics Simulator (Version 4) Technical Reference Guide NISTIR Special Publication 1018, National Institute of Standards and Technology, U.S. Government Printing Office.
8. **Hu, L.H., Fong, N.K., Yang, L.Z., Chow, W.K., Li, Y.Z., Huo, R.** 2007. "Modeling Fire-induced Smoke Spread and Carbon Monoxide Transportation In A Long Channel: Fire Dynamics Simulator Comparisons With Measured Data," Journal of Hazardous Materials, 140, p. 293-298.
9. **Hu, L.H., Huo, R., Peng, W., Chow, W.K., Yang, R.X.** 2006. "On The Maximum Smoke Temperature Under The Ceiling In Tunnel Fires," Tunnelling and Underground Space Technology, 21, p. 650-655.
10. **Qin, T.X., Guo, Y.C., Chan, C.K., Lin, W.Y.** 2006. "Numerical Investigation of Smoke Exhaust Mechanism in a Gymnasium Under Fire Scenarios," Building and Environment, 41, p. 1203-1213.

<http://omys.mmo.org.tr/muhendismakina/>

TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

Mühendis ve Makina Dergisi

Online Makale Yönetimi



| ANA SAYFA (GİRİŞ SAYFASI) |

YAZAR

HAKEM

EDİTÖR

» HOŞGELDİNİZ

YAZAR GİRİŞİ

e-Posta :

Sifre :

[Yeni Kullanıcı](#) | [Şifremi Unuttum](#)

MÜHENDİS VE MAKİNA DERGİSİ'ne makale gönderebilmek için sisteme kayıt olmanız gerekmektedir. Kayıt olabilmek için sol kısımda yer alan [Yeni Kullanıcı] bağlantısına tıklayınız.

Daha önce kayıt olduysanız, e-posta adresiniz ve şifrenizi girmeniz yeterlidir.

Şifrenizi hatırlamıyorsanız, şifrenizin e-posta adresinize gönderilebilmesi için [Şifremi Unuttum] bağlantısına tıklayınız.

Sistemle ilgili sorularınızı yayin@mmo.org.tr e-posta adresine gönderebilirsiniz.