

almakta zorlandığı ve pasif yangın güvenlik önlemlerinin başarısız olduğu birçok olayda rol oynadığı görülmüştür. First interstate Bank, One maridian plaza, TU DELFT, Windsor Binası gibi meşhur yangınlar buna örnektir.

Bilim adamları, bu gözlem üzerine bir takım deneyler yaptılar. Bu deneyler sonucunda hareketli yangın modeli geliştirildi. Hareketli yangın modeline dair araştırmalar henüz devam etmekte fakat yapılan birçok deneyde, büyük metrekareye sahip bölmelendirilmemiş hacimlerde yangının yakıt paketinden yakıt paketine sirayet ederek hacim dahilinde hareket ettiği gözlemlenmiştir. Teoriye göre yaklaşık olarak 200 m²'den büyük tek bölmeden oluşan kapalı alanlarda flashover gerçekleşmemekte ve tektip olmayan ısı ve sıcaklık değerleri görülmektedir. Şimdiye kadar konu üzerine yapılan deneylerin en geniş x one ve x two adı verilen deneylerdir. Bu deneylerde 380 m²'lik bir alan kullanılmış ve gerçekten yapı dahilinde aynı anda farklı safhalara ait ısı ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Klasik bir hareketli yangında hacim dahilindeki yakıt paketlerinden birisi tutuşur. Bu pakete dahil olanyanı maddeler maksimum ısı yayma değerine ulaştığında bir sonraki yakıt paketi tutuşur. İkinci tutuşan yakıt paketi maksimum ısı yayma değerine ulaştığında ilk yakıt paketi artık sönme evresine geçer ve bir sonraki yakıt paketi yanmaya başlar. İkinci yakıt paketinin, ısı yayma değeri düşmeye başladığında üçüncü yakıt paketinin ısı yayma değeri tepe noktasına çıkar ve bir sonraki yakıt paketi yanmaya başlar. Bu böyle hacim dahilindeki tüm yakıt paketleri yanana kadar devam eder. Modele göre yangının en şiddetli olduğu sonraki yakıt paketine sirayetini gerçekleştirdiği yöndeki kısma öncü kenar denir. Isı yayma değerinin düştüğü sönme evresindeki yakıt paketine ise artçı kenar denir. Hareketli yangın, hacim dahilindeki hava akımının yönünde ilerler ve şiddetini öncü kenardaki yakıtın üretebildiği ısı miktarı belirler. Öncü kenar yakıtın kimyasal özelliğine göre çok hızlı da ilerleyebilir yavaş da. Ancak yanmanın orta ve düşük şiddetli olduğu artçı kenara yakın bölümlerde yüksek sıcaklık ve ısı akısı tepe noktada olmasa da devam eder. Buna göre yapı elemanları en yüksek ısı akısı ve sıcaklığa yukarıda belirtilen modellerden daha kısa süre maruz kalmalarına rağmen daha düşük seviyede kalan ama yine de normalden çok fazla olan ısı ve sıcaklık değerlerine beklenilenden uzun maruz kalır. Özellikle modüler yapı elemanlarının kullanıldığı sistemlerde farklı oranda genişleyen ve büzülen yapı elemanları kısmi çökmelere neden olmaktadır. Ya da yangının en şiddetli kısmına direnmesine rağmen mukavemet kaybına uğrayan yapı elemanları ve pasif yangın armatürleri devamında gelen nispeten düşük sıcaklık ve ısı değerlerine direnemeyebilmektedir. Bu durum yukarıda örnekleri verilen ve faleketle sonuçlanan olaylara neden olduğu değerlendirilmektedir.

Yakıt geometrisi ve yapı planı da hareketli yangınların yayılma şeklini etkiler. Düzensiz ve yoğun istifleme, yüksek raflar, paletler vs farklı geometriye sahip olduğundan alevlerin ne şekilde büyüyeceğini belirleyebilir. Aynı zamanda yakıt geometrisi söndürme amaçlı işlenen suyun ne kadar verimli olacağını da belirler. Yakıt paketlerinin birbirine uzaklığı öncü kenarın hareketini kesmekte avantaj sağlayabilir. Raf yapısına sahip alanlarda raf üzerinde alevler daha kolay ilerlerken diğer raflara sirayetini engellemek kolay olabilir. Öte yandan tavanda biriken duman katmanı rafların tepesindeki alev yayılımını gözlerden saklayabilir.

Hareketli yangın teorisi, itfaiye teşkilatının teknik ve taktikleri açısından da değerlendirilmelidir. Şehir itfaiyeleri tarafından uygulanan taktikler ağırlıklı olarak standart yangın gelişim modeline dayanır. Temel itfaiye er eğitiminde yanma ve yangın bilgisi anlatılırken yine bu model anlatılır ve itfaiyecilere bu model içinde açıklanan flashover, backdraft ve yangın gazı tutuşması/patlaması gibi tehlikeler öğretilir. Öğretilen lans teknikleri de ağırlıklı olarak bu tehlikelerin gerçekleşme riskini bertaraf etmeye yöneliktir. Müfredatın yangını okuma becerisine ilişkin konularında da hareketli yangını tanımlamaya ilişkin bilgiler yeterli değildir. Genel itibarıyla bu yangın modeline fazlaca maruz kalan birimler zamanla aşinalık kazanarak müdahale refleksleri geliştirmektedir. Ancak bu refleksler teorik bir bilgi kaidesine oturmadığı için genelgeçer bir kapasite artışı haline gelmez.

İtfaiyeciler kapalı alanlarda yangının merkezine ulaşarak alevli yanmayı bastırmayı hedefler. Alevli yanma bastırıldıktan sonra tam sönme gerçekleşmez, içten içe yanma devam eder. Alevli yanmanın ortadan kalkmasından itibaren itfaiyeciler aktarma ve soğutma çalışmasına başlarlar. Bu çalışma sırasında yanan maddeler ayrılır ve her noktası soğutulur içten içe yanma tamamen ortadan kaldırılır. Hareketli yangının artçı kenarına ulaşip öncü kenarının gözden kaçırılması en olası hatalardan biridir. Artçı kenarda devam eden alevler hızla bastırılabilir. Özellikle karmaşık bir mimariye sahip hacimlerde ön kenar fark edilemeyebilir ve ekip yangını bastırdığını düşünebilir. Bir diğer sorun artçı kenardaki alevin bastırılıp hızla öncü kenara hareket edilmesidir. Hacim dahilinde devam eden yüksek ısı artçı kenarda aktarma ve soğutması tamamlanmamış malzemenin tekrar tutuşmasına neden olabilir. Bu öncü alevi bastırmaya çalışan ekipleri zor durumda bırakabilir. Bu yangınlarda da tıpkı açık alan yangınları gibi itfaiyecilerin hacim dahilindeki hava akımını arkalarına alması avantaj sağlar. Öncü kenara ilerlediği yönden yaklaşmak çoğu zaman başarısızlıkla sonuçlanır. Ekiplerin bu olumsuzlukları öngörerek olay yerine takviye ekip istemeleri gerekir. Amirler söndürme stratejisini belirlerken bu etkileri göz önüne almalı ve dahilden çalışan söndürme ekipleri hacim dahilinde ne kadar hakim olduklarını doğru değerlendirmelidirler. Kısa mesafede pulvarize su damlacıklarının verimli şekilde buharlamasına dayanan standart kapalı alan lans teknikleri dışında, açık alan yangınları gibi lansları atım mesafesini tam kapasite kullanarak uzak noktaları hatta yanmamış yakıt paketlerini doğrudan ıslatarak soğutmak bu yangınlarda önemlidir.

İtfaiye müdahalesi stratejik olarak iki klasik kipte ele alınır. Bunlar ofansif/agresif ve defansif müdahalelerdir. Klasik anlayışta dahilden yangını söndürmeye ve kurtarmaya yönelik yapılan faaliyetler agresif stratejilerin, bina içerisine girmeden, dışarıdan yapılan yangının bina dışına yayılmasına yönelik faaliyetler ise defansif stratejilerin parçası olarak kabul edilir. Günümüzde yapılan araştırmalar sonucunda yeni öne sürülen görüşlere göre dahilden defansif veya dışarıdan agresif stratejik kiplerde çalışılabileceği değerlendirilmektedir. Hareketli yangınlar söz konusu olduğunda dahilden defansif stratejiler itfaiye teşkilatları için önemli bir seçenektir. Geniş ve yüksek yangın yüküne sahip çok katlı bir endüstriyel ya da ticari yapıda yangının diğer katlara veya komşu bölmelere geçmesini engellemek ana hedeftir. Bunu için hem dışarıdan hem içeriden sirayeti engellemeye yönelik eylemler öncelik arz eder. Geniş yekpare hacimlere sahip alanlarda agresif müdahaleler için oldukça fazla kaynak gerekir. Araçlar ile yanmanın olduğu kısım arasında çok mesafe vardır ve fazla sayıda hortum serilmesi gerekir. İtfaiyeciler yüksek sıcaklık ve yoğun duman içinde uzun süre çalışması gerekir. Çoğu zaman itfaiyeciler bu çalışmalarda birden fazla tüp tüketirler. Personelin hızlı yorulması, fazla miktarda temiz hava tüpü tüketimi ve yüksek debilerde su işlenmesi agresif müdahaleyi lojistik yükünü artırır. Yukarıdaki üç alandan birinde tedarik sorunu yaşandığında operasyonun verimliliği hızla düşer ve halihazırda alevlerin bastırıldığı kısımlarda yeniden alevlenme gerçekleşir. Harcanan yoğun emek ve kaynak zayi olur ve hatta yangının sirayet etmesine neden olabilir. Ancak defansif müdahaleler görece daha az suyla, personeli daha az ısı ve dumana maruz bırakarak ve fiziksel olarak daha az yorarak yürütülebilir. Olay yerine yeterli kaynaklar toplandığında yangının merkezine yönelik agresif söndürme faaliyetlerine başlanabilir.

Yapılan bazı bilimsel araştırmalar itfaiye teşkilatının kullandığı su debisine göre 3 farklı seviyede taktik yaklaşım sergilediğini ortaya koymuştur. Bunlar sırasıyla standart lans yaklaşımı, çeper yaklaşımı ve tam debi yaklaşımıdır. İtfaiye teşkilatının müdahale ettikleri yangınların bir çoğu standart lans yaklaşımıyla söndürülür. Bu yaklaşım 50 m²'ye kadar büyüklüğe sahip odalarda kullanılır. Çoğu zaman tek lansla müdahale edilir. 200 l/dk'lık su debisi kullanılır ve debi yoğunluğu 20 ila 50 l/m²/dk'ya ulaşabilir. Bu ölçekte itfaiyeciler suyu yangına ulaştırmakta sorun yaşamazlar. Çeşitli lans teknikleriyle suyu daha verimli kullanmaya çalışırlar çünkü suyu küçük damlacıklar halinde reaksiyon yüzeyine ulaştırmak görece kolaydır. Küçük hacimlerde hızla buharlaşan su, ortamı kolaylıkla inert hale getirerek alevli yanmayı ortadan kaldırır. Kısa süre içinde soğutma safhasına geçilir. İkinci taktik

yaklaşım çeper yaklaşımıdır. Bu yaklaşım 500 M²'ye kadar olan alanlarda 200 ile 1700 l/dk'lık debileri kapsar. Bu yaklaşımda itfaiyeciler yangını çevreleyerek uzak mesafeden yanan yüzeylere su işlemleri Her ne kadar suyu damlacıklar halinde verimli kullanmak mümkün olmasa da yanan yüzeylere suyu ulaştırmakta problem yaşanmadığı versayıdır. Üçüncü yaklaşım ise tam debi yaklaşımıdır. Bu yaklaşıma göre itfaiye teşkilatı dakikada 5000 litrelik debilere ulaşır. Ancak bu debilere ulaşıldığında genellikle yapısal hasar olduğu ve metrekaşe başına düşen debi yoğunluğunun 1 l/m²/dk'ya yaklaştığı görülmüştür. Bu kadar seyrek bir debiyle yangının söndürülmesi mümkün olmamaktadır. Bu sonuçlar farklı itfaiye teşkilatlarının yangınlarda kullandığı debilerin ölçülmesi sonucunda elde edilen istatistiksel verilerden çıkarılmıştır. Bu çalışma ile hareketli yangın teorisini bir araya getirdiğimizde itfaiye teşkilatlarının su tedarik planlaması için bir rehber elde edebiliriz.

Hareketli yangınlar yapısal bütünlüğü bozulmamış kapalı hacimlerde gerçekleşir. Bu nedenle hacim içinde duman patlamasını engellemeye yönelik standart lans tekniklerini (pulvarize atımlar, yanmayan yanıcı yüzeylerin ıslatılması, endirek su uygulaması vb) kullanmayı gerektirebilir. Ancak yangını söndürebilmek için alevlerin merkezine uzak mesafeden su işleyerek yanan yüzeyleri soğutmak gerekir. Bu çeper yaklaşımında çalışmayı gerektirir. Kapalı alan dahilinde çalışan her ekip için modelde öngörülen debiye sahip olmak gerekir. Şayet yanan yüzeylere 6l/m²/dklık debi yoğunluğu sağlanamaz ise söndürme çalışmasına başarı sağlanamaz ve hareketli yangın hava akış istikametinde ilerlemeye devam eder. Müdahale sürecini yöneten itfaiye amirleri yanmakta olan alanı 6 ile çarparak ihtiyaç duyacakları debi hakkında bir fikir edinebilirler. Söndürme ekipleri yanan yüzeylere bu yoğunlukta su işleyebilecek şekilde konumlandırılmalıdır.

Ekipler konumlandırılırken etraflarında kolay yanıcı maddelerin bulunmadığı, yapısal çökme riski taşımayan, radyant ve konvektif ısı akılarından korunabilecekleri kısımlar değerlendirilmelidir. Ekiplerin bu etkilerden korunamadıkları yerlere insansız monitörlerin değerlendirilmesi uygun olacaktır. Yarı bodrum ve giriş katlarında şartlar müsade ediyorsa iş makinesi marifetiyle uzak noktalardaki yanıcı maddelerin boşaltılması yöntemi uygulanabilir. Ya da aktarması gerçekleştirilemeyen artçı kenardaki söndürülmüş malzemeler dışarı alınabilir.

Hareketli yangın davranışı yapı içerisinde bir kez geliştiğinde itfaiye marifetiyle yangını söndürmek lojistik yükü ağır uzun bir operasyona neden olmakta ve toplum hayatında uzun süreli kesintilere neden olmaktadır. Hareketli yangınlar kontrollü yanmaya bırakıldığı takdirde sönmesi çok uzun sürer. Çatısı açılmış tek katlı büyük endüstriyel tesisler yüksek havalandırma faktörü ve dışarıdan su işleme imkanının olması nedeniyle daha kolay kontrol altına alınabilmektedir. Ancak kapalı hacim dahilinde hareketli yangınların temiz havaya erişimi yapının hali hazırda sahip olduğu açıklıklardan ibaret olduğundan müdahale edilmediği takdirde yangının yapı içindeki hareketini tamamlaması beklenmesi gerekir. Bu 1000 m²'nin üzerindeki yapılarda günler sürebilmektedir. Hareketli yangınlar doğru tasarlanmış ve bakımı düzgün sağlanan aktif yangın önlemleriyle daha başlangıç aşamasında kontrol altında tutulabilir. İtfaiye olay yerine vardığında standart lans yaklaşımı ile çözebileceği bir durumla karşılaşır.

Hareketli yangın teorisinin temel itfaiye eğitiminde ele alınması itfaiye personelinin bu davranışı başlangıç safhasında teşhis etmesini ve doğru su işleme tekniklerini seçmesini kolaylaştıracaktır. İtfaiye hizmetini sağlamakla mükellef yerel yönetimler hareketli yangınların itfaiye teşkilatı üzerinde yaratacağı lojistik baskıyı öngörerek uygun su tedarik altyapısını, ekipman ve lojistik desteği planlamalı ve sağlamalıdır.

Kaynaklar

1. Travelling Fires for Structural Design; Jamie Stern-Gottfried, Ph Thesis, University of Edinburgh

2. Rackauskaite, E., Bonner, M., Restuccia, F. *et al.* Fire Experiment Inside a Very Large and Open-Plan Compartment: x-ONE. *Fire Technol* **58**, 905–939 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01162-6>
3. Heidari, Mohammad, Rackauskaite, Egle, Bonner, Matthew, Christensen, Eirik, Morat, Sébastien, Mitchell, Harry, Kotsovinos, Panos, Turkowski, Piotr, Wegrzynski, Wojciech, Tofilo, Piotr, and Rein, Guillermo (2020). *Fire experiments inside a very large and open-plan compartment: x-TWO*. 11th International Conference on Structures in Fire (SiF2020), Online, 30 November - 2 December 2020. Brisbane, QLD Australia: The University of Queensland. <https://doi.org/10.14264/b666dc1>
4. Sårdqvist, S., Jonsson, A. & Grimwood, P. Three Different Fire Suppression Approaches Used by Fire and Rescue Services. *Fire Technol* **55**, 837–852 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0797-9>
5. Sårdqvist, IFIW 2019 Three Different modes of Firefighting http://www.cfbt-be.com/images/IFIW/2019/IFIW_2019_Sardqvist_Three_different_approaches_compressed.pdf
6. Grimwood, 2017, Eurofirefighter 2
7. Bengtsson, 2001, Enclosure Fires Swedish Rescue Services Agency,
8. Wegrzynski, Fire Science Show Podcast, Episode 27 Travelling Fires with Guillermo Rein <https://www.firescienceshow.com/027-travelling-fires-with-guillermo-rein/>
9. Rein, Travelling Fires for Structural Design, Online Lecture <https://www.youtube.com/watch?v=AhaF01aWcBo>
10. Jamie Stern-Gottfried, Guillermo Rein, Travelling fires for structural design—Part I: Literature review, *Fire Safety Journal*, 2012, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2012.06.003>.
11. Franz Richter, Panagiotis Kotsovinos, and Guillermo Rein, The Role of Chemistry and Physics in the Charring of Timber in Realistic Fires, <https://www.sfpe.org/publications/fpemagazine/fpeextra/fpeextra2018/fpeextraissue28>
12. Xu Dai, Stephen Welch, Asif Usmani, A critical review of “travelling fire” scenarios for performance-based structural engineering, *Fire Safety Journal*, Volume 91, 2017, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379711217301844>
13. NFPA 1700 A Guide for Structural Firefighting