YÜKSEK YAPILARDAKİ DUMAN HAREKETİNİN OLUMSUZ ETKİLERİNİN ANALİZİ VE MİMARİ TASARIMA YANSITILMASI

Zuhal ŞİMŞEK* **Nurettin YAMANKARADENİZ**** **Nilüfer AKINCITÜRK*****

ÖZET

20. yüzyılda nüfus artışı dolayısı ile daha fazla konut, ofis vb. yapılarına olan gereksinimlerin yükselmesi yapı tasarımlarında farklı arayışlara neden olmuştur. Sıkışık kent dokusu içinde inşaat için ayrılan arsa paylarının küçülmesi ile birlikte yapıların düşeyde gelişmeye başladığı görülmektedir. Yüksek yapı tasarımlarına olan talebin giderek artması, söz konusu yapılarda strüktür, malzeme, deprem dayanımı ve yangın güvenlik önlemleri açısından diğer binalara göre özel önlemlerin alınmasını gerektirmektedir.

Yangınlarda yüksek yapılarda, yaşam kayıplarının büyük bir bölümünü tahliye sırasında dumandan zehirlenmeler oluşturmaktadır. Dumana karşı alınabilecek tedbirler, mühendis ve mimarların ortak çalışmaları sonucunda şekillenerek yapıya yansımaktadır. Yapı genelinde aktif ve pasif önlemlerin oluşturulması için yangın anında gerçekleşebilecek duman hareketinin bilinmesi gerektiği düşünülmektedir.Yüksek yapı yangınlarında amaç, öncellikle tutuşmanın oluşmasının önlenmesi, yangının kontrol altına alınması için geçen süre boyunca dumanın ortamdan uzaklaştırılması ve kullanıcıların dumansız bölgelere aktarılmalarının sağlanmasıdır.

Çalışmada, yüksek yapılarda yangın anında, kullanıcı tahliyesi ve duman hareketi konusunda yaşanan sorunlar belirlenerek mimarların etkin bir şekilde bu sonuçları tasarıma yansıtabilmesine yönelik çözüm önerilerinin getirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında, bu konuda gerçekleşen yangınların ve CFD analizlerinin incelenmesi, dumanın yayılması, sınırlandırılması ve tahliye edilmesi aşamalarında gerçekleşen sorunlar ve alınabilecek tedbirlerin en etkili şekilde ortaya koyulmasında yardımcı olunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Yangın Güvenliği, Yüksek Yapılar, Duman Kontrolü*

ANALYSIS OF ADVERSE EFFECTS OF SMOKE MOVEMENT AND REFLECTION OF ARCHITECTURAL DESIGN IN HIGH BUILDINGS

ABSTRACT

In line with population growth in the 20th century, requirements for residential, office, etc. structures have been raised; thus, different quests in the design of buildings have formed. In the dense of urban fabric, constructions have become taller due to the decrease of the land shares allocated for constructions. In tandem with the increase in demand for tall building design, taking special measures for structure, material, earthquake resistance and fire safety measures have become more necessary according to the normal buildings.

In the high rise building fires, large part of deaths are caused by smoke poisoning during the evacuations. Precautions to be taken against smoke can be formed by the cooperation between engineers and architectures. It is thought that, in order to take active and passive precautions, the movement of smoke during the fire should be known. Preventing ignition, removing the smoke from the environment until bringing a fire under control and transferring the people to the smoke-free zone are the main aims in these fires.

In the study, the main aim is offering optimum solutions for architectures in order to design high rise buildings that consist of user evacuation during the fires and the problems of smoke movement. Besides, scope of this study can help about solving issues which involve analysing fires and cfd analysis, the encountered problems during the evacuation, diffusion and limiting the smoke, and the most effective measures that can be taken.

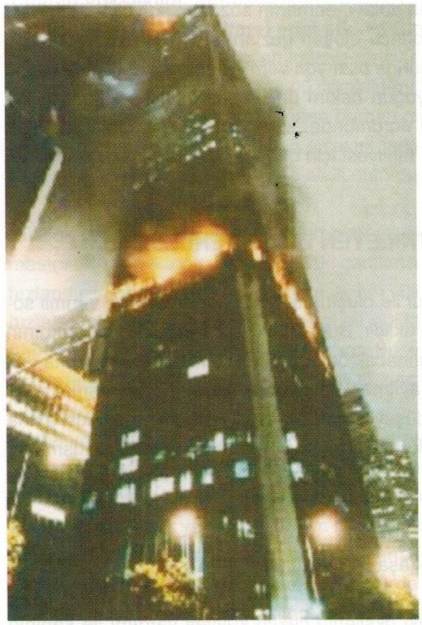
1. GİRİŞ

İmara açılan arsaların değerlenmesi, yeşil alana olan gereksinimlerin yükselmesi ve artan nüfus yoğunluğu ile birlikte daha fazla kullanım alanına ihtiyaç duyulmasının sonucunda, yüksek yapılar tasarlanmaya başlanmıştır. Yüksek yapıların kullanımı, Roma İmparatorluğu'na kadar uzanmaktadır. Söz konusu dönemde inşa edilen yaklaşık 7 katlı ve 200 merdiven basamağına sahip yapıların kısa zamanda yıkıldığı görülmüştür. Bu nedenle, ilk aşamada yüksek yapı tasarımındaki en önemli unsur, yapının ayakta nasıl kalabileceğine ilişkin teknolojik problemleri kapsar. Yangına dayanıklı yapı tasarımı ancak 20. yüzyılın ilk yarısından sonra, yaygın olarak gündeme gelmiştir (Mamun 2013). Asansörün icadının ardından, çeliğin ve yüksek performanslı betonun da kullanımı ile birlikte, daha çok katlı yapıların tasarlanması söz konusu olabilmektedir. Zaman içerisinde yapı yüksekliğinin artması, yapının dayanımının ve sürdürülebilirliğinin yanı sıra yangın güvenliği problemini beraberinde getirmiştir. Yangına dayanıklı yapı kavramı ile birlikte yapının, kullanıcıların güvenli alanlara aktarılması içinde geçen süre boyunca ayakta kalacak şekilde tasarlanması söz konudur. 20. yüzyılın başlarından itibaren yangına dayanıklı yapı kavramının oluşmasına karşın, karşılaşılan ölüm ve hasarlarda bir azalmanın olmadığı görülmüştür. Yangınlarda kullanıcıların %75'i, dumandan zehirlenerek yaşamlarını kaybetmektedir. Yapılan istatistiklerde, yüksek yapı yangınlarında karşılaşılan ölümlerin %55,8'si ile tahliye sırasında karşılaşıldığı, bu kayıpların da %30'unun CO zehirlenmeleri sonucu ortaya çıktığı görülmektedir (Mamun 2013). Bu durum, duman uyarı, algılama ve tahliye sistemlerinin yeterince uygun tasarlanmadığı ve dumanın oluşturduğu olumsuz koşullar nedeni ile birçok yaşam kayıplarının yaşandığı gerçeğini göstermektedir.

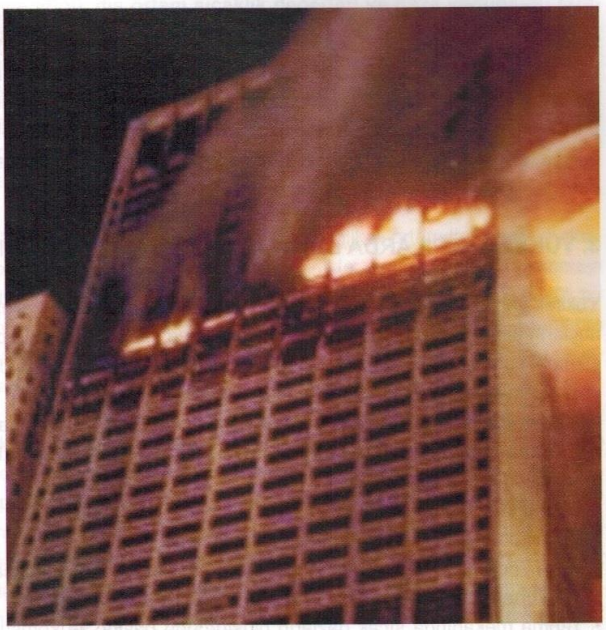
Tae Yon Kak Oteli yangınında, şaftlardan ilerleyen duman, tüm katları etkisi altına alarak 168 kişinin zehirlenerek yaşamını yitirmesine yol açmıştır. Benzer bir şekilde Mgm Grand Otel yangınında da plastik malzemelerin yanması sonucu açığa çıkan dumanın tüm şaftları doldurması sonucunda, 85 kişi yaşamını yitirmiştir. Doubletree Hotel yangınında ise, dedektörlerin olmasına karşın, duman tahliye sisteminin tasarlanmaması nedeni ile zehirli gazlar tüm koridorlara yayılmış fakat, erken uyarı ile büyük bir facianın önüne geçilmiştir (www.firetactics.com). New York'taki Apartman binası, Atlanta'da yüksek ofis binası ve The Westview Towers yangınlarında kaçış yollarında kullanılan ahşap malzemelerin yanması sonucunda görüş mesafesi azalarak çıkışların algılanması güçleşmiş ve duman üretiminde yoğun bir artış gözlenmiştir (Arpacıoğlu 2004). İstanbul'da Odakule binası yangınında basınçlandırılmamış tek merdivenin olması, kaçış yollarının duman ile dolması sonucunda tahliyenin güçleşmesine neden olmuştur (Arpacıoğlu 2004). 64 katlı Interstate Bankası yangınında (**Şekil 1.1**), hava kanallarında duman damperlerinin olmaması, yangının ve dumanının bu boşluklardan binanın farklı yerlerine yayılmasına neden olmuştur. Caracas Tower yangınında ise, 17 saat süren yangının ardından, 40 kurtarma ekibi dumandan zehirlenmiştir. The One Newyork Plaza (**Şekil 1.2**) yangınında, giydirme cephe ile yapı arasında, yanınca oldukça zehirli gaz çıkaran köpük yalıtım malzemesinin kullanılması ve kat geçişlerinde yangın bariyerlerinin kullanılmamış olması, dumanın daha yoğun olarak yayılmasına neden olmuştur (Arpacıoğlu 2004). İncelenen tüm yangınlardaki ortak problemin, dumanın yayılması sonucu yaşanan zehirlenmeler ve görüş mesafesinin azalması sonucu karşılaşılan tahliye probleminden kaynaklandığı açıkça görülmektedir. Ayrıca, yaşanan tüm bu yangınlarda, yüksek yapıların geometrisi, kullanıcı dağılımı ve konumları, yanan maddelerin fiziksel özelliği, şaftlarda bulunan network ağlarının ve ısıtma-soğutma tesisatının karmaşıklığı, dumanın olumsuz sonuçlarını önemli ölçüde etkilemiştir (Anonim 2012). Bu bağlamda yüksek yapılarda yangın güvenliğinin amaçları;

- Kullanıcıların güvenlikli alanlara alınmasına kadar geçen süre içinde yapının dayanımını sürdürebilmesi,
- Yangını algılayarak müdahalede bulanacak, merkezi sisteme bağlı aktif yangın güvenlik önlemlerinin tasarlanması,
- Duman yayılımını minimuma indirmek (malzeme seçimi, dumanın sınırlanması, dumanın tahliye edilmesi),
- Tahliye sırasında kullanıcılar için dumandan arınmış kaçış yollarının tasarlanması,
- Kurtarma işlemi başlayana kadar kullanıcıların bekleyebilecekleri güvenlikli alanların tasarlanması,
- Kurtarma ekiplerinin her alana rahatça girebilmelerinin sağlanması,

olarak belirlenmiştir (Anonim 2012). Bu amaçların karşılanabilmesi için, yüksek yapılardaki duman hareketini etkileyen dış etkenlerin ve insan sağlığı üzerinde oluşturduğu olumsuzlukların tanımlanması, kullanıcılar için en güvenli ortam koşullarının sağlanacağı tasarımların gerçekleştirilmesi açısından önemlidir.



Şekil 1.1. The First Interstate Bank yangını (http://911research.wtc7.net).



Şekil 1.2. The One Meridian Plaza yangını (http://911research.wtc7.net).

2. DUMANIN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDE OLUŞTURDUĞU OLUMSUZLUKLAR

Duman, yangın yüküne, oksijen miktarına ve oluşan hava akımlarının yönüne bağlı olarak saniyeler içinde tüm ortamı doldurur. Kapı aralıklarından, dikey ve yatay şaftlardan bitişik mekanlara ve katlara yayılır. Gerekli önlemlerin alınmadığı durumlarda, hızla üst katlara doğru ilerler ve tüm yapıyı etkisi altına alır. Özellikle kaçış yollarının duman ile dolması, görüş mesafesinin hızla düşerek çıkışların algılanmasını engeller. Bununla beraber oksijen miktarının azalması, kullanıcılar üzerinde ciddi solunum problemlerine yol açar (Poh 2010). Bu durum, oryantasyon bozukluğuna, muhtemelen bilinç kaybına neden olarak kullanıcıların hayatlarını tehlikeye sokar. Ayrıca, gazların barındırdığı su buharı sıcaklığının artması ile birlikte tahliyeyi ciddi anlamda etkileyecek gözlerde duyarlılık, ciğerlerde üst solunum yollarında ve ciltte yanma, öksürük, akciğer iltihabı, ödem, sıcaklıktan veya tahrişten dolayı ağrılı solunum veya nefes alma güçlükleri gibi fiziksel etkiler gözlenir (Shen 2003). Hipoksik etkilerinin oluşması, merkezi sinir ve kardiyovasküler sistemin de zarar görmesine neden olur. Bunun yanı sıra gözlerin, üst solunum yollarının ve akciğerlerin tahriş olması nedeni ile tahliye daha da zorlaşır. CO gazına 5 dakika süren bir yangın boyunca maruz kalınması sonucunda, kandaki oranının 6.000 ppm olması ile birlikte, bireyde hareket kaybı oluşurken değerin 12.000 ppm'e ulaşması durumunda ise ölümler ile karşılaşılmaktadır. Yapının yükselmesi, beraberinde kullanıcı yoğunluğunu da artırmaktadır. Bu durumda, dumandan daha fazla insanın etkilenerek yaşamlarının tehlikeye girmesi söz konusudur. Özellikle güvenlikli alanlara doğru gerçekleşen tahliye çok uzun sürmekte, dolayısı ile kullanıcılar daha fazla süre CO gazına maruz kalmaktadırlar. Oluşan olumsuz koşullardan bu şekilde etkilenen bir kullanıcının, giderek artan duman yoğunluğu içinde en az 21 m yüksekliği, merdivenlerden sağlıklı bir şekilde yürüyerek terk etmesi oldukça zorlaşmaktadır. Bu nedenle Yangından Korunma Yönetmeliği, Bölüm 3 Madde 24-4'te "bina yüksekliği 21.50 m'den fazla olan konut harici binalarda ve bina yüksekliği 30.50 m'den fazla olan konut binalarında atriumlu bölüm hariç olmak üzere, 21.50 m'den daha yukarıda olan katlarında en çok 3 katın bir yangın kompartımanı olarak düzenlenmesi gerektiği" belirtilmiştir. Her bir kompartıman tasarımında güvenli alanların oluşturulurken yine duman sızdırmazlığının sağlanması ilkesi karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle özellikle yüksek yapılarda, dumansız bölgelerin oluşturulması ve tasarım aşamasına yansıtılması büyük önem teşkil etmektedir. Kullanıcıların sağlıklı bir şekilde güvenli alanlara ulaşabilmelerinin sağlanabilmesi için kaçış yollarındaki dumanın tahliye edilmesi ve merdiven şaftlarına ise girmesinin engellenmesi temel prensip olarak değerlendirilmelidir. Merdiven şaftlarında pozitif basıncın oluşturulması yolu ile dış ortamdaki dumanın içeriye girmesi engellenebilmektedir. Fakat dumanın kaçış yollarına yayılması durumunda mutlaka zehirli gazlarının mekanik sistemler yolu ile ortamdan uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Yangın sırasında oluşan dumanın ortamdan uzaklaştırılması amacı ile kurtarma ekipleri tarafından camlar ve kapılar kırılarak zehirli gazlar ortamdan uzaklaştırılmaya

çalışılır. Yüksek yapılarda basınç ve rüzgar etkisinde karşılaşılan değişimlerden dolayı, dumanın söz konusu yollar ile tahliye edilmesi konusunda güçlükler ile karşılaşılmaktadır (Mishra 2013). Yanma sonucu oluşan gazlarının hareketinin bilinmesi, duman kontrolünün ve yangına dayanıklı yapı tasarımının oluşturulması konusunda bize yön vermektedir. 2010 yılında Bursa Şevket Yılmaz Hastanesi yangınında dumanın düşey şaftlardan ilerleyerek yoğun bakım ünitelerine yayılması sonucunda 9 kişi yaşamını yitirmiştir. Bu gerçek, dumanın yayılmasının engellenmemesi durumunda, karşılaşılabilecek olumsuzlukları açıkça göstermektedir. Bu nedenle yüksek yapılarda, havalandırma ve duman tahliyesi için dumanın hareketinin belirlenerek özel çözümlere gidilmesi gerekmektedir.

3. YÜKSEK YAPILARDA DUMANIN YAYILMASI VE HAREKETİNİ ETKİLEYEN DIŞ ETKENLER

Yüksek yapılarda dumanın komşu mekanlara yayılmasının engellenmesi amacı ile oluşturulacak sistemlerden en verimli sonuçların alınabilmesi için, dumanın ne şekilde ve nasıl ilerlediğinin bilinmesi gereklidir. Bu mekanizmaların bilinmesi, yangının çıkması sonucu gerçekleşecek duman hareketinin belirlenerek bu doğrultuda alınacak önlemlerin düzenlenmesi ve mekansal organizasyonların oluşturulması yönünde bize yarar sağlayacaktır. Dumanın yayılması iki aşamalı olarak gerçekleşmektedir. İlk olarak komşu mekanlara sızma söz konusu olur. Hemen ardından duman, düşeyde ilerleyerek diğer katları da etkisi altına alır. **Duman, kaldırma kuvvetleri, genleşme, rüzgar ve baca etkisi ile hareket ederek yapı geneline yayılır.** Tutuşmanın gerçekleşmesi ile birlikte oluşan gazlar;

- Dumanın tavan bölgesinde birikerek tavan jetini oluşturur,
- Düşey bir eleman ile sınırlanıncaya kadar ilerler,
- Duvar, perde, vb. düşey elementler ile karşılaşınca engel boyunca ilerleyerek aşağıya süzülür,
- Tüm ortam duman ile dolar,
- Yanma mekanında sıcak gazların oluşturduğu basınç ve komşu bölgelerdeki oksijenin çekim kuvveti yardımı ile kapının birleşim noktalarından ve diğer tüm boşluklarından, bitişik mahallere ve şaftlara doğru çekilir (Şimşek 2013). **Bu çekilme işlemi sızıntı, rüzgar veya aktif havalandırma sistemleri etkisi ile ve mekanlar arasında gerçekleşen basınç farkları sonucu oluşur.** Sızıntı alanının çok az olmasından dolayı komşu mekanda dumanın birikmesi birinci aşamaya oranla çok daha yavaş gerçekleşir. Bu durum, yangın riski yüksek olan alanların duvar-tavan birleşimlerinin ve kapılarının, duman sızdırmazlığı sağlanacak şekilde tasarlanması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.

Duman, en son olarak, düşeyde mekanları birbirlerine bağlayan şaftlar yardımı ile diğer katlara ulaşır. Dumanın üst katlara yayılması, yaşanacak tehlikenin boyutlarını da artırmaktadır. Yapı yüksekliğinin artması, dumanın daha fazla kata yayılarak daha çok kullanıcının zarar görmesine neden olur.

Isınan hava genleşir, yanan malzemelerden çıkan gazların mekanı doldurması ile birlikte, ortam basıncı giderek artar. Bu durumun sonunda duman, basıncın daha az olduğu alanlara, açılan açık şaft kapılarından veya boşluklarından içeriye sızmaya başlar. Şaft içine giren sıcak gazlar, üst katlardaki sıcaklıkların ve basıncın az olmasından dolayı, yukarıya doğru yükselerek, mevcut boşluklardan soğuk alanlara doğru çekilerek diğer katlara da yayılır. Bu durum "baca etkisi" olarak tanımlanmaktadır. Duman baca etkisi ile üst katlara;

- Tesisat şaftlarından,
- Asansör kovasından,
- Merdiven boşluklarından,
- Havalandırma tesisatlarından,
- İç bahçeler için ayrılan boşluklardan,
- Giydirme cephe ile döşeme arasında bırakılan boşluklardan,
- Çift cephe sistemlerinin arasından,
- Atrium boşluğu boyunca yükselerek

diğer katlara yayılabilmektedir.

Dumanın yerçekimine ters hareketi, yüksek yapılara negatif basınç düzlemine bağlı olarak şaftların içinde veya dışında farklılık göstermektedir. Yangın mekanından şaftın içine sızan duman, negatif basınç düzlemine kadar yükselir. Gazların eksenin üzerine yükselmesinin ardından, hareket tersine döner ve duman girişi, şafttan diğer katlara doğru gerçekleşir. Bu düzlemin altında ortama verilen oksijen, şaftın içine girerek dumanlı bölgenin temiz hava ile karışmasına neden olur. Bu düzlemin üzerine çıkılması durumunda ise akış tersine döner. Şaft içindeki duman katlara yayılmaya başlar (Black 2009).

Yapının yüksekliği, atmosferik koşulları, rüzgarın hızı ve yönü, dış ortam sıcaklık değerleri ve hava yoğunluğu farkları, dumanın bu yolla hareketini etkiler. Black'in yaptığı çalışmalarda, gerekli önlemlerin alınmadığı durumlarda dumanın, hareketinin tersine dönerek alt katlara yayılabildiği de açıkça görülmektedir. Yüksek yapılarda dumanın yayılmasının engellenebilmesi için, negatif basınç düzleminin mümkün olduğunca yukarıya çekilmesi amaçlanmalıdır. Eksen ne kadar yukarıya çıkarsa o kadar az kata şaft içinden duman girişi gerçekleşir. Yapı yüzeyine etki eden rüzgar, mevsim şartlarına bağlı olarak yapının içinde ve dışında oluşan sıcaklık farkları, hatta açık kalan veya kırılan camlardan gerçekleşen hava akımları negatif basınç düzleminin değişmesinde etkili olan dış etkenleri tanımlamaktadır.

Yüksek yapılarda rüzgar etkisi, dumanın ve alevlerin yayılmasını olumsuz yönde etkileyerek tehlikeli ortam koşullarının oluşmasını tetiklemektedir. Üst katlardaki camların kırılması sonucu ortama rüzgarın girmesi ile birlikte, yangın ortamında yanmayı hızlandıran bir negatif basınç oluşur. Isının yükselmesi ile birlikte yoğunluğu azalarak yükselen duman, mekan içinde düşük bir hızla hareket eder. Yapının herhangi bir noktasından, rüzgar nedeni ile bu mekana doğru gerçekleşen hava akımı, dumanın hareket hızını algılanır bir şekilde artırır. Bu koşulların gerçekleşmesi ile birlikte özellikle yangına müdahale ekiplerinin çalışmalarını olumsuz yönde etkileyen olaylar zinciri oluşmaktadır.

Dumanın daha hızlı yayılması, yapıyı terk etmeye çalışan kullanıcıların daha da çok paniğe kapılarak can kayıplarının artmasına neden olur. Empire State binası yangınında da benzer olaylar ile karşılaşılmıştır. Merdiven şaftındaki alt katlardaki camların kırılması sonucu baca etkisi tersine dönerek kurtarma ekiplerinin alt katlarının duman ile dolması söz konusu olmuştur (Black 2009). Çok yüksek yapılarda, hakim rüzgar yönünde bulunan yangın mekanındaki camların açılması, yangın katındaki basıncı artırır. Bu durum, duman üretimini ve yayılımını artırır. Yangın katının duman kontrol sistemleri ile donatılması durumunda, söz konusu katın üstünde ve altındaki bölümlerde otomatik olarak açılan pencerelerin yer alması, farklı olayların gelişmesine neden olmaktadır. Yangın mekanının üst ve alt katlarındaki hakim rüzgar yönünde konumlanan camların otomatik olarak açılması, diğer katların negatif duruma geçerek dumanı kendi içlerine çekmelerine neden olmaktadır (http://911research.wtc7.net).

Yüksek yapılarda kullanılan cephe malzemelerinin boşluk yapısına bağlı olarak rüzgar yapının içine girebilmektedir. Boşluklu malzemelerden içeriye sızan rüzgar, şaft içindeki duman hareketini hızlandırarak negatif basınç düzlemini yükseltir. Dış yüzeye olan açıklıkların azalması, negatif basınç düzleminin yukarıya çıkmasında etkili olan bir diğer parametredir.

Dumanın düşey şaftlardan yükselerek üst katlara yayılmasında mevsimlere bağlı olarak, iç ve dış ortam arasında oluşan sıcaklık farklılıklarının da önemli bir rolü bulunmaktadır. Yaz aylarında iç mekan ile dış mekan arasındaki sıcaklık farklarının az olmasından dolayı, baca etkisi ile gerçekleştirilen duman iletimi kış aylarına oranla daha yavaş gerçekleşir (Tamura ve Guire). Fakat dışarısının sıcak olması durumunda baca etkisi tersine döner. Soğuyan hava aşağıya çökerek ters baca etkisini oluşturur (http://911research.wtc7.net).

Kış aylarında ise özellikle asansör şaftlarının dışa açılan yüzeylerinde, atmosferik basınç düşer. Soğuk hava ve düşük basınç baca etkisini hızlandırır. Buna göre negatif basınç düzlemi kış aylarında yaza oranla daha düşük sevilere iner. Tüm bu değişimler şaftların tepesinde yer alan havalandırma boşluğu alanlarının metrekaresini önemli ölçüde etkiler. Havalandırma boşluğunun boyutları şaft alanının %3,5 olması durumunda negatif basınç düzleminin yapının orta aksına yakın olacağı tahmin edilmektedir. Havalandırma boşluk alanı şaft alanının %50'sine yaklaşırsa, negatif basınç düzlemi yükselmektedir; örneğin 50 katlı bir yapının 41. katına ulaşmaktır. Negatif düzlemin üst katlara yaklaşması yangın anında daha güvenli bir ortamın sağlanmasına yol açmaktadır. Bu durumda, duman şafttan yatay olarak diğer katlara daha az geçer. Açıkça havalandırma alanlarının artması, yangın boyunca daha güvenilir ortamların oluşmasına olanak sağlamaktadır (Black 2009).

4. DUMANIN YÖNLENDİRİLMESİNE YÖNELİK, TASARIM AÇISINDAN ALINMASI GEREKEN TEDBİRLER

Yüksek yapılarda karşılaşılan kayıpların en büyük nedenini; dumanın gri, yayılmış, opak ve ışığı geçirmeyen özelliğinden dolayı kaçış yollarının algılanmasını zorlaştırmasından dolayı yaşanan tahliye problemi ve zehirlenmeler oluşturur. Bu nedenle, dumanın oluşturduğu olumsuzlukların engellenmesi aşamasındaki temel prensip;

- Duman sızdırmazlığı ve belirli sürede yangın dayanımı oluşturulmuş kapı, duvar, duman perdesi gibi elemanlar ile yangın olan ve olmayan bölgelerin birbirinden ayrılarak, yapının zonlara bölünerek duman sızdırmaz, yangına dayanımlı mekanların oluşturulması,
- Şaftlara duman girişinin engellenerek, bu alanlarda mekanik duman tahliyesinin yapılması,

- Yanınca zehirli duman çıkarmayan malzemelerin seçilmesi,
- Yangın algılama, söndürme ve duman tahliye sistemlerinin otomatik olarak gerçekleşeceği sistemlerin kurularak merkezi bir otomasyon odasından kumanda edilmesi,

aşamalarının bir arada tasarlanmasını kapsamaktadır.

Yapının Zonlara Ayrılması

Yüksek yapılarda birçok fonksiyon bir arada kullanılmaktadır. Yangın riski yüksek olan mutfak, depo, trafo, kazan dairesi, bilgi işlem merkezleri, klima santrali gibi birimlerin, kendi içlerinde ayrı bir yangın kompartımanı olarak tasarlanmaları, yangının bu mekanda sınırlandırılarak, dumanın kaçış yollarını etkisi altına alması engellenebilmektedir. Kompartımanın kaçış koridorlarından bir kapı ile ayrılmadığı veya tahliye sırasında kapıların sürekli açık kalması durumunda da duman, komşu mekanı daha hızlı bir şekilde doldurur. Yangın riski yüksek olan mekanların koridorlara açılan kapılarının, kendi kendine kapanan mekanizmalarının olması veya kaçış koridorunun tamamen yalıtılmış ayrı bir bölme olacak şekilde tasarlanması, bu problemin çözülmesinde etkili bir önlem olarak görülmektedir (Özgünler 2004). Ayrıca, yüksek yapıların kullanım amaçlarına bağlı olarak, total mekan kavramı yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle iş merkezlerinde, duvarların kullanılmadığı açık ofislerin tasarlandığı görülmektedir (Tamura 1994). Duman, bu alanlarda tavan bölgesinde birikir. Duvar vb. düşey bölücü elemanların, tasarım kaygılarından dolayı kullanılmaması sonucu, duman daha fazla alana yayılır. Bu nedenle, benzer tasarımlarda mutlaka duman bariyerlerinin oluşturularak, dumanın bir hacim içinde birikmesi sağlanmalıdır. Aynı hacim içinde kullanılan egzost fanları yardımı ile dumanın tahliye edilmesi sonucunda, dumanın yayılmasının sınırlandırılabileceği düşünülmektedir.

Yangının çıktığı mekanın derinliğinin ve yüksekliğinin artması, dumanın daha geniş alanlara yayılmasına ve bu sayede mekanın ısısının çok daha yüksek seviyelere ulaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, özellikle kaçış yollarının bölünerek (kompartımanlar oluşturularak) ayrılması ve dumanın tavanda ilerlemesinin engellenmesi için duman perdelerinin oluşturulması, yangının ilerlemesini engelleyici yönde önlemlerdir. Çoğu zaman, fonksiyonların gerekliliği nedeni ile yüksek ve derin mekanlar oluşturulmak zorunda kalınmaktadır (Butcher ve Parnell 1983). Bu durumda, dumanın tahliye edilmesi ve ısının düşürülmesi için mekanik sistemler devreye girmektedir (Şimşek 2013).

Yapıların çok katlı olması, tahliyenin uzun sürmesine neden olmaktadır. Bu durumda, süreç içerisinde daha çok CO gazına maruz kalınmaktadır. 40-50 katlı yapılardan yaşlıların, çocukların ve özürlülerin merdivenlerden tahliye edilmesi oldukça güç olmaktadır. Bu nedenle, bireylerin yangın kontrol altına alınana kadar veya kurtarma ekipleri gelene kadar bekleyecekleri güvenli alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, yüksek yapılarda yangın merdiveni ve acil durum asansörlerine açılan duman girişinin engellendiği duman sızdırmaz ve en az 90 dk. yangına dayanıklı kapılar ile donatılmış, pozitif basıncın oluşturulduğu sığınma alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu alanların, yanmayan elemanlar ile donatılması, diğer tesisat şaftlarının bu mekanlara açılmasının engellenmesi dumanın bu alanlara yayılmaması açısından önemlidir. Ayrıca acil durum asansörlerinin çalışması ve kurtarma ekipleri ile iletişimin kurulabilmesi için bağımsız bir jeneratör sistemi ve telefon hattı yerleştirilmelidir.

Şaftların Korunumu

Yüksek yapılarda düşey tahliyeye olanak veren merdiven ve acil durum asansörleri, dumanın yayılmasına ve girişine engel vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu durum, ortamın basınçlandırılması yolu ile gerçekleşebilmektedir. Basınçlandırmanın yapılmadığı veya korunumlu bir hacimden sirkülasyon mekanlarına ulaşılmaması durumunda, dumanın bu hacimlere girmesi ile birlikte, dumanın tahliye edilmesi problemi ile karşı karşıya kalınmaktadır. Şaftın en üst noktasına açılan bir boşluk yardımı ile duman tahliye gerçekleştirilebilmektedir. Fakat yapıya etki eden basınç ve sıcaklık farkları dumanın hareketini tersine döndürerek, alt katlarda olumsuz koşulların oluşmasına olanak verebilir. En verimli çözümler, bir kumanda merkezine bağlı olarak çalışan duman kontrol sistemlerinin oluşturulması yolu ile elde edilebilmektedir. Teknolojinin de gelişmesi ile birlikte bu tür yapılarda doğal havalandırmanın yanı sıra, merkezi mekanik havalandırma sistemlerinin tasarlandığı ve bu sistemlerin yaygın bir kullanım sürecine girdiği görülmektedir. Normal şartlar altında kullanımı mekana olumlu nitelikler kazandırmasına karşın, olası bir yangın sırasında tehlike yaratmaktadırlar. Duman bu kanallardan ilerleyerek yapının diğer bölümlerine ulaşır. Yaşanan en büyük sağlık yapısı yangını olan Cleveland Hastanesi yangınında da ısıtma kanaları boyunca ilerleyen dumanın, yapının üst katlarına yayıldığı ve zehirli gazların birçok hastanın ölümüne yol açtığı görülmüştür. Böyle facialar ile karşılaşmamak için HVAC sistemlerin, yangının algılanması durumunda, fanların kapatılarak özel duman kontrol operasyon moduna geçecek şe-

kilde tasarlanmasına özen gösterilmelidir. HVAC sistemlerinin kapatılmasının, yangına sağlanan oksijen miktarının kesilmesi yönünde olumlu etkisi bulunmaktadır. Buna karşın geliş dönüş kanalları, şaftlar ve diğer bina açıklıkları içerisinde oluşan dumanın hareket etmesi engellenemez. Bu durumda dumanın iletilmesinin engellenmesi için duman damperlerinin kullanılması önerilmektedir. Bir diğer yöntem ise, HVAC sistemlerinin yangın moduna geçirilmesidir. Bu yöntemle, dönüş havası tamamen dışarıya atılarak dumanın yapı içindeki sirkülasyonunun minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır (Tanrısever 2001). Bu dış etkenlerin oluşturduğu olumsuzlukların giderilmesi, mekanik yöntemlerin uygun ve yerinde tasarımı ile mümkün olabilmektedir (Şimşek 2013).

Fakat her iki durumda da, rüzgar etkisi altında bulunan yapılarda tasarlanan sistemlerin güvenilirliği açısında aşağıdaki problemler açığa çıkmaktadır:

- Duman kontrol sistemlerinin rüzgar altındaki güvenirlilik düzeyi nasıldır?
- Eğer camlar açılabiliyorsa kompartımandaki duman kontrol sistemleri, rüzgar etkisi altında %100 çalışabiliyor mu?
- Rüzgarın olması durumunda camlar kullanıcı tarafından kapatılabiliyor mu?
- Baca etkisi altında duman kontrol sistemleri rüzgara bağlı bir önlem gerektirmekte midir? (http://911research.wtc7.net).

Asma tavan boşlukları, duman iletmelerinin gerçekleşeceği kanalların oluşmasına olanak tanımaktadır; kısacası yatay şaft olarak görev yapmaktadırlar. Tavan kaplama malzemelerinin yanıcılık özellikleri ise yangının yayılmasında etkili bir diğer parametreyi oluşturmaktadır. Tasarım ve uygulamada, öncelikle her mekan için oluşturulan yangın senaryoları ile dumanın rotası belirlenmeli, oluşturulacak engellerle bu hareket durdurulmalı, en azından kesintiye uğratılmalıdır. Bu amaçla her kompartıman girişinde asma tavanlar arasında bir duman bariyeri tasarlanmalı, tesisat kanallarının duvarı delip geçtiği noktaların duman geçirmez vb. elemanlar ile doldurulması sağlanmalıdır. Hatta duvarlar döşemeye kadar uzatılarak asma tavan hacim içinden başlanmalıdır. Bununla beraber özelikle açık ofis sistemlerinin tüm elektrik tesisatının yer alığı yükseltilmiş döşemelerde yangın riski artmaktadır. Bu kanalların, duman dedektörleri ve otomatik yangın söndürücüleri ile donatılması, duman ve alevler yayılmadan müdahale edilmesine olanak tanıyacaktır.

Diğer tesisat kanalarının ise her kata bağlandığı noktalarda bir duman damperlerinin tasarlaması ve şaft kapaklarının duman sızdırmaz yanmayan malzemelerden oluşturulması, dumanın bu yolla ilerlemesini engelleyecek önlemler arasındadır.

Cephe Kaplamaları

Yüksek yapı kavramı ile birlikte daha fazla ışığın içeriye alınması ve estetik tasarımların yapılabilmesi için giydirme cepheler yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Cephe yüzeyine oluşturulan bir taşıyıcı entegre edilmesi ile oluşan bu sistemlerin, yapı ile aralarında bir boşluk bırakılmaktadır. Bu boşluklar dumanın ilerlemesine olanak vermektedir. Fakat yangın, cephe malzemesinin yanıcılık özelliklerine bağlı olarak da yayılabilmektedir. Bu nedenle seçilen cephe kaplamasının ve aralarında kullanılan yalıtım malzemelerinin yanmaz özellikte olması sağlanmalıdır. Eğer kullanılan yalıtımlar kolay alev alan malzeme sınıfındaysa, binalarda yangından korunma yönetmeliğine göre bu malzemelerin bir kompozit içine alınarak normal alev alan malzemeye dönüştürülerek kullanılması olasıdır (Kurtay 2011).

Sürdürülebilir yapıların tasarlanmaya başlanması ile birlikte, çift kabuk sistemlerin yüksek yapılarda uygulanmaya başlandığı görülmektedir. Olası bir yangın sırasında duman açık kalan pencerelerden iki cephe arasında kalan boşluklara sızarak yukarıya doğru yükselir. Rüzgar ve sıcaklık farkları, iki cephe arasında dolaşan dumanın tekrar açık pencerelerden içeriye girerek dumanın üst katlara yayılmasında etkili olacaktır. Bu nedenle otomatik olarak kapanan mekanizmaya sahip ve bu boşluklardan yukarıya doğru duman yönlendirecek sistemler tasarlanmalıdır (**Şekil 4.1- Şekil 4.2**).

Dış mekana açılan pencere boyutları, özellikle alevlerin üst katlara yayılması durumunda etkili parametrelerdir. Butcher ve Parnell'in (1983) yaptığı çalışmalarda rüzgarın yönü ve şiddetine bağlı olarak pencere yüksekliğinin 1,5 m, genişliğinin ise 4,8 m olması durumunda alevlerin bir üst kata yayılırken yüksekliğin sabit, genişliğin ise 1,5 m olması durumunda ise cepheden uzaklaştığı saptanmıştır. Pencere boyutlarındaki bu sınırlama, özgür tasarımların ortaya çıkarılmasını engellemektedir. Bu nedenle aktif ve pasif önlemlerin entegre edilmesi gerekmektedir. Geniş pencere açıklığının önerildiği mekanlarda, iç cephe boyunca tasarlanacak sprinkler söndürme sistemleri, gerek yangın güvenliğini sağlama açısından, gerekse tasarımda esnek çözümlere gidilmesi yönünden olumlu çözümler sunmaktadır.



Şekil 4.1. Çift cephe sistemleri
www.behance.net



Şekil 4.2. Çift cephe sistemleri
http://www.thermosash.co.nz

5. SONUÇ

Yüksek yapılarda, kullanıcıların dumanın olumsuz yönlerinden etkilenmeden güvenlikli alanlara aktarılmasının sağlanabilmesi için, her katta, yangın merdivenlerine ve acil durum asansörlerine açılan güvenli alanlar tasarlanmalı ve bekleme alanlarında dumanın girişinin engellenmesi amaçlanmalıdır. Ayrıca kaçış yollarının ve yangın riski yüksek mekanların tasarımında, zehirli duman çıkarmayan ve yanmayan malzemelerin kullanılması yangının yayılmasın engelleyecek yönde alınabilecek kolay ve maliyeti düşük önlemler arasındadır. Yapıların yangına karşı korunmaları için yapılması gerekenler, yangın yönetmelikleri tarafından açıkça belirtilmektedir. Ne yazık ki, mevcut yapılarımızın büyük bir çoğunluğunda bu hükümlerin tamamı bir arada uygulanmadığı, bu sebeple büyük can ve mal kayıplarının yaşandığı açıkça görülmektedir. Tüm bu önlemlerin mimar ve mühendisler tarafından ortak yapılacak çalışmalar tarafından gerçekleştirilerek, yapı kullanıcı ve müelliflerinin bu konunun ciddiyeti hakkında bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Bununla beraber, uygulanan sistemlerin verimliliğinin artırılması ancak kullanıcıların belirli periyotlarda tahliye, söndürme ve duman kontrol sistemlerinin kullanımı hakkında bilgilendirilmesi ve uygulamalı tatbikatların yapılması ile gerçekleştirilebilecektir.

KAYNAKLAR

[1] Anonim. Guidelines for Designing Fire Safety in Very Tall Buildings. 2012. Society of Fire Protection Engineers.
[2] ARPACIOĞLU, Ü., "Yangınların Yüksek Yapılarda Yangın Güvenliği Gelişimine Etkisi", Tasarım + Kuram dergisi, sayı 8, Aralık 2009.
[3] BLACK, V.Z., "Smoke Movement in Elevator Shafts A High-Rise Structural Fire", Fire Safety Journal, 44/2009.
[4] BUKOWSKI, R. W., "Protected Elevators for egress and access during fires in tall buildings", Fire protection strategies for 21st century building and fire codes symposium, 17-18 Eylül 2002, Extended abstracts, proceedings, Society of Fire Protection Engineers And American Institute Of Architects, Baltimore, MD, U.S.A. 2002.
[5] BUTCHER, E.G., PARNELL, A.C. "Designing For Fire Safety", John wiley & sons ltd., Great Britain, 1983.
[6] JAIN, A., MISHRA, A., "CFD Analysis For Smoke Ventilation in High Rises", 2013, www.zeusnumerix.com
[7] KURTAY, C., "Polistren Asmolen Döşeme Uygulamalarında Yangın Güvenliği", TÜYAK Yangın ve Güvenlik Sempozyumu, İstanbul, 2011.

[8] MAMUN, M., "Fire Evacuation Safety Analysis Of Typicalhigh-Rise Buildings in Bangladesh", 2013, www.tus-fire.com/pdf.
[9] ÖZGÜNLER, M., "Yangın Kaçış Yollarında Kullanılan Duman Perdelerinin Duman Hareketine Etkisinin Belirlenmesi İçin Bir Yöntem Önerisi", Doktora Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İ.T.Ü, İstanbul, 2005.
[10] POH, W., "Tenability in Building Fires: Limits and Design Criteria", Fire Australia, 24-26, Spring 2010.
[11] SHEN T, S., "Building Planning Evaluations For Emergency Evacuation", Doktora Tezi, Worcester Polytechnic Institute, U.S.A., 2003.
[12] ŞİMŞEK, Z., "Sağlık Yapılarında Yangın Güvenliğinin ve Duman Kontrolünün Sağlanmasına İlişkin Modelleme Yöntemi", Doktora Tezi, 2013.
[13] TAMURA, G.T., "Smoke Movement And Control in High Rise Buildings", NFPA Association, Masaachusette, 1994.
[14] TANRISEVER, C., "Yangınlarda Duman Hareketi ve Duman Bacalarının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Müh., 2001,
[15] www.behance.net
[16] http://911research.wtc7.net
[17] http://www.thermosash.co.nz/c24_TwinSkinSolutions.aspx#&panel1-3

ÖZGEÇMİŞ

Zuhal ŞİMŞEK

2002 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesinde lisans eğitimini, 2005 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde yüksek lisans ve 2013 yılında doktora eğitimini tamamlamıştır. Bu süreç içerisinde "Yapı yeraltı kabuğunda su ve neme karşı alınabilecek önlemlerin irdelenmesi sonucu çözümün geçirimsizliği sağlanmış beton gereç ile oluşturulması" başlıklı yüksek lisans tezini ve "Sağlık yapılarında yangın güvenliğinin ve duman kontrolünün sağlanmasına ilişkin modelleme yöntemi" başlıklı doktora tezlerini hazırlamıştır. 2004 yılında aynı üniversitede Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamış olup halen aynı üniversitede görev yapmaktadır.

Nurettin YAMANKARADENİZ

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde 2004 yılında mühendislik eğitimini, 2007 yılında lisansüstü, 2011 yılında Termodinamik Anabilim Dalında doktora eğitimini tamamlamıştır. 2004 yılından itibaren Uludağ Üniversitesi T.B.M.Y.O'da Öğretim Görevlisi olarak çalışmakta olup, aynı meslek yüksek okulunda 2012 yılından itibaren İklimlendirme Soğutma Teknolojisi Programında Program Başkanlığı görevini yürütmektedir. C sınıfı iş güvenliği uzmanı olan Dr. Nurettin Yamankaradeniz, iş güvenliği konusunda 4 yılı aşkın süredir çeşitli eğitim kurumlarında ders vermekte olup, aynı zamanda iş güvenliği konusunda sanayi ile yakın iş birliği sürdürmektedir.

Nilüfer AKINCITÜRK

Prof. Dr. Nilüfer Akıncıtürk, İstanbul Teknik Üniversitesinde; 1979 yılında mimarlık lisans eğitimini, 1982 yılında lisansüstü, 1985 yılında ise Bina Bilgisi Anabilim Dalında doktora eğitimini tamamlamıştır. 1994 yılından itibaren Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde Yardımcı Doçent ve kurucu öğretim üyelerinden biri olarak görev yapmış, 1998 yılında Doçent ünvanını almıştır. 2004 yılında ise, aynı kurumda Yapı Bilgisi Anabilim Dalında Profesör olmuştur. 2007-2009 yılları arasında, Uludağ Üniversitesi Senatörlerinden olan Nilüfer Akıncıtürk, 2000 -2004 yılları arasında ise, Mimarlık Bölümü Bölüm Başkanlığı yapmış olup, halen Yapı Bilgisi Anabilim Dalı Başkanlığını, mimarlık bölüm başkanlığını yürütmektedir. Ayrıca, 2013 yılında Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Dekanı olmuştur ve Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Fakülte Kurulu Üyeliği, Yönetim Kurulu Üyeliği, Uludağ Üniversitesi Kültür Sanat Kurulu Üyeliği, Tanıtım Komisyonu Üyeliği ve Bursa Valiliği İl Afet Yönetim Merkezi Bilimsel Danışma Kurulu Üyeliği, Kent Tarihi Araştırmaları Merkezi Yönetim Kurulu Üyeliği, olarak diğer idari görevleri yürütmektedir. Halen 3 adet doktora tezi, 2 adet yüksek lisans yönetmekte olup, yönetiminde biten 11 adet yüksek lisans tezi bulunmaktadır. Uluslararası makaleleri, ulusal ve uluslararası kongrelerde sunulmuş ve yayınlanmış makaleleri, ulusal dergi ve kitaplarda çeşitli konularda 90 adet yazısı, deprem ve yangın konularını içeren iki kitabı bulunmaktadır. Ulusal ve yerel birçok mimari proje yarışmasında jüri üyeliği ve birçok kongrenin düzenleme kurulu, bilimsel kurul ve danışma kurulunda görev almıştır. Ayrıca iki derginin danışma kurulu üyeliğini yürütmektedir. Yürütücülüğünde Uludağ Üniversitesi tarafından desteklenerek tamamlanmış, 3 adet Bilimsel Araştırma Projesi bulunmaktadır. Uludağ Üniversitesi Kampüsünde ise birçok binanın danışmanlığını yapmıştır.