

# MODERN YÜKSEK KATLI BİNALARDA YANGIN YÜKÜ VE YANGIN BÜYÜME KARAKTERİSTİKLERİ

Doç. Dr. Serdar SELAMET

Konut tipi binalarda çıkan yangınlar, ölümcül olmalarının yanında önemli ölçüde mülk kayıplarına da neden olurlar. Bir binada bulunan yanıcı madde miktarı, yangın yükü olarak adlandırılır ve ısı yayılımına en büyük katkısı yapan yüküdür. Yangın yükü, binalarda meydana gelen yangın olayının ne kadar yıkıcı olacağını da tanımlar. Yangın yükleri literatürde bulunan çalışmalar ve kodlarda önerilen rakamlar açısından büyük farklılıklar ve sapmalar göstermektedir. Bu nedenle, yangın yükü değerlerinin yeni çalışmalar ile belirlenerek güncel kalması büyük önem taşımaktadır. Ek olarak, yangın yükü (enerji) içeriği ve yangının şiddeti, ısı yayılım eğrilerinin büyüklüğüne bağlıdır. Bu eğriyi doğru şekilde oluşturmak için, ısı yayılımı sağlayan eşyaların her birinin ısı yayılım eğrilerinin doğru olarak çıkarılması kadar, bu eğrilerin uygun olarak birleştirilmesi de büyük önem taşımaktadır.

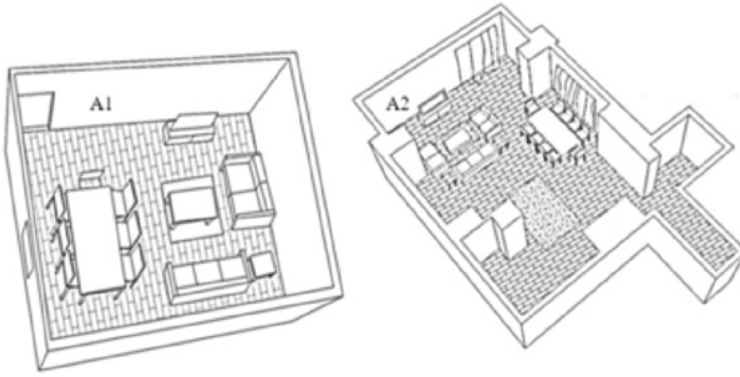
**Tablo 1**, literatürde bulunan oturma odası, yatak odası, mutfak ve dairelerin ortalama yangın yükü yoğunlukları göstermektedir. Genel olarak, literatürde bulunan yangın yükü yoğunluğu değerleri, Tablo 1'de de görüldüğü gibi, oturma odaları ve yatak odaları için nispeten birbirine yakındır. Mutfak yangın yükü yoğunluğu için ise literatürde daha geniş bir değer aralığı gözlemlenmiştir.

Uygun bir yangın güvenliği tasarımı gerçekleştirilebilmek için, iyi tanımlanmış bir konut tipi bina yangın yüküne sahip olmak gereklidir. Yangın yükü, yangın sırasında ortaya çıkan toplam enerji miktarıdır ve matematiksel olarak ısı salınımı

(yangın büyüme) eğrisinin altında kalan alan olarak tanımlanabilir. Tipik rezidans tipi evlerde yangın yükünün büyük çoğunluğunun oturma odası, yatak odası ve mutfaklardan kaynaklandığı bilinmektedir. Bu nedenle, bu çalışma da buralara yerleştirilen her bir eşyanın gerçek durumdaki ölçüleriyle ortaya çıkardığı enerjiler bulunmuş ve bu eşyaların odalarda bulunma durumlarına göre kompartmanların yangın yükleri çıkarılmıştır. Bu çıkarımlar sırasında deneylerde kullanılan eşya tiplerinin malzeme içerikleriyle, yangın yükü hesaplarında kullanılan eşya tiplerinin aynı oranda ve aynı malzeme içeriğine sahip oldukları, belirlenen eşya tipleri dışındaki eşyaların bu kompartmanlarda nadiren gözlemlenmesi nedeniyle hiç bulunmadığı gibi varsayımlar yapılmıştır. İstanbul'da bulunan 50 adet yüksek katlı konut tipi yapının belirlenen kompartmanlardaki eşya yerleşimleri, yerinde incelenerek ya da örnek kat planları üzerinden ölçüleri çıkarılarak belirlenmiştir. Buna göre oturma odasında bulunan eşya tipleri üçlü koltuk, ikili koltuk, yemek masası, sandalye, halı, perde, yan sehpa, orta sehpa, TV ünitesi, kapı ve parkedir. İncelenen oturma odalarının ortalama taban alanı 33.6 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Oturma odaları, taban alanları bakımından büyük farklılıklar gösterdiği için ikiye ayrılmıştır. 33.6 m<sup>2</sup> den küçük oturma odalarının ortalama yangın yükü 379 MJ/m<sup>2</sup> olarak hesaplanırken, 33.6 m<sup>2</sup> den büyük oturma odalarının ortalama yangın yükü 310 MJ/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. **Figür 1**'de örnek A1, A2 tipi oturma odası ve tipik oturma odası görseli sunulmuştur.

**Tablo 1. Literatürde dairelerde bulunan ortalama yangın yükleri.**

|                            | Oturma odası<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) | Yatak odası<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) | Mutfak<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) | Tüm Daire<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Eurocode 1 (8)             | -                                    | -                                   | -                              | 780                               |
| Holm and Oksanen (1)       | 354                                  | 505                                 | 511                            | 391                               |
| Campbell (2)               | 350                                  | 390                                 | 290                            | 320                               |
| Kumar and Rao (3)          | 429                                  | 495                                 | 673                            | 486                               |
| Chow et al. (4)            | -                                    | -                                   | -                              | 824                               |
| Hietaniemi and Mikkola (5) | 460                                  | 656                                 | 665                            | 509                               |
| Bwalya et al. (6)          | 600                                  | --                                  | --                             | --                                |
| Bwalya et al. (7)          | 412                                  | 564                                 | 807                            | --                                |



Min: 12.3 m<sup>2</sup>

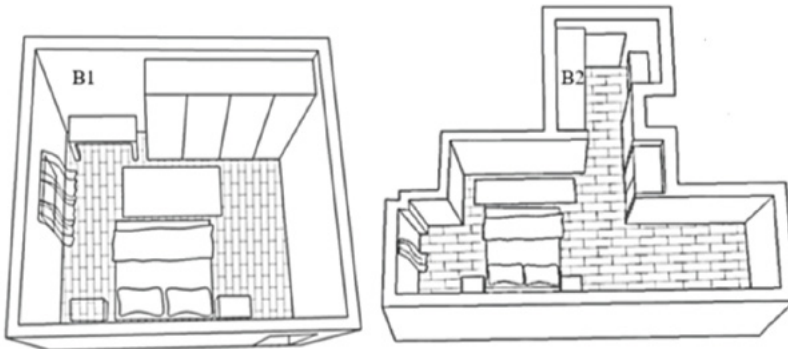
Max: 81.8 m<sup>2</sup>

Ortalama: 33.6 m<sup>2</sup>

Std. Sapma: 13.6 m<sup>2</sup>



**Figür 1. Örnek A1, A2 tipi oturma odası ve tipik oturma odası görseli.**



Min: 8.5 m<sup>2</sup>

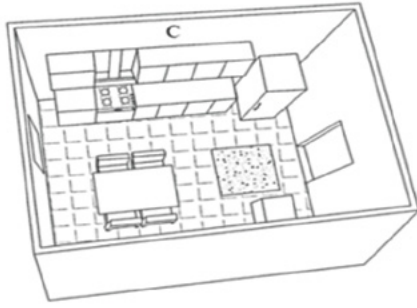
Max: 32.5 m<sup>2</sup>

Ortalama: 17.9 m<sup>2</sup>

Std. Sapma: 5.0 m<sup>2</sup>



**Figür 2. Örnek B1, B2 tipi yatak odası ve tipik yatak odası görseli.**

Min: 5.1 m<sup>2</sup>Max: 26.6 m<sup>2</sup>Ortalama: 11.8 m<sup>2</sup>Std. Sapma: 4.0 m<sup>2</sup>

**Figür 3. Örnek C tipi mutfak ve tipik mutfak görseli.**

İncelenen 50 yatak odası neticesinde, ortalama yatak odası taban alanı 17.9 m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Yatak odaları, taban alanları bakımından büyük farklılıklar gösterdiği için ikiye ayrılmıştır ve 17.9 m<sup>2</sup> den küçük yatak odalarının ortalama yangın yükü 650 MJ/m<sup>2</sup>, 17.9 m<sup>2</sup> den büyük yatak odalarının ortalama yangın yükü ise 518 MJ/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda kullanılan eşya tipleri ise elbise dolabı, yatak, elbise, halı, perde, şifonyer, parke, yastık gibi eşyalar olmuştur. **Figür 2**'de örnek B1, B2 tipi oturma odası ve tipik yatak odası görseli sunulmuştur.

Mutfaklarda taban alanı değişiminin, oturma ve yatak odasına göre daha az olduğu gözlemlenmiştir ve bu nedenle tek tip mutfak kullanılmıştır. İncelenen mutfaklar neticesinde, ortalama mutfak taban alanı 11.8 m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Mutfakta bulunan ortalama yangın yükü ise 552 MJ/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Mutfaklarda bulunan eşya tipleri ise mutfak dolapları, buzdolabı, bulaşık makinesi, perde, çöp kutusu, yiyecek, mutfak masası ve sandalyeler olarak belirlenmiştir. **Figür 3**'te örnek C tipi oturma odası ve tipik mutfak görseli sunulmuştur.

Çalışmada, odalarda bulunan mobilyalar arasındaki yangın yayılımını araştırabilmek için Yangın Dinamiği Simülatörü (FDS) kullanılmıştır. FDS kullanımdaki amaç; incelenen odalarda bulunan yanıcı maddelerin yangın büyüme eğrilerini, tutuşma ve yangın yayılma sürelerinin FDS sonuçlarını kullanarak tek bir (kümülatif) yangın büyüme eğrisinde birleştirmektir. Bu çalışmada 2 oturma odası, 2 yatak odası ve 1 mutfak (A1, A2, B1, B2 ve C-tipi odalar) olmak üzere 5 farklı yangın senaryosunun FDS modelleri oluşturulmuştur. Yangın yayılımı, yangın kaynağının konumundan ve yanıcı maddeler arasındaki mesafeden önemli ölçüde etkilenebilir. FDS modellerinde, mobilyaların kompartmanlara yerleşimi, araştırma yapılan dairelerde gözlemlenen ortak bulgulara göre yapılmıştır.

Analizlerde kullanılan tüm odaların 3.0 m net yüksekliğe sahip olduğu varsayılmıştır. Modellerdeki kullanılan açıklıklar, yangından analizinin devam edebilmesi için gerekli oksijen miktarının sağlanması amacıyla gerçek durumdan biraz daha büyüktür. Her oda için, anketlerden tahmin edilen ortalama bir açıklık alanı **Tablo 2**'de verilmiştir. Standart bir kapı açıklığı 2.0 m x 0.8 m (1.6 m<sup>2</sup>) olarak alınmıştır. Araştırmada pencere boyutları

**Tablo 2. Odalardaki açıklıklar ve karşılık gelen tutuşma değerleri.**

| Odalar                                    | FDS modellerindeki açıklıklar<br>(m <sup>2</sup> ) | Tam tutuşmada hesaplanan<br>HRR değeri (MW) |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| A1- oturma odası (< 33.6 m <sup>2</sup> ) | 2.8                                                | 7.3                                         |
| A2- oturma odası (> 33.6 m <sup>2</sup> ) | 4.4                                                | 4.0                                         |
| B1- yatak odası (< 17.9 m <sup>2</sup> )  | 2.6                                                | 4.3                                         |
| B2- yatak odası (> 17.9 m <sup>2</sup> )  | 2.6                                                | 3.0                                         |
| C- mutfak                                 | 2.6                                                | 2.7                                         |

ve sayıları genel olarak değişkenlik gösterse de modellerde en yaygın pencere açıklıkları kullanılmıştır. A1 (küçük) salon için 1.2 m x 1.0 m (1.2 m<sup>2</sup>) ölçülerinde bir pencere açıklığı, A2 (büyük) salon için 1.4 m x 1.0 m (toplam 2.8 m<sup>2</sup>) ölçülerinde iki pencere açıklığı varsayılmıştır. Yatak odası ve mutfak için de 1.0 m x 1.0 m (toplam 1.0 m<sup>2</sup>) ölçülerinde pencere açıklığı kullanılmıştır. Bu açıklıklar ile, Tablo 2’de görüldüğü gibi, tam tutuşmaya neden olma potansiyeline sahip olan ısı yayılım (HRR) değerleri tahmin edilmektedir.

Kompartman alanı ve açıklıklar dışında ilk yanan eşya seçimi de oda içinde yangın yayılımını önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. İlk yanan eşyalara tanımlanan ısı eğrileri, bu eşyaların modellerde aynı zamanda yangını başlatan ısı kaynağı olmasını sağlamaktadır. Eşyaların üzerlerine yerleştirilen ısı akısı aletleriyle odadaki diğer eşyaların tutuşma süreleri ve zamana bağlı ısı akısı değişimleri incelenmiş, 20 kW/m<sup>2</sup> değerine ulaşıldığında bu eşyaların yandığı varsayılmıştır. A1 tipi oturma odası modelinde ilk yanan eşya üçlü koltuk olarak seçilmiştir. 117. saniye de sandalye ve 133. saniye de ise orta sehpa ve halı birlikte tutuşarak 136. saniye de tam tutuşma gerçekleşmiştir. A2 tipi oturma odası modelinde, ilk yanan eşya üçlü koltuk olarak seçilmiştir. Tam tutuşma süresi 284 saniyeye olarak saptanırken, tam tutuşma gerçekleşmeden önce iki yan sehpa, iki adet ikili koltuk, orta sehpa, halı, TV ve TV ünitesi tutuşmuştur. Yatak odalarında ise ilk yanan eşya olarak yatak seçilmiştir. B1 tipi küçük yatak odasında tam tutuşma 90. saniye de gerçekleşirken, öncesinde 57. saniye de şifonyer ve 70. saniye de elbise dolabı tutuşmuştur. B2 tipi büyük yatak odasında 55. saniye de şifonyer, 136. ve 144. saniyeler arasında 3 farklı elbise dolabı ve 197. saniye de halı tutuşmuş, devamında tam tutuşma 200. saniye de gerçekleşmiştir. Mutfakta ilk yanan eşya olarak buzdolabı seçilmiştir. 699. saniye de üst mutfak dolabı tutuşmuştur. C tipi mutfakta ise tam tutuşma süresi 752 saniye olarak belirlenmiştir.

Tam tutuşma oluşmadan yanan eşyaların ısı yayılım eğrilerinin tutuştıkları sürede eklenmesi ve tam tutuşma anında bütün eşyaların yandığı kabulüyle bu nokta da eklenmesiyle, yangın analizleri yapılan 5 örnek kompartman için yangın yayılım eğrileri oluşturulmuştur. **Figür 4**’te bu eğriler verilmiştir.

Bu çalışmadan çıkarılabilecek sonuçlar şöyle sıralanabilir:

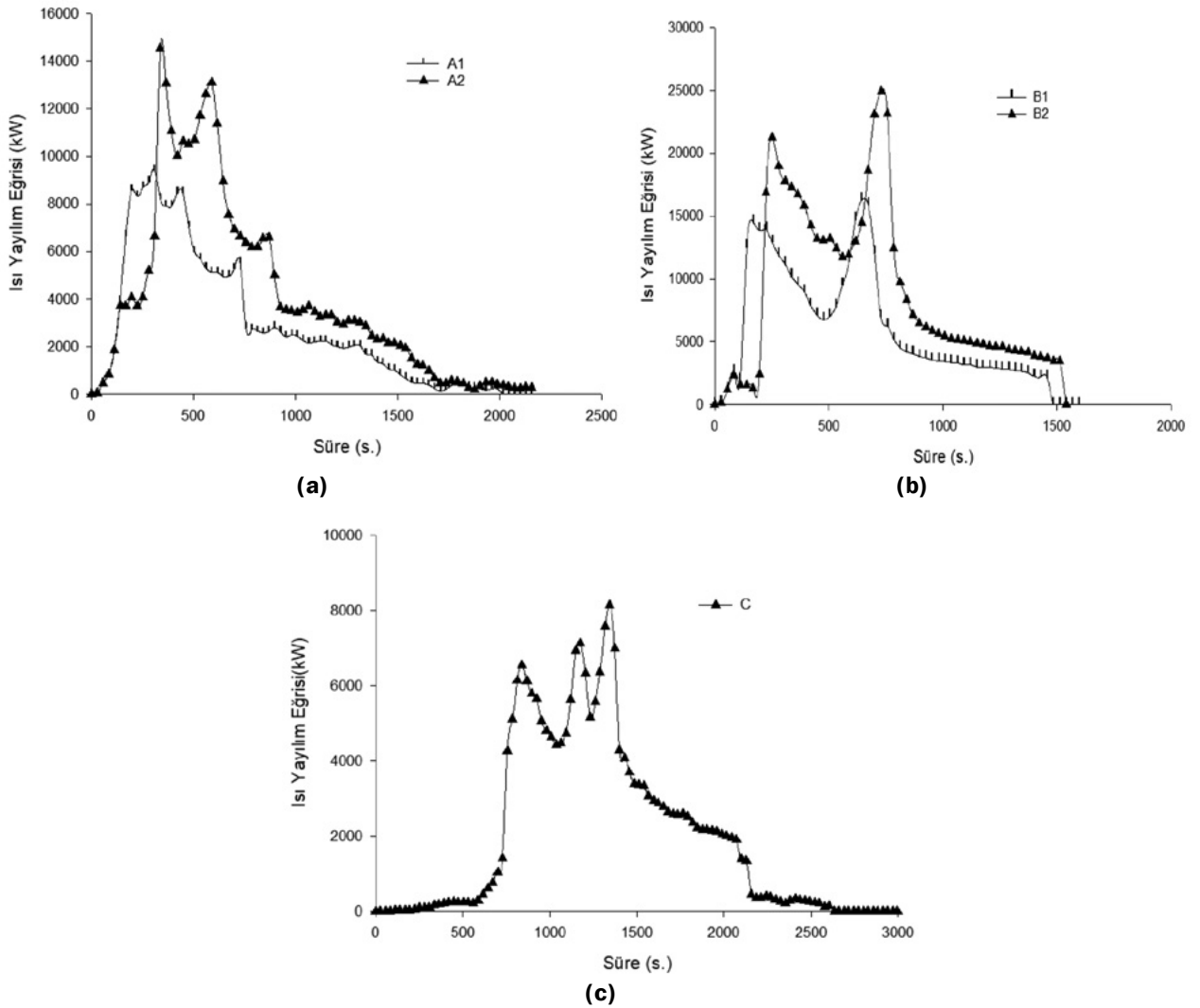
- Yatak odaları en yüksek yangın yükü yoğunluğuna sahiptir, ardından mutfak gelir. Oturma odaları en yüksek enerji içeriğine sahiptir.

- Yanıcı maddelerin ısı yayma oranları, tepe değerlerine göre değişir. Yatak odaları en yüksek tepe değerine sahip ısı yayma oranlarına sahiptir. İncelenen odalar da yangın en fazla 30 dakika sürmüştür.

- FDS simülasyonları vaka bazlı olmasına ve yangın büyümesi büyük ölçüde mobilya düzeni ve açıklıklar gibi kısıtlayıcı faktörlere bağlı olmasına karşın, FDS modellerinden elde edilen sonuçlar, yanıcı maddelerin tutuşma süreleri hakkında genel bilgiler sağlamaktadır. FDS analiz sonuçları, yangın yayılımının başlamasını yatak odası için 1 dakika, oturma odası için 2 dakika ve mutfak için ise 11 dakika olarak ortaya koymuştur. Ayrıca, büyük oturma odası ve yatak odasında tam tutuşma sürelerinde, küçük oturma odası ve yatak odasına göre dikkate değer bir kayma gözlemlenmiştir.

- Yangın yükü araştırmaları ve FDS sonuçları kullanılarak oturma odası, yatak odası ve mutfak için oluşturulan kümülatif yangın büyüme eğrileri, daha gerçekçi oda yangını simülasyonları gerçekleştirmek için girdi olarak kullanılabilir.

İlerleyen çalışmalar da deterministik yaklaşıma bağlı olarak oluşan kısıtlamaların giderilmesi amacıyla, olasılıksal yaklaşım ile de yangın büyüme eğrileri oluşturulması hedeflenmektedir.



**Figür 4. a.) Oturma odası, b.) Yatak odası ve c.) Mutfak için oluşturulan oda eğrileri.**

## Referanslar

1. C. Holm, P. Oksanen, Palokuorman määra kerrostalojen asuinhuoneistoissa, Palontorjuntateknikka 2 (1970) 1-4.
2. J. A. Campbell, Confinement of Fire in Buildings, NFPA, USA, 1981.
3. S. Kumar, C.V.S. Rao, Fire load in residential buildings, Building and Environment 30 (1995) 299-305.
4. W. K. Chow, S. Y. Ngan, G. C. H. Lui, Movable fire load survey for old residential highrise buildings in Hong Kong, WIT Transactions on the Built Environment 94 (2007) 215-222.
5. J. Hietaniemi, E. Mikkola, Design Fire for Fire Safety Engineering, VTT, Finland, 2010.
6. A. C. Bwalya, M. A. Sultan, N. Bénichou, A Pilot Survey of Fire Loads in Canadian Homes, Institute for Research in Construction, Ottawa, Canada, 2004.
7. A. Bwalya, G. Loughheed, A. Kashef, H. Saber, Survey results of combustible contents and floor areas in Canadian multi-family dwellings, Fire Technology 47 (2011) 1121-1140.
8. EN 1991-1-2, Eurocode 1: Actions on Structures-Part 1.2: General Actions-Actions on structures exposed to fire, European Committee for Standardization (2002).