

**175773**

**YANAN BİNADAN KARŞISINDAKİ BİNAYA İŞİNIMLA YANGIN  
YAYILIMININ ÖNLENMESİ İÇİN GÜVENLİ SINIR MESAFESİNİN  
BELİRLENMESİNDE BİR MODEL ÖNERİSİ**

**DOKTORA TEZİ**  
**Y. Mimar Nuri SERTESER**  
**(502930204012)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Kasım 2003**  
**Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Şubat 2004**

**Tez Danışmanı :**

**Prof.Dr. Zerrin YILMAZ**

**Diğer Jüri Üyeleri**

**Prof.Dr. Mehmet Ş. KÜÇÜKDOĞU (İ.T.Ü.)**

**Prof.Dr. Abdurrahman KILIÇ (İ.T.Ü.)**

**Prof. Güner YAVUZ (Y.T.Ü.)**

**Prof.Dr. Halit Yaşa ERSOY (M.S.Ü.)**

**MART 2004**

## ÖNSÖZ

Gelişmekte olan ülkemizde yangın olayı sıkça yaşanmakla birlikte önemi yeterince kavranabilmiş değildir. Yangınların gözle görünür etkilerinin dışında ortaya koyduğu maddi ve manevi kayıplar küçümsenmeyecek boyutlardadır. Yangınların oluşumunda etkili olan nedenlerin en aza indirgenebilmesi için, nelerin yangına sebep olabileceğinin bilinmesi gerekir. Bir binada başlayan ve büyüyen yangın, kolaylıkla kısa süre içerisinde bitişindeki ve/veya karşısındaki binayı da etkileyerek tutuşmasına neden olur. Özellikle yoğun dokuya sahip yerleşmelerde başlayabilecek bir yangının, gerekli önlemlerin alınmadığı binalar arasında kolayca yayılması kaçınılmazdır. Karşılıklı yerleştirilmiş eski, yeni binaların yer aldığı dar sokaklarda özellikle yangın açısından yüksek risk içeren kullanımların yer alması halinde oluşacak tahribat daha da büyük olacaktır. Bir yangının karşısındaki binaya geçişindeki en etkili ısı transferi yollarından birisi de ışıdır. Işıdının görünmez yayılma biçimi nedeniyle oluşturduğu etki geç farkedilebilir. Karşılıklı yerleştirilen binaların ışıdın etkisiyle tutuşmaması için binaların aralarında yeterli mesafeler bırakılması gereklidir. Bu mesafeler, çeşitli ülkelerin yapı yönetmeliklerinde yer almıştır. Ancak bizde henüz ulusal anlamda yeni uygulanmasına başlanılan “Binaların Yangından Kornması Hakkında Yönetmelik” de, binalar arasında ışıdın etkisiyle yangın yayılımı hakkında ve binalar arasında bırakılması gereken yeterli mesafeye ilişkin veri bulunmamaktadır. Yeterli mesafe hesapları, yaygın olarak kullanılan çeşitli metotlara göre yapılabilir. Ancak her metodun konuyu ele alışında kabul ettiği kriterlerin farklı oluşu nedeniyle ortaya çıkan sonuçlar çeşitli olabilmektedir. Bu nedenle bu metotlardan yola çıkılarak yeterli ara belirlenmesinde kullanılabilecek yeni bir model önerilmiştir.

Bu çalışmam sırasında bana tez sürem boyunca danışmanlık yaparak yönlendiren hocam Sn.Prof.Dr.Zerrin Yılmaz’a, yangın konusunda derin bilgilerinden faydalanma fırsatını veren İ.T.Ü. Makina Fakültesi öğretim üyesi Sn.Prof.Dr.Abdurrahman Kılıç ve Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi öğretim üyelerinden Sn.Prof.Güner Yavuz’ a, çalışmalarım içerisinde fikir alış verişinde bulunup yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşım Y.Mimar Mustafa Özgünler’e ve Mak.Müh.Mete Akçadağ’ a, bilgisayarla ilgili sorunlarımda yardımcı olan arkadaşım Sn.İnş.Y.Müh.Haluk Sesigür’e ve diğer emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Mart 2004

Nuri SERTESER

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                |             |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>TABLO LİSTESİ</b>                                                           | <b>v</b>    |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b>                                                           | <b>vii</b>  |
| <b>SEMBOL LİSTESİ</b>                                                          | <b>ix</b>   |
| <b>ÖZET</b>                                                                    | <b>xi</b>   |
| <b>SUMMARY</b>                                                                 | <b>xiii</b> |
| <b>1. GİRİŞ</b>                                                                | <b>1</b>    |
| <b>1.1. Ele Alınan Problemin Tanımlanması</b>                                  | <b>2</b>    |
| <b>1.2. Çalışmanın Amacı</b>                                                   | <b>2</b>    |
| <b>1.3. Binalar Arasında Yangın Yayılımıyla İlgili Mevcut Çalışmalar</b>       | <b>3</b>    |
| 1.3.1. Yurt Dışında Yapılmış Çalışmalar                                        | 3           |
| 1.3.2. Yurt İçinde Yapılmış Çalışmalar                                         | 3           |
| <b>1.4. Tezin Kapsamı ve Sınırlamaları</b>                                     | <b>4</b>    |
| <b>2. YANGININ YAYILMASINDA ETKİLİ OLAN PARAMETRELER</b>                       | <b>5</b>    |
| <b>2.1. Yangının Yayılması</b>                                                 | <b>5</b>    |
| 2.1.1. Yangının Bina İçinde Yayılması                                          | 6           |
| 2.1.2. Yangının Binalar Arasında Yayılması                                     | 8           |
| <b>2.2. Binalar Arasında Yangının Yayılma Biçimleri</b>                        | <b>9</b>    |
| 2.2.1. Uçucu Yanar Parçacıklar                                                 | 9           |
| 2.2.2. Alev Teması                                                             | 10          |
| 2.2.3. Taşınım (Konveksiyon)                                                   | 10          |
| 2.2.4. Işınım (Radyasyon)                                                      | 10          |
| <b>2.3. Yangında Isı Işınımının Oluşumunda Etkili Olan Parametreler</b>        | <b>11</b>   |
| 2.3.1. Yangın Sıcaklığı                                                        | 12          |
| 2.3.2. Yapısal Yangın Yüğü                                                     | 16          |
| 2.3.3. Yangın Kompartmanının Özellikleri                                       | 17          |
| <b>2.4. Binalararası Işınım Yayılmasında Etkili Olan Parametreler</b>          | <b>18</b>   |
| 2.4.1. Yayılan Alevlerin Erişim Mesafesi                                       | 18          |
| 2.4.2. Yayıcılık                                                               | 21          |
| 2.4.3. Şekil Faktörleri (configuration factors)                                | 22          |
| <b>2.5. Yapılar Arasında Işınım Yoluyla Tutuşmada Etkili Olan Parametreler</b> | <b>24</b>   |
| 2.5.1. Cephe Malzemesinin Fiziksel Özellikleri                                 | 24          |
| 2.5.2. Tutuşma Zamanı                                                          | 26          |

|                                                                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3. ÇEŞİTLİ ULUSAL YANGIN YÖNETMELİKLERİNDE İŞİNIMLA YANGININ YAYILMASININ ELE ALINIŞ BİÇİMLERİ</b>           | <b>28</b>  |
| 3.1. Avustralya Yangın Yönetmeliği                                                                              | 28         |
| 3.2. Kanada Yangın Yönetmeliği                                                                                  | 31         |
| 3.3. İngiltere&Galler Yangın Yönetmeliği                                                                        | 32         |
| 3.4. Yeni Zelanda Yangın Yönetmeliği                                                                            | 38         |
| 3.5. İsveç Yangın Yönetmeliği                                                                                   | 43         |
| 3.6. A.B.D. Yangın Yönetmeliği                                                                                  | 46         |
| 3.7. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik                                                          | 46         |
| <b>4. GÜVENLİ SINIR MESAFELERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILABİLECEK HESAP METOTLARI</b>                          | <b>47</b>  |
| 4.1. Dikdörtgene Alma Metodu (Enclosing Rectangles)                                                             | 47         |
| 4.2. Toplam Kavramsal Alan Metodu (Aggregate Notional Areas)                                                    | 49         |
| 4.3. Peter Collier Metodu                                                                                       | 53         |
| 4.4.. C.R. Barnett Metodu                                                                                       | 56         |
| 4.5. Williams-Leir Metodu                                                                                       | 59         |
| 4.6. J.H. McGuire Metodu                                                                                        | 60         |
| 4.7. NFPA 80A Metodu                                                                                            | 62         |
| 4.8. Hesap Metotlarının Tartışılması                                                                            | 68         |
| <b>5. GÜVENLİ SINIR MESAFELERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILABİLECEK YENİ BİR HESAPLAMA MODELİ</b>                | <b>72</b>  |
| 5.1. Önerilen Yeni Modelin Adımları                                                                             | 74         |
| 5.2. Yeni Modelin İstanbul'da Örnek Binalara Uygulanarak Diğer Hesap Metotlarıyla Karşılaştırılması             | 76         |
| 5.2.1. Uygulama Çalışması 1: Uygulama Çalışması 1: Ahşap ve Kargir Cepheli İki Eski Konut Binasının İncelenmesi | 77         |
| 5.2.2. Uygulama Çalışması 2: Kargir Cepheli Modern Konut Binasının İncelenmesi                                  | 103        |
| 5.2.3. İnceleme Sonuçlarının Tartışılması                                                                       | 115        |
| <b>6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER</b>                                                                                  | <b>127</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                                                                                | <b>130</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                                                                                 | <b>133</b> |

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa No

|                  |                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 2.1</b> | : Değişik malzemelerin ısı değerleri ve ısı akıları .....                                                                                                                                | 17 |
| <b>Tablo 2.2</b> | : Çeşitli malzemelerin alevlerine ait emicilik değerleri .....                                                                                                                           | 22 |
| <b>Tablo 2.3</b> | : Bire bir ölçekli ve laboratuvar ölçekli yangına dayanıklı boyalı ve boyasız ahşap duvar modelleri üzerinde yapılan deneylere göre, tutuşmaya neden olan kritik ısıtım seviyeleri ..... | 26 |
| <b>Tablo 2.4</b> | : Janssen' in modelinden elde edilen çeşitli ağaç türlerine ait özellikler. ....                                                                                                         | 27 |
| <b>Tablo 3.1</b> | : Farklı araziler üzerindeki binalar arasındaki gerekli mesafeler ve maksimum ısıtım şiddeti değerleri .....                                                                             | 30 |
| <b>Tablo 3.2</b> | : Aynı arazide yer alan binalar arasındaki gerekli mesafe ve maksimum ısıtım şiddeti değerleri .....                                                                                     | 30 |
| <b>Tablo 3.3</b> | : Ayırım mesafeleri ve maksimum korunmamış alan büyüklükleri ....                                                                                                                        | 36 |
| <b>Tablo 3.4</b> | : Ayırım mesafeleri ve izin verilebilir korunmamış alan büyüklükleri                                                                                                                     | 37 |
| <b>Tablo 3.5</b> | : Binaların yangın tehlike kategorileri ve yangın yükü enerji yoğunlukları .....                                                                                                         | 39 |
| <b>Tablo 3.6</b> | : Bina aralıkları ve çok üniteli sprinkler tesisatı olmayan konut tipi binalar ve geçici yerleşime sahip binalar için maksimum korunmamış alan büyüklükleri.....                         | 41 |
| <b>Tablo 3.7</b> | : 1. Yangın tehlikesi sınıfında yer alan ve sprinkler tesisatı bulunmayan binaların toplam duvar alanları ile orantılı olarak bina aralıkları ve korunmamış alan büyüklükleri.....       | 41 |
| <b>Tablo 3.8</b> | : İlgili sınır ve korunmamış alanlar arasındaki çeşitli mesafeler için çarpım değerleri.....                                                                                             | 42 |
| <b>Tablo 3.9</b> | : Yangın duvarlarının performans gereksinimleri .....                                                                                                                                    | 45 |
| <b>Tablo 4.1</b> | : İlgili sınır üzerinde yer alan referans noktalarıyla korunmamış alanlar arasındaki değişik mesafeler için çarpım değerleri .....                                                       | 52 |
| <b>Tablo 4.2</b> | : Komşu binanın cephesinde izin verilebilir maksimum ısıtım değerleri .....                                                                                                              | 55 |
| <b>Tablo 4.3</b> | : Yangın şiddet grupları ve kriterler .....                                                                                                                                              | 63 |
| <b>Tablo 4.4</b> | : Ayırım mesafelerinin belirlenmesinde kullanılan rehber sayılar .....                                                                                                                   | 64 |
| <b>Tablo 4.5</b> | : Yanıcı ve çatısı yangına dayanıklı olmayan bir bina için gerekli ayırım mesafesi veya korunma yüksekliği .....                                                                         | 67 |
| <b>Tablo 4.6</b> | : Hesaplama metotlarının benzer ve farklı yönleri .....                                                                                                                                  | 69 |
| <b>Tablo 5.1</b> | : Barnett metoduna göre güvenli sınır mesafeleri.....                                                                                                                                    | 84 |
| <b>Tablo 5.2</b> | : Collier metoduna göre güvenli sınır mesafeleri .....                                                                                                                                   | 86 |
| <b>Tablo 5.3</b> | : Dikdörtgene alma (Enclosing rectangles) metoduna göre sınır mesafeleri .....                                                                                                           | 87 |
| <b>Tablo 5.4</b> | : NFPA 80A'ya göre güvenli sınır mesafeleri.....                                                                                                                                         | 88 |
| <b>Tablo 5.5</b> | : Yeni hesap modeline göre güvenli sınır mesafeleri .....                                                                                                                                | 89 |
| <b>Tablo 5.6</b> | : Çeşitli hesaplama metotlarına göre ele alınan ahşap cepheli eski bir konut örneği için elde edilmiş güvenli sınır mesafe değerleri .....                                               | 90 |

|                   |                                                                                                                                               |     |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 5.7</b>  | : Barnett metoduna göre güvenli sınır mesafeleri .....                                                                                        | 97  |
| <b>Tablo 5.8</b>  | : Collier metoduna göre güvenli sınır mesafeleri .....                                                                                        | 99  |
| <b>Tablo 5.9</b>  | : Dikdörtgene alma (Enclosing rectangles) metoduna göre sınır mesafeleri .....                                                                | 100 |
| <b>Tablo 5.10</b> | : NFPA 80A'ya göre güvenli sınır mesafeleri.....                                                                                              | 101 |
| <b>Tablo 5.11</b> | : Yeni hesap modeline göre güvenli sınır mesafeleri .....                                                                                     | 102 |
| <b>Tablo 5.12</b> | : Çeşitli hesaplama metotlarına göre ele alınan kargir cepheli eski bir konut örneği için elde edilmiş güvenli sınır mesafe değerleri .....   | 103 |
| <b>Tablo 5.13</b> | : Barnett metoduna göre güvenli sınır mesafeleri .....                                                                                        | 109 |
| <b>Tablo 5.14</b> | : Collier metoduna göre güvenli sınır mesafeleri .....                                                                                        | 111 |
| <b>Tablo 5.15</b> | : Dikdörtgene alma (Enclosing rectangles) metoduna göre sınır mesafeleri .....                                                                | 112 |
| <b>Tablo 5.16</b> | : NFPA 80A'ya göre güvenli sınır mesafeleri.....                                                                                              | 113 |
| <b>Tablo 5.17</b> | : Yeni hesap modeline göre güvenli sınır mesafeleri .....                                                                                     | 114 |
| <b>Tablo 5.18</b> | : Çeşitli hesaplama metotlarına göre ele alınan kargir cepheli modern bir konut örneği için elde edilmiş güvenli sınır mesafe değerleri. .... | 115 |
| <b>Tablo 5.19</b> | : İncelenen örnek binalar için güvenli sınır mesafe değerleri.....                                                                            | 115 |
| <b>Tablo 5.20</b> | : Yeni hesaplama modeline göre güvenli sınır mesafe değerleri $T_{ortam}=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .....                                    | 120 |
| <b>Tablo 5.21</b> | : Yeni hesaplama modeline göre güvenli sınır mesafe değerleri $T_{ortam}=60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .....                                    | 121 |
| <b>Tablo 5.22</b> | : Çeşitli bina dışı çevre sıcaklığı değerleri için güvenli sınır mesafesi değerleri.....                                                      | 122 |

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa No

|            |                                                                                                                                                                                                                |     |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 2.1  | : Dalga boyunun fonksiyonu olarak 1200 °C’ deki siyah bir cismin ışıınım yoğunluğu ve çeşitli ışıınım türleri.....                                                                                             | 11  |
| Şekil 2.2  | : Yangın yükü değeri 50 ve 800 MJ/m <sup>2</sup> arasındaki İsveç zaman-sıcaklık eğrilerinden örnekler = 0.08 m <sup>1/2</sup> , duvar kalınlığı = 0.2 m., k = 0.8 W/mK ve ρc = 1700 kJ/m <sup>3</sup> K ..... | 13  |
| Şekil 2.3  | : Hava akımı olmayan durumlar için alev şekli.....                                                                                                                                                             | 19  |
| Şekil 2.4  | : Şekil faktörünün belirlenmesi .....                                                                                                                                                                          | 23  |
| Şekil 3.1  | : İlgili sınıra bakan bina dış duvarları.....                                                                                                                                                                  | 34  |
| Şekil 3.2  | : “Ayna imajı (mirror image)” Kavramı.....                                                                                                                                                                     | 35  |
| Şekil 3.3  | : Metot 1’ in Prensipleri.....                                                                                                                                                                                 | 36  |
| Şekil 4.1  | : Korunmamış alanların dikdörtgene alma metoduyla ifadesi.....                                                                                                                                                 | 47  |
| Şekil 4.2  | : Kavramsal alan protraktörünün oluşturulması .....                                                                                                                                                            | 50  |
| Şekil 4.3  | : Başka doğrultuya bakan alanlar .....                                                                                                                                                                         | 51  |
| Şekil 4.4  | : Yangın duvarı tarafından engellenen alanlar .....                                                                                                                                                            | 51  |
| Şekil 4.5  | : Dolaylı olarak görülebilen alanlar .....                                                                                                                                                                     | 52  |
| Şekil 4.6  | : Cephe üzerindeki korunmamış alanların referans düzlemine yansıtılması.....                                                                                                                                   | 54  |
| Şekil 4.7  | : Şekil faktörü ve ışıınım mesafesi .....                                                                                                                                                                      | 56  |
| Şekil 5.1  | : Zeyrek, Parmaklık sokak vaziyet planı .....                                                                                                                                                                  | 77  |
| Şekil 5.2  | : Güvenli sınır mesafe belirlenmesi için incelenen ahşap cepheli eski bina örneği.....                                                                                                                         | 79  |
| Şekil 5.3  | : Tüm açıklıkları kapsayan dikdörtgen .....                                                                                                                                                                    | 80  |
| Şekil 5.4  | : Çıkmanın üzerindeki pencereyi kapsayan dikdörtgen .....                                                                                                                                                      | 80  |
| Şekil 5.5  | : Çıkmanın sol tarafındaki üç pencereyi kapsayan dikdörtgen.....                                                                                                                                               | 81  |
| Şekil 5.6  | : Üst kat pencerelerinin tümünü kapsayan dikdörtgen .....                                                                                                                                                      | 81  |
| Şekil 5.7  | : Zeminkat pencerelerini kapsayan dikdörtgen .....                                                                                                                                                             | 82  |
| Şekil 5.8  | : Zeminkat pencerelerini ve giriş kapısını kapsayan dikdörtgen.....                                                                                                                                            | 82  |
| Şekil 5.9  | : Referans düzlemi ve bina cephesi .....                                                                                                                                                                       | 85  |
| Şekil 5.10 | : Güvenli sınır mesafe belirlenmesi için incelenen kargir cepheli eski bina örneği.....                                                                                                                        | 91  |
| Şekil 5.11 | : Cephedeki tüm açıklıkları kapsayan dikdörtgen .....                                                                                                                                                          | 92  |
| Şekil 5.12 | : 1.kattaki tek pencereyi kapsayan dikdörtgen .....                                                                                                                                                            | 93  |
| Şekil 5.13 | : 1.kattaki iki pencereyi kapsayan dikdörtgen .....                                                                                                                                                            | 93  |
| Şekil 5.14 | : 1. ve 2. kattaki dört pencereyi kapsayan dikdörtgen .....                                                                                                                                                    | 94  |
| Şekil 5.15 | : 1, 2 ve 3. kattaki altı pencereyi kapsayan dikdörtgen .....                                                                                                                                                  | 94  |
| Şekil 5.16 | : Giriş kapısı ve zeminkattaki iki pencereyi kapsayan dikdörtgen.....                                                                                                                                          | 95  |
| Şekil 5.17 | : Giriş, zemin ve bodrumkattaki pencereleri kapsayan dikdörtgen .....                                                                                                                                          | 95  |
| Şekil 5.18 | : Ataşehir, 1. Etap, Tekfen 48 Ada Vaziyet Planı .....                                                                                                                                                         | 104 |
| Şekil 5.19 | : Güvenli sınır mesafe belirlenmesi için incelenen kargir cepheli modern bina örneği.....                                                                                                                      | 105 |

|                   |                                                                                                       |     |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 5.20</b> | : İncelemesi yapılan modern bina örneğinin uygulama için seçilen normalkat cephesi.....               | 105 |
| <b>Şekil 5.21</b> | : Salonun yemek bölümü duvarında yer alan pencereyi kapsayan dikdörtgen.....                          | 106 |
| <b>Şekil 5.22</b> | : Salonun oturma bölümündeki pencereyi kapsayan dikdörtgen.....                                       | 107 |
| <b>Şekil 5.23</b> | : Yatak odası duvarındaki çift kanatlı kapıyı kapsayan dikdörtgen ....                                | 107 |
| <b>Şekil 5.24</b> | : Salon pencerelerini kapsayan dikdörtgen.....                                                        | 107 |
| <b>Şekil 5.25</b> | : Dairenin ön cephesindeki tüm pencereleri ve kapıyı kapsayan dikdörtgen.....                         | 108 |
| <b>Şekil 5.26</b> | : Collier metoduna göre referans düzleminin belirlenmesi .....                                        | 110 |
| <b>Şekil 5.27</b> | : Ahşap cepheli eski konut binası için çeşitli hesap metotlarına göre sınır mesafe değerleri .....    | 116 |
| <b>Şekil 5.28</b> | : Ahşap cepheli eski konut binası için çeşitli hesap metotlarına göre sınır mesafe değerleri .....    | 116 |
| <b>Şekil 5.29</b> | : Kargir cepheli modern konut binası için çeşitli hesap metotlarına göre sınır mesafe değerleri ..... | 117 |
| <b>Şekil 5.30</b> | : Sıcaklık değerindeki değişimlere göre sınır mesafesi değerleri .....                                | 122 |
| <b>Şekil 5.31</b> | : Barnett metoduna göre açıklık oranlarına göre sınır mesafesi değişimleri.....                       | 123 |
| <b>Şekil 5.32</b> | : Collier metoduna göre açıklık oranlarına göre sınır mesafesi değişimleri.....                       | 124 |
| <b>Şekil 5.33</b> | : Dikdörtgene alma metoduna göre açıklık oranlarına göre sınır mesafesi değişimleri.....              | 124 |
| <b>Şekil 5.34</b> | : NFPA 80A metoduna göre açıklık oranlarına göre sınır mesafesi değişimleri.....                      | 125 |
| <b>Şekil 5.35</b> | : Korunmamış alan yüzdesinin değişimine göre güvenli sınır mesafe değerleri.....                      | 125 |

## SEMBOL LİSTESİ

|                |                                                                                                        |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $P$            | : Birim alandan yayılan ışıınım ( $W/m^2$ )                                                            |
| $\varepsilon$  | : Işıınım yayan yüzeyin yayıcılığı                                                                     |
| $\sigma$       | : Stefan-Boltzman sabiti = $5.67 \times 10^{-12} W/m^2K^4$                                             |
| $T$            | : Objenin sıcaklığı ( $^{\circ}K$ )                                                                    |
| $T_o, T_a$     | : Bina dış çevre sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )                                                             |
| $t, t_m$       | : Zaman, ASTM E119' da saat, ISO 834' de dakika cinsinden                                              |
| $A_{tot}$      | : Kabuğun tüm iç yüzey alanı ( $m^2$ )                                                                 |
| $A_T$          | : Toplam döşeme, tavan ve duvar alanı – toplam pencere alanı ( $m^2$ )                                 |
| $A_W$          | : Tüm duvar yüzeylerindeki toplam pencere alanları ( $m^2$ )                                           |
| $h$            | : Pencere yüksekliği ve tüm dış duvar yüzeylerindeki pencere yüksekliklerinin ağırlıklı ortalaması (m) |
| $L$            | : Yangın yükü (kg)                                                                                     |
| $z_1$          | : Bina dışında pencere üzerindeki alev uzunluğu (m)                                                    |
| $H$            | : Pencere yüksekliği (m)                                                                               |
| $W, w$         | : Pencere genişliği (m)                                                                                |
| $R$            | : Yanma hızı (kg/s)                                                                                    |
| $A_o$          | : Açıklık alanı ( $m^2$ )                                                                              |
| $T_z$          | : Alev eksenı boyunca $l$ mesafesindeki sıcaklık ( $^{\circ}K$ )                                       |
| $l$            | : Eksen boyunca uzaklık (m)                                                                            |
| $a$            | : Emicilik katsayısı                                                                                   |
| $\lambda$      | : Alev kalınlığı (m)                                                                                   |
| $x$            | : $H_f/r$                                                                                              |
| $y$            | : $W_f/r$                                                                                              |
| $H, H_f$       | : Dikdörtgenin yüksekliği (m)                                                                          |
| $W, W_f$       | : Dikdörtgenin genişliği (m)                                                                           |
| $r$            | : Yayıcı kaynak ve alıcı arası uzaklık (m)                                                             |
| $q_{cr}$       | : Kritik ışıınım ( $kW/m^2$ )                                                                          |
| $h_{ig}$       | : Isı transfer katsayısı ( $W/m^2K$ )                                                                  |
| $t_{ig}$       | : Tutuşma süresi (s)                                                                                   |
| $q''_{o,ig}$   | : Tutuşma için kritik akı ( $kW/m^2$ )                                                                 |
| $q''_e$        | : Ölçülen etkileyici akı ( $kW/m^2$ )                                                                  |
| $h$            | : Isı kayıp katsayısı ( $kW/m^2K$ )                                                                    |
| $k_{pc}$       | : Isıl atalet ( $kJ/s/m^2K$ )                                                                          |
| $R$            | : Şekil 4.7' den alınan ışıınım mesafesi (m)                                                           |
| $P$            | : Yansıma mesafesi (m)                                                                                 |
| $A_e$          | : Korunmamış alanı içeren dikdörtgenin alanı (enclosing rectangle) ( $m^2$ )                           |
| $I_{RC}$       | : Alınan ışıınının kritik değeri ( $kW/m^2$ )                                                          |
| $\phi, \phi_n$ | : Dikdörtgen alanın (enclosing rectangle) şekil faktörü.                                               |
| $I$            | : Işıınıma maruz kalan bina cephesinde alınan ışıınım ( $kW/m^2$ )                                     |

|                          |                                                                         |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| $I_{EC}, I_s, q$         | : Yayılan ısıtım miktarı (kW/m <sup>2</sup> )                           |
| $I_{TEG}, I_{\infty}, I$ | : Yayılan toplam ısıtım miktarı (kW/m <sup>2</sup> )                    |
| $T_2$                    | : Yangın kompartmanının sıcaklığı (°K)                                  |
| $T_1$                    | : Bina dış çevre sıcaklığı (°K)                                         |
| $k_V$                    | : Düşey açıklık alanları ile dikdörtgen alan arasındaki oran, $A_V/A_E$ |
| $K$                      | : Yüzer kare (Floating-square) mesafesi (m)                             |
| $L$                      | : Sınırlayıcı mesafe (m)                                                |
| $J$                      | : Yüzer bölge (Floating-zone) mesafesi (m)                              |
| $g$                      | : Tablo 4.4' den okunan rehber sayı                                     |
| $Z$                      | : $w$ ve $h'$ nin en küçük boyutları (m)                                |



# **YANAN BİNADAN KARŞISINDAKİ BİNAYA IŞINIMLA YANGIN YAYILIMININ ÖNLENMESİ İÇİN GÜVENLİ SINIR MESAFESİNİN BELİRLENMESİNDE BİR MODEL ÖNERİSİ**

## **ÖZET**

Bu çalışmada, karşılıklı yerleştirilmiş binalar arasında bir yangının oluşturabileceği ısınım etkisiyle binaların tutuşmaması için, bırakılması gereken güvenli mesafelerin çeşitli metotlara göre incelenmesi yapılmış ve bunlardan yola çıkılarak yeni bir model ortaya konulmuştur.

Bu amaçla, İstanbul’ dan çeşitli konut örnekleri seçilerek hem mevcut metotlara göre hem de öneri modele göre sınır mesafesi hesapları yapılmış ve bu değerler birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Bölüm 1’ de; problemin tanımlanması ve bu konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalara ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Bölüm 2’ de; yangının bina içinde yayılması, binanın dışına geçişi, binalar arasında yayılması ve bunların etkileri ele alınmıştır. Bu yayılma biçimleri içerisinde en etkili olan ısınımın oluşturabileceği tehlikeler üzerinde durulmuştur. Işınımın meydana gelmesinde etkili olan parametreler incelenmiş, yayılan ısınım üzerinde ve ısınım yoluyla tutuşmada etkili olan parametreler belirtilmiştir.

Bölüm 3’ de; yangının binalar arasında yayılması ve ısınım etkisini dikkate alan çeşitli ulusal yangın yönetmelikleri ve Türkiye’ de de uygulanmasına yeni başlanan yangın yönetmeliği incelenerek bunların konuyu ele alış biçimleri anlatılmıştır. Yönetmelikler anlatılırken binalar arasında yangının yayılmaması için alınması gereken önlemlere ilişkin bilgilere de yer verilmiş ve bırakılması gereken minimum mesafeler belirtilmiştir. Türkiye’ de uygulanmaya başlanan “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” de ısınım etkisi dikkate alınarak binalarda alınması gereken önlemlere ve mesafe değerine ilişkin bilgi yer almamaktadır.

Bölüm 4’ de; güvenli sınır mesafe değerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan çeşitli hesap metotları ve bunların uygulanmasına ait bilgi verilmektedir. Metotların ele aldığı kriterler tanımlmakta ve buna göre metotların uygulama adımları anlatılmaktadır. Bölümün sonunda, yeni modelin ortaya konulmasına temel teşkil eden metotların tartışılması yer almaktadır.

Bölüm 5’ de; sınır mesafesinin belirlenmesinde kullanılabilecek yeni hesap modelinden bahsedilmektedir. Modelin uygulama adımları ve mevcut hesap metotları ile karşılaştırılması anlatılmaktadır. Yeni modelle birlikte 4. Bölüm’ de ele alınan hesap metotlarının İstanbul’ daki üç bina örneğine uygulanması yer almaktadır. Uygulama için seçilen binaların seçilme kriterleri ve binalar hakkında bilgilendirmenin yanı sıra tüm metotların uygulama sonuçları ve bunları içeren tablolar düzenlenerek elde edilen sınır mesafe değerlerinin karşılaştırılması sağlanmaktadır. Sınır mesafenin belirlenmesinde bina cephesindeki korunmamış

alanların ve bina dışı ortam sıcaklığının etkisi araştırılmış, hesaplamalar yapılarak sonuçları grafik olarak ifade edilmiştir.

Bölüm 6’ da; mevcut tüm hesaplama metotları ve yeni modelle yapılan hesaplara ait sonuçlar ortaya konulmuş, elde edilen sonuçlar tartışılmış, binalar arasında ısıtım etkisiyle tutuşmanın meydana gelmemesi için alınabilecek önlemler ve bundan sonra bu konuda yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.



# **A MODEL PROPOSAL OF DETERMINATION OF SAFE BOUNDARY DISTANCE FOR PREVENTING FIRE SPREAD FROM THE BUILDING IN FIRE TO ANOTHER FACING TO IT BY RADIATION TRANSFER**

## **SUMMARY**

In this study, safe boundary distances for preventing ignition can be caused by fire radiation between the buildings facing each other are examined by some methods used for calculations and a new model is put forward by this way.

By this purpose, some calculations to obtain safe boundary distance values are made on some house models chosen from Istanbul by means of both the new model and by the other calculation methods and the results are compared.

In Chapter 1; the background of this study, introduction of the subject and the related early studies are given.

In Chapter 2; spread of fire inside of the building and between the buildings is explained. The way of spread of fire and the effects of them are searched. The danger of the radiation that is the most effective way of spread is emphasized. The parameters that affect the produce of the radiation are examined and the parameters that affect on the ignition by radiation and the emmitted radiation are introduced.

In chapter 3; various national fire regulations that consider spread of fire and the effect of radiation between buildings, also national fire regulation of Turkey that is accepted and put into application newly are examined. Some information related to the basic provisions for preventing the spread of fire in this regulations are given and the appropriate distances between the buildings are emphasized. By emphasizing the effect of radiation, the values for the safe distances between the buildings and required provisions are not considered in the national Turkish fire regulation.

In Chapter 4; information about the calculation methods that are widely used for determination of the safe distances and the applications of them are given. The criteria of the methods that constitute basis for the methods are introduced and the application steps are explained. At the end of the chapter, a comparison of these methods is made and a new calculation model is proposed according to this results.

In Chapter 5; a new model that can be used for the determination of the boundary distances is introduced. The application steps of the new model and the comparision of it with the other calculation methods are mentioned. The applications of all calculation methods and also the new model that are applied on three buildings chosen from Istanbul are given. The criteria used for the selection of these model buildings and some information about them are defined and the results of the applications in tabulated form are compared with each other. The effect of the unprotected areas on the facade and the effect of ambient air temperature on

determination of the boundary distances are experimented and the results are explained in graphical form.

In Chapter 6; all the results derived from the calculations made by the existent methods and also the new model are gathered and all of them are discussed. The basic provisions that can be used for preventing ignition by fire radiation between buildings and the studies that can be realised in the future are mentioned.



## 1. GİRİŞ

Günlük yaşantımızın önemli bir bölümünü içinde geçirdiğimiz binalar, kullanıcı konforunu üst düzeyde sağlamak üzere tasarlanması gereken yapma çevrelerdir. Tüm bu yapma çevreler, kullanıma girmelerinden itibaren yangın açısından da belirli oranda risk içerirler. Binanın kullanım süresince ortaya çıkabilecek bu riskli durumlar tamamen ortadan kaldırılamasa bile, binanın mimari tasarımı aşamasında alınabilecek birtakım temel önlemler ile önemli ölçüde azaltılabilir. Tasarımın ilk aşamalarından itibaren, mimari tasarımla bütünleşmiş olarak düşünülmüş yangın güvenlik önlemleri sayesinde, kullanıcının karşılaşılabileceği tehlikeli durumlar, büyük ölçüde indirgenebilir. Bu bağlamda tasarım ekibinin başta gelen elemanlarından olan mimarlara büyük görev düşmektedir. Binada çıkabilecek bir yangın, hem binanın kendisine hem de çevredeki diğer binalara zarar verebilir. Bu durum özellikle kent içi yerleşimlerinin yoğun olduğu yerleşim birimleri için düşünüldüğünde, ortaya çıkabilecek risk ciddi boyutlara ulaşır. Yangın sadece alev teması ile malzemeleri tutuşturmaz; yanmayla beraber oluşan uçucu yanar parçaların, taşınım ve ısınımın da bileşik etkileriyle bitişik veya karşı binaları tutuşturması kaçınılmazdır. Bu nedenle özellikle kent içinde yer alan binalarda hem binanın kendisini koruyacak hem de bitişik veya karşı binaların tutuşmasına sebep olmayacak şekilde yangın güvenlik önlemlerinin alınması gerekir.

Bu çalışmada, karşılıklı binalar arasında yangının yayılmasında etkili olan ısınım geçişi ile tutuşmanın meydana gelmemesi için, binalar arasında bırakılması gereken minimum mesafe değerinin belirlenmesine ilişkin çeşitli hesap metotları incelenecektir. Halen geçerli olan bu metotlar kullanılarak, çeşitli konut binaları için hesaplamalar yapılmış ve elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Metotlar arasındaki ortak ve farklı yönler ortaya konularak kullanılabilecek yeni bir hesap modeli önerilmiş ve aynı bina örnekleri üzerinde bu modele göre güvenli sınır mesafe değerleri hesaplanmıştır.

Çalışma çeşitli ülkelerin yapı yönetmeliklerinde yer alan, yangının oluşturduğu ısınım etkisi nedeniyle tutuşmanın meydana gelmemesi için binalar arasında

bırakılması gereken mesafeler ve alınması gereken temel önlemlerle ilgili bilgileri içermektedir.

### **1.1. Ele Alınan Problemin Tanımlanması**

Bu konuda halen kullanılmakta olan hesaplama metotları, sadece bu metotların ortaya konulduğu ülkelerdeki yapı yönetmeliklerinde yer almaktadır.

Türkiye’ de ise ısınlma binalar arasında yangın yayılımı konusunda kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Ülkemizde 26.07.2002 tarihinde uygulanmaya başlanan “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” de bu konuda detaylı bilgi yer almamaktadır.

Isınım etkisiyle binaların birbirini tutuşturması konusunda yapılan çalışmalar da yeni tarihli değildir. Eski tarihli çalışmalar, o günkü deney imkanlarına göre yapılmıştır. Üstelik zaman içerisinde binalarda kullanılan yeni ve değişik türdeki yapı malzemeleri ve ürünlerinin yanıcılık değerlerinin artması, ürünlerin yanma hızı ve duman üretme potansiyelinin indirgenebilmesine rağmen, binaların yangın yükünü ve oluşturabileceği yangın tehlikesini de artırmıştır.

Tarihi kimliği ağır basan yerleşimlerde, yerleşme dokusu içerisinde meydana gelebilecek bir yangın, pek çok binanın da tutuşmasına neden olabilecektir. Özellikle ahşap konstrüksiyona sahip binaların bulunduğu sokaklarda yangının meydana getirebileceği alevler ve bunun oluşturacağı ısınım etkisiyle karşılıklı olarak binaların tutuşma riski oldukça yüksektir.

Bununla birlikte aynı durum yeni teknoloji ve malzeme kullanılarak inşa edilen yeni kent dokuları için de benzer riskler oluşturmaktadır.

### **1.2. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı, yangının meydana geldiği binanın karşısında veya bu binaya komşu olan başka bir binayı ısınım etkisiyle tutuşturmaması, böylece geniş yayımlı yangınlara yol açmaması için binalar arasında bırakılması gereken minimum mesafenin ne olması gerektiğinin belirlenmesidir. Buna göre mevcut mesafelerin kontrolünün yapılması ve elde edilen sonuca göre hangi önlemlerin alınması gerektiğinin ortaya konulması da çalışmanın amaçları arasındadır.

### **1.3. Binalar Arasında Yangın Yayılımıyla İlgili Mevcut Çalışmalar**

Konu ile ilgili çalışmalar oldukça eski tarihlere dayanmaktadır. Yaklaşık 50 yıl öncesinde binalar arasında ısınım etkisiyle tutuşma riski incelenmiş ve buna ilişkin çeşitli deneyler yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Bugün hala bu deneylere ait sonuçlar kullanılmaktadır.

#### **1.3.1. Yurt Dışında Yapılmış Çalışmalar**

Karşılıklı konumlandırılmış binaların ısınım yoluyla birbirini tutuşturma etkisi ilk kez detaylı olarak 1950’ de Bevan ve Webster tarafından ele alınmıştır. Bunu takip eden bir diğer çalışma, dış duvarların yangın dayanımı ile ilgili rasyonel maddeleri de ilk kez uygulamaya koyan İskoçya ve İngiltere&Galler yapı yönetmeliklerinde yer almıştır. 1958 yılında Kanada Ulusal Araştırma Meclisi tarafından “St. Lawrence Burns” adlı bir dizi deney yapılarak yanmakta olan binaların meydana getirdiği ısınım etkisi incelenmiştir. 1959’ da McGuire, bu deneylerden elde edilen sonuçları kullanarak Kanada Ulusal Yapı Yönetmeliklerinde de yer alacak şekilde binalar arası güvenli mesafeleri belirleyen tablolar üretmiştir (McGuire, 1965a). İngiliz Yapı Araştırma İstasyonu (Building Research Station), daha önceki verileri bir araya getirerek ısınım hesaplamalarına temel oluşturmuştur. 1963’ de Margaret Law, ısınım nedeniyle binalar arasında bırakılması gereken mesafenin hesabına ilişkin tutarlı bir metot geliştirmiştir (Langdon-Thomas, 1972). Yine binalar arasındaki ayırım mesafesinin belirlenmesine ilişkin bir yaklaşım 1970 ‘ de Williams-Leir tarafından ortaya konulmuştur (Williams-Leir, 1970). Konu ile ilgili benzer çalışmalar 1988’ de Barnett tarafından yapılmıştır (Barnett, 1988). 1996’ da güvenli sınır mesafesinin belirlenmesine ilişkin Collier tarafından geliştirilmiş bir metot bulunmaktadır (Collier, 1996).

#### **1.3.2. Yurt İçinde Yapılmış Çalışmalar**

Yurt içinde ısınım etkisiyle binalar arasında bırakılması gereken mesafenin belirlenmesine ilişkin detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak daha önce yurt dışında yapılmış olan çalışmaların yer aldığı çeşitli kaynaklar mevcuttur. Sunar’ ın doktora çalışmasında İngiltere&Galler Yapı Yönetmeliği’ nde söz edildiği biçimde binalar arası güvenli mesafelerin belirlenmesi konusu incelenmektedir (Sunar, 1966). Becan’ ın doktora tezinde de binalara arası mesafenin belirlenmesinde NFPA

80A’ da kullanılan tablolar ve mesafe belirleme ilkeleri incelenmektedir (Becan, 1994).

#### **1.4. Tezin Kapsam ve Sınırlamaları**

Bu çalışmada, binalar arasında yangının yayılımında ısıtım etkisi göz önüne alınmıştır. Tezin içerisinde yer alan hesaplamalar, tezde belirtilen halen kullanılmakta olan ve yeni önerilen modele göre ayrı ayrı yapılmıştır. İncelemeye esas alınan örnekler, karşılaştırmanın yapılabilmesi için düşük yangın yükü değerine sahip olan konut türünde seçilmiş ve bazı parametreler (kritik ısıtım seviyesi, bina dış çevre sıcaklığı v.b.) sabit olarak önceden belirlenmiştir. Sadece ısıtımın cephe üzerindeki etkileri incelenmiş, bina çatısı nedeniyle oluşabilecek yangın olasılıkları ihmal edilmiştir. Rüzgar etkisi hesaplamalarda ele alınmamıştır.



## 2. YANGININ YAYILMASINDA ETKİLİ OLAN PARAMETRELER

Malzemelerin çoğu ısıya maruz kaldıktan belirli bir süre sonra tutuşabilir. Malzemenin tutuşması, üzerine etkiyen ısıнын miktarına, malzemenin tutuşma sıcaklığına, ısıнын etkime süresine bağlı olarak değişir. Malzemenin üzerine etkiyen ısıнын bir bölümü yutulur, bir bölümü de iletilir. Yüzey sıcaklığındaki artış, iletkenlikle ters orantılı olarak değişir. Yani malzeme ısıyı iyi iletiyorsa, yüzey sıcaklığı kolay artmayacaktır. Örneğin kuru ahşap iyi bir iletken olmadığı için, bir dış alev kaynağının etkimesi halinde tutuşması için gereken yanıcı gazları 300°C civarında yaymaya başlar. Oysa bir alev kaynağının bulunmaması halinde yayımlanan gazların kendiliğinden tutuşması için 500°C' den daha yüksek sıcaklık gerekir (Langdon-Thomas, 1972).

### 2.1. Yangının Yayılması

Yangının yayılması, yanıcı bir malzeme belirli noktalarda veya bütün yüzey boyunca alevlenmeye başladıktan sonraki sürekli yanma halidir. Bir malzemenin tutuşması için gereken zaman malzemenin ısı özelliklerine, ne kadar çabuk veya ne kadar yavaş ısıtıldığına bağlıdır.

Yangının yayılma mekanizması üç şekilde gerçekleşir;

Birincisi, sürekli yanıcı bir yüzey boyunca alevin yayılması. Alev sürekli yüzey boyunca hem yatay hem düşey doğrultuda yayılır. Düşey doğrultuda yayılırken, eğer yanmakta olan madde ince bir kağıt veya kumaş türü bir malzemeyse, yanmamış yakıtın yanması konusunda taşınım (konveksiyon) önemli rol oynar. Malzemenin ısı özelliği, ince bir yüzeyin yangında davranışını belirleyebilir. Yanıcı yüzey kaplamalarının bulunduğu bir mekanda yakıtın birim alana düşen ağırlığına bağlı olarak alevin yayılması açısından küçük bir mekan, daha büyük bir mekana göre daha büyük tehlike oluşturur.

İkincisi, sürekli bir yakıt kitlesi üzerinde alevin yayılması. Bu tip yangın yayılımı, orman veya fundalık yangınlarına benzer. Kapalı bir mekan ısındığında yanıcı

malzemeye kaplı bir döşemeden yanıcı özellikteki malzemeye kaplı duvara doğru oluşan yangınlar bunun gibidir. Malzemenin hacimsel yoğunluğu ne kadar düşükse, birim hacmin tutuşması için gereken ısı miktarı da o oranda azdır. Bu nedenle düşük yoğunluklu duvar elemanları kolay tutuşurlar.

Üçüncüsü, kesintili bir yakıt kitlesi arasında alevin yayılması. Yangının olduğu bir mekanda, yangının mekan içindeki yanıcı özellik gösteren mobilyaları ısıtım yoluyla etkisi altına alması örnek verilebilir. Eğer yangının oluşturduğu alevler mekanın tavanına dek ulaşmışsa, alevlerin oluşturduğu ısıtım mekana geri yansiyarak tutuşmayan objelerin de alev almasına neden olur. Bu durum, mekanın içinde yangının kolayca ve çabuk bir şekilde yayılması anlamına gelir

Bina yangınlarında özellikle bilinmesi gerekli iki şey mevcuttur; yangının ne ölçüde yayılacağı ve ne kadar zaman içinde yayılacağı. Özellikle yangının ne kadar zaman içinde yayılacağı, diğer faktöre göre daha önemlidir. Zira yangının yayılma süresi, yangın anında kullanıcıların güvenlik içinde binayı terketmeleri için gereken zamanı belirleyeceği gibi, itfaiyeye de müdahale için ihtiyaç duyulan zamanı sağlayacaktır. Bu noktada yukarıda bahsedilen alevin yayılma mekanizmalarını iyi bilmenin rolü büyüktür (Langdon-Thomas, 1972).

### **2.1.1. Yangının Bina İçinde Yayılması**

Bina içinde yangının yayılmasını etkileyen faktörler şunlardır;

- Yakıtın özellikleri
- Mekan içinde yakıtın dağılımı
- Mekana dağılmış halde bulunan yakıtın miktarı ve yüzey alanı
- Tutuşma kaynağının yeri ve büyüklüğü
- Duvar boşlukları üzerinde bulunan açıklıkların yeri, biçimi ve alanı
- Mekanın geometrisi
- Duvar ve tavanların ısı yalıtkanlık düzeyi (Shields&Silcock, 1987).

Yangının meydana gelmesi için yanıcı özellik gösteren bir malzemeye, yanıcı nitelikte gaz çıkışına neden olabilecek miktarda ısıya ve oksijene gereksinim vardır. Oksijenle tepkimeye giren yanıcı gazlar tutuşmadan sonra daha büyük miktarda ısının ortaya çıkmasına neden olur. Ortaya çıkan bu ısı da yanıcı özellik gösteren

diğer malzemelerin ısınmasına ve yanıcı gazlar çıkarmasına neden olur ve bu olay yangının büyümesine neden olacak bir çevrim haline dönüşür (Uzun, 1988). Yanıcı bir malzeme tutuştuktan sonra söndürülünceye dek etrafındaki diğer yanıcı malzemeyi tehdit eder. Yayılma eğilimi içerisindeki yangın, müdahale edilmemişse mekanı çevreleyen duvar ve döşemeyi etkiler. Duvar ve döşeme elemanları üzerinde boşluk varsa bu boşluklar sayesinde bitişik mekanlara ve tüm yapıya yayılabilir. Hol ve merdiven boşlukları vasıtasıyla bina içerisinde kolayca ilerler ve henüz ulaşmadığı mekanlarda da yanabilen malzemenin tutuşmasına yetecek ısıyı oluşturarak, duvar ve döşeme elemanları sayesinde bu ısıyı ileterek bunların da tutuşmasına neden olabilir (Gürdal, 1996). Bina içerisinde bulunan ve yanıcı özellik gösteren tüm malzeme, yangın esnasında bina kullanıcıları için ısı, duman ve alev kaynağı haline dönüşerek tehlikeli durumlar oluşturabilir. Kullanılan ürünlerin yangın esnasındaki davranışlarının önceden bilinmesi, karşılaşılabilecek bir yangın durumu için önceden önlem alınmasına imkan tanır. Yanma sırasında ortaya çıkan ısı, duman ve yanıcı gazlar, yangının oluşturduğu alevden daha ciddi tehlikeler yaratabilir. Sabit ve hareketli donanımın yanı sıra kaplama malzemesi olarak seçilen duvar, döşeme ve tavan malzemelerinin de mümkün olduğunca zor alev alan ve yanma sırasında zehirli gazlar çıkarmayacak türden seçilmeleri gerekir. Malzemenin kimyasına bağlı olarak kimi malzeme alevli yanma eğilimindeyken kimi malzeme de için için yanma durumundadır. Özellikle sigara içilen mekanlarda için için yanan malzemedan yapılmış mobilyanın kullanımında ortaya çıkabilecek risk daha büyüktür. Yanma başladıktan kısa bir süre sonra sıcaklığın ortalama 400 °C civarına ulaşmasıyla ısınan yanıcı malzemelerden çıkan yanıcı ve uçucu gazlar ortama yayılmaya başlar. Yanmanın başlaması için gerekli ortam hazır olduğunda malzeme ani olarak tutuşur. Bu esnada ortaya çıkan gazlar ve duman, malzemenin yapısına bağlı olarak kullacılar için hayati önem taşır (The Aqua Group, 1984).

Yangının başlangıcından itibaren oluşan alevler, duman ve yanıcı gazlar, mekanın içinden tüm binaya doğru yayılır. Yangının bina içinde yayılması, hem yatay hem de düşey boşluklar vasıtasıyla gerçekleşir. Yatay boşluklar içerisinde en önemlisi ve üzerinde en çok durulması gerekeni, asma tavan, elektrik tesisatı ve klima tesisatına ait kanallar, tesisat ekipmanının içinden geçtiği duvar boşlukları ile yükseltilmiş döşeme boşluklarıdır. Çok zaman bu boşluklar alevin, ısının ve dumanın geçişini gizlediği için, durum geç farkedilebilir. Yine benzer şekilde bir duvar veya bölücü

elemanı delmek suretiyle bir mekandan başka bir mekana geçen tesisat bileşenlerinin duvar ya da bölücü eleman ile oluşturduğu arakesit, yangın ve duman geçişi açısından tehlike oluşturur. Düşeyde ise birden fazla katı birbirine bağlayan korunumsuz merdiven yuvaları, tesisat bacaları, şaftları ve/veya asansör kuyuları benzer şekilde baca etkisi yaratarak katlar arasında yangının yayılmasına neden olurlar. Binaları birbirinden ayıran yangın duvarlarının, aynı bina içinde kompartman duvarları ve döşemelerinin bulunmaması halinde, çatı arası boşlukları vasıtasıyla yangın bitişik binalara da kısa sürede yayılabilir.

### **2.1.2. Yangının Binalar Arasında Yayılması**

Bina içinde yangının gelişimi ve binalar arasında yangının yayılmasında yapı dış kabuğu etkili rol oynar. Yangının bina içinde ve binalar arasında yayılmasındaki rolü açısından düşünüldüğünde bina dış duvarlarının; yangını başladığı mekanda sınırlamak, dıştan üst katlara yangın geçişine engel olmak ve bitişik ve/veya komşu binalar arasında yangının yayılmasına engel olmak şeklinde sıralayabileceğimiz özellikleri göstermesi gerekir.

Ancak, bir bina dış duvarı çoğunlukla yangın esnasında yangın güvenliği açısından zayıf yapısal özellikler gösterebilen ve yangının yapı dışına yayılmasında etkili olan duvar boşlukları içerir. Bu boşlukların duvar yüzeyindeki miktarı, korunmamış yüzey alanının büyümesinde dolayısıyla yangının oluşturduğu ısı ışınımının yayılmasında etkili olur.

İngiltere’ de Fire Research Station (Yangın Araştırma İstasyonu)’ da yapılan bir dizi deneyde, dışarıdan katlar arasında yangının yayılmasını engellemek için dış duvar boşluklarının etrafında yerleştirilebilecek düşey ve yatay yangın kesici engellerin bu fonksiyonu yerine getiremediği gözlenmiştir. Cephedeki boşlukların düzenlemeleri ne şekilde olursa olsun yangın, bu tür engelleri kolayca aşıp bu boşluklardan tekrar bina içine girebilmektedir.

Dış duvar boşluklarının biçimi, bina dışına yayılan alevlerin yüksekliği üzerinde etkilidir. Fransa’ da cephe düzenlemeleri ve bunların alev yayılmasındaki etkilerinin incelendiği bir seri deneyde yangının olduğu bir bina cephesinde yer alan yatay pencerelerin aynı alandaki düşey pencerelere göre cephede daha alçak bir alev örtüsü meydana getirdiği belirlenmiştir.

Cephede kullanılan kaplama malzemesinin yanıcı nitelikte olup olmaması, özellikle yangının cephe boyunca yayılması açısından önemlidir. Geleneksel bina cephelerinde kullanılan taş veya tuğla türü malzemeler, yanıcı olmayan özellik göstermelerinin yanında yangına dayanıklı olmaları nedeniyle de tercih edilebilir. Ancak günümüzde yaygın olarak kullanılan giydirme cepheler, geleneksel cephe malzemelerine göre yangın açısından; taşıyıcı elemanlarında ergime noktası düşük metaller içermesi, cephede önemli boşluk oranları oluşturması, parapetlerde ve dolu gövdeli kısımlarında kolay alev alan sentetik malzemelere yer vermesi, yangın anında zehirli gaz da çıkartabilen dolgu malzemelerinin kullanılması, zehirli duman ve sıcak gaz geçişlerine izin veren duvar boşlukları içermesi, alev ve yanıcı gazların katlar arasında geçişine olanak tanıyan bağlantı noktaları oluşturması, geniş korunumsuz açıklıklar yüzünden itfaiyenin müdahalesini güçleştirmesi gibi çeşitli olumsuz özellikler ortaya koyabilmektedir (Sunar, 1981). Cephe malzemesinin ahşap, petrol kökenli olması veya cephe sisteminin hafif giydirme olması, yangın riskini artırır. Katlar arasında gerekli önlemin alınmaması halinde bir katta başlayan yangın tüm binayı kısa sürede etkisi altına alarak tüm cephenin ısıyı yayarak miktarının artmasına da neden olur. Binanın yangın riskine bağlı olarak meydana gelebilecek ısı yayılım yoğunluğu da farklı olacaktır (Becan, 1994). Yapılar arasında yangının yayılması; havada uçucu yanar parçacıkların yanmamış binaların üzerine veya içine düşmesiyle, sıcak yanıcı gazların taşınım yoluyla diğer binaları etkilemesiyle, çatı boşlukları vasıtasıyla bitişik binaya geçmesiyle ve ısı yayılım etkisiyle meydana gelir (Aydın, 1998), (Yavuz, 1996).

## **2.2. Binalar Arasında Yangının Yayılma Biçimleri**

Yanmakta olan bir binadan bitişikteki başka bir binaya yangın geçişi pek çok şekilde olabilir. Bazı yayılma şekilleri veya bunların bileşkesinin diğer yayılma şekillerine göre daha tehlikeli olduğu tespit edilmiştir.

### **2.2.1. Uçucu yanar Parçacıklar**

Yanıcı malzemelerin tutuşması, yanmakta olan bir binadan yayılan uçucu yanar parçacıklar (flying brands) nedeniyle olabilir (Barnett, 1988). Bu parçacıklar, yanmakta olan binadan 0.5 km. gibi uzaklıklara ulaşarak tali bir yangının başlamasına neden olabilirler. Yanmakta olan parçalar büyük boyutlu ise başka bir

binanın yanıcı cephe kaplamasını (ahşap gibi) veya yanıcı çatı kaplamasını tutuşturabilir (McGuire and Williams-Leir, 1981). Uçucu yanar parçacıklar oldukça uzak mesafelere dek gidebileceği için, bina cephelerini ve çatılarını yangına karşı uygun dayanıklı kaplama malzemeleri kullanarak korumak mümkündür (McGuire, 1965a). Yanmakta olan binanın kendisi ile karşılaştırıldığında uçucu yanar parçacıklar ciddi bir tehlike ortaya koymaz. Kendisi tutuşmaya neden olabildiği halde ısınım ile birlikte, ısınım etkisiyle yanıcı gaz çıkışının olduğu malzemelerde, tutuşma meydana gelebilir.

#### 2.2.2. Alev Teması

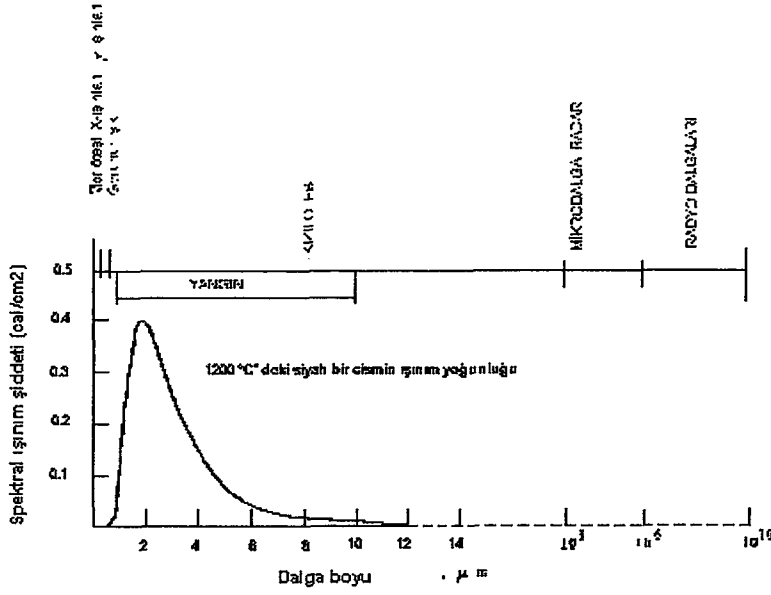
Bina cephesindeki bir duvar boşluğundan dışarı doğru yayılan alevler, üst katlara ya da bitişikteki bir başka binaya ulaşarak tutuşmaya neden olabilir. Yayılma mesafesi, yani alevin cepheden yatay uzunluğu ve alevin düşey uzunluğu, rüzgar koşullarına ve kütle yanma hızına olduğu kadar, açıklığın geometrisi ve boyutları gibi faktörlere de bağlıdır.

#### 2.2.3. Taşınım (Konveksiyon)

Binaya çarpan sıcak gaz akımlarının yüzlerce santigrad dereceye varabilen sıcaklığı nedeniyle, taşınım ile ısı transferi yoluyla bitişikteki binada veya karşısındaki çok yakın bir binada tutuşma meydana gelebilir (McGuire, 1965a). Bu yolla tutuşmanın meydana gelebilmesi için, sıcak gaz akımına maruz kalan binanın yangının olduğu kaynağa oldukça yakın olması gerekir.

#### 2.2.4. Işınım (Radyasyon)

Işınım, aradaki ortamın sıcaklığını değiştirmeden (aracı ortam gerektirmeden) gerçekleşen bir ısı transferi şeklidir. Tüm ısınım enerjisi elektromanyetik bir olay olarak bilinen dalga hareketi şeklinde gerçekleşir (Schultz, 1985). Tüm cisimler, ısınım formunda enerji yayarlar, ancak yayılan ısınım dalga boyu açısından farklılık gösterir. Bu dalga boyları içerisinde yangın sıcaklığında ısınım enerjisinin en etkili olduğu aralık 1 –10 µm. aralığıdır. Dalga boyunun fonksiyonu olarak ısınım enerjisi şekil 2.1’ de görülebilir.



Şekil 2.1 Dalga boyunun fonksiyonu olarak 1200 °C’ deki siyah bir cismin ışıma yoğunluğu ve çeşitli ışıma türleri (Lie, 1972).

Şekilden de görülebileceği gibi, ışıma yoğunluğu kızıl ötesi bölgenin de içerisinde yer aldığı 1 – 10 μm. aralığında en yüksek değere sahiptir. Bu alanın dışında ışıma enerjisi göreceli olarak daha düşüktür ve ihmal edilebilir boyuttadır (Lie, 1972).

Binalar arasında yangının yayılmasında birincil etken ışımadır (Carlsson, 1999). Bu yolla tutuşma, doğrudan alev etkisi ve taşınım etkisiyle oluşabilecek tutuşma mesafelerine göre daha büyük mesafelerde gerçekleşebilir (Mcguire, 1965a). Bir pilot etkimenin bulunmadığı durumlarda ışıma etkisiyle ahşabın kendi kendine tutuşma değeri 33.5 kW/m<sup>2</sup>, kıvılcım veya bir alev kaynağının bulunduğu hallerde ışıma etkisiyle ahşabın tutuşması için gerekli ışıma yoğunluğu değeri 12.5 kW/m<sup>2</sup>’ dir (Barnett, 1988). Bu, 1 m<sup>2</sup> alan üzerine 1 sn.’ de düşen ısı miktarıdır.

İşinimla ısı transferi nedeniyle oluşan tutuşmanın binalar arasında yangının yayılmasında en bilinen ve tehlikeli yol olması nedeniyle, önce açıklanan yangın yayılma şekilleri ihmal edilerek ışıma etkisiyle yangın yayılması ele alınacaktır.

### 2.3. Yangında Isı Işınımının Oluşumunda Etkili Olan Parametreler

Belirli sıcaklığı ( $T$ ) olan bir cisim, etrafına sürekli olarak enerji ( $P$ ) yayar. Yayılan enerji, birim alandan birim zamanda yayılan enerji olarak,

$$P = \varepsilon \sigma T^4 \quad (2.1)$$

$P$  = Birim alandan yayılan ısınım ( $W/m^2$ )

$\varepsilon$  = ısınım yayan yüzeyin yayıcılığı

$\sigma$  = Stefan-Boltzman sabiti =  $5.67 \times 10^{-12} W/m^2 K^4$

$T$  = Objenin sıcaklığı ( $^{\circ}K$ )

eşitliği ile ifade edilir (Carlsson, 1999).

### 2.3.1. Yangın Sıcaklığı

Bir kompartmanda oluşan yangın sıcaklığının tahmininde kullanılan pek çok metot bulunmaktadır. Bir kompartman yanma hızı yakıt kontrollü veya havalandırma kontrollü olabilir (Law, 1963). Yakıt kontrollü bir yangında ihtiyaç duyulan miktardan fazla oksijen olmasına rağmen havalandırma kontrollü bir yangında ihtiyaç duyulan oksijen miktarı sınırlıdır. Law, havalandırma kontrollü yangınlarda ısı çıktısı ve buna bağlı olarak erişilen yangın sıcaklığının, pencerelerin alanı ile yüksekliğinin karekökünün çarpımına, yani  $A\sqrt{h}$  ' a bağlı olarak değişebildiğini bulmuştur. Bu faktör “havalandırma faktörü” olarak belirtilir. Law (1963) tarafından yeniden gözden geçirilerek yangın testlerinde bulunan maksimum kompartman sıcaklığı değeri  $1100^{\circ}C$  olup bu değer  $168 kW/m^2$  ( $4 cal/cm^2 s$ )' lik maksimum ısınım yoğunluğu değerini verir. Testlerde havalandırma faktörü sınırlandırılmamıştır. Göreceli olarak düşük yangın yükü (birim döşeme alanındaki yanabilir malzeme miktarı) olan yangınlarda yani  $25 kg/m^2$  (birim döşeme alanı için yanıcı malzeme miktarı) değerinin altında, kompartmanlarda  $800^{\circ}C$  sıcaklık değeri elde edilmiştir. Bu sıcaklık değeri,  $84 kW/m^2$  ( $2 cal/cm^2 s$ )' lik ısınım yoğunluğu değerini verir (Law,1963). Bu değerler hala pek çok yapı yönetmeliklerinde bir yangında karşılaşılabilecek maksimum ısınım yoğunluğu seviyeleri olarak kullanılmaktadır.

Drysdale (1985), İsveç' te Pettersson tarafından geliştirilen, kompartmanlarda yangın sıcaklığının tahmininde kullanılabilecek bir metottan söz etmektedir. Bu metodun sonuçları “İsveç Yangın Eğrileri” olarak anılır. Bu metotta genel kavuşum (flash-over) evresindeki yangın sıcaklığını tahmin etmek için ısı dengesi eşitliklerini kullanılmaktadır.

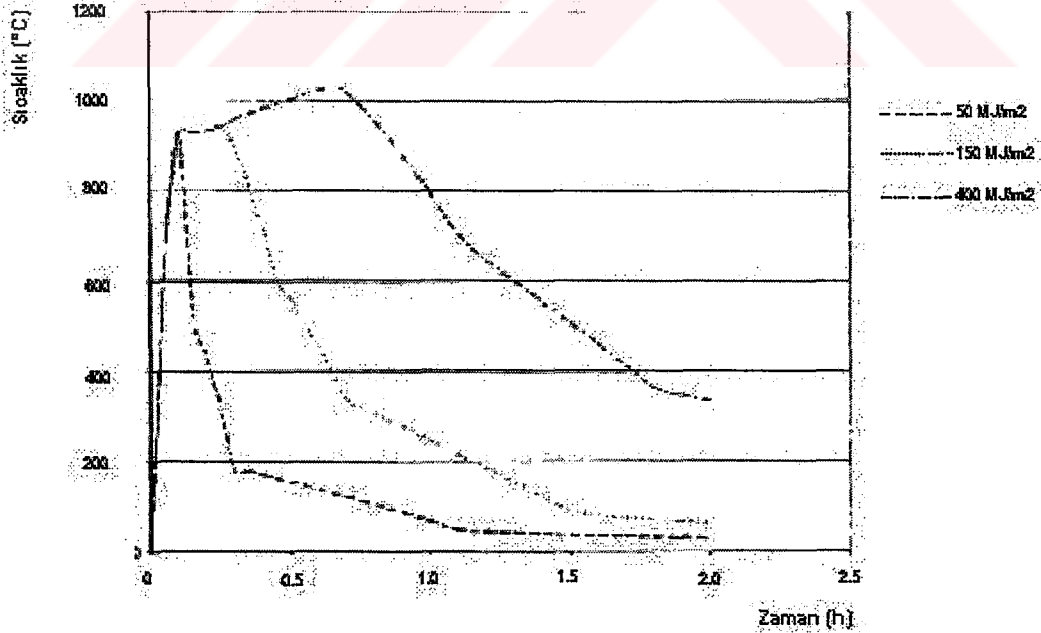
Metodu basitleştirmek için yapılan kabulleri şöyle sıralayabiliriz:

- Yangın tamamen kompartman sınırları içinde oluşmuştur.

- Kompartman içinde sıcaklık daima aynı seviyede dağılım göstermektedir.
- Kompartmanın tüm iç yüzeyleri için bir tek yüzeysel ısı transfer katsayısı kullanılabilir.
- Kompartman sınırlarına doğru ve kompartman sınırları boyunca ısı akımı boyutsuzdur; yani köşe ve kenarlar ihmal edilebilir ve sınırlar “sınırsız plaklar (infinite slabs)” olarak kabul edilir.

Sonuç, numerik entegrasyonla çözülebilecek bir eşitliktir ve duvar boşluğu faktörü ( $A\sqrt{h}/A_{tot}$ )’nün çeşitli değerleri için zaman-sıcaklık ilişkisi şeklinde ifade edilmektedir. Burada  $A$ , kabuk üzerindeki pencere alanı,  $h$  pencerenin yüksekliği ve  $A_{tot}$ ’de kabuğun tüm iç yüzeyinin alanıdır. Zaman-sıcaklık ilişkisi, çeşitli kompartman-pencere konfigürasyonu ve yangın yükleri için düzenlenmiştir. Şekil 2.2’de İsveç zaman-sıcaklık eğrilerinden bir örnek görülmektedir. Her eğri ayrı bir yangın yükünü göstermektedir.

Teorik model bire bir ölçekli yangın deneyleri ile karşılaştırılmış, elde edilen sonuçlar, modelin bir kompartmandaki yangın sıcaklığının tayininde kullanımının uygun olabileceğini göstermiştir (Drysdale, 1985).



Şekil 2.2 Yangın yükü değerleri 50 ile 400 MJ/m<sup>2</sup> arasındaki İsveç zaman-sıcaklık eğrilerinden örnekler.  $A\sqrt{h}/A_{tot} = 0.08 \text{ m}^{1/2}$ , duvar kalınlığı = 0.2 m.,  $k = 0.8 \text{ W/mK}$  ve  $\rho c = 1700 \text{ kJ/m}^3\text{K}$  (Drysdale, 1985).

Yangın sıcaklığının belirlenmesinde kullanılan bir başka metot, standart zaman-sıcaklık eğrilerinin kullanımıdır. Yapı elemanları yangın direnimi için, belirli sıcaklıklara programlanmış büyük fırınlarda test edilir (**Clark, 1998**). Farklı yerlerde ve farklı fırınlarda gerçekleştirilen deneylerin karşılaştırılabilmesi için, test yapılacak fırınların uymak zorunda olduğu zaman-sıcaklık eğrileri geliştirilmiştir. En bilinen testlerden ASTM E119 ve ISO 834 ve bunlardan elde edilen sıcaklık ifadeleri ( $T$ ), eşitlik 2.2a-b' de görülmektedir.

$$\text{ASTM E119} \quad T = 750 \left( 1 - e^{-3.79553\sqrt{t}} \right) + 170.41\sqrt{t} + T_o \quad (2.2a)$$

$$\text{ISO 834} \quad 3451 \log(8t + 1) + T_o \quad (2.2b)$$

$T_o$  = Bina dış çevre sıcaklığı (°C)

$t$  = Zaman, ASTM E119' da saat, ISO 834' de dakika cinsinden

Fırın deneylerinden elde edilen zaman-sıcaklık eğrileri ile gerçek yangından elde edilenler birbirinden farklıdır. Fırın deneylerinde büyüme evreleri daha hızlıdır ve çökme evresi test edilemez. **Barnett (1988)** ISO 834 standart fırın zaman-sıcaklık eğrisinin binalar arası mesafenin belirlenmesinde kullanılabileceğini önermektedir. İngiliz ve Yeni Zelanda yapı yönetmeliklerinde kullanıldığı haliyle, ISO 834' e göre 30 ve 120 dakika süresince meydana gelen yangınlarda aynı seviyede ısınım şiddeti ortaya çıkmaktadır (**Clarke, 1998**). **Drysdale (1985)**, Inberg' in çalışmalarına göre, eşit zaman-sıcaklık eğrisi değerlerine sahip alanların eşit derecede yangın şiddetine sahip olabileceğini belirtmektedir. Deney binalarında eğer yangın şiddeti, tahmini bir gerçek yangın şiddeti ile eşitse, standart fırın ilişkisi kullanılabilir. Drysdale, aşağıdaki nedenlere dayanarak bu metodu yetersiz bulmaktadır:

Birincisi, yapının yangın yükü, yapının ömrü boyunca aynı kalmalıdır.

İkincisi, metodun dayandığı veriler, eski binalara uygulanmıştır

Üçüncüsü, eşit alan kavramı (equal area concept) tamamen doğru değildir; yani 10 dakika süreyle 900 °C'a maruz kalma etkisi, 20 dakika süreyle 600 °C' a maruz kalmaktan farklıdır.

**Drysdale (1985)**, Inberg'in metodunun günümüzde artık kullanılamayacağı sonucuna varmaktadır.

Eşitlik 2.3' de **Law ve O'Brien (1981)**' a ait, bir kompartmandaki yangın sıcaklığı ( $T_f$ )' nın belirlenmesine ilişkin ifade yer almaktadır. Eşitlik deneysel yollardan elde edilmiş olup, yangın yükü, havalandırma düzeni ve kompartman boyutları girdi olarak alınmaktadır.

$$T_f - T_a = 6000 \frac{(1 - e^{-0.10\eta})}{\eta^{1/2}} (1 - e^{-0.05\psi}) \quad (2.3)$$

$$\eta = \frac{A_T}{A_w h^{1/2}} \text{ (m}^{1/2}\text{)}$$

$$\psi = \frac{L}{(A_w A_T)^{1/2}} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$T_a$  = Bina dış çevre sıcaklığı (°K)

$A_T$  = Toplam döşeme, tavan ve duvar alanı – toplam pencere alanı (m<sup>2</sup>)

$A_w$  = Tüm duvar yüzeylerindeki toplam pencere alanları (m<sup>2</sup>)

$h$  = Pencere yüksekliği ve tüm dış duvar yüzeylerindeki pencere yüksekliklerinin ağırlıklı ortalaması (m)

$L$  = Yangın yükü (kg)

Elde edilen sonuç, kabul edilebilecek spesifik bir kompartman, yangın yükü ve pencere düzenlemesinde oluşabilecek bir yangın için, ortalama sıcaklık değerini verecektir.

1958' de Kanada Ulusal Araştırma Meclisi (National Research Council), Yapı Araştırma Bölümü (Division of Building Research) “St. Lawrence Burns” olarak bilinen bir dizi bire bir ölçekli yangın deneyleri gerçekleştirmiştir. Bu deneylerden elde edilen başlıca sonuçlar şu şekildedir:

- Işınım yayan binanın dış cephe kaplamasının türü, alınan ve yayılan ısıtım seviyesini etkilememiştir.
- Eğer pencereler belirli sıcaklıkta ısıtım yayan yegane ısıtım kaynakları olarak kabul edilirse, binalardan belirli uzaklıkta alınan maksimum ısıtım seviyeleri karşılaştırılabilir bulunmuştur.

- Maksimum ısınım şiddeti, yanıcı iç yüzey kaplaması olan binalarda, yanıcı olmayan iç yüzey kaplaması olan binalara göre iki kat daha fazladır.
- ısınım seviyesinin, binanın rüzgar altı bölgesinde, rüzgar üstü bölgesine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Deneyden elde edilen bir başka sonuca göre, 16 dakika ve daha sonrasında yapılan ölçümlerde elde edilen ısınım seviyesi, umulanın üzerinde ve binalar arası mesafenin belirlenebilmesi için oldukça büyük bir değere sahiptir. Ancak bu süre zarfında itfaiyenin yangına müdahalesi söz konusu olabileceği için, binalar arası mesafelerin belirlenmesinde kullanılan şekil faktörleri uygulandığında, daha yüksek ısınım seviyeleri ihmal edilebilir. St. Lawrence Burns' den elde edilen sonuçlar, Kanada Ulusal Yapı Yönetmelikleri' ne dahil edilmiştir ve itfaiyenin 10 dakika içerisinde müdahalesinin garanti edilemediği durumlarda, binalar arası mesafe iki katı alınarak uygulanır.

### 2.3.2. Yapısal Yangın Yüğü

Bir yapı bölümünün içinde bulunan yanıcı maddelerin kütleleri ile alt ısı değerleri çarpımlarının toplamının plandaki toplam alana bölünmesi ile elde edilen büyüklüktür. Birimi, MJ/m<sup>2</sup> dir (Anonim, 2002). Yangın yükünün hesaplanabilmesi için yanıcı özellik gösteren malzemenin ısı değerlerinin bilinmesi gerekir. (Becan, 1994).

Binanın ya da kompartmanın yangın yükü, ahşap eşdeğeri olarak ifade edilebilir. Yapıda bulunan tüm yanıcı malzemenin ısı değerinin yapının tüm alanına ve eş değerde ahşap miktarına bölünmesi ile bulunan değer, özgül yangın yükü olarak adlandırılır. Yangın yükü ya da özgül yangın yükü ne derece küçükse, meydana gelebilecek bir yangından bina o oranda az etkilenir (Baldaş ve Kantar, 1976).

Bir kompartmandaki yangının sıcaklığı, yanmakta olan yakıtın türüne de bağlı olarak değişebilir. Plastik ve benzeri sentetik malzemeler, ahşap gibi doğal malzemelere nazaran daha yüksek ısı değere sahiptir (Buchanan, 1994). Örneğin ahşabın ısı değeri 16.7 MJ/kg iken, polistrenin ısı değeri 39.9 MJ/kg' dır. Tablo 2.1' de çeşitli sıvı, plastik ve değişik biçimlerdeki ahşaba ait birim alandan ısı akısı (heat release rate) ve ısı değerleri verilmektedir.

Tablo 2.1 Değişik malzemelerin ısı değerleri ve ısı akıları (Buchanan, 1994)

| Malzeme           | Isıl Değer(MJ/kg) | Isı akısı (heat release rate)(MW/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Sıvılar</b>    |                   |                                                   |
| Petrol            | 43.5              | 3.27                                              |
| Light petrol      | 41.9              | 1.75                                              |
| <b>Ahşap</b>      |                   |                                                   |
| Düz ahşap         | 16.7              | 0.10                                              |
| Küp (1 m)         | 16.7              | 0.61                                              |
| Mobilya           | 16.7              | 6.63                                              |
| 25 mm kafes st.   | 16.7              | 15.3                                              |
| <b>Plastikler</b> |                   |                                                   |
| PMMA              | 24.9              | 1.34                                              |
| Polietilen        | 43.8              | 1.36                                              |
| Polistren         | 39.9              | 1.40                                              |

Yakıtın kompartman içerisindeki dağılımı da önemli bir faktördür. Örnek olarak, ağırlıkça aynı miktardaki ahşap paletlerin, küp şeklindeki ahşaba göre daha fazla ısı açığa çıkarma hızına sahip olduğunu söyleyebiliriz. Bu durum, ahşap paletlerin yüzey alanının daha büyük olması nedeniyledir. Ahşap paletler, küp şeklindeki ahşaba göre daha yüksek ısı verimine (heat release rate) sahip olmakla birlikte, ahşap küp kadar uzun süreli yanmayacaktır.

Yakıtın, bir açıklıktan dışarı yayılan alevlerin yaydığı ısı miktarı üzerinde de etkisi vardır. Plastikler daha fazla ısı yayma özelliğine sahip olduğu için ahşaba göre daha yüksek seviyelerde ısı yayımlarlar (Karlsson and Quintiere, 1998).

### 2.3.3. Yangın Kompartmanının Özellikleri

Kompartman sınırları içinde, duvar, tavan ve döşemelerin ısı özellikleri de yangın şiddeti üzerinde etkilidir. Yangın sıcaklığının oluşumunda pencere sayısı ve boyutlarında olduğu kadar kompartmanın geometrisi yani, eni, boyu yüksekliği de önemlidir. Yanma etkinliğini ve yangına oksijen temininde önemi olduğu için duvar boşluğu (pencere) faktörü (opening factor)' de yangın şiddeti oluşumunda etkilidir. Büyük açıklıklar sıcak gazların kompartmanın dışına atılmasına yardımcı olması nedeniyle, kompartman sıcaklığının düşmesine katkıda bulunurlar. Tam tersi düşünüldüğünde, küçük açıklıklar kompartman sıcaklığında artışa neden olur.

## 2.4. Binalararası Işınım Yayılmasında Etkili Olan Parametreler

Yanmakta olan bir binadan başka bir alıcı yüzeye ışıınım yayılmasında etkili olan parametreler şu şekilde sıralanabilir; açıklıktan yayılan alevlerin erişimi, alevin yayıcılığı, şekil faktörü ve itfaiyenin müdahale süresi (Carlsson, 1999).

### 2.4.1. Yayılan Alevlerin Erişim Mesafesi

Bir kompartmandan yayılan alevler, ya yanıcı nesnelere ışıınım yayarak veya direkt alev teması ile tutuşmaya neden olabilir. Korunmamış açıklıklar için Kanada Ulusal Yapı Yönetmelikleri (The National Building Code of Canada)' nde alev erişim mesafesi olarak 1.2 m. kabul edilmektedir (Clarke, 1998). Oysa bu çalışmada incelenen diğer yönetmelikler alev erişim etkisini göz ardı etmektedir.

Law ve Thomas (1974), yanmakta olan bir binanın oluşturduğu alev erişimleri üzerinde çalışmalar yapan Webster, Yokoi ve Siegel' in çalışmalarını yeniden incelemişlerdir. Eşitlik 2.4, “duvarsız” durumlarda yapılan deney verilerinden elde edilen sonuçlara göre, kompartman döşemesi üzerindeki alev yüksekliği ve kütle yanma hızıyla açıklık genişliği oranları arasındaki ilişkiyi vermektedir.

$$z_1 + H = 18.6 \left( \frac{R}{W} \right)^{2/3} \quad (2.4)$$

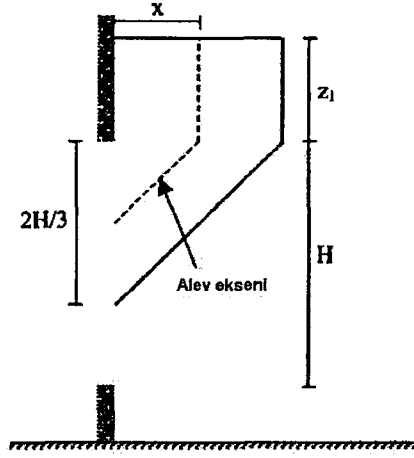
$z_1$  = Bina dışında pencere üzerindeki alev uzunluğu (m)

$H$  = Pencere yüksekliği (m)

$W$  = Pencere genişliği (m)

$R$  = Yakıtın kütle kayıp hızı (kg/s)

Şekil 2.3' de Law ve O'Brien (1981)' a göre alevin erişim durumu ve boyutları görülmektedir. Bu metot, hava akımı olmayan durumlar içindir.



Şekil 2.3 Hava akımı olmayan durumlar için alev şekli (Law and O'Brien, 1981).

Alevin en uç noktasında yer alan en parlak bölümde alev sıcaklığı 540 °C' dir. Yanma hızı (R) (kg/dak), Kawagoe tarafından elde edilen eşitlik 2.5' de yer alan bilinen ifade ile tahmin edilebilir (Drysdale, 1985). Formüldeki parametreler arasındaki ilişki, yakıt olarak ahşabın kullanıldığı ve çeşitli havalandırma açıklıklarına sahip kompartmanlarda bire bir ve küçük ölçekli bir seri deneyden elde edilmiştir.

$$R = 5.5 A_o \sqrt{H} \quad (2.5)$$

$A_o$  = Açıklık alanı (m<sup>2</sup>)

$H$  = Açıklık yüksekliği (m)

Raporda aynı zamanda, Carlsson (1999)' un, Jönsson ve diğerlerine ait çalışmalardan da söz ettiği şekilde, dar pencerelerden yayılan alevlerin daha uzun olduğu ve cepheye yapışmadığı, oysa geniş açıklıklardan yayılan alevlerin daha kısa ve cepheyi yalayarak uzandığından bahsedilmektedir. Daha uzun boyutlu alev yayılması ise şu durumlarda mümkün olmaktadır:

- Yangın kompartmanında yanıcı iç yüzey kaplamalarının kullanılması,
- Pencere seviyesinin altında döşemede oluşan ve yayılan alevlerin baca etkisi yapması,
- Yangına karşı rüzgarın bulunması.

Alev yüksekliği ile ilgili eşitlik 2.4 daha sonra pek çok dökümanda da kullanılan eşitlik 2.6' ya dönüşmüştür (Law and O'Brien, 1981).

$$z_1 + H = 12.8 \left( \frac{R}{W} \right)^{2/3} \quad (2.6)$$

**Law ve O'Brien (1981)**, alev şeklinin belirlenmesi ve yayılan alevlerin oluşturacağı ısıtım miktarının belirlenmesine yönelik bir metot geliştirmişlerdir. Bina cephesinden dışa doğru yayılan alevlerin yataydaki erişimi ( $x$ ), eşitlik 2.7a-b kullanılarak belirlenebilir.

Pencere üzerinde duvar olması durumunda;

$$x = 0.312H^{1.54}W^{-0.54} \quad (2.7a)$$

Pencere üzerinde duvar olmaması durumunda;

$$x = 0.60H^{2/3}z_1^{1/3} \quad (2.7b)$$

Boyutlar daha önce açıklandığı gibidir. Yine daha önce de söz edildiği gibi, alev genişliği  $d = 2H/3$  dür ve bu alevin uç noktasının bina cephesinden  $2H/3$  mesafede olduğu anlamına gelmektedir.

1976' da Fredlund ve d. tarafından hafif betondan yapılan küçük konut modellerinde bir çok küçük ve bire bir ölçekli yangın deneyleri yapılmıştır (**Carlsson, 1999**). Bu deneylerde, doğal hava akımı durumunu modellemek üzere, yangın kompartmanına hava üflenmiştir. Bu deneylerdeki gözlemlerden, alevlerin **Law ve O'Brien(1981)**' in raporlarına göre daha farklı şekillendiği sonucuna varılmıştır. Alevler üçgen şeklinde olup pencerenin üçte ikisinden yukarı doğru yayılmaktadır. 1986' da Ondurs ve Pettersson tarafından İsveç' te yapılan birebir ölçekli deneylerde yayılan alevlerin sıcaklığı ölçülmüştür. Deneyin amacı, cephe dışına uygulanan ilave ısı izolasyonu malzemesinin etkisinin incelenmesidir. Deney üç katlı bir binada, yakıt olarak 184 kg. ahşap kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Pencerenin hemen dışında kaydedilen maksimum sıcaklık 900-950 °C dir. Daha sonra alev sıcaklığı pencereden yatay ve dikey mesafede azalma göstermiştir (**Ondrus and Pettersson, 1986**). **Drysdale (1985)**, 1979' da Bullen ve Thomas tarafından gerçekleştirilen üç küçük ölçekli deney sonuçlarını vermektedir. Bina dışındaki alevlerin maksimum sıcaklığı, Ondrus ve Pettersson tarafından bulunan dağılımla aynıdır.

Yayılan alevlerin ekseni boyunca sıcaklık dağılımının teorik ifadesi, **Law ve O'Brien (1981)**' nin çalışmalarına göre eşitlik 2.8' de yer almaktadır.

$$\frac{T_z - T_a}{T_o - T_a} = l - 0.027 \frac{lw}{R} \quad (2.8)$$

$T_z$  = Alev eksenı boyunca  $l$  mesafesindeki sıcaklık (°K)

$T_a$  = Çevre havasının sıcaklığı (°K)

$T_o$  = Penceredeki sıcaklık (°K)

$l$  = Eksen boyunca uzaklık (m)

$w$  = Pencere genişliği (m)

$R$  = Yanma hızı (kg/s)

Pencerenin hemen dışındaki sıcaklık değeri, yangının sıcaklığından daha fazla bulunabilir. Bu durum, kompartmanın dışında yanmaya başlayan yanmamış gazlar nedeniyledir.

#### 2.4.2. Işınım Yayıcılığı

Yayıcılık (emissivity), bir yüzeyin veya bir nesnenin, bir ışın yayıcı olarak etkinliğinin ölçüsü olarak açıklanabilir. Yayıcılık, sıcaklık ve nesnenin özelliklerine bağlı olarak değişir. İdeal bir siyah cismin yayıcılığı “1” kabul edilir.

Alevde ise yayıcılık, alevin kalınlığına ve yanmamış parçacıkların içeriğine bağlıdır. Yanmamış alkol için bu değer 0.066 alınırken, ortalama bir alev için bu değer 0.3-0.7 arasındadır. Eşitlik 2.9’ da yanmakta olan bir kompartmanın duvarındaki açıklıktan dışarıya yayılan alevin yayıcılığının ( $\varepsilon$ ) hesabında kullanılır (Carlsson, 1999).

$$\varepsilon = 1 - e^{-a\lambda} \quad (2.9)$$

$a$  = Emicilik katsayısı (absorption coefficient)

$\lambda$  = Alev kalınlığı (m)

Emicilik katsayısı ( $a$ ), yanan malzemenin türüne bağlıdır. Tablo 2.2’ de çeşitli yakıtların alevlerine ait emicilik değerleri verilmektedir. Law ve O’Brien ve CEN dökümanı “Eurocod 3, Çelik Strüktürlerin Tasarımı, Bölüm 1.2, Strüktürel Yangın Tasarımı” na göre, bina dışı çelik strüktürlerin tasarımı için emicilik değeri  $a = 0.3$  olarak alınabilir (Drysdale, 1985).

Tablo 2.2 Çeşitli malzemelerin alevlerine ait emicilik değerleri (Drysdale, 1985)

| Malzeme      | Emicilik katsayısı ( $a$ ) |
|--------------|----------------------------|
| Dizel petrol | 0.43                       |
| PMMA         | 0.50                       |
| Polistren    | 1.2                        |
| Ahşap        | 0.50-0.80                  |
| Mobilya      | 1.13                       |

Korumacı bir yaklaşımla,  $a = 1$  değeri, yanmakta olan bir kompartmanın penceresinden yayılan ışınlam için sıkça kullanılır (Barnett, 1988), (Law, 1968).

#### 2.4.3. Şekil Faktörleri (Configuration Factors)

Sıcak bir yüzeyden yayılan ışınlam miktarı, yüzeyden uzaklaştıkça azalır. Bu azalmanın bir ölçüsü “şekil faktörü ( $\phi$ )” olarak adlandırılır. Buchanan (1994), dikdörtgen yüzeyli bir ışınlam yayıcı kaynak ve bundan uzaktaki bir alıcı için, şekil faktörü ifadesini eşitlik 2.10’ da görüldüğü gibi ifade etmiştir.

$$\phi = \frac{1}{360} \left[ \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \tan^{-1} \left( \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} \right) + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \tan^{-1} \left( \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right) \right] \quad (2.10)$$

$$x = H_f/r$$

$$y = W_f/r$$

$H_f$  = Dikdörtgenin yüksekliği (m)

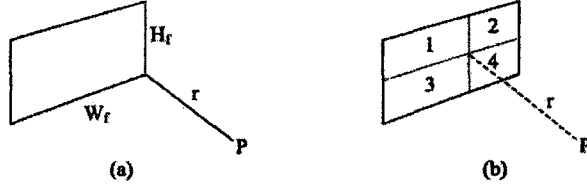
$W_f$  = Dikdörtgenin genişliği (m)

$r$  = Yayıcı kaynak ve alıcı arası uzaklık (m)

Yukarıdaki eşitlik, dikdörtgenin bir köşesindeki şekil faktörünü belirler.

Pek çok kaynaktan, genişlik, yükseklik ve mesafeye ilişkin çok sayıda kombinasyonun hesaplanmasından elde edilmiş tablo ve grafikler yer almaktadır. Bu metotla şekil faktörünün hesaplanması halinde,  $r$  mutlaka dikdörtgene dik açıyla alınmalıdır. Aynı alıcı nokta ( $P$ ) için, bu hesaplama katılan her bir parça ayrı ayrı toplanabilir

(Law,1963). Şekil 2.4a-b’ de şekil faktörünün hesabında kullanılan değişkenlerin yönlendirilişi yer almaktadır.



Şekil 2.4 Şekil faktörünün belirlenmesi (Carlsson, 1999)

Lie (1972) ise şekil faktörünü, ışıma maruz kalan nesneye düşen ışıma şiddetinin ışıma yayan nesnenin yaydığı ışıma şiddetine oranı olarak tanımlamaktadır. Pratikte yanmakta olan bir binanın yaydığı ışıma şiddeti ve bir nesnenin maruz kalabileceği maksimum izin verilebilir ışıma şiddetinin bilinmesi durumunda maksimum izin verilebilir şekil faktörü hesaplanabilir (Lie, 1972).

Şekil 2.4(b)’ de toplam şekil faktörü  $\phi_{tot}$ , eşitlik 2.11’ de görüldüğü gibi, her bir dikdörtgenin şekil faktörlerinin toplanmasıyla bulunur.

$$\phi_{tot} = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4 \quad (2.11)$$

Aynı durum, dikdörtgenlerin hesaba katılmaması durumu için de uygulanır. Bu durumda da hesaba dahil olmayan parçaya ait değer toplamdan çıkarılır (Law, 1963).

Binalar arası mesafenin belirlenmesi söz konusu olduğunda, şekil faktörü kritik değerleri pek çok yapı yönetmeliğinde ve hesap metotlarında, düşük yangın yükü tahmin edilen binalar için 0.15, yüksek yangın yükü tahmin edilen binalar için 0.075 olarak alınır (Law, 1963). McGuire (1965a) ve NFPA 80A (1991), yüksek yangın tehlikesi için 0.035 (McGuire’ a göre yüksek derecede yanıcı iç yüzey kaplaması olan binalar), orta yangın tehlikesi için 0.07 ve düşük yangın tehlikesi için 0.14 değerlerini kabul etmektedirler. Yukarıda da açıklandığı gibi şekil faktörü, alıcı ve kaynak arasındaki ışıma transferindeki azalmayı açıklar. Bu nedenle kritik şekil faktörü, pek çok farklı tipteki bina kullanımları için, bir yangında maksimum ışıma yoğunluğu oluşturarak alıcı yüzeyde tutuşmaya neden olabilecek kritik ışıma yoğunluğuna bölünerek belirlenebilir. Buradan, şekil faktörü, tutuşmanın meydana gelmemesi için izin verilebilir maksimum değer olarak bulunur.

Daha önce bölüm 2.3.1’ de belirtildiği gibi “St. Lawrence Burns” den, yangının başlangıcından 16 dakika sonrasında oldukça yüksek ısıyım yoğunluk değeri elde edildiği belirtilmişti; yani binalar arası mesafenin belirlenmesinde pratik olarak uygun olmayan yüksek değeri bulunduğundan söz edilmişti. Ancak, bu süre içerisinde itfaiyenin müdahalesi genellikle gerçekleşebileceği için, yönetmeliklerde daha küçük değeri alınmıştır. Kanada, İngiliz ve Galler Yönetmelikleri’ ne göre ise, itfaiyenin bu süre içinde müdahalesinin garanti olmadığı durumlarda, bu mesafenin artırılması gerektiği belirtilir.

## **2.5. Yapılar Arasında ısıyım Yoluyla Tutuşmada Etkili Olan Kriterler**

ısıyımına maruz kalan bir cephenin tutuşup tutuşmayacağı, tutuşma kriterlerine, cephe malzemesinin fiziksel özelliklerine ve belirli bir ısıyım değeriinde malzemenin tutuşmasının ne kadar zaman alacağına bağlıdır.

### **2.5.1. Cephe Malzemesinin Fiziksel Özellikleri**

Yanıcı bir malzemenin ısıyımına maruz kalarak tutuşması, ya kendi kendine veya bir tutuşma kaynağı vasıtasıyla olur; yani ısıyımına maruz kalan yüzeyden yayılan yanıcı gazlar, kıvılcım veya alev gibi bir tutuşturma kaynağı sebebiyle tutuşabilir (Law, 1963). Malzemenin kendi kendine tutuşması için oldukça yüksek ısıyım değeri gereklidir. Law (1963) tarafından bahsedilen bu değeri ahşap için  $33 \text{ kW/m}^2$  ( $0.8 \text{ cal/cm}^2\text{s}$ )’ dir. Halbuki bir yangın durumunda, tutuşmaya sebep olan bir kaynak mevcuttur ve binalar arası mesafenin belirlenmesinde bu değeri kullanılmalıdır. Pek çok yapı yönetmeliğinde ve hesap yönteminde, ısıyımına maruz kalan cephe için maksimum izin verilebilir değeri olarak  $12.5 \text{ kW/m}^2$  ( $0.3 \text{ cal/cm}^2\text{s}$ ) değeri alınmaktadır (NFPA 80A, 1991). Bu değeri İngiltere’ deki “Joint Fire Research Organization” tarafından bulunmuştur ve kuru ahşabın tutuşması için gereken en düşük değeriir. McGuire (1965a) tarafından herhangi bir işlem uygulanmamış lif levhaların, daha düşük ısıyım yoğunluklarında tutuşabileceği ifade edilse de, ısıyım tehlikesine maruz kalabilecek bina cephelerinde bu tür bir malzemenin uygulanmayacağı dikkate alınarak, hesaplarda kullanılmamıştır.

Sürekli ısıyım etkisindeki malzemeler üzerinde yapılan çalışmalara göre malzemenin aldığı ısı miktarı ilk anlarda oldukça yavaş yükselmekte, malzemenin aldığı kalori miktarı hem malzemeyi ısıtmakta hem de içerisinde bulunan suyun bir bölümünün

buharlaşmasına bir bölümünün de malzemenin ısıtım almayan diğer yüzeyine geçmesine neden olmaktadır. Bu durum, malzeme yüzeyine etkiyen ısıtımın şiddetini belirli bir süre için azaltmaktadır (Sunar, 1966).

Yangın sırasında yapı elemanlarının yangına karşı gösterdiği performans, elemanın nem içeriği dolayısıyla emicilik özellikleri ile yakından ilgilidir. Zira yüksek nem içeren bir yapı elemanı yüksek ısıya maruz kaldığında, içerisindeki nem yangına dayanım yönünde katkı sağlayabileceği gibi, eleman yüzeyinde dökülmelere de neden olabilir. Yapı elemanlarının pek çoğunun bünyesinde nem bulundurduğu gerçeği, yangın sırasındaki performansının belirlenmesi yönünde çeşitli deneysel çalışmalar yapılmasını gerektirir. Ancak yapılacak olan bu çalışmalarda, yapı elemanının kullanıldığı yörenin iklimsel özelliklerine ve yine elemanın nemi yapısında tutma özelliklerine bağlı olarak değişik sonuçlar elde edilebilir (Aydın, 1994). Katı malzemelerin ısıtım ile ısınma nedeniyle tutuşmasına ilişkin pek çok deney, Clark (1998) tarafından yeniden gözden geçirilmiştir. Clark, 1977’ de Law ve Simmins tarafından yapılan, ahşabın tutuşmasında bünyesindeki nemin etkisini araştırdıkları çalışmayı incelemiştir. Bu çalışmaya göre, ahşabın içindeki nem seviyesinin yükselmesi, Law (1968) tarafından da belirtildiği üzere, ısıtım ile tutuşma seviyesini ve tutuşma zamanını arttırmaktadır. Clark (1998) çalışmasında aynı zamanda Janssens tarafından yapılan, fırında kurutulmuş çeşitli ahşap türleri üzerinde kritik ısıtım çalışmalarına da yer vermiş, kritik ısıtım değerinin 10-14 kW/m<sup>2</sup> değerleri arasında yer aldığını belirtmiştir.

1970’ lerde İsveç ve Finlandiya’ da yapılan pek çok deneyde tutuşmaya neden olan kritik ısıtım seviyesi belirlenmiştir. Yangına dayanıklı boyalı ve boyasız ahşap duvarlar üzerinde yapılan bire bir ölçekli ve laboratuvar deneylerinde, kritik ısıtım seviyesi saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bire bir ölçekli modeli tutuşturmak için, laboratuvardaki küçük ölçekli modele göre daha fazla miktarda ısıtım seviyesine ihtiyaç duyulmaktadır. Tablo 2.3’ de bir çok deney ve ısıtım maruz kalan yüzeylerde yapılan çalışmalara göre, tutuşmaya neden olan minimum ısıtım seviyesi yer almaktadır. Küçük ölçekli laboratuvar deney sonuçları, 15 dakika sürekli uygulanan ısıtım maruziyetine göre elde edilmiştir.

İsveç yapı yönetmeliklerinde, tutuşma değeri olarak 15 kW/m<sup>2</sup> değeri alınmaktadır (Carlsson, 1999).

Tablo 2.3 Bire bir ölçekli ve laboratuvar ölçekli yangına dayanıklı boyalı ve boyasız ahşap duvar modelleri üzerinde yapılan deneylere göre, tutuşmaya neden olan kritik ışınlm seviyeleri (Carlsson, 1999).

| Tutuşmaya neden olan ışınlm seviyesi (kW/m <sup>2</sup> ) | Boyanmamış yüzey (kW/m <sup>2</sup> ) | Boyanmış yüzey (kW/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Bire bir ölçekli deney                                    | 18-19                                 | 26-30                               |
| Laboratuvar deneyi                                        | 10                                    | 15                                  |

#### 2.4.2. Tutuşma Zamanı

Kritik ışınlm şiddetine maruz kalan bir malzeme, hemen tutuşmayacaktır. Tutuşma zamanı, ışınlma maruz kalan malzemenin nemliliğine ve ısıl atalet (thermal inertia)( $k\rho c$ )' ine bağlıdır (Drysdale, 1985). Law (1968), 15.8 kW/m<sup>2</sup>' lik ışınlma maruz kalan fırında kurutulmuş ahşap ( $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ ) için tutuşma süresi 10 dk. civarındayken, aynı seviyede ışınlma maruz kalan %15 oranında nemli (ağırlıkça) ahşap için tutuşma süresinin 65 dk. olduğunu belirtmektedir.

Clarke (1998)' ın aynı çalışmasında 1991' de Janssen tarafından yapılan, işlenmemiş ahşabın, bir ısı kaynağı bulunması durumunda tutuşma zamanının belirlenmesine yönelik bir model de yer almaktadır. Eşitlik 2.12, bu modeli ifade etmektedir.

$$q = q_{cr} \left[ 1 + 0.73 \left( \frac{k\rho c}{h_{ig}^2 t_{ig}} \right)^{0.547} \right] \quad (2.12)$$

$q$  = Yayılan ışınlm (kW/m<sup>2</sup>)

$q_{cr}$  = Kritik ışınlm (kW/m<sup>2</sup>)

$k\rho c$  = Isıl atalet (kJ/s/m<sup>2</sup>K)

$h_{ig}$  = Isı transfer katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

$t_{ig}$  = Tutuşma süresi (s)

Janssen, değişik ağaç türleri için bu değişkenlere ait çeşitli değerleri de bir tabloda özetlemiştir. Bu değerler tablo 2.4' de görülmektedir.

Tablo 2.4 Janssen' in modelinden elde edilen çeşitli ağaç türlerine ait özellikler (Clarke, 1998).

| Ağaç türü                           | $t_{ig}$ (°C) | $q_{cr}$ (kW/m <sup>2</sup> ) | $h_{ig}$ (W/m <sup>2</sup> K) | $k\rho c$ (kJ/s/m <sup>2</sup> K) |
|-------------------------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Kızıl Sedir (Western Red Cedar)     | 354           | 13.3                          | 34.9                          | 0.087                             |
| Servi (Redwood)                     | 364           | 14.0                          | 35.9                          | 0.141                             |
| Monterey Çamı (Radiata pine)        | 349           | 12.9                          | 34.6                          | 0.156                             |
| Kuzey Amerika Köknarı (Douglas Fir) | 350           | 13.0                          | 34.6                          | 0.158                             |
| Dişbudak ağacı (Victorian Ash)      | 311           | 10.4                          | 31.5                          | 0.260                             |
| (Blackbutt)                         | 300           | 9.7                           | 30.6                          | 0.393                             |

“Standart Test Metodu ve Malzemenin Tutuşması ve Alev Yayma Özellikleri” (ASTM, 1990) raporu, ışınlıma maruz kalan bir yüzeyin teorik olarak tutuşma süresinin belirlenmesi için bir metod ortaya koymaktadır. Yüzey, bir yarı sonsuz (semi-infinite) plak olarak kabul edilir. Metodun sonucu, aşağıda yer alan eşitlik 2.13’ de görülebilir.

$$\frac{\dot{q}_{o,ig}''}{\dot{q}_e''} = \left[ 1 - \exp(-\tau) \operatorname{erfc}(\sqrt{\tau}) \right] \quad (2.13)$$

$$\tau = \frac{h^2 t_{ig}}{k\rho c}$$

$\dot{q}_{o,ig}''$  = Tutuşma için kritik akı (kW/m<sup>2</sup>)

$\dot{q}_e''$  = Ölçülen etkileyici akı (kW/m<sup>2</sup>)

$h$  = Isı kayıp katsayısı (kW/m<sup>2</sup>K)

$t_{ig}$  = Etkileyici akı altında tutuşma süresi (s)

$k\rho c$  = Isıl atalet (kJ/s/m<sup>2</sup>K)

### **3. ÇEŞİTLİ ULUSAL YANGIN YÖNETMELİKLERİNDE İŞİNİMLA YANGININ YAYILMASININ ELE ALINIŞ BİÇİMLERİ**

Binalar arasında yangının oluşturduğu ısınım tehlikesi nedeniyle, bırakılması gereken güvenli mesafeleri ele alan yönetmeliklerden bazıları bu bölümde incelenmiştir. Yapı yönetmelikleri incelenen ülkeler şunlardır: Avustralya, Kanada, İngiltere&Galler, Yeni Zelanda, İsveç, A.B.D. ve Türkiye.

#### **3.1. Avustralya Yangın Yönetmeliği**

Avustralya Yapı Yönetmeliği (BCA, 1996)' ne uyabilmek için bir bina çözümünün performans gereksinimlerini karşılaması şarttır. Performans gereksinimlerinin karşılanması, şu üç yoldan birine uyularak sağlanabilir;

- a) Alınması gereken temel önlemler (deemed-to-satisfy)' e uyarak, veya
- b) Alternatif bir çözümü formüle ederek,
  - (i) performans gereksinimlerine uyan bir çözümü, veya
  - (ii) alınması gereken temel önlemlere eşit olabilecek bir çözümü, veya
- c) (a) ve (b)' nin bir kombinasyonunu oluşturarak.

**Alınması Gereken Temel Önlemler;**

Eğer bir bina alınması gereken temel önlemleri yerine getirirse, performans gereksinimlerini sağlamış olur.

**Alternatif Çözüm;**

Aşağıda tanımlanan “değerlendirme metotları” ndan en az birisi, alternatif bir çözüm olarak kararlaştırılmalıdır. Kullanılan değerlendirme metodu, performans gereksinimleri ve BCA ile uyum sağlamalıdır.

Bina tasarımının performans gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığı, bir ya da birden çok değerlendirme metodu kullanılarak belirlenebilir. Kullanılabilecek değerlendirme metotlarından kısaca şu şekilde bahsedebiliriz;

- Tasarım, konstrüksiyon tipi ve kullanılan malzemelerin performans gereksinmelerini veya alınması gereken temel önlemleri karşıladığını ispata yönelik metotlar.
- BCA' da açıklanan veya yetkili makam tarafından kabul edilmiş doğrulama metotları (verification methods).
- Alınması gereken temel önlemlerin karşılaştırılması.
- Uzman kararı.

#### Amaç;

Yangın güvenliği ve yangın dayanımıyla ilgili olarak BCA' nın amacı, bina içerisinde oluşabilecek bir yangında ve binanın boşaltılması esnasında oluşabilecek yaralanmalardan bina kullanıcılarını korumak; aynı zamanda yangınla mücadele ve kurtarmaya olanak tanımaktır. Dahası, komşu binalar arasında yangının yayılması önlenmeli ve bitişik binadaki yangın sebebiyle oluşabilecek çökmeden diğer binalar korunmalıdır.

#### Performans Gereksinimleri;

Bir bina, yangına maruz kaldığında bile strüktürel stabilitesini devam ettirebilecek şekilde inşa edilmelidir. Yangının yayılması, hem bina içinde hem de komşu binalar arasında önlenmelidir. Bu performans gereksinimleri karşılanırken pek çok faktör dikkate alınmalıdır. Bunlardan bazıları;

- Binanın kullanım sınıfı ve planı
- Yangın yükü
- Yangının şiddeti ve tahmini büyüklüğü
- Yangın güvenliği önlemleri
- Tahliye süresi
- Kurtarma personelinin müdahalesi

#### Doğrulama Metotları (verification methods);

Binalar arasında yangın yayılmasının önlenmesine ilişkin uyulması gerekli performans gereksinimleri açısından, BCA tarafından, binalar arasında veya parsel

sınırı ve maksimum ışıının alındığı nokta arasındaki mesafeler için düzenlenmiş iki tablo bulunmaktadır.

Tablo 3.1, farklı parsellere oturan binalar arasındaki mesafeleri belirlemek için kullanılmalıdır. Bu tablo, bir binanın komşu parsel sınırına belirli mesafede, tabloda belirtilen değerin üzerinde bir ısı akısına neden olmayacağı anlamını taşımaktadır. Tam tersini düşünerek tablo şu şekilde de değerlendirilebilir; parsel sınırından tablodaki belirtilen mesafeler içerisinde yer alan bir bina, bahsedilen ışıının seviyelerine dayanabilir.

Tablo 3.1 Farklı parseller üzerindeki binalar arasındaki gerekli mesafeler ve maksimum ışıının şiddeti değerleri (BCA, 1996)

| Yerleşim            | İzin Verilebilir Işınım Şiddeti (kW/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|------------------------------------------------------|
| Sınır üzerinde      | 80                                                   |
| Sınırdan 1 m uzakta | 40                                                   |
| Sınırdan 3 m uzakta | 20                                                   |
| Sınırdan 6 m uzakta | 10                                                   |

Tablo 3.2 aynı parselde oturan binalar arasındaki mesafeleri belirlemek için kullanılmalıdır. Tabloda belirtilen mesafeler içerisinde olmak kaydıyla bir bina, yine tablodaki ışıının değerinin üzerinde ısı akısı ortaya koymazsa binalar arasında yangının yayılması önlenecektir. Başka bir deyişle, binalar arasındaki mesafe tabloya göre alınmışsa, binalar tabloda belirtilen ışıının değerine dayanacaktır.

Tablo 3.2 Aynı parselde yer alan binalar arasındaki gerekli mesafe ve maksimum ışıının şiddeti değerleri (BCA, 1996)

| Binalar Arası Mesafe | İzin Verilebilir Işınım Şiddeti (kW/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------|------------------------------------------------------|
| 0 m                  | 80                                                   |
| 2 m                  | 40                                                   |
| 6 m                  | 20                                                   |
| 12 m                 | 10                                                   |

Eğer parsel sınırı binalar arası ayırım mesafesinin tam ortasında olduğu düşünülürse, Tablo 3.2 Tablo 3.1 ile eşit olur.

Daha önce de açıklandığı gibi, tasarımı yapan kişi, tablo 3.1 ve tablo 3.2' yi tasarımın performans gereksinmelerine uygunluğundan emin olmak için kullanabilir. Işıınınla tutuşmaya ilişkin kesin bir değer BCA' da yer almamaktadır. Malzeme

türüne ve bir pilot kaynağın olup olmama durumuna göre BCA' da yer alan, tutuşmaya neden olabilecek ısıtım şiddeti değeri 10-35 kW/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir.

Özet;

BCA, performans gereksinmelerinin karşılandığının kanıtı için iki tablo kullanılmaktadır (tablo 3.1 ve 3.2). Genel olarak şunu söyleyebiliriz; parsel sınırından veya komşu binadan uzaklığına bağlı olarak bir bina, parsel sınırı üzerinde yaydığı ısıtım şiddeti 80 kW/m<sup>2</sup> yi geçmemeli ve bir bina 10-80 kW/m<sup>2</sup> arasındaki ısıtım dayanamalıdır. Tasarımı yapan kişi, performans gereksinmelerinin karşılandığını göstermek için performansa dayalı mühendislik metotlarını kullanabilir. BCA' nın bina dışı yangın yayılmasına ilişkin amacı, binalar arasında yangının yayılmasını önlemektir; yani yangın kaynağı olan binadan bağımsız olarak, her iki binayı da korumak amaçlanmaktadır.

### 3.2. Kanada Yangın Yönetmeliği

Kanada ulusal yapı yönetmeliklerinde, halen İngiltere ve Galler' de kullanılmakta olan ve kritik alınan ısıtım seviyesi olarak kabul edilen 12.5 kW/m<sup>2</sup> değerine göre düzenlenmiş, "Approved Document B (1991)" de yer alan tablolar ile binalar arası mesafe tarif edilmektedir (Clarke, 1998). Kanada, açıklıklardan yayılan ısıtım ve alev erişim mesafesi olan 1.2 m' den daha yüksek değerler kullanılmaktadır.

St. Lawrence Burns' den elde edilen ısıtım değeri, Bölüm 2.3.1' de verilmişti. Kanada yapı yönetmelikleri, normal binalar için şekil faktörü olarak 0.07 değerini ve daha şiddetli yanacağı tahmin edilen yanıcı yüzey bitirmesine sahip binalar için bu değeri 0.035 olarak almaktadır. Bu şekil faktörü değeri McGuire (1965a) tarafından açıklanan değerler ile aynıdır ve göreceli olarak 180 ve 360 kW/m<sup>2</sup> lik ısıtım değerlerine karşılık gelmektedir. St. Lawrence deneylerinde 16 dakikadan sonra, binalar arası mesafenin belirlenmesinde pratikte kullanım açısından oldukça büyük ısıtım değeri elde edilmiştir. Bu nedenle, itfaiyenin 10 dk. içerisinde ulaşmasının mümkün olmadığı yerlerde bu ayırım mesafesinin iki katı alınması gerektiği belirtilmektedir.

### 3.3. İngiltere & Galler Yangın Yönetmeliği

Gereklilik;

İngiltere&Galler' e ait yapı dışında yangın yayılmasıyla ilgili şartlar, yapı yönetmelikleri 1991, Bölüm B, tablo 1' de verilmiştir (**Dep.of the Env.and the Welsh Office, 1991**). Bu dökümanda yer alan düzenlemeler aşağıdaki gibidir;

- Bina dış duvarları, bina duvarı üzerinden ve binanın yükseklik, kullanım ve yerleşim durumunu dikkate alarak bir binadan başka binaya yangının yayılmasına karşı dirençli olmalıdır.
- Bina çatısı, çatı üzerinden ve binanın kullanım ve yerleşim durumunu dikkate alarak bir binadan başka binaya yangının yayılmasına karşı dirençli olmalıdır.

Performans;

B4 şartnamesindeki gerekli şartları karşılamak ve bitişik binalar arasında yangının yayılmasını engellemek için Doküman B' de yer alan şu şartların yerine getirilmesi gerekir;

- Bir bina dışı yangın kaynağı tarafından duvar yüzeylerinde oluşabilecek tutuşma riski sınırlandırılmalıdır. Bu da, düşük ısı yayma hızına sahip malzemeler kullanılarak çözümlenebilir.
- Dış duvardan geçebilecek radyant ısı akısı sınırlandırılmalıdır. Bu durum, duvar yüzeyi üzerindeki korunmamış açıklık miktarının azaltılması ve bitişik arsa sınırı ile olan mesafenin hesaba katılması ile sağlanabilir.
- Bir dış yangın kaynağı nedeniyle, çatı üzerinden ve/veya çatı boşluğundan oluşabilecek yangın yayılma riski sınırlandırılmalıdır. Bu sınırlandırma, uygun çatı konstrüksiyonu ile gerçekleştirilebilir.

Bu önlemlere ilişkin büyüklükler, binanın fonksiyonu, komşu sınır ile olan uzaklık ve bina yüksekliği gibi faktörlere bağlıdır.

Doküman B' ye göre binalar arası yangın yayılması ve muhtemel sonuçları, yangın şiddetine, binalar arası mesafeye, dış duvarların yangın dayanımına ve komşu binada bulunan kişilerin maruz kaldığı riske bağlıdır.

### Alan Ayırımı (Space Separation);

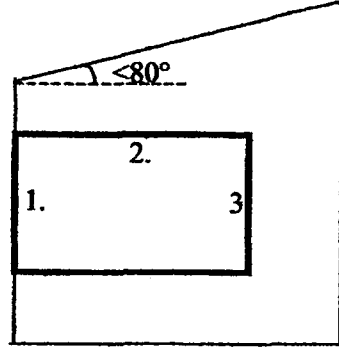
Doküman B' de yer alan alan ayırımı ile ilgili hükümler, altı kabule dayanır. Bu kabuller şunlardır;

- Yangın büyüklüğü, binadaki yangın kompartmantasyonuna bağlıdır.
- Yangın şiddeti, binanın kullanımına bağlıdır. Otomatik sprinkler sisteminin varlığı, yangın şiddetini azaltır.
- Konut, toplantı ve rekreasyon amaçlı binalar, diğer türdeki binalara göre daha fazla risk içerirler.
- Aynı parsel üzerine yerleşmiş binalar, konut, toplantı veya rekreasyon amaçlı olmamaları halinde, binalar arasında yangın yayılmasının oluşturabileceği hayati tehlike, çok büyük miktarda olmayacaktır hatta ihmal edilebilir.
- İlgili bina ile aynı yükseklikteki bir diğer bina, ilgili sınırın diğer tarafına yerleştirilebilir. Ortak bir sınıra ise eşit uzaklıkta yerleştirilirler.
- Yangına dayanıklı bir dış duvardan geçen ısı akısı, ihmal edilebilir.

Kısa ayırım mesafeleri veya korunmamış duvar alanlarının artırılması istendiğinde, daha küçük yangın kompartmanları tavsiye edilebilir.

Döküman B' de, ilgili sınıra olan mesafeler yer almaktadır; yani, ayırım mesafeleri söz konusu olduğunda gerçek sınır (actual boundary) veya iki binanın arasında, binalar arası mesafenin ortasında yer aldığı kabul edilen sınır (assumed boundary) kullanılmalıdır. Bu durum tasarımı yapan kişiyi, sınırın diğer tarafında yer alan binaları dikkate almaksızın, bina dış duvarında yer alan toplam korunmamış alanın hesabını mümkün kılar. Bina dış duvarı, şekil 3.1' de yer alan durumlardan herhangi birine uyması durumunda, ilgili sınıra baktığı kabul edilir. Sınırın, ilgili sınır (relevant boundary) durumunda olabilmesi için;

- Bina dış duvarı ile çakışması,
- Bina dış duvarı ile 80° den büyük olmayan açıda olması veya
- Bina dış duvarına paralel olması gerekir.



Şekil 3.1 İlgili sınıra bakan bina dış duvarları (Carlsson, 1999)

Aynı arsada yer alan binalar arası ayırım mesafesi, ilgili binanın konut, toplantı veya rekreasyon amaçlı olup olmadığına bakılmaksızın genellikle azaltılır. Eğer bina bu bina gruplarından birine dahil edilebiliyorsa, o zaman binalar arasında kavramsal bir sınır çizgisinin varlığı kabul edilebilir. Bu kavramsal sınır, binalardan birisi için binaların ayırımı ile ilgili koşulları yerine getirmelidir. Diğer bina da bu binanın durumuna göre istenilen koşulları sağlayacak şekilde konumlandırılır.

İlgili sınır, bina duvarının baktığı bir sınırdır ve bu kavramsal bir çizgi veya gerçek parsel sınırıdır.

Bir dış duvar üzerinde bulunan ve gerekli yangın dayanım değerinin altında bir değere sahip olan açıklıklar korunmamış alanlar olarak kabul edilirler. 1 mm.'den daha kalın yanıcı malzemeyle kaplı yangına dayanıklı duvarlar, yanıcı malzemenin gerçek alanının yarısının toplam alanı ile birlikte, korunmamış alan olarak işlem görürler. 1 m<sup>2</sup> den küçük alanlar, ayırım mesafeleri belirlenirken ihmal edilebilir. Bir dış duvarda bulunan korunmamış alanların ayırım mesafeleri belirlenirken, aşağıda yer alan durumlar için bu kabul geçerlidir;

- 1 m<sup>2</sup> den büyük olmayan korunmamış alanlarda – aynı büyüklükteki diğer korunmamış alanlarla arasında 4.0 m. mesafe olmalıdır.
- 0.1 m<sup>2</sup> den büyük olmayan korunmamış alanlarda – diğer korunmamış alanlarla arasında 1.5 m. mesafe olmalıdır.
- Farklı yangın kompartmanlarında yer alan korunmamış alanlarda – kısıtlama yoktur.
- Korunmuş bir shaft oluşturan merdivenin korunmamış dış alanlarında – kısıtlama yoktur.

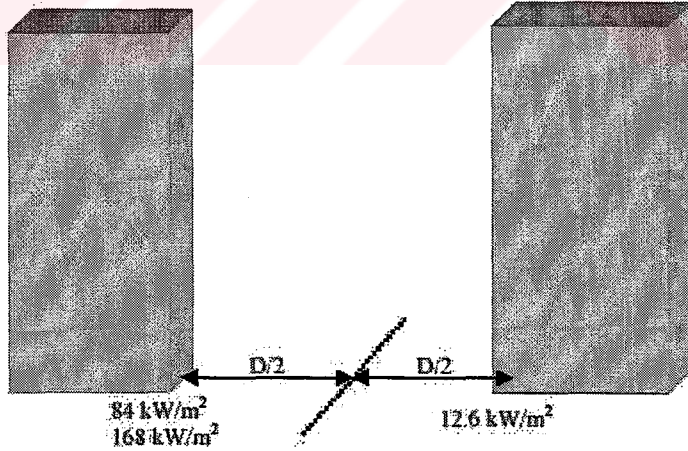
Bir binanın zeminden 30 m. ve üzerindeki yükseklikte yer alan korunmamış alanları, ayırım mesafesi ile ilgili olarak ihmal edilebilir. İlgili sınıra 1 m. ve yakın mesafede yer alan dış duvarlar, yukarıda bahsedilenden fazla korunmamış alan bulundurmamalı ve duvarlar her iki yandan da yangına karşı korunmuş olmalıdır.

Hesaplama Metotları;

Doküman B4' de bir dış duvardaki kabul edilebilir korunmamış alan miktarının hesabıyla ilgili iki metot yer almaktadır. Bu metotlar ilgili sınıra 1 m.'den uzakta bulunan binalar için geçerlidir. Metotların amacı, binaların ilgili sınırdan, tüm korunmamış alanlarında toplam ısınımın  $12.5 \text{ kW/m}^2$  olduğu mesafenin en az yarısı kadar mesafeyi sağlamaktır. Bu durum, duvardaki korunmamış alanlardan yayılan ısınımla ilgili aşağıda ifade edilen kabullere dayanmaktadır;

- Konut, ofis, toplantı ve rekreasyon amaçlı binalarda maksimum izin verilebilir ısınım miktarı,  $84 \text{ kW/m}^2$
- Ticari, endüstriyel, depolama ve diğer içinde barınılmayan türdeki bina gruplarında maksimum izin verilebilir ısınım miktarı,  $168 \text{ kW/m}^2$

Bu metot “ayna imajı (mirror image)” kavramı olarak adlandırılır. Ayna imajı kavramı, şekil 3.2’ de görülebilir.



Şekil 3.2 “Ayna imajı (mirror image)” Kavramı (Carlsson, 1999)

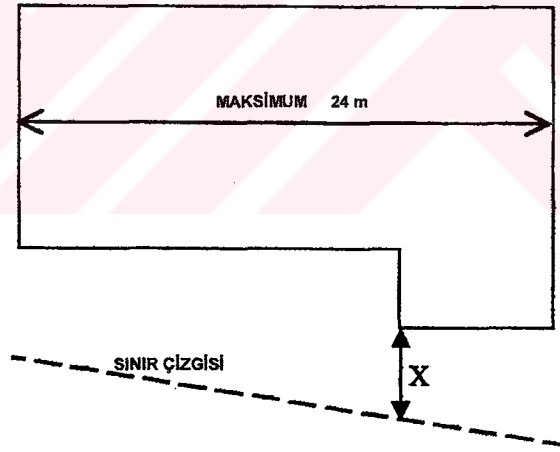
İyi tasarlanmış sprinkler sistemine sahip bir binada, ilgili sınırdan olan uzaklık  $D/2$ , yarı yarıya azaltılabilir. Ancak bu mesafe hiçbir zaman 1 m.’den az olmamalıdır. Burada bahsedilen iki metottan başka hesap metotları da kullanılabilir.

Metot 1; az katlı konut, apartman ve diğer oturma amaçlı binalar için kullanılmalıdır. Bina dış duvarları 24 m.’den daha uzun ve bina üç kattan fazla olmamalıdır. Bina

yan cephelerinin ilgili sınırdan olan minimum uzaklıkları ve kabul edilebilir maksimum açıklık oranları tablo 3.3’ de yer almaktadır. Şekil 3.3’de metot 1’in prensipleri ve ilgili sınırdan mesafeler görülmektedir. Tablo 3.3’ de verilenlerden büyük dış duvar alanları, yangına dayanıklı olmalıdır.

Tablo 3.3 Ayırım mesafeleri ve kabul edilebilir maksimum korunmamış alan büyüklükleri (Dep.of the Env.and the Wels Office, 1991)

| Dış duvar ve ilgili sınır arasındaki minimum mesafe X (m) | Maksimum kabul edilebilir korunmamış alan (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1                                                         | 5.6                                                         |
| 2                                                         | 12                                                          |
| 3                                                         | 18                                                          |
| 4                                                         | 24                                                          |
| 5                                                         | 30                                                          |
| 6                                                         | Limitsiz                                                    |



Şekil 3.3 Metot 1’ in Prensipleri (Carlsson, 1999)

Metot 2; hangi yapı grubu içerisinde yer aldığına bakılmaksızın her yapı için uygulanabilir. Etrafı açık otopark binaları hariç olmak üzere, bu metodun uygulanacağı yapıların 10 m.’ den yüksek olmaması gerekir. Bina ile ilgili sınır arasındaki ve bina yüzeyi üzerindeki izin verilebilir maksimum alanlar, tablo 3.4’ de yer almaktadır. Tabloda verilen değerlerin üzerindeki duvar alanları yangına dayanıklı olmak zorundadır.

Tablo 3.4 Ayırım mesafeleri ve izin verilebilir korunmamış alan büyüklükleri (Dep.of the Env.and the Wels Office, 1991)

| Bina dış duvarı ile ilgili sınır arasındaki mesafe (m) |                                                              | Toplam duvar alanının bir yüzdesi olarak maksimum korunmuş alan (%) |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Yapı Grupları                                          |                                                              |                                                                     |
| Konut, ofis, toplantı ve rekreasyon                    | Ticari, endüstriyel, depolama ve diğer oturma amaçlı olmayan |                                                                     |
| -                                                      | 1                                                            | 4                                                                   |
| 1.0                                                    | 2                                                            | 8                                                                   |
| 2.5                                                    | 5                                                            | 20                                                                  |
| 5.0                                                    | 10                                                           | 40                                                                  |
| 7.5                                                    | 15                                                           | 60                                                                  |
| 10.0                                                   | 20                                                           | 80                                                                  |
| 12.5                                                   | 25                                                           | 100                                                                 |

Binalar arası mesafe 10 m.'den az olmayacak şekilde eğer binada otomatik sprinkler sistemi varsa, ayırım mesafeleri yarı yarıya azaltılabilir. 10 m.' den yüksek binalar için External Fire Spread: Building separation and boundary distances (Fire Research Station, 1991)' den yararlanılabilir.

#### Dış Duvarlar;

Dış duvarların yangın dayanım derecesi, binanın fonksiyon, yükseklik ve büyüklüğüne bağlıdır. İlgili sınırına 1m' den daha uzaktaki bir dış duvarın yangın direnci daha az olabilir. Bir dış alev kaynağına maruz kalması durumunda bir dış duvarın tutuşmasını sınırlandırmak ve duvar yüzeyi boyunca yangının yayılmasını engellemek için gerekli önlemler Doküman B4' de yer almaktadır. Bu önlemler, ilgili sınıra 1 m' den daha yakın yerleşen ve toplantı ve rekreasyon amaçlı binalar içindir.

#### Özet;

Doküman B, ısıyım yoluyla tutuşmanın meydana gelmesi için  $12.5 \text{ kW/m}^2$  lik ısıyım şiddetini, kritik değer olarak kabul etmektedir. Binanın hangi bina grubu içerisinde yer aldığına bağlı olarak, bir yangın boyunca binadan yayılan ısıyım miktarı 84 veya  $168 \text{ kW/m}^2$  kabul edilmektedir. Bu durumda binanın gerçek yangın yüküne bakmaya gerek yoktur. Dış duvar yüzeyi üzerindeki kabul edilebilir korunmamış alanların belirlenmesinde kullanılan iki metot bulunmaktadır. Binalar arasındaki mesafeler, ilgili sınırın diğer tarafında da ele alınan binanın aynısından bir başka binanın daha

var olduğu kabulüne dayanan “ayna imajı (mirror image)” kavramıyla açıklanır. Buna göre ilgili bina ile arsa sınırı arasında en az, toplam radyant ısı akısının  $12.5 \text{ kW/m}^2$  olduğu mesafenin yarısı kadar mesafe olmalıdır.

### 3.4. Yeni Zelanda Yangın Yönetmeliği

Yeni Zelanda yapı yönetmelikleri, 1992’ den beri performans tabanlı olarak uygulanmaktadır; yani yönetmelikler, nelerin yapılması gerektiğinden bahseder, ancak nasıl yapılması gerektiğini açıklamaz. Yönetmeliklere açıklayıcı olarak kabul edilebilir çözümler geliştirilmiştir. Bu çözümler, yapı yönetmeliklerine göre performans gereksinmelerinin nasıl karşılanacağını açıklar (**Building Industry Authority, 1995**).

Amaç;

Yangın yayılması ile ilgili Yeni Zelanda yapı yönetmelikleri dört ana başlıkta incelenebilir. Bu başlıklar şunlardır;

- Yangın nedeniyle binanın tahliyesi sırasında, bina kullanıcılarının yaralanmalardan korunması.
- Yangın boyunca yangınla mücadele ve kurtarma çalışmaları için bina içinde yeterli güvenlikte alanın temini.
- Bitişikteki binaların ve komşuluk ünitelerinin yangından zarar görmesini engellemek.
- Binada oluşan yangının oluşturacağı zararlı etkilerden çevreyi korumak.

Fonksiyonel Gereksinimler;

Fonksiyonel gereksinimler, binaların yangın güvenliği ile ilgili hususlara uygun olarak yapılmasını düzenler. Yangın durumundaki bir bina, aşağıda yer alan maddeleri sağlamalıdır;

- Bina kullanıcılarına, binanın tahliyesi için yaralanmaya neden olmadan yeterli zamanı sağlamalıdır.
- İtfaiyeye, kurtarma çalışmaları ve eşyaların korunması çalışmaları için yeterli alanı sağlamalıdır.
- Bitişikteki binanın ve komşuluk ünitelerinin hasardan korunmasını sağlamalıdır.

- Çevreye yayılan zararlı maddelerin miktarının sınırlandırılmasını sağlamalıdır.

#### Performans Koşulları;

Performans koşulları, fonksiyonel gereksinimlerin nasıl yerine getirileceğini ve bununla ilgili hedeflere nasıl ulaşılacağını açıklar. Yangının ve dumanın bitişik binalara yayılmasını önlemek için binalar kompartmanlara ayrılmalıdır. Binanın tahmini yangın yükü ve diğer binalara olan mesafesi, dış duvarların ve çatının yangın dayanımını belirlemelidir.

Kabul edilebilir çözümlere göre dış duvarlar ve çatı, ısınım nedeniyle oluşabilecek yatay yangın yayılmasını ve binanın başka bir mülke, içerisinde uyuma eyleminde bulunan insanların olduğu komşu binaların üzerine ve emniyetli yürüme yollarına yıkılmasını önleyecek şekilde inşa edilmelidir. Gerekli koruma önlemi, binalar arasında yeterli mesafe bırakılarak, yangına dayanıklı yapı elemanları ve yanıcılığı düşük bitirme malzemeleri kullanılarak sağlanabilir. Bundan başka önlem olarak, dış duvarlar üzerindeki korunmamış alanların miktarı azaltılabilir ve bir sprinkler sistemi kurulabilir.

#### Binaların ayrılması (building seperation);

Kabul edilebilir çözümler Ek A' ya göre binalar, yangın tehlikesine bağlı olarak amaç gruplarına ayrılabilir. Uygun amaç grupları, binanın kullanımına bağlı olarak belirlenir. Yangın tehlike kategorileri, bir dizi yangın yükü enerji yoğunluğu (Fire Load Energy Densities [FLED]) değerleri ile tasarım amaçlı kullanılabilecek bir sabit değeri açıklar. Tablo 3.5, yangın tehlike kategorileri ve yangın yükü enerji yoğunluklarını (FLED) vermektedir.

Tablo 3.5 Binaların yangın tehlike kategorileri ve yangın yükü enerji yoğunlukları (FLED) (Building Ind. Authority, 1995)

| Yangın tehlike kategorisi | Yangın yükü enerji yoğunluğu (J/m <sup>2</sup> ) | Yangın yükü enerji yoğunluğu (FLED) tasarım değeri (J/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1                         | 0-500                                            | 400                                                                    |
| 2                         | 501-1000                                         | 800                                                                    |
| 3                         | 1001-1500                                        | 1200                                                                   |
| 4                         | >1500                                            | -                                                                      |

Kabul edilebilir çözümlerin C Eki' nde bina aralıklarının belirlenmesi için beş metot yer almaktadır. Bina aralıkları, dış duvardaki korunmamış alanların büyüklüğüne,

komşu binanın olduğu kadar ilgili binanın da hangi amaç grubunda yer aldığına, yangın kompartmanlarının büyüklüğüne ve binanın sprinkler korumalı olup olmadığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Metotlar tersine çevrilerek başlangıçta bilinen bir bina aralığına göre, bina dış duvarında maksimum izin verilebilir korunmamış alanların büyüklüğünün bulunması için kullanılabilir.

Binalar arasında yangının yayılmasını engellemek için binalar ilgili sınırdan, toplam ısıtım şiddetinin  $12.5 \text{ kW/m}^2$  olduğu mesafenin en az yarısı kadar mesafeyle ayrılmalıdır. Bu durumda bir yangın boyunca bir binadan yayılan ısıtım şiddetinin;

- Kalabalık veya ofis amaçlı gruplar için  $84 \text{ kW/m}^2$ ,
- Dinlenme, ticari ve endüstriye amaçlı gruplar için  $168 \text{ kW/m}^2$  olacağı farz edilir.

Eğer binada sabit otomatik sprinkler sistemi varsa yayılan ısıtım şiddetinin azaltılabileceği de yine kabul edilir. Böyle bir durumda, cephe üzerindeki korunmamış alan miktarı iki katına çıkarılabilir veya binalar arası ayırım mesafesi, 1.0 m.' den az olmamak kaydıyla yarı yarıya azaltılabilir.

Ayırım mesafelerinin hesaplanması ve kabul edilebilir alanların miktarının belirlenmesinde kullanılan metotlardan daha sonra incelenecektir. Bu metotlar Yangın Araştırma Teknik Raporu No.5 "Yangının oluşturduğu ısıtım ısıtım ve bina ayırımı" (Law, 1963)' na dayanılarak "Bina dışı yangın yayılımı: Bina ayırımı ve sınır mesafeleri" isimli BRE raporundan oluşturulmuştur. Bu metotların kısa bir özeti aşağıda yer almaktadır.

- İlgili sınıra 1.0 m.' den daha yakın bina duvarları

Dış duvarlar, kabul edilebilir çözümlere göre yangına dayanıklı olmalı ve korunmamış alanlar  $0.1-1 \text{ m}^2$  sınırları içerisinde bulunmalıdır. Alana bağlı olarak aynı yangın kompartmanında duvarlarda yer alan korunmamış alanlar birbirinden 1.5 veya 4.0 m. aralıkla ayrılmış olmalıdır. Bu alanlar bütünlük açısından 30 dakikalık yangın dayanımına sahip olmalıdır.

- İlgili sınıra 1.0 m.' den daha uzakta bulunan duvarlar

Bu metot, bitişik nizamda yer alan binalar, çok üniteli konut tipi binalar ve geçici yerleşime sahip binalar için geçerlidir. Bina dış duvarları 24 m.' den daha uzun olmamalı ve yüksekliği de 7.0 m.' yi aşmamalıdır. Tablo 3.6' da ilgili sınır ile olan

mesafeler ve cephe üzerindeki maksimum kabul edilebilir alan miktarları yer almaktadır.

Tablo 3.6 Bina aralıkları ve çok üniteli sprinkler tesisatı olmayan konut tipi binalar ve geçici yerleşime sahip binalar için cephe üzerindeki maksimum korunmamış alan büyüklükleri. (Building Ind. Authority, 1995)

| İlgili sınır ve bina dış duvarı arasındaki minimum mesafe (m) | Maksimum kabul edilebilir korunmamış alan (m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1                                                             | 5.6                                                         |
| 2                                                             | 12                                                          |
| 3                                                             | 18                                                          |
| 4                                                             | 24                                                          |
| 5                                                             | 30                                                          |
| 6                                                             | Limitsiz                                                    |

- Sınırdan 1.0 m.'den uzakta bulunan dış duvarlar

Bu metot, yüksekliği 7.0 m.'den fazla olmayan ve 1. tehlike sınıfında yer alan binalar içindir. Minimum ayırım mesafeleri ve korunmamış alan büyüklükleri tablo 3.7' de yer almaktadır.

Tablo 3.7 1.Yangın tehlikesi sınıfında yer alan ve sprinkler tesisatı bulunmayan binaların toplam duvar alanının yüzdesi olarak bina aralıkları ve korunmamış alan büyüklükleri (Building Ind. Authority, 1995)

| İlgili sınır ve dış duvar arasındaki ayırım mesafesi (m) |                  | Toplam duvar alanının yüzdesi olarak maksimum korunmamış duvar alanı (%) |
|----------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Amaç grupları                                            |                  |                                                                          |
| Diğer                                                    | Uyuma aktivitesi |                                                                          |
| -                                                        | 1                | 4                                                                        |
| 1.0                                                      | 2                | 8                                                                        |
| 2.5                                                      | 5                | 20                                                                       |
| 5.0                                                      | 10               | 40                                                                       |
| 7.5                                                      | 15               | 60                                                                       |
| 10.0                                                     | 20               | 80                                                                       |
| 12.5                                                     | 25               | 100                                                                      |

- Dikdörtgene alma metodu (enclosing rectangles [geometric method])

Bu metot, yangın kompartmanı dış duvarının bir yüzdesi olarak izin verilen maksimum korunmamış alanın hesabı için kullanılır. Hesaplanan değer, ilgili sınırla

bina arasındaki minimum mesafenin hesabında, binanın bulunduğu yapı grubuyla birlikte kullanılır.

- Toplam kavramsal alanlar (Aggregate notional areas [Protractor method])

Bu metot, dış duvarlardaki korunmamış alanların ilgili sınır üzerindeki etkisinin hesabı için kullanılır. Sınır çizgisi üzerindeki pek çok referans noktası incelenir ve tasarım amaçlı olarak bunlardan en kötü sonucu vereni seçilir. Her bir referans noktası için mesafe ve açıklıkların büyüklükleri belirlenir. Korunmamış alanlar, yatay mesafeye bağlı olarak tablo 3.8’ de yer alan bir değerle çarpılır. Yangın kompartmanındaki ilgili sınıra bakan tüm korunmamış alanların kavramsal alanları özetlenir ve verilen kriterlerle karşılaştırılır. Bu kriterleri karşılaması için, her bir yangın kompartmanı için toplam kavramsal alanlar, yapı grubuna ve yangın kompartmanının büyüklüğüne bağlı olarak 100 veya 200 m<sup>2</sup>, yi aşmamalıdır. Prosedür, yeterli toplam kavramsal alanın elde edildiği bir ayırım mesafesi sağlanıncaya dek tekrarlanmalıdır.

Tablo 3.8 İlgili sınır ve korunmamış alanlar arasındaki çeşitli mesafeler için çarpım değerleri (Building Ind. Authority, 1995)

| Referans noktası ve korunmamış alan arasındaki yatay mesafe (m) | Çarpım değeri |
|-----------------------------------------------------------------|---------------|
| 1.0-1.2                                                         | 80.0          |
| 1.2-1.8                                                         | 40.0          |
| 1.8-2.7                                                         | 20.0          |
| 2.7-4.3                                                         | 10.0          |
| 4.3-6.0                                                         | 4.0           |
| 6.0-8.5                                                         | 2.0           |
| 8.5-12.0                                                        | 1.0           |
| 12.0-18.5                                                       | 0.5           |
| 18.5-27.5                                                       | 0.25          |
| 27.5-50.0                                                       | 0.1           |
| >50                                                             | 0.0           |

Özet;

Yeni Zelanda Yapı Yönetmeliği ve kabul edilebilir çözümler, tutuşmanın meydana gelebileceği kritik değer olarak 12.5 kW/m<sup>2</sup>, lik ısıyım yoğunluğu değerini kullanmaktadır. Binanın kullanımına bağlı olarak, yangın boyunca binadan yayılabilecek ısıyım miktarı 84 veya 168 kW/m<sup>2</sup> olarak kabul edilmektedir. Binalar

arasındaki minimum mesafenin ve dış duvarlarda yer alan maksimum korunmamış alan büyüklüklerinin hesaplanması için yedi metot bulunmaktadır. Genel olarak binalar ilgili sınırdan, radyant ısı akısı değerinin  $12.5 \text{ kW/m}^2$  olduğu mesafenin yarısı kadar bir mesafede yer almalıdır. Bu prensip bazen “ayna imajı (mirror image)” kavramı olarak anılmaktadır. Bina dışı yangın yayılmasıyla ilgili olarak Yeni Zelanda yapı yönetmelikleri’ nin amacı, bir binada meydana gelebilecek yangın etkisinden komşu binaları ve diğer mülkü korumaktır. Komşu binada meydana gelen bir yangından kendi binasının etkilenmesini önlemekten söz edilmemektedir.

### 3.5. İsveç Yangın Yönetmeliği

İsveç tasarım rehberi yönetmelikleri içerir ve yapı yönetmelikleri’ nin uygulanması ve binanın yapımı ile ilgili temel kurallar hakkında genel tavsiyelerde bulunur (Boverket, 1995).

Yönetmelik;

Yönetmelik aşağıda belirtilen durumlarda uygulanabilir:

- Yeni binaların yapımında
- Eski binaların renovasyon ve eklemelerinde
- Temel ve yıkım işlerinde
- Yapılması talep edilen özel mülkiyet işlerinde

Tavsiye bölümü;

Yönetmelikler, uygulamaya yardımcı olacak genel bir rehber ile tamamlanmıştır. Tavsiye bölümü, yönetmeliklerin uygulanması konusunda tasarımı yapanın nasıl bir rol alması gerektiği veya rol alabileceğinden bahseder. Ancak tasarımı yapan herkes, yönetmeliklere uygun olacak şekilde uygulanmak üzere, tavsiye edilen başka bir metodu da seçebileceğinden bahseder.

Amaç;

İsveç tasarım rehberi’ ne göre, binalar arasındaki yangının yayılması ya yanmakta olan binadan yayılan veya ışıma maruz kalan komşu binaya yönelik ışımsal ısı akımının sınırlandırılması ile önlenmelidir. Bu durum, aşağıda sayılan pek çok şekilde gerçekleştirilebilir;

- Binalar arasında geniş ve yeterli mesafeler bırakarak
- Korunmamış bina bölümlerinin büyüklüğünü sınırlandırarak
- Cephe malzemesinin ısı içeriğini (heat content) sınırlandırarak
- Yangının büyüklüğünü dolayısıyla yayılan ışıınımı sınırlandırarak. Bu durum, duman havalandırması veya otomatik sprinkler sistemi ile sağlanabilir.

#### Gereksinimler;

Binalar arasındaki ayırım ile ilgili temel gereksinim, hiçbir bina sınıra 4.0 m.' den daha yakın olmamalıdır. Eğer sınıra 4.0 m.' den fazla yaklaşacak olursa, komşu bina iki bina arasındaki mesafe 8.0 m. olacak şekilde yerleştirilmelidir. 8.0 m.' lik mesafenin de sağlanamadığı durumlarda, bina, komşu binaya yangın yayılma riskini minimize edecek şekilde inşa edilmelidir.

Ancak, ışıınsal ısı akımını sınırlandırmak ve komşu binaları alevlerden korumak bir hayli güçtür. Bu nedenle ya binalar arasında güvenli bir mesafe bırakılır veya binalar yangın bölmesiyle ayrılır ya da her iki metot birlikte uygulanır. Parsel sınırı üzerine yerleştirilen binanın komşu parselle bakan duvarı yangın duvarı şeklinde yapılmalıdır. Yangın duvarının sınıfı, binanın sınıflandırılmasına bağlıdır.

Tavsiye bölümü' ne göre, 30 dk.' lık süre boyunca komşu binadan yayılan ışıının şiddeti  $15 \text{ kW/m}^2$  yi geçmemelidir. İki den fazla katlı binalarda, binanın arsa sınırına bakan cephesi tercihen yangın duvarı şeklinde yapılmalıdır. Burada bahsedilen şekillerin nereden elde edildiği veya neye dayandığına dair bir açıklama bulunmamaktadır.

Tahliye ve yangın yayılmasının önüne geçilmesinin itfaiye müdahalesini gerektiren durumlarda ve yangınla mücadelenin başlangıcının garanti edilemediği durumlarda, itfaiyeden ilave yangın güvenlik önlemleri talep edilmelidir.

#### Performans tabanlı tasarım;

Yangın güvenlik tasarımı, yönetmelik tarafından düzenlenenden daha farklı bir şekilde işleyebilir.

Küçük ölçekli konut tipi binalar, en az 60 dk. yangın yayılmasını önleyecek şekilde ayrılmalıdır. Geniş binalar, yangın bölmeleriyle uygun büyüklükteki kompartmanlara ayrılmalıdır. Bu uygulama itfaiyenin müdahalesini kolaylaştıracak gibi, yangının

komşu binalara yayılmasının önlenmesinde veya zorlaştırılmasında etkili olacaktır. Binalar arası mesafe, yangın yükü, duman havalandırması, otomatik yangın alarmı ve otomatik söndürme sistemlerinin varlığı gibi faktörler de göz önüne alınmalıdır.

Bir yangın duvarı belirlenmiş bir zaman dilimi içerisinde itfaiyenin müdahalesi olmaksızın yangını durdurabilmelidir. Aynı zamanda yangının neden olabileceği mekanik etkilere karşı da yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Yangın duvarının konstrüksiyonu, binanın türüne ve tahmini yangın yüküne bağlıdır. Tablo 3.9’ da yangın duvarlarına ait performans gereksinimleri yer almaktadır.

**Tablo 3.9 Yangın duvarlarının performans gereksinimleri (Boverket, 1995)**

| Bina sınıfı     | Çeşitli yangın yüklerinde duvarın yangın sınıfı, $f$ (MJ/m <sup>2</sup> ) |              |            |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
|                 | $f \leq 200$                                                              | $f \leq 400$ | $f > 400$  |
| 1. Br 1         | REI – M90                                                                 | REI- M120    | REI – M240 |
| 2. Br 2 ve Br 3 | REI – M60                                                                 | REI – M90    | REI – M120 |

REI – M90’ ın anlamı, duvar yük taşıma kapasitesine (R), bütünlüğe (E), izolasyona (I) sahip ve 90 dakika süresince bir yangında mekanik etkilere (M) dayanıklı demektir. Binalar, aşağıda yer alan kurallara göre sınıflandırılmaktadır:

Br 1 – Bina kullanıcıları için yüksek derecede yaralanma ve can kaybı riski taşıyan binalar. Bunlar;

- Üç veya daha fazla katlı;
- Binayı iyi tanımayan ve içinde yatılı kalınan kullanıcıların (sleeping occupants) bulunduğu;
- Kendi başına tahliyeyi sağlayamayan kullanıcıların bulunduğu;
- Zemin katın üzerindeki bir katta toplantı amaçlı kullanılan bir mekanı veya mekanları bulunan binalar.

Br 2 - Bina kullanıcıları için orta derecede yaralanma riski taşıyan binalar. Bunlar;

- İki den fazla daireli ve yaşama veya çalışma odası çatı arasında olan;
- Toplantı mekanı zemin katta olan;
- 200 m<sup>2</sup>’ den geniş kompartmanlı binalar.

Br 3 – Yukarıda bahsedilenlerin dışındaki diğer binalar

## Özet;

İsveç’ te, binalar sınırdan 4.0 m. veya komşu bina ile arasında en az 8.0 m. olacak şekilde yerleştirilmelidir. Bir bina yukarıda bahsedilenden daha fazla bir sınıra veya bir binaya yaklaşırsa, binalar arasında yangının yayılmayacağı mühendislik kurallarıyla ispat edilmelidir. Bir bina, 30 dk.lık bir yangın boyunca,  $15 \text{ kW/m}^2$ ’ lik ısınım şiddetine dayanabilmelidir.

### 3.6. A. B. D. Yangın Yönetmeliği

Tüm ülke için kullanılan tek bir yapı yönetmeliği yoktur ve değişik eyaletlerde pek çok yapı yönetmeliği uygulanmaktadır. En yaygın kullanılan yapı yönetmeliği şunlardır; ulusal yapı yönetmeliği (BOCA 1996), üniform yapı yönetmeliği (1994) ve standart yapı yönetmeliği (1997). Bunların tümü performansa dayalı tasarımdan ödün vermeyen katı kuralları olan yönetmeliklerdir.

Binalar arasındaki ayırım mesafelerinin belirlenmesinde tüm Amerika’ da bir tek NFPA 80A (Recommended Practice for Protection of Buildings from Exterior Fire Exposures) kullanılmaktadır.

### 3.7. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik

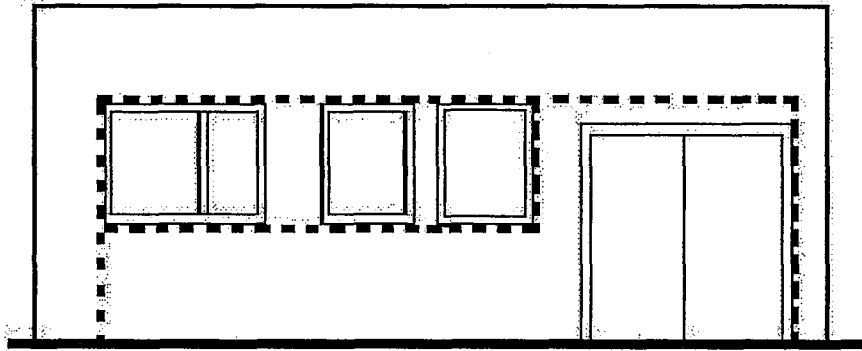
Türkiye’ de ilk kez bütün ülkeyi içerecek şekilde kapsamlı olarak uygulamaya konulan yönetmelikte, ısınım etkisiyle tutuşmanın engellenebilmesine yönelik bir madde bulunmamaktadır. Ancak “İkinci Kısım, Dördüncü Bölüm; Binalarda Kullanılacak Yapı Malzemeleri” içerisinde, uçar yanıcı parçalara ve ısınıma dayanıklı olduğu herhangi bir gerçeklemeye lüzum olmayan ve çatı eğimine bağlı olmadan kabul edilebilen çatı elemanları ile ilgili bir madde yer almaktadır (Anonim, 2002).

#### 4. GÜVENLİ SINIR MESAFESİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILABİLECEK HESAP METOTLARI

Bu bölümde binalar arasındaki ayırım mesafelerinin ve izin verilebilir maksimum korunmamış alan miktarlarının belirlenmesinde kullanılan yedi metodun konuyu ele alış biçimleri anlatılacaktır. Bunlardan bazıları yapı yönetmeliklerinde bazıları da yangın mühendisliği literatüründe yer almaktadır. Metotlar, yangının oluşturduğu ısıyım etkisiyle tutuşmanın engellenmesi için binalar arasında bırakılabilecek güvenli mesafenin belirlenmesinde ve buna bağlı olarak özellikle yeni yapılacak yerleşmelerde binaların konumlandırılması bakımından önem taşımaktadır.

##### 4.1. Dikdörtgene Alma Metodu (Enclosing Rectangles [Geometric Method])

Dikdörtgene alma (enclosing rectangles[geometric method]) metodu BRE' nin "External Fire Spread: Building Separation and Boundary Distance" isimli raporunda açıklanmaktadır (Fire Research Station, 1991). Bu metot, Law (1963) tarafından yapılan çalışmalardan elde edilmiş ve Doküman B2/3/4' e dahil edilmiştir. Metot, şekil 4.1' de görülebileceği gibi, cephe üzerindeki korunmamış alanların dikdörtgen alanlar içerisine alınması esasına dayanarak sınıra olan mesafenin belirlenmesinde kullanılır. Çeşitli bina tipleri ve çeşitli boyutlardaki binalar için düzenlenmiş, yangın mühendisliği konularına yeterince aşına olmayan tasarımcıların bile yararlanabileceği sınır mesafelerini veren tablolar mevcuttur.



Şekil 4.1 Korunmamış alanların dikdörtgene alma metoduyla ifadesi

Adım 1: Korunmamış alanların tanımlanması;

Cephe üzerindeki hangi alanların korunmamış alan olarak kabul edileceği veya hesaplamalarda hangi alanların hesaba dahil edilmeyeceği konusu için, ilgili ülkenin yapı yönetmeliklerine bakılmalıdır.

Adım 2: Referans düzleminin oluşturulması;

Plan düzleminde binanın hesaplamanın yapılacağı cephesine paralel ya da temas edecek şekilde bir referans düzlemi oluşturulmalıdır. Bu düzlem plan üzerinde, balkon gibi bina bölümlerinin dışında, herhangi bir bina bölümü veya ilgili sınırın üzerinden geçmemelidir. Plan düzleminde cephe üzerinde cephenin herhangi bir bölümü cephenin tamamına göre 1.5 m.' den daha fazla geriye çekilmemişse, referans düzleminin oluşturulması yukarıda anlatıldığı gibi gerçekleştirilir. Referans düzlemiyle yaptığı açı  $80^\circ$  ve daha küçük olan korunmamış alanlar, tasarım sırasında dikkate alınmalıdır.

Adım 3: Dikdörtgen alanın (enclosing rectangle) belirlenmesi;

Orijinal doküman tablo 1 (**Fire Research Station, 1991**)'e göre dikdörtgen referans düzlemine yansıyan tüm korunmamış alanları içerisine alacak şekilde, en küçük boyutta seçilmelidir. Cephe üzerindeki korunmamış alanları içerisine alan bu dikdörtgen alanlar Sunar' ın doktora çalışması (**Sunar, 1966**)'nda "ihata dikdörtgeni" olarak tanımlanmaktadır. Dikdörtgen alanın büyüklüğü, yangın kompartmanının yatay ve düşey boyutları, dış duvardaki kaplamanın türü ve varsa önceden belirlenmiş yangın dayanım koşulları gibi faktörlere bağlıdır. Korunmamış alanlar, dikdörtgen alanın yüzdesi olarak ifade edilmelidir.

Adım 4: Sınır mesafesinin veya maksimum korunmamış alanların belirlenmesi;

Korunmamış alanların genişliği, yüksekliği ve dikdörtgen alan içinde yer alan korunmamış alanların yüzdesinin bilinmesi halinde, referans düzlemiyle ilgili sınır arasındaki minimum mesafe tablo 1' den yararlanılarak bulunabilir. Ayırım mesafesi aynı zamanda binanın yangın yüküne de bağlıdır. Binanın kullanımına bağlı olarak yangın yükü yoğunluğu, tablo 1' den "normal" veya "düşük" olarak belirlenir. Eğer ayırım mesafesi zaten biliniyorsa, bu durumda tablo 1, izin verilebilir maksimum korunmamış alanların belirlenmesinde kullanılabilir. Bu son işlem, uygun dikdörtgen alanın bulunması için daha fazla çalışmayı gerektirebilir.

Birden fazla dikdörtgen alanın incelenmesi gerekebilir ve bunların arasından en uzak mesafeyi veren dikdörtgen alan dikkate alınmalıdır. Bu işlem binanın tüm cepheleri için tekrarlanmalıdır.

Adım 5: Özel ilgi gerektiren alanlar;

Bazı durumlarda, korunmamış alanlar binanın belirli bölgelerinde yoğunlaşmış olarak yer alabilir; bundan dolayı bu alanların eşit dağıldığı durumlara göre lokal olarak daha büyük tehlike oluşturabilirler. Bu alan , belki daha büyük bir mesafe gerektirebileceği için, ayrı olarak ele alınmalıdır.

Yukarıda açıklanan metot, korunmamış alan gruplarının birbirlerinden oldukça mesafeli bulunduğu durumlarda da kullanılabilir. Eğer bu gruplar arasındaki mesafe, 1' den 4. adımlar arasında belirlenmiş olan bina ile sınır arasındaki mesafenin dört katından fazla ise diğer bir grubun aldığı ışıınım miktarının ihmal edilebilir olması göz önüne alınarak, korunmamış bina grupları ayrı ayrı ele alınarak aldıkları ışıınım miktarları belirlenir ve sınır mesafe değeri buna göre belirlenir.

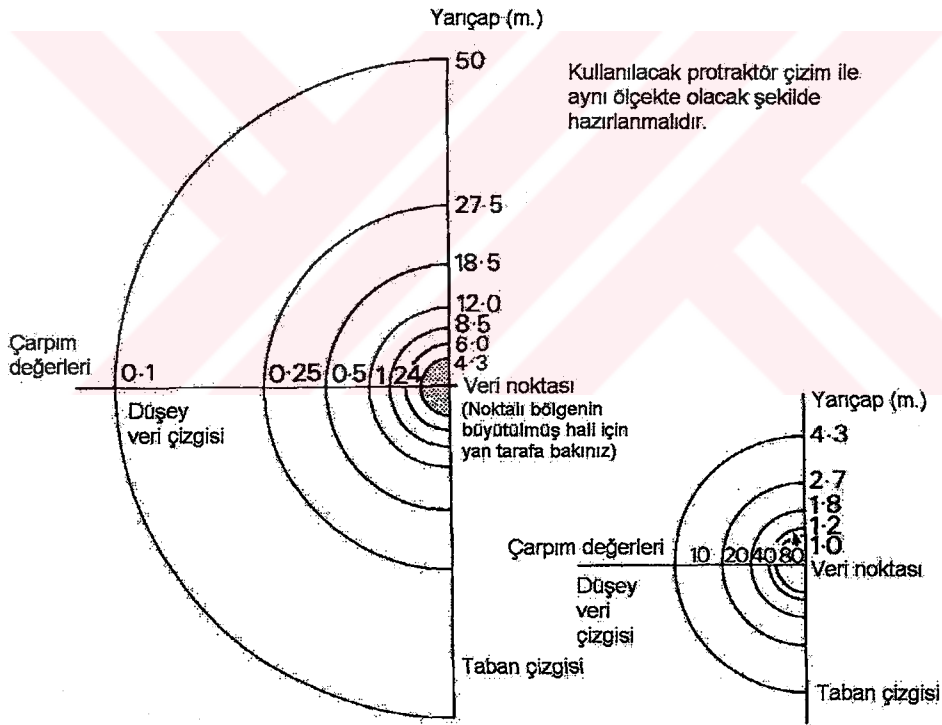
Bina cephesinin bir bölümü cephe düzleminden 1.5 m.' den fazla geriye çekilmişse, azalan ışıınım miktarı dikkate alınarak, sınır mesafesinde bir düşüşe izin verilebilir. Bu durum, cephenin geri çekilen bölümünün en uzak noktasında yer alan açıklık ile cephenin esas bölümünün köşesini birleştirerek oluşturulan bir "eşdeğer ışıın kaynağı (equivalent radiator)" yardımıyla hesaplara dahil edilir. Eşdeğer ışıın kaynağı, referans düzlemine benzer bir çizgidir ve bu çizgi üzerine yansıyan korunmamış alan miktarı tesbit edilir. Cephenin esas bölümü ve eşdeğer ışıın kaynağına göre ayrı ayrı yapılan hesaplamaların sonucuna bakılarak sınır mesafesi belirlenir.

Korunmamış alan içerisinde yer alan cephe girintileri (niş) de düşünülerek, yani bu girintilerin her üç tarafı da hesaba dahil edilerek, dikdörtgen alanın yüzdesi olarak toplam korunmamış alanlar ifade edilir. Nişin sadece yan duvarlarının korunmamış alanlar olması durumunda, bazı hallerde sınır mesafesi azaltılabilir (Fire Research Station, 1991).

#### **4.2. Toplam Kavramsal Alanlar Metodu (Aggregate Notional Areas [Protractor Method])**

Bu metot BRE raporunda "External fire spread: building separation and boundary distance" (Fire Research Station, 1991) adıyla yer almaktadır.

Bu metotta, ilgili sınır üzerinde pek çok nokta alınır ve bu noktalardan görülebilen miktardaki korunmamış alanlar hesaplanır. Bu alanlar efektif veya kavramsal (notional) alanlar olarak anılır ve mesafeye bağlı bir katsayı ile çarpılır. Güvenli mesafelerin sağlanması için toplam kavramsal alanların, önceden belirlenmiş değerlerden ya küçük veya eşit olması gerekir. “Protraktör metodu” olarak da adlandırılan bu metot, daha karmaşık plana sahip binalar için ve “dikdörtgene alma (enclosing rectangles) metodu” ile birlikte kullanımı halinde tercih edilir. Bu metotta, bina ile aynı ölçeğe sahip bir protraktör ve veri noktası (datum point) ‘ndan itibaren sabit mesafeleri simgeleyen yaylar çizilir. Protraktörün taban çizgisine dik olacak şekilde bir veri çizgisi (datum line) oluşturulur. Yaylar arasındaki alan, daha sonra toplam kavramsal alanların hesabında kullanılacak bir özel katsayıyı simgeler. Şekil 4.2’ de bu çalışmada kullanılan protraktör yer almaktadır.



**Şekil 4.2 Kavramsal alan protraktörünün oluşturulması (Fire Research Station, 1991)**

**Adım 1: Korunmamış alanların tanımlanması;**

İlgili ülkenin yapı yönetmeliğinde, cephe üzerindeki hangi alanların korunmamış alan olarak kabul edileceği incelenmelidir.

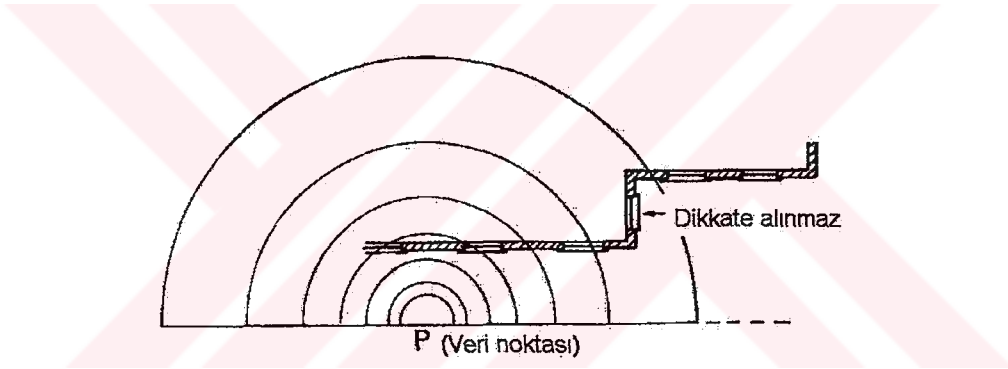
Adım 2: İlgili sınır üzerindeki incelenecek noktaların belirlenmesi;

İlgili sınır boyunca incelenecek noktalar 3 m. aralıkla seçilmelidir. Şayet sınır mesafesi dikdörtgene alma metoduyla belirlendiyse, incelenecek noktalar sadece dikdörtgene alma metoduyla oluşturulan sınırın içerisinde yer alan noktalardır.

Adım 3: Hesaba katılmayacak korunmamış alanların belirlenmesi;

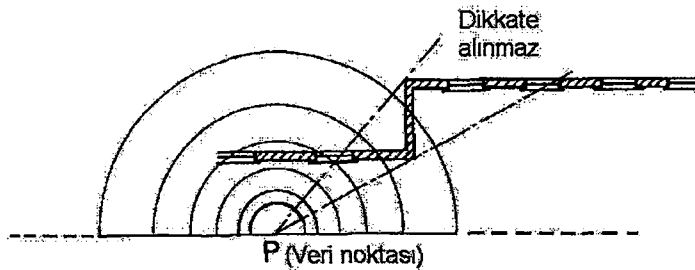
İncelenecek noktada sınırsız yükseklikte bir düşey veri oluşturulmalı ve bu nokta ile binanın en yakın noktası arasında bir veri çizgisi çizilmelidir. Protraktörün veri noktası ve veri çizgisi, sınır üzerinde incelenecek noktaya ait veri ve veri çizgisi ile çakışacak şekilde yerleştirilmelidir. Düşey veri noktasından görülmeyen korunmamış alanlar, ihmal edilebilir. Bunları şu şekilde tarif edebiliriz:

- Protraktörün zemin çizgisinin gerisinde veya 50 m. yayının dışında kalan alanlar
- Düşey verinin dışında başka bir doğrultuya bakan alanlar (uzaklaşan) (Şekil 4.3)



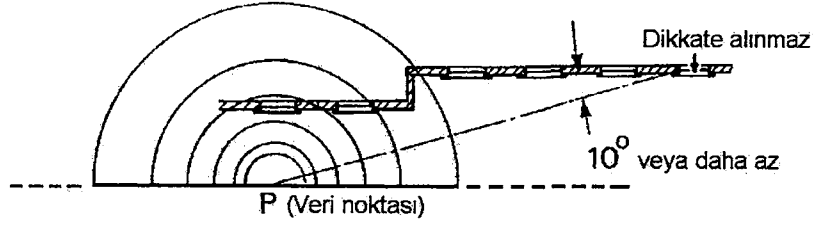
Şekil 4.3 Başka doğrultuya bakan alanlar (Fire Research Station, 1991)

- Binaının diğer kısımları tarafından engellenen alanlar (Şekil 4.4)



Şekil 4.4 Yangın duvarı tarafından engellenen alanlar (Fire Research Station, 1991)

- Düşey veri ile korunmamış alan arasındaki çizgi ile arasındaki açı  $10^\circ$  veya daha az olan alanlar (Şekil 4.5)



Şekil 4.5 Dolaylı olarak görülebilen alanlar (Fire Research Station, 1991)

Adım 4: Toplam kavramsal alanın hesabı;

Kavramsal alan hesabı için, gerçek korunmamış alan içerisinde yer aldığı alana ait bir değer ile çarpılmalıdır. Bu değer yukarıda açıklandığı gibi protractör vasıtasıyla elde edilebilir. Farklı yaylar için gerekli çarpım değerleri tablo 4.1’ de yer almaktadır. Bu işlem ilgili tüm korunmamış alanlar içerisinde yer alan tüm nokta ve düşey veri noktaları için uygulanmalıdır. Tüm kavramsal alanların toplamı, toplam kavramsal alanı (aggregate notional area) oluşturacaktır. Toplam kavramsal alanın büyüklüğü, konut, ofis ve toplantı amaçlı yapılarda  $210 \text{ m}^2$ ’yi; alışveriş ve ticari, endüstriyel, depolama ve diğer oturma amaçlı olmayan yapılarda  $90 \text{ m}^2$ ’yi aşmamalıdır (Fire Research Station, 1991).

Tablo 4.1 İlgili sınır üzerinde yer alan referans noktalarıyla korunmamış alanlar arasındaki değişik mesafeler için çarpım değerleri (Fire Research Station, 1991)

| Korunmamış alan ve referans noktası arasındaki yatay mesafe, (m) | Çarpım değeri |
|------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1.0 - 1.2                                                        | 80.0          |
| 1.2 - 1.8                                                        | 40.0          |
| 1.8 - 2.7                                                        | 20.0          |
| 2.7 - 4.3                                                        | 10.0          |
| 4.3 - 6.0                                                        | 4.0           |
| 6.0 - 8.5                                                        | 2.0           |
| 8.5 - 12.0                                                       | 1.0           |
| 12.0 - 18.5                                                      | 0.5           |
| 18.5 - 27.5                                                      | 0.25          |
| 27.5 - 50.0                                                      | 0.1           |
| > 50.0                                                           | 0.0           |

### 4.3. Peter Collier Metodu

Collier tarafından ortaya konulan bu metot, gerçek binaya ve binanın özelliklerine bağlı olarak kullanıcının yangın şiddetini açıkça tanımlamasına olanak tanır. Metot, başlıca beş durumda kullanılır. Bu durumlar;

- Yangının yayılmasını önlemek için binalar arasında gerekli ayırım mesafesinin hesaplanması.
- Komşu binanın olmadığı durumlarda, sınıra olan mesafenin hesaplanması.
- Komşu binalar tarafından alınan olası ısıtım miktarının hesaplanması.
- Bina cephesindeki maksimum izin verilebilir korunmamış alanın hesaplanması
- Mevcut binada eğer yangının yayılması durumu meydana gelirse, bunun kontrol edilmesi.

Bu metot, birbirine komşu binalar arasında yangın yayılmasını engellemeyi amaçlamaktadır; yani, her iki doğrultudaki ısıtım geçişi hesaplanmalıdır.

Bu metot, kullanıcının yangın kompartmanındaki sıcaklığı hesaplamasına olanak tanır. Tutuşma için gerekli ısıtım, komşu binanın cephe kaplamasına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir.

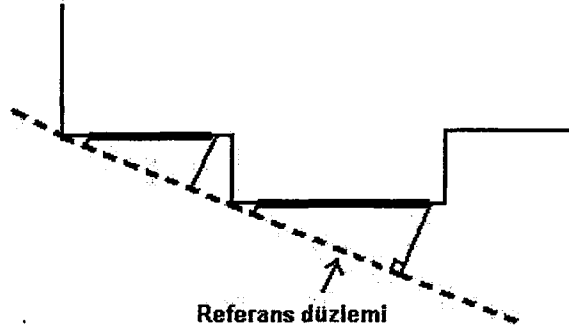
Komşu binaların birbirine paralel olmadığı durumlarda, koruyucu bir mesafe bırakmaya yönelik olarak, cepheler birbirine paralelmiş gibi kabul edilebilir. Komşu bir binanın olmadığı durumda sınıra olan mesafe, komşu bina ilgili binayla “ayna imajı” oluşturur biçimde yerleşmiş gibi kabul edilerek bu halde olması gereken mesafenin yarısı alınır. Cephe üzerindeki açıklıkların düzgün dağılım göstermemesi halinde bir veya birden fazla açıklığı dikkate almak gerekebilir.

Binalar arasındaki gerekli ayırım mesafesinin belirlenmesine yönelik hesaplama yöntemi aşağıda yer almaktadır. Eğer zaten bir ayırım mesafesi bulunuyorsa, bu kez metot tersine çevrilerek olası ısıtım miktarının veya maksimum izin verilebilir açıklığın belirlenmesinde kullanılabilir.

Adım 1: Dikdörtgene alanların (enclosing rectangles) oluşturulması (dikdörtgene alma)

Dikdörtgen alanların oluşturulması, yangın kompartmanının büyüklüğüne ve korunmamış alanların miktarına göre belirlenir. Düzensiz plan şemasına sahip

binalarda korunmamış alanlar, bina cephesindeki çıkmalara değdiği kabul edilen bir referans düzlemine yansıtılır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Cephe üzerindeki korunmamış alanların referans düzlemine yansıtılması

Adım 2: Dikdörtgen alanın (enclosing rectangle) hesabı ( $A_e$ )

$$A_e = H \times W \text{ (m}^2\text{)} \quad (4.1)$$

$H$  = Dikdörtgen alanın yüksekliği (m)

$W$  = Dikdörtgen alanın genişliği (m)

Adım 3: Dikdörtgen alan için genişliğin yüksekliğe veya yüksekliğin genişliğe oranının hesabı ( $AR$ )

$$AR = H/W \text{ (veya } W/H\text{)} \quad AR \leq 1 \quad (4.2)$$

Adım 4: Yangın kompartmanındaki ısıtım şiddetinin ( $I_s$ ) belirlenmesi

Pek çok durumda  $149 \text{ kW/m}^2$  lik ısıtım şiddetini veren  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  yangın sıcaklığı değeri kullanılabilir. Daha düşük veya daha yüksek sıcaklık ve ısıtım şiddeti değerlerinin beklenmesi halinde, uygun seçilmiş veya hesaplanmış değerler de alınabilir.

Isıtım şiddeti aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir.

$$I_s = 5.67 \times 10^{-11} \times T^4 \text{ (kW/m}^2\text{)} \quad (4.3)$$

$T$  = Yangın sıcaklığı ( $^\circ\text{K}$ )

Yangın sıcaklığı, ISO 834 standart yangın eğrisi ve yangın kompartmanın yangın dayanım oranı kullanarak belirlenebilir.

$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (4.4)$$

$t$  = Yangın kompartmanının yangın dayanım süresi (dakika)

Adım 5: Eğer yangının olduğu bina dış cephesi yangına dayanıklı değilse, tüm cephe ışınlamayan bir yüzey olarak kabul edilebilir. Duvarın yangına dayanıklı olması halinde ışınlam şiddetinin değeri, bir azaltım faktörü ( $R_f$ ) ile azaltılabilir.

$$R_f = A_o/A_e \quad (4.5)$$

$A_o$  = Korunmamış alanlar ( $\text{m}^2$ )

$A_e$  = Dikdörtgenin alanı ( $\text{m}^2$ )

Adım 6: Yayılan ışınlam akının ( $I_e$ ) hesabı. Yangının olduğu binanın korunmamış açıklıklarında yangına dayanıklı pencere bulunması halinde, yayılan ışınlam miktarı %50 oranında azalabilir.

$$I_e = I_s \times R_f \text{ (kW/m}^2\text{)} \quad (4.6)$$

Adım 7: Komşu binanın hangi seviyedeki ışınlamla tutuşacağını belirlenmesi. Bu durum, cephe kaplamasına ve cephe üzerindeki açıklıklarda yangına dayanıklı pencere olup olmamasına bağlı olarak değişebilir. Yangına dayanıklı pencere kullanılması halinde, pencereler nedeniyle oluşabilecek ışınlam miktarı %50 oranında azaltılabilir. Yangına dayanıklı olmayan pencerelerin bulunması halinde yüksek seviyedeki ışınlam değerlerinde camların kırılacağı tahmin edilmelidir. Komşu bina tarafından alınan cepheye gelen kritik ışınlam değerlerine ( $I_{cr}$ ) ait örnekler tablo 4.2' de yer almaktadır.

Tablo 4.2 Komşu binanın cephesinde izin verilebilir maksimum ışınlam değerleri (Carlsson, 1999)

| Yüzeye gelen kritik ışınlam, $I_{cr}$ (kW/m <sup>2</sup> ) |                 |                                       |                                      |
|------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Dış cephe kaplaması                                        | Hiç açıklık yok | Yangına dayanıksız pencere kullanılan | Yangına dayanıklı pencere kullanılan |
| EIFS <sup>(1)</sup>                                        | 9.0             | 9.0                                   | 9.0                                  |
| Ahşap                                                      | 12.5            | 12.5                                  | 12.5                                 |
| Ahşap yonga-çimento panel                                  | 25.0            | 12.5                                  | 25.0                                 |
| Yanmaz malzeme <sup>(2)</sup>                              | Limitsiz        | 12.5                                  | 50.0                                 |

<sup>(1)</sup> Dıştan izolasyonlu bitirme sistemi (External Isolated Finishing System)

<sup>(2)</sup> Beton, tuğla, çelik veya alüminyum

Adım 8: Kabul edilebilir şekil faktörünün ( $\phi$ ) hesabı.

$$\phi = I_{cr}/I_e \quad (4.7)$$

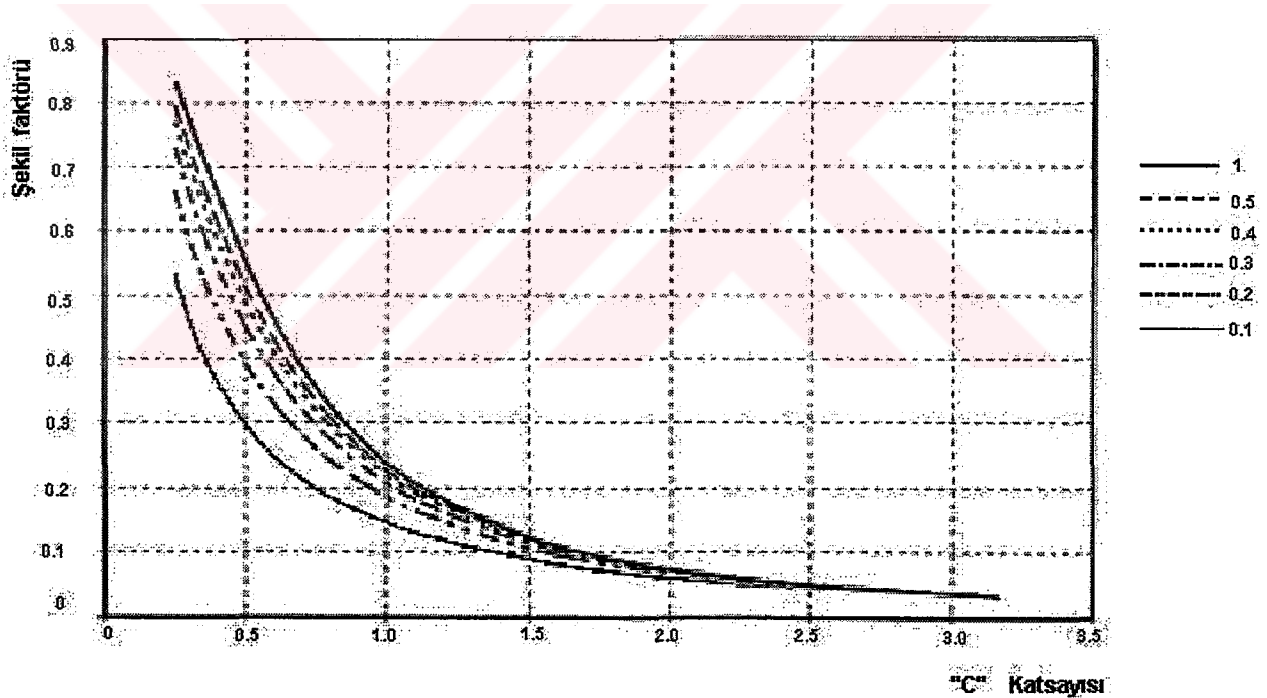
Adım 9: Binalar arasındaki ayırım mesafesinin (S) hesabı.

$$S = R + P \text{ (m)} \quad (4.8)$$

$R$  = Şekil 4.7' den alınan ışınlım mesafesi (m)

$P$  = Yansıma mesafesi (m)

Yangının olduğu binadaki pencerelerde yangına dayanıklı olmayan camların kullanılması halinde yansıma mesafesi 2 m, yangına dayanıklı pencerelerin kullanılması halinde ise 0 m. alınabilir. Hesaplamalar ile elde edilmesi halinde 2 m' nin dışında başka değerler de kullanılabilir.



Şekil 4.7 Şekil faktörü ve ışınlım mesafesi (Carlsson, 1999)

#### 4.4. C.R. Barnett Metodu

Barnett tarafından ortaya konulan bu model, yeni binalarda tasarım sürecinde ve mevcut binalarda kritik durumların kontrolü amacıyla kullanılabilir. Metot, binanın yangın dayanım özelliklerini dikkate alır.

İki şekilde hesap yapılabilir; ya cephe üzerindeki izin verilebilir maksimum açıklık (pencere, kapı vb.) miktarı hesaplanabilir veya komşu binaya gelen ışıınım miktarı bulunabilir.

Maksimum izin verilebilir cephe açıklığının hesabı;

İzin verilebilir maksimum açıklık miktarı eşitlik 4.9' dan yararlanılarak bulunabilir.

$$A_V = \frac{A_E I_{RC}}{\phi_n I_{EC}} \quad (4.9)$$

$A_E$  = Korunmamış kesimleri içeren dikdörtgenin alanı (enclosing rectangle) ( $m^2$ )

Cephe üzerindeki açıklık kombinasyonlarını içerisine alan çeşitli dikdörtgen alanlar (hem büyük hem de küçük boyutlu) kullanılmalıdır.

$I_{RC}$  = Alınan ışıının kritik değeri ( $kW/m^2$ )

Tasarım amaçlı çalışmalarda bu değeri 12.5  $kW/m^2$  alınabilir. Ancak komşu bina cephesi yangına dayanıklı malzeme ile kaplı ve yangına dayanıklı pencereler kullanılmışsa, pencere yüzeyinin iç tarafında bir tutuşma kaynağı (kıvılcım gibi) bulunmadığı düşünüldüğünde, bu değeri 25  $kW/m^2$  alınabilir. Yangına dayanıklı pencere kullanılması halinde yangın süresince bu pencerenin herhangi bir bozunmaya uğramadığı kabul edildiğinde, geçen ışıının miktarını %50 oranında azaltır; yani dış duvarların yangına dayanıklı yapılması halinde, yangına dayanıklı pencerenin dış yüzeyinde oluşan ışıının miktarı 50  $kW/m^2$  kabul edilebilir.

$\phi_n$  = Dikdörtgen alanın (enclosing rectangle) şekil faktörü.

Dikdörtgen alan, eşit büyüklüğe sahip dört küçük dikdörtgen alana bölünebilir ve bu küçük dikdörtgen alanlara ait şekil faktörleri, eşitlik 4.10' da görüldüğü gibi toplanabilir.

$$\phi_n = \phi_A + \phi_B + \phi_C + \phi_D = 4\phi_A \quad (4.10)$$

Küçük dikdörtgenlere ait şekil faktörleri eşitlik 2.10 yardımıyla hesaplanabilir.

$$\phi = \frac{1}{360} \left[ \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \tan^{-1} \left( \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} \right) + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \tan^{-1} \left( \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right) \right] \quad (2.10)$$

$$x = H_f/r$$

$$y = W_f/r$$

$H_f$  = Dikdörtgenin yüksekliği (m)

$W_f$  = Dikdörtgenin genişliği (m)

$r$  = Yayıncı kaynak ve alıcı arası uzaklık (m)

Alevlerin pencere ve diğer açıklıklardan dışarı taşması halinde, ısınım mesafesine 2 m. (uygun eşitliklerle gösterilmesi halinde başka bir mesafe) daha ilave edilmelidir.

$I_{EC}$  = Yayılan ısınıma ait kritik değer (kW/m<sup>2</sup>)

Yayılan ısınım miktarı eşitlik 4.11 yardımıyla hesaplanabilir.

$$I_{EC} = \varepsilon \sigma (T_2^4 - T_1^4) \quad (4.11)$$

$\varepsilon$  = ısınım yayan yüzeyin yayıcılığı, genellikle 1.0 alınır

$\sigma$  = Stefan-Boltzmann sabiti =  $56.7 \times 10^{-12}$  (kW/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)

$T_2$  = Yangın kompartmanının sıcaklığı (°K)

$T_1$  = Bina dış çevre sıcaklığı (°K)

Yangın kompartmanının sıcaklığı ISO 834 zaman-sıcaklık eğrisinden yararlanılarak eşitlik 4.12' deki gibi kullanılabilir.

$$T_2 = 345 \log_{10}(8t_m + 1) + T_1 \quad (4.12)$$

$t_m$  = zaman (dak)

$T_1$  ve  $T_2$ , °C cinsinden ifade edilirler.

Yangın kompartmanında bulunan açıklıklarda yangına dayanıklı pencere kullanılması halinde pencere yoluyla geçen ısınım miktarında %50 oranında bir azaltım elde edilebilir.

Komşu bina tarafından alınan ısınım miktarının hesabı;

Komşu bina tarafından alınan ısınım miktarı, kritik ısınım değerini,  $I_{RC}$ , geçmemelidir. Alınan ısınım miktarı eşitlik 4.13 yardımıyla bulunabilir.

$$I_R = k_v \phi_n I_{EC} \leq I_{RC} \quad (4.13)$$

$k_V$  = Düşey açıklık alanları ile dikdörtgen alan arasındaki oran,  $A_V/A_E$

$\phi_n$  = Dikdörtgen alanın şekil faktörü

$I_{EC}$  = Yayılan ışıma ait kritik değer ( $kW/m^2$ )

Metodun bu bölümü, mevcut bir binanın kritik bir durumda olup olmadığının incelenmesinde kullanılabilir (Barnett, 1988).

#### 4.5. Williams-Leir Metodu

Williams–Leir tarafından ortaya konulan bu metot, sonuçları her halikarda güvenli olan, binalar arasındaki emniyetli mesafelerin belirlenmesine yönelik bir yöntemden söz eder. Metot, pencereden 1 m. ileriye taşan alevleri hesaba katar. Eşitliklerde iki değişik şekil faktörü bir arada bulunmaktadır. Yüksek tehlikeye sahip durumlar için bu değer 0.035, orta tehlikeye sahip durumlar için ise 0.070 olarak kabul edilebilir.

Metottan söz etmeden önce bazı ifade ve eşitliklerin açıklanması gerekmektedir. Bunlar;

EBF : Yayıcı bina cephesi (Exposing Building Face)

Yangın kompartmanının sınırları içerisinde yer alan cephe bölümü

L : Sınırlayıcı mesafe (m)

Yayıcı bina cephesi (EBF) ile sınır çizgisi arasındaki en yakın mesafe

K : Yüzer kare (Floating-square) mesafesi (m)

$$K = 3.54 (L-3) \quad (4.14)$$

J : Yüzer bölge (Floating-zone) mesafesi (m)

$$J = 3.14 (L-3) \quad (4.15)$$

BAUO : Korunmamış açıklıklara(kapı, pencere) ait tolerans payı (Basic Allowance of Unprotected Openings) ( $m^2$ )

$$BAUO = 0.44 (L-3)^2 \text{ yüksek tehlikeye sahip yerleşimlerde} \quad (4.16)$$

$$BAUO = 0.88 (L-3)^2 \text{ orta tehlikeye sahip yerleşimlerde} \quad (4.17)$$

Bu ifadeler ve eşitliklerin nerede yer alacağı bir kurallar seti tarafından belirlenmiştir. Binalar arasındaki ayırım mesafelerinin belirlenmesi veya maksimum izin verilebilir alanların belirlenmesi gereken durumların %90' ında Kural 1

geçerlidir. Az miktarda korunmamış alanın bulunduğu cephelerde (kabaca tüm cephe alanının %15' inden daha az) Kural 2 uygulanabilir. Cephe boyutundan birinin diğerinden sekiz kat uzun olduğu cephelerde Kural 3 uygulanabilir.

**Kural 1** : Her yayıcı bina cephesi (EBF) bir ya da birden fazla korunmamış açıklıklara ait tolerans payı (BAUO) içerebilir. Cephe üzerindeki açıklıklar, yayıcı bina cephesi (EBF) korunmamış açıklıklara ait tolerans payı (BAUO)' nı maksimum düzeyde içerecek şekilde kullanıcı açısından en uygun biçimde cephede yer alabilir.

**Kural 2** : EBF' nin bir kenarının K' dan büyük olması halinde, EBF üzerinde ve paralel durumda bulunan K kenarının yüzer karesi (floating square), sadece bir BAUO' nun maksimumunu içerebilir. Cephe üzerindeki açıklıklar, bunu temin edecek şekilde dağıtılmalıdır.

**Kural 3** : EBF' nin kenarlarından birinin J' den büyük olması halinde uygun doğrultu, genellikle EBF' nin en uzun kenarına dik olacak şekilde seçilir. Sınırsız uzunluktaki ve seçilen doğrultuya paralel durumdaki kenar J' nin yüzer bölgesi (floating zone), sadece bir BAUO' nun maksimumunu içerebilir. Açıklıklar, bunu temin edecek şekilde dağıtılmalıdır (Williams-Leir, 1970).

#### **4.6. J.H. McGuire Metodu**

McGuire' ın metodu üç adımda açıklanabilir;

**Adım 1:** İlgili yangın kompartmanının yükseklik ve genişliğinin belirlenmesi

**Adım 2:** Yangın kompartmanının cephesinde yer alan pencere açıklıklarının yüzdesinin belirlenmesi. Performans gereksinimlerini karşılayacak ölçüde bütünlüğü sağlanmamış duvara ait tüm bileşenler, pencere açıklığı gibi kabul edilir.

**Adım 3:** McGuire, yeterli bina ayırım mesafelerini veren feet cinsinden iki tablo düzenlemiştir. Bunlardan birisi tehlikeli diğeri normal durumlar içindir. 1 ve 2. maddeler yerine getirildikten sonra, mesafeler kolayca bu tablolardan okunabilir (McGuire, 1965b).

Bu metotta cephe malzemesinin tutuşması için üzerine gelen ışıınım miktarının  $12.5 \text{ kW/m}^2$  olduğu belirtilmektedir.

Mc Guire şekil faktörünü şu şekilde açıklamaktadır;

Alıcı yüzeydeki ışıınım şiddetinin, yayıcı yüzey (veya yüzeyler)dekine oranıdır.

Tasarım amaçlı olarak, tehlikeli durumlar için, yani yüksek tutuşma riskine sahip kaplaması olan binalar gibi, şekil faktörleri 0.035; normal durumlar için, yani yanıcı olmayan kaplamaya sahip binalar gibi, şekil faktörleri 0.07 alınabilir. Bu değerler, 1958’ de “St. Lawrence Burns” olarak yapılan bir seri deneyde ölçülen ilk tutuşma değerinin maksimum ısınım değerine bölünmesinden elde edilmiştir. Ancak deneyler boyunca bu şekil faktörü değerlerinin elde edilmesinde kullanılan ısınım değerlerinden daha büyük değerler elde edilmiştir. Daha düşük ısınım değerleri, kabaca maksimum ısınım yoğunluk değerinin beşte biri, deneylerin ilk 16 dakikası içerisinde ölçülmesine rağmen bu şekil değerlerinin doğruluğu ispatlanmıştır. Zira bu süre içerisinde itfaiye yangına müdahale ettiği ve yangının komşu binalara sıçramasının engellendiği kabul edilebilir.

Tablolar aynı zamanda pencerelerden dışarı doğru yatay doğrultuda alevin yayıldığını hesaba katmaktadır. Bu nedenle binalar arası ayırım mesafelerine tehlikeli durumlarda 2.1 m, normal durumlarda 1.5 m. ilave edilmelidir. Sonuçlar “St. Lawrence Burns” de kanıtlanmıştır.

Metotta açıklıkların yüzdesi kullanıldığı için, açıklıklar cephe üzerinde eşit olarak dağıtılmalıdır. Eğer pencere açıklıkları binanın bir yanında toplanmışsa, binanın bu kısmı için büyük bir ayırım mesafesi gerekir. Bu durum diğer pencerelerden daha büyük olan bazı pencerelerin bulunması halinde de geçerlidir. Düzenli plana sahip olmayan binalar için ayırım mesafesi belirlenmesi söz konusu olduğunda, cephenin en uzak noktaları arasına bir çizgi çizilmelidir. Eğer binanın tüm parçaları bu çizginin gerisinde kalıyorsa, cephe ve açıklıklar bu çizgi üzerine yansıtılabilir ve ayırım mesafeleri bu yeni hayali cepheye göre belirlenir. Şayet binanın bazı parçaları bu çizginin dışında kalıyorsa, bu bölüm ayrı olarak ele alınır.

Komşu binaların farklı şekil ve büyüklüğe sahip olması halinde tehlikeli bir durum yaşanabilir. Genellikle daha küçük olan bina, daha büyük tehlikeye maruz kalır. Bu nedenle binalar arası ayırım mesafesi, diğer binaya göre belirlenmek yerine arsa sınırına göre belirlenir. Küçük bina büyük olana göre sınıra daha yakın mesafeye yerleştirilebilir ve bundan dolayı büyük binada oluşan bir yangında yüksek seviyede ışınlama maruz kalır (McGuire, 1965a).



Yangın şiddeti;

Yangının şiddeti, yanmakta olan binanın yaydığı ısıtım miktarını etkiler. Yangın şiddeti, büyük ölçüde iki faktöre bağlıdır; birim alana düşen yangın yükü ve iç yüzey bitirmelerinin karakteristiği. Bu faktörlere dayanarak yangın şiddeti, düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç ana gruba ayrılabilir. Tablo 4.3 (NFPA 80A, 1991), yangın şiddet gruplarını ve kriterleri göstermektedir.

Tablo 4.3 Yangın şiddet grupları ve kriterler (NFPA 80A, 1991)

| Yangın şiddet grubu | Döşeme alanına düşen yangın yükü ( $\text{kg/m}^2$ ) | İç duvar ve tavan bitirme malzemelerinin ortalama yangın yayılma hızı |
|---------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Düşük               | 0 - 34                                               | 0 - 25                                                                |
| Orta                | 35 - 73                                              | 26 - 75                                                               |
| Yüksek              | $\geq 74$                                            | $\geq 76$                                                             |

Yüksek yangın şiddet grubuna ait değerler, tasarım amaçlı olarak kullanılmalıdır. Binanın tümünün veya bir bölümünün yanıcı özellikteki yüzey bitirme malzemesiyle kaplanması durumuna özel önem verilmelidir. Yüzey malzemelerinin alev yayma özellikleri "NFPA 255 Standard Method of Test of Surface Burning Characteristics of Building Materials" de yer almaktadır.

NFPA 80A' nın açıklama bölümüne göre ısıtım oluşturan yangın şiddeti, yangın yoğunluğu olarak açıklanabilir. Bu nedenle yangın şiddeti, açıklıklardan geçen veya bina dışına taşan alevlerin oluşturduğu ısıtım ısıtım miktarıdır. Yangın şiddeti, ilgili yangın kompartmanının havalandırma koşulları, yangın yükü, yakıtın karakteristiği, odanın geometrisi ve iç yüzey bitirmelerinin özellikleri gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Ayırım mesafeleri;

Cephenin, tutuşmaya neden olabilecek maksimum ısıtım seviyesi olan  $I_{crit} = 12.5 \text{ kW/m}^2$  değerine dayanıklı gözenekli malzemedan yapıldığı kabul edilir. Aşağıda yer alan tablo 4.4' de binalar arasındaki ayırım mesafelerinin belirlenmesinde kullanılan rehber sayıları vermektedir. Tablodan bir rehber sayı belirleyebilmek için, yangın şiddeti, duvardaki boşlukların yüzdesi ve kompartman veya dikdörtgen alana (enclosing rectangle) ait genişlik- yükseklik ya da yükseklik- genişlik oranlarının bilinmesi gerekir.

Tablo 4.4 Ayırım mesafelerinin belirlenmesinde kullanılan rehber sayılar (NFPA 80A, 1991)

| Yangın şiddeti  |      |        | Rehber numara                                       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|-----------------|------|--------|-----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Açıklık yüzdesi |      |        | Genişlik-yükseklik veya yükseklik-genişlik oranları |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| Düşük           | Orta | Yüksek | 1.0                                                 | 1.3  | 1.6  | 2.0  | 2.5  | 3.2  | 4    | 5    | 6    | 8    | 10   | 13   | 16    | 20    | 25    | 32    | 40    |
| 20              | 10   | 5      | 0.36                                                | 0.40 | 0.44 | 0.46 | 0.48 | 0.49 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51  | 0.51  | 0.51  | 0.51  | 0.51  |
| 30              | 15   | 7.5    | 0.60                                                | 0.66 | 0.73 | 0.79 | 0.84 | 0.88 | 0.90 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.95  | 0.95  | 0.95  | 0.95  | 0.95  |
| 40              | 20   | 10     | 0.76                                                | 0.85 | 0.94 | 1.02 | 1.10 | 1.17 | 1.23 | 1.27 | 1.30 | 1.33 | 1.33 | 1.33 | 1.34  | 1.34  | 1.34  | 1.34  | 1.34  |
| 50              | 25   | 12.5   | 0.90                                                | 1.00 | 1.11 | 1.22 | 1.33 | 1.42 | 1.51 | 1.58 | 1.63 | 1.66 | 1.69 | 1.70 | 1.71  | 1.71  | 1.71  | 1.71  | 1.71  |
| 60              | 30   | 15     | 1.02                                                | 1.14 | 1.26 | 1.39 | 1.52 | 1.64 | 1.76 | 1.85 | 1.93 | 1.99 | 2.03 | 2.05 | 2.07  | 2.08  | 2.08  | 2.08  | 2.08  |
| 80              | 40   | 20     | 1.22                                                | 1.37 | 1.52 | 1.68 | 1.85 | 2.02 | 2.18 | 2.34 | 2.48 | 2.59 | 2.67 | 2.73 | 2.77  | 2.79  | 2.80  | 2.81  | 2.81  |
| 100             | 50   | 5      | 1.39                                                | 1.56 | 1.74 | 1.93 | 2.13 | 2.34 | 2.55 | 2.76 | 2.95 | 3.12 | 3.26 | 3.36 | 3.43  | 3.48  | 3.51  | 3.52  | 3.53  |
| -               | 60   | 30     | 1.55                                                | 1.73 | 1.94 | 2.15 | 2.38 | 2.63 | 2.88 | 3.13 | 3.37 | 3.60 | 3.79 | 3.95 | 4.07  | 4.15  | 4.20  | 4.22  | 4.24  |
| -               | 80   | 40     | 1.82                                                | 2.04 | 2.28 | 2.54 | 2.82 | 3.12 | 3.44 | 3.77 | 4.11 | 4.43 | 4.74 | 5.01 | 5.24  | 5.41  | 5.52  | 5.60  | 5.64  |
| -               | 100  | 50     | 2.05                                                | 2.30 | 2.57 | 2.87 | 3.20 | 3.55 | 3.93 | 4.33 | 4.74 | 5.16 | 5.56 | 5.95 | 6.29  | 6.56  | 6.77  | 6.92  | 7.01  |
| -               | -    | 60     | 2.26                                                | 2.54 | 2.84 | 3.17 | 3.54 | 3.93 | 4.36 | 4.82 | 5.30 | 5.80 | 6.30 | 6.78 | 7.23  | 7.63  | 7.94  | 8.18  | 8.34  |
| -               | -    | 80     | 2.63                                                | 2.95 | 3.31 | 3.70 | 4.13 | 4.61 | 5.12 | 5.68 | 6.28 | 6.91 | 7.57 | 8.24 | 8.89  | 9.51  | 10.05 | 10.50 | 10.84 |
| -               | -    | 100    | 2.96                                                | 3.32 | 3.72 | 4.16 | 4.65 | 5.19 | 5.78 | 6.43 | 7.13 | 7.88 | 8.67 | 9.50 | 10.33 | 11.15 | 11.91 | 12.59 | 13.15 |

Gerekli ayırım mesafesi,  $D'$  yi hesaplayabilmek için, rehber sayı ( $g$ ), yangının genişlik ( $w$ ) ve yüksekliğine ( $h$ ) ait en küçük boyutlarıyla çarpılmalı ve eşitlik 4.18 tarafından verilen 1.52 değeri ile toplanmalıdır. Bulunan değere, açıklıklardan dışarı taşan alevler göz önüne alınarak ve yangının tehdit ettiği binanın alevler sebebiyle tutuşmasını engellemek için 1.52 m. daha ilave edilmelidir.

$$D = gZ + 1.52 \quad (4.18)$$

$g$  = Tablo 4.4' den okunan rehber sayı

$Z = w$  ve  $h'$  nin en küçük boyutları (m)

Yangına maruz kalan binanın cephesinde farklı kritik ışınsal akı değerlerine sahip olan, yani  $I_{crit} \neq 12.5 \text{ kW/m}^2$  olan ve cephesinde hiç açıklığı bulunmayan bir bina için, ısıtım yayıcı binanın cephesindeki açıklık oranları ayarlanmalıdır. Cephenin yeni açıklık oranı,  $O_{new}$ , cephenin eski açıklık oranı,  $O_{old}$  ile  $12.5 \text{ kW/m}^2$  değeri ile diğer cephe malzemesine ait kritik ısıtım değeri arasındaki bir değer ile çarpılmasından elde edilir. Buna ilişkin prosedür eşitlik 4.19'da verilmektedir.

$$O_{new} = O_{old} \times \frac{12.5}{I_{crit}} \quad (4.19)$$

Şunu da unutmamak gerekir ki, ayırım mesafelerinin başarısı itfaiyenin müdahale süresine bağlıdır. İtfaiyenin müdahale süresinin belirlenen zaman dilimi içerisinde gerçekleşmesinin garanti edilemediği durumlarda ayırım mesafesi 3' e dek artan bir değerle çarpılarak genişletilmelidir. Yayılan ışıma ait değerler, "St. Lawrence Burns" olarak anılan bir seri deneyden elde edilmiştir. Deneyler, 16 dakikadan fazla süreli yangınlarda çok yüksek ısıtım seviyelerine erişildiğini göstermiştir. Deneylerden elde edilen bir başka bulguya göre de, dış duvar üzerindeki açıklık yüzdesi, yayılan ısıtım miktarını etkilemektedir. Bina içindeki yanıcı özellikteki bitirme malzemelerinin miktarı da, bina dışına büyük ölçüde ısıtım yayılmasına neden olmaktadır. Duvarın dış kaplamasının yüksek ısıtım seviyelerinin oluşumunda önemli bir katkısı yoktur.

Tablo 4.4, McGuire (1965a) tarafından hazırlanan "Fire and the Spatial Separation of Buildings" isimli çalışmada verilen metodolojiden elde edilmiştir. NFPA' da konveksiyonla ısı transferi ve uçucu yanar parçaların neden olabileceği tutuşma

riskinin önemsenmediğinden özellikle bahsedilmektedir. Gözenekli malzemenin tutuşmasına neden olabilecek kritik ısıtım seviyesi olan 12.5 kW/m<sup>2</sup> değeri, Joint Fire Research Station' da yapılan çalışmalardan elde edilmiştir.

Isıtıma maruz kalan binanın aldığı ısıtım miktarı aşağıda yer alan eşitlik 4.20 yardımıyla bulunabilir.

$$I = I_0 \phi \quad (4.20)$$

$I$  = Isıtıma maruz kalan bina cephesinde alınan ısıtım (kW/m<sup>2</sup>)

$I_0$  = Isıtım yayan binanın yaydığı ısıtım (kW/m<sup>2</sup>)

$\phi$  = Şekil faktörü

Şekil faktörü, ısıtım yayan yüzeyin boyutlarına ve ayırım mesafesine bağlı olarak değişir. Isıtım yayan yüzeyi dikdörtgen şekle sahip olduğunu kabul ederek, eşitlik 2.10 yardımıyla şekil faktörü bulunabilir.

$$\phi = \frac{1}{360} \left[ \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \tan^{-1} \left( \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} \right) + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \tan^{-1} \left( \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right) \right] \quad (2.10)$$

$x = H_f/r$

$y = W_f/r$

$H_f$  = Dikdörtgenin yüksekliği (m)

$W_f$  = Dikdörtgenin genişliği (m)

$r$  = Yayıcı kaynak ve alıcı arası uzaklık (m)

Tablo 4.4, aralarında binalar arası ayırım mesafesinin üçte birinden fazla mesafe olmayan ve eşit olarak dağılmış cephe açıklıklarına göre düzenlenmiştir. Bu durumun sağlanamadığı hallerde ilave hesaplar gerekir. Bunu takip eden metotlar şu şekildedir:

- İçerisinde tek bir pencere dahi olsa, tüm açıklıkları içine alacak şekilde en küçük alan için bir hesaplama yapılmalıdır.

- Binalar arası ayırım mesafesinin üçte birinden fazla mesafeyle cephe üzerinde birbirinden ayrı durumda bulunan açıklıkların bulunması halinde, tek bir açıklık için bir hesaplama yapılmalıdır.

Durum 2: Işınım yayan binanın ışınlam alan binaya göre daha az yüksekliğe sahip olması durumu;

Işınımına maruz kalan binaya göre daha az yüksekliğe sahip binalar için, ışınlam yayan bina ile diğer bina arası ayırım mesafesi, önce yukarıda açıklanan ışınlam yayan binanın ışınlam alan binaya göre daha yüksek veya binaların eşit yüksekliğe sahip olma durumu için verilen metoda göre belirlenmelidir. Işınım yayan binanın çatısının yanıcı ve yangına dayanıklı olmayan bir malzeme ile yapılmış olması halinde, gerekli ayırım mesafesini ve çatı seviyesinin üzerindeki korunma araçlarını belirlemek için tablo 4.5 kullanılmalıdır.

Tablo 4.5 Yanıcı ve çatısı yangına dayanıklı olmayan bir bina için gerekli ayırım mesafesi veya korunma yüksekliği (NFPA 80A, 1991)

| Çatı vasıtasıyla tutuşma riski olan kat sayısı | Yatay ayırım mesafesi veya yangından korunmak için bırakılması gereken düşey mesafe (m) |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                              | 7.6                                                                                     |
| 2                                              | 9.8                                                                                     |
| 3                                              | 12.2                                                                                    |
| 4                                              | 14.3                                                                                    |

Tablo 4.5' den belirlenen mesafelerin tablo 4.4' den belirlenenlerden büyük olması halinde, ışınlamına maruz kalan bina korunma araçlarıyla donatılmalıdır. Gerekli ayırım mesafesine eşit olacak şekilde ışınlam yayan binanın çatı seviyesinin üzerinde korunma yüksekliği temin edilmelidir. Binanın çatısının yangını tutacak seviyede yangın dayanımı bulunmaması halinde, tablo 4.5 uygulanmalıdır. En üst kat ve onun altında yer alan ve birbirinden yangına karşı izole edilmemiş katlar da çatı vasıtasıyla oluşacak bir yangına katkısı olacakmış gibi kabul edilirler.

Korunma araçları;

NFPA 80A (1991)' ya göre bir dış yangın kaynağından binayı korumak için pek çok korunma araçları bulunmaktadır. Bu korunma araçları aşağıda listelenmiştir.

- Binalar arasında boşluk bırakılması
- Otomatik sprinkler sistemi kullanılması

- Yanmaz malzemeden dış duvar uygulanması
- Koruyucu kanatlar oluşturmak için çıkma yapılarak örülmüş dış duvar uygulaması
- Otomatik dış su perdeleri (external water curtains) uygulaması
- Açıklıkların kaldırılması

Açıklıkların;

- Cam tuğla panellerle
- Çelik çerçeveli telli camla
- Otomatik veya deluge sprinklerle
- Yangın kepenkleriyle
- Yangın kapılarıyla
- Yangın damperleriyle donatılması.

Korunma araçlarının uygulanması halinde binalar arası ayırım mesafesi (NFPA 80A, 1991)' ne göre azaltılabilir. Uygun standartlar izlenmeli ve binaya tesis edilen korunma araçları özel uygulamaları için yeterli olmalıdır.

Yangının olduğu ve ısınıma neden olan binanın tümünde uygun şekilde kurulmuş ve düzenli bakımı sağlanan otomatik sprinkler sisteminin varlığı halinde, yayılma tehlikesinden bahsedilemez. Benzer şekilde yangına ve ısınıma maruz kalan binanın tümünde de otomatik sprinkler sisteminin bulunması durumunda maruz kalma riski önemli ölçüde azalacaktır (NFPA 80A, 1991).

#### **4.8. Hesap Metotlarının Tartışılması**

İncelenen hesap metotları, değişik tarihlerde değişik uygulamacıların konuyu ele alış şekline göre ortaya koyduğu yöntemlerdir. Bazı hesap metotlarında daha önce yapılmış deneylerden elde edilen sonuçlar sabit değer olarak kullanılırken (şekil faktörleri), bazılarında mevcut durum dikkate alınarak yapılan hesaplamalarla sonuçlar elde edilmektedir. Bazı metotlarda sınır mesafeye olan uzaklıklar, cephe üzerindeki korunmamış alanların bir referans düzlemine yansıtılması sonucunda, referans düzleminden itibaren alınmış; bazılarında korunmamış açıklıklardan bina

dışına taşan alevlerin yataydaki uzantısı hesaplamalara dahil edilmiş, bazısında ise bu durum ihmal edilmiştir. Genel olarak söylenebilecek bir ortak nokta ise, hesapların çoğunda korunmamış alanların cephe üzerinde oluşturduğu miktarı ve bunun meydana getirebileceği tehlikeyi ortaya koyabilmek için, dikdörtgene alma metoduna benzer şekilde uygulanan dikdörtgen alanlar belirlenmektedir. Bu alanların hesabı sadece metodun orijinalinde yer alan tablolara göre belirlendiğinde, dikdörtgenin genişlik ve yüksekliğine ilişkin tablo verilerine uyulma zorunluluğundan dolayı, zaman zaman korunmamış alan yüzdeleri dikdörtgen alanlar içerisinde daha küçük kalabilmektedir. Burada ifade edilen hesaplama metotları arasındaki benzer ve farklı yönler, aşağıda bir tablo halinde özetlenmeye çalışılmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Hesaplama metotlarının benzer ve farklı yönleri

|                         | a                                                                                   | b                                                                                   | c                                                                                   | d                                                                                   | e                                                                                   | f                                                                                   | g                                                                                     | h                                                                                   |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Barnett</b>          |    |                                                                                     |    |                                                                                     |                                                                                     |    |    |  |
| <b>McGuire</b>          |   |   |                                                                                     |   |   |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                     |
| <b>Collier</b>          |  |                                                                                     |  |  |                                                                                     |  |  |                                                                                     |
| <b>Dikdörtgene alma</b> |                                                                                     |  |  |  |  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                     |
| <b>NFPA 80A</b>         |  |  |  |                                                                                     |  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                     |

a) Alevlerin cephedeki açıklıklardan bina dışına yayılmasını hesaba katma: Yangın Araştırma İstasyonu (Fire Research Station)’ ait dikdörtgene alma (enclosing rectangles) metodu dışında diğer tüm metotlarda, cephedeki korunmamış açıklıklardan bina dışına taşan alevlerin yatay erişim mesafesi rakamsal olarak hesaplara dahil edilmiştir. Bir çok hesap metodunda hesaplamaya esas olarak kullanılan dikdörtgene alma metodunda, alevlerin yatay uzunluğu dikkate alınmamıştır. Metotların karşılaştırılması söz konusu olduğunda, bu durum göz önüne alınmalıdır.

b) Performans tabanlı tasarıma izin verme: McGuire, dikdörtgene alma (enclosing rectangles) ve NFPA 80A metotlarında, ısıyım ve şekil faktörü değerleri önceden yapılmış çalışmalara göre belirlenmiş değerlerden oluşmaktadır. Bu değerler daha önce yapılan yangın deneylerinden elde edilen sonuçlara göre sabit olarak hesaplamalarda kullanılmaktadır. Hesaplamaların sadece sabit değerlere göre yapılabilmesi, uygulamanın esnekliğini azaltmaktadır. Ayrıca McGuire’ın

metodunda kullanılan şekil faktörü değerlerinin diğer metotlardakinden yüksek olması nedeniyle, güvenli sınır mesafe değerleri diğer metotlardan elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıkmakta, bu durum metotlar arasında karşılaştırma yapmayı zorlaştırmaktadır. Oysa Collier ve Barnett' in metotlarında, bu değerler hesaplama modeline ait verilerin girdi olarak kullanılmasıyla elde edilecek sonuçları daha güvenilir hale getirmekte ve performans tabanlı tasarıma olanak tanımaktadır.

c) Karmaşık bina formlarına uygulanabilirlik: McGuire' ın metodu dışında diğer metotlar, daha karmaşık bina formlarına başarıyla uygulanabilmektedir. Dikdörtgene alma (enclosing rectangles) metodunda karmaşık bina formlarında uygulamada zorluklarla karşılaşılması halinde, yine aynı metotla birlikte uygulamayı daha güvenilir hale getirecek şekilde, Yangın Araştırma İstasyonu (Fire Research Station) tarafından ortaya konulmuş “protraktör” metodu uygulanabilir. McGuire' ın metodunun sadece cephesinde açıklıkların düzenli olarak dağılım gösterdiği modellere uygulanabilmesi, metodun uygulanabilirliğini ve güvenilirliğini azaltmaktadır.

d) Referans düzlemini esas alma: Barnett ve NFPA 80A metotları dışında diğer metotlar, cephe üzerindeki tüm korunmamış açıklıkların bir referans düzlemine yansıtılarak hesaba dahil edilmesini öngörmektedir. Bu nedenle güvenli sınır mesafeleri belirlenirken, referans düzleminden itibaren ölçüm yapılır. Binada niş ve çıkımların bulunması halinde oluşturulacak olan referans düzlemleri, metotların uygulama biçimlerine göre belirlenir. Zira cephe üzerinde niş ve/veya çıkımların bulunması halinde elde edilecek sınır mesafe değerleri farklılık gösterir.

e) Metotların uygulama kolaylığı: Genel olarak metotlar incelendiğinde, performans tabanlı tasarıma olanak tanıyan Barnett ve Collier' in metotları dışındaki hesaplama metotları, uygulamayı kolaylaştırmak için tablolardan yararlanır. Bu nedenle, bu metotları uygulayacak kişilerin yangın güvenliği alanında çalışan birer uzman olmasına gerek yoktur. Barnett ve Collier' in metotlarında ise incelemeye esas olacak binaya ait hesaba ilişkin bazı değerlerin bilinmesi zorunluluğu, yangın güvenliği alanında çalışan kişilerin uygulamasını gerektirir.

f) Yangın sıcaklığını dikkate alma: Barnett ve Collier' in metotlarında sadece yangın sıcaklığı değeri hesaba dahil edilmektedir. Yangının olduğu kompartmandaki yangın sıcaklığı değeri hesap sonucu elde edilir. Ancak Collier' in metodunda

Barnett' in metodunda farklı olarak yangın sıcaklığı ve ısıtım hesaplarında bina dış çevre havasının sıcaklığı ihmal edilmektedir.

g) ısıtım şiddetini dikkate alma: Yine benzer şekilde hesaplamalarda ısıtım şiddeti değerleri sadece Barnett ve Collier' in metotlarında dikkate alınmaktadır. Bu değerler, inceleme konusu olan binaya ait yangının oluşturduğu yangın sıcaklığı değerine göre belirlenir. Dolayısıyla, Collier' in metodunda yangın sıcaklığı hesabında bina dış çevre sıcaklık değerinin dikkate alınmaması nedeniyle, ısıtım hesaplarında da bu durum ihmal edilmektedir.

h) Bina dış çevre sıcaklığını dikkate alma; Bundan önceki iki maddede belirtildiği gibi, yangın sıcaklığı ve ısıtım hesaplarında sadece Barnett' e ait metotta bina dış çevre sıcaklığına ait değer hesaplarda kullanılmaktadır.



## **5. GÜVENLİ SINIR MESAFELERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILABİLECEK YENİ BİR HESAPLAMA MODELİ**

Bu çalışmada güvenli sınır mesafesinin belirlenmesi için mevcut hesaplama metotlarının benzer ve farklı yönleri tartışılarak, bu metotların ortak yönlerinden oluşturulan yeni bir hesaplama modeli ortaya konulmuştur.

Yeni bir hesap modeli ortaya konulmasının temel amacı, bu alanda halen uygulanmakta olan metotların birbirlerine göre dezavantaj oluşturan veya eksik görülen taraflarının giderilerek hesaplamalarda daha gerçekçi sonuçlar elde etmektir.

Binalar arasında ısıyım etkisiyle tutuşmanın engellenmesi için bırakılabilecek mesafenin gereğinden büyük olması arazinin etkin kullanımını sınırlandırmakta, tam tersine daha dar aralıkların bırakılması ise tutuşma riskini artırmaktadır. Bu nedenle kullanılacak hesap yönteminin, binaya ve çevresine ilişkin mevcut verileri gerçekçi bir biçimde hesaba dahil etmesi ve sonuca ulaştırması gerekir.

Genelde karar verme aşamasında ortaya konulacak modelin; daha önceden belirlenen sabit değerlere göre düzenlenmiş tablolar içeren ve belirli koşullar altında incelemeye imkan veren bir model mi, yoksa performans tabanlı tasarıma imkan tanıyan, yangın güvenliği alanında çalışan kişilerin kullanabileceği ve değişken inceleme koşullarına göre esnek bir model mi olacağına karar verilmelidir.

Önerilen model büyük ölçüde performans tabanlı tasarıma izin verebilen ve yangın güvenliği alanında çalışan kişilerin kullanımına yönelik olarak düşünülmüştür.

Burada, deneysel sonuçların tablo haline getirilerek kullanıldığı hesap metotları önemli ölçüde hesaplamayı kolay hale getirmekle birlikte hesaplamada esnek olmayışları yani değişebilen değerlere göre hesaplamayı kolaylaştıramayışı ve önceden belirlenmiş değerleri girdi olarak kullanmaları nedeniyle uygun bulunmamış, bunun yerine incelenmekte olan binaya ait değişkenlerin kullanıldığı ve daha güvenilir sonuç almaya yönelik hesap metotlarının kullanımı tercih edilmiştir.

Bu karara göre, ortaya konulan yeni yaklaşım modeli, büyük ölçüde Barnett ve Collier' in hesaplama metotlarına paraleldir. Bu iki metot karşılaştırıldığında ikisi

arasındaki fark, Collier' in Barnett' ten farklı olarak yangın sıcaklığı ve ısıtım hesaplarında bina dış çevre sıcaklığını hesaplarda kullanmayışıdır. Oysa yangının meydana geldiği bina dış çevre sıcaklığı, yangın sıcaklığına ilave bir sıcaklık değeri daha oluşturmaktadır ve buna bağlı olarak hem yangın sıcaklığının hem de ısıtım şiddetinin belirlenmesinde önemlidir. Binanın bulunduğu yörenin bina dışı sıcaklık değerinin düşük veya yüksek oluşuna göre yangın sıcaklığı ve ısıtım şiddeti değişkenlik gösterebilir. Değişen bu koşullara göre bina dışı çevre sıcaklığı hesaplamalarda veri olarak kullanılmalıdır. Bu nedenle yeni yaklaşım modeli içinde yangın sıcaklığı ve ısıtım hesaplarında bina dış çevre sıcaklığını da dikkate alan Barnett' e ait modelden yararlanılmıştır.

Alevlerin yangın kompartmanının dışına taşmasını dikkate almayan dikdörtgene alma (enclosing rectangles) metodu dışındaki diğer tüm metotlarda, alevlerin yatayda erişim mesafesi dikkate alınmış ve 1.52 m. ile 2.00 m. değerleri hesaplarda kullanılmıştır. Hesaplama yapılacak yeni modelde de alevlerin yatay erişim mesafesi olarak 2.00 m. kabul edilmiştir.

Metotların pek çoğunda yararlanılan dikdörtgene alma metodu, bu yeni modelin uygulamasında da bina cephesinde yer alan korunmamış alanların miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. İncelenen binanın cephesinde yer alan tüm korunmamış alanlar, bu alanları ifade eden daha küçük dikdörtgen alanlara bölünerek hesaplama yapılmıştır. Yangın Araştırma İstasyonu (Fire Research Station)'na ait metotta uygulanan dikdörtgen alan tanımlamaları yerine, bina cephesindeki korunmamış alanları kapsayan dikdörtgen alanların gerçek genişlik ve yükseklikleri kullanılmıştır. Bu durum, korunmamış alan yüzdesini daha net olarak ortaya koymaya yardımcı olmaktadır.

Önerilen model; binalar arasında gerekli ayırım mesafesinin hesaplanmasına, karşısında bina olmaması halinde ilgili sınıra olan uzaklığın bulunmasına, yanmakta olan binanın oluşturacağı ısıtım miktarının hesaplanmasına, bina cephesinde bırakılabilecek maksimum korunmamış alanların miktarının belirlenmesine olanak tanımaktadır. Binalar arasındaki sınır mesafesinin belirlenmesinde, karşılıklı binaların bulunmaması durumunda ilgili bina, “ayna imajı” oluşturacak şekilde karşılıklı yerleştirilmiş iki bina mevcut gibi kabul edilerek hesap yapılır. Bu durumda sınır mesafesi değeri, binalar arasında hesaplanan mesafenin yarısı olarak alınacaktır.

### 5.1. Önerilen Yeni Modelin Adımları

Modelin adımları Collier'e ait hesap metodunun adımlarına paralel olarak alınmıştır; ancak yangın sıcaklığı ve buna bağlı olarak ışıınım şiddetinin hesabında Barnett' in hesap metodunda yer alan eşitlikler kullanılmıştır. Bina dış çevre sıcaklığının binalar arasındaki mesafenin belirlenmesindeki etkileri de bu şekilde incelenebilecektir.

Adım 1: Dikdörtgen alanların belirlenmesi

Cephe yüzeyi üzerinde yer alan korunmamış alanlar, dikdörtgen alanlar içine alınarak daha küçük hesaplanabilir alanlara dönüştürülür. Cephenin hareketli olması durumunda, cephenin çıkmalarına değdiği düşünülen bir "referans düzlemi" oluşturularak korunmamış alanların bu düzleme yansıtılması ve gerçek alanlarının hesaplanması sağlanır.

Adım 2: Dikdörtgen alanın hesabı ( $A_e$ ), eşitlik 4.1' e göre yapılır.

$$A_e = H \times W \text{ (m}^2\text{)} \quad (4.1)$$

$H$  = Dikdörtgen alanın yüksekliği (m)

$W$  = Dikdörtgen alanın genişliği (m)

Adım 3: Cephe oranının bulunması ( $AR$ ), eşitlik 4.2' ye göre hesaplanır.

$$AR = H/W \text{ (veya } W/H\text{)} \quad AR \leq 1 \quad (4.2)$$

Adım 4: Yangının olduğu mekandaki ışıınım şiddetinin hesaplanması ( $I_{EC}$ ), eşitlik 4.11' e göre yapılır.

$$I_{EC} = \varepsilon \sigma (T_2^4 - T_1^4) \quad (4.11)$$

$\varepsilon$  = Işıınım yayan yüzeyin yayıcılığı, genellikle 1.0 alınır

$\sigma$  = Stefan-Boltzmann sabiti =  $56.7 \times 10^{-12}$  (kW/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)

$T_2$  = Yangın kompartmanının sıcaklığı (°K)

$T_1$  = Bina dış çevre sıcaklığı (°K)

Yangın kompartmanının sıcaklığı ISO 834 zaman-sıcaklık eğrisinden yararlanılarak eşitlik 4.12' deki gibi kullanılabilir.

$$T_2 = 345 \log_{10}(8t_m + 1) + T_1 \quad (4.12)$$

$t_m$  = zaman (dak)

$T_1$  ve  $T_2$ , °C cinsinden ifade edilirler.

Adım 5: Yangının meydana geldiği bina bölümüne ait dış duvar belirli yangın dayanım özelliğine sahip değilse, tüm cephe ışınlam yayan bir yüzey olarak kabul edilebilir. Ancak duvarın belirli dayanım derecesi olması durumunda ışınlam şiddeti belirli oranda azaltılabilir. Azaltım değeri ( $R_f$ ), bir azaltım faktörü ile bulunabilir. Bu oranın hesabında eşitlik 4.5 esas alınır.

$$R_f = A_o/A_e \quad (4.5)$$

$A_o$  = Korunmamış alanlar ( $m^2$ )

$A_e$  = Dikdörtgenin alanı ( $m^2$ )

Adım 6: Yangının olduğu binadan yayılan toplam ışınlam miktarının ( $I_{TEC}$ ) hesaplanması. Yangının olduğu binada yangına dayanıklı camlar bulunması halinde bu değer %50 oranında azaltılabilir. Işınlam miktarı ( $I_{TEC}$ ), eşitlik 4.6' ya göre bulunur.

$$I_{TEC} = I_{EC} \times R_f \quad (kW/m^2) \quad (4.6)$$

Adım 7: Karşı binanın tutuşabileceği kritik ışınlam değerinin ( $I_{cr}$ ) belirlenmesi. Cehedeki açıklık miktarına ve açıklıklarda kullanılan camların yangına dayanıklı olup olmamasına bağlı olarak hesaplama yapılır. Yangına dayanıklı cam kullanılması halinde pencerelerin neden olabileceği ışınlam kazancı, %50 oranında azaltılabilir. Genellikle hesaplarda yaygın olarak  $12.5 \text{ kW/m}^2$  değeri kullanılmaktadır. Çeşitli malzeme ve açıklık kombinasyonları için tablo 4.2' den yararlanılabilir.

Tablo 4.2 Komşu binanın cephesinde izin verilebilir maksimum ışınlam değerleri (Carlsson, 1999)

| Yüzeye gelen kritik ışınlam, $I_{cr}$ ( $kW/m^2$ ) |                 |                                       |                                      |
|----------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Dış cephe kaplaması                                | Hiç açıklık yok | Yangına dayanıksız pencere kullanılan | Yangına dayanıklı pencere kullanılan |
| EIFS <sup>(1)</sup>                                | 9.0             | 9.0                                   | 9.0                                  |
| Ahşap                                              | 12.5            | 12.5                                  | 12.5                                 |
| Ahşap yonga-çimento panel                          | 25.0            | 12.5                                  | 25.0                                 |
| Yanmaz malzeme <sup>(2)</sup>                      | Limitsiz        | 12.5                                  | 50.0                                 |

<sup>(1)</sup> Dıştan izolasyonlu bitirme sistemi (External Isolated Finishing System)

(2) Beton, tuğla, çelik veya alüminyum

Adım 8: Kabul edilebilir şekil faktörünün ( $\phi$ ) hesaplanması. eşitlik 4.7' ye göre hesaplanır.

$$\phi = I_{cr}/I_e \quad (4.7)$$

Adım 9: Binalar arasındaki ayırım mesafesinin ( $S$ ) hesabı. eşitlik 4.8' den bulunur.

$$S = R + P \text{ (m)} \quad (4.8)$$

$R$  = Şekil 4.7' den alınan ışıyım mesafesi (m)

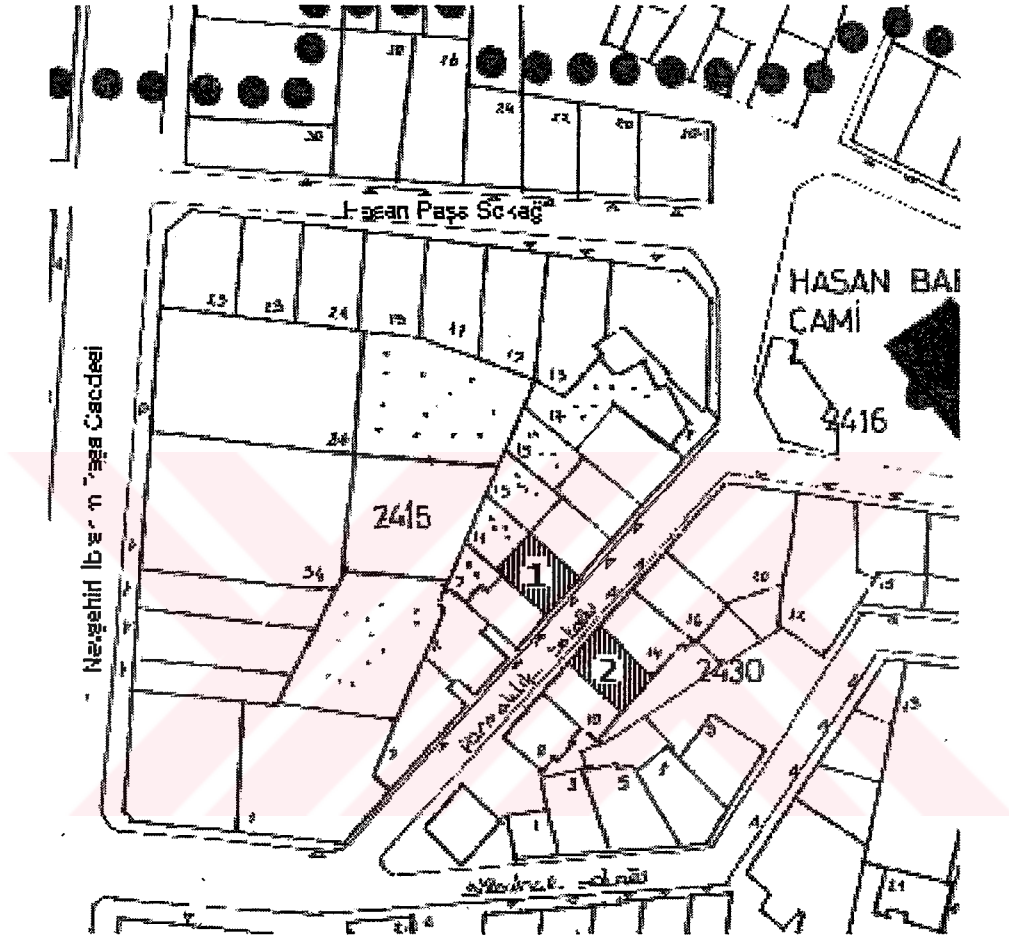
$P$  = Yansıma mesafesi (m)

Yangının olduğu bina veya bina bölümünde yangına dayanıklı camların kullanılmaması halinde yansıma mesafesi 2 m, kullanılması halinde 0 m. alınacaktır. Hesaplanması halinde bu değerlerin dışında bulunan başka değerler de kullanılabilir.

## **5.2. Yeni Modelin İstanbul'da Örnek Binalara Uygulanarak Diğer Hesap Metotlarıyla Karşılaştırılması**

Bu bölümde, daha önceki bölümlerde anlatılan güvenli sınır mesafelerinin belirlenmesinde kullanılan hesap metotlarının ve yeni hesaplama modelinin İstanbul'da ele alınan çeşitli konut modellerine uygulanması ve bunlardan elde edilen sonuçların tartışılması yer almaktadır. Uygulama sadece “düşük” yangın yüküne sahip bina tiplerinden konut örnekleri için yapılmıştır. Uygulama örneklerinin özellikle konut tipindeki binalardan seçilmesinin bir diğer amacı, konut tipindeki binalarda yangınların daha sık karşılaşılmamasından kaynaklanmaktadır. Elde edilecek sonuçların daha net olarak karşılaştırılabilmesi için konut örneklerinden ikisi kentin eski dokusundan, bir diğeri de modern dokusu içerisinde seçilmiştir. Metotlar arasında karşılaştırmanın daha tutarlı olabilmesi için 4. Bölüm' de söz edilen hesaplama metotlarından Williams-Leir' e ait metotta kullanılan parametrelerin yüksek ayırım mesafesi değerleri oluşturması nedeniyle bu metot dışındaki tüm metotlar hesaplamalarda kullanılmıştır. Toplam kavramsal alanlar metoduna (aggregate notional areas [protractor method]), dikdörtgene alma metodunun bina cephelerine uygulamasında zorluk yaşanmaması nedeniyle gerek görülmemiştir.

İncelemeye esas alınan konut modelleri (Şekil 5.1, 1 ve 2 no’lu binalar), İstanbul’ un tarihi yerleşim yerlerinden birisi olan Zeyrek bölgesi, Parmaklık Sokak’ da yer almaktadır.



**Şekil 5.1 Zeyrek, Parmaklık sokak vaziyet planı (Sentürk ve Özbek, 2001)**

Sokak dokusu içerisindeki binalar ağırlıklı olarak kentin eski silüetine uygun ahşap konstrüksiyon ve 2-3 katlıdır. Ancak zaman içerisinde yıkılan binaların yerine, özellikle sokağın bir tarafı boyunca, gerek mimari görünüm gerek malzeme özellikleri açısından tarihi sokak dokusunu yansıtmayan konutlar inşa edilmiş durumdadır.

İncelenmek üzere alınan iki bina (Şekil 5.1, 1 ve 2 no' lu binalar) bu anlamda hem eski dokuyu hem de yeni dokuyu yansıtan cephe özelliklerine sahip olacak şekilde, birisi ahşap cepheli diğeri kargir cepheli ve birbirinin karşısına isabet edecek şekilde seçilmişlerdir. Bu iki binanın yer aldığı sokakta binalar arası mesafe 6 m.' dir.

a) Ele alınan 1. bina için uygulama;

Sokağın tek tarafında ağırlıklı olarak ve bitişik düzende yapılan eski konut binaları içerisinde incelemeye esas alınan binalardan ilki (Şekil 5.1, 1no'lu bina), yüksek subasman seviyesiyle birlikte iki kattan oluşmaktadır. Kargir strüktüre sahip olan binanın iki tarafındaki komşu bina ile aralarında, dolu gövdeli tuğladan inşa edilmiş duvarlar bulunmaktadır. Bu duvarlar, yangın duvarı niteliğine sahip olabilecek kalınlıkta olmasına rağmen (~0.04 m.), binalar arasında yangın geçişini önlemeye yetecek ölçüde çatı üzerinde yeterli yüksekliği (0.02 m.) bulunmamaktadır. Bina cephesi 5.8 m. genişliğinde ve 7.6 m. yüksekliğindedir (yol kotundan saçak ucuna kadar olan mesafe). İkinci katında odalardan birine ait ve 1.3 m. genişliğe sahip bir cumba yer almaktadır.

Bina dış duvarı kargir örgü (tuğla) olup içten sıvalı, dıştan ahşap kaplama malzemesi (1 cm kalınlıkta) ile kaplanmıştır. Dış duvarların belirli yangın dayanımına sahip olduğu kabul edilmiştir. Yangının oluşturduğu alevlerin dışarıya yayılmasına neden olan cephe üzerinde birbiriyle aynı boyutsal özelliğe sahip 9 pencere (0.8x1.8 m.), 1 kapı açıklığı (1.4x3.0 m.) mevcuttur. Açıklıklarda kullanılan pencere ve kapı doğramalarının tümü yine yanıcı özellikteki ahşap malzemeden yapılmıştır. Bunlara ek olarak binanın bodrum katında ve sokak seviyesinde daha sonra blok duvar malzemesiyle örülerek kapatılan iki pencere açıklığı daha yer almaktadır. Bina çatısı, yangına dayanıklı olmayan konstrüksiyonda olup üzeri kiremitle kaplanmıştır. İncelenen binaya ait cephe çalışması Şekil 5.2' de görülmektedir.

İncelemeye esas olan 1 no' lu binanın karşısında, sokağın diğer tarafında bitişik düzende inşa edilmiş B.A. iskeletli bir bina yer almaktadır. Bina Z+3 katlıdır ve binada yangına karşı alınmış herhangi bir pasif güvenlik önlemi bulunmamaktadır.

Binalar arasında yangın nedeniyle oluşabilecek ısınlımla tutuşmanın meydana gelmemesi için güvenli sınır mesafesinin hesaplanmasında, incelenen binanın karşısında aynı özelliklere sahip bir bina daha olduğu düşünülmüştür (ayna imajı). Sokak boyunca binalar bitişik nizamda, arsa sınırı üzerinde ve yola paralel olarak yerleştirildikleri için ilgili sınır, yolun orta aksı olarak alınmıştır. İncelenen binadan bu sınırın her iki tarafına eşit uzaklıkta yerleştirilmiş iki bina mevcutmuş gibi kabul edilmiştir.



Şekil 5.2 Güvenli sınır mesafe belirlenmesi için incelenen ahşap cepheli eski bina örneği (Sentürk ve Özbek, 2001)

Yangının 30 dakika süre ile etkili olabileceği ve yanma sonucunda ISO 834 zaman-sıcaklık eğrisine göre bina içinde 842 °C' lik sıcaklığa erişileceği hesaplanmıştır. Hesaplanan ışıınım şiddeti değeri 87.15 kW/m<sup>2</sup> ve kritik ışıınım seviyesi 12.5 kW/m<sup>2</sup> olarak alınmıştır.

Hesaplamalarda kullanılan metot ve eşitlikler, tezin 4.Bölüm'ünde incelenen metot ve eşitliklerdir. Elde edilen değerler tablo haline getirilerek karşılaştırma yapılabilmesi sağlanmıştır.

Metotların çoğunda kullanılan kapsayan dikdörtgenler, aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

Dikdörtgen 1: Tüm açıklıkları kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.3)



Şekil 5.3 Tüm açıklıkları kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 2: Çıkmanın üzerindeki pencereyi kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.4)



Şekil 5.4 Çıkmanın üzerindeki pencereyi kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 3: Çıkmanın sol tarafındaki üç pencereyi kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.5)



Şekil 5.5 Çıkmanın sol tarafındaki üç pencereyi kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 4: Üstkat pencerelerinin tümünü kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.6)



Şekil 5.6 Üstkat pencerelerinin tümünü kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 5: Zeminkat pencerelerini kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.7)



Şekil 5.7 Zeminkat pencerelerini kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 6: Zeminkat pencerelerini ve girişi kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.8)



Şekil 5.8 Zeminkat pencerelerini ve giriş kapısını kapsayan dikdörtgen

- C. R. Barnett metoduna göre çözüm:

Yangının olduğu binada ortaya çıkabilecek yangın sıcaklığı, ISO 834 zaman-sıcaklık eğrisinden elde edilen formüle göre aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$T_2 = 345 \log_{10}(8xt_m + 1) + T_1 \quad (4.12)$$

$$T_2(30) = 345 \log_{10}(8 \times 30 + 1) + 20 = 842 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bilinen yangın sıcaklığına bağlı olarak yangın kompartmanında oluşan ısıtım şiddeti şu şekilde belirlenebilir;

$$I_{EC} = \epsilon \sigma (T_2^4 - T_1^4) \quad (4.11)$$

$$I_{EC} = 1 \times 56.7 \times 10^{-12} ((842 + 273)^4 - (273 + 20)^4)$$

$$I_{EC} = 87.15 \text{ kW/m}^2$$

Gerekli sınır mesafesinin belirlenmesi için 6 ayrı dikdörtgen oluşturulmuştur. Bu dikdörtgenler içerisinde en uzak sınır mesafe değerini veren dikdörtgen dikkate alınmalıdır. Dikdörtgene alma metodu ile elde edilen sonuçlar, aşağıda tablo 5.1' de özetlenmiştir. Tabloda, dikdörtgenlere ait şekil faktörleri ve buna göre belirlenmiş sınır mesafe değerleri yer almaktadır. Şekil faktörleri (configuration factors), eşitlik 4.9' a göre belirlenebilir.

$$\phi = \frac{A_E I_{RC}}{A_V I_{EC}} \quad (4.9)$$

Isıtım mesafesi, eşitlik 2.10' dan, alınan ısıtım seviyesinin  $12.5 \text{ kW/m}^2$  olduğu kabulüne göre hesaplanmıştır.

Tablo 5.1 Barnett metoduna göre güvenli sınır mesafeleri

| Özellikler                                  | Kapsayan dikdörtgenler |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                             | 1                      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| Genişlik (m)                                | 5.50                   | 0.80   | 3.00   | 5.40   | 4.10   | 5.40   |
| Yükseklik (m)                               | 6.30                   | 1.80   | 1.80   | 1.80   | 1.80   | 3.00   |
| Açıklık alanı,<br>$A_V (m^2)$               | 17.16                  | 1.44   | 4.32   | 7.2    | 5.76   | 9.96   |
| Kapsayan dikdörtgenin<br>alanı, $A_E (m^2)$ | 34.65                  | 1.44   | 5.40   | 9.72   | 7.38   | 16.20  |
| Şekil faktörü, $\phi$                       | 0.2896                 | 0.1434 | 0.1793 | 0.1936 | 0.1838 | 0.2333 |
| Işınım mesafesi, R (m)                      | 1.48                   | 0.28   | 0.18   | 0.18   | 0.18   | 0,38   |
| Alev uzantısı, P (m)                        | 2.00                   | 2.00   | 2.00   | 2.00   | 2.00   | 2.00   |
| Sınır mesafesi, B (m)                       | 1.74                   | 1.14   | 1.09   | 1.09   | 1.09   | 1.19   |

Sınır mesafe değerleri içerisinde en uzak mesafe, **1.74 m.** uzaklıkla tüm açıklık alanlarını içerisine alan Dikdörtgen 1 tarafından elde edilmiştir. Diğer kapsayan dikdörtgen alanlar içerisinde ikinci kattaki tek pencere açıklığını ve ikinci kattaki tüm pencere açıklık alanlarını içine dahil eden dikdörtgen 3, 4 ve 5, şekil faktörlerinin birbirine oldukça yakın değerlerde olması nedeniyle aynı sınır mesafe değerlerini oluşturmuştur.

- J.H. McGuire metoduna göre çözüm:

Bu metoda göre, incelenen bina cephesindeki alev ve ısıyım yayılmasına neden olan boşlukların üniform dağılmış olması gereklidir. Bu durum, diğer netotlara ait sonuçlarla karşılaştırma yapılabilmesi için önemlidir. Metodun uygulama adımları aşağıda yer almaktadır.

1. Yangın kompartmanına ait yükseklik ve genişlik değerlerinin belirlenmesi

$H = 7 \text{ m.}$

$W = 5.8 \text{ m.}$

2. Cephe üzerindeki açıklık oranının bulunması

$$A_V/A_E \times 100 = \frac{0.8 \times 1.8 \times 9 + 3 \times 1.4}{7 \times 5.8} \times 100 = \%42$$

3. Binanın iç yüzeylerinde yanıcı kaplama malzemesi bulunduğu ancak yangın yükü açısından konutun “düşük” yangın şiddetine sahip olduğunu düşünülerek, McGuire tarafından düzenlenen tablolardan “normal” sınıfına giren değerler arasında interpolasyon yapılarak iki bina arasındaki mesafe 10.19 m ve buna göre sınır mesafesi **5.09 m.** olarak bulunur. Bulunan bu değere 1.52 m.’ lik alevlerin yatay erişim mesafesi dahildir.

- Peter Collier metoduna göre çözüm:

Binanın cephesinde yer alan açıklıkların dağılımının düzgün olması ve cephedeki çıkmanın boyutsal açıdan büyük olmaması nedeniyle (0.80 m.), oluşturulabilecek bir referans düzleminin çıkma yüzeyine paralel ve dokunarak geçtiği kabul edilebilir (Şekil 5.9). Daha önce bu çalışmanın 4.3 bölümünde Collier’ e ait hesaplama metodunun içerisinde referans düzleminin cepheye uygulanmasıyla ilgili adımlarda bahsedildiği şekilde düzlem oluşturulmuştur.



Şekil 5.9 Referans düzlemi ve bina cephesi

Aşağıda yer alan tablo 5.2’ de Collier’ in metoduna göre hesaplanan değerler bulunmaktadır. Collier’ in metodunda Barnett’ in metoduna göre yangın sıcaklığı ve ısıtım şiddeti hesaplamalarında bina dışı çevre havasının sıcaklığı ihmal edilmiştir.

Tablo 5.2 Collier metoduna göre güvenli sınır mesafeleri

| Adım | Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |       |       |       |       |       |
|------|------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |                                                      | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 1    | Genişlik (m)                                         | 5.50                   | 0.80  | 3.00  | 5.40  | 4.10  | 5.40  |
|      | Yükseklik (m)                                        | 6.30                   | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 3.00  |
| 2    | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 34.65                  | 1.44  | 5.40  | 9.72  | 7.38  | 16.20 |
| 3    | Cephe oranı, AR                                      | 0.873                  | 0.444 | 0.600 | 0.333 | 0.439 | 0.556 |
| 4    | Yangın sıcaklığı, T (°C)                             | 822                    | 822   | 822   | 822   | 822   | 822   |
|      | Işınım şiddeti, $I_s$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 81.52                  | 81.52 | 81.52 | 81.52 | 81.52 | 81.52 |
|      | Açıklık alanı, $A_o$ (m <sup>2</sup> )               | 17.16                  | 1.44  | 4.32  | 7.20  | 5.76  | 9.96  |
| 5    | Azaltım faktörü, $R_f$                               | 0.495                  | 1.00  | 0.80  | 0.74  | 0.78  | 0.61  |
| 6    | Yayılan ısı, $I_E$ (kW/m <sup>2</sup> )              | 40.37                  | 81.52 | 65.21 | 60.38 | 63.62 | 50.12 |
| 7    | Kritik ısı miktarı, $I_{CR}$ (kW/m <sup>2</sup> )    | 12.50                  | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 12.50 |
| 8    | Şekil faktörü, $\phi$                                | 0.310                  | 0.153 | 0.192 | 0.207 | 0.196 | 0.249 |
| 9    | Yansıma mesafesi, P (m)                              | 2.00                   | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  |
|      | Şekil 4.7' den alınan değer, C                       | 0.75                   | 1.09  | 0.97  | 0.95  | 0.96  | 0.84  |
|      | Işınım mesafesi, R (m)                               | 4.41                   | 1.31  | 2.25  | 2.96  | 2.61  | 3.38  |
|      | Ayırım mesafesi, S (m)                               | 6.41                   | 3.31  | 4.25  | 4.96  | 4.61  | 5.38  |
|      | Sınır mesafesi, B (m)                                | 3.21                   | 1.65  | 2.13  | 2.48  | 2.30  | 2.69  |

Hesaplanan sınır mesafeleri içerisinde kullanılabilecek minimum değer olarak **3.21m.** alınmalıdır. Bu değer, cephe üzerindeki tüm açıklıkları kapsayan Dikdörtgen1' e ait hesaplamalardan elde edilmiştir.

- Dikdörtgene alma (enclosing rectangles) metoduna göre çözüm:

Daha önceki metodların içerisinde de yer almış olan dikdörtgene alma metodu, bu kez Yangın Araştırma İstasyonu (Fire Research Station) tarafından hazırlanmış tablolara göre dikdörtgenler boyutlandırılarak incelenmiştir. Binanın cephesindeki

çıkmanın boyutunun 1.5 m' nin altında olması nedeniyle (0.80 m.), bu çalışmanın 4.1 bölümünde dikdörtgene alma metodunun uygulama adımları içerisinde anlatıldığı gibi, cephe düz olarak kabul edilebilir. Bina konut grubu içerisinde yer aldığı için “düşük” risk grubu içinde sayılmaktadır. Aşağıda tablo 5.3’ de bu metoda göre yapılan incelemenin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 5.3 Dikdörtgene alma (Enclosing rectangles) metoduna göre sınır mesafeleri

| Adım | Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |      |      |      |      |       |
|------|------------------------------------------------------|------------------------|------|------|------|------|-------|
|      |                                                      | 1                      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6     |
| 3    | Genişlik, W (m)                                      | 6.00                   | 3.00 | 3.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00  |
|      | Yükseklik, H (m)                                     | 9.00                   | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00  |
|      | Korunmamış alan, $A_v$ (m <sup>2</sup> )             | 34.02                  | 1.44 | 4.32 | 7.20 | 5.76 | 16.20 |
|      | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 54                     | 9    | 9    | 18   | 18   | 18    |
|      | Korunmamış yüzde (%)                                 | 63                     | 16   | 48   | 40   | 32   | 90    |
| 4    | Sınır mesafesi, B (m)                                | 3.65                   | 1.00 | 1.40 | 1.50 | 1.10 | 2.50  |

Belirlenen sınır mesafe değerlerinden, Dikdörtgen 1’ e ait değer olan 3.65 m. değeri sınır mesafesi için en uygun mesafeyi oluşturmaktadır.

- NFPA 80A metoduna göre çözüm:

Daha önceki metotlarda da kullanılan dikdörtgene alma metodu, yine NFPA 80A’ da da uygulanmıştır. Bundan önceki hesaplamalara ilave olarak cephenin tümünün bir ısıtım kaynağı olarak düşünülmesi nedeniyle bir kolon daha oluşturularak ayrıca tüm cephe için hesaplama yapılmıştır. Cephe malzemesinin yanıcı nitelikte olması ve 20 dakikadan daha az yangın dayanımına sahip olduğunun kabul edilmesi nedeniyle, cephe %100 açıklık olarak değerlendirilmiştir. Yangın şiddeti bakımından diğer metotlarla da karşılaştırmanın daha doğru yapılabilmesi için “düşük” yangın şiddeti seçilmiştir. Kritik ısıtım seviyesi olarak, 12.5 kW/m<sup>2</sup> değeri alınmıştır. Yapılan hesaplamalara ait değerler aşağıda tablo 5.4’ de yer almaktadır.

Tablo 5.4 NFPA 80A'ya göre güvenli sınır mesafeleri

| Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |        |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------------------|------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                      | 1                      | 2      | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| Yangının genişliği, W (m)                            | 5.50                   | 0.80   | 3.00  | 5.40  | 4.10  | 5.40  | 5.80  |
| Yangının yüksekliği, H (m)                           | 6.30                   | 1.80   | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 3.00  | 7.00  |
| Açıklıkların alanı, $A_v$ (m <sup>2</sup> )          | 17.16                  | 1.44   | 4.32  | 7.20  | 5.76  | 9.96  | 17.16 |
| Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 34.65                  | 1.44   | 5.40  | 9.72  | 7.38  | 16.20 | 40.60 |
| Açıklık yüzdesi                                      | 49.52                  | 100.00 | 80.00 | 74.07 | 76.83 | 61.48 | 42.27 |
| Genişlik-yükseklik oranı, W/H                        | 1.15                   | 2.25   | 1.67  | 3.00  | 2.28  | 1.80  | 1.21  |
| W veya H'n en küçük boyutu, L (m)                    | 5.50                   | 0.80   | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 3.00  | 5.80  |
| Rehber numara, G                                     | 0.940                  | 2.030  | 1.548 | 1.863 | 1.726 | 1.345 | 0.889 |
| Ayırım mesafesi, S (m)                               | 6.69                   | 3.14   | 4.31  | 4.87  | 4.63  | 5.56  | 6.68  |
| Sınır mesafesi, B (m)                                | 3.35                   | 1.57   | 2.15  | 2.44  | 2.31  | 2.78  | 3.34  |

Elde edilen sınır mesafesi değerleri içerisinde Dikdörtgen 1' e ait hesaplamalardan, **3.35 m.** lik sınır değeri, uygulamada kullanılabilecek mesafeyi oluşturmaktadır. Binanın yangın yükünün farklı alınması durumunda ortaya çıkabilecek sonuç değerler de farklı olacaktır. Bu nedenle sınır mesafesi belirlemede binaya ait yangın yükü değerleri, mesafenin etkin bir biçimde belirlenmesinde rol oynar.

- Yeni hesap modeline göre çözüm:

Binanın cephesi üzerinde çıkmanın büyük boyutlu olmaması (0.80 m.) ve cephe üzerinde yer alan açıklıkların düzgün dağılmış olması nedeniyle, referans düzlemi çıkmaya degecek şekilde ve cepheye paralel biçimde oluşturulmuştur. Cephe üzerinde referans düzleminin oluşturulması ile ilgili adımlar çalışmanın 5.1 bölümünde bahsedildiği gibi uygulanmıştır. Yangın sıcaklığı ve ışıınım şiddeti hesaplarında, bina dışı çevre havasının sıcaklığı 20 °C kabul edilerek hesaba katılmıştır. Tablo 5.5, yeni modele göre yapılan hesapları göstermektedir.

Tablo 5.5 Yeni hesap modeline göre güvenli sınır mesafeleri

| Adım | Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |       |       |       |       |       |
|------|------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |                                                      | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 1    | Genişlik (m)                                         | 5.50                   | 0.80  | 3.00  | 5.40  | 4.10  | 5.40  |
|      | Yükseklik (m)                                        | 6.30                   | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 3.00  |
| 2    | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 34.65                  | 1.44  | 5.40  | 9.72  | 7.38  | 16.20 |
| 3    | Cephe oranı, AR                                      | 0.873                  | 0.444 | 0.600 | 0.333 | 0.439 | 0.556 |
| 4    | Yangın sıcaklığı, $T$ (°C)                           | 842                    | 842   | 842   | 842   | 842   | 842   |
|      | Işınım şiddeti, $I_e$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 87.64                  | 87.64 | 87.64 | 87.64 | 87.64 | 87.64 |
|      | Açıklık alanı, $A_o$ (m <sup>2</sup> )               | 17.16                  | 1.44  | 4.32  | 7.20  | 5.76  | 9.96  |
| 5    | Azaltım faktörü, $R_f$                               | 0.50                   | 1.00  | 0.80  | 0.74  | 0.78  | 0.62  |
| 6    | Yayılan ısıtım, $I_E$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 43.40                  | 87.64 | 70.11 | 64.92 | 68.40 | 53.88 |
| 7    | Kritik ısıtım miktarı, $I_{CR}$ (kW/m <sup>2</sup> ) | 12.50                  | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 12.50 |
| 8    | Şekil faktörü, $\phi$                                | 0.288                  | 0.143 | 0.178 | 0.193 | 0.183 | 0.232 |
| 9    | Yansıma mesafesi, $P$ (m)                            | 2.00                   | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  |
|      | Şekil 4.7' den alınan değer, $C$                     | 0.76                   | 1.11  | 0.98  | 0.96  | 0.97  | 0.88  |
|      | Işınım mesafesi, $R$ (m)                             | 4.47                   | 1.33  | 2.28  | 2.99  | 2.64  | 3.54  |
|      | Ayırım mesafesi, $S$ (m)                             | 6.47                   | 3.33  | 4.28  | 4.99  | 4.64  | 5.54  |
|      | Sınır mesafesi, $B$ (m)                              | 3.24                   | 1.67  | 2.14  | 2.50  | 2.32  | 2.77  |

Yeni modele göre yapılan hesaplamalar sonucunda güvenli sınır mesafesini veren değer, Dikdörtgen 1' e ait hesaplardan elde edilen **3.24 m.** lik değerdir.

Sonuç olarak, çeşitli metotlara göre belirlenen konut tipi bir binanın oluşturabileceği ısıtım ile tutuşma riskinin engellenebilmesi için kullanılabilecek sınır mesafesi değerleri aşağıda yer alan tablo 5.6' da özetlenmiştir.

Tablo 5.6 Çeşitli hesaplama metotlarına göre ele alınan ahşap cepheli eski bir konut örneği için elde edilmiş güvenli sınır mesafe değerleri

| Ele alınan hesaplama metodu                    | Güvenli sınır mesafesi, B (m) |
|------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Barnett</b>                                 | 1.74                          |
| <b>McGuire</b>                                 | 5.09                          |
| <b>Collier</b>                                 | 3.21                          |
| <b>Dikdörtgene alma (enclosing rectangles)</b> | 3.65                          |
| <b>NFPA 80 A</b>                               | 3.35                          |
| <b>Yeni model</b>                              | 3.24                          |

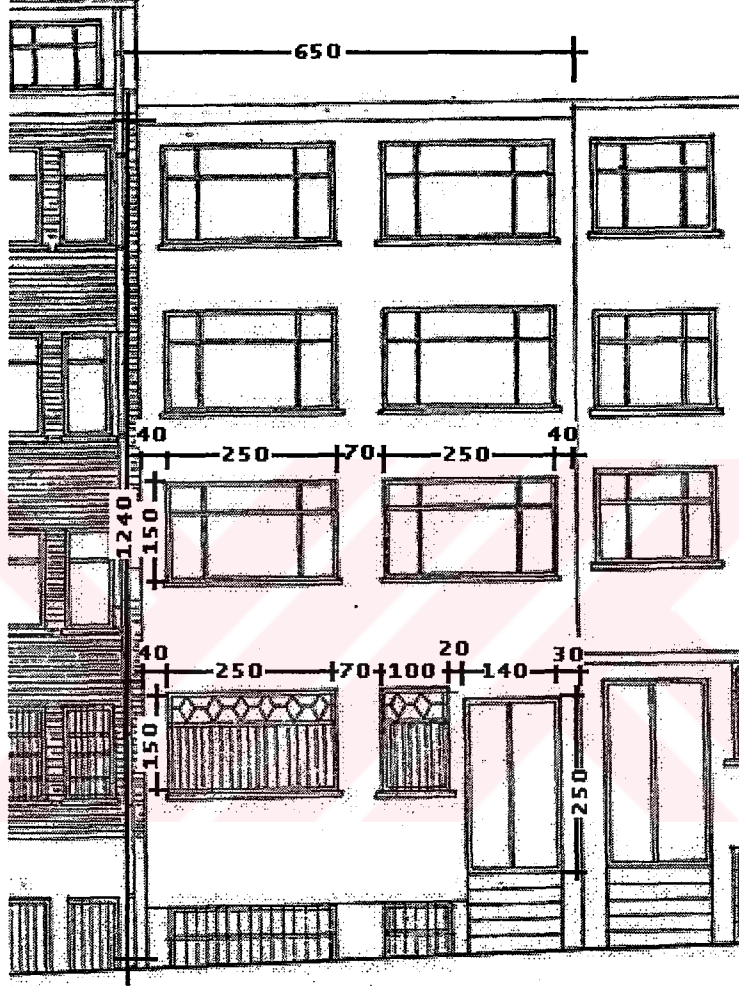
Bu aşamaya dek, güvenli sınır mesafe değerinin elde edilmesine ilişkin hesap metotlarının uygulanması, sokak dokusu içerisinde yer alan tek bir bina için gerçekleştirilmiş ve buna göre incelenen bina ile ilgili sınır arasında bırakılması gereken minimum mesafe hesaplanmıştır. Ancak bu inceleme çalışması, karşılıklı yerleştirilmiş binalar arasında gerçekleştirildiği için, sokağın her iki tarafında da birbirine göre tehlike unsuru oluşturabilecek binaların yer alması ve bu binaların farklı malzeme, yükseklik, cephe boşluk oranları vs. gibi özelliklere sahip olması nedeniyle meydana gelebilecek ışınlam tehlikesi, karşılıklı yerleştirilmiş iki bina için ayrı ayrı yapılmalıdır. Bundan dolayı incelemeye esas olarak alınan ilk binanın karşısına denk düşen bir başka bina için ayrıca hesaplamalar yapılmıştır.

b) Ele alınan 2. bina için uygulama;

Uygulamanın yapıldığı ikinci bina (Şekil 5.1, 2no'lu bina), B.A. iskeletli olarak inşa edilmiş ve Z+3 kattan oluşmaktadır. Giriş katın altında sokak seviyesinde pencereleri olan bir bodrum katı da mevcuttur. Bina, 6.5 m. genişliğinde ve 12.4 m. yüksekliğindedir (yol kotundan saçak ucuna kadar mesafe). Sağ tarafında incelenen bina ile benzer özelliklere sahip, sıva cepheli; sol tarafında ise terasına ilave bir kat daha yapılarak yükseltilmiş ve teras kotuna dek sokak dokusuna uydurulmak amacı ile cephesi ahşap malzeme ile kaplanmış, teras katı ise sıvalı olarak bitirilmiş binalar bulunmaktadır.

İncelenen bina cephesinde boyutsal olarak birbirinin aynı 7 büyük (2.50x1.50 m.) 1 küçük (1.00x1.50 m.) pencere açıklığı yer almaktadır. Bodrum kat pencereleri, sokak kotunda yer almaları sebebiyle daha az yüksekliğe sahiptir (yol kotundan itibaren ~0.80 m.). Apartman giriş kapısı (1.40x2.50 m.) metal konstrüksiyonlu ve

pencere bölümleri yangına dayanıklı olmayan pencere camı ile kaplı olup bu kapı dışında cephede kapı boşluğu yer almamaktadır. Cephe, yanıcı özellikte olmayan çimento sıva malzeme ile kaplıdır. Bina içinde yangın kompartmanı oluşturulmadığı için, tüm bina cephesindeki kapı ve pencere açıklıkları ışıın yayıcı olarak düşünülmüştür (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 Güvenli sınır mesafe belirlenmesi için incelenen kargir cepheli eski bina örneği (Sentürk ve Özbek, 2001)

Yangının 30 dakika süre ile etkili olacağı dikkate alınmıştır. Buna göre ISO 834 yangın eğrisinden elde edilen formülden yangın sıcaklığı 842 °C ve meydana gelebilecek ışıınım şiddeti 87.15 kW/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Kritik ışıınım seviyesi, 12.5 kW/m<sup>2</sup> dir.

Kargir cepheli eski konut binası için güvenli sınır mesafe değeri hesapları:

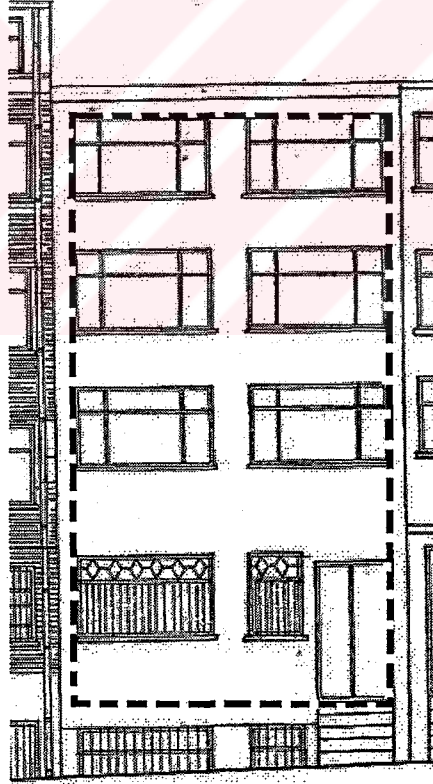
Güvenli sınır mesafelerinin belirlenmesinde karşılıklı sokak dokusu oluşturan binalar arasında en güvenli sınır mesafesinin hangi bina tarafından ortaya konulduğunu

bulabilmek için, ilk incelemesi yapılan binanın (Şekil 5.1, 1no'lu bina) karşısında yer alan diğer binaya (Şekil 5.1, 2 no'lu bina) göre bir inceleme çalışması daha yapılmıştır. Bu inceleme kapsamında, sokak aksı ilgili sınırı oluşturacak şekilde, sınırın her iki tarafına eşit uzaklıkta yerleştirilmiş aynı özellikte iki bina mevcutmuş gibi düşünülerek çalışma yapılmıştır (ayna imajı). Bu incelemeyi yapmaktaki amaç, karşılıklı yerleştirilen ve farklı cephe oranlarına ve malzemelerine sahip binalar arasında en güvenli sınır mesafesini verecek binayı bulmak ve sınır mesafe değişimlerini araştırmaktır.

İnceleme çalışmasında kullanılan metotların sonuçları, sırayla tablolar haline getirilerek aşağıda özetlenmiştir.

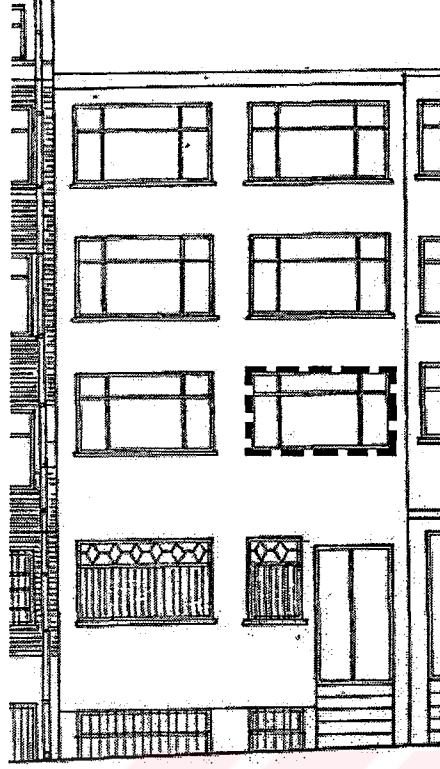
İlk çalışmada olduğu gibi pek çok metodun içerisinde yer alan dikdörtgene alma metoduna göre oluşturulan dikdörtgenler şunlardır;

Dikdörtgen 1: Cephedeki tüm açıklıkları kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.11)



Şekil 5.11 Cephedeki tüm açıklıkları kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 2: 1. kattaki tek pencereyi kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.12)



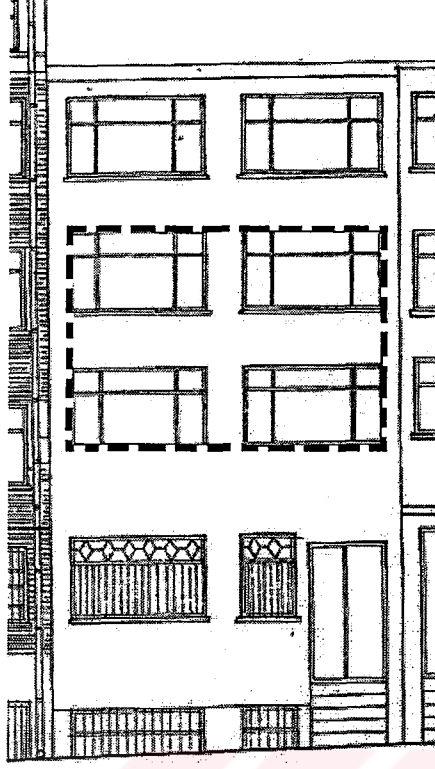
Şekil 5.12 1. kattaki tek pencereyi kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 3: 1. kattaki iki pencereyi kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.13)



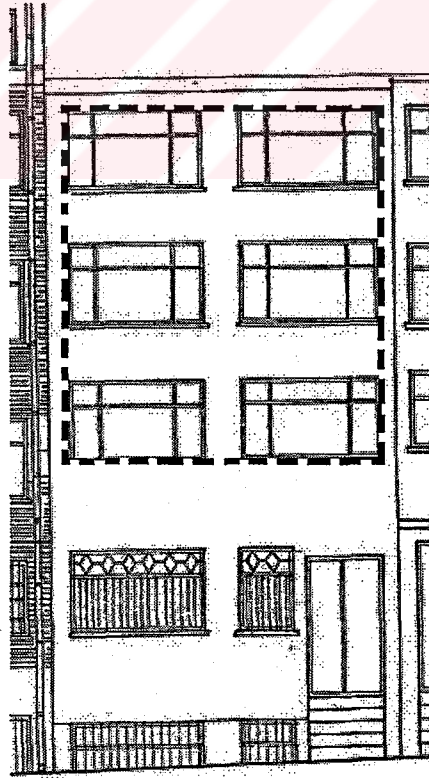
Şekil 5.13 1. kattaki iki pencereyi kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 4: 1. ve 2. kattaki dört pencereyi kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.14)



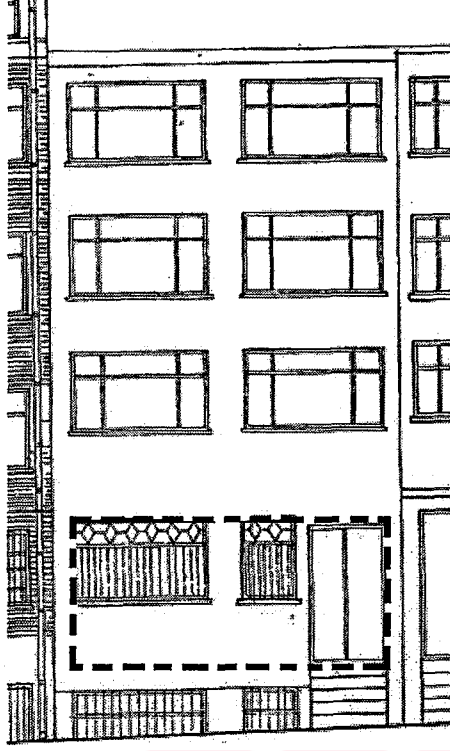
Şekil 5.14 1. ve 2. kattaki dört pencereyi kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 5: 1.,2. ve 3. kattaki altı pencereyi kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.15)



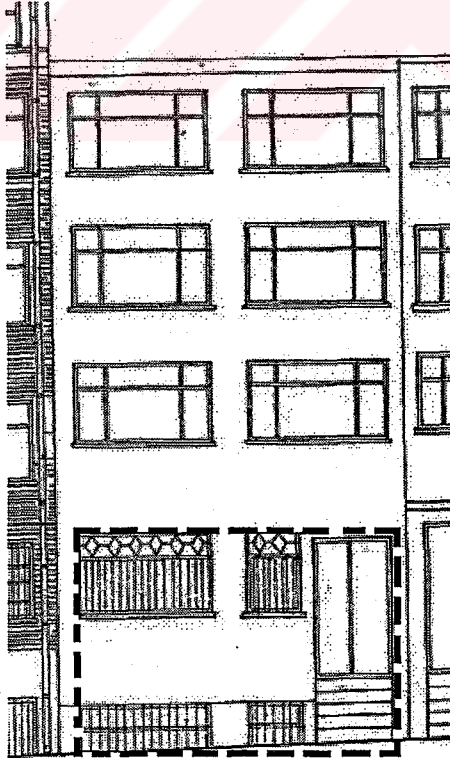
Şekil 5.15 1.,2. ve 3. kattaki altı pencereyi kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 6: Giriş ve zemin kattaki iki pencereyi kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.16)



Şekil 5.16 Giriş kapısı ve zemin kattaki iki pencereyi kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 7: Giriş, zemin ve bodrum kattaki pencereleri kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.17)



Şekil 5.17 Giriş, zemin ve bodrum kattaki pencereleri kapsayan dikdörtgen

- C. R. Barnett metoduna göre çözüm:

Binada yangın nedeniyle oluşan sıcaklık, ISO 834 yangın eğrisinden elde edilen formüle göre belirlenir.

$$T_2 = 345 \log_{10}(8x_{tm}+1) + T_1 \quad (4.12)$$

$$T_2(30) = 345 \log_{10}(8 \times 30 + 1) + 20 = 842 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bilinen yangın sıcaklığı değerine göre oluşan ışıınım şiddeti aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$I_{EC} = \epsilon \sigma (T_2^4 - T_1^4) \quad (4.11)$$

$$I_{EC} = 1 \times 56.7 \times 10^{-12} ((842+273)^4 - (273+20)^4)$$

$$I_{EC} = 87.15 \text{ kW/m}^2$$

Güvenli sınır mesafelerinin belirlenebilmesi için hesaplamaları kolaylaştırmak amacıyla 7 dikdörtgen alan belirlenmiştir. Bu dikdörtgen alanlara ait bulgular, aşağıda bir tablo haline getirilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan şekil faktörleri (configuration factors), eşitlik 4.9' dan bulunabilir. Elde edilen şekil faktörleri, eşitlik 2.10' da yerine konularak kritik ışıınım değeri olan  $12.5 \text{ kW/m}^2$  değeri esas alınarak hesaplanabilir. Tablo 5.7' de hesap sonuçları görülmektedir.

$$\phi = \frac{A_E I_{RC}}{A_V I_{EC}} \quad (4.9)$$

Tablo 5.7 Barnett metoduna göre güvenli sınır mesafeleri

| Özellikler                               | Kapsayan dikdörtgenler |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                          | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| Genişlik (m)                             | 5.80                   | 2.50  | 5.80  | 5.80  | 5.80  | 5.80  | 5.80  |
| Yükseklik (m)                            | 12.10                  | 1.50  | 1.50  | 4.00  | 6.50  | 2.80  | 4.00  |
| Açıklık alanı, $A_V (m^2)$               | 34.43                  | 3.75  | 7.50  | 15.00 | 22.50 | 8.89  | 11.93 |
| Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E (m^2)$ | 70.18                  | 3.75  | 8.70  | 23.20 | 37.70 | 16.24 | 23.20 |
| Şekil faktörü, $\phi$                    | 0.291                  | 0.143 | 0.166 | 0.221 | 0.240 | 0.261 | 0.278 |
| Işınım mesafesi, $R (m)$                 | 4.20                   | 0.12  | 0.13  | 0.50  | 1.10  | 0.40  | 0.64  |
| Alev uzantısı, $P (m)$                   | 2.00                   | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  |
| Sınır mesafesi, $B (m)$                  | 3.10                   | 1.06  | 1.07  | 1.25  | 1.55  | 1.20  | 1.32  |

Elde edilen sınır mesafe değerlerinden güvenlikle kullanılabilecek olan, Dikdörtgen1' e ait hesapların sonucu bulunan **3.10 m.**'lik değerdir. İkinci katta bulunan tek pencereyi ve her iki ikinci kat penceresini kapsayan Dikdörtgen 2 ve 3 için bulunan sınır mesafe değerleri hemen hemen aynıdır.

- J.H. McGuire metoduna göre çözüm:

McGuire' a ait metodun uygulama adımları aşağıdaki gibidir.

Adım 1: Yanmakta olan binaya ait yükseklik ve genişlik değerlerinin bulunması.

$$H = 12.4 \text{ m.}$$

$$W = 6.5 \text{ m.}$$

Adım 2: Cephe üzerindeki açıklık oranının bulunması

$$A_V/A_E \times 100 = \frac{1.5 \times 2.5 \times 7 + 1 \times 0.80 + 1.4 \times 2.6 + 2.5 \times 0.80 + 1 \times 0.80}{12.4 \times 6.5} \times 100 = \%43$$

Adım 3: Binanın konut grubunda yer alması ve yangın yükü açısından “düşük” olarak tanımlanması nedeniyle, McGuire' a ait tablolardan “normal” kategoriye göre düzenlenen tablodan enterpolasyon yapılarak, iki bina arasındaki mesafe değeri 16.01 m. olarak bulunur. Güvenli sınır mesafesi değeri ise **8.01 m.** olarak belirlenir.

Bu mesafeye tablolarda alevin yatay erişim mesafesi olarak kabul edilen 1.52 m. değeri dahildir.

- Peter Collier metoduna göre çözüm:

Collier' in metodunda da yine Barnett'in metodunda kullanılan dikdörtgene alma metodu, aynı dikdörtgenler kullanılarak uygulanmıştır. Referans düzlemi, cephede niş veya çıkma olmadığı için, cephe ile çakışacak şekilde paralel olarak yerleştiği kabul edilmiştir. Collier' in çalışmasında Barnett' ten farklı olarak, yangın sıcaklığı ve ısıtım şiddeti hesaplarında bina dış çevre sıcaklığı ihmal edilmiştir. Tablo 5.8' de hesaplamalara ait sonuçlar yer almaktadır.



Tablo 5.8 Collier metoduna göre güvenli sınır mesafeleri

| Adım | Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |       |       |       |       |       |       |
|------|------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |                                                      | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| 1    | Genişlik (m)                                         | 5.80                   | 2.50  | 5.80  | 5.80  | 5.80  | 5.80  | 5.80  |
|      | Yükseklik (m)                                        | 12.10                  | 1.50  | 1.50  | 4.00  | 6.50  | 2.80  | 4.00  |
| 2    | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 70.18                  | 3.75  | 8.70  | 23.20 | 37.70 | 16.24 | 23.20 |
| 3    | Cephe oranı, AR                                      | 0.480                  | 0.600 | 0.260 | 0.690 | 1.120 | 0.480 | 0.690 |
| 4    | Yangın sıcaklığı, T (°C)                             | 822                    | 822   | 822   | 822   | 822   | 822   | 822   |
|      | Işınım şiddeti, $I_s$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 81.52                  | 81.52 | 81.52 | 81.52 | 81.52 | 81.52 | 81.52 |
|      | Açıklık alanı, $A_o$ (m <sup>2</sup> )               | 34.43                  | 3.75  | 7.50  | 15.00 | 22.50 | 8.89  | 11.93 |
| 5    | Azaltım faktörü, $R_f$                               | 0.49                   | 1.00  | 0.86  | 0.65  | 0.60  | 0.55  | 0.51  |
| 6    | Yayılan ısı, $I_E$ (kW/m <sup>2</sup> )              | 39.94                  | 81.52 | 70.11 | 52.99 | 48.91 | 44.84 | 41.58 |
| 7    | Kritik ısı, $I_{CR}$ (kW/m <sup>2</sup> )            | 12.50                  | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 12.50 |
| 8    | Şekil faktörü, $\phi$                                | 0.313                  | 0.153 | 0.178 | 0.236 | 0.256 | 0.279 | 0.301 |
| 9    | Yansıma mesafesi, P (m)                              | 2.00                   | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  |
|      | Şekil 4.7' den alınan değer, C                       | 0.74                   | 1.09  | 0.98  | 0.87  | 0.82  | 0.78  | 0.73  |
|      | Isınım mesafesi, R (m)                               | 6.20                   | 2.11  | 2.89  | 4.19  | 5.03  | 3.14  | 3.52  |
|      | Ayrım mesafesi, S (m)                                | 8.20                   | 4.11  | 4.89  | 6.19  | 7.03  | 5.14  | 5.52  |
|      | Sınır mesafesi, B (m)                                | 4.10                   | 2.06  | 2.45  | 3.10  | 3.52  | 2.57  | 2.76  |

Elde edilen sonuçlara göre minimum sınır mesafe değeri, Dikdörtgen 1'e göre yapılan hesaplarda bulunan **4.10 m.** değeridir. Dikdörtgen 1, cephe üzerindeki tüm açıklıkları kapsaması nedeniyle oluşabilecek yangın tehlikesinde en güvenli sonucu verecek sınır mesafe değerini oluşturmaktadır.

- Dikdörtgene alma (enclosing rectangles) metoduna göre çözüm:

Diğer metotlarda kullanıldığı haliyle, yedi kapsayan dikdörtgen bu çalışma içerisinde Yangın Araştırma İstasyonu (Fire Research Station) verilerinde yer aldığı gibi

boyutlandırılarak hesap yapılmıştır. Binanın konut grubunda olması nedeniyle düzenlenen tablolarda “düşük” risk grubu içinde yer almaktadır. Dikdörtgene alma metoduna göre yapılan hesaplar ve elde edilen değerler aşağıda tablo 5.9’ da özetlenmiştir.

Tablo 5.9 Dikdörtgene alma (Enclosing rectangles) metoduna göre sınır mesafeleri

| Adım | Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |       |       |       |       |       |       |
|------|------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |                                                      | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| 3    | Genişlik, W (m)                                      | 6.00                   | 3.00  | 6.00  | 6.00  | 6.00  | 6.00  | 6.00  |
|      | Yükseklik, H (m)                                     | 12.00                  | 3.00  | 3.00  | 6.00  | 9.00  | 3.00  | 6.00  |
|      | Korunmamış alan, $A_v$ (m <sup>2</sup> )             | 34.43                  | 3.75  | 7.50  | 15.00 | 22.50 | 8.89  | 11.93 |
|      | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 72                     | 9     | 18    | 36    | 54    | 18    | 36    |
|      | Korunmamış yüzde                                     | 47.82                  | 41.67 | 41.67 | 41.67 | 41.67 | 49.39 | 33.14 |
| 4    | Sınır mesafesi, B (m)                                | 3.39                   | 1.08  | 1.58  | 2.08  | 2.58  | 1.97  | 1.66  |

İncelemeden elde edilen değerler içerisinde sınır mesafe değeri olarak **3.39 m.** istenilen sonucu vermektedir. Yine benzer şekilde bu değer, tüm cephedeki korunmamış alanları kapsayan Dikdörtgen 1’ e göre yapılan hesaplamalardan bulunmuştur.

- NFPA 80A metoduna göre çözüm:

Önceki yöntemlerde de kullanılan dikdörtgenlere ilave olarak, tüm cephenin bir ısıtım kaynağı olarak düşünülmesinden dolayı, hesaplamalara bir sütun daha ilave edilmiştir. Binanın konut grubunda yer alması nedeniyle yangın sınıfı “düşük” olarak seçilmiş, yangına dayanıklı olmadığı düşünülen pencere ve duvar kaplamaları nedeniyle de tüm cephe %100 açıklık olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalarda etki eden kritik ısıtım seviyesi olarak 12.5 kW/m<sup>2</sup> değeri alınmıştır. Tablo 5.10’ da hesaplara ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 5.10 NFPA 80A'ya göre güvenli sınır mesafeleri

| Özellik                                                       | Kapsayan dikdörtgenler |      |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------------------------------------|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                               | 1                      | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
| Yangının genişliği, W (m)                                     | 5.80                   | 2.50 | 5.80  | 5.80  | 5.80  | 5.80  | 5.80  | 6.50  |
| Yangının yüksekliği, H (m)                                    | 12.10                  | 1.50 | 1.50  | 4.00  | 6.50  | 2.80  | 4.00  | 12.40 |
| Açıklıkların alanı, A <sub>V</sub> (m <sup>2</sup> )          | 34.43                  | 3.75 | 7.50  | 15.00 | 22.50 | 8.89  | 11.93 | 34.43 |
| Kapsayan dikdörtgenin alanı, A <sub>E</sub> (m <sup>2</sup> ) | 70.18                  | 3.75 | 8.70  | 23.20 | 37.70 | 16.24 | 23.20 | 80.6  |
| Açıklık yüzdesi                                               | 49.06                  | 100  | 86.21 | 64.66 | 59.68 | 54.74 | 51.42 | 42.72 |
| Genişlik-yükseklik oranı, W/H                                 | 2.09                   | 1.67 | 3.87  | 1.45  | 1.12  | 2.07  | 1.45  | 1.91  |
| W veya H'nin en küçük boyutu, L (m)                           | 5.80                   | 1.50 | 1.50  | 4.00  | 5.80  | 2.80  | 4.00  | 6.50  |
| Rehber numara, G                                              | 1.22                   | 1.77 | 2.26  | 1.26  | 1.07  | 1.32  | 1.08  | 1.06  |
| Ayırım mesafesi, S (m)                                        | 8.60                   | 4.18 | 4.91  | 6.56  | 7.73  | 5.22  | 5.84  | 8.41  |
| Sınır mesafesi, B (m)                                         | 4.30                   | 2.09 | 2.46  | 3.28  | 3.87  | 2.61  | 2.92  | 4.21  |

Tablodaki değerler içerisinde, minimum güvenli sınır değeri **4.30 m.** olarak okunmaktadır. Bu değer, cephe üzerindeki tüm korunmamış alanları kapsayan Dikdörtgen 1' e ait verilerden elde edilmiştir. Yangın şiddetinin artması, hesaplanan sürenin de artması anlamına gelir. Karşılaştırmalarda kolaylık olması açısından yangın şiddeti uygulamalarda aynı alınmıştır.

- Yeni hesap modeline göre çözüm:

Uygulamaya esas binanın cephesinde çıkma ve/veya niş bulunmadığı için yine referans düzlemi cepheyle çakışacak ve cepheye paralel olarak alınmıştır. Bina dış çevre sıcaklığı yine bir önceki bina için yapılan uygulamada olduğu gibi 20 °C kabul edilmiştir. Tablo 5.11, elde edilen sonuçları göstermektedir.

Tablo 5.11 Yeni hesap modeline göre güvenli sınır mesafeleri

| Adım | Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |       |       |       |       |       |       |
|------|------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |                                                      | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| 1    | Genişlik (m)                                         | 5.80                   | 2.50  | 5.80  | 5.80  | 5.80  | 5.80  | 5.80  |
|      | Yükseklik (m)                                        | 12.10                  | 1.50  | 1.50  | 4.00  | 6.50  | 2.80  | 4.00  |
| 2    | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 70.18                  | 3.75  | 8.70  | 23.20 | 37.70 | 16.24 | 23.20 |
| 3    | Cephe oranı, AR                                      | 0.480                  | 0.600 | 0.260 | 0.690 | 1.120 | 0.480 | 0.690 |
| 4    | Yangın sıcaklığı, T (°C)                             | 842                    | 842   | 842   | 842   | 842   | 842   | 842   |
|      | Işınım şiddeti, $I_s$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 87.64                  | 87.64 | 87.64 | 87.64 | 87.64 | 87.64 | 87.64 |
|      | Açıklık alanı, $A_o$ (m <sup>2</sup> )               | 34.43                  | 3.75  | 7.50  | 15.00 | 22.50 | 8.89  | 11.93 |
| 5    | Azaltım faktörü, $R_f$                               | 0.49                   | 1.00  | 0.86  | 0.65  | 0.60  | 0.55  | 0.51  |
| 6    | Yayılan ısınım, $I_E$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 42.94                  | 87.64 | 75.37 | 56.97 | 52.58 | 48.20 | 47.70 |
| 7    | Kritik ısınım miktarı, $I_{CR}$ (kW/m <sup>2</sup> ) | 12.5                   | 12.5  | 12.5  | 12.5  | 12.5  | 12.5  | 12.5  |
| 8    | Şekil faktörü, $\phi$                                | 0.291                  | 0.143 | 0.166 | 0.219 | 0.238 | 0.259 | 0.262 |
| 9    | Yansıma mesafesi, P (m)                              | 2.00                   | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  |
|      | Şekil 4.7' den alınan değer, C                       | 0.76                   | 1.11  | 1.04  | 0.91  | 0.72  | 0.81  | 0.80  |
|      | Işınım mesafesi, R (m)                               | 6.37                   | 2.15  | 3.07  | 4.38  | 4.42  | 3.26  | 3.85  |
|      | Ayırım mesafesi, S (m)                               | 8.37                   | 4.15  | 5.07  | 6.38  | 6.42  | 5.26  | 5.85  |
|      | Sınır mesafesi, B (m)                                | 4.19                   | 2.08  | 2.54  | 3.19  | 3.21  | 2.63  | 2.93  |

Tablodaki sonuçlara göre güvenli sınır mesafesi değeri, Dikdörtgen 1' e ait hesaplamalardan elde edilen **4.19 m.** değeridir.

Çeşitli hesap metodlarına göre yapılan hesaplardan elde edilen değerler, aşağıda tablo 5.12' de özetlenmiştir.

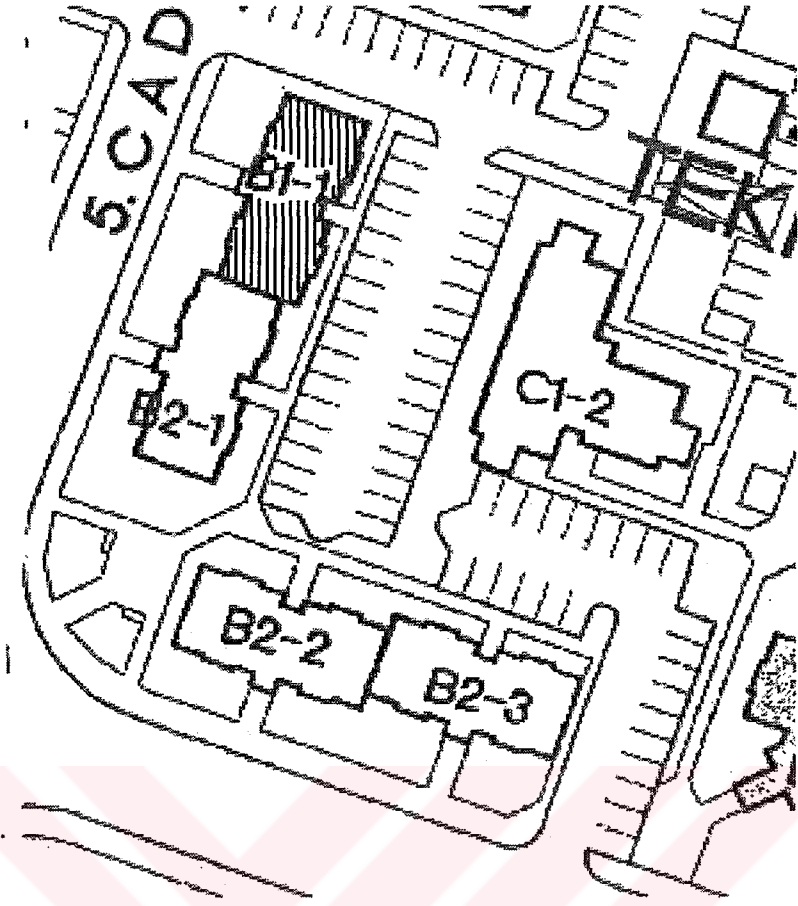
Tablo 5.12 Çeşitli hesaplama metotlarına göre ele alınan kargir cepheli eski bir konut örneği için elde edilmiş güvenli sınır mesafe değerleri

| Ele alınan hesaplama metodu             | Güvenli sınır mesafesi, B (m) |
|-----------------------------------------|-------------------------------|
| Barnett                                 | 3.10                          |
| McGuire                                 | 8.01                          |
| Collier                                 | 4.10                          |
| Dikdörtgene alma (enclosing rectangles) | 3.39                          |
| NFPA 80 A                               | 4.30                          |
| Yeni model                              | 4.19                          |

### 5.2.2. Uygulama Çalışması 2: Kargir Cepheli Modern Konut Binasının İncelenmesi

İnceleme konusu olarak ele alınan konut modeli (B1-1 Blok), daha önceki incelenen yerleşim dokusundan ve mimari üsluptan farklı bir yerleşim dokusu içerisinde yer alan Ataşehir örneğinden seçilmiştir. Seçilen yapı adası ve üzerinde yer alan yapı bloklarına ait vaziyet planı, şekil 5.18’ de yer almaktadır.

Ataşehir örneğinin seçilmesindeki en önemli etken, son yıllarda toplu konut ve modern şehircilik anlayışına göre tasarlanmış uygulamalardan birisi olmasıdır. Gerek mimari planlama ilkeleri, gerekse yapım teknolojisi ve kullanılan yapı malzemeleri açısından çağdaş bir uygulama anlayışını yansıtmaktadır. Bu nedenle, inceleme için seçilen modern konut tipinin özellikle İstanbul’ un eski yerleşimlerinde rastlanan dar sokak dokusunun her iki tarafına yerleştirilmiş ve genellikle ahşap malzemenin kullanıldığı ve yüksek yangın riski oluşturan yerleşim birimleriyle karşılaştırılabilir olması amaçlanmıştır; karşılaştırma için uygulamanın ilk etabında Zeyrek bölgesine ait iki konut modelinde yangının oluşturabileceği ısınım ve buna bağlı olarak gerekli minimum sınır mesafe değerleri belirlenmiştir.

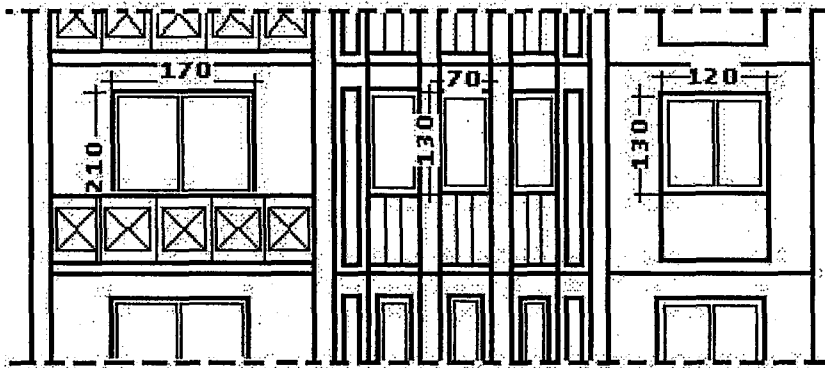


Şekil 5.18 Ataşehir, 1. Etap, Tekfen 48 Ada Vaziyet Planı (Tekfen İnş. ve Tes. A.Ş., 1989)

İncelenen konut tipi, Z+7 kattan oluşan B.A. iskeletli, her katta iki dairesi bulunan bir konut modelidir. Zemin ve zeminin üzerindeki ilk kattan sonra planda salonun bulunduğu bölüm ve yatak odasının bulunduğu bölümde çıkmalar oluşturulmuş, yatak odası bölümüne bir balkon ilave edilmiştir. Zemin kata göre maksimum çıkmanın genişliği 1.5 m' dir ve inceleme normal katta yer alan dairelerden birisi için yapılmıştır (Şekil 5.19). Dış duvarların ve döşemelerin yeterli yangın dayanımına sahip olduğu ancak pencere ve kapılarda özel önlem alınmadığı için yangına dayanıklı olmadığı düşünülmüştür. Cephede üç tek kanatlı pencere (0.70x1.30 m.), bir çift kanatlı pencere (1.20x1.30 m.) ve bir çift kanatlı kapı boşluğu (1.70x2.10 m.) bulunmaktadır. Döşeme plaklarının yangına 90 dk. dayanıklı olduğu kabul edilmiş ve her kat bir yangın kompartmanı olarak ele alınmıştır. Binanın çatısında, döşeme plağının üzerinde yanıcı ahşap konstrüksiyon üzerine kiremit kaplama malzemesi kullanılmıştır. İncelenen kargir cepheli modern konut binasına ait cephe çalışması, Şekil 5.20' de yer almaktadır.



Şekil 5.19 Güvenli sınır mesafe belirlenmesi için incelenen kargir cepheli modern bina örneği (Tekfen İnş. ve Tes. A.Ş., 1989)



Şekil 5.20 İncelemesi yapılan modern bina örneğinin uygulama için seçilen normal kat cephesi (Tekfen İnş. ve Tes. A.Ş., 1989)

Ele alınan bina, giriş cephesinin sol tarafından başka bir bina (Şekil 5.18, B2-1 blok) ile bitişik olarak inşa edilmiştir. Giriş cephesinin baktığı tarafta geniş bir otopark

arazisi, girişe paralel arka cephe tarafında ise yapı adalarını ayıran yol bulunmaktadır. Binanın giriş cephesi tarafında, karşısına yerleştirilen diğer bina (Şekil 5.18, C1-2) ile arasında yaklaşık 21 m. mesafe bulunmaktadır. Binalar arasındaki bu mesafenin yeterli olup olmayacağının tartışılabilmesi için yangının, incelenen binanın (Şekil 5.18, B1-1) diğer binaya (Şekil 5.18, C1-2) bakan mekanlarında meydana geldiği ve bu taraftaki cepheyi etkilediği düşünülmüştür. Hesaplamalarda ilgili sınırın, her iki bina arasındaki mesafenin yarısından geçtiği düşünülmüştür. Bu nedenle uygulamada, bu sınırın her iki tarafına eşit uzaklıkta yerleştirilmiş, birbirinin aynı iki bina (B1-1) mevcutmuş gibi kabul edilmiştir (ayna imajı).

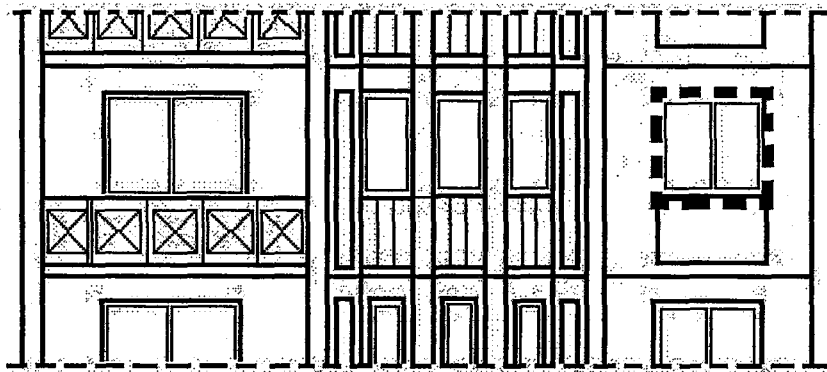
Yangının 30 dk. süre ile etkili olduğu düşünülmüş ve buna göre meydana gelebilecek bir yangının meydana getirebileceği sıcaklığın, ISO 834 zaman-sıcaklık eğrisinden elde edilen formüle göre 842 °C, bu sıcaklığa bağlı olarak oluşacak ışıınım miktarı da 87 kW/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Kritik ışıınım değeri, 12.5 kW/m<sup>2</sup> olarak alınmıştır.

Kargir cepheli modern konut binası için güvenli sınır mesafe değeri hesapları:

İncelemeye esas alınan bina modeli, başka bir blokla bitişik olarak yerleştirilmiş ve çevresinde otopark ve yeşil alan düzenlemeleri bulunan bir yapı adası içerisinde. Hesaplamalar, 4. Bölüm' de yer alan inceleme metotlarına göre yapılmıştır. Bu metotlara göre yapılan hesaplamalar, aşağıda tablolar halinde özetlenerek karşılaştırılabilir hale getirilmiştir. Metotların uygulaması, binanın bir normal katında yer alan tek bir daire için yapılmıştır.

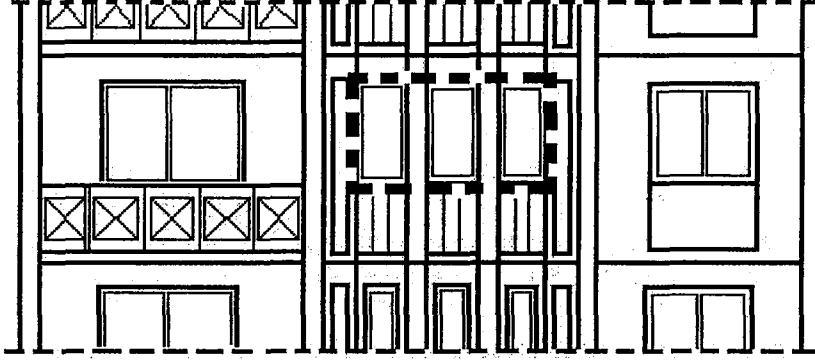
Hesaplama metotlarında da kullanılan dikdörtgenler, şu şekilde oluşturulmuştur;

Dikdörtgen 1: Salonun yemek bölümü duvarında yer alan pencereyi kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.21)



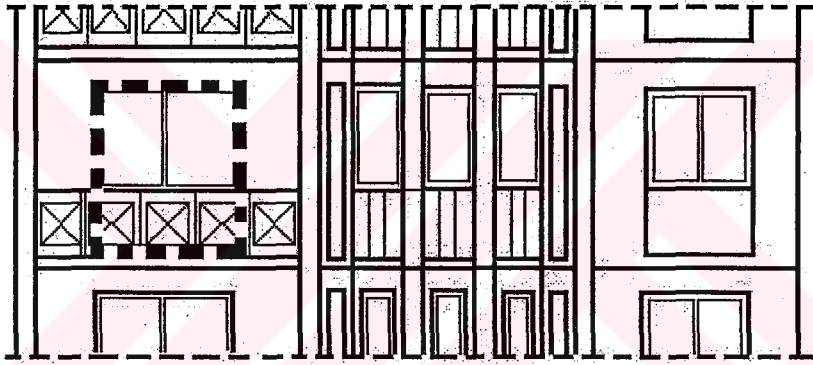
Şekil 5.21 Salonun yemek bölümü duvarında yer alan pencereyi kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 2: Salonun oturma bölümündeki pencereyi kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.22)



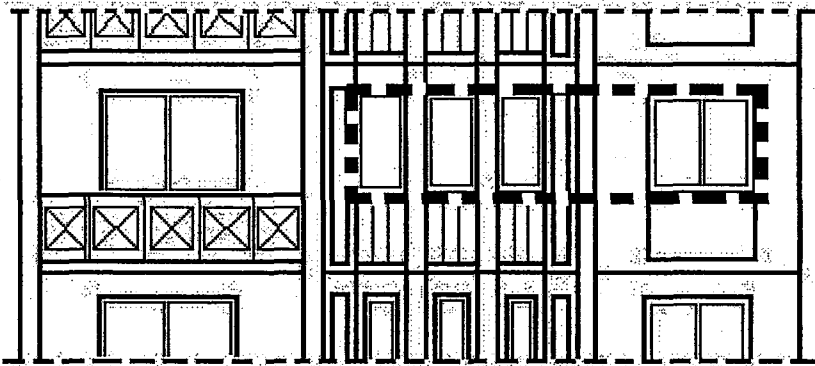
Şekil 5.22 Salonun oturma bölümündeki pencereyi kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 3: Yatak odası duvarındaki çift kanatlı kapıyı kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.23)



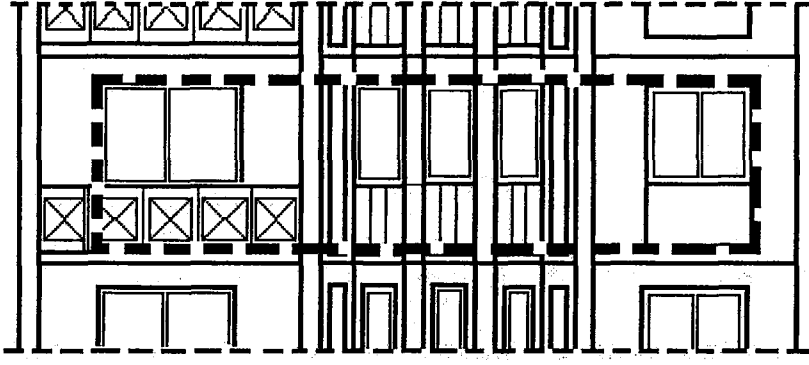
Şekil 5.23 Yatak odası duvarındaki çift kanatlı kapıyı kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 4: Salon pencerelerini kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.24)



Şekil 5.24 Salon pencerelerini kapsayan dikdörtgen

Dikdörtgen 5: Dairenin ön cephesindeki tüm pencereleri ve kapıyı kapsayan dikdörtgen (Şekil 5.25)



Şekil 5.25 Dairenin ön cephesindeki tüm pencereleri ve kapıyı kapsayan dikdörtgen

- C. R. Barnett metoduna göre çözüm:

Metodun ilk adımında yangın nedeniyle oluşabilecek sıcaklık değeri ISO 834 zaman-sıcaklık eğrisinden elde edilen formüle göre hesaplandığında şu sonuç elde edilir:

$$T_2 = 345 \log_{10}(8xt_m + 1) + T_1 \quad (4.12)$$

$$T_2(30) = 345 \log_{10}(8 \times 30 + 1) + 20 = 842 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bu sıcaklığa bağlı olarak yangının meydana getirebileceği ışıınım şiddeti miktarı şu şekilde hesaplanır;

$$I_{EC} = \epsilon \sigma (T_2^4 - T_1^4) \quad (4.11)$$

$$I_{EC} = 1 \times 56.7 \times 10^{-12} ((842 + 273)^4 - (273 + 20)^4)$$

$$I_{EC} = 87.15 \text{ kW/m}^2$$

Güvenli sınır mesafesinin belirlenebilmesi için hesaplamalarda 5 dikdörtgen kullanılmıştır. Dikdörtgenlere göre yapılan hesap sonucunda güvenli sınır mesafe değeri olarak en uzak mesafe değeri seçilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan şekil faktörleri (configuration factors), eşitlik 4.9' dan bulunmuştur.

$$\phi = \frac{A_E I_{RC}}{A_V I_{EC}} \quad (4.9)$$

Yanmakta olan binanın oluturduğu ışıınının, binanın karşısında yer alan diğer binayı tutuşturmaması için bulunması gereken ışıınım mesafesi, eşitlik 2.10' dan elde edilmiştir. Hesaplamalara ait sonuçlar, aşağıda tablo 5.13' de yer almaktadır.

Tablo 5.13 Barnett metoduna göre güvenli sınır mesafeleri

| Özellikler                                           | Kapsayan dikdörtgenler |       |       |       |       |
|------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                                      | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Genişlik (m)                                         | 1.20                   | 2.40  | 1.70  | 5.00  | 8.20  |
| Yükseklik (m)                                        | 1.30                   | 1.30  | 2.10  | 1.30  | 2.10  |
| Açıklık alanı, $A_v$ (m <sup>2</sup> )               | 1.56                   | 3.12  | 3.57  | 4.68  | 8.25  |
| Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 1.56                   | 3.12  | 3.57  | 6.50  | 17.22 |
| Şekil faktörü, $\phi$                                | 0.143                  | 0.143 | 0.143 | 0.199 | 0.298 |
| Işınım mesafesi, R (m)                               | 0.12                   | 0.10  | 0.21  | 0.14  | 0.33  |
| Alev uzantısı, P (m)                                 | 2.00                   | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  |
| Sınır mesafesi, B (m)                                | 1.06                   | 1.05  | 1.11  | 1.07  | 1.17  |

Güvenli sınır mesafe değeri, cephedeki tüm korunmamış alanları içine alan Dikdörtgen 5' in hesaplamalarından elde edilen 1.17 m.' lik değerdir. Yani dairenin tamamının yanmakta olduğu durumda tüm pencere ve kapı açıklıkları bir ışınlm kaynağı olarak düşünülürse, cepheden 1.17 m. uzaklıktaki mesafe, güvenli sınır değerini oluşturur.

- J.H. McGuire metoduna göre çözüm:

McGuire metoduna göre daha önce de yapılan çalışmalarda, metodun uygulama başarısı için cephe üzerinde yer alan açıklıkların dağılımının üniform olması gereğinden bahsedilmişti (Bölüm 4.6). Cephe üzerinde yer alan açıklıklar yeterince üniform dağılmamakla birlikte, metodun uygulaması yapılmış ve karşılaştırmada kullanılmıştır. Metodun uygulama adımları şunlardan oluşmaktadır;

Adım 1: Yangın kompartmanına ait yükseklik ve genişlik değerlerinin belirlenmesi;

$$H = 3.00 \text{ m.}$$

$$W = 9.8 \text{ m.}$$

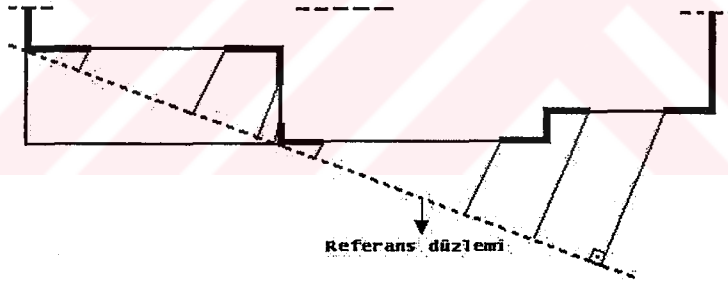
Adım 2: Cephe üzerindeki açıklık oranının bulunması

$$A_v/A_E \times 100 = \frac{1.2 \times 1.3 + 2.4 \times 1.3 + 1.7 \times 2.1}{3.0 \times 9.8} \times 100 = \%28$$

Adım 3: Hesaplamalarda, bina iç yüzeylerinde yanıcı olmayan kaplama malzemesi kullanıldığı ve konut türünde bir bina olduğu için yangın şiddeti bakımında “düşük” şiddete sahip olduğu dikkate alınarak, McGuire tarafından düzenlenmiş tablolardan “normal” risk içeren tablolar kullanılmış ve buna göre enterpolasyon yapılarak binalar arası ışıyım yayılma mesafesi değeri 6.11 m. bulunmuştur. Buna göre oluşturulacak güvenli sınır mesafesi değeri ise **3.06 m.**’ dir. Bulunan sınır mesafe değerine, 1.52 m. alev erişim mesafesi değeri de dahildir. Tablolar, 3 m. minimum değeri sınır alınarak başladığı için, yükseklik yaklaşık bu değere göre belirlenmiştir.

- Peter Collier metoduna göre çözüm:

Collier’ in metodunda, cephe üzerindeki korunmamış alanlar bir referans düzlemine yansıtılıp sınır mesafeleri de buraya göre belirlendiği için, çalışmanın 4.3 bölümünde belirtildiği biçimde, referans düzlemi çıkmanın köşelerine degecek şekilde alınmış ve hesaplar buna göre yapılmıştır (Şekil 5.26). Cephe üzerindeki tüm korunmamış alanlar referans düzlemine yansıtılmış ve tümü için ayrı hesaplar yapılarak tablo 5.14’ de 6 nolu sütunda gösterilmiştir. Düzlem, cephe ile 22 °lik açı yapmaktadır.



Şekil 5.26 Collier metoduna göre referans düzleminin belirlenmesi

Tablo 5.14 Collier metoduna göre güvenli sınır mesafeleri

| Adım | Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |       |       |       |       |       |
|------|------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |                                                      | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 1    | Genişlik (m)                                         | 1.20                   | 2.40  | 1.70  | 5.00  | 8.20  | 7.90  |
|      | Yükseklik (m)                                        | 1.30                   | 1.30  | 2.10  | 1.30  | 2.10  | 2.10  |
| 2    | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 1.56                   | 3.12  | 3.57  | 6.5   | 17.22 | 16.59 |
| 3    | Cephe oranı, AR                                      | 0.923                  | 0.540 | 1.240 | 0.260 | 0.260 | 0.270 |
| 4    | Yangın sıcaklığı, T (°C)                             | 822                    | 822   | 822   | 822   | 822   | 822   |
|      | Işınım şiddeti, $I_r$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 81.52                  | 81.52 | 81.52 | 81.52 | 81.52 | 81.52 |
|      | Açıklık alanı, $A_o$ (m <sup>2</sup> )               | 1.56                   | 3.12  | 3.57  | 4.68  | 4.70  | 8.13  |
| 5    | Azaltım faktörü, $R_r$                               | 1.00                   | 1.00  | 1.00  | 0.72  | 0.27  | 0.49  |
| 6    | Yayılan ısı, $I_E$ (kW/m <sup>2</sup> )              | 81.52                  | 81.52 | 81.52 | 58.69 | 22.01 | 39.94 |
| 7    | Kritik ısı, $I_{CR}$ (kW/m <sup>2</sup> )            | 12.5                   | 12.5  | 12.5  | 12.5  | 12.5  | 12.5  |
| 8    | Şekil faktörü, $\phi$                                | 0.153                  | 0.153 | 0.153 | 0.213 | 0.568 | 0.313 |
| 9    | Yansıma mesafesi, P (m)                              | 2.00                   | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  |
|      | Şekil 4.7' den alınan değer, C                       | 1.09                   | 1.09  | 1.09  | 0.94  | 0.44  | 0.74  |
|      | Işınım mesafesi, R (m)                               | 1.36                   | 1.93  | 2.06  | 2.40  | 1.83  | 3.01  |
|      | Ayrım mesafesi, S (m)                                | 3.36                   | 3.93  | 4.06  | 4.40  | 3.83  | 5.01  |
|      | Sınır mesafesi, B (m)                                | 1.68                   | 1.97  | 2.03  | 2.20  | 1.92  | 2.51  |

Tablodan güvenli sınır mesafe değeri olarak kullanabileceğimiz değer **2.51 m.**' dir. Bu değer, nişle birlikte tüm daireye ait korunmamış alanların içinde yer aldığı Dikdörtgen 6' ya ait hesaplardan elde edilmiştir.

- Dikdörtgene alma (enclosing rectangles) metoduna göre çözüm:

Fire Research Station (Yangın Araştırma İstasyonu) verilerine göre hazırlanan tablolardan faydalanılarak daha önceki hesap metodlarında da kullanılan dikdörtgenlere göre yapılan hesaplamalar, aşağıda tablo 5.15' de özetlenmiştir. İnceleme, binanın normal katlarından birine göre yapıldığından dolayı, kat planındaki çıkma mesafesinin 1.5 m.' den büyük olmaması nedeniyle, çalışmanın 4.1 bölümünde de bahsedildiği gibi, cephe düz kabul edilerek hesaplar yapılmıştır.

Tablo 5.15 Dikdörtgene alma (Enclosing rectangles) metoduna göre sınır mesafeleri

| Adım | Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |      |      |      |       |
|------|------------------------------------------------------|------------------------|------|------|------|-------|
|      |                                                      | 1                      | 2    | 3    | 4    | 5     |
| 3    | Genişlik, W (m)                                      | 3.00                   | 3.00 | 3.00 | 6.00 | 9.00  |
|      | Yükseklik, H (m)                                     | 3.00                   | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00  |
|      | Korunmamış alan, $A_v$ (m <sup>2</sup> )             | 1.56                   | 3.12 | 3.57 | 4.68 | 4.70  |
|      | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 1.56                   | 3.12 | 3.57 | 6.5  | 17.22 |
|      | Korunmamış yüzde                                     | 100                    | 100  | 100  | 72   | 27.29 |
| 4    | Sınır mesafesi, B (m)                                | 2.00                   | 2.00 | 2.00 | 2.10 | 1.00  |

Tablodaki değerlere göre güvenli sınır mesafesini veren Dikdörtgen 4' e ait hesaplamalardan elde edilen **2.10 m.** lik değer en uygunudur. Dikdörtgene alma metodunda alev erişim mesafesi hesaba katılmamaktadır.

- NFPA 80A metoduna göre çözüm:

Bu metodun uygulamasında, daha önceki metotlarda kullanılan 5 dikdörtgene ilave olarak, tüm cephenin ışıyıcı olarak kabul edilmesi nedeniyle bir sütun daha oluşturularak, yangın kompartmanına ait cephe bölümü için bir hesap daha yapılmıştır. Tüm açıklıklar, %100 korunmasız alan olarak hesaba dahil edilmiştir. İncelenen bina konut olduğu için, yangın şiddeti “düşük” olarak alınmıştır. Etkiyen kritik ışıyım şiddeti 12.5 kW/m<sup>2</sup>’ dir. Yapılan hesaplamalara ait değerler aşağıda tablo 5.16’ da özetlenmiştir.

Tablo 5.16 NFPA 80A'ya göre güvenli sınır mesafeleri

| Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |      |      |      |       |       |
|------------------------------------------------------|------------------------|------|------|------|-------|-------|
|                                                      | 1                      | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     |
| Yangının genişliği, W (m)                            | 1.20                   | 2.40 | 1.70 | 5.00 | 8.20  | 3.00  |
| Yangının yüksekliği, H (m)                           | 1.30                   | 1.30 | 2.10 | 1.30 | 2.10  | 9.80  |
| Açıklıkların alanı, $A_v$ (m <sup>2</sup> )          | 1.56                   | 3.12 | 3.57 | 4.68 | 4.70  | 8.25  |
| Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 1.56                   | 3.12 | 3.57 | 6.5  | 17.22 | 29.4  |
| Açıklık yüzdesi                                      | 100                    | 100  | 100  | 72   | 27.29 | 28.06 |
| Genişlik-yükseklik oranı, W/H                        | 1.08                   | 1.85 | 1.24 | 3.85 | 3.90  | 3.27  |
| W veya H'nin en küçük boyutu, L (m)                  | 1.20                   | 1.30 | 1.70 | 1.30 | 2.10  | 3.00  |
| Rehber numara, G                                     | 1.44                   | 1.98 | 1.53 | 1.99 | 0.79  | 0.80  |
| Ayırım mesafesi, S (m)                               | 3.25                   | 4.09 | 4.12 | 4.11 | 3.18  | 3.92  |
| Sınır mesafesi, B (m)                                | 1.63                   | 2.05 | 2.06 | 2.06 | 1.59  | 1.96  |

Elde edilen değerler içerisinde güvenli sınır mesafe değerini veren sonuçlar, Dikdörtgen 3 ve 4' e ait hesaplamalardan elde edilen **2.06 m.**'lik sınır mesafe değeridir.

- Yeni Hesap Modeline Göre Çözüm:

Binanın cephesindeki 1.5 m' ye varan çıkma nedeniyle, cephe üzerindeki tüm korunmamış alanlar, cepheyle 22° lik açı yapan bir referans düzlemine yansıtılmıştır. Referans düzleminin oluşturulması çalışmanın 5.1 bölümünde bahsedildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Referans düzlemindeki korunmamış alanlara ilişkin hesaplar, tablo 5.17' nin 6. sütununda gösterilmiştir.

Tablo 5.17 Yeni hesap metoduna göre güvenli sınır mesafeleri

| Adım | Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |       |       |       |       |       |
|------|------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |                                                      | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 1    | Genişlik (m)                                         | 1.20                   | 2.40  | 1.70  | 5.00  | 8.20  | 7.90  |
|      | Yükseklik (m)                                        | 1.30                   | 1.30  | 2.10  | 1.30  | 2.10  | 2.10  |
| 2    | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 1.56                   | 3.12  | 3.57  | 6.5   | 17.22 | 16.59 |
| 3    | Cephe oranı, AR                                      | 0.923                  | 0.540 | 1.240 | 0.260 | 0.260 | 0.270 |
| 4    | Yangın sıcaklığı, T (°C)                             | 842                    | 842   | 842   | 842   | 842   | 842   |
|      | Işınım şiddeti, $I_s$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 87.64                  | 87.64 | 87.64 | 87.64 | 87.64 | 87.64 |
|      | Açıklık alanı, $A_o$ (m <sup>2</sup> )               | 1.56                   | 3.12  | 3.57  | 4.68  | 4.70  | 8.25  |
| 5    | Azaltım faktörü, $R_f$                               | 1.00                   | 1.00  | 1.00  | 0.72  | 0.27  | 0.49  |
| 6    | Yayılan ısıtım, $I_E$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 87.64                  | 87.64 | 87.64 | 63.10 | 23.66 | 42.94 |
| 7    | Kritik ısıtım miktarı, $I_{CR}$ (kW/m <sup>2</sup> ) | 12.5                   | 12.5  | 12.5  | 12.5  | 12.5  | 12.5  |
| 8    | Şekil faktörü, $\phi$                                | 0.143                  | 0.143 | 0.143 | 0.198 | 0.528 | 0.291 |
| 9    | Yansıma mesafesi, P (m)                              | 2.00                   | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  |
|      | Şekil 4.7' den alınan değer, C                       | 1.11                   | 1.11  | 1.11  | 0.96  | 0.51  | 0.76  |
|      | Işınım mesafesi, R (m)                               | 1.39                   | 1.96  | 2.10  | 2.45  | 2.12  | 3.10  |
|      | Ayırım mesafesi, S (m)                               | 3.39                   | 3.96  | 4.10  | 4.45  | 4.12  | 5.10  |
|      | Sınır mesafesi, B (m)                                | 1.70                   | 1.98  | 2.05  | 2.23  | 2.06  | 2.55  |

Hesaplama sonuçlarına bakıldığında tüm korunmamış alanların referans düzlemine yansımaya göre oluşturulan Dikdörtgen 6' dan elde edilen **2.55 m.** lik mesafe, sınır mesafe değerini oluşturmaktadır.

Çeşitli hesaplama metotlarına göre ele alınan daireye ait hesaplar ve buna ilişkin bulunan güvenli sınır mesafe değerleri, karşılaştırmalı olarak tablo 5.18' de özetlenmiştir.

Tablo 5.18 Çeşitli hesaplama metotlarına göre ele alınan kargir cepheli modern bir konut örneği için elde edilmiş güvenli sınır mesafe değerleri

| Ele alınan hesaplama metodu             | Güvenli sınır mesafesi, B (m) |
|-----------------------------------------|-------------------------------|
| Barnett                                 | 1.17                          |
| McGuire                                 | 3.06                          |
| Collier                                 | 2.51                          |
| Dikdörtgene alma (enclosing rectangles) | 2.10                          |
| NFPA 80 A                               | 2.06                          |
| Yeni model                              | 2.55                          |

### 5.2.3. İnceleme Sonuçlarının Tartışılması

Buraya dek, eski ve yeni konut modelleri incelenmiş ve bunlara ilişkin hesaplamalar günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan hesap metotları ve önerilen yeni modele göre yapılmıştır. Yangının oluşturabileceği ısınım tehlikesi ve buna bağlı olarak binalar arasındaki güvenli sınır mesafesinin belirlenmesine ilişkin yapılan alan çalışmalarından elde edilen değerler tablo 5.19’ da özetlenmiştir.

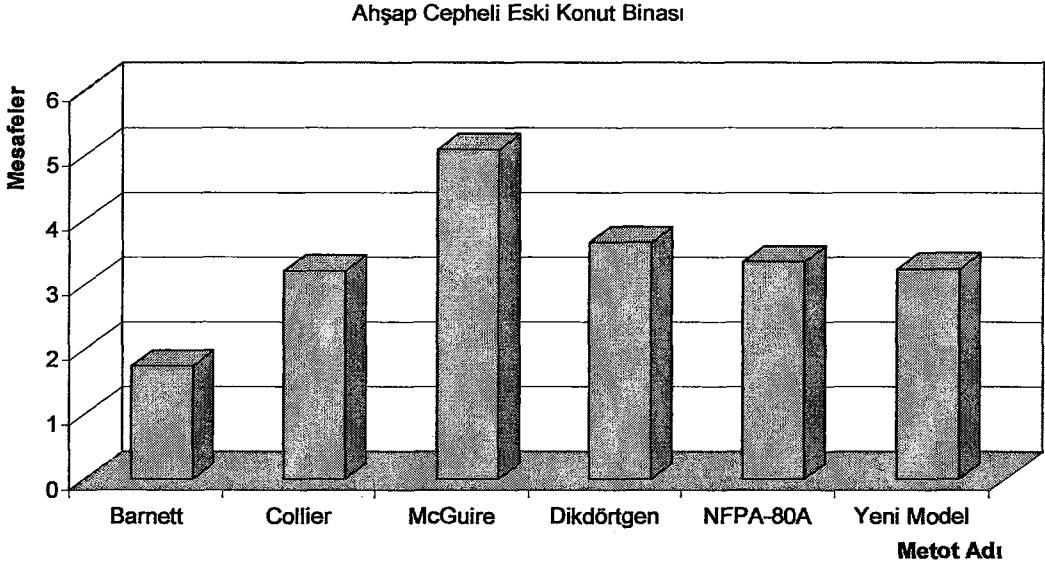
Tablo 5.19 İncelenen örnek binalar için güvenli sınır mesafe değerleri (m.)

|                                         | Ahşap cepheli eski bina için güvenli sınır mesafesi (m.) | Kargir cepheli eski bina için güvenli sınır mesafesi (m.) | Kargir cepheli modern bina için güvenli sınır mesafesi (m.) |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Barnett                                 | 1.74                                                     | 3.10                                                      | 1.17                                                        |
| McGuire                                 | 5.09                                                     | 8.01                                                      | 3.06                                                        |
| Collier                                 | 3.21                                                     | 4.10                                                      | 2.51                                                        |
| Dikdörtgene alma (enclosing rectangles) | 3.65                                                     | 3.39                                                      | 2.10                                                        |
| NFPA 80A                                | 3.35                                                     | 4.30                                                      | 2.06                                                        |
| Yeni model                              | 3.24                                                     | 4.19                                                      | 2.55                                                        |

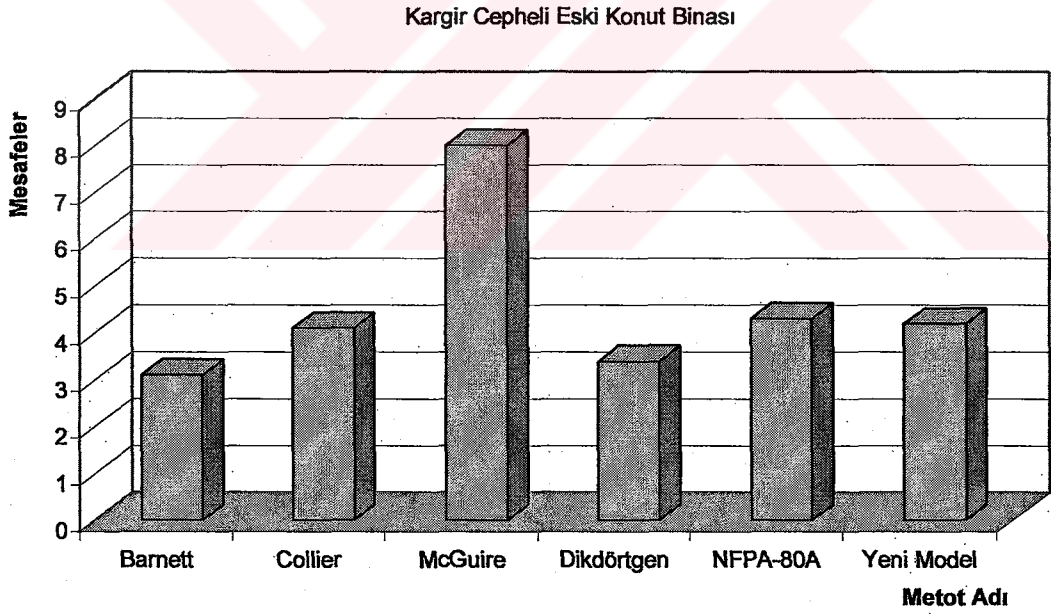
İncelenen binalara ilişkin çeşitli hesap metotlarının kullanılmasıyla elde edilen güvenli sınır mesafe değerlerine ait grafikler oluşturulmuştur. Çeşitli inceleme metotları ve bunlara ait sınır mesafe değerleri aşağıda şekil 5.27, 5.28 ve 5.29’ da görülmektedir.

Tablodaki değerler incelendiğinde, aynı uygulama için birbirinden oldukça farklı sonuçların elde edilmiş olduğu görülebilir. Değerler arasındaki bu farklılıklar,

metotların ele alınışında dikkate alınan kriterlerden ve bunlara ilişkin sayısal verilerden kaynaklanmaktadır.

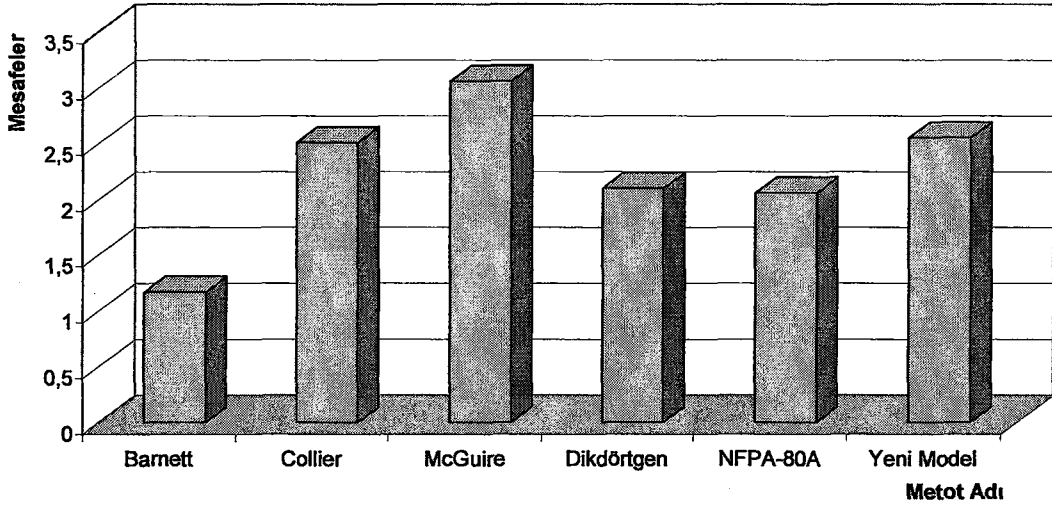


Şekil 5.27 Ahşap cepheli eski konut binası için çeşitli hesap metotlarına göre sınır mesafe değerleri



Şekil 5.28 Kargir cepheli eski konut binası için çeşitli hesap metotlarına göre sınır mesafe değerleri

Kargir Cepheli Modern Konut Binası



Şekil 5.29 Kargir cepheli modern konut binası için çeşitli hesap metotlarına göre sınır mesafe değerleri

- Ahşap cepheli eski bina örneği için sonuçların tartışılması:

Bu değerlerin içerisinde en kısa mesafe, Barnett metodu ile yapılan hesaplamalardan elde edilmiş, en yüksek değere ise McGuire' a ait hesaplama metodu ile ulaşılmıştır. McGuire' a ait metotla yüksek değer elde edilmesinin nedeni, hesaplamalarda kullanılan şekil faktörlerinin yüksek oluşundan kaynaklanmaktadır. Bina cumbalı olmasına rağmen cumbanın derinliğinin az olması nedeniyle hesaplamalarda cephe düz olarak kabul edilmiştir. Ancak Collier, McGuire ve yeni modele ait hesaplamalarda alınan sınır mesafe değeri, referans düzleminden itibaren dikkate alınmıştır. Dikdörtgene alma metodu, genel olarak pek çok metodun içerisinde uygulama safhasında yer almış, ancak Yangın Araştırma İstasyonu (Fire Research Station)' nun ortaya koyduğu hesaplama modelinde dikdörtgenlerin boyutları, hesaplamada kullanılan tablolarındaki değerlerin belirli aralıklarla artışına bağlı olarak tanımladığı alanların gerçek büyüklüğünden daha büyük olabilmektedir. Bu durum kimi zaman korunmamış açıklıkların yüzdesinin geniş dikdörtgen alanlar içerisinde düşük görünmesine neden olabilir. Fakat incelemeye esas alınan binanın cephesinde yer alan pencere ve kapı boşluklarının cephe üzerinde düzgün dağılımı ve oluşturduğu büyük boşluk oranları nedeniyle, dikdörtgen alanlar içerisinde yer alan korunmamış alanlar daha net tanımlanabilmiş, bu nedenle bu yöneme göre yapılan hesaplamalardan elde edilen sınır mesafe değerleri de NFPA 80A ve Collier' e ait metot sonuçlarına yakın olarak elde edilmiştir. Collier' in hesap metodu esas alınarak

ve bina dışı çevre sıcaklığı hesaplara dahil edilerek oluşturulan yeni modele göre yapılan hesaplamalarda ise elde edilen sınır mesafe değeri, Collier' in metodundan elde edilen değere göre küçük farklılık (0.03m.) göstermektedir. Burada hesaba dahil edilen bina dışı çevre sıcaklığının (20 °C), sınır mesafe değerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı söylenebilir. Ancak sınır mesafe değerleri açısından kritik sokak genişliklerine sahip mevcut yerleşimlerde bina dışı ortam sıcaklığına da bağlı olarak mesafe değerlerinin artması, riskin artması anlamına gelmektedir. Özellikle yangın yükü açısından burada incelenen örneklere göre daha yüksek yangın yüküne ve cephesinde daha büyük korunmamış alanlara sahip bina tiplerinde riskin daha da artacağı bundan dolayı da mesafelerin doğru belirlenmesinin daha da önem kazanacağı söylenebilir.

- Kargir cepheli eski bina örneği için sonuçların tartışılması:

Hesaplamalar sonucu elde edilen değerlerden en yüksek McGuire, en düşüğü de Barnett' e ait metotlardan bulunmuştur. Daha önceki uygulamada da olduğu gibi, McGuire' a ait değerlerin yüksek oluşu, kullanılan şekil faktörlerinden kaynaklanmaktadır. Sınır mesafeleri, McGuire, Collier ve yeni modelde referans düzlemine göre alınmaktadır. Ancak bina cephesinin düzgün olması ve herhangi bir çıkma veya niş olmaması nedeniyle, referans düzlemi cepheye paralel olarak alınmıştır. Collier ve NFPA 80A' ya ait değerler birbirine yakın olarak elde edilmiştir. Collier' in metodunda, yangın sıcaklığı ve ısıtım değerleri hesaplanırken bina dışı çevre sıcaklığı dikkate alınmamaktadır. Bu değerlere yakın olmakla birlikte dikdörtgene alma metoduna göre bulunan sınır mesafesi değerinin hesabında, alev erişim mesafesi yöntem gereği hesaba dahil edilmemiştir. Yeni modelde elde edilen sonuç, özellikle Collier' in metodu ile karşılaştırıldığında, bulunan değere yakın değerdedir. Ancak bina yüksekliğine de bağlı olarak artan korunmamış alan miktarına ve bina dışı çevre sıcaklığının da hesaplamalara eklenmesiyle, sınır mesafe değeri bir önceki bina örneğine göre artış göstermiştir. Bina dışı çevre sıcaklığının hesaplara dahil edilmesiyle sınır mesafe değerindeki artış Collier' e göre 0.09 m. binalar arasındaki mesafe ise bu değer iki katı yani 0.18 m. dir. Bu durum binalar arasındaki mesafe belirlenirken bina dışı sıcaklığının da etkili olduğunu ve hesaplamalarda dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

- Kargir cepheli modern bina örneği için sonuçların tartışılması:

Yapılan hesaplama sonuçlarına göre, yine en yüksek sınır mesafe değeri McGuire' a ait yöntemden elde edilmiştir. En düşük hesap değeri ise Barnett' e ait metodun sonucunda bulunmuştur. Değerler arasındaki farklılık, metotlarda kullanılan şekil faktörü değerlerinin farklı oluşundan kaynaklanmaktadır. Collier, metodunda yangın sıcaklığı ve ısıtım hesabında bina dışı çevre havasının sıcaklığını dikkate almamaktadır. Collier, McGuire metotlarında ve yeni modelde oluşturulan bir referans düzlemine göre korunmamış alanlar dikkate alınmaktadır. Hesaplamalar normal kattaki bir daireye göre yapıldığı için, dairenin zemin kat planına göre 1.5 m civarındaki balkon çıkması dikkate alınarak bir referans düzlemi oluşturulmuştur. Çıkma miktarının 1.5 m.' yi aşmaması nedeniyle referans düzlemi, balkon çıkmasının içinden bina köşelerine teğet olacak şekilde geçirilerek yerleştirilmiş ve korunmamış alanlar bu düzleme yansıtılarak hesaplamalar yapılmıştır. McGuire' a ait metotta korunmamış alanların cephe üzerinde düzenli yerleşmiş olması esas alınır. Cephede düzenli yerleşmiş olmayan açıklıkların bulunması halinde metodun doğruluk payı azalmaktadır. Hesaplar karşılaştırma amacıyla yapılmıştır. Dikdörtgene alma metodunda ise alev erişim mesafeleri dikkate alınmamıştır. Korunmamış alanların tablolara göre boyutlandırılması nedeniyle, oluşturulan dikdörtgen alanlar içerisinde korunmamış alan yüzdeleri daha küçük kalabilmektedir. Buna karşın Collier, dikdörtgene alma metodu, yeni model ve NFPA 80A metotlarında birbirine yakın sınır mesafe değerleri elde edilebilmiştir. Bina dışı çevre sıcaklığını dikkate almasından dolayı yeni modelde elde edilen sınır mesafe değeri, Collier' in metodundan fazladır. Bina dış sıcaklık koşullarına bağlı olarak sınır mesafe değerleri değişkenlik göstermektedir. Yeni modele ait hesaplamalardan elde edilen mesafe değerindeki artış miktarı Collier' in metoduna göre büyük miktarlarda olmamakla birlikte binalar arası mesafenin dar olduğu sokak yerleşimlerinde tutuşma açısından kritik durumlar yaşanmaması adına önemlidir. Bu durum bina dış sıcaklık değerlerinin de sınır mesafe hesaplarında dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Sıcaklık miktarındaki artışa bağlı olarak güvenli sınır mesafe değerlerinin ne ölçüde değiştiğinin incelenmesi için ayrıca hesaplamalar yapılmış ve bunlar bir tablo halinde özetlenmiştir. Hesaplamalarda, sıcaklık değerleri 0 °C' den başlayarak 20 °C farklılıkla ve 60 °C' ye dek yapılmıştır. 0° C sıcaklık değeri için yapılan hesaplamalar tablo 5.2, 20° C değeri için yapılan hesaplamalar da tablo 5.5' de yer

almaktadır. 40 °C ve 60 °C için elde edilen sınır mesafe değerleri tablo 5.20 ve 5.21’ de görülebilir.

Tablo 5.20 Yeni hesaplama modeline göre güvenli sınır mesafe değerleri  $T_{ortam}=40^{\circ}\text{C}$

| Adım | Özellik                                              | Kapsayan dikdörtgenler |       |       |       |       |       |
|------|------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |                                                      | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 1    | Genişlik-Yükseklik (m) büyük oran                    | 6,30                   | 1,80  | 3,00  | 5,40  | 4,10  | 5,40  |
|      | Genişlik-Yükseklik (m) küçük oran                    | 5,50                   | 0,80  | 1,80  | 1,80  | 1,80  | 3,00  |
| 2    | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ (m <sup>2</sup> ) | 34,65                  | 1,44  | 5,40  | 9,72  | 7,38  | 16,20 |
| 3    | Cephe oranı, AR                                      | 0,873                  | 0,444 | 0,600 | 0,333 | 0,439 | 0,556 |
| 4    | Yangın sıcaklığı, $T$ (°C)                           | 822                    | 822   | 822   | 822   | 822   | 822   |
|      | Bina dış ortam sıcaklığı (°C)                        | 40                     | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    |
|      | İşinim şiddeti, $I_s$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 94,09                  | 94,09 | 94,09 | 94,09 | 94,09 | 94,09 |
|      | Açıklık Alanı $A_o$                                  | 17,16                  | 1,44  | 4,32  | 7,20  | 5,76  | 9,96  |
| 5    | Azaltım faktörü, $R_f$                               | 0,495                  | 1,000 | 0,800 | 0,741 | 0,780 | 0,615 |
| 6    | Yayılan işinim, $I_E$ (kW/m <sup>2</sup> )           | 46,60                  | 94,09 | 75,28 | 69,70 | 73,44 | 57,85 |
| 7    | Kritik işinim miktarı, $I_{CR}$ (kW/m <sup>2</sup> ) | 12,50                  | 12,50 | 12,50 | 12,50 | 12,50 | 12,50 |
| 8    | Şekil faktörü, $\phi$                                | 0,268                  | 0,133 | 0,166 | 0,179 | 0,170 | 0,216 |
| 9    | Yansıma mesafesi, $P$ (m)                            | 2,00                   | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  |
|      | Şekil 4.7’ den alınan değer, $C$                     | 0,79                   | 1,20  | 1,04  | 0,97  | 0,98  | 0,89  |
|      | İşinim mesafesi, $R$ (m)                             | 4,65                   | 1,44  | 2,42  | 3,02  | 2,66  | 3,58  |
|      | Ayırım mesafesi, $S$ (m)                             | 6,65                   | 3,44  | 4,42  | 5,02  | 4,66  | 5,58  |
|      | Sınır mesafesi, $B$ (m)                              | 3,325                  | 1,720 | 2,208 | 2,512 | 2,331 | 2,791 |
|      | Binalar arası güvenli sınır mesafesi(m)              | 3,33                   |       |       |       |       |       |

Tablo 5.21 Yeni hesaplama modeline göre güvenli sınır mesafe değerleri  $T_{ortam}=60^{\circ}\text{C}$

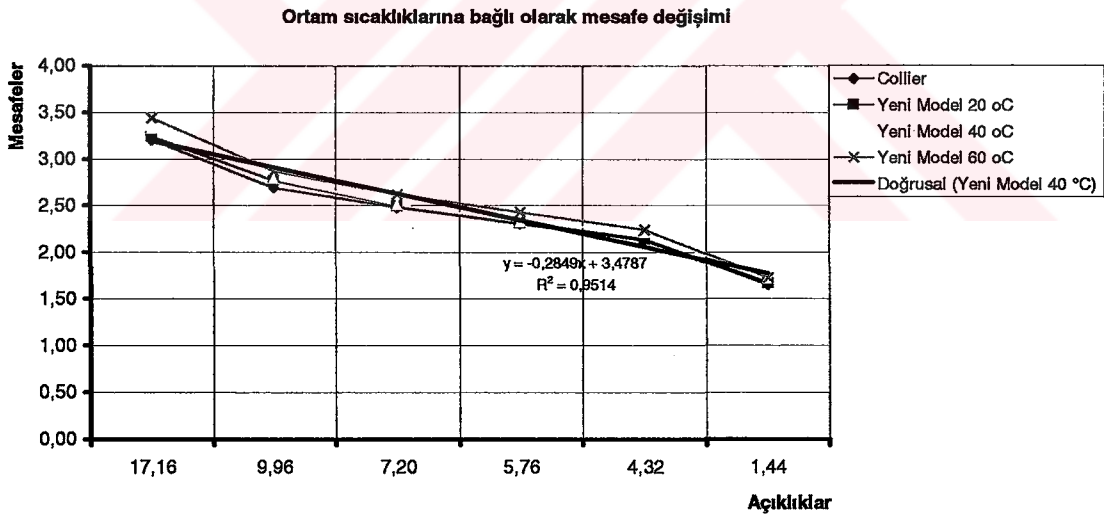
| Adım | Özellik                                                    | Kapsayan dikdörtgenler |        |        |        |        |        |
|------|------------------------------------------------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|      |                                                            | 1                      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| 1    | Genişlik-Yükseklik (m) büyük oran                          | 6,30                   | 1,80   | 3,00   | 5,40   | 4,10   | 5,40   |
|      | Genişlik-Yükseklik (m) küçük oran                          | 5,50                   | 0,80   | 1,80   | 1,80   | 1,80   | 3,00   |
| 2    | Kapsayan dikdörtgenin alanı, $A_E$ ( $\text{m}^2$ )        | 34,65                  | 1,44   | 5,40   | 9,72   | 7,38   | 16,20  |
| 3    | Cephe oranı, AR                                            | 0,873                  | 0,444  | 0,600  | 0,333  | 0,439  | 0,556  |
| 4    | Yangın sıcaklığı, $T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )               | 822                    | 822    | 822    | 822    | 822    | 822    |
|      | Bina dış ortam sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )            | 60                     | 60     | 60     | 60     | 60     | 60     |
|      | Işınım şiddeti, $I_s$ ( $\text{kW}/\text{m}^2$ )           | 100,90                 | 100,90 | 100,90 | 100,90 | 100,90 | 100,90 |
|      | Açıklık Alanı $A_o$                                        | 17,16                  | 1,44   | 4,32   | 7,20   | 5,76   | 9,96   |
| 5    | Azaltım faktörü, $R_f$                                     | 0,495                  | 1,000  | 0,800  | 0,741  | 0,780  | 0,615  |
| 6    | Yayılan ısıtım, $I_E$ ( $\text{kW}/\text{m}^2$ )           | 49,97                  | 100,90 | 80,72  | 74,74  | 78,75  | 62,04  |
| 7    | Kritik ısıtım miktarı, $I_{CR}$ ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) | 12,50                  | 12,50  | 12,50  | 12,50  | 12,50  | 12,50  |
| 8    | Şekil faktörü, $\phi$                                      | 0,250                  | 0,124  | 0,155  | 0,167  | 0,159  | 0,201  |
| 9    | Yansıma mesafesi, $P$ (m)                                  | 2,00                   | 2,00   | 2,00   | 2,00   | 2,00   | 2,00   |
|      | Şekil 4.7' den alınan değer, C                             | 0,83                   | 1,22   | 1,07   | 1,04   | 1,05   | 0,93   |
|      | Işınım mesafesi, $R$ (m)                                   | 4,89                   | 1,46   | 2,49   | 3,24   | 2,85   | 3,74   |
|      | Ayırım mesafesi, $S$ (m)                                   | 6,89                   | 3,46   | 4,49   | 5,24   | 4,85   | 5,74   |
|      | Sınır mesafesi, $B$ (m)                                    | 3,443                  | 1,732  | 2,243  | 2,621  | 2,426  | 2,872  |
|      | Binalar arası güvenli sınır mesafesi(m)                    | 3,44                   |        |        |        |        |        |

Değişen sıcaklık değerlerine göre elde edilen sonuçlar tablo 5.22' de yer almaktadır.

Tablo 5.22 Çeşitli bina dışı çevre sıcaklığı değerleri için güvenli sınır mesafesi değerleri

| Sıcaklık değerleri | Sınır mesafeleri |
|--------------------|------------------|
| 0                  | 3.21             |
| 20                 | 3.24             |
| 40                 | 3.33             |
| 60                 | 3.44             |

Değişen sıcaklık değerlerine göre sınır mesafe değerlerindeki artış, tablodan da görülebileceği gibi, sıcaklığın 0 °C' den 60 °C' ye değişmesi durumunda 0.23 m'lik bir fark oluşturabilmektedir. Sınır mesafe değerindeki bu artış miktarı, binaların arsa sınırına oturduğu ve yola paralel olarak yerleştiği sokak dokularında binalar arası mesafeye iki katı olarak, yani 0.46 m' lik bir artışla yansıyacaktır. Dış iklimsel koşullar açısından sıcaklığın yüksek olduğu iklim bölgelerinde yangın açısından daha büyük ayırım mesafelerinin bırakılmasını gerektirecektir. Tablodan elde edilen sonuçlar şekil 5.30' da grafik olarak gösterilmiştir.



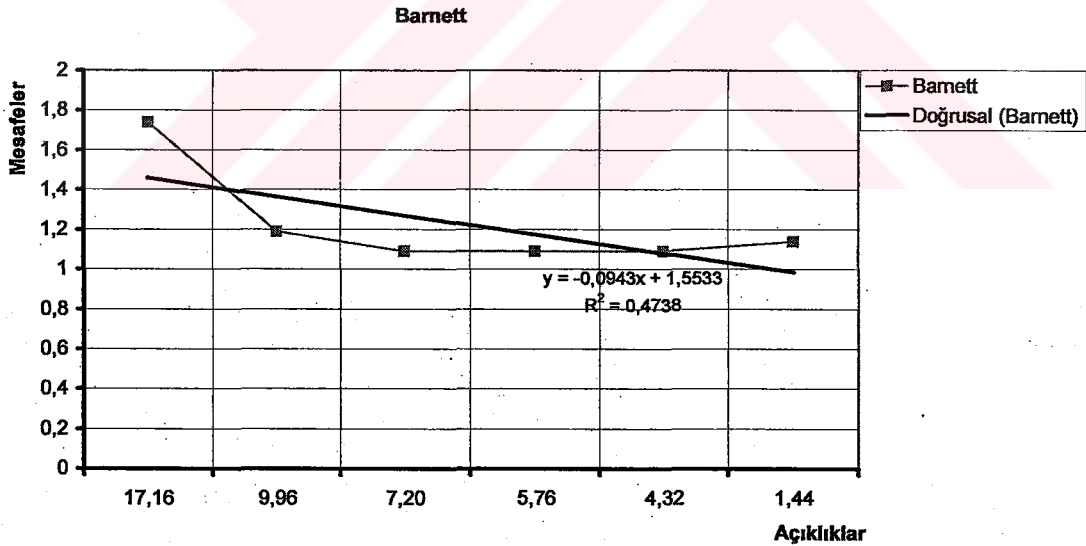
Şekil 5.30 Sıcaklık değerindeki değişimlere göre sınır mesafesi değerleri

İncelenen binaların oluşturduğu yangın tehlikesi, binanın cephe özelliklerine göre de değişkenlik göstermektedir. Binaların tümünün konut olması ve yangın yüklerinin eşit kabul edilmesine rağmen cephesindeki korunmamış alanların değişik oranlarda yer alması nedeniyle oluşturduğu sınır mesafe değerleri farklıdır. Burada, tutuşmanın süresi, rüzgar, binaların yangın yükü ve buna bağlı olarak oluşturacağı yangın şiddeti gerçekte daha farklı olacaktır. Hesaplamalarda kullanılan metotların ele aldığı

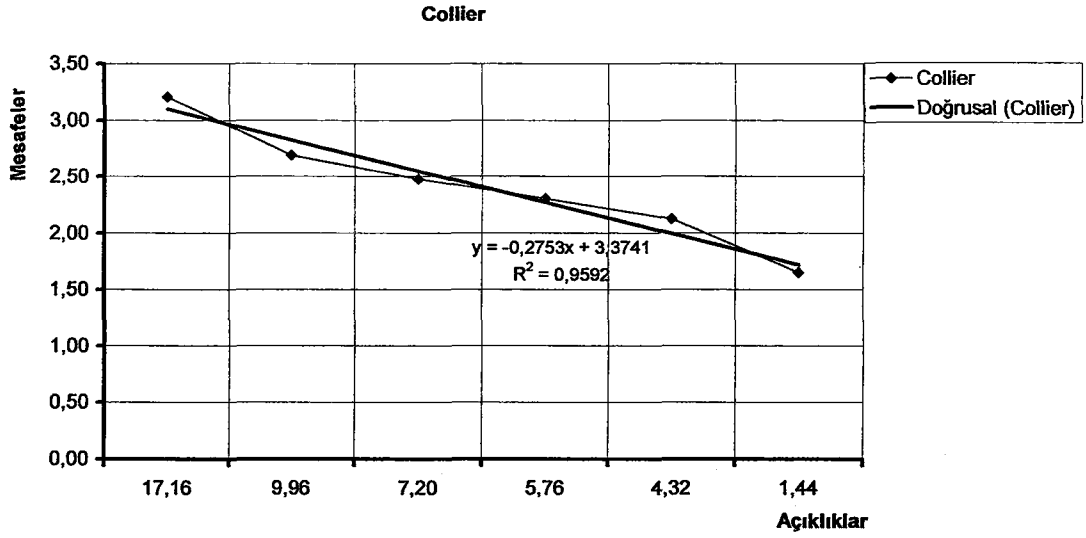
kriterlerdeki farklılıklar sebebiyle birbiriyle tutarlı olmayan sınır mesafe değerleri bulunmaktadır. Binaların bu metotlara göre incelenmesi durumunda seçilebilecek güvenli mesafe değeri, en güvenli mesafeyi oluşturan değer olarak alınabilir. Ancak, doğru hesaplama metodunu seçebilmek için metotların esas aldığı kriterlere bakmak gereklidir.

Yeni modele ait hesap sonuçları özellikle modele temel olarak alınan Collier metodu ile karşılaştırıldığında, bina dış çevre sıcaklığının etkisiyle sınır mesafe değerleri artış göstermiştir. Bu artış miktarı, incelenen binanın korunmamış alanlarının miktarına da bağlı olarak değişmektedir.

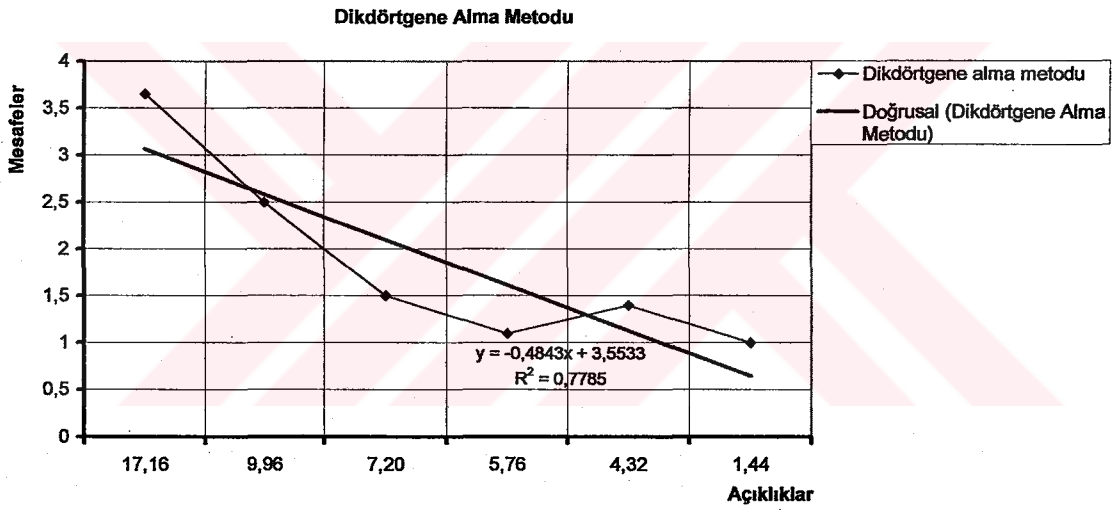
Korunmamış alan yüzdesine göre değişen sınır mesafeleri, incelemelerde kullanılan hesap metotlarına göre belirlenerek grafikler oluşturulmuştur. Bu grafikler; Barnett, Collier, Dikdörtgene alma (enclosing rectangles) ve NFPA 80A metotları için çıkartılmıştır. McGuire' a ait metotta bu anlamda bir grafik oluşturma zorluğundan dolayı, bu metoda göre grafik üretilmemiştir. Grafiklerde elde edilen eğrilerden başka korelasyon eğrileri de oluşturularak bunlara ilişkin eşitlikler üzerine yazılmıştır. Bu grafikler aşağıda şekil 5.31, 5.32, 5.33 ve 5.34' de yer almaktadır.



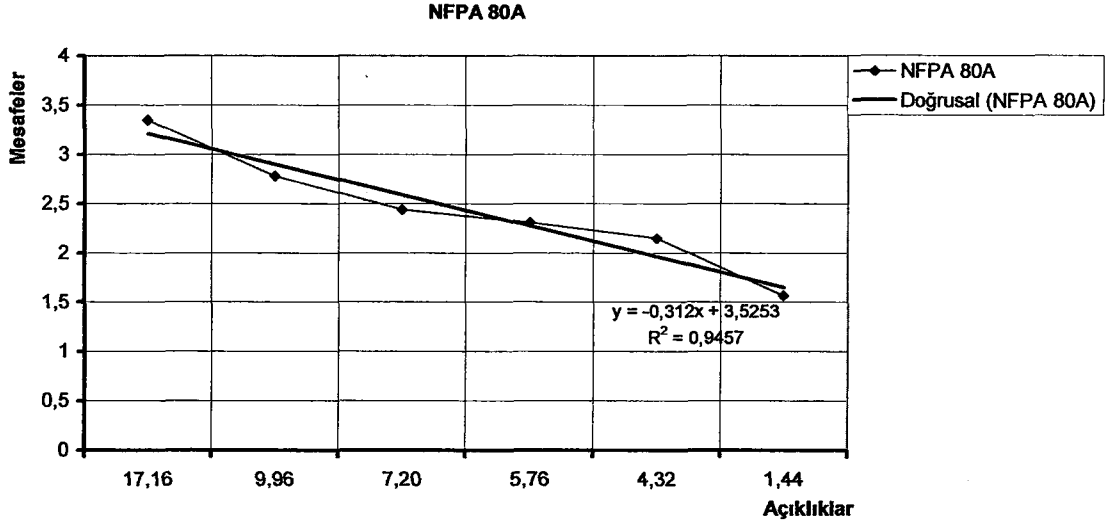
Şekil 5.31 Barnett metoduna göre açıklık oranlarına göre sınır mesafesi değişimleri



Şekil 5.32 Collier metoduna göre açıklık oranlarına göre sınır mesafesi değişimleri

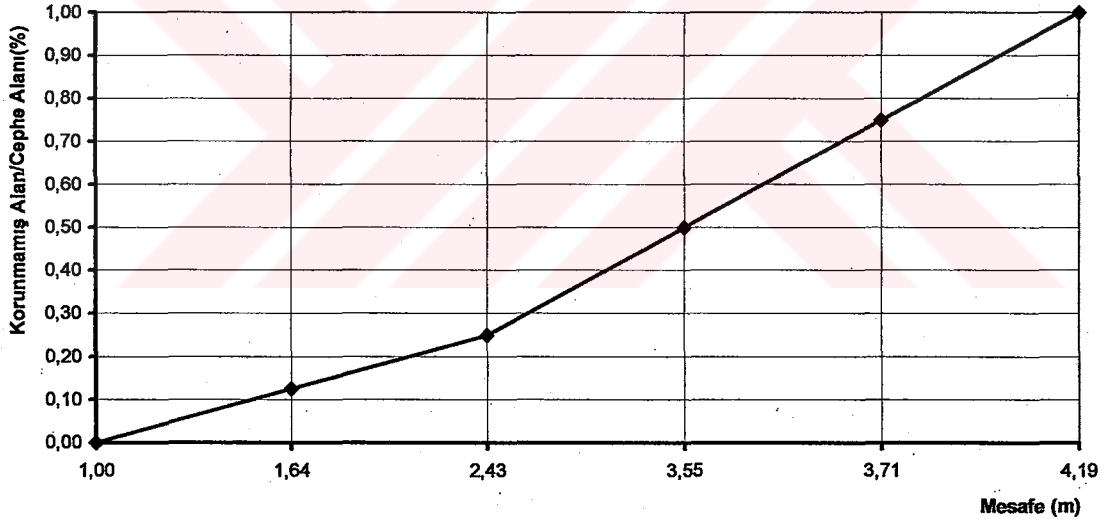


Şekil 5.33 Dikdörtgene alma metoduna göre açıklık oranlarına göre sınır mesafesi değişimleri



Şekil 5.34 NFPA 80A metoduna göre açıklık oranlarına göre sınır mesafesi değişimleri

Korunmamış alanın cephe alanına oranına göre değişimleri yeni modele göre incelenmiş ve buna bağlı olarak bir grafik elde edilmiştir. Bu grafik şekil 5.35’de görülmektedir.



Şekil 5.35 Korunmamış alan yüzdesinin değişimine göre güvenli sınır mesafe değerleri

Grafikten elde edilen sonuca göre, korunmamış alan yüzdesindeki artışa bağlı olarak binalar arasında bırakılması gereken güvenli sınır mesafe değeri de artmaktadır. Cephe üzerindeki pencere, kapı v.b. türden boşluklar, korunmamış alanın önemli bir bölümünü oluşturabilir ve bu alanlar binada meydana gelen bir yangında ısıtım kaynağı olarak görev yapar. Fakat tam anlamıyla cephe üzerindeki tüm korunmamış alanlar, bu türden boşluklardan meydana gelmeyebilir. Zira cephede yer alan ve

yangına dayanıklılık değeri açısından istenilen özelliklere sahip olmayan yanıcı malzemenin tümü cephe boşlukları ile birlikte korunmamış alanları oluşturur. Böyle bir durumda cephenin tamamı korunmamış alan olarak kabul edilebilir. Tüm cephenin korunmamış alan gibi düşünülebileceği bir başka durum da cam giydirme cephe sistemleridir. Bu tür sistemlerde kullanılan camların yangına karşı dayanıklılık özelliği bulunmaması ve katlar arasında yangın geçişini engelleyecek izolasyon önlemlerinin doğru şekilde oluşturulmaması halinde tüm cephe yangın esnasında ısıyı yayarak bir kaynak olarak çalışacaktır. Bu durum özellikle cam giydirme cephe sistemlerinin yaygın olarak kullanıldığı ofis tipi binalarda, binalar arası mesafenin daha dikkatli olarak belirlenmesini gerektirmektedir.



## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yangın sebebiyle meydana gelecek ışınlm etkisiyle tutuşma riskine bağılı olarak binalar arasında bırakılması gereken güvenli sınır mesafe değeri, bugüne değin kullanılmakta olan çeşitli hesap metotları ve bunların karşılaştırılmasından sonra ortaya konulan yeni yaklaşım modeli ile, çeşitli uygulama örnekleri üzerinde hesaplamalar yapılarak elde edilen sonuçlar ve öneriler şu şekilde özetlenebilir;

- Hesaplama metotları birbiriyle karşılaştırıldığında, güvenli mesafe değeri arasında farklılıklar gözlenmektedir. Bu farklılıklar, metotların ele aldığı kriterlere ve hesaplamalarda kullanılan girdilere bağılı olarak değişmektedir. Metotların bazılarında deneysel verilerle elde edilmiş sabit değeri kullanılması ve bu değeri metotlara göre farklı oluşu (şekil faktörleri vb.), bazılarında ise değişken değeri (sıcaklık değeri vb.) yer alması nedeniyle sonuçlarda farklılıklar ortaya çıkmıştır. Tablolar halinde özetlenmiş metotların uygulaması, belirli sınırlamalar içerisinde bina cephelerinin ele alınmasını gerektirdiği için (boyutları belirli dikdörtgen alanların içerisinde kalan alanların korunmamış alanlar olarak tanımlanması veya cephede boşlukların [kapı, pencere gibi] düzgün dağılmış olma zorunluluğu vb.) bulunan sınır mesafe değeri diğer metotlara göre farklılıklar göstermiştir. Hesaplama kullanılmak hesap metodunun bu nedenle ele aldığı kriterleri iyi değerlendirmek gereklidir.

- Tüm hesap metotlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesinden sonra ortaya konulan yeni model, Collier' in hesap metoduna paralel adımlardan oluşmaktadır. Günümüze en yakın çalışma olan ve diğer hesap metotlarıyla karşılaştırıldığında, yangının şiddetinin tanımlanmasını kolaylaştırıcı oluşu, yayılan ve alınan ışınlm miktarının hesaplanmasını sağlaması, cephe üzerindeki maksimum korunmamış alanın belirlenmesine olanak tanınması, tasarım esnasında kullanılabilmesi, binaya ait verilere ve değişken değeri göre hesap olanağının bulunması konularında daha hassas sonuçların alınabilmesinden dolayı bu yöntem ağırlıklı olarak yeni modelin

temelini oluşturmuştur. Ancak değişen bina dış ortam sıcaklık değerlerinin de hesaplamalarda yer alması ve değişen sıcaklık değerlerinin binalar arası mesafenin belirlenmesinde etkili olacağından yola çıkılarak yeni model oluşturulmuş ve bununla ilgili hesaplamalar da yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, değişen bina dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak sınır mesafe değerleri de artış göstermektedir. Bu durum özellikle bina içi sıcaklığını da belirli ölçüde etkileyen dış iklimsel koşullara bağlı olarak önem kazanır. Dış iklimsel koşullar açısından yüksek sıcaklık değerlerinin hakim olduğu bölgelerde meydana gelebilecek bir bina yangınında binalar arasında bırakılması gereken mesafeler, daha düşük bina dış sıcaklık değerlerinin bulunduğu bölgelerde oluşabilecek bina yangınlarına göre hesaplanan sınır mesafe değerlerinden daha büyük olacaktır.

- Bina cephesi üzerindeki korunmamış alanların cephe alanına oranı araştırılmış, buna göre değişen sınır mesafe durumları incelenmiştir. Hesaplama sonuçlarından elde edilen değerlere göre cephe üzerindeki korunmamış alanın artması, güvenilir sınır mesafe değerinin de artırılmasını gerektirmektedir. Bu durum korunmamış alan tanımına dahil olan cephe üzerindeki kapı, pencere v.b. boşlukların ve cephede kullanılan yanıcı malzemenin sınırlandırılmasını gerektirmektedir. Özellikle son yıllarda bina cephelerinde kullanılan malzemelerin ve sistemlerin çeşitliliği nedeniyle bunların yangın ve ışınımın oluşumuna katkıları ayrıca incelenmelidir. Ofis tipi bina cephelerinde son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan cam giydirme cephe uygulamalarının da dikkatle dizayn edilip yangın yayılımına katkıda bulunmayacak şekilde detaylandırılması gerekir. Yangına dayanıklı olmayan cam elemanların ve çerçevelerin kullanımı halinde yangın esnasında tüm cephenin ışınım kaynağına dönüşmemesi için gerekli önlemler, tasarım ve uygulama sırasında mutlaka dikkate alınmalıdır. Uygulamalarda ele alınan binaların cephelerinde yer alan boşlukların çoğunun düzenli olarak cephede dağılmış olması sınır mesafe değerlerinin belirlenmesini ve metotların uygulanabilirliğini kolaylaştırmıştır. Ancak cephe üzerinde belirli noktalarda yoğunlaşan korunmamış alanların oluşturacağı ışınım miktarının sınır mesafe üzerindeki etkileri araştırılmalıdır.

- Yangının oluşturduğu ışınım etkisiyle karşılıklı binaların tutuşmasının önlenmesi için bırakılması gereken mesafe değerleri incelendiğinde, binanın yangın yükü, cephedeki korunmamış alan miktarı, korunmamış alanların cephe üzerindeki dağılımı, bina yüksekliği gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Özellikle eski

kent dokusu içerisinde yer alan yerleşmeler için bulunan bu değerler, mevcut sokak genişliğine yakın olduğu için ısınım etkisine göre bırakılması gereken mesafelerin önemi net olarak ortaya çıkmaktadır. Mevcut yerleşmeler için kritik durum oluşturabilecek bina aralıkları kontrol edilerek ısınım etkisiyle tutuşma riskinin önlenmesi için çalışmalar yapılmalıdır. Yeni planlanacak yerleşmelerde ise yapı adaları arasındaki mesafeler, karşılıklı yerleştirilecek binalar için önceden belirlenmelidir. Bunun için yapı adalarında izin verilebilecek fonksiyon ve buna bağlı olarak binanın yangın yükü, bina yüksekliği ve cephesinde izin verilebilecek maksimum korunmamış alan büyüklüklerine göre binalar arası mesafelerin bırakılması sağlanmalıdır.

- Özellikle mevcut yerleşmelerde ve dar sokak dokularında, ısınım etkisiyle tutuşmanın önlenmesi için bina cephelerinde yangına karşı önlemler alınması gerekir. Bu önlemler; cepheye uygulanan yangına dayanıklı boyaların veya sıva türü malzemenin yahut yangına dayanıklı panel elemanların (brüt beton vb.) uygulanması; pencerelerde yanmaz doğramaların ve yangına dayanıklı camların kullanılması; cepheyi yangın esnasında ıslatarak koruyabilecek sprinkler türü tesisatın konulması; bina içinde yangın yükünü azaltacak malzeme ve mobilyanın kullanılması şekillerinde olabilir. Yangın esnasında ısınıma neden olan cephedeki boşluk miktarının da , eğer mümkünse, belirli oranda azaltılması düşünülebilir.

- Uygulamalar, sadece “düşük” yangın yükü sınıfına dahil olan konut tipi binalar için yapılmıştır. Bu uygulamalar daha yüksek yangın riski oluşturabilecek bina tipleri için ayrıca yapılarak, ısınımla tutuşmaya göre bina aralıklarının kontrolü yapılmalıdır.

- Kritik ısınım değeri olarak metotların uygulamasında kabul edilen  $12.5 \text{ kW/m}^2$  değeri hesaplamalarda kullanılmasına rağmen, değişen cephe malzemeleri için yeni tutuşma değerleri bu konuyla ilgili olarak yapılmış yangın deneylerine ait sonuçlardan elde edilebilir.

- Hesaplamalarda ısınımın sadece cephe üzerindeki etkileri incelenmiştir. ısınımın cephe üzerindeki korunumsuz boşlukları (pencere, kapı vb.) aşarak (yangına dayanıklı olmayan camların kırılması, açık bırakılması vb.) bina içerisine etki etmesi konusu ayrıca incelenmelidir.

## KAYNAKLAR

- ANONİM, 2002. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Karar sayısı:2002/4390, s.17, Altan Matbaacılık San. Ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul.
- ASTM (The American Society for Testing and Materials), 1990. *Standard Test Method for Determining Material Ignition and Flame Spread Properties*, Reprinted with permission from the Annual Book of ASTM Standards, New York.
- AUSTRALIAN BUILDING CODES BOARD, 1996. Building Code of Australia, Vol.1., Canberra.
- AYDIN, C., 1998. Yangının Çelik Taşıyıcı Sistemler Üzerine Etkisi ve Bir Uygulama Örneği, *Y. Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- AYDIN, U., 1994. Yapı Elemanlarının Yangına Dayanıklılık Testleri, *Y. Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BALDAŞ, A. ve KANTAR, F., 1975. Yapı Fiziği, Yapıların Isıya, Suya, Sese, Titreşimlere ve Yangına Karşı Korunumu, s.355-356, Sermet Matbaası, İstanbul.
- BARNETT, C.R., 1988. Fire Separation Between External Walls of Buildings, *Fire Safety Science, Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium*, pp.841-850.
- BECAN, A.S., 1994. Konutlarda Bina Yangın Güvenliği Sorunlarını Gözetken Mimari Tasarım Kararları İçin Bir Yaklaşım Modeli Araştırması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BUILDING INDUSTRY AUTHORITY, 1995. Approved Document C3: Spread of Fire, New Zealand.
- CARLSSON, E., 1999. External Fire Spread to Adjoining Buildings, Lund University, *Department of Fire Safety Engineering, Report 5051*, Lund.
- CENTER FOR ADVANCED ENGINEERING, 1994. Fire Engineering Design Guide, Buchanan, A.H. (editor), University of Canterbury, Christchurch.
- CLARKE, J.M.W., 1998. A Review of the Building Separation Requirements of the New Zealand Building Code Acceptable Solutions, University of Canterbury, Christchurch.
- DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT AND THE WELSH OFFICE, 1991. Approved Document B, Fire Safety, The Building Regulations, London.

- DRYSDALE, D.**, 1987. An Introduction to Fire Dynamics, University of Edinburgh, Department of Fire Safety Engineering, Edinburgh.
- FIRE RESEARCH STATION**, 1991. External Fire Spread: Building Separation and Boundary Distances, Read, R.E.H. (editor), Construction Research Communications Ltd., London.
- GÜRDAL, E.**, 1996. Strüktür ve Malzemenin Yangın Karşısında Davranışı ve Korunumu, *Y.E.M. Bina Yangın Güvenliği Seminer Bildirileri*, İstanbul.
- KARLSSON, B. and QUINTIERE, J.G.**, 1998. Enclosure Fire Dynamics, Lund University, Department of Fire Safety Engineering, Lund.
- LANGDON-THOMAS, G.J.**, 1972. Fire Safety in Buildings, pp.30-34, T.&A. Constable Ltd., Edinburgh.
- LAW, M. and O'BRIEN, T.**, 1981. Fire Safety of Bare External Structural Steel, Constrado, Croydon.
- LAW, M. and THOMAS, P.H.**, 1974. The Protection of Flames from Buildings on Fire, *Fire Prevention Science and Technology*, 10, 24-27.
- LAW, M.**, 1963. Heat Radiation From Fires and Building Separation, *Fire Research Technical Paper No.5*, Joint Fire Research Organization, London.
- LAW, M.**, 1968. Radiation from Fires In a Compartment, *Fire Research Technical Paper No.5*, Ministry of Technology and Fire Offices Commitee, London.
- LIE, T.T.**, 1972. Fire and Buildings, pp.73-74, Applied Science Publishers, London.
- MCGUIRE, J.H.**, 1965. Fire and Spatial Separation of Buildings, *Fire Technology*, Vol.1, No.4, New York.
- MCGUIRE, J.H.**, 1965. Spatial Separation Tables, Technical Note, National Research Council of Canada, Division of Building Research.
- MCGUIRE, J.H. and WILLIAMS-LEIR, G.**, 1981. CBD-216 Spread of Fire Between Buildings, pp.3, National Research Council Canada.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION**, 1991. NFPA 80A Recommended Practice for Protection of Buildings from Exterior Fire Exposures, Vol.9, NFPA, Quincy.
- ONDRUS, J. and PETTERSSON, O.**, 1986. Fire Hazards of facades with Externally Applied Additional Thermal Insulation. Full Scale Experiments, Lund Institute of Technology, Division of Building Fire Safety and Technology, Lund.
- SCHULTZ, N.**, 1985. Fire and Flammability Handbook, pp.5, Van Nostrand Reinhold Com., New York.
- SENTÜRK, N. ve ÖZBEK, İ.**, 2001. Zeyrek Bölgesi Tespit ve Koruma Çalışmaları, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Restorasyon Anabilim Dalı, *Sit Koruma Projesi* (Yürütenler: Prof.D. Kuban, Prof.Dr.Z. Ahunbay, Prof.Dr.N. Akın, Doç.Dr.A. Ersen, Yrd.Doç.Dr.G.Tanyeli, Y.Doç.Dr.Y. Kahya), Ö: 1/1000, 1/100, İstanbul.

- SHIELDS, T.J. & SILCOCK, G.W.H.**, 1987. Buildings and Fire, pp.87, Longman Scientific & Technical, Essex.
- SUNAR, Ş.**, 1966. Mesken Topluluklarında Yangın Problemi ve Yangından Korunmanın Planlanması Üzerine Bir Deneme, *Doktora Tezi*, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- SUNAR, Ş.**, 1981. Yangından Korunma ve Bina Yangın Güvenliği: İlkeler, Çelişkiler, Gerçekler, s.45-51, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- TEKFEN İNŞ. ve TES. A.Ş.**, 1989. Ataşehir Uydukent Projesi, 1. Etap, 48 Ada, Vaziyet Planı.
- THE AQUA GROUP**, 1984. Fire and Building, pp.3-8, William Collins Sons & Co. Ltd., London.
- UZUN, E.**, 1988. Binalarda Yangın Güvenliği ve Yangın Yükünün Tayini, *Y. Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- WILLIAMS-LEIR, G.**, 1970. Another Approximation for Spatial Separation, *Fire Technology*, Vol.6, No.3, New York.
- YAVUZ, G.**, 1996. Yapılarda Yangın Korunumu-Mimari Tasarım Etkileşimi, *Y.E.M. Bina Yangın Güvenliği Seminer Bildirileri*, İstanbul.

## ÖZGEÇMİŞ

1968 yılında Afyon’ da doğan Nuri Serteser, ilk orta ve lise eğitimini yine aynı merkezde tamamladı. 1985 yılında İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü’ nde almaya başladığı mesleki eğitimini 1989 yılında iyi derece ile tamamlayarak mezun oldu. Aynı yıl mezun olduğu bölümde Y.Lisans programını kazanarak 1 yıl İ.T.Ü. yabancı Diller Okulu’ nda İngilizce eğitim gördü. 1991 yılında Y.Lisans programında kayıtlı olduğu F.Ç.K. Birimi’ de Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. “Yapı Alt Sistemlerinin Bütünleştirilmesi” isimli Y.Lisans tezi sırasında Prof.Dr.Sina Berköz ile çalışma fırsatı buldu. 1993 yılında başarıyla tamamladığı eğitime yine aynı bölümde doktora programı ile devam etti. Doktora programında ülkemizde güncelliği yeni anlaşılmaya başlanılan yangın konusunda çalışmalar yaptı. Halen F.Ç.K. Birimi’ de aynı kadroda çalışmalarını sürdürmektedir.

