

75591

YANGININ ÇELİK TAŞIYICI SİSTEMLER ÜZERİNE ETKİSİ VE
BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mim. Cahide N. AYDIN

75591

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Haziran 1998

Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Haziran 1998

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Erdal COŞKUN

23.07.1998

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Kaya ÖZGEN

23.07.1998

Doç. Dr. Murat AYGÜN

23.07.1998

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 1998

ÖNSÖZ

Yangının insanlar için sürekli bir tehdit ve tehlike unsuru oluşturması ve günümüz yapılarını meydana getiren yapı malzemeleri ve özellikle de taşıyıcı sistem elemanı olan çelik malzemeler üzerindeki etkilerinin, mimari açıdan ele alınması ve araştırılmasının, ülkemizde henüz çok yeni ve yetersiz düzeyde kaldığı dönemde, konuya ilgimi çeken, beni destekleyen ve değerli önerileri ile çalışmamı yönlendiren hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Erdal COŞKUN'a teşekkürlerim sonsuzdur.

Ayrıca, öneri ve yardımlarından dolayı Anadolu Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Mimarlık Bölümü Başkanı sayın Prof. Dr. Yavuz KOŞANER'e, tezin yazımına katkılarından ötürü Yrd. Doç. Dr. Emrah GÖKALTUN ve Arş. Gör. Alp Okan YALÇIN'a ve çalışma süreci içerisinde bana maddi ve manevi destekte bulunan aileme ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Cahide N. AYDIN
Haziran 1998



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	ii
SEMBOL LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 Konuya Bakış ve Açıklamalar	1
1.2 Yangın Tanımı ve Tarihsel Gelişimi	3
1.3 Yangının İnsanlar Üzerindeki Etkileri	4
1.4 Yangının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	6
1.5 Yapılarda Yangın Yüğü ve Yangın Dayanımı	7
1.6 Yangın Yayılımı	10
1.7 Yangın Tehlikeleri	14
1.8 Yangında Ortaya Çıkan Duman ve Zehirli Gazların Etkileri	16
1.9 Amaç, Kapsam ve Yöntem	18
BÖLÜM 2 YANGINDAN KORUNMANIN KAPSAMI VE İLGİLİ YÖNETMELİKLER	20
2.1 Yapılarda Yangın Problemleri ve Alınması Gerekli Önlemler	20
2.2 Gelişmiş Ülkelerde Yangın Önlemleri	27
2.2.1 Almanya'da Yangından Korunma Önlemleri	28
2.2.2 İngiltere'de Yangından Korunma Önlemleri	30
2.2.3 A.B.D.'de Yangından Korunma Önlemleri	31
2.3 Türkiye'de Yangın Önlemleri Konusundaki Çalışmalar	32
2.4 Korunmanın Maliyeti	39
BÖLÜM 3 YANGIN ve MALZEME İLİŞKİSİ	41
3.1 Yangın ve Malzeme İlişkisi	41
3.2 Malzemelerin Yüksek Sıcaklıktaki Özellikleri	42
3.3 Yapı Malzemelerinin Sınıflandırılması	46
3.4 Yangın Sırasında Malzeme Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Değişiklikler	49
3.5 Yangına Uygun Malzeme Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar	50

BÖLÜM 4	YANGININ ÇELİK TAŞIYICI SİSTEM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ ve ÖNLEMLER	53
4.1	Yangının Taşıyıcı Sistemler Üzerinde Yaptığı Hasarlar	53
4.2	Yangın Yalıtımı	56
4.2.1	Yangından Korunmada Kullanılan Başlıca Yalıtım Malzemeleri	56
4.2.2	Yangın Önleyici Yapı Bileşenlerinin Özellikleri	57
4.3	Taşıyıcı Sistemlerde Kullanılan Çelik Malzemenin Özellikleri	59
4.3.1	Ülkemizde Çelik Üretimi	62
4.3.2	Yangında Çelikteki Sıcaklığın Artışı	62
4.3.3	Çelik Taşıyıcı Sistemin Yüksek Sıcaklıktaki Davranışı	65
4.3.4	Çelik Taşıyıcı Sistemleri Yangından Korumada Kullanılan Yalıtım Türleri	68
4.3.5	Çeliğin Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumda Yangına Karşı Dayanımı	73
4.3.6	Çelik Bir Taşıyıcı Sistem ve Elemanın Kontrolü	78
BÖLÜM 5	BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ	80
5.1	Uygulama Yöntemi	80
5.2	Sayısal Örnek	82
SONUÇ VE ÖNERİLER		92
KAYNAKLAR		96
ÖZGEÇMİŞ		98

SEMBOL LİSTESİ

A_a	: Çelik kolon veya kiriş enkesiti (cm^2)
A_u	: Birim uzunluktaki elemanın yangına açık yüzey alanı (m^2 / m)
A_{ui}	: Yalıtım malzemesinin çelik elemanın birim boyuna isabet eden içyüzeyi (m^2 / m)
b	: Çelik profilin boyu (cm)
c_a	: Çeliğin ısı özgül katsayısı ($\text{J} / \text{kg}^\circ \text{C}$)
c_i	: Yalıtım malzemesinin ısı özgül katsayısı ($\text{J} / \text{kg}^\circ \text{C}$)
d_i	: Yalıtım malzemesinin kalınlığı (cm)
E_a	: Yapısal çeliğin olağan (20°C sıcaklıktaki) elastiklik modülü
e_x	: Bileşik eğilme etkisi altındaki kolonlarda eğilme momenti etkisini bulmak için katsayı
ϵ_x	: Bileşik eğilme etkisindeki kolonlarda eğilme momenti
f_{ak}	: Kritik burkulma gerilmesi
f_{ay}	: Yapısal çeliğin olağan (20°C sıcaklıktaki) akma sınırı
$f_{ay\theta}$	: Yapısal çeliğin $\theta^\circ \text{C}$ sıcaklıktaki, %2 şekil değiştirmeye ilişkin itibari akma sınırı (maksimum gerilme sınırı)
k	: Kirişler için yük katsayısı
K_i	: Yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik katsayısı ($\text{W} / \text{m}^\circ \text{C}$)
ℓ_{kx}, ℓ_{ky}	: Kolonun burkulma boyları
M	: Kolona etkiyen eğilme momenti
N	: Kolona etkiyen normal kuvvet
N^*	: Yangında kolona etkiyen normal kuvvet
q	: Kirişe etkiyen yük
q^*	: Kiriş taşıma yükü
q_u, q_p	: Olağan sıcaklıkta plastik taşıma yükü
θ_{ak}	: Çelik kritik sıcaklığı
t	: Çeliğin yangına dayanım süresi (dakika)
t_v	: Nem geciktirme süresi (dakika)
U	: Çelik profilin kesit çevresi (m^2 / m)
V_a	: Çelik birim boy hacmi (m^3 / m)
W_x	: Çelik kolon veya kiriş mukavemet momenti
λ_x	: Narinlik derecesi
γ_a	: Çeliğin yoğunluğu (kg / m^3)
γ_i	: Yalıtım malzemesinin yoğunluğu (kg / m^3)

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Ateş üçgeni	7
Şekil 1.2. Döşeme, Kapı ve Duvarlarda Yangın Dayanımı Anlatımı	9
Şekil 1.3. Çeşitli Ülkelere Ait Sıcaklık / Zaman Eğrileri	10
Şekil 1.4. Yangının Evreleri	11
Şekil 1.5. Yangın Şiddetini Etkileyen Faktörler	13
Şekil 2.1a. Binaların Köşe Bitişlerinde Yangın Duvar Örnekleri	22
Şekil 2.1b. Farklı Yükseklikteki Binalar Arasında Yangın Duvar Örnekleri	23
Şekil 2.2. Bina Yangın Güvenliği Seviyesi Bileşenleri	25
Şekil 2.3. Yangın Güvenlik Sistemi Bileşenleri	26
Şekil 3.1. Yapısal Çelikte Yüksek Sıcaklıklar İçin Azaltma Katsayıları	44
Şekil 3.2. Betonlarda Yoğunluk İle Sıcaklık Kapasitesinin Değişimi	45
Şekil 3.3. Betonlardaki Isı Kapasitesinin Değişimi	46
Şekil 3.4. Malzeme Cinsi ve Kalınlığı İle Yanma Süresi İlişkisi	52
Şekil 4.1. Isı Nedeniyle Taşıyıcı Elemanlarda Ve Çerçevelerde Sehim	54
Şekil 4.2. Yalıtımda Ve Çelikte Sıcaklık Dağılımı	63
Şekil 4.3. Nemli Malzemede t_v Ek Zamanı	65
Şekil 4.4a. (a) Türü Boyutsuz Burkulma Eğrisinin Sıcaklıkla Değişimi	66
Şekil 4.4b. (b) Türü Boyutsuz Burkulma Eğrisinin Sıcaklıkla Değişimi	66
Şekil 4.5. Beton Kılıflama İle Korunmuş Çelik Kolon	69
Şekil 4.6. Beton Kılıflama Biçimleri	69
Şekil 4.7. Çelik Kolon Ve Kirişin Levha İle Kaplanması	70
Şekil 4.8. Sprey Malzemelerle Çelik Kolon Ve Kirişlerin Kaplanması	71

Şekil 4.9.	Su Dolaşımı İle Soğutmada Sıcaklığın Değişimi	72
Şekil 4.10.	Su Dolaşımı İle Çelik Taşıyıcı Sistemin Yangından Korunması	73
Şekil 4.11.	Çelik Kolonun Isıtılmış Yüzeyinin (D) Belirlenmesi	75



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Korunmamış Bazı Malzemelerin Duman Çıkarma Süreleri	17
Tablo 1.2. Gaz Çıkışı Üzerine Koruyucu Katmanın Etkisi (Kaplama: 12.5 mm kalınlığında alçı pano)	18
Tablo 2.1. Yapısal Önlemler	21
Tablo 3.1. Bazı Yalıtım Malzemelerinin Isıya İlişkin Özelliklerinin Yaklaşık Ortalama Değerleri	43
Tablo 3.2. Yapı Malzemelerinin Sınıflandırılması	47
Tablo 3.3. Bazı Malzemelerin Isıl Yük Değerleri	48
Tablo 4.1. Isı Yalıtım Malzemeleri	58
Tablo 4.2. Yalıtımsız Elemanlarda Sıcaklık Artışı	64
Tablo 4.3. Ağırlıkça Hafif Kuru Yalıtımlı Elemanlarda θ_{ak} Sıcaklık Artışı	64
Tablo 4.4. Enkesitlerine Göre Burkulma Eğrileri Seçimi	67
Tablo 4.5. α Kusurluluk Katsayıları	68
Tablo 4.6. Kirişler İçin k Yük Katsayısı	68
Tablo 4.7. Çelik Kolonlar İçin Ampirik (deneysel) Denklemler	74
Tablo 4.8. Betonun Termal Özellikleri	76

ÖZET

İnsanoğlu varolduğundan bu yana çeşitli tehlikelerle karşı karşıya kalmış ve bunlarla mücadele etmeye çalışmıştır. Bu tehlikelerden biri olan yangın, toplumda can kayıplarına ve maddi zararlara neden olmasıyla insanlar için sürekli bir tehdit ve tehlike unsuru olmuştur. Kullandığımız yapılar bugün geçmişe göre farklılık gösterse de her zaman için yangın tehlikesiyle karşı karşıyadır. Ancak ne tür önlem alınırsa alınsın bugün ve gelecekteki yapılar için yangın çıkmama olasılığı kesinlikle yoktur denilemez. Önemli olan yangın başlangıcının en kısa sürede saptanması ve müdahale etme olanaklarının çözülmüş olmasıdır. Bu nedenle henüz tasarım aşamasında iken yapılarda yangın güvenliğinin nasıl sağlanabileceği düşünülmeli ve yapım sonrasında da kullanıcılara olası bir yangında neler yapmaları gerektiğine ilişkin uyarılarda bulunulmalıdır. Teknolojik gelişmelerle ve enerji kullanımının artmasıyla, yangınların oluşma biçimlerinde farklılık ve sayılarında artışların görülmesi, buna karşı yeni önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Özellikle endüstri devriminden sonra, çeliğin yapılarda taşıyıcı sistem elemanı olarak kullanılmasıyla istenilen tasarım biçimi rahatlıkla gerçekleştirilmeye başlanmışken, meydana gelen bir kaç önemli yangında çelik taşıyıcı sistemin yangına karşı dayanımının yetersiz olduğu ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda yaklaşılan tez çalışmasında, çelik taşıyıcı sistemin yangına karşı dayanımının nasıl iyileştirilebileceğine yönelik, yabancı literatürde yer alan yangından korunma yöntemleri, kullanılabilir yalıtım malzemesi türleri ve kalınlıklarına ilişkin hesaplama yöntemleri ve çeşitli ülkelerin konuyla ilgili yönetmeliklerinin incelenmesi yönünde bir araştırmaya gidilmiştir. Araştırmadan elde edilen bilgilerle, taşıyıcı sistem elemanı olan çeliğin yalıtımlı ve yalıtımsız durumda yangına dayanım sürelerinin (kullanılan yalıtım malzemesi ve kalınlığına göre değişebilen) hesaplanması (Eurocode'a dayalı) çalışmalarına örnek bir uygulama verilerek, yangın yalıtımının önemine ve bunun uygulamaya geçirilmesinde yönetmeliklerin ciddi bir şekilde ele alınıp incelenmesi ve hazırlanması gerektiğine dikkat çekilmek istenmiştir.

SUMMARY

THE EFFECTS OF FIRE ON STEEL STRUCTURES AND A CASE STUDY

The fire has always been a treat and a danger to human beings. The number of those who died due to heart attack or poisonous gases in the event of fire is higher than those who die from actual burns due to panicking or blocked exit way. Fire can break out anywhere; at home, at office, at school, in the car, on board of streamer or plane, etc. , but this work deal with the problems of and the protective measures to be taken against the fire that might occur in buildings.

For the purpose of this work, the phenomenon of fire in buildings is investigated in general and then the resistance of steel structures to fire is particularly studied. Besides, fire and safety codes implemented in some foreign countries are included and a comparative study between the Turkish practice and that of foreign examples is attempted.

Whatever the measures are taken, the possibility of fire in any type of building can not be determined. The fundemantal issue is to detect the start of a fire as soon as possible and is to provide every likely mean of fire tackling measures in a proper manner.

The possibility of fire incident is likely related to the type of buildings in use. According to the recent statistical findings, the majority of the fire incidents that amounts to 53 – 63 % of all fire cases, involves house fires.

By increasing use of electrical appliances and wide spread use of electrical power in todays' modern life, the volume of fire incidents has relatively increased. The Industrial Revolution was followed by the application of steel in large scale as building material for structural purposes.

The well known Chicago fire, which devastated the city in 1871 demonstrated well how steel structures were vulnarable in the case of fire.

It is only after the 18.th century that means of fire escape have been given serious considerations. Since the start of the 19.th century, the building materials and the building connections have been subject to investigations in order to identify the fire prevention measures so that the fire incidents would be minimised.

Following the Second World War, such issues as the capacity of building evacuation; fire tests, and the mode of fire testing and test conditions; smoke spreading potential and movement pattern; fire proofing of structural systems, especially in steel and building elements; etc ., have been dealt with by the official bodies like CIB, ISO, et.al, through international cooperation and joint operations.

Within the first chapter of this study, the phenomenon of fire is investigated. It is known fact that human beings can only stand the temperature which is above 65 °C for a short period of time. The human body can withstand the ambient temperature of 120°C for 15 minutes. If the ambient temperature rises up to 143°C within 5 minutes, it creates an intolerable environment for human beings. In case of heat level reaching up to 177°C in less than 1 minute, human being suffer incurable fire burns.

In the first chapter, it is also studied how a fire breaks out and spreads around. It is essential that the gas of O₂ should be present together with sufficient heat temperature in an environment to spark off a fire. The aspects fire resistance and fire load are also highlighted in the first chapter. The category of fire resistance and duration of fire resistance with respect to DIN 4102 are given as follows:

F 30	Fire deterrent
F 60	Fire deterrent
F 90	Fire proof (low)
F 120	Highly fire proof (moderate)
F 180	Absolute fire proof (high)

It is noted in this chapter that main reason behind the consequent stages of fire outbreak, spreading and extinguishing is radiation. It is also pointed out the effects of poisonous gases and smoke resulting from the fire in this chapter.

Chapter 2 includes the fire proofing aspects and related code of practices. The precautions which can be taken in terms of building itself are presented by a table. The main intention behind the fire proofing measures as follows;

- to provide user safety
- to stop fire spreading from its origin
- to minimise the damage to property and to prevent casualties.

In this context, the fire walls between adjacent buildings are discussed and illustrated. Besides, some examples for the code of practice for fire precautions applicable in other countries are emphasised. The cost of fire prevention measures is also demonstrated in chapter 2 by comparing two fire prevention system implemented at two buildings in Istanbul.

Chapter 3, however, investigates the potential capacity of flammability of building materials together with the procedure for selecting appropriate material for fire proofing. In this chapter, it is also included the physical and chemical changes that building materials undertake in the course of fire.

For designers, the safety ceiling level for fire resistance buildings, in terms of building temperature fluctuation is between 20 to 700°C. The majority of available building materials, tend to yield before surviving the top ceiling level. It is for this reason that particularities and behaviour of both concrete and steel at higher temperatures are studied. The temperature fluctuation of building materials is also illustrated.

The building materials are classified with reference to fire safety potentials in Germany standards DIN 4120 – Section 1 as follows ;

Inflammable	Class A	Class A1 Class A2	
Flammable	Class B	Class B1 Class B2 Class B3	(fire proof) (moderate fire proof) (non-fire proof)

In chapter 4, it is attempted to describe how to select appropriate material in lines with German standards and the code of practice for fire precautions.

In chapter 4, the effects of fire on building structures and the fire precautions that might be taken together with the modes of fire protections are discussed. The deformation and deflection which building elements and in turn building frames do suffer because of the heat, caused by the fire are illustrated. It is also highlighted in this chapter 4, how columns as structural members and reinforced concrete and steel lose their structural properties in case of fire. It is therefore, the significance of fire proofing is emphasised. The fire proofing materials, their classification and application for the purpose of providing fire proof building components are also included in this chapter.

The superiority of structural steel for columns, beams, trussers, etc., over reinforced concrete and timber together with disadvantages inherent in steel are discussed. The steel production in Turkey is briefly touched upon. Apart from all the above considerations, the numerical data and the tables which identify the rise of temperature in steel, in course of fire and which are used in chapter 5 in the context of a case study are presented here. As it is known, steel loses its structural strength when subjected high temperature. It is generally accepted that critical temperature for structural steel is 550°C , for reinforcement steel is between 400 - 500°C. For the above given facts, it is particularly essential to protect steel against fire hazards. In this chapter, it is also included the means of fire proofing that are applicable for steel members.

These are namely:

- _ Concrete encasement
- _ Board encasement
- _ Vermicular spray application
- _ Liquid filled column fire protection

Chapter 4 includes the methods of calculation of fire resistance capacity of both fire protected and non protected structural steel, which are found in foreign literature. Besides, it is also described in this chapter, how to test the structural capacity of steel.

In Chapter 5, a case study is conducted with the object of demonstrating the fact that structural steel members should be protected against fire. The type of fire proofing materials; the thicknesses of materials required; the procedure in which the resistance period of steel to rising heat and transformation of all related information resulting from above into the code of practice for fire precautions in foreign literature are highlighted by this case study. At the end of the case study, the fire resistance periods of the building with / and / without fire precautions are determined. The fire resistance periods are also presented by a table and a grafic diagram. It is observed that where insulation is used, an additional time of approximately 87 % is obtained and this additional time is enough for the fire brigades to arrive to the scene.

Consequently, the loose of human lives and money, caused by the fire hazards, can be prevent by the coordinate works of persons who deals with fire precaution. The regulations for fire precaution must be prepared seriously, examining the international examples and technological developments. These precautions must also be revised periodically in order to loose its actuality. Today, in international regulations, the tables of fire resistance periods and insulation thicknesses for the used processes and materials, for the precaution of the structural systems against fire are ready. Also fire brigade, building users, architects and engineers, etc., must show a great effort on obeying to these regulations. According to all these, by making and generalising the necessary supervisions for the fire preservation, either before or after the construction, precautions that are taken in Turkey will be as high as the international quality.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Konuya Bakış ve Açıklamalar

Çeşitli nedenler sonucunda ortaya çıkarak, can ve mal kayıplarına sebep olan ve insanlar için sürekli bir tehdit ve tehlike unsuru olan yangınla, insanoğlunun ilk mücadelesi 4000 yılı aşkın bir geçmişe dayanır. Bu mücadelede insan, önceleri kendi duyu organları ile yangını algılamaya çalışarak, yangın bölgesinden kaçmaya çalışmış, yangını algılamada geç kaldığında da yanarak ölmüştür. Yangından kaçmayı başaranlar ise, barınaklarını ve bütün eşyalarını kaybettikleri için, kendilerine yeniden bir barınak aramak ve eşyalarını yeniden yapmak zorunda kalmışlardır. Bundan dolayı, ilk çağ insanları, ateşi, bir tanrı olarak görmüşler ve ateşe, güneş tanrısı, savaş tanrısı, aşk ve güzellik tanrıları gibi isimler vermişlerdir.

Bugünkü anlamda yangından korunma çabaları ile ilgili ilk ciddi ve bilimsel çalışmalar, II. Dünya Savaşı'ndan sonra başlar. Ancak gerçekte bu çalışmaların geçmişinin çok daha eski dönemlere ulaştığı söylenebilir. Öyle ki M.Ö. 2000' li yıllarda yaşamış olan Babil Kralı Hammurabi' nin ünlü yasaları arasında inşaatla ilgili maddeler vardır. Bununla ilgili maddelerden birisinde:

“Hatalı bir yapının çökmesi halinde, yapı sahibi kaza nedeniyle ölürse yapıyı yapan mimar, yapı sahibinin oğlu ölürse mimarın oğlu öldürülecektir” [1] ifadesi yer alır.

M.Ö. 2000 'li yıllarda söylenmiş olan ve mimarın sorumluluğunu yansıtan bu sözler, o günkü dönem ile bugün içinde bulunduğumuz durum arasındaki farkı yansıtmaları açısından oldukça ilgi çekicidir

Günümüzde geçmişe göre farklı da olsa, binalar devamlı bir yangın tehlikesi içindedir. Ne türlü önlem alınırsa alınsın yangın çıkmama olasılığı her bina için kesinlik kazanamaz. Esas önemli olan, yangın başlangıcının kısa sürede anlaşılması ve müdahale etme olanaklarının çözülmüş olmasıdır. Bir yangının geç uyarılması daha gelişmiş ve şiddetli bir yangınla karşı karşıya gelinmesine neden olacaktır. Kısaca yangın tehlikesinin önlenmesi için, her türlü gecikmenin giderilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bina kullanım farklılıkları yangın olasılığını büyük ölçüde etkilemektedir. Yapılan yangın istatistiklerine göre toplam bina yangınlarının büyük bir bölümünü (% 50 - %63), konutlarda ortaya çıkan yangınlar oluşturmaktadır. Konutlardaki bu yangın riski ve nedenlerinin araştırma örgütleri ya da bazı kuruluşlar (örneğin, sigorta şirketleri) dışında, otoriteler veya toplum kesimlerince çoğu kez fark edilmemiş olması çok ilginçtir. Özellikle, enerji kullanımının ve elektrikle çalışan aletlerin artmasıyla, çıkan yangınlar sonucunda meydana gelen ölümlerin sayısı arasında bir bağlantı kurulması mümkündür.

Bina içi kaza ve yangınlara sebep olabilecek kişisel hatalar ile bina düzenlemeleri arasında, hangisinin öncelik taşıdığı, yani kaza olma olasılığı yönünden birinin katkısı nerede başlar, diğerinki nerede biter şeklindeki sorular geçmişte olduğu gibi bugün de cevaplanması zor sorulardır. Yangına karşı alınması gerekli güvenlik ve korunma önlemleri, can güvenliği başta olmak üzere, maddi kayıp ve zararları önlemeyi amaçlayan bir dizi önlem ve koşulları da beraberinde getirir ve günümüz mimarı, geçmişe göre farklı bir bilgi türüne ihtiyaç duyar. Bu bilgi türü bütün mimari uğraş düzeyinde yetenek ve yaratıcı gücün etkili biçimde kullanılmasını amaçlayan bir bilgi türüdür. Bilgi yetersizliği her dönemde mimar için bir engel oluşturmuş ve tasarımın genel seviyesini düşürmüştür.

Endüstri devriminden sonra yaygın bir şekilde kullanılan çelik taşıyıcı elemanların yangına karşı nasıl dayanıksız olduğunu 1871 Chicago yangını ortaya koymuş, yanan yapılardaki insanların kaçabilmelerini sağlayacak önlemlerin düşünülmesine ise ancak 18. yüzyıldan sonra başlanmıştır. 19.yüzyıl başlarından itibaren, yangından korunmak amacıyla, yapıyı meydana getiren malzeme ve bileşenlerin ele alınıp incelenmesi ve gerekli önlemlerin ortaya çıkartılması çalışmalarına başlanmıştır. Yapıların çeşitli bölümleri için zorunlu test yöntemleri belirlenmiş, fakat testler sonucunda bulunan değerler farklı kriterlere göre ortaya çıktığından ülkeden ülkeye büyük değişiklikler göstermişlerdir.

Ancak II. Dünya Savaşı'ndan sonra yangın deney, yöntem ve koşulları, bina boşaltma kapasiteleri, dumanın yayılma ve bina içi hareketleri vb. gibi sorunlar uluslararası işbirliği kapsamında CIB, ISO ve benzeri kuruluşlarca ele alınabilmiş ve böylece değerlerde bütünlük sağlanarak, çalışmalar umut verici bir seviyeye ulaşmıştır.

1.2 Yangın Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

Yangın, insanların arzuları dışında meydana gelen ve cisimlerin şekil durumlarını değiştiren ve onların artık faydalı işlerde kullanılmasına engel olan zararlı ve harap edici, alevli bir ateştir [2].

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yangından Korunma Yönetmeliği' ne göre ise yangın; yanıcı özellik gösteren, katı, sıvı ve/veya gaz maddelerinin kontrol dışı yanmasıdır [3].

Bir yanma olayı, yanan madde ve yakıcı gaz ikilisinin belirli sıcaklıkta bir arada bulunması ile ortaya çıkan kimyasal bir reaksiyondur. Bu reaksiyon sırasında bir enerji açığa çıkar ve bunun sonucunda yüksek sıcaklık ve yakıcı, boğucu gazların çıkmasıyla da yapılar ve insanlar üzerinde ağır kayıplara neden olur. Açığa çıkan enerji ısı kaynaklıdır. Isı yangın esnasında malzemenin oksijenle birleştiği zaman meydana gelmekte ve kalorimetre (cal) ile ölçülmektedir. Isı genleşmesi, malzemenin boyu ile bir ısı farkı karşısında, malzemenin boyunda meydana gelen deformasyon arasında bir orandır ve birimi $\text{cm} / \text{cm}^\circ \text{C}$ 'dir. Sıcaklık ise bir yerin veya bir malzemenin taşıdığı ısı miktarının değerini gösteren ölçektir [4].

Tarihsel gelişimine bakıldığında yangınlar, Dünya' da ve Türkiye'de büyük maddi ve manevi zararlara yol açmış ve açmaktadır. İnsanların toplu halde bulundukları okul, sinema ve hastane gibi binalardaki yangınlar can kaybına yönelik olmaları nedeniyle daha tehlikelidir. Yangınlar, tarih içinde şehir dokularının değişimine ve dolayısıyla yeni biçimler almalarına sebep olmuştur. Örneğin, İstanbul' da meydana gelen önemli yangınlardan 1866' da 3334, 1871' de 3024, 1911' de 4644 ve 1918' de de 8480 yapı yanmıştır [5]. Ülkemizde, tarihi açıdan, yangınla ilgili İstanbul'da Kanuni Sultan Süleyman devrinde "men'i harik" (yangını önleme) fermanları olduğu bilinmektedir. IV. Murat'ın tütün içmeyi yasaklaması bu önleme yöneliktir.

Londra' da 1666'da çıkan yangından sonra kenti yeniden inşaa etmek üzere çıkarılan 1667 tarihli Yapı Kanunu yangınların çıkış ve yayılmalarına ilişkin önlemleri içeren ilk resmi belgelerdendir. Ancak yangına karşı alınan önlemler çoğunlukla bu büyük yangınların ardından ortaya çıkmıştır.

1.3 Yangının İnsanlar Üzerindeki Etkileri

Ateş her zaman hem itici hem de hayranlık uyandıran bir özelliğe sahip olmuştur. Ateşin karmaşık gücü, insanoğlu üzerinde derin bir ilgi ve arzu uyandırarak, menfaati için ateşten yararlanmasını öğretmiştir. Ateşin yıkıcı potansiyeli onun bir canavar olarak betimlenmesinde büyük rol oynamıştır [6].

Ateşin dünyada fiziki olarak insan hayatını tamamlayıcı bir yanının olduğu kabul edilebilir. Son yıllarda tahrip edici ateşin psikolojik ve sosyal etkileri sistematik olarak incelenmektedir. Geçmişte ateş yalnızca mühendislik problemi olarak ele alınmaktaydı. Her ne kadar ateş ve insan davranışı hakkındaki sistematik çalışmalar son yıllarda başlamışsa da ateşin kullanımını insanlığın başlangıcına kadar indirmek mümkündür. İlk insandan uygarlaşmış torunlarının gelişimine kadar ateşin kontrollü kullanımına önemli bir aşama olarak bakılabilir. 19. yüzyıldaki gelişmeler, hızla büyüyen şehirlerde gaz ve daha sonra da elektrik kullanımını getirmiş ve ateşten yararlanma olanaklarını artırmıştır. Son yıllarda dış ülkelerde yangın önlemleri ve korunma alanındaki ilerlemeler, teknolojinin pratiğe uygulanmasını esas almıştır.

Yangın, başlangıçta duman ve sıcak gaz çıkarır. Bu nedenle yangında can kaybının esas nedeni yanma değil, boğulmadır. Ortamdan hemen uzaklaşılmalı ve kaçış yolları kolayca bulunabilmelidir. Tek kaçış yolu varsa ve bölge duman ile dolarsa, duman kaçmaya çalışanların görmesine engel olur, öksürtür, göz yaşartır ve bütün bunlar paniğe ve dolayısıyla boğulmaya neden olabilir. Yangın açısından emin bir ortam sağlanabilmesi için, insan olarak yangın ve tehditleriyle karşı karşıya gelince nasıl davranılması gerektiği çok iyi bilinmelidir. Bunun için insan davranışları ile yangın arasındaki ilişkiler konusunda elimizde bulunan bilgilerin artırılması gerekmektedir. Bu bilgilerin yeterliliği, özellikle kontrol altına alınamayan yangınlar için can güvenliğinin sağlanması açısından çok önemlidir. Bu geliştirilen bilgilerin pratiğe uygulanması da ayrı bir önem taşımaktadır. Toplu eğitim programları geleneklere göre değil, bu çalışmaların sonuçlarına göre hazırlanmalıdır.

İnsan davranışının deneysel özelliklerine göre kod ve standartlardaki gelişmeler yönlendirilmelidir. Yangın,

- * Özellikle toplu halde bulunan ve insan sayısı arttıkça paniğin artabileceği yerlerde,
- * İnsanların çevrelerine yabancı olduğu ve kaçış yollarının değişik biçimlerde engellendiği yerlerde,
- * Hasta ya da uykuda olan insanların bir acil duruma tepki veremeyecekleri yerlerde

daha tehlikeli düzeylere ulaşabilir [7].

İnsanın yangın esnasında içinde kalmasının tehlikeli olduğu çevre koşulları ise şöyle sıralanabilir:

- 1- Havanın sıcaklığı,
- 2- Isı yayılım (Rayonnement) şiddeti,
- 3- Havanın bileşimi.

İçinde bulunan hacmin ısısı ne derece yüksek ise, hayatta kalma süresi de o ölçüde kısa ve imkansız olmaktadır. Normal koşullar altında insan, 65° C (150°F)'nin üzerindeki bir yerde çok kısa bir süre kalabilir. İnsan vücudu 120° C (250° F)' ye sadece 15 dakika dayanabilmektedir. 143° C (290° F)' lik bir ısı ise 5 dakikada dayanımı güç bir ortam yaratır. Eğer sıcaklık 177° C (350° F)' ye 1 dakikadan daha az bir sürede ulaşırsa insan vücudunda onarılmaz yanıklara neden olur [8]. Bu değerler havanın rutubet ve kuruluk derecesine, koruyucu elbiselere, fiziki güç ve dayanıklılık gibi parametrelere bağlı olarak da farklılık gösterebilir. Isı yayılımının belirli bir seviyeden daha yüksek olması durumunda, ısı, vücudun açıkta kalan korunmamış bölümlerinde yanıklara neden olur. Yangınlarda can kayıplarına neden olan ölümcül çevre ve hava koşullarının hala çok yetersiz ve eksik olmasına rağmen, bugün bu konuda önemli bilgiler elde edilmiştir. Bunlardan ilki, belirli sınırlı hava sıcaklık derecelerinde insanların tehlikesizce kalabilecekleri zaman süresinin bilinmesidir. Bir diğeri de oksijen yönünden yetersiz olan havayı teneffüs etmenin ortaya koyduğu hayati durumlar ile belirli bir oksijen oranının altındaki havada kalabilme sınır süresidir. Ayrıca ısı nedeniyle ortaya çıkan kimyasal maddeler ve malzemelerin yanma sonucu ortaya çıkaracakları gaz ve uçucu bileşikler hakkında da önemli veriler elde edilmiştir.

Büyük can kayıplarına neden olan yangınların önlenmesi için mimarlar kadar kullanıcıların yani insanların da bu konuda eğitilmiş olması ve yatakta sigara içme, elektrik prizlerine gereğinden fazla elektrikli alet bağlayarak tesisatta aşırı yüklem yapma ve yanabilir gereçler ve malzemeler yanında kaynak kullanımı vb. gibi davranışlardan kaçınarak, daha bilinçli ve duyarlı hareket etmesi gerekir [1].

1.4 Yangının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Fiziksel birer oluşum olan kondüksiyon (iletim, bir ısı kaynağına değen bir cismin moleküllerinin hareketi sonucu o ısıyı bünyesinin soğuk taraflarına yayması), konveksiyon (ısı yayılımı / aktarımı) ve radyasyon (ışınım, ısının ısı dalgaları halinde çevreye yayılması) malzemelerin niteliklerine göre farklılık gösterirler. Yangın enerjisinin % 76 - 80' nini oluşturan konveksiyon yangının özellikle bina içerisinde yayılması ve sıçramasında çok önemli rol oynayan bir gelişimdir.

Temiz hava aşağıdan yukarıya doğru, yangın ateş aksını destekleyerek tavanda yoğun bir gaz tabakası oluşumuna katkı sağlar. Kısa sürede sıcaklığı yükselen gaz tabakası, doğrudan veya yansıtıcı yüzeylerden radyasyon etkisi ile mekanı, tutuşmaya süratle hazırlar. Bu fiziki özellik dikkate alınması gereken önemli bir sonuçtur. Tutuşma ortamının varolması için yeterli termal enerji ve materyal gereklidir. Gerçekte tutuşmanın gerçekleşmesi için ateş üçgeni denilen üç faktörün uygun bir ortam yaratması gereklidir (Şekil 1.1) [9]. Tutuşma reaksiyonu, O₂ ile malzeme ilişkisinin yeterli sıcaklığa ulaşması ile başlayabilmektedir. Malzemenin ısınması sıcaklık artışına neden olmakta; artan sıcaklık, çevre sıcaklığı üstüne çıkarak malzemede gaz çıkışını sağlamakta ve gaz çıkışı da malzeme yapısında değişikliğe, çözülmeye, dağılmaya ve bozulmalara sebep olmaktadır. Bu çözülüş ve malzeme yapısındaki çöküntü gazların yeterli sıcaklığa ulaşımı ile yanmayı başlatmaktadır. Çöküntü fazındaki malzeme ise sıçrayan bir kıvılcımla hemen tutuşmaktadır.

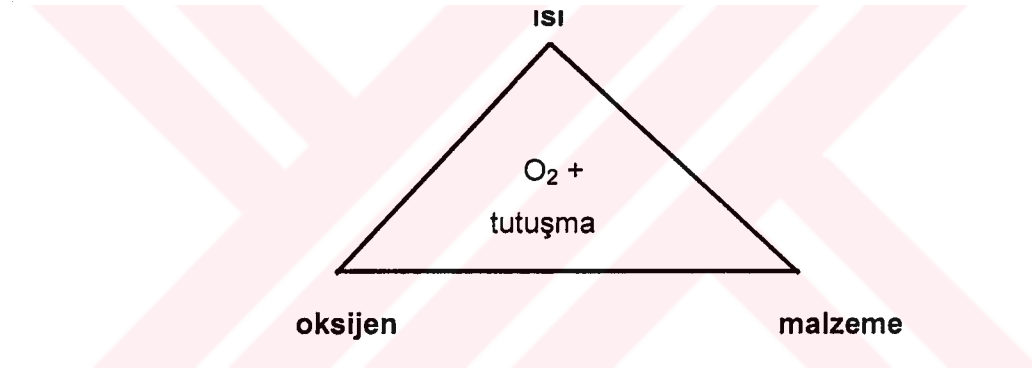
Malzemede tutuşma iki şekilde meydana gelmektedir:

- a) Ateşleyici bir unsurla,
- b) Otomatik olarak (kendiliğinden).

Yanma ise, tutuşmanın devamı olan bir süreç olup o da iki şekilde gerçekleşmektedir:

- a) Alevli yanma,
- b) Alevsiz yanma.

Alevsiz yanma, alev çıkmadan kendi kendine, için için yayılım gösteren bir süreçtir. Kağıt , sellülozik kumaş, ahşap talaşı, kauçuk köpüğü ve elyafları bu şekilde alevlenmeden karbonlaşan maddeler olarak sayılabilir [9]. Yanma işleminin oluşması ile malzemedeki yanma kaynağına doğrudan konveksiyon ve radyasyon etkisi egemen olmaktadır. Bu da geri besleme yaparak yanmayı olumlu yönde desteklemektedir. Bu oluşumla güçlenen ısı kaynağı, diğer tarafları da radyasyon etkisine almakta ve radyasyon; etkili yüzeylerde ön ısıtma yaparak, malzemede gaz çıkışı ve buna bağlı olarak dokusal gelişmelere neden olmaktadır.



Şekil 1.1. Ateş Üçgeni

1.5 Yapılarda Yangın Yüğü ve Yangın Dayanımı

Taşıyıcı sistemde ve iç mekanlarda yer alan yanıcıların miktarına ve ısı değerlerine bağlı olarak oluşturabilecekleri toplam ısı miktarına "yangın yüğü" denir. Yangının şiddetini, yapının yangın yüğü belirler. Yapının bir bölümünde döşeme birim alanına düşen ısı miktarına "özüml yangın yüğü" denir. Özüml yangın yüğü, genellikle eşdeğer ahşap ağırlığı cinsinden kg/m^2 birimiyle gösterilir [7].

Yangın dayanımı ise bir taşıyıcı sistem ögesinin (duvar, kolon, kiriş, döşeme vb.) önceden saptanan şiddette bir yangın sırasında aşağıda belirtilen ölçütlerin tümünü ya da bazılarını, belirli bir süre için yeterli bir biçimde yerine getirebilme yeteneğinin ölçüsü olup bu sürenin dakika olarak anlatımıdır. Bu ölçütler,

- a) Durağanlık (stability) : Aşırı sehim ya da göçmeye direnir,
- b) Geçişimsizlik (integrity) : Alev ya da sıcak gaz geçişimine direnir,
- c) Yalıtkanlık (insulation) : Yangına bakışımı olmayan arka yüzde aşırı sıcaklık artışına direnir (Şekil 1.2).

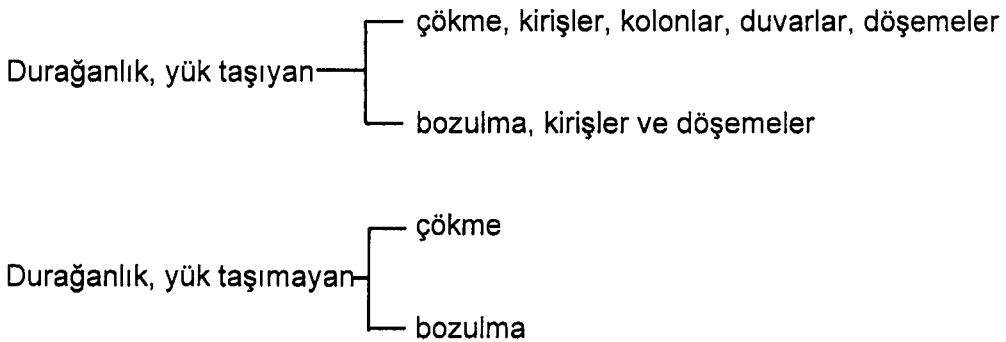
Geçişimsizlik ve yalıtkanlık, yangın yayılımını değerlendirmede kullanılır. Bir çok ülkede yangın direnir değerlerini belirlemek için uluslararası "standart sıcaklık-zaman eğrisi"nden yararlanılmaktadır. DIN 4102 'ye göre yangın direnir sınıfları ve süreleri aşağıdaki gibidir (Şekil 1.3) [7].

- F 30 __ Yangın Durdurucu
- F 60 __ Yangın Durdurucu
- F 90 __ Yangın Dayanımlı
- F 120 __ Yüksek Yangın Dayanımlı
- F 180 __ Çok Yüksek Yangın Dayanımlı

Taşıyıcı sistem elemanlarıyla birleştirilmiş "Yangın Dayanım" kriterleri aşağıda verilmiştir [10].

- Durağanlık ————— Yük taşıyan (ayrılmamış) kirişler ve kolonlar
- Geçişimsizlik ————— Yük taşıyan (ayrılmış) duvarlar ve döşemeler
- Yalıtkanlık ————— Yük taşımayan (ayrılmış)

Hata biçimleri



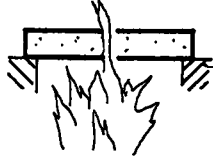
Geçişimsizlik ———— {
 açıklıklar
 delikler, ağızlar
 boşluklar

Yalıtkanlık ———— {
 sıcaklık ortalama artar
 sıcaklık maksimum artar
 radyasyon

ortalama sıcaklık
 artışı $\leq 139\text{ }^{\circ}\text{C}$



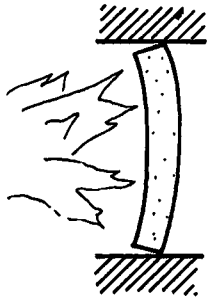
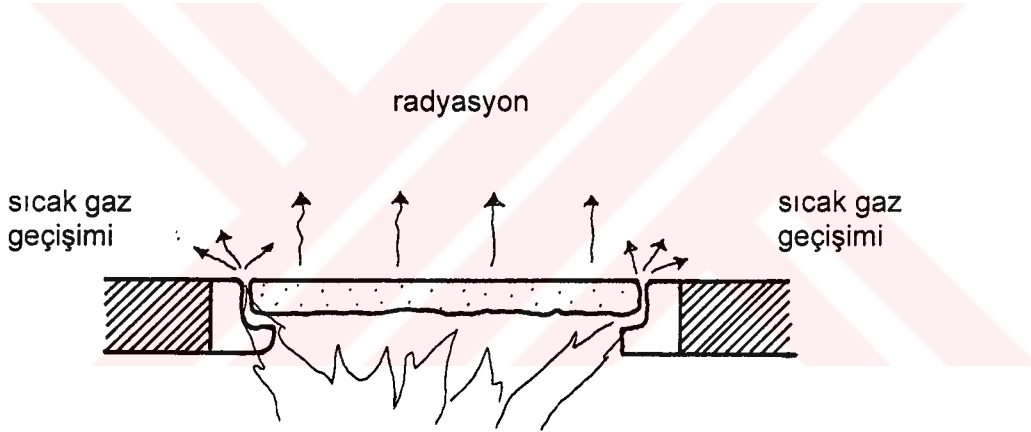
göçme ya da
 aşırı sehim



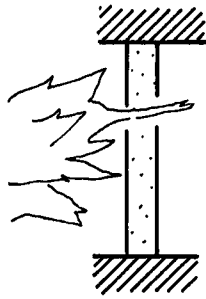
alev geçişi



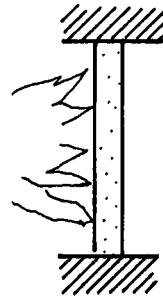
yetersiz yalıtım



göçme ya da
 aşırı sehim



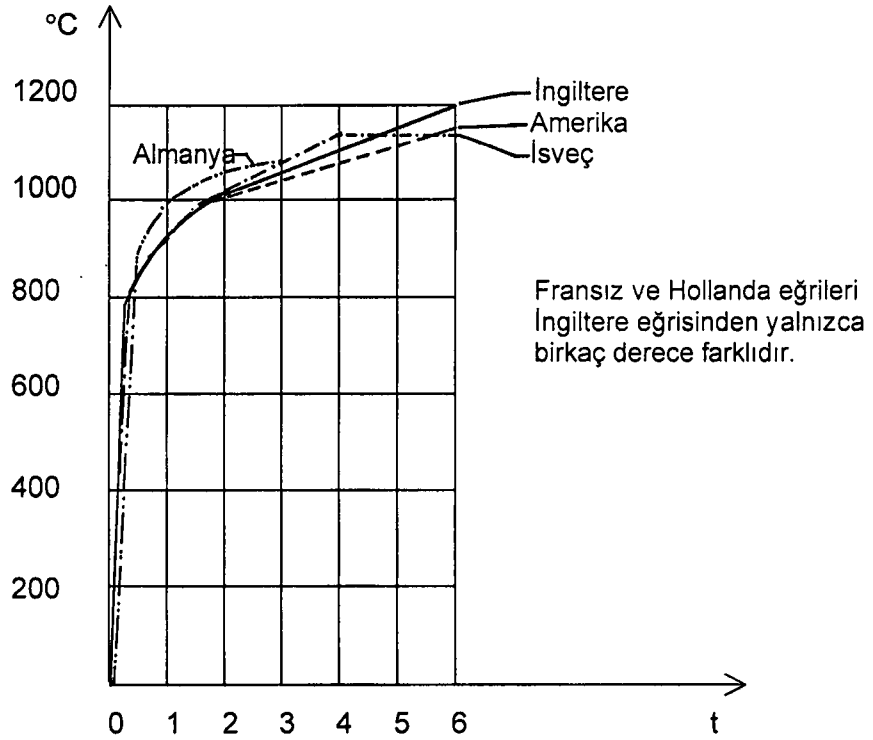
alev geçişi



yetersiz yalıtım

Ortalama sıcaklık
 artışı $\leq 139\text{ }^{\circ}\text{C}$

Şekil 1.2. Döşeme, Kapı ve Duvarlarda Yangın Dayanımı Anlatımı



Şekil 1.3. Çeşitli Ükelere Ait Sıcaklık / Zaman Eğrileri

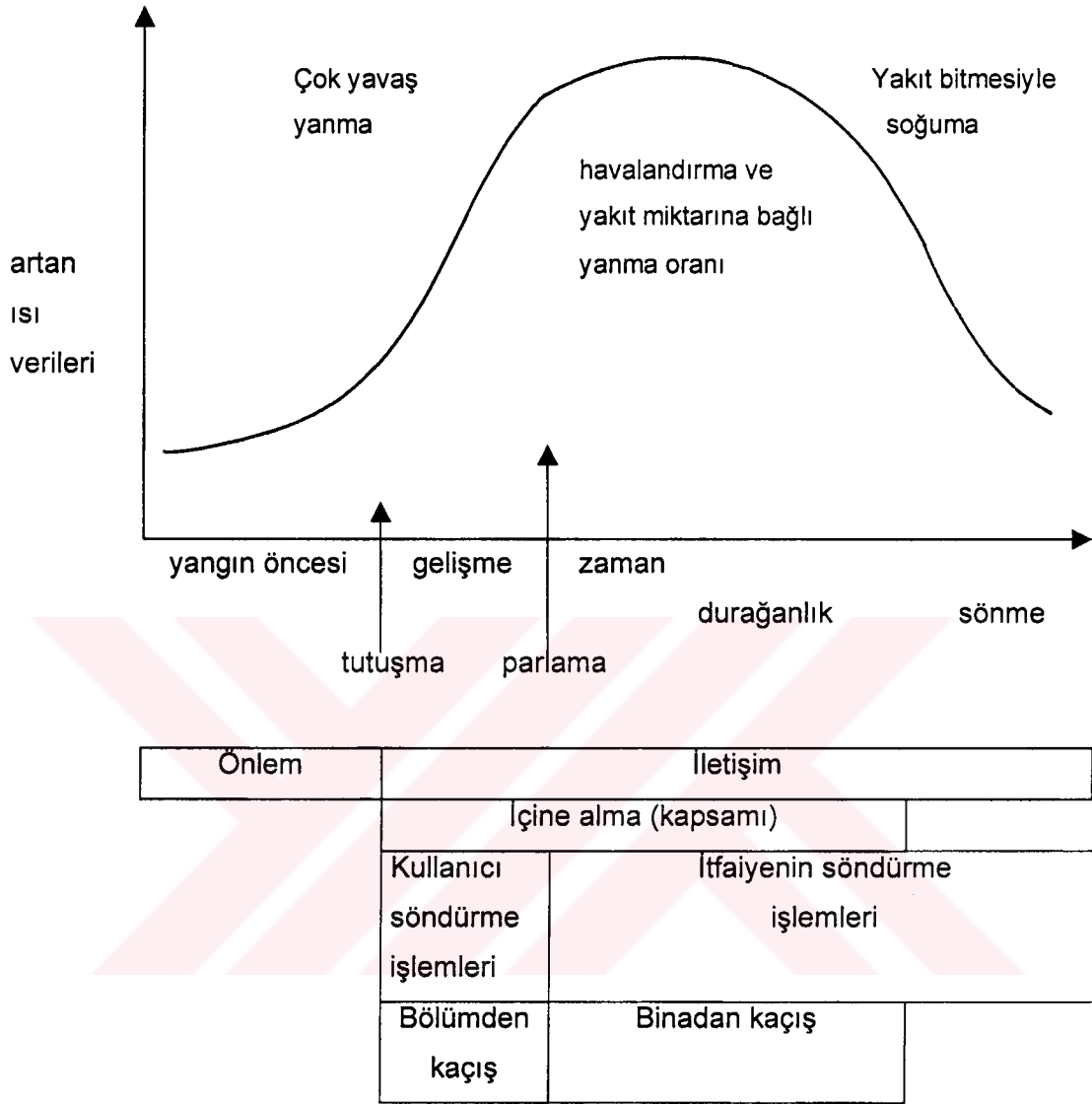
Yangın dayanımı bir yapının tümüne ya da bir ögeyi oluşturan gereçlere ayrı ayrı uygulanmaz. Yapısal yangın korunumunda yalnızca sınırlı bir zaman aralığında aşağıdaki nitelikler aranır.

- * Kaçış yolları, yapıdaki tüm insanlar dışarıya çıkana kadar güvenli geçiş özelliğini korumalıdır,
- * Bölüm kabuğunu oluşturan bileşenler, ögeler yangın süresince işlevlerini sürdürmelidir,
- * Yapının öteki taşıyıcı ögeleri kurtarma ve yangın savaşı sırasında işlevlerini yerine getirmelidir. Bu sınırlar gereğinden çok yüksek tutulursa gereksiz harcamalara yol açmış olunur [7].

1.6 Yangın Yayılımı

Kapalı bir hacimde ısı 650°C 'yi bulduğu zaman, yangın bir saniyeden daha az bir zamanda bütün hacme yayılır. Bu yayılma anı (yangının sıçrama anı) parlama olarak tanımlanır. Yangının gelişmesi ısı ve zamana bağlı olarak; başlangıç, gelişme ve sönme adı altında üç evrede gerçekleşir.

Şekil 1.4 yangının nasıl geliştiğini, zamana karşı ısı çıkışını ve ayrıca hangi aşamada, hangi yöntemlerin kullanılabileceğini gösteren bir grafik anlatımdır [11].



Şekil 1.4. Yangının Evreleri

Yangının bina içinde yayılması,
Alevlerin,

- * Duvar, ayırıcı pano vb. gibi yapı elemanları arasından,
- * Açık bırakılmış bir kapıdan,
- * Hacmin içinden geçen veya hacimle bağlantılı bir kanaldan,
- * Yanan hacmin pencere ve cephe boşluklarından geçmesi ile,

Sıcak yanıcı gazların,

- * Kanal ve bacalar,
- * Koridor, geçit, asansör boşluğu ve merdiven kovası gibi iç sirkülasyon elemanları,

aracılığı ile dağılmaları sonucu meydana gelebilir [8].

Yangın bir yapıdan ötekine,

- * Havada uçuşan yanar parçacıkların çevredeki yapıların üzerine ya da içine düşmesiyle,
- * Sıcak gazların konveksiyon yoluyla komşu yapıları etkilemesiyle,
- * Çatı arası boşluklarından geçit bulmasıyla,
- * Radyasyon yoluyla bir açıklık, avlu ya da aydınlığı aşmasıyla yayılır.

Yangın yayılımının ana etkeni "radyasyon" dur. Yangının radyasyonla yayılabilmesi için gerekli ısı miktarı "ısı radyasyon şiddeti" olarak tanımlanır. Isı radyasyon şiddeti aşağıdaki üç faktörün ürünüdür:

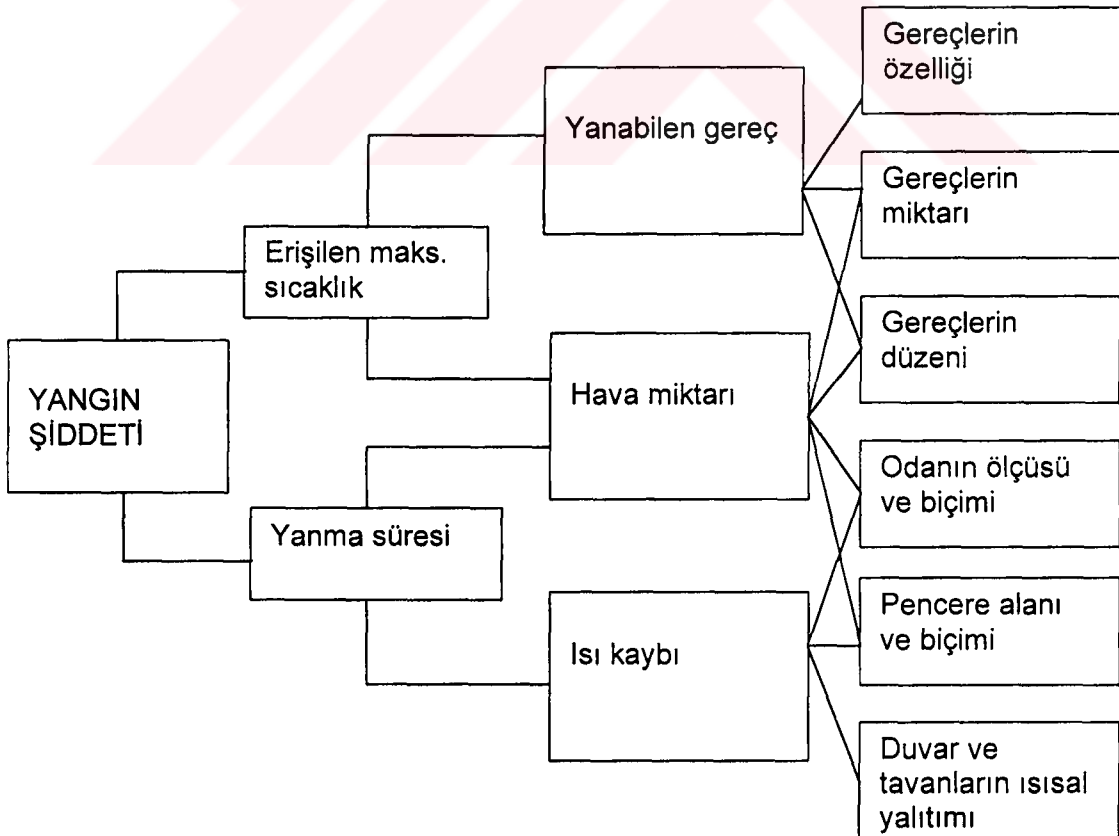
- * Yangının şiddeti,
- * Radyasyon yayan yüzeyin boyutları,
- * Radyasyon alan yüzeye bağlı olarak yangının yeri ve uzaklığı.

Yangının şiddeti strüktürde, bitişlerde ve dekorasyon malzemelerinde kullanılan yanıcıların miktarına kısıtlama getirilerek indirgenebilir (Şekil 1.5). Yangın,

- * Düşey boşluklara (döşeme bacaları, şaftlar vb.) açılan korunumsuz duvar boşlukları,
- * Mekan kabuğunu delerek geçen hava kanallarının çevresindeki boşlukların sıkı bir biçimde kapatılmaması,
- * Taşıyıcı sisteminlerin birleşme yerlerinde yangın durdurucuların bulunmaması ya da bunların yetersizliği,
- * Alev, sıcak gaz ve buharların içinden geçtiği kanallarda kapakların (damper) bulunmaması,
- * Yetersiz ya da kusurlu yerleştirilmiş kapılar ve kasalar,
- * Çarpmaya karşı önlemler alınmaması sonucu strüktürde yangın direniminin zayıflaması vb. nedenlerle olduğu mekanın sınırlarını aşabilir [7].

Yangın genellikle sınırlı bir mekanda oluşur. Ancak uygun koşullar altında bu sınırları aşarak çevresindeki mekanlara ve tüm yapıya yayılabilir. Yangın,

- * Asansör kuyuları, merdiven yuvaları, servis boşluklarının baca gibi çalışması,
- * Bölüm duvarlarının, çatı ve asma tavan boşluklarında devam ettirilmemesi ve gereken kesimlerde yangın durduruculara yer verilmemesi,
- * Zemin kat döşemelerinin yeterli yangın direnimine sahip olmaması ya da döşemedeki boşlukların korunumu için özen gösterilmemesi sonucu, bodrum katların ek tehlikeler göstermesi,
- * Kapı kasa ve kanatlarının uygulandıkları duvarlarla aynı yangın direnim değerine sahip olmamaları,
- * Yürüyen bantların içinden geçtiği duvar boşluklarının kepenk, kapak vb. ile korunmaması,
- * Yürüyen merdiven boşluklarında koruyucu kepenklerin öngörülmemesi,
- * Boru ve kanalların içinden geçtiği döşeme boşluklarında yangın durdurucuların düzenlenmemesi,
- * Perde duvarların, cam cephelerin strüktüre iyi tespit edilememesi ya da tespit parçalarının ısı etkisiyle bükülmesini önleyecek yangın durdurucular kullanılmaması, vb. nedenlerle tüm yapıya yayılabilir [7].



Şekil 1.5. Yangın Şiddetini Etkileyen Faktörler

1.7 Yangın Tehlikeleri

Yangın sonucunun ortaya koyduğu tehlikeler,

- a) Yangının başlangıcından gelişmesine kadar çıkmış olduğu mekanda ortaya koyduğu tehlikeler,
- b) Yangının yayılmasının ortaya koyduğu tehlikeler,
- c) Sıcak ve zararlı gazlar ile dumanın ortaya koyduğu tehlikeler,
- d) Taşıyıcı sistemin uğradığı direnç kayıplarının ortaya koyduğu tehlikeler,

olarak tanımlanabilir.

Teknolojinin ilerlemesi ile binalarda kullanılan malzemelerde çeşitlilik olmuştur. Bu malzemelerden plastik ve sentetiğin yapıya girmesi dumandan boğulma, zehirlenme veya nefes yollarında oluşan doku bozuklukları ve kanamaların neden olduğu ölüm olaylarının artmasında rol oynamıştır. Bunlardan sentetik malzemelerin yanma hızı genellikle daha büyük olduğundan, oluşturdıkları ısı, duman ve zehir miktarları daha fazlayken ; havanın oksijen yönünden fakirleşmesi daha hızlı ve ısı derecesi de o ölçüde daha yüksek olmaktadır. Plastik malzemelerden yapılan mobilya ve eşyanın ortaya koyduğu “yangın tehlikesine” bir örnek olarak, 26 Ağustos 1970’ te New York Uluslararası Kennedy Havaalanı’ nda bulunan BOAC’ nın yeni terminal binasında meydana gelen bir yangında 30 dakika içinde 2.500.000 dolarlık bir maddi kayıp oluşturarak, 100m uzunluğundaki bina bölümünü kaplaması ve yanması gösterilebilir. O.C.Port bir yazısında bu yangını; “insanlık tarihinin en kısa sürede en büyük maddi zararı veren yangını” olarak nitelendirmektedir.

Bugün birçok ülkede, birbirinden farklı yöntem ve koşullarda geleneksel yangın deneyleri yapılmaktadır. Bunlar tutuşkanlık, alevin yayılma hızı, ısıl debi, dumanların saydamsızlığı, yanma olayı veya kimyasal ayrışımalar sonucu meydana gelen gaz ve buharların fizyolojik etkileri gibi malzemelerin yangına karşı gösterdikleri tutum ve davranışları yansıtan öğelerin birini, ikisini veya bir çoğunu değerlendirmeyi amaçlayan ve buna olanak tanıyan deneylerdir. Böyle olmakla beraber, bu laboratuvar deneyleri; yangın esnasında karşılaşılması mümkün bütün durumlarla değil, sadece tek bir durumla ilgili sonuç ve bilgileri, gözler önüne serebilmektedir [8].

Yangının bina içine yayılmasının önlenmesi; birbirlerine zıt gibi gözüken, iki çözümü gerektirir. Bunlar,

- a) Yangını başladığı ortamda tutmak,
- b) Ya da doğrudan doğruya serbest havaya bırakmak,

şeklinde tanımlanabilirler.

Bina elemanlarından dış cephe duvarları, yangının bina içi ve binalar arası geçişi ve yayılmasını etkileyen önemli bir faktördür. Dış cephe duvarında bulunması istenilen başlıca fonksiyon ve nitelikler,

- * Ateşi, başladığı mahalde tutmak ve bina içinde sınırlamak,
- * Kattan kata yangın geçişini önlemek,
- * Bitişik veya komşu binalarda başlayan yangının binaya sıçraması ve yayılmasını engellemek,

olarak sıralanabilir.

Birçok ülkede dış cephe duvarlarının yangın sırasında gösterdikleri davranışları açığa kavuşturmak üzere çeşitli deneyler yapılmaktadır. Örneğin; İngiltere’ de Fire Research Station tarafından bu yönde gerçekleştirilen bir dizi yangın deneyi; “bir kattaki pencerenin üstü ile bir üst katta aynı seviyede bulunan pencerenin altı arasında yatay veya düşey yangın tutucu bir engelin bulunmasının yangının üst kata geçişine engel olamadığını; aksi bir durumun ise yangının yayılma tehlikesini pek fazla arttırmadığını” ortaya koymuştur [8]. Alevler, ateşe dayanıklı engelleri aştıktan sonra, cephe, düzen ve yerleştirme şekli ne olursa olsun pencere boşluklarına doğru çekilmekte ve yangının kattan kata yayılmasını mümkün kılmaktadır. İngiltere’de yapılan başka bir deney sonucuna göre,

- * Bir yangında, meydana gelebilecek oksijen noksanlığı nedeniyle; dış cephe yüzeyindeki sıcaklığın içtekine oranla daha çok yüksek olabileceği,
- * Pencere boşluğu üzerindeki dolu kısım ile alttaki parapetin karşı karşıya kalabileceği “iç ısı koşulların” büyük farklılık gösterebileceği saptanmıştır.

Pencere üst bölümünün, pencere boşluğundan çıkan sıcak yanıcı gaz ve alevlerin etkisiyle kısa sürede tutuşma noktasına gelmesine karşın; pencere altındaki dolu yüzeylerin içeri giren taze hava ile belirli ölçüde soğuyabileceği rahatlıkla söylenebilmektedir.

Fransa'da farklı cephe düzenlemeleri üzerinde yapılan bir dizi yangın deneyi (LEPIR2); kapı, pencere gibi cephe boşluklarının form ve şekillerinin alevlerin yüksekliği üzerinde etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, bir yangında yatay formdaki pencerelerin düşey pencerelere oranla cephe yüzeyinde daha alçak bir alev örtüsü oluşturduğu bu deneylerle saptanmıştır [8].

1.8 Yangında Ortaya Çıkan Duman ve Zehirli Gazların Etkileri

Her yıl yapılan yangın istatistikleri göstermektedir ki, yangınlar evlerde ve işyerlerinde facialara neden olmaktadır. Soluk yoluyla alınan zehirli gazlar ve duman birinci derecede ölüm sebebi olarak görülmektedir. Bu yüzden bugün, dumanın kaçış yollarına girmesinin engellenmesi başta olmak üzere yangın güvenliği tasarımı yapılmış ve binalarda duman hareketini belirlemek ve duman kontrolünü sağlamak için son 20 yılı aşkın bir süredir çeşitli sistemler geliştirilmiştir.

Hizmet amaçlı olarak ateş iyi bir yardımcı olabilir fakat ateş binalarda kontrolsüz yayıldığı zaman oldukça tehlikelidir. 1976' da İngiltere' de 1000' den fazla kişinin yaşamını yitirdiği yangın, £ 204.000.000' dan fazla zarara neden olmuştur [12].

Duman, tam olmayan bir yanmadır. Farklı boyut, ağırlık ve yoğunluğa sahip yanmamış karbon ve katran partikülleri dumanı oluşturan temel öğelerdir. Duman ve zehirli gazlar yangın felaketlerinin % 50' den fazlasına sebebiyet vermektedir. Yanma esnasında çıkan azot oksitler, kükürtdioksit, siyanidrik asit, hidroklorik asit ve karbonmonoksit bileşimli gazlar canlılar için öldürücü nitelikte tehlikelidir. Duman bileşimindeki su buharı ve hidrokarbürler, diğer gazlara göre daha az tehlikelidirler. Bir yangında ortaya çıkan dumanın miktarı ve yoğunluğu; yanan malzemenin cinsine, kimyasal ayrışımı sağlayacak ısı derecesine, yanan yüzeye, malzemenin yüzey / hacim oranına; dağılacağı hacmin boyut ve şekline, yayılma olanağına ve mevcut hava akımlarının seviyesine bağlı olarak farklılık gösterir. Bu nedenle, bir yangında ortaya çıkabilecek dumanın miktar ve yoğunluğunu, dağılım hız ve koşullarını ve diğer olasılıkları önceden bilmek ve değerlendirmek, kuşkusuz bugün için olanak dışıdır [8].

Özellikle, son yıllarda, Japonya, Kanada, A.B.D., İngiltere, Fransa ve Almanya gibi ülkelerde gerek "gerçeğe yakın" (semi-natural) yangın deneyleri ve gerekse binanın genel parametreleri ve bunlara dayalı varsayımlara dayandırılan hesaplamalarla dumanın, bina içi dağılım ve yayılmasını önceden belirlemeye dönük araştırmalar yapılmaktadır.

Los Angeles şehri "yangından korunma servisi" tarafından gerçekleştirilen bir dizi yangın deneyinden sağlanan bilgiler, dumanların bina içinde çok çabuk yayıldıklarını doğruluyacak niteliktedir [8]. Dumanın, boğucu etkisinin yanında, yangın esnasında binanın boşaltılmasını engellemesi, görüşü azaltması ve zehirli maddeler içermesi vb. tehlikeli yönleri vardır. Tablo 1.1 aynı koşullarda koruyucusuz uygulanmış bir kaç yalıtım malzemesinden çıkacak dumanın görünme sürelerini (yaklaşık değerler) vermektedir [13]. Yalıtım malzemesi olarak kullanılan bu maddeler ahşaba oranla daha çabuk ve hızlı gaz çıkarırlar. Hacim büyük, yalıtım malzemesi korumasız olduğu zaman, hacmi dolduran dumanın büyük kısmı yalıtım malzemesinden gelir. Yalıtım malzemesini koruyarak, yangını ve duman çıkışını azaltmak mümkündür.

Tablo 1.1. Korunmamış Bazı Malzemelerin Duman Çıkarma Süreleri

Malzeme	Duman görünme süreleri(dakika)
PF(fenol formaldehit) köpüğü	100
Ahşap	10
Mantar	3.3
PS (polistren) köpüğü (styropor)	1
PVC köpüğü	1
PU (Poliüretan) köpüğü	0.7

Tablo 1.2' de 12.5 mm kalınlığında iki yüzü kartonlu alçı plaka ile kaplanan bazı malzemelerin duman çıkarma süreleri gösterilmektedir [13].

Tablo 1.2. Gaz Çıkışı Üzerine Koruyucu Katmanın Etkisi
(Kaplama: 12.5 mm kalınlığında alçı pano)

Malzeme	Alçısız görünme süresi	Alçılı görünme süresi
Mantar	3.3 dakika	180 dakika
PS köpük	2.0 dakika	13 dakika
PU köpük	0.7 dakika	2.5 dakika

Yangında ortaya çıkan sıcak hava, gaz ve dumanlar bir tür genişleme sonucu, örneğin yaklaşık 315° C' de % 100 bir basınç artışı ile hacmin içindeki pencere ve kapıların kasa ve kanat aralarından bina içine kolaylıkla sızar ve hızla yayılırlar. Yangında oluşan sıcak hava, gaz ve dumanlar; ateşin etrafı sarmasını beklemeden bina içine ve sirkülasyon alanlarına yayılarak içerde bulunanların can güvenliklerini ciddi şekilde tehdit ederler. Koridor, merdiven evleri vb. yerlere yayılan duman ve sıcak gazların basınçlama yöntemiyle korunumlu bir koridordaki hava basıncı yükselterek komşu hacimlerde oluşan dumanın dışarı atılması sağlanır. Basınçlama yönteminin bu şekilde kaçış yollarında duman denetimini sağlamak amacıyla kullanılması büyük yararlar sağlar [7].

1.9 Amaç, Kapsam ve Yöntem

Bu çalışmada, yapıları oluşturan taşıyıcı sistem elemanları, yapı bileşenleri ve malzemelerine ait özelliklerin yangın tehlikelerine karşı korunması için, ne tür yalıtım malzemeleri ve yalıtım yöntemlerinin kullanılabileceğine dönük bir araştırmanın yapılması amaç edinilmiş ve bu amaca yönelik olarak da özellikle taşıyıcı sistemlerde kullanımı giderek yaygınlaşan çelik malzemeye yangının ne tür bir etkisinin olduğu, ne gibi hasarlara yol açtığı ve bütün bu olumsuzlukları gidermek için de yalıtımın gerekliliği, yalıtımlı ve yalıtımsız durumdaki çeliğin yangına karşı dayanımına yönelik olarak hazırlanmış örnek bir uygulama üzerinde açıklanmaya çalışılmıştır.

Yapılarda yangın güvenliği konusu, birçok ülkede zorunlu hale getirilerek konu ile ilgili yönetmelikler, çeşitli hesaplama yöntemleri ve yangından korunma yöntemleri geliştirilmiştir.

Ülkemizde ise, henüz Avrupa Birliği Standartlarına (Eurocode) uygun, gerek yangın mukavemet hesaplamaları, gerekse yönetmelik kapsamında ciddi bir yayın bulunmamaktadır.

Çeliğin dünyada gerek taşıyıcı sistem elemanı olarak gerekse yapı bileşeni olarak kullanımının yaygın olmasının yanında, yangından korunmasına yönelik çalışmaların sayısı da oldukça fazladır. Ülkemizde ise yeni yeni kullanımı yaygınlaşan ve giderek artan çelik yapı malzemesinin, karşılaşılabileceği yangın sorunlarının gözardı edilmemesi gerektiği düşüncesiyle çalışma hazırlanmış ve yangınla ilgili olası bir yönetmeliğin hazırlanmasında faydalanılabilecek - kapsamı sınırlı da olsa - bir kaynak olma özelliği taşımasına gayret gösterilmiştir.

Ayrıca, ülkemizde dış ülkeler kadar yangın konusuna bilimsel düzeyde ilginin olmaması nedeniyle, çeşitli ülkelere ve ülkemize ait yangın yönetmeliklerine yer verilmiş ve bu yönetmelikler karşılaştırmalı olarak irdelenerek, yangın önlemleri konusunda ne kadar geç kalındığı vurgulanmak istenmiştir. Yönetmeliklerdeki deneysel veriler ülkelerin iklim ve coğrafi koşullarına göre değişiklik gösterdiği için, ülkemizde de bu tür deneysel çalışmaların başlatılması ve bunların yapılmasında izlenilmesi gereken yöntem ve hesaplamaların dış kaynaklı örnekler dikkate alınarak yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

BÖLÜM 2

YANGINDAN KORUNMANIN KAPSAMI ve İLGİLİ YÖNETMELİKLER

2.1 Yapılarda Yangın Problemleri ve Alınması Gerekli Önlemler

Çağımız çok hızlı bir değişim çağıdır. Konut ve dükkan gibi, tek amaçlı basit yapılar bile değişmekte, çok katlı apartmanlar olmakta, gökdelenler içerisinde çarşı, okul, ev, büro vb. değişik amaçlı birimler bir araya toplanmakta ve her birimin kendine özgü ısıtma, havalandırma ve aydınlatma gereksinimleri olmakta, giderek daha karmaşık ve daha çok boyutlu olmaktadır. Bina tasarım ve inşaat planları (hastane, yurt, çok katlı büro binaları vb.) yalnızca yangın emniyeti ilkelerine göre değil, binayı kimlerin ve nasıl kullanacaklarına ve bu insanların yangında nasıl tepki göstereceklerine göre de düzenlenmelidir. Yangından korunmada genel amaç,

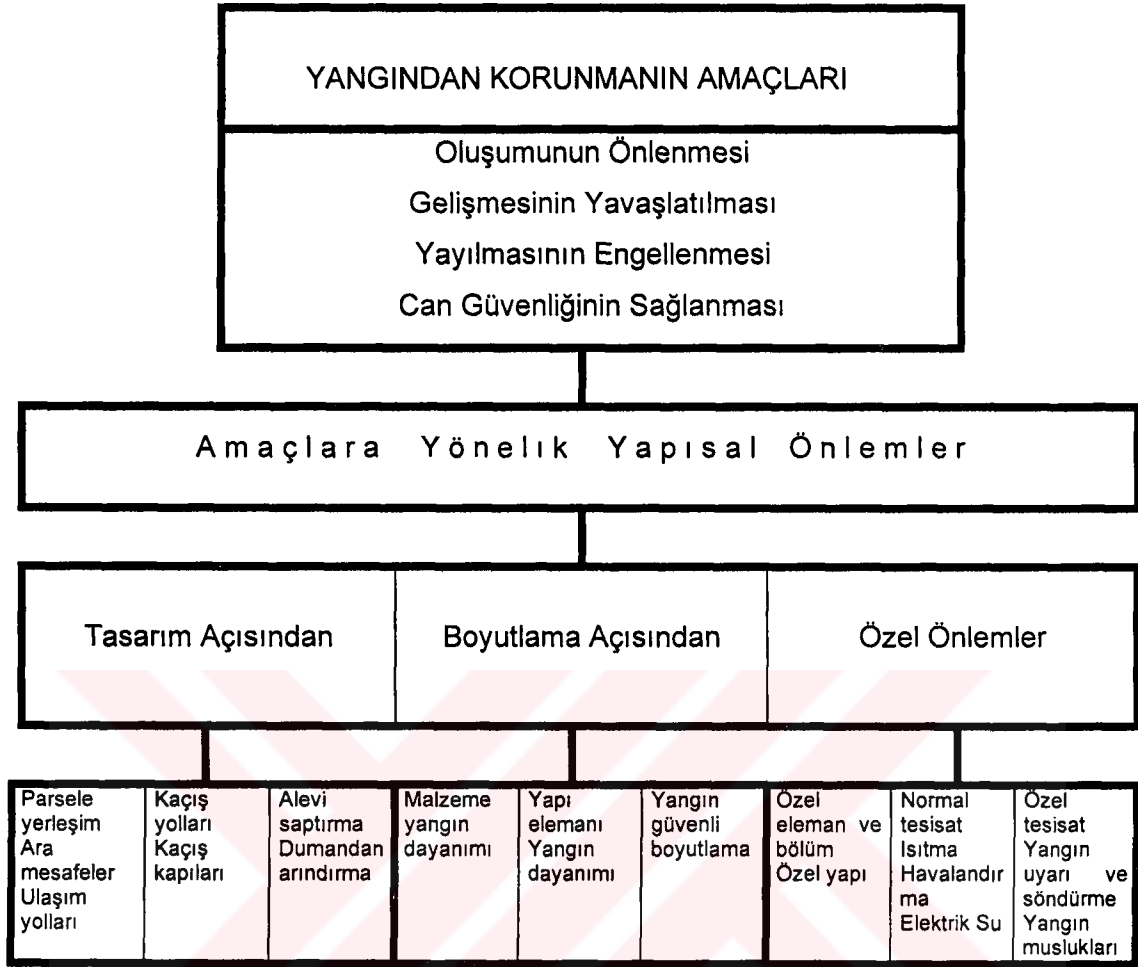
- * Bina kullanıcılarının can güvenliğini sağlama,
- * Yangının başladığı yerden çevreye yayılmasını azaltma,
- * Maddi kayıp ve hasarları en alt düzeyde tutma şeklinde belirlenebilir.

Mimar iki durumu gözönünde bulundurmalıdır. Birincisi, mal sahibine ait yapının yanması durumunda yangının komşu yapılara etkisini, ikincisi ise tersi bir durum gerçekleştiğinde yangının etkisinin ne olacağıdır. Bu nedenle, mimari planlama aşamasında başlayan ve yapı bitene kadar devam eden bir takım önlemlerin tasarımcı tarafından alınması gereklidir. Bunlar,

- a) Yapının arazideki konumu ve yangının yayılmasını önleme,
- b) Yapının iç tasarımı,

- * Dumanın yayılmasını önleme,
- * Kontrollü havalandırma sağlama,
- * Yangının yayılmasını önleme,
- * Binadan çıkışların planlanmasıdır[5].

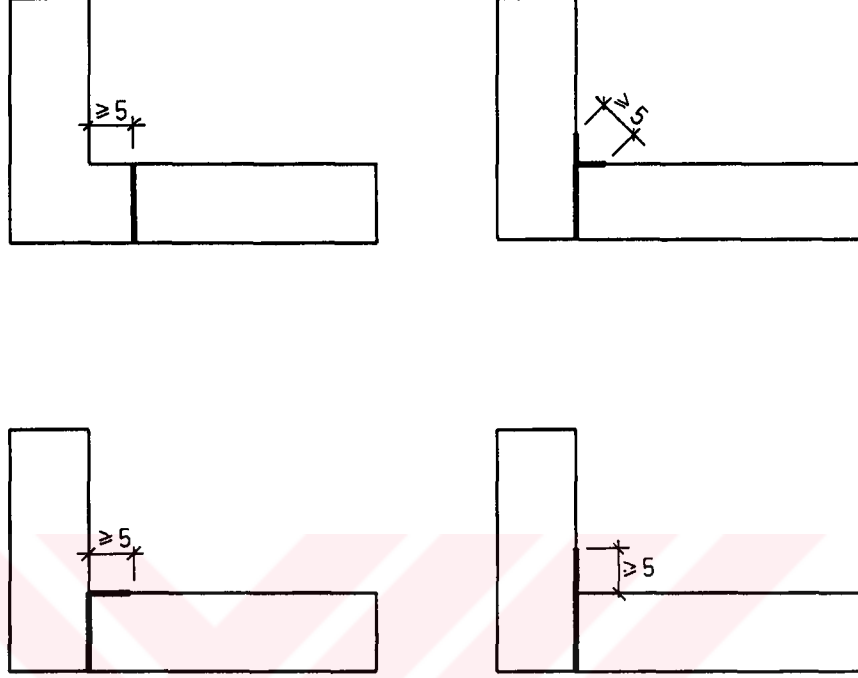
Tablo 2.1. Yapısal Önlemler [14]



Kentlerin planlı ve imarlı alanlarında trafiğe kapalı kent merkezleri planlanması sırasında binalar, itfaiye araçlarının ulaşılabilirliği gözönünde bulundurulmalıdır. Gecekondu ve eski kent bölgeleri ile bir kısım kırsal alanda alt yapı yetersizliği nedeniyle binalarda ulaşım güçleşmektedir. En uzun yangın merdivenleri genellikle 24-30 m civarında olduğu dikkate alınırsa 8 kattan daha yüksek binalarda alarm, otomatik söndürme ve daha fazla kaçış yolu gibi ek önlemler düşünülmelidir.

Yangının bir binadan diğerine sıçramasını önlemede, binalar arası mesafe, binaların dış duvar özellikleri (yangına dayanım) gibi faktörler rol oynar. Dış duvarların yangını içerden dışarıya veya dışarıdan içeriye yayılmasını önlemesi, duvarın yapıldığı malzemenin niteliğinin yanısıra söz konusu duvardaki açıklıkların (kapı ve pencerelerin) oranına bağlıdır. İki bina arasında bırakılması gereken uzaklık dış duvarlardaki yanıcı madde ve açıklıkların tüm duvar alanına olan oranına göre belirlenmektedir.

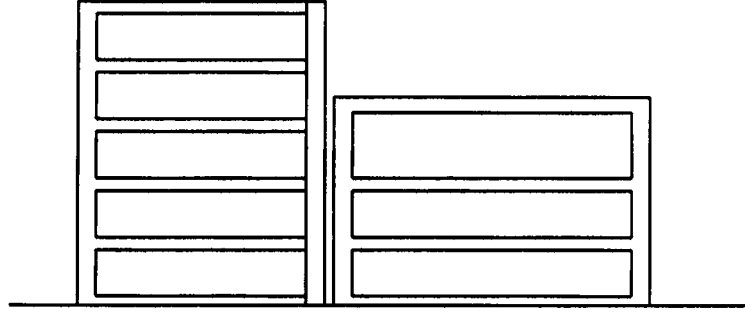
İki bina arasındaki ayırım mesafesi arttıkça dış duvarlardaki açıklık oranı artabilmekte ve ayırım mesafeleri ona göre hesaplanmaktadır [5]. Binaların köşe bitişlerinde yangın duvarı uygulama örnekleri Şekil 2.1a'da gösterilmiştir [15].



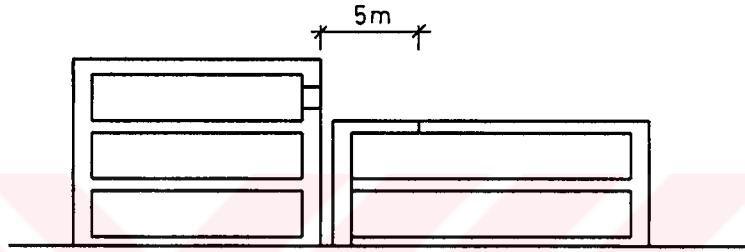
Şekil 2.1a. Binaların Köşe Bitişlerinde Yangın Duvar Örnekleri

Farklı iki bina arasında dilatasyon derzi bırakılmalıdır ve yangın duvarı yapılmalıdır. Şekil 2.1b'de binalar arasındaki dilatasyon derzi ile yangın duvarı örnekleri görülmektedir [15].

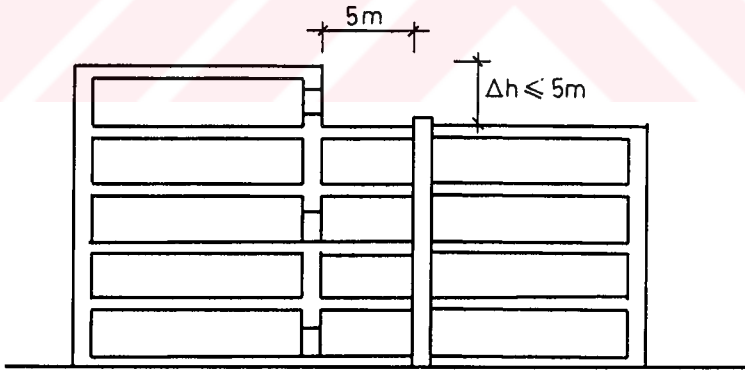
Duman kontrolü bakımından uzun koridorlar 40 m'de bir duman geçirmez kapılarla bölünmelidir. Kapılar otomatik olarak kendiliğinden kapanmalıdır. İç yangın bölme duvarları en az bir tuğla kalınlıkta iki yüzü sıvalı dolu tuğla duvara eş değerde yalıtılmalıdır. Çok geniş ve bölümlere ayrılmamış mekanlar için, yapının çatı kısmı bölümlere ayrılmalı ve her bölüm birbirinden duman perdeleri ile ayrılmalıdır. Bu bölümlere dumanın ve ısıнын çıkmasını sağlayacak ve otomatik olarak 65° C (insanın çok kısa bir süre dayanabileceği ortam sıcaklığı) sıcaklıkta açılacak havalandırma pencereleri konulmalıdır.



Farklı yükseklikteki iki yapıda yüksek olanın çatı kaplaması altına kadar yangın duvarı yapılmalıdır.



Yükseklik farkı az ise yüksekliği az olan yapının çatı döşemesine kadar yangın duvarı yapılır.



Yükseklik farkı 5 m'den az ise yangın duvarı yüksek yapının duvarından 5 m ötede yapılır.

Şekil 2.1b. Farklı Yükseklikteki Binalar Arasında Yangın Duvar Örnekleri

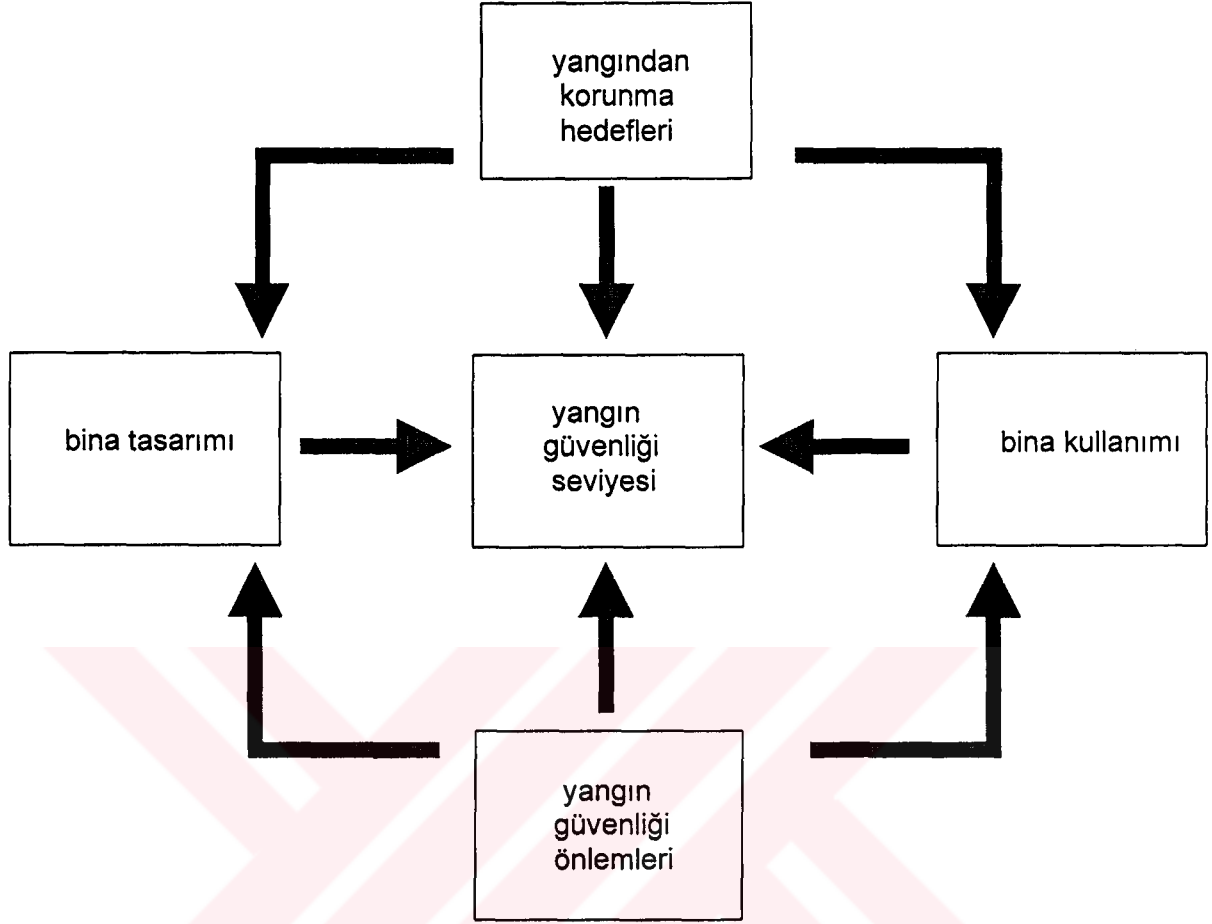
Merdivenler ve asansörler binalarda dikey ulaşım elemanlarıdır ve bölümler arasındaki yangın engellerinde zayıf noktalar meydana getirmektedir. Beş kata kadar olan yapılarda açık veya kapalı, beş kattan fazla olanlarda da kapalı merdiven yapılması gerekmektedir. Bina dışında yer alan çelik merdivenler için en fazla kat adedi 7' dir. Kaçış yollarını ve yangın kapılarının genişliğini belirlemede binadaki kullanıcı sayısını bilmek gerekmektedir. Ayrıca bina türü ve yüksekliği de önemli faktörlerdir. Çok yüksek katlı binalarda tüm yapının kısa sürede boşaltılamayacağı durumlarda, bina içinde yangına karşı korunmuş, geçici sığınma bölümleri yapılmalıdır. Kapılar kaçış yönüne doğru açılmalıdır. Alınacak önlemler yapının kullanım tarzına göre değişir. Laboratuvarlarda, patlayıcı madde bulunan binalarda vb. yerlerde alınması gerekli önlemler İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yangından Korunma Yönetmeliği ve Patlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tüzüğü'nde yer almaktadır. Binalardaki kazan daireleri ve yakıt depolarıyla ilgili esaslar yine aynı yönetmeliğin üçüncü kısım, ikinci bölümünde yer almaktadır.

Bir yangında ortaya çıkabilecek insan güvenliği sorunları; alarm ve binayı boşaltma süresi ile çok yakından ilgilidir ve bunların bilinmesini zorunlu kılar. Alarm süresi kişilerin gösterecekleri ilk tepkilere, yangının başladığı an ve günlük çalışma dönemlerine, binanın iç düzeni ile kullanılış biçimine bağlı ve bunların bir fonksiyonu olma durumundadır. Alarm ile yanan bina veya hacim içinde bulunan kişi veya kişiler için ölümcül bir tehlikenin baş gösterdiği an arasında geçen zaman aralığı, binayı "boşaltma süresi" olarak tanımlanır [8]. Süre açısından bu zaman aralığını belirlerken, insanın içinde kalmasının çok kısa bir an bile olsa imkansız hale geldiği durum ile belirli bir süre tehlikesizce kalabileceği çevre koşullarının neler olduğunun bilinmesinde yarar vardır. Kısaca, yangınla mücadelenin başarıya ulaşması için gerekli zaman aralığı,

- * Tehlikeyi uyarma süresine,
- * Kullanılan söndürme araç ve olanaklarına,
- * Alınacak önlemlerin etkinliğine,
- * Taşıyıcı sistemin gerçek yangın direncine bağlıdır.

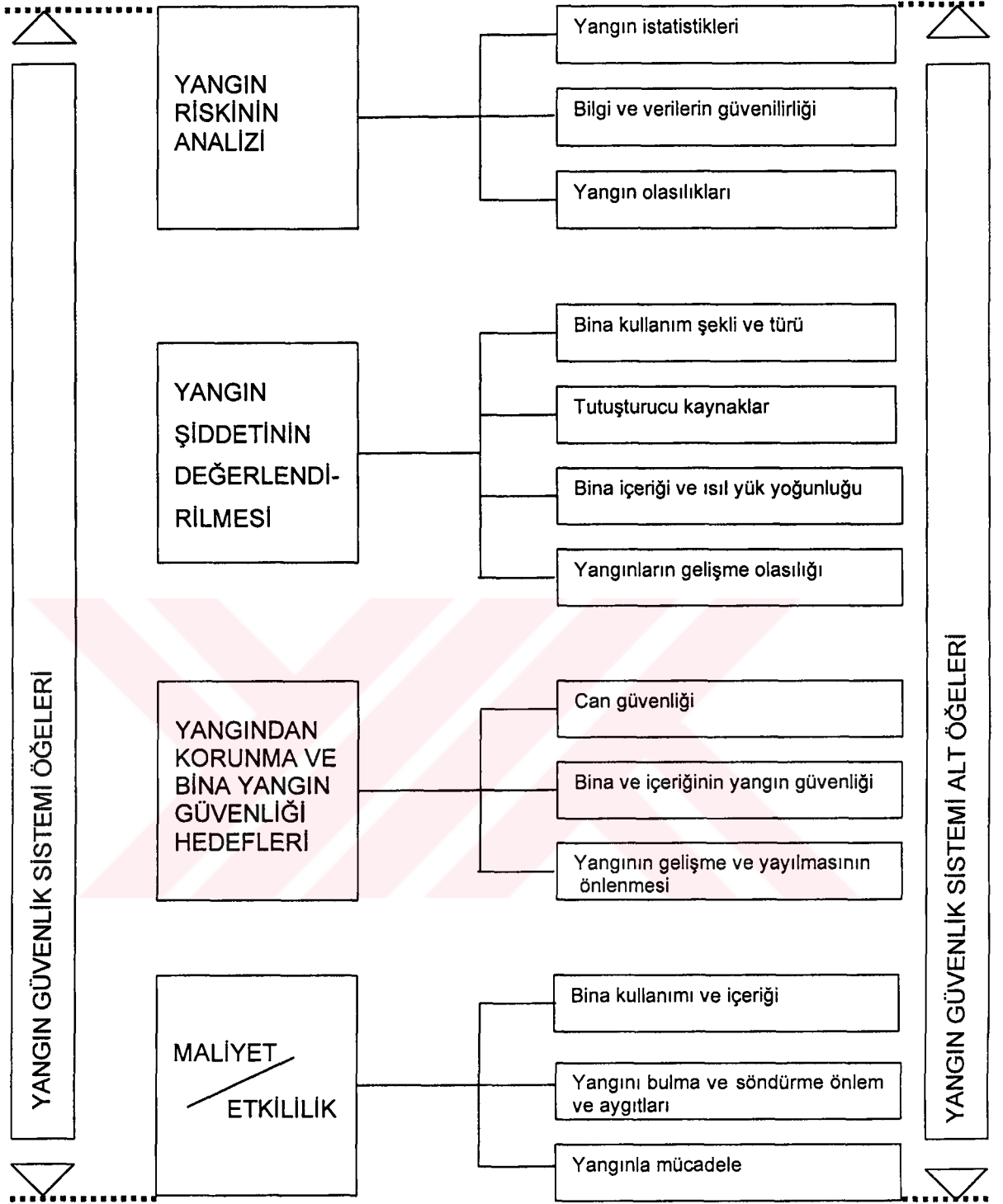
Yüksek katlı yapılar için; yanıcı yapı malzemelerinin kullanılmasını sınırlamak suretiyle bir "söndürme süresi" belirleme yoluna gidilmesinin nedeni; genellikle yanıcı malzemelerinin yanma sonucu yok olarak, sönmeleri için geçecek sürenin pratik olarak hesaplanabilmesi içindir.

Binalarımızda belirli bir “yangın güvenliği seviyesi” sağlayabilmek için, önce bu seviyeyi oluşturan bileşenleri bilmek gerekmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Bina Yangın Güvenliği Seviyesi Bileşenleri

Yangından korunma ve bina yangın güvenliği karar ve kriterlerinin doğru ve yeterli olabilmeleri için yangın güvenlik sistemi bileşenlerinin bilinmesi ve bunların sistem içinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Yangından korunma ve bina yangın güvenliği önlemleri, hem stratejik aşamada hem de taktik alandaki tutum ve uygulamalara bağlıdır (Şekil 2.3) [8]. Yangından korunmayı aktif ve pasif koruma olarak ikiye ayırmak mümkündür. Aktif koruma, bina yapım aşamasında ya da bina tamamlandıktan sonra yerleştirilen alarm ve yağmurlama sistemleridir. Pasif koruma ise tasarım aşamasında başlayan ve pencere açıklıklarından yangın çıkışlarına kadar tasarımı etkileyen koruma biçimidir. Bina fonksiyonu planlamayı etkilediği gibi alınacak yangın önlemlerini de etkiler. Bu önlemlerin belirlenmesinde yapının kullanım amacı da ayrı bir önem taşımaktadır.



Şekil 2.3. Yangın Güvenlik Sistemi Bileşenleri

2.2 Gelişmiş Ülkelerde Yangın Önlemleri

Gelişmiş ülkeler yapılarda meydana gelen yangın olaylarına karşı ilgilerini çok erken dönemde göstererek, yangın güvenliği konusunda çeşitli araştırmalar yapmışlar ve bunun sonucunda da bir dizi standart ve yönetmelik hazırlamışlardır. Teknolojinin ilerlemesiyle, yeni yeni ürünlerin ortaya çıkmasıyla ve deney ortamlarının sağlanmasıyla standart ve yönetmeliklerde değişiklikler yapılarak güncelleştirilmiştir. Yapılarda gerek yapım aşamasında gerekse kullanım sırasında alınması gereken önlemler yönetmeliklerde ayrıntılı bir şekilde belirtilmiştir. Proje aşamasında yapısal önlemler için denetimler itfaiye tarafından yapılmakta ve kamuya açık yerlerde bu denetimler sürekli yapılmaktadır. Denetlemelerin sağlıklı bir biçimde yürütülmesi için proje ve inşaat dönemlerinde özel bir takım belgeler, İtfaiye Müdürlüğü'ne verilmektedir. Kamuya açık yerlerde; huzurevleri, hastaneler, yurtlar, konser salonları, okullar ve işyerleri, çok katlı binalarda proje aşamasında ve ruhsat alınmadan önce kontrol edilmekte ve bu kontroller kamuya açık yerlerde 3 ile 12 ayda bir, sorumlu kişiler tarafından yapılmaktadır.

İtfaiye kuruluşları iki ana bölümden oluşmaktadır. Birincisi söndürme ve ikincisi önleme bölümüdür. Türkiye'de "İtfaiye Zabıta Amirliği'ne" karşılık gelen yurt dışındaki itfaiye kuruluşlarının "Yangın Önleme Bölümü" aşağıda belirtilen temel konularda faaliyet göstermektedir [3].

- a) Yeni inşaatların planlarını " yangın önleme" bakımından incelemek ve gerektiğinde mimarlara, müteahhitlere ve yapı sahiplerine "ücret karşılığında" danışmanlık yapmak ve proje hazırlamak.
- b) Mevcut yapıların kullanma maksadına uygun bir şekilde kullanılıp kullanılmadığını ve yangın önleme sistem, tesisat, araç ve gereçlerinin çalışıp çalışmadığını denetlemek; ve eksikliklerin giderilmesi için yönetmeliklere uygun şekilde zorlamak.
- c) Halkın yangın konusunda eğitilmesini sağlamak.

İtfaiye Müdürlüğü'nce kullanım yerleri için kontrol listeleri hazırlanmıştır. Eski yapılar gerekli görüldüğü zamanlarda ve şikayetler üzerine kontrol edilmektedir. Yapılardaki yangın söndürme sistemleri genellikle sprinkler (yağmurlama) sistemi, sabit boru sistemi, köpüklü sistem, karbondioksitli sistem ve kuru tozlu sistemlerdir. Kamuya açık yapılar (tiyatro, sinema, lokanta, otel vb.) ve 10 kattan daha yüksek olan binalarda otomatik yağmurlama sistemi yapılması zorunludur. Bu gibi yerlerde yangından korunma tatbikatları yapılması ve yangın güvenlik personeli bulundurulması zorunlu kılınmıştır.

Yönetmeliklerde tehlikeli maddelerle (doğal gaz, LPG, basınçlı gazlar vb.) ilgili, bunların taşınması, tesisatı ve kullanımı ve korunma şekilleri belirtilmiştir. İtfaiye Müdürlüğü tehlikeli maddenin özelliğine göre bina yapımında yangına dayanıklı malzeme kullanılmasını ve yeterli söndürme sisteminin bulundurulmasını ve bu tür yapıların kontrol edilmesini istemektedir. Binanın tamamlanmasından sonraki aşamada ise itfaiyenin kontrol bölüm elemanları binayı ve söndürme sistemlerini beş kategoride toplanan kontrol sistemiyle denetlemektedir [3].

Birince derece kontroller: Bu kontroller binaların büyüklüğüne, kullanım şekline göre can güvenliği gerektiren yerlere uygulanmaktadır. Öncelikli kontrol gerektiren bu grupta tiyatrolar, hanlar, oteller, terminaller, hastaneler, alışveriş merkezleri ve yüksek binalar bulunmaktadır.

İkinci derece kontroller: Birinci derecede olmayan fakat can güvenliği gerektiren binalardır. Bu gruba bankalar, resmi yapılar ve büroların bulunduğu binalar girmektedir.

Üçüncü derece kontroller: Bu kontroller, küçük miktarda alevlenici veya parlayıcı madde bulunduran fabrika ve imalathanelere yapılmaktadır.

Dördüncü derece kontroller: Spor salonları, tiyatrolar, hanlar ve alış-veriş merkezleri gibi yerlerde genişletme veya değişiklik yapıldığı zaman uygulanan kontrollerdir.

Beşinci derece kontroller: Bu gruptaki kontroller daha çok kontrol niteliğindedir. Yangına duyarlı yerlere gidilmekte ve yönetmeliklere göre, merdivenler, çıkış yerleri, çıkış aydınlatması vs. kontrol edilmekte ve yönetmeliği ihlal sözkonusu ise rapor tutulmaktadır.

2.2.1 Almanya'da Yangından Korunma Önlemleri

Almanya'da binalarda olası yangın tehlikelerini ve etkilerini azaltmaya yönelik hükümler; kanunlar ve bunlara bağlı olarak çıkartılan teknik şartnameler ve idari yönetmelikler içinde yer almaktadır. Bu hükümler,

a) Yangın çıkması ve yayılmasını önlemek üzere yapılar düzenlenmeli, yeterli sayıda kaçış yolu sağlanmalı, koridor ve merdivenlerde, duvar, döşeme ve tavan malzemelerinde, kaplamalarda A sınıfı yanmaz malzeme kullanılmalıdır.

b) Acil çıkış kapıları yeterli boyutta ve sayıda, içerden anahtarsız olarak dışa doğru açılmalıdır.

c) Bina çevre düzenlemesi ve yerleşimi, itfaiye araçlarının binalara yaklaşımı, yangın söndürme ve kurtarma işlemlerinin kolay bir şekilde yapılabilmesine olanak sağlamalıdır.

d) Isıtma, havalandırma ve elektrik vb. tesisatlar yangına neden olmayacak şekilde planlanmalı ve bu tesisatların yapımında yangına dayanıklı malzemeler kullanılmalıdır.

Yönetmeliklerde çatıların alevli parçalar ve ısı radyasyonu gibi dışardan gelebilecek yangın etkilerine yeterli dayanımları olmalı, çatı örtüsü altında bulunabilecek ısı izolasyonu veya toz ve rutubet kesici örtüler, en az normal yanıcı B2 sınıfı malzemeden, çatının taşıyıcı yapı biçimi ise, yüksek binalarda yanmaz A sınıfı malzemeden yapılmalıdır [3]. Yangından korunma ile ilgili önemli teknik özellikler, Yapı Malzemelerinin ve Yapı Elemanlarının Yangındaki Davranışı (DIN 4102) ve DIN 18082-Endüstri Yapılarında Yangından Korunma (DIN 18082) standartlarında geniş olarak verilmiştir.

Yapı türü, yapılaşma ve endüstri bölgelerinin özelliklerine göre yangın risk bölgesi sınıflandırılması yapılmıştır. Nüfus yoğunluğu, yapılaşma yoğunluğu, trafik yoğunluğu, yangın yükü ve özel riskler bu sınıflandırmanın yapılmasında dikkate alınan faktörlerdir. 100.000 kişi için bir itfaiye istasyonu bulunmalı ve buradan en uzak noktaya 8 dakika içinde ulaşılabilmelidir. İtfaiye planlarında büyük tehlike gösteren bölgeler saptanmış ve bu risk bölgeleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır:

- 1. Risk Bölgesi (çok riskli):** Büyük ticarethane, mağazalar, oteller, büyük büro ve idari binalar, kongre, fuar salonlarının bulunduğu şehir merkezi, liman, antrepo bölgeleri, büyük endüstri bölgeleri, konut alanları içindeki endüstri bölgeleri, hava alanları ve tüneller.
- 2. Risk Bölgesi (riskli):** Eski binaların yoğun olduğu bölgeler, küçük endüstri ve imalat işletmeleri, gökdelenler ve bölgesel alışveriş merkezleri.
- 3. Risk Bölgesi (orta riskli):** Toplu yerleşim bölgeleri, mağaza grupları ve küçük alışveriş merkezleri.
- 4. Risk Bölgesi (az riskli):** Seyrek düzenli konutlar ve ticari amaçlı binalar, az katlı toplu konutlar.
- 5. Risk Bölgesi (risksiz):** Tarımda faydalanan alanlar ve çok seyrek yapılaşmanın bulunduğu yerler.

Birinci risk bölgesindeki bir yangına, iki itfaiye grubunun aynı sürede (5 dakikada) üçüncü risk bölgesine ise 8 dakikada ulaşması gerekmektedir [3].

2.2.2 İngiltere’de Yangından Korunma Önlemleri

Elemanın boyutları ve biçimi, beton tipi, beton örtüsü, gerilme ve taşınan yük gibi yapı elemanlarının yangın dayanımlarını etkileyen faktörler BS 476’da belirtilen deney sonuçlarına göre açıklanmaktadır. Kirişler, öngerilmeli kirişler, döşemeler ve öngerilmeli döşemeler, kolonlar, duvarlar, kaplama malzemelerine ilişkin yangın dayanım sürelerini belirlemek için kullanılması gereken minimum boyutları gösteren tablolara, yönetmeliklerde yer verilmiştir. İngiltere’de BS standartlarında yangın güvenlik önlemleri ve tesisatlar ile ilgili çok sayıda yönetmelik bulunmaktadır. Yangın Söndürme Tesisatları ve Elemanları (BS 5306) Standardında; Tesisat Sistemlerinin Genel Esasları, Yangın Dolapları, Sprinkler (yağmurlama) Sistemleri, Taşınabilir Yangın Söndürücüler, Karbondioksitli Sistemlerin özellikleri, ayrı ayrı verilmiştir. Söndürme sistemlerinin yapımı ile ilgili BS 6535, Binalarda Yangın Güvenlik Önlemleri (Konutlarda Yangın Önlemleri, Alış-Veriş Merkezleri, Merdivenler ve Asansörler, Kaçış Yollarının Basınçlı Duman Kontrolü) BS 5588’de geniş olarak yer almaktadır [3].

Binaların sıklık derecesi, binaların kat sayıları, yapı sistemi, binaların birbirine olan uzaklıkları ve kullanım özellikleri gözönünde bulundurularak Londra A, B, C ve D olmak üzere toplam dört risk bölgesine ayrılmış ve bu bölgelerin dışında da özel risk ve kırsal risk bölgeleri belirlenmiştir. Şehir içi itfaiye istasyonlarının dağılımı ve olası bir yangına hangi istasyonun müdahale edeceği ise her risk bölgesi için öngörülen süreler dikkate alınarak saptanmıştır. A risk bölgesinde; birinci itfaiye ekibinin 3 dakikadan, ikinci ekibin 5 dakikadan, üçüncü ekibin 8 dakikadan, dördüncü ekibin 20 dakikadan az bir sürede müdahale edebilmesi ve araçların da A risk bölgesinde az bir sürede müdahale edebilmesi istenmektedir. Araçların A risk bölgesinde 24 km/saat, B risk bölgesinde 32 km/saat, C risk bölgesinde de 48 km/saat hız ile gideceği öngörülmektedir [3].

2.2.3 Amerika Birleşik Devletleri'nde Yangından Korunma Önlemleri

Amerika Birleşik Devletleri'nde ki yangın yönetmeliğinde genel olarak; binalarda kabul edilen can güvenliği etkenleri (bina sakinlerinin özellikleri, binalarda yangının niteliği, risk değerlendirmesi), halkın toplu bulunduğu yapılar (büyük toplantı salonları, lokantalar, terminaller gibi), yapıların kullanımından doğacak tehlikeler, eğitim binaları, sağlık binaları, huzur evleri, hapishaneler ve ıslah evleri, oteller, toplu konutlar, pansiyonlar, bir ve iki aileli evler, ticarethaneler, büro binaları, endüstri yapıları, depolar ve diğer yapılar hakkında ayrı ayrı uyulması ve dikkat edilmesi gereken kurallar, özellikler ve kısıtlamalar belirtilmiştir. Yangın güvenlik önlemleri ile ilgili kurallara NFPA (National Fire Protection Association) kodlarında geniş olarak yer verilmiştir.

ABD'de, itfaiye istasyonlarının dağılımında coğrafik standartlara dayanan kriterler kullanılmaktadır. Nüfusu 200.000'den fazla olan kentler için söz konusu olan bu standartlar "Standard Grading Schedule of the American Insurance Association" tarafından belirlenmektedir. Buna göre, kentlerin yangın riski yüksek bölgelerinde hiçbir noktanın itfaiye istasyonundan 1.6 km' den , merdivenli itfaiye istasyonundan 2 km' den uzak olmaması istenmektedir. Buna ek olarak kentin herhangi bir noktasına 2.4 km uzaklıkta en az 3 itfaiye istasyonu, 3.2 km mesafede en az 2 merdivenli istasyon bulunması şartı getirilmiştir. ABD'de ayrıca bölge planlarında yangın ile ilgili şu önlemlerin alınması da gerekmektedir,

* Binaların bağlantı yolları ağır itfaiye araçlarını kaldırarak kapasitede ve nitelikte olmalı ve binanın her yönünden yaklaşımı sağlanmalıdır.

* Cadde ve sokak genişlikleri düşük yoğunluk bölgelerinde kaldırımdan kaldırıma en az 8.5 m, ticaret ve sanayi bölgelerinde çok daha fazla olmalıdır.

* İkinci derecede bağlantılar ve acil durumlarda kullanılacak yollar rahat görülebilir ve en az 3.7 m, binalarda 4.9 m olmalı, dönüşleri kolaylaştırmak için dönüşlerin en az 6.7 m iç yarıçapa, 13.7 m dış yarıçapa sahip olmalıdır.

2.3 Türkiye’de Yangın Önlemleri Konusundaki Çalışmalar

Ülkemizde, yangınlara karşı ilk önlemlerin padişah III. Murat zamanında alındığı söylenebilir. Sultan III. Murat 1579 yılında çıkardığı fermanda “İstanbul Kadısına hüküm ki” diye başlamakta ve “İstanbul ahalisinin evinde” damına yetişecek bir merdiven, bir büyük fıçı su bulundurulmasını ve bunları bulundurmayanların, subaşıya teslim edilecekleri ve cezaya çarptırılacakları” belirtilmiştir. Fakat, bu önlemler yeterli olmamış ve organize bir itfaiye kuruluşu, çok daha sonra 1714 yılında Yeniçeri Ocağı içerisinde oluşturulmuştur.

İstanbul’un ilk planı Alman Moltke tarafından 1839 yılında yapılmıştır. Bu plana göre İstanbul’da yeni yapılacak binaların kagir olması, bina yapacak olanlara yer gösterileceği ve ahşap ev yapmak isteyen dar gelirliyle hiçbir şekilde göz yumulmayacağı, bunları uygulama ve denetleme görevinin Enbiye-i Hassa Müdürlüğü tarafından yapılacağı yazılmaktadır. Ayrıca; yol genişlikleri için belirlenen ölçülere uyulmanın zorunlu olduğu, dar yol açılmayacağı ve çıkmaz sokak yapılamayacağı, mümkün olan her yerde meydan yeri bırakılacağı belirtilmektedir. Moltke planının uygulanması, 1848’de çıkarılan ilk Osmanlı İmar Kanunu olarak kabul edilen “Enbiye Nizamnamesi”sinin çıkarılmasına öncülük etmiştir. Bu nizamname yangına karşı önlemler içeren hükümler getirmiştir. Nizamname’de; cadde ve sokak genişlikleri, binaların azami yükseklikleri, dükkan ve fırınların kagir olarak yapılması, binaların baca ve ocaklarının taş veya tuğladan yapılması, evlerin ortak katlarına ahşap mutfak yapılmaması gibi hükümler bulunmaktadır. 1864 yılında çıkarılan “Turuk ve Enbiye Nizamnamesi” ile yanmış yerlerin haritaları tanzim edilerek, yeni açılan yolların gösterilmesi, sokakların genişletilmesi için sahiplerine bedel ödemedi arsanın % 25’ine kadar yer alınabilmesi hükümleri getirilerek hem planlı yerleşim hem de yangına karşı önlem alınmasına başlanmıştır. Daha sonra değiştirilerek, 1882’de çıkarılan “Enbiye Kanunu” Cumhuriyet döneminde de yürürlükte kalmış bir yasadır [3].

Günümüzde; yangın söndürme teknolojisinde ve gelişmiş ülkelerde yangın güvenlik önlemlerinde büyük bir gelişme olmasına rağmen, ne yazık ki ülkemizde yangın önlemleri konusunda fazla bir gelişme olduğunu söylemek zordur. Ülkemizin önemli yerleşim merkezlerinde yüzyıllarca meydana gelen yangınlar büyük zararlar vermesine rağmen yangın güvenlik önlemlerine yeterli önem verilmemiştir.

Nitekim, ülkemizde yangınla ilgili yürürlükteki yönetmeliğin genel değerlendirmesinde, konu ile ilgili yasal düzenlemelerden çok, tüzük ve yönetmeliklerde düzenlemeler yapıldığı görülmektedir. Değişik yönetmeliklerde birbirleriyle çelişen hükümler yer almamakla beraber, bir dağınıklık göze çarpmaktadır. Yangına karşı yapısal güvenlikle ilgili olarak ülkemizde gelişmiş batı ülkelerinde olduğu gibi, yangından korunma, yangına dayanıklılık ve yangın durumunda mukavemet hesaplarının bulunmaması; yapı malzemelerinin yanıcılık sınıflandırılmasının yapılmamış ve bu konuda standartların henüz belirlenmemiş olması da yangına karşı önlemleri ve bu konudaki denetimleri zorlaştırmaktadır. Türkiye’de yangın güvenlik önlemleri ile doğrudan ilgili olan yönetmelik sayısı oldukça sınırlıdır. Bir çoğunda sadece yangın esnasında kazma, kürek ve kova kullanımı anlatılmaktadır. Bina içi yangın tesisatı ile ilgili yönetmelikler içinde önemli olanlardan bazıları aşağıda anlatılmıştır [3].

*** 1580 Sayılı “Belediye Kanunu” (1930)**

Belediyelerin görevlerinin sayıldığı 15. maddenin 7. Bendinde Belediye depolarından başka yerlerde yasa, nizam ve talimat ile belirli miktarlar dışında patlayıcı maddelerin bulundurulmaması istenmekte, buna uymayanların mallarının belediye depolarına kaldırılarak satılmasını ve bedelinin ceza olarak tahsili öngörülmektedir. 22. bendinde ise yangın çıkmaması için önlemler almak, kamuya açık yerlerde, fabrika ve imalathanelerde, dükkanlarda yangına karşı bulundurulacak araç-gereci saptayıp yayınlamak, yangın kuruluşunu oluşturmak ve her an hazır halde bulundurmak, orman yangınlarına karşı önlemler almak ve şehrin gerekli olan yerlerine itfaiye havuzları yapmak belediyelere görev olarak verilmektedir.

*** 3030 Sayılı “Büyük Şehir Belediyelerinin Yönetimi Hakkında Kanun” (1984)**

Büyükşehir belediyelerinin görevlerinin gösterildiği 6. Maddenin (m) bendinde “itfaiye hizmetlerini yürütmek, patlayıcı ve yanıcı maddeler üreten ve depolayan yerleri tespit etmek, fabrika ve sanayi kuruluşlarının bulundurulmaları zorunlu olan yangın söndürme ve çevre sağlığına ilişkin araç, gereç ve kuruluşları tespit etmek ve bu kuruluşları denetlemek” hükmüne yer verilmiştir.

*** Devlet Tarafından Kullanılan Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik (1966)**

Yönetmelikte, Devlet tarafından kullanılan binaların yangından korunması ve yangın anında yangının söndürülmesi ve genişlemesine meydan verilmemesi, can ve mal kaybının azaltılması konusunda alınması gereken önlemlerin gösterilmesinin amaçlandığı; katma bütçeli daireler, iktisadi devlet teşekkülleri, özel idareler ve belediyeler, döner sermaye ve teşekkülleri ile özel kanunlarla kurulan kurum ve kuruluşların kendi özelliklerini gözönüne alarak bu yönetmelik esaslarına göre önerge hazırlayıp uygulayacakları belirtilmiştir. Madde 44'e göre "yönetmelik kapsamına giren binalarda otomatik yangın söndürme sistemi" bulunması gereklidir. Resmi daire olarak kullanılmak üzere yeniden yapılacak bütün Devlet binalarının yapı projelerine bu tesisatın konulacağı ve önceden yapılmış olan, bu gibi tesisatın bulunmadığı Devlet binalarında da imkanlar ölçüsünde yapılmasına çalışılacağı belirtilmiştir. Madde 45 ise "Resmi daire olarak kullanılmak üzere yeniden yapılacak Devlet binalarında, su deposu ve dahili yangın musluğu tesisatı yapılır. Bu tesisat en az 2 parmaklık (inç) boru ile yapılır" emrini taşımaktadır. Bulundurulacak Araç, Gereç ve Donatıma ait 46. Madde "Bakanlık, Genel Müdürlük, İl Hükümet Konakları, üniversite, okul (en az Lise ve Ortaokul bir arada) ve hastane gibi büyük önemli daire ve kuruluşlar Ek liste 1'de gösterilen araç, gereç ve donatımı bulundururlar" emrini taşımakta, maddenin ikinci fıkrasında ise "hangi binalarda hangi ek listedeki gereçlerin bulundurulacağı, binanın büyüklüğü, genişliği, tesisleri, yapı tarzı, bölgede itfaiye örgütü olup olmadığı gözönünde tutularak, mahal, itfaiyenin de izni alınmak suretiyle; merkezde en az genel müdürler, il, ilçe ve bucaklarda mahallin en büyük mülki amirleri tarafından tayin ve tespit edilecektir" denmektedir. TCDD tarafından kullanılan binaların yangından korunması hakkında 713 numaralı genel emir "Devlet Tarafından Kullanılan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" te ifade edilen hüküm ve kayıtları aynen taşımaktadır.

*** Şehir ve Kasaba İçmesuyu Projelerinin Hazırlanmasına Ait Yönetmelik**

Bu yönetmeliğe göre gelecekteki (35 sene sonraki) nüfusu 10.000'e kadar yerlerde yangın için 36 m³, 50.000'e kadar olan yerlerde 72 m³, 50.000'nin üstünde olan yerler için 360 m³ 'lük su deposu hacmi gözönüne alınacak, beldenin özellikleri gözönünde tutularak yukarıdaki yangın hacimleri arttırılabilecektir.

Şebekelerdeki maksimum statik basınç 80 m'yi aşmayacaktır. Şebekelerde minimum işletme basıncı gelecekteki nüfusu 50.000'e kadar olan yerlerde 20 m, daha büyük nüfuslarda 30 m olacaktır. Tiyatro, sinema, büyük mağaza, işyeri ve sanayi bölgesi gibi özel yangın güvenliği isteyen bölgelerde bu tabloda verilen miktarlar % 50-%100 oranında arttırılarak yangın yayılım miktarı saptanabilecektir. Yönetmeliğe göre yangın muslukları, hortum boyu 75 m kabul edilerek genel olarak 150 m ara ile konulacaktır. Yangın muslukları mümkün olduğunca köşe başlarına ve tepe noktalarına gelmeli, ayrıca önemli veya yangından büyük zarar görecekt binaların etrafında sıklaştırmak, yangın tehlikesi az olan sokaklarda da seyrekleştirilmek üzere yerleştirilmelidir. İskanın seyrek olduğu yerlerde yangın musluğu yerine geçici olarak körtapa yerleştirilecektir. 80 mm'den daha küçük çaplı yangın musluğu kullanılmayacaktır.

*** İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü**

Tüzüğün 117. Maddesi işyerlerindeki yangınlara karşı yeterli miktarda ve basınçta su bulundurulmasını, genel şebekeden basınçlı su sağlanamaması halinde, yeterli suyu verecek yüksek depolar veya havuzlar yapılmasını ve bunlardan veya akarsulardan suyu çekecek motopomp ve boru tesisatı yapılmasını, veya seyyar motopomplar bulundurulmasını emretmektedir. 118. Madde motopompların en az 6 ayda bir kontrolünü öngörmektedir. 119. Maddeye göre iş yerlerindeki yangın muslukları kolay erişilir uygun yerlerde tesis edilecek ve soğuk havalarda suyun donmasını önlemek için, tesisat gerekli şekilde korunacaktır. Yangın muslukları sık sık açılıp akıtılarak borularda ve tesislerde tortuların birikmesi önlenecettir. Tüzüğün 120. Maddesi işyerinde uygun yerlerde yeterli miktarda yangın hortumu bulundurulmasını, yangın muslukları ve diğer yangın söndürme bağlantılarının mahalli itfaiye normlarına uygun olmasını emretmektedir.

*** Elektrik İç Tesisat Yönetmeliği ve Fenni Şartnamesi**

Yangın yönetmeliğinin elektrik kısmı, genel olarak bina içinde yapılan elektrik tesisatıyla ilgili olacaktır. Yönetmeliğin amacı, dahili tesisatın kuruluş, işletme ve bakımı sırasında yangına karşı güvenilir bir sistem oluşturmalarının koşullarını koymaktır. Böyle olunca başlangıçta dahili tesisatların yangına karşı olduğu kadar, diğer elektrikli kazalara karşı da emniyet altına alınması koşullarını belirlemektir.

*** İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yangından Korunma Yönetmeliği (1992)**

Binalarda yangından ötürü ortaya çıkacak can ve mal kaybını en aza indirici önlemlerin doğru ve yeterli bir şekilde alınmasını sağlamak üzere Türkiye’de ilk defa geniş çapta “İstanbul Belediyesi Yangından Korunma Yönetmeliği” çıkarılmıştır. Bu yönetmeliğin amacı yerleşimlerde ve binalarda yangından ötürü ortaya çıkacak can ve mal kaybını en aza indirici önlemlerin doğru ve yeterli bir şekilde alınmasıdır. Yönetmeliğin en önemli özelliği hükümlerin zorlayıcılığı yanında öğretici ve yol gösterici nitelikte de olmasıdır. Yönetmelikte, topluma açık yapılardaki yangın güvenlik önlemlerine özel bir ağırlık verilmiştir. İnsan faktörü gözönüne alınarak, kaçış ve kurtarma her zaman ön planda tutulmuştur. Yönetmelik ülkemizin diğer büyük şehirlerine örnek olacak ve uygulayıcılar için önemli bir kaynak özelliği taşıyacak niteliktedir. Yönetmeliğin birinci bölümünde, yangın güvenliği için temel yetki ve sorumluluklar verilmektedir. Binalara ilişkin genel hükümlerde imar planları, kaçış yolu özellikleri, kaçış yollarının aydınlatılması, çıkış yönü işaretleri, yangın merdivenleri zorunluluğu olan yerler ve yangın merdivenlerinin özellikleri, kazan daireleri, sulu yangın söndürme sistemleri, yangın dolapları, minimum kaynak kapasitesi ve basıncı, yangın söndürme cihazları, yangın ihbar ve alarm sistemlerini kapsamaktadır. Topluma Açık Yapılara ilişkin bölümde; toplantı yerleri, spor ve sergi salonları, sinema, konser salonları, kulüpler, okullar ve öğretim kurumları, kıışlalar, yurtlar, oteller, düğün salonları, lokanta ve aşevleri, hastane, huzurevleri, kreşler ve benzeri yerleri kapsamaktadır.

Yüksek Binalar ayrı bir bölüm olarak ele alınmıştır. Bu bölüm yüksekliği on katı veya 30 m’yi geçen konut, işyeri, büro veya benzeri mekanları bulunduran binaları kapsamakta, yangın merdivenleri, sprinkler sistemi, algılama sistemi, dizel pompa ve özel itfaiye asansörü zorunlulukları getirilmektedir. İşyerleri ve alışveriş merkezlerinde alınması gerekli yangın güvenlik önlemleri, yapı malzemeleri IV. Bölümde ve Tehlikeli Maddeler ile ilgili hususlar V. Bölümde verilmiştir.

*** İtfaiye Teşkilatının Kuruluş, Görev, Eğitim ve Denetim Esaslarına Dair Yönetmelik (1985)**

Türkiye’de de yangın güvenlik önlemlerinin aldırılması, kontrolü ve halkın aydınlatılması görevleri itfaiyeye verilmiştir. 1985 senesinde 18851 sayılı resmi gazetede yayınlanan “İtfaiye Teşkilatının Kuruluş, Görev, Eğitim ve Denetim Esaslarına Dair Yönetmelik”te de itfaiye teşkilatlarının görevleri sıralanırken;

- i) Umuma açık yerlerde fabrika, imalathane ve diğer işyerlerinin yangından korunması için denetleme ve incelemeler yapmak, gerekli önlemleri aldirmek,
- ii) Devlet tarafından kullanılan binalarda yangına karşı bulundurulacak araç, gereç ve diğer malzemelerden hangilerinin bulundurulacağını belirlenmesine yardımcı olmak,
- iii) Halkı, kurum ve kuruluşları yangınlara karşı alınacak önlemler konusunda aydınlatmak görevleri itfaiyeye verilmiştir.

Aynı yönetmelikte İtfaiye Zabıta Amirliği için “İlgili kanun ve yönetmelikler uyarınca, şehir içinde yangın önleme ve yangından korunma konuları ile bulundurulması gereken araç, gereç ve teçhizat konularında denetimleri yapar ve önlemleri aldırır” hükmü getirilmiştir. Bu hususlar gelişmiş ülkelerde de benzer şekilde tarif edilmiştir. Fakat aynı yönetmelikte yukarıda sıralanan görevi yapmak üzere “İtfaiye zabıta amirinin emrine bir onbaşı ve iki er verilir” denilmektedir. Yani İstanbul gibi büyük şehirlerin bile yangın güvenliğini üç kişinin sağlanması gerekmektedir. Bu şekilde kontrollerin yapılması ise mümkün değildir.

TSE, teknikte ve uygulamada yangın konusuna uluslararası kriterleri dikkate alarak temel esasları kapsayan konularda ihtisas kuralları kurmuş ve standartları halkın hizmetine sunmaktadır. Dünya yangın konusunda bütünleşmeye gitmektedir. Her yıl periyodik olarak çıkarılan standartlar tekrar ele alınarak yeni çözümler, teknikler ve uygulamalar getirilmektedir. TSE bu zamana kadar bina yangın güvenliği konusunda EN, IEC, ASTM, NFPA, BS, DIN vb. kaynaklardan yararlanmış ve standart hazırlanması konusunda aşağıda belirtilen ana başlıkların çok önemli değerlendirilmelerinin gerekliliğini görmüştür.

A - Yangının tanınması ve anlaşılması:

Yangının oluşumu, yangının ispat edilmesi ve gelişimi, parlama ve duman patlaması, tipik yangın (olağan sebep), yapının içeriği, yapılar arası mesafeler,

B - Tesis ve maliyetinin hesaplanması:

Tasarımcının sorumluluğu, tesis durumu, bugünkü ve gelecekteki yasal durum, yol gösterici ve pratikteki yasal durum, sigorta ve yangın sorumluluğunun kuralları, maliyetin bilançosu, yeniden tesis, sigorta ve yasal durumda öncelikler,

C- Savunma araçları - Pasif tedbirler:

Yapının konumu, yangın araçlarının yaklaşım durumları, yapının şekli ve düzenlenmesi, bölümler, ve bölüm duvarları, güvenlik ve boşluklar, çıkış, koridorlar ve merdivenler, kaçış genişliği, havalandırma, duman engelleyici kapılar, merdiven boşlukları, gizli bölmeler, özel tehlike alanları, fabrikasyon koruyucu malzemeler ve sınıflandırılmaları, yapının korunması, çatı ve tavan, çatı ısklandırması, kapılar, kaplamalar, ahşap malzeme, haberleşme ve güvenlik,

D - Savunma araçları - Aktif tedbirler:

Dedektör tipleri, alarm, elektrik tesisatı, kaçış yollarının ısklandırılması, asansörler, itfaiye çağırısı, yağmurlama sistemleri, köpük uygulama, gaz ve toz söndürücüler, duman kontrol, ıslak ve kuru ortamlar, elde taşınabilen diğer söndürücüler,

E - Tasarım - Sigorta ve kurallar:

Yıllık sigorta gideri, yangın ve sigorta kuralları, yangından sorumlu kuruluşun yönetmelikleri vb.,

F - Yangın Belgesi:

Yangın belgesinin anlamı, yangın belgesinin içeriği, yangın belgesinin kuralları, yeni yapılar ve geniş düzenlemeler, tamamlanmış anlaşmalar, tehlikeli yapılar, belgenin geçerlilik süresi, kaçış yollarının onarımı,

G - Teşkilat, Yönetim:

Rolü, kurtarma, bina talimatı, değişiklikler, onarım, yangınla mücadele, yangının yeri.

H - Sigortalama:

Riski önemsemek ve önlemek, sigortanın temel esasları, ortalama ödeme miktarının tayini, tazminat, devamlı onarımlar, eski durumun değerlendirilmesi ve katma değeri vergisi,

I - Değerlendirme raporunun düzenlenmesi:

Temel politika, eski durumun kapsamı, taleplerin planlanması, yapının iç durumu, endüstriyel yapılar, ticari yapılar, önemli kayıplar, örnek değerlendirme,

J - Yangından sonraki:

Meslek tecrübesi, sigortacı, değer kayıpları, sigorta bedeli, sigorta komisyoncusu, müşavir, mimar ve mühendis, bilirkişi, danışman, resmi hukuk danışmanı,

K - Haklar ve geriye dönüşler:

Temel haklar, geriye dönüşün maliyeti, tazminatın ödenmesi, kayıpların listesi, yeniden inşaa maliyeti, piyasa değeri, kısmi kayıplar, peşin ödemeler, ortalama fazlalıklar, uzun süreli sorumluluk, inşaat sırasındaki yangın, onarım, katma değer vergisi.

Yukarıda anlatılan maddelerin her biri standart kapsamda olabildiği gibi alt maddelerin her biri de standart edilmeyi gerektirecek duruma sahiptirler [16].

2.4 Korunmanın Maliyeti

Türkiye’de üzerinde en çok durulması gereken konuların başında “yapılarda yangın güvenliği” gelmektedir. Yaşamımızın büyük bir kısmını geçirdiğimiz bu mekanlar için tasarımcılar bu konuya gereken önemi vermelidirler. Belki tasarımcılara göre yapı yangın güvenliği ucuz ve pratik olmayabilir. Ancak yangın sonrasındaki, mal ve can kayıpları ile, yeniden onarım ve imar etme hareketleri dikkate alınırsa, rakamların korkunç seviyelere çıktığı görülebilir [16].

Gittikçe hızlanan ve tamamen kontrol edilemeyen enflasyon artışı, korunma alanındaki gelişmeleri genelde ciddi duraklamaların içine sokmuştur. Bu konuda, ister devlet sektörü olsun, ister özel sektör olsun benzer sorunlar içerisinde. Bina inşaatı ve yangından korunma sistemlerinin maliyeti artarken diğer yandan enflasyon sonucu bu amaçlarla kullanılacak olan sermaye de maliyeti yükseltmektedir. Ne yazık ki işletmeler çoğu zaman minimum düzeyde bir korunma ile yetinmek durumunda kalmaktadır.

Yangını önleme ve söndürme teknolojisi gelişip, yararını ispatladıkça, ekonomik dezavantajların etkisi azalacaktır. Önemli olan, korunma maliyetinin, korunmasızlıktan doğabilecek zararlardan genellikle çok daha az olduğunun anlaşılmasıdır. Örnek olarak İstanbul’ da ki yapılardan bir kaçının yangın tesisatı verilebilir.

Sabancı İş Merkezinde; yangın proje ve hesapları, Türk Standartları “Sigortalar Birliği” standartları ve DIN 4102’ye göre yapılmış olup yapıda yangın riskinin azaltılması, acil müdahale olanağı sağlanması ve yangının yayılmasının önlenmesi için, mekanik, elektrik ve inşai önlemler alınmıştır. Bina çeşitli yangın bölgelerine ayrılmış ve bu yangın bölgelerinden geçen hava kanallarına, yangın damperleri konulmuştur. Yangın halinde, o bölgeye ait havalandırma tesisatı yangın dedektörü ve sprinkler sisteminden aldığı alarm ile devre dışı kalmakta; yangın damperleri kapatılmaktadır. Yangının söndürülmesini ardından dönüş havası yangın damperleri açılarak duman egzozu sağlanmaktadır. Ayrıca kaçış sırasında dumanın merdivenlere girişini önlemek için, yangın merdivenleri pozitif basınç altında tutulmaktadır. Yapıda yangınla mücadele sistemi olarak ıslak ve kuru dolap ve sprinkler sistemleri kurulmuştur. Bu sistemler birinci kademede manevra odasından beslenmekte ve 5. bodrum ve 14. ve 17. katlardaki basınçlı tanklarda depolanmaktadır. Böylece tüm sistem basınç altında tutulmaktadır. Bilgi işlem merkezlerinde, kuru sprinkler sistemine ilave olarak, döşeme altında CO₂ sistemi bulunmaktadır [17].

Yapı Kredi Plaza İş Merkezinde; yapının her katı iki yangın bölgesi olarak kabul edilmiş ve yangına 90 dakika süre ile dayanıklı kapılarla ayrılmıştır. Her blokta iki adet yangın merdiveni bulunmakta olup, kaçış emniyeti için merdiven kovaları pozitif basınç altında tutulmaktadır. Ayrıca kanalların shaft çıkışlarına yangın damperleri yerleştirilmiş ve yangın ihbar sisteminden gelecek uyarıyla besleme fanının durması temin edilmiştir. Yapının tüm katlarında uygun aralıkta ıslak yangın dolapları ve bunların altına iki adet kuru yangın söndürme tüpü yerleştirilmiştir. Garaj katında ise, hem yangın dolapları, hem de sprinkler sistemi bulunmaktadır. IBM binası Bilgi İşlem Merkezi’nde kuru sprinkler sistemi, Yapı Kredi Bankası Bilgi İşlem Merkezi’nde ise, halon tesisatı kurulmuştur [18].

BÖLÜM 3

YANGIN ve MALZEME İLİŞKİSİ

3.1 Yangın ve Malzeme İlişkisi

Daha önce de tanımlandığı gibi yangın, yanıcı özellik gösteren katı-sıvı-gaz maddelerin kontrol dışı yanması olayıdır. Malzemeler ateş altında aşağıdaki kavramlarla karşı karşıyadır.

- a) Isı iletimi,
- b) Isı tutma yeteneği,
- c) Isı geçirgenlik,
- d) Isıl atalet,
- e) Genleşme.

Sıcaklık, malzemenin taşıdığı ısı enerji miktarıdır. Atomların hareketi ve titreşmesi ile ısı oluşur ve bu titreşim soğukta daha yavaş, sıcakta daha hızlı gelişir. Isı sıcaktan soğuğa doğru hareket eder. Yapı duvarları tabakalardan oluştuğundan ısı bu katmanlardan geçerek iletilir. Her malzemenin atom yapısı farklı olduğundan atom titreşimleri de farklıdır. Bu nedenle her malzemenin ısı iletkenliği farklı özelliktedir ve malzemelerin genleşmeleri de bu özelliklere göre farklılık gösterir.

Kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon aşamalarından oluşan ısı iletimi,

- _ Sıcaklık,
- _ Malzeme yoğunluğu,
- _ Malzeme nem oranına göre de büyük farklılıklar gösterir [9].

Yapı malzemelerinin yangına ilişkin özellikleri; yangının yayılmasını arttıracak bir malzeme olup olmadığı ya da malzemenin yangına karşı dayanımının olup olmadığı şeklinde incelenebilir.

Bazı malzemeler yanmaz özelliğe sahip oldukları halde, yangın dayanımları sıfır olabilir ya da kolay yanıcı malzemeler yangına karşı dayanımlı olabilir. Gerçekte yangına kesin dayanıklı malzeme yoktur. Bazı malzemeler yüksek sıcaklıkta mukavemetini kaybederler. Örneğin çeliğin mukavemeti 600°C 'de 4000 kgf / cm² ' den 100 kgf / cm² ' ye düşer.

3.2 Malzemelerin Yüksek Sıcaklıktaki Özellikleri

Yangında ısı, yanmakta olan bölgeden çevresine konveksiyon ve ışınlama ile iletilir. Bu ısının bir bölümü malzeme tarafından yansıtılırken bir bölümü de emilir. Emilen ısı malzemenin içine ulaşır ve sıcaklığın yükselmesine neden olur. Malzemenin şekil değiştirme durumunu etkileyen ısıya ilişkin özellikler,

a) Isı iletkenlik katsayısı (K);

Bir malzemenin K iletkenlik katsayısı, d kalınlıklı ve A alanlı bir hacminin, θ_1 sıcaklığındaki bir yüzünden θ_0 sıcaklığındaki diğer yüzüne, birim zamanda iletilen Q ısı miktarı olarak tanımlanabilir. Eurocode'larda K simgesi yerine λ simgesi kullanılmaktadır. Isı iletkenlik katsayısı, gerçekte sabit olmayıp sıcaklığa bağlı olarak değişir. Bazı yalıtım malzemeleri için, yoğunluklarına da bağlı olan ısı iletkenlik katsayılarının ortalama değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir [18].

b) Isısal sığa (γ c);

Bir malzemenin ısısal sığası, birim kütlesinin sıcaklığını bir derece yükseltmek için gerekli ısı miktarı olarak tanımlanır. Malzemenin kütleli yoğunluğunun (λ) birimi kg/m³ , ısı özgül katsayısının (c) birimi kcal/kg° C veya kJ/kg° C , ısısal sığanın birimi ise kcal/m³ veya J/m³ olarak ifade edilebilir.

c) Isı yayılma katsayısı (a);

Isı yayılma veya nüfuz katsayısı, ısı iletkenlik katsayısının ısısal sığaya oranı olarak tanımlanır.

$$a = \frac{K}{\gamma c} \quad (3.1)$$

Yüzey sıcaklığının malzemenin içine ısı iletişimini belirler ve birimi mm^2/s olarak verilmiştir.

Tablo 3.1. Bazı Yalıtım Malzemelerinin Isıya İlişkin Özelliklerinin Yaklaşık Ortalama Değerleri

Malzeme	γ Yoğunluk	K Isı iletkenlik katsayısı	c Isı özgül katsayısı	Nem Muhtevası (ağırlıkça)
	kg / m^3	$\text{W} / \text{m}^\circ\text{C}$	$\text{J} / \text{kg}^\circ\text{C}$	%
Püskürtülmüş asbest vb.	250-350	0.10		1
Perlit veya vermikülit levha	300-800	0.15	1100	1.5
Asbest silikat tabaka	800	0.15	1100	5
Lifli silikat tabaka	450-900	0.15	1100	4
Alçı levha	800	0.20	1700	20
Mineral yün tabaka (bağlaçlı)	120-150	0.25	1100	2
Boşluklu beton	600	0.30	1200	2.5
(gaz beton dahil)	1000	0.45	1200	2.5
	1300	0.65	1200	2.5
Hafif beton	1600	0.80	1200	2.5
Tuğla, briket	2000	1.20	1200	2.5
Normal beton	amorf agregası	2200	1.30	1.5
	kristal agregası (kuartz vb.)	2200	1.70	1.5
Sıva (çeşitli)	1300-1900	0.50-0.90	1100	10~20

ENV 1994-1-1 uyarınca, yapısal çelik için "a", kompozit (karma) yapılardaki donatı için "s" indisi kullanılan çeliğin yüksek sıcaklıklara ilişkin özellikleri şunlardır:

a) Yoğunluk;

Çeliğin γ_a yoğunluğunun sıcaklıkla değişmediği ve 7850 kg/m^3 değerinde sabit kaldığı kabul edilir.

b) Isısal özellikleri;

Çeliğin ısıya ilişkin fiziksel özellikleri çelik cinsine göre önemli farklar gösterir. Hesaplamalarda ENV 1994-1-2'ye göre yaklaşık sabit değerler olarak;

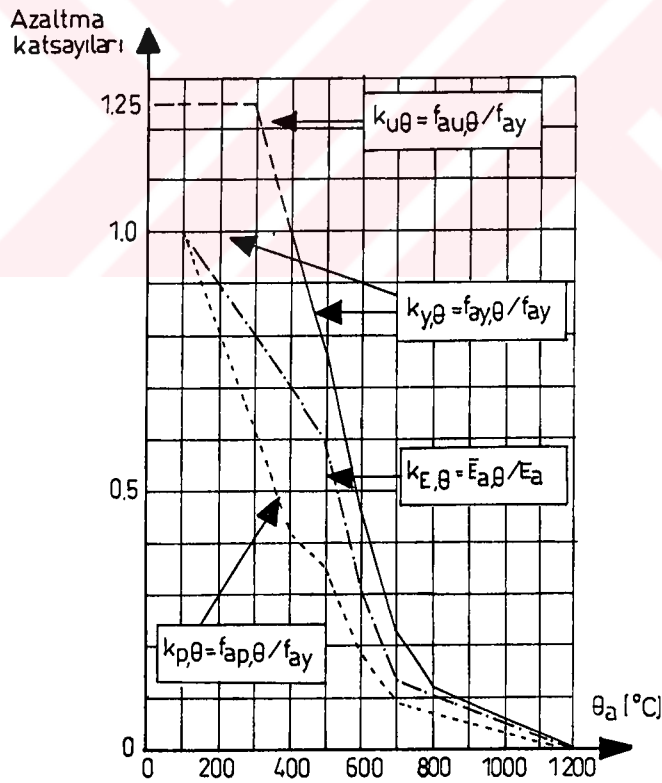
$$K \cong 45 \text{ W / m}^\circ \text{ C}$$

$$\alpha_a \cong 1.4 \times 10^{-5}$$

$$c_a \cong 600 \text{ J / kg}^\circ \text{ C alınır.}$$

c) Mekanik özellikler;

Yaklaşık 100° C 'den itibaren sıcaklık, çeliğin mekanik özelliklerine (çeliğin akma sınırı ve elastiklik modülü vb.) etki eder. ENV 1994-1-2'ye göre yüksek sıcaklıklarda çelik için kullanılan azaltma katsayıları Şekil 3.1'de gösterilmiştir [19].

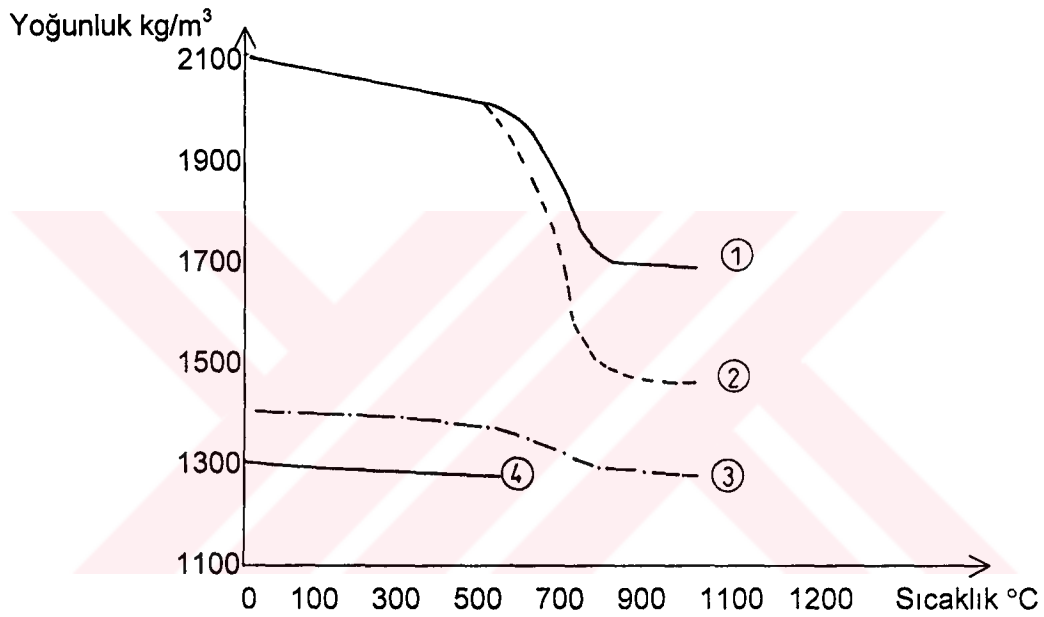


Şekil 3.1. Yapısal Çelikte Yüksek Sıcaklıklar İçin Azaltma Katsayıları

d) Donatı Çeliklerinin Mekanik Özellikleri;

Karma (kompozit) elemanlarda kullanılan donatı çeliklerinin , yoğunluk ve ısısal özellikleri, yapısal çeliktekilerle aynıdır.

Beton 500° C' de tam olarak oda sıcaklığındaki durumuna göre farklılık gösterir. Ancak bu olay betonun mukavemetine ve iç yapısına bağlı olarak değişir. 700° C civarında ise beton içindeki çimentonun yapısında meydana gelen değişimler, onun bağlayıcılık özelliğini ortadan kaldırdığından beton görevini yapamaz konuma gelir (Şekil 3.2) [9].



Şekil 3.2. Betonlarda Yoğunluk İle Sıcaklık Kapasitesinin Değişimi

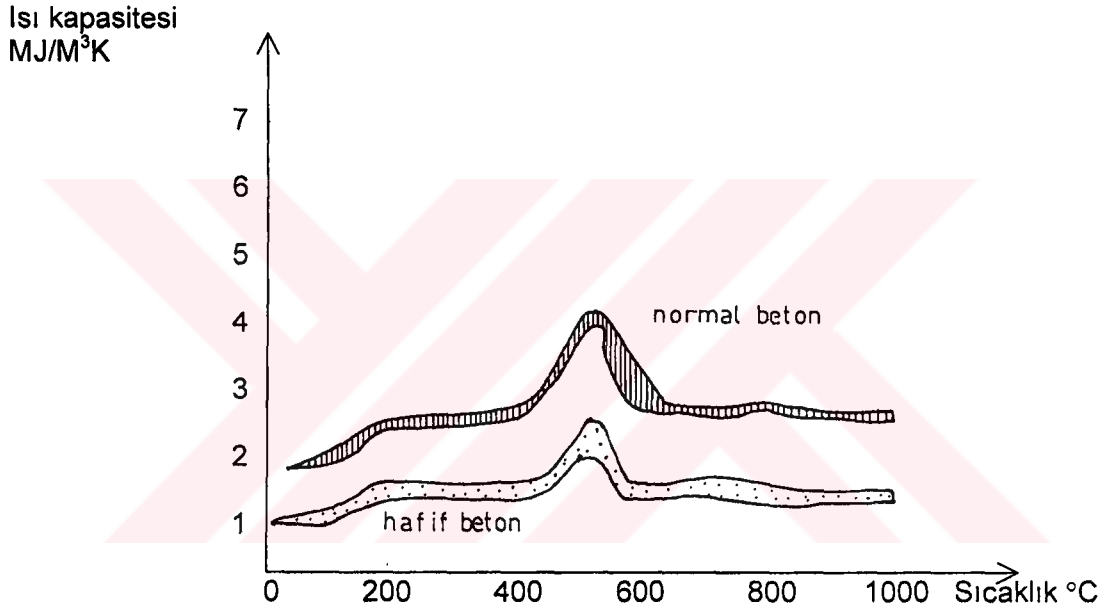
Normal Beton Yoğunluğu = Yaklaşık 2000-24000 kg/m³

Hafif Betonlarda Yoğunluk = Yaklaşık 1850 kg/m³

- 1- Normal ağırlıkta silis agregalı beton,
- 2- Normal ağırlıkta karbonat agregalı beton,
- 3- Arduaz agregalı hafif beton,
- 4- Süngertaşlı agregalı hafif beton.

Grafikte dikkat çekici olan yön, hafif agregalı veya boşluklu, hafif betonların sıcaklık artışlarında yoğunluklarında çöküntülerin meydana gelmemesine rağmen; normal ağırlıktaki betonlarda 500-600° C sıcaklık dönüm noktalarından sonra yoğunluklarında önemli çöküntüler olmasıdır.

Yani boşluklu veya hafif agregası ile yapılmış olan hafif betonların yangına karşı dayanım gösterdiği açık olarak görülmektedir. Yukarıdaki grafiğin sonuçları yangın riski fazla yapılar için oldukça önemlidir. Malzemede termal iletim yeteneği taşıyıcı sistem duyarlılığı için önemlidir. Eğer katı madde kristalimsi bir yapıda ise, iletkenlik genelde oda sıcaklığından yüksek olur ama kademeli olarak sıcaklık yükseldikçe geçirgenlik de azalır. Normal oda sıcaklığında iletimi düşük olan amorf malzemeler sıcaklık yükseldikçe artış gösterirken, boşluklu malzemelerde ise iletkenlik çok yüksek sıcaklıklarda artar. Yani yoğun malzeme daha çok ısı emme, depolama yeteneğinde olup, bu ısıyı çabuk iletirken, boşluklu malzemeler ise yoğun malzemeye oranla daha az ısı emer ve emdiği ısıyı tutarlar (Isı tutucu malzeme dokusu) (Şekil 3.3) [9].

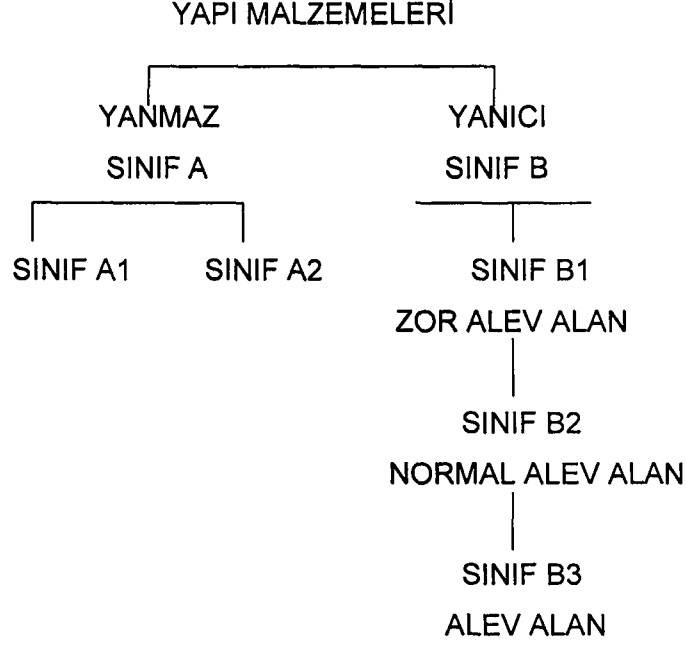


Şekil 3.3. Betonlardaki Isı Kapasitesinin Değişimi

Grafikte görüldüğü gibi boşluklu malzemelerin ısı tutma yeteneği, yani yangına karşı normal betonlardan daha avantajlı olduğu görülmektedir. Yangına karşı malzeme testlerinde en önemli destek noktaları, malzemede; yapısal çökme, alev ve ısı geçişi (yalıtım değerleri) kriterleridir.

3.3 Yapı Malzemelerinin Sınıflandırılması

Alman normu, DIN 4102 Kısım 1'e göre yapı malzemeleri yangın güvenliği açısından Tablo 3.2 'de sınıflandırılmışlardır [20].

Tablo 3.2. Yapı Malzemelerinin Sınıflandırılması

A1 sınıfı yapı malzemeleri hiç yanmaz, yangın karşısında alevlenmez, ısıdamaz ve kömürleşmez. Bu gruba giren malzemeler genellikle kagir malzeme denilen gruptandır. A2 sınıfı zor yanıcı malzemeleri içerir. Yangın sırasında alev kaynağı ile temasta iken kısmen yanar, kısmen bozulur, ateşi iletmez ve yangın yüküne etkisi olmaz. Bu gruba giren malzemeler, yanmaz dolgu maddeleri içeren polimer kompozitlerdir.

B1 sınıfı zor alevlenici malzemelerdir. Alev ile karşılaştığında yanar ve ateş kaynağı kalktıktan sonra yanmayı söndürür. B2 sınıfına giren malzemeler, normal alevlenici yapı malzemeleri kapsar. Bu sınıflar dışında kalan yanıcı yapı malzemeleri, B3 sınıfını oluştururlar ve "kolay alevlendirici yapı malzemeleri" olarak tanımlanırlar. Bu malzemeler arasında ahşap, kağıt, saz, talaş, saman, pamuk, selüloz lifi, gevşek ve toz halinde her türlü yanıcı maddeler bulunur [2].

Yapılarda kullanılan her türlü malzemenin yanıcı özelliği vardır. Bunlar dekorasyon, bitirme ve yapısal malzemelerden oluşmaktadır. Çıkabilecek küçük bir yangın dekorasyon malzemelerinin yanmasıyla büyüyebilir. Perdeler, oturma grupları vb. eşyalar yangının yayılmasında önemli rol oynarlar. Bunlar kolay yanıcı malzemelerdir. Yangının engellenmesi için, dekorasyon ve yapısal malzemelerde kolay yanmayan malzemeler kullanılmalıdır.

Yangınlar, çoğunlukla küçük ısınma kaynaklarından, elektrikli ocaklardan, elektrik kaçağı yapan tellerden ve yanık sigaralardan çıkar. Bir oda yanmaz gereçlerden yapılmış ise, küçük yangın başlangıçları yalnızca odadaki eşyaların yanmasına neden olacaktır. Ancak duvar kaplamaları yanmaya başladığında yangın büyür ve etrafa yayılır. Yapının bölümleri arasında borular, delikler, bacalar, kanallar, kablolar, koridorlar vb. gibi öğeler geçmek zorundadır. Bu öğeler yalnızca insanların bir bölümden öbürüne geçebilmelerini değil, döşeme öğelerinin de geçmelerini sağlar. Yaşamı kolaylaştırmak için yapılarda kurulan hizmetler, gerekli özen gösterilmezse yangında ölümlere neden olabilecek sonuçları doğurabilir.

Yapıyı oluşturan malzemelerin yangınla karşılaşma sırasına göre,

- * Mobilya benzeri döşeme malzemeleri,
- * Bitirme ve dekorasyon malzemeleri,
- * Isı ve ses yalıtım malzemeleri,
- * Taşıyıcı sistem malzemeleri,

olarak gruplandırılabilir [2].

Çeşitli eleman ve parçaların üzerindeki yangın etkisi, sıcaklığın derecesine ve süresine bağlıdır. Bir mekanda yanabilecek malzemenin çokluğu, sıcaklığın o kadar yükseleceği ve sürenin de uzayacağını gösterir. Bazı yapı malzemelerinin birim kütlesinin yanması ile ortaya çıkan enerji değerleri Tablo 3.3' te verilmiştir. Bu değerler ile bir hacimde bulunan malzemenin kütlesinin çarpımı sonucunda bulunan sayı, yüzey alanına bölünerek ısı yük yoğunluğu bulunur [2].

Tablo 3.3. Bazı Malzemelerin Isıl Yük Değerleri

Ahşap.....	: 4500 kcal / kg (18810 kj / kg)
Kağıt.....	: 3900 kcal / kg (16300 kj / kg)
Saman.....	: 3400 kcal / kg (14200 kj / kg)
Bitüm.....	: 8500 kcal / kg (35500 kj / kg)
Yağlar.....	: 9500 - 11000 kcal / kg (39700- 46000kj/kg)
Kauçuk.....	: 9500 kcal / kg (39700 kj / kg)

3.4 Yangın Sırasında Malzemede Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Değişiklikler

Sıcaklığın artmasıyla ısı enerjisinin, atom yapısını etkilemesi malzemenin iç yapısı oluşumu ile doğrudan bağlantılıdır. Malzemeler,

- a) Kristalli (Metal, taş,vb.),
- b) Amorf moleküllü (Ahşap ve plastik),
- c) Karma yapılı (Beton ve seramik)

olarak değişik iç yapıda bulunur.

Atom yapılarının titreşmesi bu dokulara bağlı olarak malzemede genleşme ve hacim büyümesine neden olur ve sıcaklığın artması ile de moleküller arası bağlarda zayıflamalara yol açar. Yani yanmaya başlayan malzemede,

- a) Genleşme,
- b) Yumuşama-Erime,

gibi değişimler oluşmaya başlar.

Malzeme ısındıkça ve suyunu kaybettikçe iç gerilmelere neden olduğundan, iç yapıda bu gerilmelerin neden olduğu çatlaklar sıcaklık değeri ile orantılı olarak artarak malzemede dağılma etkisi yaratırlar. Sıcaklığın artması - ısı enerjisinin atomları titreştirmesi ile atomlar arası bağların uzamaya başlaması - malzemede elastik bir şekil değişimine neden olur. Eğer ısı daha da artacak olursa malzemede elastiklik modülü iyice azalır ve daha sonrasında da kontrol dışı kalarak katı halden akıcı hale geçmeye başlar. Kristal sistemi dağılmaya ve malzeme akmaya başlar ve ilk haliyle gevrek kırılma gösteren malzeme sünek kırılmaya geçmiş olur. Bu oluşum metal malzemelerde görülür. Sünek kırılma esnasında bu durumu doğuran sebepler ortadan kalktığında ise, malzeme eski özelliğini şekil değiştirmiş olsa da koruyabilir. Isı iletkenliği yüksek olan yapıdaki ısınma ve buna bağlı fiziki değişme daha hızlıdır ve deformasyon etkisi daha çabuk olur. Metal malzemedeki bu yumuşama çelik karkas strüktürlerde sistemin taşıyıcılık özelliğini azaltarak çökme ve yıkılma sonuçlarını doğurur.

Kimyasal değişikliklere bakıldığında, yapı malzemelerinin fiziksel yapıları dışında kristal orijinleri bakımından da,

A - İnorganik (taş, beton)

B - Organik (Ahşap, bitüm, plastik vs.)

olmak üzere iki grupta toplandığı görülür [9].

İnorganik ve organik malzemelerde kristal suyu değişimi ile moleköl yapıları değişir. Organik yapılaşma hidrokarbonlardan oluştuğundan yanma sonucu organik maddeler karbonlaşır.

Yangın sırasında betonda portland çimentosu içindeki CaO , Ca(OH)_2 'ye dönüşür, bunun sonucunda hacim değişikliği yani genleşme meydana gelir. Isı daha da artarsa, çimento bünyesindeki hidratasyon sonucu oluşan kristal suyu uçarak moleköl sistemi ve bağları değişime uğrar. Bu değişim, çimentonun bağlayıcılık özelliği yok olmaya başladığında elastiklik modülünün azalmasına neden olur ve betonda başlayan iç gerilmeler sonucunda da betonda dağılmalar baş gösterir. Betonun yangın karşısında güçlendirmek için Al(OH)_3 'lü katkılı çimentolar, kullanılmalıdır. Kuvarsa ve kumtaşı yerine de cüruf, perlit ve süngertaşı gibi hafif agrega kullanılması yangına karşı betonun dayanım gücünü artırır. Bundan dolayı taşıyıcı sistemde kullanılan malzemenin bilinçli seçimi zorunludur ve bu seçim belirlenmiş standartlara uygun malzemelerle yapılmalıdır [9].

3.5 Yangına Uygun Malzeme Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Yapılardaki can ve mal güvenliği açısından yapı malzemeleri seçilirken, yanabilirlik özellikleri veya yangına ne kadar süre direnç gösterdiği hesaba katılmalıdır. Bunun yanısıra yapının büyüklüğü ve yüksekliği de dikkate alınmalıdır. Bu konuda Alman Standart ve Yönetmeliklerinin getirdiği temel zorunluluklardan bazıları şunlardır:

- Kolay alev alan B3 sınıfı malzemeler yapılarda kullanılamaz.
- Normal alev alan B2 sınıfı malzemelerin (polistiren ve poliüretan köpük) alev almadığı veya yanarak damlamadığı kontrol edilir.

- 3 katlı veya daha yüksek yapılarda, cephe kaplamaları ile kaçış yolları ve genel koridorların duvar ve tavanlarındaki ısı ve ses yalıtımlarında, A sınıfı malzemeler kullanılmalıdır.
- 6 kat ve daha yüksek yapılarda, cephe ısı yalıtımı, her türlü yapıda da havalandırma kanallarının ısı ve ses yalıtımları A sınıfı malzemelerden seçilmelidir.

Ayrıca küçük ve az katlı yapılarda kullanım izni verilen B1 ve B2 sınıfı malzemelerin dahi, yangına dirençli sıva veya kaplamalar arkasında uygulanması zorunluluğu vardır [21].

Tasarımcılar yangına karşı yapının taşıyıcı sistem performansını, mekanik ve termal uygunluğuna göre incelerler. Malzeme seçiminde bu noktalar asıl önemli olan noktalardır. Bu bakımdan bina taşıyıcı sistem performansı, yangına karşı üç grupta toplanabilir [9]:

Grup L : Yük altında, yani mekanik kuvvetlere karşı koyabilen malzemelerdir.

Grup L/I : Yangında hafif yükleri taşıyabilen ve L grubu malzemelere yalıtım olanağı (yani hem mekanik hem de termal avantajlar) sağlayabilen malzemelerdir.

Grup I : Yüklerle karşı kullanılamayan sadece yangına direnç gösterebilen ve ısı geçişini kontrol altına alabilen malzemeler olup, sadece termal süreçler için kullanılırlar.

Tasarımcılar için, yangına güvenli bir yapının sıcaklık aralığı 20-700° C'dir. Bu üst sınır değerlerinde inşaat malzemelerinin pek çoğu bozulma eğilimi göstererek, bünyelerinde fizikokimyasal değişimler ortaya çıkar ve malzeme aynı zamanda kendi olağan özelliklerini yitirmeye başlar. Bu özelliklerinden dolayı malzemeler yangına karşı dayanım yeteneklerine göre sınıflandırılabilir [9]:

Sınıf 1: Köpüklü cüruf, sünger veya pomza taşı, yüksek fırın cürufu, kül, tuğla kırığı, pişmiş kil mamulleri, pişmiş klinker, kırılmış kireç taşı vb.

Sınıf 2: Granit ve çakmak taş kırığı, kireç taşı dışında ki tüm doğal taşlar.

Malzemeler BS 476 Kısım 5'e göre kolay tutuşanlar (x) ve kolay tutuşmayanlar (p) olarak simgelenmiştir. Yüzey üzerine sıçrayan yangının yayılmasında bu standartlar oldukça önemlidir.

Sınıf 0 : Yanmaz malzemeyi,

Sınıf 1 : En iyi malzemeyi,

Sınıf 4 : En kötü malzemeyi tanımlamaktadır.

Örneğin malzemeler; emprenye edilmiş (reçine emdirilmiş) sert ağaç veya elyaflı izolasyon tahtası : 1.

Polikarbonat malzeme : 1.

PVC Köpük : 1-2.

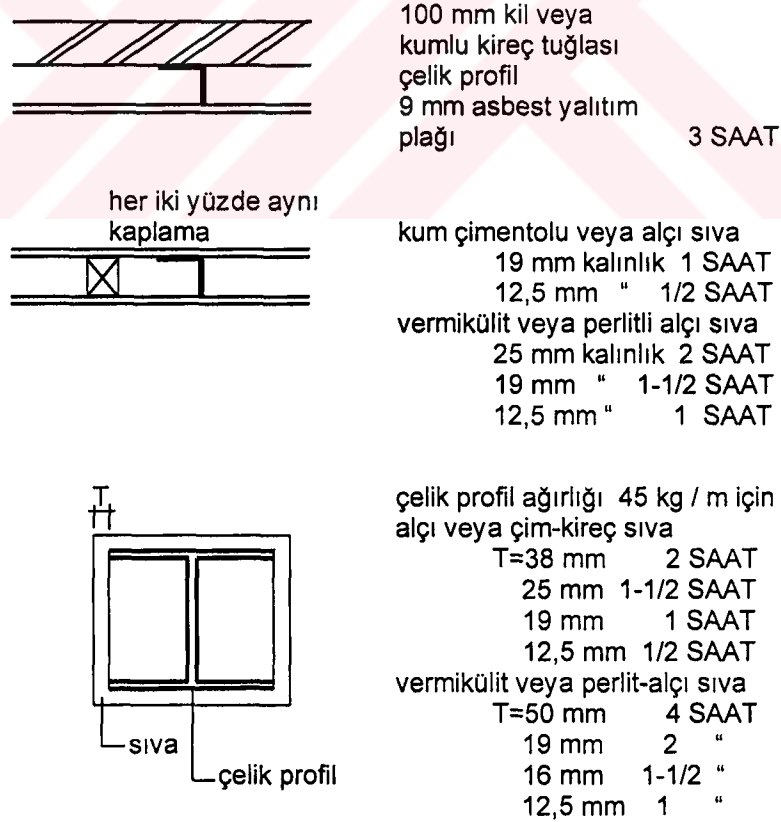
Yoğunluğu 400 kg/m^3 'den fazla yumuşak-sert ağaç, kontraplak : 3.

Polymer boyalı yüzeyler : 3.

Polyüretan köpük : 4.

Sellülozik elyaflar : 4. sınıflar yer almıştır. Sınıf 0 hiçbir zaman yangına katkı sağlamayan cam türü malzemelerdir.

Binanın özelliğine ve taşıyıcı sistemine göre seçilen yapı malzemelerinin et kalınlıkları yangının gelişimini ve dolayısıyla direnme gücü süresini etkilemektedir (Şekil 3.4) [9].



Şekil 3.4. Malzeme Cinsi ve Kalınlığı ile Yanma Süresi ilişkisi

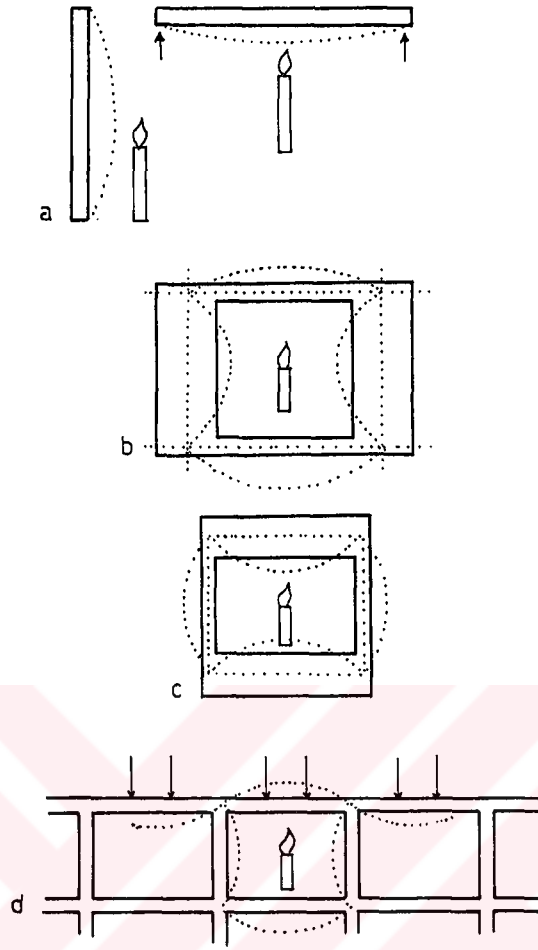
BÖLÜM 4

YANGININ ÇELİK TAŞIYICI SİSTEM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ ve ÖNLEMLER

4.1 Yangının Taşıyıcı Sistemler Üzerinde Yaptığı Hasarlar

Bir binanın taşıyıcı sistem elemanları, o binanın yangına karşı direnç gösterip göstermediğini belirleyen faktörlerdir. Döşeme, kiriş ve kolon gibi esas taşıyıcı öğeleri oluşturan yapı malzeme ve bileşenleri yangına karşı dayanıklı ve yeterli direnci gösterecek nitelikte olmalıdır. Genellikle, duvar, döşeme, kiriş ve kolon gibi, yapı elemanları ısınmış yüzeyleri yönünde sehim yapar (Şekil 4.1a). Birbirine bağlanmış kolon ve kirişlerin bulunduğu bir taşıyıcı sistemde sehim biçimi çok sert bir şekilde değişebilir ve bazı durumlarda da ters yönde olabilir. Eğer yangın bir bölüm içinde ya da kiriş ve kolon çerçeve sisteminde gelişirse ve kolonun rijitliği kirişin rijitliğinden daha yüksek olursa (Şekil 4.1b) kirişin sehim şekli tamamiyle ters dönebilir. Diğer bir ifadeyle, eğer kirişler kolonlardan daha rijit olursa, kolonların deformasyonu ters yönde gelişebilir (Şekil 4.1c). Eğer Şekil 4.1b 'deki üst kiriş ya da Şekil 4.1c 'deki alt kiriş yüklenmişse yangın sebebiyle olan sehimler azalacaktır. Şekil 4.1d 'deki gibi sürekli bir çerçeve sistemi düşünülürse burada yangın bölgesi dışındaki bitişik kirişlerde yüklerin olması daha kritiktir, ancak yangın bölgesi içindeki ayrılmış kirişler yüksüzdür [22].

Kaplama ve bitirme malzemeleri ile taşınabilir eşya ve mobilyaların meydana getirdikleri bina içi "ısı- yük yoğunluğu" yangınların başlama ve gelişmesini etkileyebilecek düzeye geldiği zaman, dayanıklı olarak düşündüğümüz yapı malzeme ve bileşenlerinin yangına karşı özellikleri büyük ölçüde değişebilir. Isıl yük artışı etkisiyle meydana gelebilecek yüksek ısı, taşıyıcı sistem elemanlarının yangına direnç gösterme sürelerini kısaltır ve binanın beklenenden daha az zamanda yıkılıp çökmesine neden olur. Böyle bir durum, bina içinde bulunan kişiler ile, söndürme ve kurtarma çabalarını sürdüren itfaiyecilerin can güvenliklerini büyük ölçüde tehdit eder.



Şekil 4.1. Isı Nedeniyle Taşıyıcı Elemanlarda ve Çerçeveselerde Sehim.

- (a) bağımsız kolon ve kiriş,
- (b) rijit kolonların narin kirişlerle etkileşimi,
- (c) rijit kirişlerin narin kolonlarla etkileşimi,
- (d) yangın üzerinde yüklü kirişin tehlikeli olmama durumu
 - (i) yangın üzerinde yüksüz,
 - (ii) yangına yakın yüklü kiriş

Bir binanın taşıyıcı sisteminde yangına karşı mukavemet kriterleri,

- a) Duman almayan yangın merdivenleri,
- b) Duman toplayan bacalar,
- c) Yangın dirençli duvar ve döşemeler (1.5 saat)
- d) Yangın dirençli kapılar (2 saat)
- e) Yangın bölümleri,
- f) Bölüm kapıları kapıları (1.5 saat) şeklindedir [23].

Taşıyıcı sistem ve bina bölümlerinin yangına karşı gösterecekleri direnç ve dayanıklılıkları ile ilgili veri ve dökümanların en iyi kaynağı, gerçek yangınlar sırasında yapılan gözlem ve edinilen bilgilerin eleştirel bir analizidir. Bu gözlem ve kayıtlar, binaların cins ve bünye özelliklerine, büyük çeşitlilik gösteren kullanım türleri ile boyut ve formlarına, yangının süresine, çeşitli taşıyıcı yapı elemanlarının ısıya direnç gösterme limitlerine bağlı olarak ele alınmaları gereklidir. Gerçek yangınlardaki gözlemlerin yanında çeşitli deneyler de yapılmaktadır. Bu çalışmalarda, yapı elemanları ve malzemeler gerçek yangın koşullarına maruz kalacak şekilde ısı etkisi altındaki performansları ölçülür. Deneylerde “ateşe karşı dayanıklılık” veya “kalımlılık” zaman cinsinden ifade edilir ve ölçülür. Bu zaman aralığı, deneyin başlangıcı ile örnek malzemenin, mekanik direnç, ısısal yalıtım, ateşe karşı geçirimsizlik ve ateşin etkisine uğramayan yüzde kolay tutuşur gaz çıkarma gibi kriterlere cevap vermeme noktasına geldiği an arasında geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, bir duvar veya döşeme tek yönden, bir kolon en kötü koşullarda karşı karşıya kalacağı durumu yansıtmak üzere her tarafından, bir kiriş ise alt ve yan yüzlerinden ısı etkisine karşı deneniirler.

Taşıyıcı elemanlarda kullanılan, ana yapı malzemelerinden biri olan beton 750° C'ye kadar ısıtıldığında, önemli bir ısı enerjisi ortaya çıkar. Fakat yanma belirtisi göstermemesi nedeniyle yanmayan malzemeler sınıfına girer. Betonun yangına karşı dayanımında; ateş etkisinin cins ve süresi, çimento ve agrega cinsi, betonun yaşı, yangın başlangıcındaki rutubet miktarı, ısı etkisi sırasında statik yükün değeri, betondan yapılmış olan yapı bileşeninin boyutları ve diğer yapımsal detaylar gibi faktörler önemli rol oynarlar [4]. Yangında ortaya çıkan yüksek ısı sonucu taşıyıcı elemanlar üzerinde kalınlığı 6 cm'ye varan beton parçacıkları koparak, yapı çeliğini ortaya çıkarabilirler. Hafif agregalı betonlarda boşluklar nedeniyle ısı daha güç geçer ve yangına dayanımları da normal betonunkinden daha iyidir. Ancak hafif agregalı betonda nem oranı yüksekse, yangın nedeniyle buharlaşma olacağından, gözeneklerdeki basınç artar, parçalanma ve dökülmeler meydana gelir. Beton içindeki donatı pas payları yeteri kadar bırakılmazsa, ısınan donatı betonda patlamalara neden olur. Ayrıca ısı nedeniyle beton mukavemetinde kayıplar ve boyutlarında da değişiklikler meydana gelebilir.

Beton içindeki yapı çeliği ısı etkisiyle taşıyıcılık özelliklerini kaybeder. Çelik taşıyıcı sistemli bir yapıda korunmamış çelik bir kolonun yangına direnci çok kısa (5 dakika) bir süredir [9].

Çeliğin ısı etkisi altında direncini kaybetmemesi, yangın sırasında erişilen en yüksek ısı değerine bağlıdır. Bu ısı belirli bir kritik değeri aşarsa, çeliğin mukavemet ve elastisite katsayısında meydana gelen düşmeler, taşıma gücünü azaltır.

Ahşap inşaat elemanları yangına karşı son derece yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle ahşap, yanıcı malzemeler sınıfına girer. Ahşabın yüzeyinde meydana gelen odun kömürü tabakası, ısı iletkenliği düşük olduğu için ateşin, ahşabın içindeki yanmamış kısımlara geçmesini önler. Çeşitli deneylere göre, ahşabın çevresindeki rutubetin, yanma süresince ahşabın içine doğru biriktiği ve burada rutubet artışı olduğu anlaşılmaktadır. Ahşabı yangına karşı korumak için, ahşap yüzeyinde çeşitli sürme, püskürtme, daldırma ve difüzyon gibi yöntemlerle nem, köpük ve gaz tabakası meydana getirmek veya hava ile teması kesecek amonyum tuzları, sülfat, fosfat ve klor bileşikler gibi maddeler kullanmak mümkündür [9].

4.2 Yangın Yalıtımı

Yangın yalıtımı, yangının çıkmasını önleyecek, ya da yapıya hiç bir hasar verilmeyecek bir çözüm olarak düşünülmemelidir. Projelerin tasarım evresinde düşünülmesi gereken, belki de en önemli tasarım aşaması, olası bir yangından en az hasar görecektir detayların çözülmesi ve oluşturulmasıdır. Bunlar,

- Taşıyıcı sistemin stabilitesini koruyarak belli bir süre ayakta kalmasını sağlamak,
- Yangına dayanıklı malzemelerle yatayda ve düşeyde bölmeler yaparak yangının yayılmasını önlemek,
- Yangın ortamında belirli bir süre yangından kaçış yollarının kullanılabilmesi için temiz hava, elektrik vb. sistemler,

açısından güvenli ortam sağlamaktır [24].

4.2.1 Yangından Korunmada Kullanılan Başlıca Yalıtım Malzemeleri

Genelde ısı yalıtım malzemeleri, ısı iletkenlik katsayısı $0.1 \text{ W/m}^\circ \text{ K}$ değerinden daha küçük katsayıya sahip malzemeler olarak kabul edilir. Malzemelerin ısı iletkenlik katsayısının bu değerlere ulaşabilmesi için de yoğunluğunun 350 kg/m^3 'den daha az olması gerekir.

Bu yalıtım malzemeleri (Tablo 4.1.) üç grupta toplanabilir,

a) Hayvansal ve bitkisel kökenli yalıtım malzemeleri;

Mantar, yumuşak ahşap lif levhalar, ahşap talaş levhaları, bitkisel dokumalık lifler, (yün, pamuk, hindistan cevizi lifleri vb.) saman, kurutulmuş yosunlar vb. malzemelerdir. Ürünün bileşeninde yangına mukavemet sağlayıcı malzemeler bulunursa, zor alev alan yapı malzemeleri sınıfına girer (örneğin ahşap yünü,vb.).

b) Mineral kökenli yalıtım malzemeleri;

Asbet lifleri, cam lifleri (cam yünü, cam pamuğu) taş yünü, seramik yünü, cam köpüğü, fosil silisli topraklar, genişletilmiş perlit ve vermikülit, pomza taşı ve tüfler vb. yalıtkanlardır. Bazıları 250°C 'ye kadar dayanmakta, daha yüksek sıcaklıklarda bağlayıcıları bozulmaktadır. Bir kısmı 600-700°C 'de erirken, bir çoğu ise yüksek sıcaklığa karşı dayanıklıdır.

c) Sentetik kökenli yalıtım malzemeleri;

Genel olarak hücresel boşluklu olarak üretilmiş, sünger görünüşünde olup polimerlerden (plastiklerden) elde edilmiştir. Bunlar arasında termoplastik gruptan PVC köpükleri, polistren (stropor) köpükleri, poliüretan köpükleri; termoset gruptan fenol formaldehit köpükleri vb. sayılabilir. Sürekli kullanma sıcaklığı, en fazla 60 °C olup 120°C civarında ayrışmaya, daha sonra zehirli gaz çıkarmaya ve sonucunda yanmaya başlarlar [13].

4.2.2 Yangın Önleyici Yapı Bileşenlerinin Özellikleri

Kaplamalar; duvarlarda iç kaplamalar ve ısı yalıtımları en az normal alevlenen B2, yüksek binalarda ise zor alevlenen B1, çok yüksek binalarda yanmaz A sınıfı malzeme kullanılmalıdır. Ahşap, taş ve çelik üzerine yapılan en az 1.5 cm kalınlıkta armatürlü ve armatürsüz (rabitz teli, kafes boru ve hasır gibi) sıvalar ile 2.5 cm kalınlıktaki çimento alçılı şap bu sınıfa girer.

Tablo 4.1. Isı Yalıtım Malzemeleri [20]

Malzeme	Üretim	Hammadde	Kullanım Yeri	Kullanım Amacı	Dayanım Sıcaklığı °C	Yangın Sınıfı
Camyünü	Yerli	Kum, soda, boraks, vs.	Yapı, Araç, Tesisat, Sanayi	Isı ve ses Yalıtımı	Bağlayıcısız 550 Bağlayıcılı 250	F60-A F30-A
Taşyünü	Yerli	Bazalt	Yapı, Araç, Tesisat, Sanayi	Isı ve ses yalıtımı, yangın durdurucu	Bağlayıcısız 750-1000 Bağlayıcılı 650	F180-A F60-A
Perlit	Yerli	Perlit	Yapı	Isı yalıtımı	Granül 1200	Karışım F60-A F180-A
Genleştirilmiş Poliestren	İthal, Yerli	İthal, petrol türevi	Yapı	Isı yalıtımı	75	–
Ekstrude Polistren	İthal, Yerli	İthal, petrol türevi	Yapı	Isı yalıtımı	75	–
Poliüretan	İthal, Yerli	İthal, petrol türevi	Yapı	Isı yalıtımı	110-120	–
Polietilen	İthal, Yerli	İthal, petrol türevi	Boru	Isı yalıtımı	105	–

Örtüler; serilerek veya sürülerek uygulanan malzemelerdir, asbest örtüler örnek olarak verilebilir. Tavan ve döşemelerde kullanılan yanıcı malzemeler ise (halı, ahşap parke, asma tavan vb.) bir bölümden diğer bölüme geçerken sürekli olmamalıdır.

Duvarlar; iki kattan daha yüksek binalardaki taşıyıcı duvarlar, ayak ve kolonlar en az F 90-A sınıfında inşaa edilirler. Duvarlar en az 10 cm kalınlıkta ağır betondan veya üzerleri en az 5 cm kalınlıkta derzleri geçirimsiz monte edilmiş plaklardan kaplanmış olmalıdır [9]. Duvarlarda yalıtım uygulaması, içten, ortada ve dıştan olmak üzere üç şekilde yapılabilir. Ancak içerden bir yalıtım malzemesi ile kaplanmış duvarlarda, yalıtım, yangın sıcaklığını arttırabilir. Eğer bu malzeme korumasız bırakılmış ise alevlerin yalıtım malzemesine doğru yayılma eğilimi vardır.

Tabakalı bir duvarda yalıtım malzemesi, iki rijit tabaka arasına yerleştirilmiş ise, duvarın davranışının kötü olma olasılığı vardır, zira rijit tabakaların ince olması halinde, farklı genleşmelerin oluşması ve buna bağlı deformasyon ve bozulmalar olacaktır.

Döşemeler; 10 cm kalınlıkta ağır betondan yapılmalıdır. Bunlar asmolen vb. donatılı da olabilir. Alt kısmı 1.5 cm kalınlıkta armatürlü sıva ile kaplanmış ve araları yanmaz malzeme ile doldurulmuş normal ahşap kirişli döşemeler de olabilir. Döşemeler üzerinde kolay alevlenen B3 sınıfı malzemeden ısı yalıtımı yapılmasına, üzeri en az 2 cm kalınlıkta şap tabakası örtülmek şartı ile izin verilir.

Çatılar; yanıcı malzemeden oluşan kullanılmayan çatı aralarında yangın yayılma açısından çok tehlikeli olmaktadır. Çatı aralarında, elektrik tesisatı ve cihazlarının iyi uygulanması, aşırı ısınmayı önleyecek ve tutuşma olasılığı azalacaktır [13]. Çelik veya ahşap elemanların her iki tarafı B sınıfı malzemelerle kaplanır. Aynı çatı altında bulunan birden fazla işyerinin bölme duvarları da çatı örtüsüne kadar yükseltilmelidir.

Merdivenler ise taş, tuğla, beton, betonarme ve yangın önleyici malzeme ile korunmuş çelik malzemeden yapılabilir.

4.3 Taşıyıcı Sistemlerde Kullanılan Çelik Malzemenin Özellikleri

Çelik, bir çok yönden yapılarda kullanım avantajı olan bir malzeme olup yapılarda kullanılan diğer bütün metaller gibi yanmaz özelliktedir. Fakat yüksek sıcaklıklara karşı direncinin yetersiz oluşu en olumsuz tarafıdır. Yumuşak çelik 250° C 'ye (482°F) kadar olan sıcaklıklar için, normal değerine 400° C 'de (752° F) döner. Yumuşak çelik için eğilme ve gerilme sıcaklığı çalışma gerilimi yaklaşık 550° C'ye (1022° F) kadar düşebilir fakat soğutma esnasında dayanıklılığını yeniden kazanır. Soğuk çalışılan yüksek dayanımlı çelikler ise dayanım bakımından büyük azalmalar gösterirler. Genellikle yapısal çelik işlerinin kritik sıcaklığı 550° C ve öngerilimli beton işlerinde kullanılan çeliklerin kritik sıcaklığı da 400 - 450° C olarak kabul edilir [10]. Yumuşak çeliklerin tersine soğuk çalışılan çelikler mümkün olduğunca, orijinal yumuşak çelik formundaki eski haline dönüşmesinden dolayı, dayanıklılıkta sürekli bir azalmaya uğrar. Bu nedenle bu tip çeliklerin kullanıldığı yapılar kısa süreli yangınlardan dolayı devamlı deformasyon gösterir.

Ahşap ve betonarmeye oranla çeliğin başlıca yararları [25]:

a) Yapı çeliğinin pratik olarak homojen ve izotrop bir malzeme oluşu, boyutlama hesaplarında kullanılan (μ) güvenlik katsayısı değerinin, diğer malzemelerdekine oranla oldukça küçük alınabilmesine imkan sağlar. Mukavemetinin yüksek oluşu nedeniyle, sistemin taşımakla yükümlü olduğu toplam yük içinde çeliğin kendi ağırlığının payı az olur. Bu bakımdan çok büyük açıklıkların geçilmesinde çelik en elverişli malzeme niteliğindedir. Hafif metaller çeliğe göre daha elverişli olmasına karşın pahalıdırlar. Taşıyıcı sistemlerde açıklık büyüdükçe, sistemin kendi ağırlığı içindeki payı da büyür. Sistemin kendi kendini emniyetle taşıyabileceği son kritik açıklık değeri,

$$\ell_{kr} = k \frac{\sigma_{em}}{\gamma} \quad (4.1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada (γ) birim boy hacim ağırlığı, (k) ise form ve statik sistemi belirten bir katsayıdır. Hafif metaller hariç, diğerlerine oranla (σ_{em} / γ) değeri çelikte daha büyüktür. Örneğin, normal yapı çeliği (Ç.37 - St.37), normal yapı kerestesi (II. Sınıf Çam) ve normal betonarme betonu (B160) kullanıldığında (σ_{em}/γ) değerleri eğilme hali için sırasıyla 1600 / 7850, 100 / 600, 60 /2400 alınırsa (k_r) oranları sırasıyla (49:40:6) olur. Normal yapı çeliği yerine yüksek mukavemetli çelik (Ç.52 - St.52), II. Sınıf Çam yerine I. Sınıf Çam, B160 yerine B300 alındığında, yukarıdaki kritik açıklık oranları, yapı çeliği lehine (73:52:10) şeklinde değişir.

c) Kesit dış ölçüleri belirli bir çelik kolonun taşıma gücü, aynı kesit ölçülerinde ve aynı kullanım şartları için yapılan betonarme kolona oranla çok daha fazladır.

d) Yukarıdaki özellikler nedeniyle çelik taşıyıcı iskeletin kendi ağırlığının yapının toplam ağırlığı içindeki payı az olacağından temellere gelen yükler de, betonarme iskeletli yapınıninkine oranla daha az olacaktır. Temel zemini sağlam olmayan yerlerdeki yapılar için bazen sadece bu özellik, taşıyıcı iskelet malzemesi olarak çeliğin seçilmesine neden olmaktadır.

e) Yapı çeliğinin elastisite modülü ($E = 2.100.000 \text{ kg / cm}^2$) 'de ahşaba ($E = 100.000 \text{ kg / cm}^2$) oranla çok yüksektir. Bu nedenle sehimler, titreşimler, stabilite problemleri gibi eğilme rijitliğinin önemli rol aldığı boyutlandırma problemlerinde çelik daha az malzeme kullanımını gerektiren sonuçlar verir.

f) Çelik taşıyıcı iskelet elemanları işçiliğinin büyük bir kısmı düzgün ve iyi malzeme donanımına sahip atölyelerde, uzmanlar denetiminde, vasıflı işçiler tarafından yapılabilir. İmalat kusuru bulunması olasılığı azdır. Şantiye de ise sadece, bitmiş parçaların biraraya getirilmesi ve montaj işi yapılır. Bu çalışma hava şartlarından bağımsız olarak, yılın her günü yapılabilir. Sonuç olarak yapının çelik taşıyıcı iskeleti, aynı tip ve hacimdeki betonarme iskelete oranla çok daha kısa sürede tamamlanabilir ve yapı işletmeye açılabilir. Bu nedenle, bazı durumlarda, maliyeti daha yüksek olmasına rağmen çelik iskelet tercih edilmektedir.

g) Mevcut bir yapının çelik taşıyıcı iskeleti, ihtiyaca göre ve elbette belirli sınırlar içinde, çok kolayca takviye edilebilir veya iskelette değişiklikler yapılabilir. Betonarme iskelette bu işlemin sınırları dar, yapılmaları ise güç ve hatta bazen imkansızdır.

h) Çelik taşıyıcı iskelet elemanları bulundukları yapıdan kısmen veya tamamen söküldüklerinde, çıkan malzeme bir başka yapıda ve hatta değişik şartlarda kayıpsız olarak tekrar kullanılabilir. Böyle bir yapı herhangi bir nedenle yıkılsa ve enkaz haline gelse, yani içindeki çelik malzeme artık kullanılmayacak hurda niteliğinde olsa bile gene bir değeri vardır, hurda fiyatına satılarak paraya çevrilmek suretiyle önemli bir gelir sağlanabilir. Buna karşılık betonarme iskelet yıkıldığında bir moloz yığını haline gelir, içinden çıkarılabilecek demir ise çoğu zaman yıkma masraflarını bile karşılamaz.

Çeliğin sakıncaları;

a) En önemlisi yangında yıkılmaya karşı mukavemetinin zayıf oluşudur. Yüksek ısı derecelerinde çelik mukavemetini kaybeder. Bu nedenle kapalı hacimlerde çıkan yangınlarda olduğu gibi, ısı derecesinin (500°C)'nin üstüne çıkması ihtimali olan durumlarda da çelik yapı elemanları yangına karşı korunmalıdır.

b) Diğer bir sakıncalı tarafı korozyon tehlikesidir. Yangına karşı beton ile korunmuş yapı elemanlarında korozyona karşı da önlem alınmış olur. Yüksek gerilim nakil hatları direkleri vb. gibi sürekli ve sık kontrol dışında kalan çelik kontrüksiyonlarda, pahalı olmasına rağmen, korozyona karşı tedbir olmak üzere galvanize edilmiş çelik profiller de kullanım alanına sahiptir.

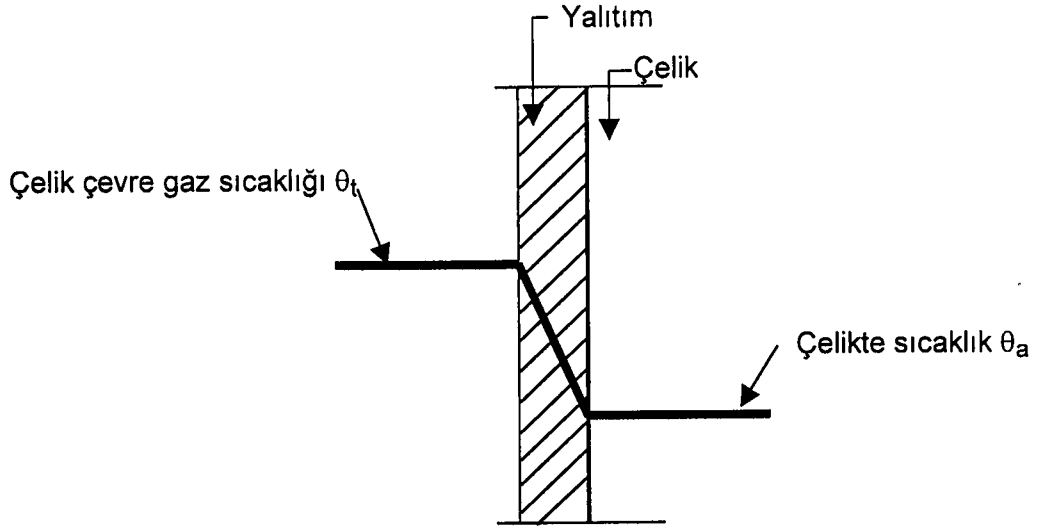
c) Maliyet yönünden de çeliğin sakıncalı olduğu söylene de, maliyeti sadece yapının m² maliyeti olarak düşünmek yanlış olduğu için, bu her zaman geçerli olan bir kavram değildir ve bir genelleştirme yapılamaz.

4.3.1 Ülkemizde Çelik Üretimi

Çelik inşaatlarda kullanılan hadde profilleri, platinalar ve levhaların üretimi, Türkiye Demir ve Çelik İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Karabük, İskenderun ve Ereğli tesislerinde gerçekleştirilmektedir. (I, U) profilleri, köşebentler ve platinaların büyük bir bölümü Karabük tesisinde, ufak bir bölümü İskenderun tesisinde ve levhalar da Ereğli tesisinde üretilmektedir. Karabük fabrikasının inşaat bürosu hariç, ülkemizde çelik inşaatla sürekli uğraşan ve belirli bir geçmişe sahip olmakla yeteri tecrübe ve tesis kazanmış bulunan, tanınmış herhangi bir firma yoktur. Dolayısıyla çeliğin yararlarının anlatıldığı bölümde yer alan f maddesinde sözü edilen durumların herhangi bir sürekliliği ve geçerliliği olmamakta ve çoğu zaman çelik işçiliğinin tamamı şantiyelerde kurulan geçici barakalarda yapılmaktadır [24]. Ayrıca bu fabrikalarda her türlü boyutta profil üretilmediğinden ithal edilen çelik malzemelerin oranı da, Türkiye'deki çelik üretimi oranından daha fazla olmaktadır.

4.3.2 Yangında Çelikteki Sıcaklığın Artışı

Çeliğin ısı iletimine direrç göstermediği, dolayısıyla çelik elemanın her noktasında sıcaklığın aynı olduğu varsayılmaktadır. Çelik elemanın üzerindeki ısı yalıtım malzemesinin ısısal sığasının da ihmal edilebilir seviyede olduğu ve yangına açık yüzü ile çelikte temastaki iç yüzü arasındaki sıcaklık değişiminin doğrusal olduğu da, ağır yalıtımlar dışında kabul edilir ve yangın ortamındaki çelik elemanlardaki sıcaklık artışı de ısı akımına bağlı olarak değişebilir (Şekil 4.2) [19].



Şekil 4.2. Yalıtımda ve Çelikte Sıcaklık Dağılımı

Yalıtımsız elemanlarda sıcaklık artışının hesabında A_u / V_a kesit oranları dikkate alınır. A_u yangın etkisinde kalan yüzey olduğundan, çelik elemanın döşeme veya duvara yapışık yüzleri bu yüzeyden sayılmaz. İçi boşluklu çelik elemanlarda, iç yüzeyler A_u hesabına girmezler. V_a birim boy hacmi, birim farkı ile A_a çelik en kesit alanına eşittir. $\Delta t = 15$ saniye, $\epsilon_r = 0.5$ ve c_a ENV 1994-1-2'ye göre değişik A_u / V_a kesit oranları Tablo 4.2 'de , ağırlıkça hafif yalıtımlı elemanlarının A_{ui} / V_a oranları Tablo 4.3 'de gösterilmiştir. A_{ui} ise, yalıtım malzemesinin çelik elemanların birim boyuna karşılık gelen iç yüzeyini (m^2 / m) göstermektedir.

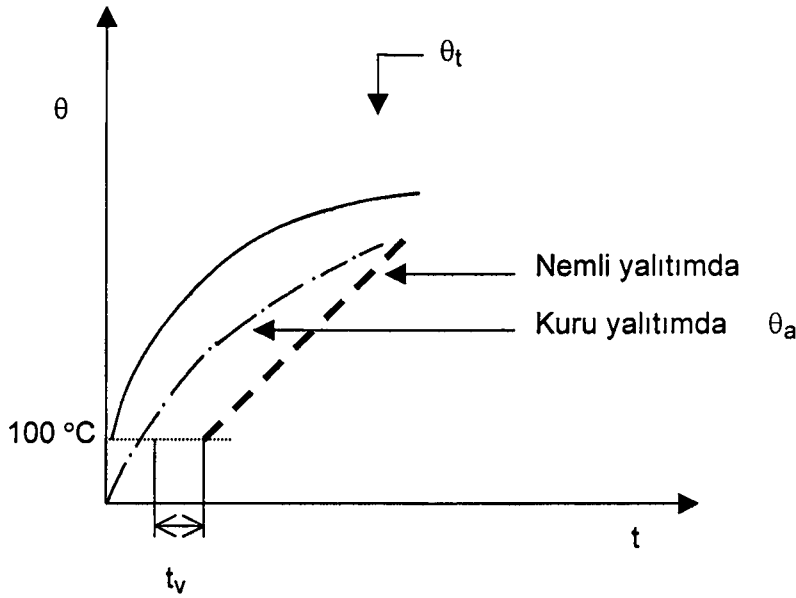
Tablo 4.2. Yalıtımsız Elemanlarda Sıcaklık Artışı

$\varepsilon_r=0.5$		$A_u / V_a \text{ (m}^{-1}\text{)}$								
t (dak)	θ_t (°C)	10	20	30	50	100	150	200	250	300
0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
15	739	99	168	230	336	516	610	659	685	699
30	842	218	369	486	635	741	790	818	829	833
45	902	345	554	677	756	880	893	896	898	899
60	945	470	693	758	895	936	940	941	942	943
75	979	580	752	885	960	972	975	976	976	977
90	1006	674	860	966	994	1001	1003	1004	1004	1005
10	1029	732	952	1007	1020	1025	1026	1027	1028	1028
120	1049	771	1007	1034	1041	1046	1047	1048	1048	1048

Tablo 4.3. Ağırlıkça Hafif Kuru Yalıtımlı Elemanlarda θ_{ak} Sıcaklık Artışı

$d_i/K_i = 0.10$		A_{ui} / V_a										
t dak	θ_t °C	10	20	30	50	100	150	200	250	300	350	400
0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
15	739	33	45	56	79	130	175	215	252	285	315	342
30	842	49	77	102	149	249	329	394	449	494	532	564
45	902	67	110	149	218	355	455	530	587	631	666	694
60	945	86	143	194	283	447	555	630	684	719	734	744
75	979	105	176	238	343	525	634	704	734	752	787	824
90	1006	123	208	281	399	590	637	737	773	827	872	906
105	1029	142	239	321	451	646	732	775	846	901	938	962
120	1049	160	270	360	498	693	752	839	912	957	984	1001

Çeliği korumada kullanılan yalıtım malzemelerinin çoğu su içerir. Gözeneklerdeki serbest su 100° C 'de buharlaşır ve bu sürede ısı büyük ölçüde harcandığından bu sıcaklıkta çelik elemana ısı akımı yavaşlar (Şekil 4.3). Kristalleşme suyu içeren sıva vb. malzemelerde durum daha karmaşıktır ve 100° C'den daha yüksek sıcaklık derecelerinde de nemin etkisine benzer durumlarla karşılaşılabilir. Nemli malzemede sıcaklık artış hesabı, nemin getirdiği t_v gecikmesi gözönüne alınarak yapılır.

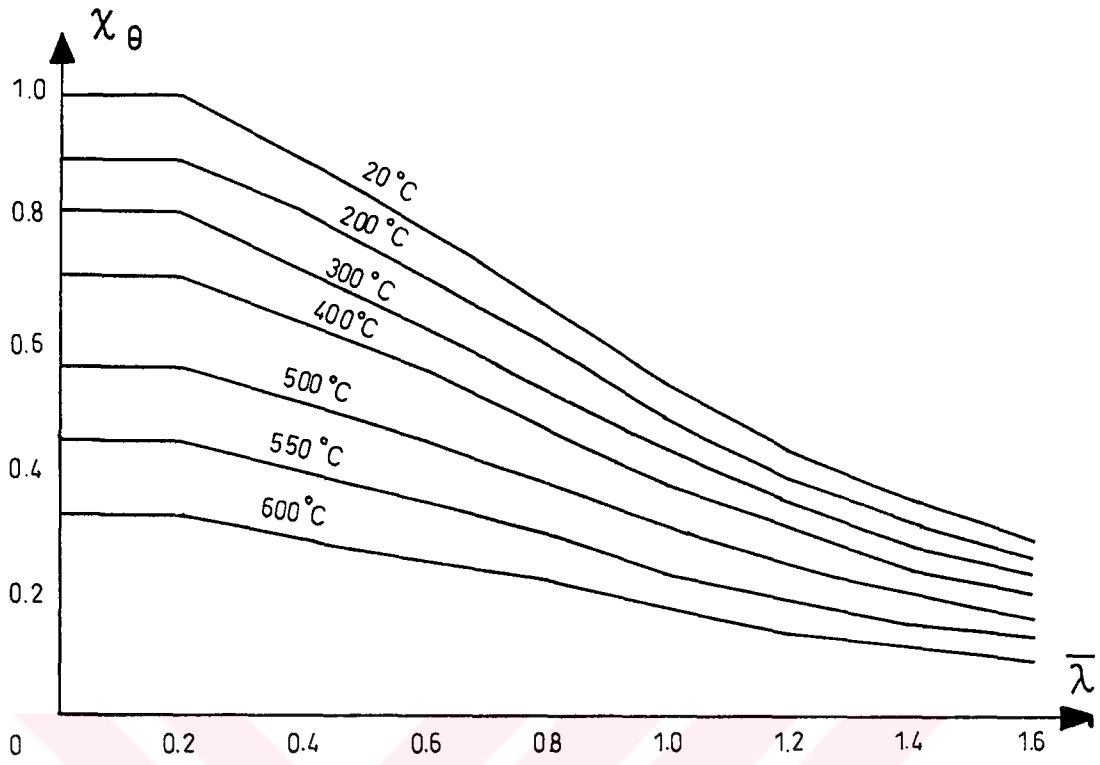


Şekil 4.3. Nemli Malzemedeki t_v Ek Zamanı

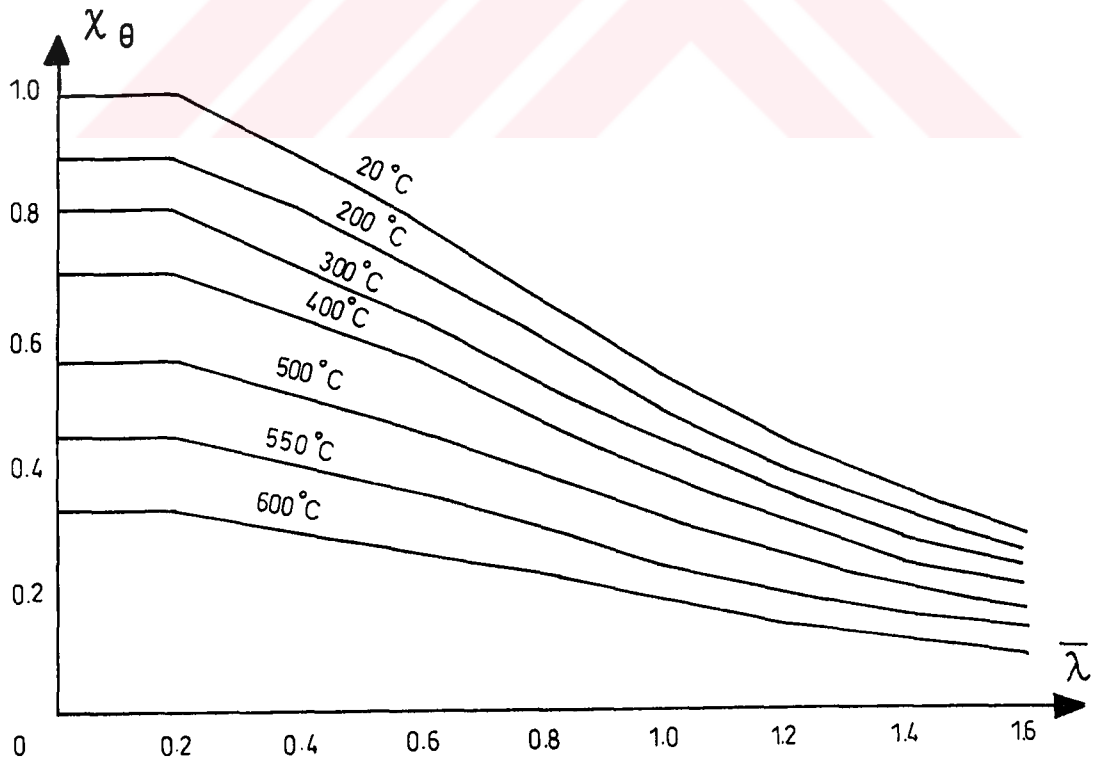
4.3.3 Çelik Taşıyıcı Sistemin Yüksek Sıcaklıktaki Davranışı

Bir taşıyıcı sistem elemanının, hem şekil değiştirmelerinin belirli sınırlar içinde kalması, hem de verilmiş bir yükü taşıyabilmesi gerekir. Ölü ya da sabit yüklere eklenen yararlı ya da hareketli yüklere deprem durumuna benzer bir azaltma getirilebilir. Eurocode'a göre, hareketli yükler yangın durumunda % 50 azaltılabilir ve yangın durumunda çelikte, yük artırma katsayısı, 1.0 alınmakla birlikte, akma sınırı her zaman 1.1'e bölündüğünden, pratikte 1.1 kabul edilir. Çeliğin yüksek sıcaklıktaki burkulmasını hesaplamada Eurocode 3 burkulma eğrileri kullanılmaktadır (Şekil 4.4 a,b). Enkesitlerine göre burkulma eğrileri seçimi Tablo 4.4'de ve α katsayıları da Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

Çelik eleman birleşimlerinin yalıtımı en az elemanların yalıtım kalınlığında yapılmalıdır. Bu durumda birleşimlerin ayrıca kontrolü gerekmez. Çelik elemanlardaki sınır durumlar tanım olarak, taşıyıcı sistem veya onun bir elemanı görevini tam olarak yerine getiremediğinde bir sınır duruma ulaşır. Göçme sınır durumunda ise, taşıyıcı sistem veya onun bir elemanının taşıma gücü, yangın koşullarında üzerine etki yapan yükün düzeyine indiğinde erişilir.

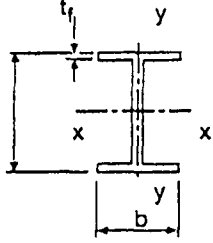
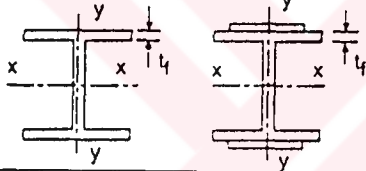
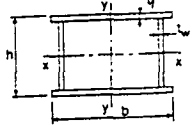
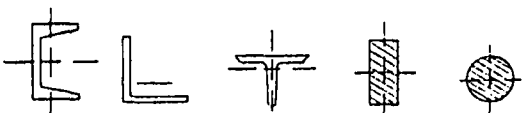


Şekil 4.4a. (a) Türü Boyutsuz Burkulma Eğrisinin Sıcaklıkla Değişimi



Şekil 4.4b. (b) Türü Boyutsuz Burkulma Eğrisinin Sıcaklıkla Değişimi

Tablo 4.4. Enkesitlerine Göre Burkulma Eğrileri Seçimi

Enkesit	Sınırlar	Burkulma eksen	Burkulma eğrisi
Haddelenmiş I Kesitler 	$h / b > 1.2:$ $t_f \leq 100 \text{ mm}$	x-x y-y	a b
	$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	x-x y-y	b c
	$h / b \leq 1.2:$ $t_f \leq 40 \text{ mm}$	x-x y-y	b c
	$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	x-x y-y	d d
Kavnaklı I Kesitler 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	x-x y-y	b c
	$t_f > 40 \text{ mm}$	x-x y-y	c d
İçi boş kesitler 	Sıcakta çekilmiş	Hepsi	a
	Soğukta şekil verilmiş	Hepsi	b
Kaynaklı kutu kesitler 	Aşağısı hariç genelde	Hepsi	b
	Kalın kaynaklar ve $b / t_f < 30$ $h / t_w < 30$	x-x y-y	c c
U, L, T ve dolu kesitler 		hepsi	c

Tablo 4.5. α Kusurluluk Katsayıları

Burkulma eğrisi	a	b	c	d
α katsayısı	0.21	0.34	0.49	0.76

Yük taşıyan bir çelik eleman ya da sistemin kritik sıcaklığı, göçme sınır durumuna götüren sıcaklıktır. Kirişin yüklenme seviyesiyle ilgili katsayılar Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Kirişler için k Yük Katsayısı

	$\frac{q^*}{q_e}$		$\frac{q^*}{q_p}$						
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.00
İzostatik kiriş	0.80	0.83	0.85	0.88	0.90	0.93	0.95	0.98	1.00
1.derecede hiperstatik kiriş	0.6	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
Birden çok derecede hiperstatik kiriş	0.40	0.48	0.55	0.63	0.70	0.78	0.85	0.93	1.00

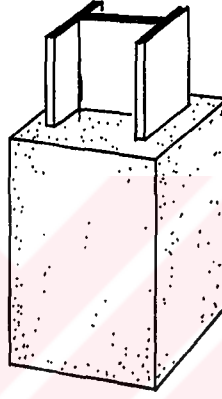
4.3.4 Çelik Taşıyıcı Sistemleri Yangından Korumada Kullanılan Yalıtım Türleri

Çelik yapılarda taşıyıcı sistemin yangına karşı korunması karşılaşılan en önemli problemlerden biridir. Çeliği korumada kullanılan başlıca yalıtım türleri şunlardır:

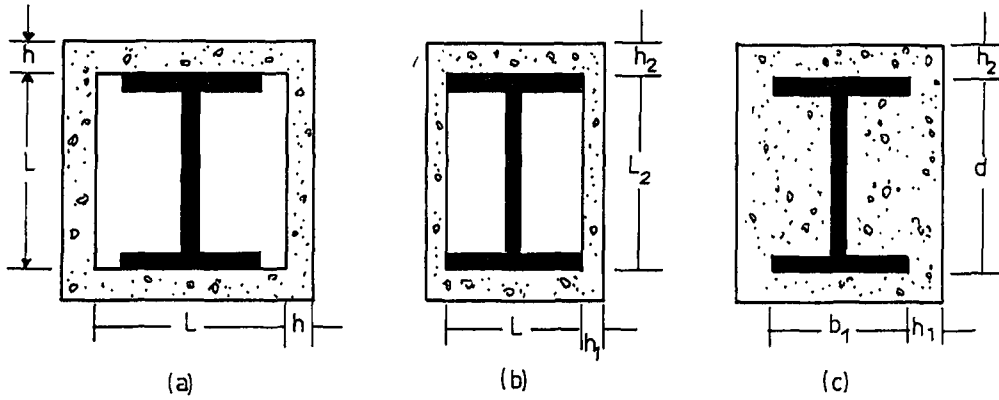
a) Beton ile kaplama

Çıplak çelik bir kolonun yangına direnci sadece 5 dakika iken 5 cm kalınlığında betonla zarflanmasıyla 130 dakikaya kadar çıkarılabilir. Zarflamada kullanılan elemanlar ise beton, alçı, vb. yanmayan ve ısınma ısısı son derece yüksek malzemelerdir [9]. Beton örtü, çelik kolonları yangına karşı korumanın yanında darbe ve dış tesirlere karşı da dayanıklı duruma getirir. Tel kafes veya tel etriye kullanılması betonun mukavemetini artırır.

B160 kalitesinde bir beton örtünün yangına karşı F90'lık bir emniyet sağlayabilmesi için en az 40 mm'lik bir kalınlıkta olması gerekir. Düşey kalıplar kullanılıyorsa, beton dökümü kolonun montajından önce veya sonra olabilir. Yatay kalıp durumunda ise montajdan önce beton dökülmesi gerekir. Profil kolonlar dikdörtgen kesit olacak şekilde betonlanacaksa, ağırlığı azaltmak amacıyla iç kısma hafif beton dökülür. Çeliği kaplamada ve izole etmede kullanılan beton kaplama Şekil 4.5'te görüldüğü gibi çelik kolonun her yüzeyini kaplamıştır. Alternatif olarak Şekil 4.6'da verilen beton kaplamalar kullanılabilir. Betonun çeliği korumada sadece termal olarak hareket edeceği farkedilir. Betonun taşıyıcı kapasitesi ve olası çelik-beton etkisi ise hesaplamalarda ihmal edilir [26].



Şekil 4.5. Beton Kılıflama ile Korunmuş Çelik Kolon



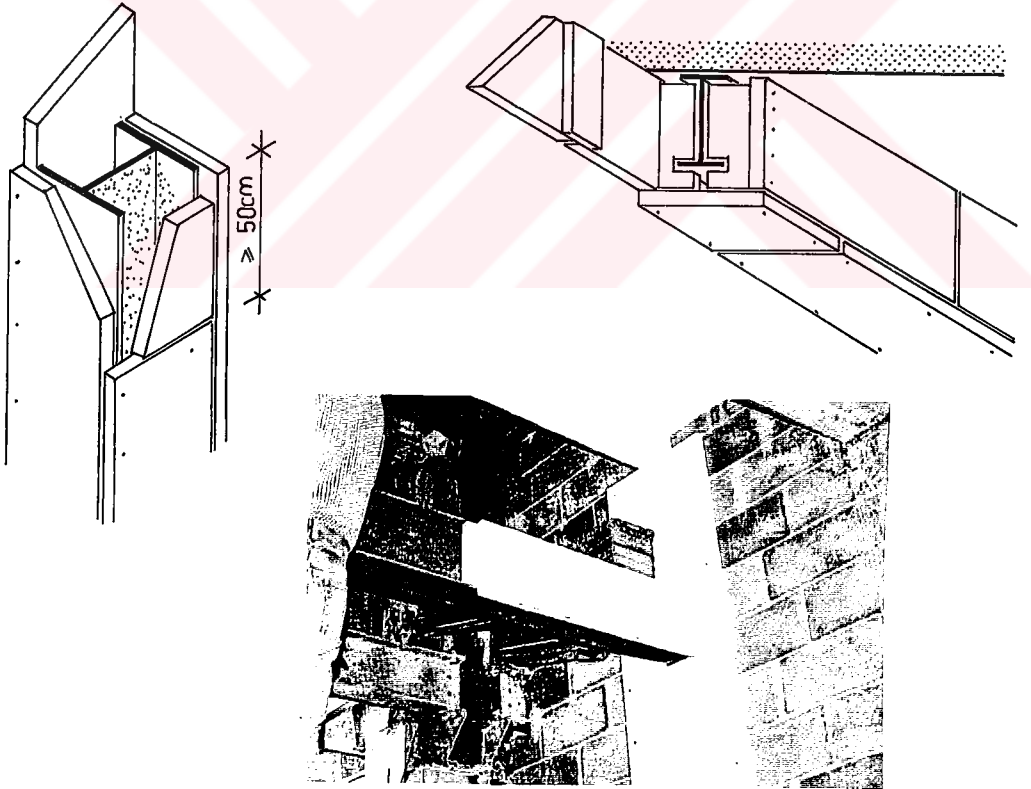
Şekil 4.6. Beton Kılıflama Biçimleri

b) Levha ile kaplama

Yapısal çeliği korumak için genelde dört çeşit levha ürünü kullanılır.

- Alçıtaşı levha,
- Fiberle güçlendirilmiş kalsiyum silikat levha,
- Vermikülit - sodyum silikat levha,
- Mineral fiber levha.

Her bir durumda çeliği saran levhaların bağları montajın performansını etkileyen kritik parametre anlamındadır. Çelik kaplı ve çelik kaplı olmayan alçı taşı duvar levha bağlarının genelde kullanılan iki çeşidi vardır. Ayrıca levha ürünler, duvar montajlarında çelik makasların çevresinde bir zarf oluşturmak için de kullanılabilir. Kolon ve kirişlerin levha ürünlerle korunmasına bir diğer örnek Şekil 4.4'de gösterilmiştir [15]. Şekilde görüldüğü gibi yalıtım malzemesinin birleşim yerleri 50cm de bir şaşırtılmıştır ve 20 cm de bir vidalanmıştır.



Şekil 4.7. Çelik Kolon ve Kirişin Levha İle Kaplanması

c) Sprey malzemelerle kaplama

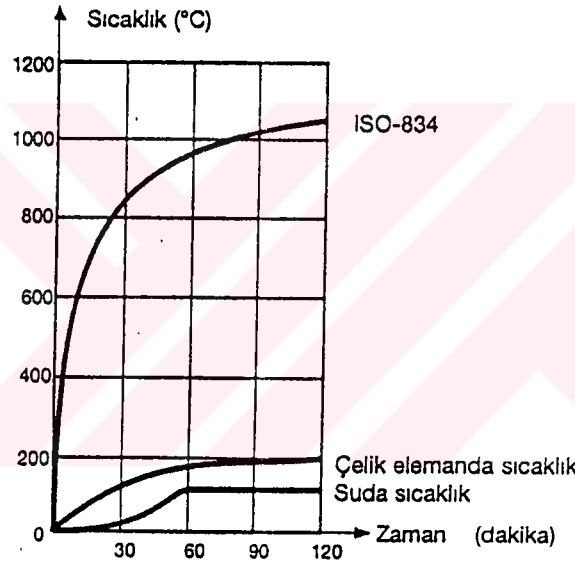
Pek çok uygulama şekilleri vardır. Sprey uygulamalı malzemeler, çimentolu plasterler, mineral fiberler,vb. malzemelerdir. Sprey uygulamalı malzemelerle korunmuş çelik bir kolon Şekil 4.8'de gösterilmiştir [27]. Sıva vermiculite veya asbestin diğer bağlayıcı maddelerle karıştırılarak çelik kolona püskürtülmesiyle yapılmıştır. Ekonomik olması nedeniyle sıklıkla uygulanmaktadır. Püskürtme işlemi yapının kirlenmesine yol açtığından, uygulanacağı zaman iyi seçilmeli ve sıva üst yüzeyi pürüzlü olacağından kolon başka bir malzemeyle de ayrıca kaplanmalıdır. Sıcakta şişen yalıtım malzemeleri de püskürtülerek veya boya gibi sürülerek uygulanabilirler. Sıcakta şişerek hava kesecikleri oluştururlar ve yalıtımı bu şekilde sağlarlar. 0.25 ila 2.5 mm kalınlığında solventli ince tipleri ve 4 ila 16 mm kalınlığında epoksi reçinesi esaslı kalın tipleri mevcuttur [19].



Şekil 4.8. Sprey Malzemelerle Çelik Kolon Ve Kirişlerin Kaplanması

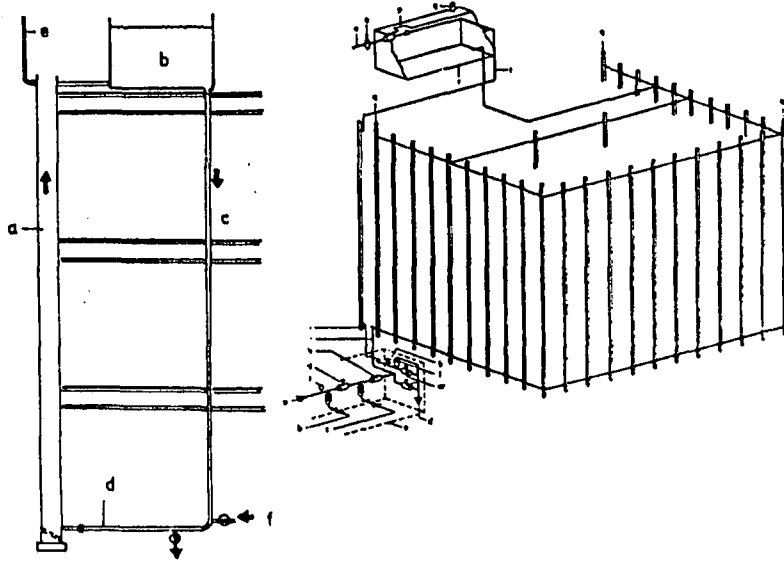
d) Kolonların Su Dolanımı ile Yangından Korunması

Su hem büyük ısı özgül katsayısı, hem de buharlaşırken yuttuğu büyük ısı nedeniyle çok iyi bir soğutucudur (Şekil 4.9) [19]. Bu metodun kullanıldığı bir deneyde, sıcaklık yükselmesinde 15 derecelik bir azalma olduğu gözlenmiştir. Şekil 4.10 bu tür bir sistemi göstermektedir. Birinci şemada görülen a kolonu b su deposuna, kolon ayağı da d ve c borusu ile yine su deposuna bağlıdır. Yangında kolonun ısınması sonucu sıcak su yukarı doğru hareket eder, c'den ise soğuk su aşağıya iner. Meydana gelecek buhar e'den kaçar. Sistem f ile su şebekesine bağlıdır. İkinci şekilde ise, bu şema bir yapının dış kolonlarına uygulanmıştır. Kolon başları ve ayakları birbirine bağlıdır [28].



Şekil 4.9. Su Dolaşımı İle Soğutmada Sıcaklığın Değişimi

Yalnız kolonların korunması durumunda, su genelde sürekli dolu olduğundan, içine potasyum karbonat ya da benzeri bir antijel katılarak donmaya karşı önlem alınırken, çelik elemanların hesabında da hidrostatik iç su basıncına dikkat edilmelidir. Yüksek katlı binalarda şebekenin yükseklik boyunca bölünmesi gerekebilir. Yangın olmadıkça korozyondan korkulması gerekmez. Ancak su değişmediği için, içerdiği sınırlı oksijen korozyonu sürdürmez. Özellikle su değiştiriliyorsa, potasyum nitrat gibi korozyon önleyici katkıları kullanılarak, çelik taşıyıcı elemanlar, yangının neden olduğu mukavemet azalmasından çok iyi bir şekilde korunabilir.



Şekil 4.10. Su Dolaşımı İle Çelik Taşıyıcı Sistemin Yangından Korunumu

4.3.5 Çeliğin Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumda Yangına Karşı Dayanımı

Yukarıdaki bölümde anlatılan çeliğin yangına karşı dayanımı ve yalıtımlı ve yalıtımsız durumlardaki sıcaklık artışlarına ilişkin bir hesaplama örneğine son bölümde yer verilmiştir. Bu bölümde ise yabancı literatürde yer alan, çeliğin yangına karşı koruma önlemleri ve kullanılan hesaplama yöntemlerine yer verilmiştir.

Korunmalı ve korunmasız çelik kolonların yangına dayanıklılık tahmin bağıntıları Tablo 4.7'de verilmiştir. Her bağıntıda bulunan W / D , uzunluk başına ağırlığın koruma iç yüzeyindeki ısıtılmış çeliğin çevresine veya korunmasız çeliğin çevresine oranıdır. W / D oranındaki ilişki, ilk olarak Lie ve Stanzak tarafından ifade edilmiştir. Genelde W / D oranları geniş flanşlarda ve her yerde bulunabilecek tüp şeklinde kolon ve kirişler için kullanılır. Çeliğe ısı transfer değerini etkileyen W / D oranındaki iki faktör şunlardır:

- a) Yangın koruma sistemi D'nin şekli,
- b) Uzunluk başına çelik ağırlığı, W .

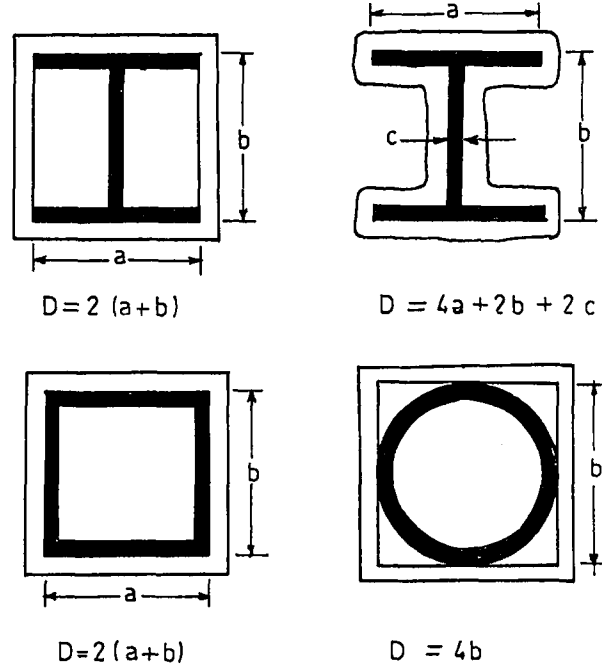
Yangın koruma sisteminin şeklini karakterize eden ve m ile ifade edilen D , yangın koruma malzemesi iç yüzeyindeki çeliğin iç çevresi olarak tanımlanmıştır. Şekil 4.11'de D 'nin belirlenmesi metodu dört farklı durumda gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi ısıtılmış çevre, kolonun boyutuna ve koruma sisteminin profiline bağlıdır. Genelde kullanılan iki tip profil şunlardır:

_ Çelik kolonun tüm yüzeylerinde koruma malzemesiyle ilişkili olan kontur profili,

_ Kolon etrafına inşa edilen koruma malzemeli dikdörtgen kutu profili.

Tablo 4.7. Çelik Kolonlar İçin Amprik (deneysel) Denklemler

Eleman / Yalıtım	Çözüm	Semboller
Kolon / Korunmamış	$R=10.3(W/D)^{0.7}$, $W/D < 10$ için $R=8.3(W/D)^{0.8}$, $W/D \geq 10$ için (1000°F kritik sıcaklık için)	R =yangın dayanım zamanı, min. W =uzunluk başına çelik kesitin ağırlığı, kg/m. D =ısıtılmış çevre, m.
Kolon / Alçıpan duvar levha	$R = 130 \left(\frac{h W^l / D}{2} \right)^{0.75}$ burada $W^l = W + \left(\frac{50 h D}{144} \right)$	h =yalıtımın kalınlığı, m. W^l =çelik kesitin ve alçıpan duvar levhanın ağırlığı, kg/m.
Kolon / Sprey uygulamalı malzemeler ve levha ürünler	$R = [C_1(W/D) + C_2] h$ C_1 C_2 Sprey uygulamalı Çimentolu malzemeler 69 31 Mineral fiber malzemeler 63 42 Levha ürünler Fiber donatılı kasiyum silikat 63 26 Vermiküli-sodyum silikat 44 30	C_1 & C_2 = özel yalıtım için malzeme sabitleri
Kolon / Etrafı betonla çevrili	$R = R_0 (1 + 0.03m)$ burada $R_0 = 10(W/D)^{0.7} + 17 \left(\frac{h^{1.6}}{k_c^{0.2}} \right) \left\{ 1 + 26 \left[\frac{H}{p_c c_c h(L+h)} \right]^{-0.8} \right\}$ $D = 2(b_f + d)$	R_0 =rutubetsiz betonda yangın dayanımı, min. m =betonun dengeli nem kapasitesi, % hacimce. b_f =flanş genişliği, m. d =kesitin derinliği, m. k_c =çevre sıcaklığında betonun ısı iletkenliği
Kolon / Betonla kaplı	her tarafı betonla kaplı kolonlar için: $H = 11W + \frac{p_c c_c}{144} (b_f d - A_s)$ $D = 2(b_f + d)$ $L = (b_f + d) / 2$	H =çevre sıcaklığında çelik kesitin ısı kapasitesi, =0.11J/kgm°C. c_c =çevre sıcaklığında betonun özel ısı, J/kg°C. L =kare beton kutu yalıtımının bir kenarının iç taraf ölçüsü, m. A_s =çelik kolonun enine kesit alanı, m ²



Şekil 4.11. Çelik Kolonun Isıtılmış Yüzeyinin (D) Belirlenmesi

W / D oranı ne kadar yüksekse montajın doğal ateş direnci de o kadar yüksek olur. W 'nin yüksek değeri bir kolonun uzunluk başına yüksek ağırlığına karşılık gelir. Enerjinin verilen miktarı hafif kolona göre ağır kolonun sıcaklığını daha az derecede artırır. Isıtılmış çevre D'nin küçük bir değeri, ısı transferi için daha az bir alan gerektiği anlamına gelir ve bu yüzden de çelikte ısı artışını engeller [26]. Bazı levha ürünleri ve sprey uygulamalı malzemeler için bağıntı

$$R = (C_1 W / D + C_2) h \quad (4.2)$$

şeklindedir. Burada,

R = ateşe dayanıklılık (saat),

W = uzunluk başına çelik ağırlığı (kg / m),

D = çeliğin izolasyon iç yüzeyindeki ısıtılmış çevresi (m),

h = izolasyon kalınlığı (m).

C_1 ve C_2 sabitleri her koruma malzemesi için ayrı ayrı belirlenir. Sabitler izolasyon malzemesinin termal iletkenliğini ve ısı kapasitesini hesaba katarlar. Beton kaplama kolon koruma metodu bağıntısı gözönüne alındığında (Tablo 4.7), eğer beton nem içermiyorsa, R_0 ($1 + 0.03m$) faktörüyle çarpılır. Burada m betonun denge nem içeriğidir. Bağıntıda belirtilen h ve L parametreleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Eğer koruma kalınlığı ve/veya kolon boyutları yatay ve düşey yönlerde aynı değilse h ve L için ortalama değerler kullanılır [26. Betonun termal özellikleri hakkındaki özel bilgiler elde edilemiyorsa Tablo 4.8'deki değerler kullanılabilir.

Tablo 4.8. Betonun Termal Özellikleri (70° F)

	Normal Ağırlıklı Beton	Hafif Beton
Isı İletkenliği (k)	0.95	0.35
Belirgin Sıcaklığı (c)	0.20	0.20

Normal ağırlıktaki ve hafif beton için tipik yoğunluklar 2320 ve 1760 kg / m³ 'tür. Ayrıca normal ağırlıktaki beton için tipik hacimsel denge nem oranı % 4 ve hafif beton için tipik hacimsel denge nem oranı ise % 5 'tir. Çelik kolonlar için Tablo 4.7'de belirtilen bağıntılar W 14 x 233 kolonundan büyük W / D oranındaki kolonlar için kullanılamazlar. Bağıntılar için bilinen W / D üst limitleri yoktur. Ayrıca bu test edilen W / D oranlarından daha az olan kolonlarda uyarıda bulunulmalıdır. Bununla birlikte, ateş direnci belirtildiğinden fazla olmadığı durumlarda, spreng uygulamalı malzemelerin bağıntıları 200 mm'den daha az boyutlardaki herhangi tüpsel veya boru kesitler için kullanılmaz. Tablo 4.7'de az miktardaki malzemeler, yangın direnci amacıyla kullanılan çelik kolonları korumak için kullanılan bütün seçenekleri içermez. Eğer belirgin koruma malzemesi için herhangi bir bağıntı bulunamazsa McGuire, Stanzak ve Law tarafından geliştirilen bağıntı kullanılabilir.

$$\frac{R_2}{R_1} \left[\frac{h_2(W_2/D_2)}{h_1(W_1/D_1)} \right]^{0.8} \quad (4.3)$$

Burada,

R = ateşe dayanıklılık (saat) ,

h = izolasyon kalınlığı (m),

W = uzunluk başına çelik ağırlığı (kg / m),

D = ısıtılmış çevre (m),

ve alt indisler;

1 = test edilmiş dizayn,

2 = test edilmemiş dizayn.

0.8 üssünü belirlemek istatistik bir analiz ile belirlenmiş standart test verilerine ve ısı transfer iletkenliğinin boyutsal analizine dayanır. Bağntı (4.3) aynı koruma malzemesini kullanarak iki kolon tasarımının ateşe direncini karşılaştırmak için kullanılır. Bağntıyı kullanabilmek için kolon dizaynlarından birinin ateş direncinin bilinmesi gerekir. Eğer koruma malzemesi hafifse (800 kg / m^3 'ten daha az) izolasyon malzemesinin termal kapasitesini hesaba katmaya gerek yoktur. Daha ağır malzemeler için termal kapasite W 'yi değiştirerek hesaplanır:

$$W = W_s + \frac{1}{2} D_h (p C_i / C_s) \quad (4.4)$$

Burada,

p = izolasyon malzemesinin yoğunluğu (kg / m^3),

C_i = izolasyon malzemesinin belirgin ısısı ($\text{J / kg}^\circ \text{C}$),

W_s = çelik ağırlığı (kg),

C_s = çeliğin belirgin ısısı ($\text{J / kg}^\circ \text{C}$).

Tablo 4.7'deki bağntılar özel malzemeler için geliştirilmiş ve U.S.'deki kod organizasyonları için kabul edilmiş olsa da, eğer başka hiçbir bağntı elde edilemiyorsa, Bağntı (4.3)'ün koruma gereksinimlerindeki yaklaşık değerleri sağlamak için kullanılması önerilebilir. Bağntı (4.3)'teki bu limitler, bazı kolon tasarımlarındaki ateşe dayanıklılık hesaplarındaki farkedilir hataların sonucunda önerilmiştir.

Kolonların korunmasında olduğu gibi bir kirişin ateş direncine etkisinde W / D oranı önemli bir parametredir. Koruma kalınlığında bir değişme olmaması için eşdeğer bir tahminle kirişlerde küçük W / D oranları yerine büyük W / D oranları kullanılabilir. Ayrıca kolonlarla birlikte koruma kalınlığını azaltmadan doğrudan büyük kirişler dizayn etmek randımanlı olmayabilir. 1984 yılında spreyci uygulamalı malzeme koruması için ihtiyaç duyulan kalınlığı hesaplamak için deney yapılarak türetilmiş bir yol geliştirilmiştir. Çelik kolon bağıntılarının aksine koruma kalınlığı ölçek bazında belirlenmiştir. Kiriş yangın yalıtım kalınlığı için bağıntı aşağıdaki gibidir.

$$h = \left(\frac{W_2 / D_2 + 0.6}{W_1 / D_1 + 0.6} \right) h_2 \quad (4.5)$$

Burada;

h = Spreyci uygulamalı yangın yalıtım kalınlığı,

W = Çelik kiriş kalınlığı (kg / m),

D = Çelik kirişin ısıtılmış çevresi (m) (Şekil 4.11),

ve alt indisler;

1 = geçici kiriş ve ihtiyaç duyulan korumanın kalınlığı,

2 = montajda ya da referans tasarımda test edilmiş kiriş ve koruma kalınlığı.

Bu bağıntının limitleri şöyle belirlenmiştir;

a) $W / D \geq 0.37$

b) $h \geq 1\text{cm}$ ve

c) referans test tasarımındaki veya en az 1 saat içinde test montajındaki serbet kiriş değeri olup, bu bağıntı sadece kat ve çatı montajındaki kiriş koruma kalınlığının belirlenmesine aittir.

4.3.6 Çelik Bir Taşıyıcı Sistem ve Elemanın Kontrolü

Taşıyıcı eleman ya da taşıyıcı sistem kapsamına göre yangın mukavemetinin kontrolü farklılıklar gösterir. Taşıyıcı elemanlarda kontrol;

* Kritik sıcaklığın belirlenmesi,

* Bu kritik sıcaklığa karşılık gelen t_f yangın mukavemeti süresinin yalıtım da gözönüne alınarak belirlenmesi,

* Belirlenen bu süre ile, yönetmeliklerin söz konusu yapı türü için zorunlu kıldığı R_f mukavemet süresinin karşılaştırılması:

$$t_f \geq R_f$$

aşamalarından oluşur.

Taşıyıcı sistemde kontrol;

En uygun yöntem olarak, adım adım ilerlenen plastik hesap belirtilebilir. Her adım, yangına ilişkin bir zaman aralığına karşılık gelmekte olup, bunun için 10 veya 15 dakikalık aralıklar seçilmesi uygundur. Yalıtım tür ve kalınlıkları ise önceden seçilmiştir. Yangın binanın her hacminde aynı anda başlamayacağından, bir yangın senaryosu seçilir ve yangın bölmeleri de gözönüne alınarak yangının nasıl ilerleyebileceği tahmin edilir. Her adımda, yangının ulaştığı hacimlerde bulunan çelik malzeme ve elemanların sıcaklıkları, yalıtımlar da gözönünde tutularak hesaplanır ve buna bağlı olarak $f_{ay\theta}$ akma sınırları ve $E_{a\theta}$ elastiklik katsayıları belirlenir. Bu değerlerden hareketle plastik mafsalların oluşumu ve basınç alan elemanların burkulması irdelenir. Yerel ve tümsel bir mekanizmanın oluşumu ya da bir elemanın burkulması taşıyıcı sistemin yangın mukavemetini belirler [19].

BÖLÜM 5

BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

5.1 Uygulama Yöntemi

Çelik taşıyıcı sistemin yangına karşı dayanımının artırılmasına yönelik yapılan araştırmalardan elde edilen bilgilerle çeliğin yalıtımlı ve yalıtımsız durumda yangın dayanım sürelerinin hesaplanması, yalıtım malzemesinin türüne, kalınlığına, ısıya ilişkin özelliklerine ve çelik taşıyıcı sistemin aks açıklıklarına, kirişin taşıma kapasitesine, çelik taşıyıcı sistemin bir ve birden çok açıklıklı sistem oluşuna, kolon ve kirişin boyutlarına vb. göre değişmektedir.

Sayısal örnekte bir açıklıklı ankastre çerçeve sistemi seçilmiş olup, kiriş açıklığı 10 m, kiriş aralıkları 3 m, kolon için IP 220, kiriş için I 260 seçilmiştir. Kirişe etkiyen yük ve kiriş taşıma yükü [19] nulu kaynak kitapta yer alan hesaplama göre, kiriş ve kolonlardaki kesit zorları ise tek açıklıklı ankastre çerçeve sistemine ait bağıntılara göre hesaplanmıştır.

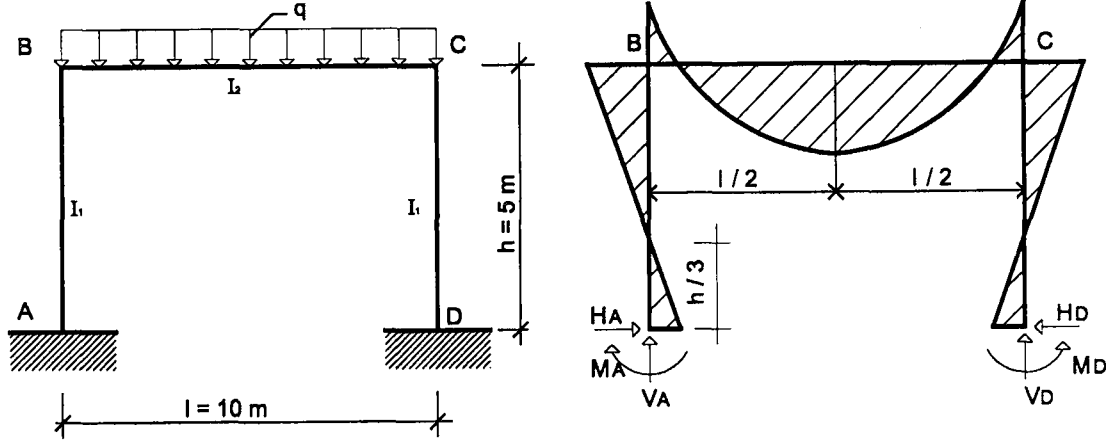
Yalıtımlı ve yalıtımsız durumda kiriş ve kolonun yangına dayanım sürelerini saptamadan önce kolon ve kirişteki kritik sıcaklıklar tespit edilir. Bunun için sayısal örnekte kullanılan tablo ve şekillere önceki konularda yer verilmiştir.

Kirişte kritik sıcaklığın bulunması için öncelikle yapıya etkiyen yük (q^*), kirişin izostatik ya da hiperstatik kiriş oluşuna göre bağıntıda kullanılmak üzere k yük katsayısı belirlenir ve Şekil 3.1'den kirişin kritik sıcaklığı saptanır.

Kolonun kritik sıcaklığını bulmak için, kolona etkiyen normal kuvvet N^* ve kolonun burkulma boyları (ℓ_{kx} , ℓ_{ky}) kullanılarak kolonun narinlik derecesi bulunur. Bileşik eğilme etkisindeki kolonlarda eğilme momenti etkisi de hesaba katılır. Buna göre bulunan iki sıcaklık değerinden minimum olan kolon kritik sıcaklığıdır.

Yalıtımsız durumda kiriş ve kolonun yangın dayanım sürelerinin hesaplanmasında ise profil tablosundan kiriş ve kolona ait U , A_a , b değerleri bulunur ve Tablo 4.2'den (yalıtımsız elemanlarda sıcaklık artışı) yararlanılarak ve enterpolasyonla A_u / V_a oranlarına bakılarak t süreleri hesaplanır. Yalıtımlı durumda ise yalıtım malzemesinin türü ve kalınlığı, yalıtım malzemesinin ısıya ilişkin özellikleri dikkate alınarak hesaplama yapılır. Sayısal örnekte 20 cm kalınlıklı, % 20 nem içeren tel üstü alçı sıva yalıtım malzemesi ve yalıtım yöntemi olarak levha ile kaplama (kutulama) seçilmiştir. Yalıtım malzemesinin ısıya ilişkin özellikleri Tablo 3.1'den belirlenir. Malzemenin nem içermesi durumunda, nemin ne kadar bir süre (t_v) geciktirme sağlayacağı tablodan belirlenen değerler ile hesaplanır. Kirişte ve kolonda yalıtım malzemesinin, çelik elemanın birim boyuna isabet eden iç yüzeyinin (A_{ui}), çelik birim boy hacmine oranına (V_a), Tablo 4.3'den (yalıtımlı elemanlarda sıcaklık artışı) bulunan süreler (t_v , nemlilik gecikme süresi) ilave edilerek yalıtımlı durumda çeliğin yangın dayanım süreleri hesaplanır.

5.2 Sayısal Örnek



Kiriş : I 260

Kolon : IP 220

Şekilde sistemi ve en kesiti verilen, kompozit kiriş ve çerçevede; kirişe etkiyen yük $q=1.72 \text{ t/m}$, kiriş taşıma yükü $q_u = 2.92 \text{ t/m}$, kolon kesit zorları $N=14.64 \text{ t}$ ve $M=12.16 \text{ t/m}$ 'dir. Yangında $\gamma = 1.1$ (Eurocode'da çelikte, yangın durumunda, yük artırma katsayısı 1.0 alınmakla birlikte, akma sınırı her zaman 1.1'e bölündüğünden, pratikte 1.1 alınmış olur.), burkulma boyları; $\ell_{kx}=0.7\ell$, $\ell_{ky}=0.8\ell$ için;

- Kolon ve kirişte kritik sıcaklıkların saptanması,
- Kiriş ve kolonun yalıtımsız kullanılmasında, yangına dayanım sürelerinin belirlenmesi,
- Kiriş ve kolonda kutulama türünde, ağırlıkça %20 nem içeren, tel üstü (2cm) kalınlıkta alçı sıva yapılması durumunda yangına dayanım sürelerinin belirlenmesi.

q ve q_u hesaplamaları:

Kiriş açıklığı 10 m, kiriş aralıkları 3 m, kirişin kendi ağırlığı 41.9 kg / m, döşeme hareketli yükü 200 kg / m², TS 4561 uyarınca $\eta = 1.7$, 2.2 t / m³ yoğunluktaki kaplama+sıva 5 cm kalınlıktadır. Beton birim hacim ağırlığı $\gamma = 2.5 \text{ t / m}^3$ 'tür. Bu verilere göre çubuk birim uzunluğuna gelen yüklerin belirlenmesi;

$$\begin{array}{rcl} \text{Kaplama + sıva} & = & 0.05 \text{ m} \times 2.2 \text{ t / m}^3 = 0.11 \text{ t / m}^2 \\ \text{Betonarme plak} & = & 0.10 \text{ m} \times 2.5 \text{ t / m}^3 = 0.25 \text{ t / m}^2 \\ & & \hline & & 0.36 \text{ t / m}^2 \end{array}$$

$$g_1 = 0.36 \text{ t / m}^2 \times 3 \text{ m} = 1.08 \text{ t / m}$$

$$g_0 = 0.0419 \text{ t / m} \text{ (profil tablosundan kirişin kendi ağırlığı)}$$

$$g = 1.1219 \text{ t / m}$$

$$p = 0.200 \times 3 \text{ m} = 0.6 \text{ t / m}$$

$$q = 1.7219 \text{ t / m} \cong 1.72 \text{ t / m}$$

$$q_u = 1.7 \times 1.72 \text{ t / m} = 2.92 \text{ t / m}$$

Kolon kesit zorlarının hesaplamaları:

Profil tablosundan IP 220 için I_x değerleri bulunur.

Kirişi yatay simetrik ankastre çerçeve için;

$$k = \frac{I_x(\text{kiriş})}{I_x(\text{kolon})} \cdot \frac{h}{\ell} \quad \text{ile } k \text{ katsayısı bulunur.}$$

$$k = \frac{5740}{8090} \cdot \frac{500}{1000} = 0.36$$

$$N_1 = k + 2 \text{ ve } N_2 = 6k + 1 \text{ ile}$$

$$N_1 = 0.36 + 2 = 2.36$$

$$N_2 = 6 \times 2.36 + 1 = 15.16 \text{ katsayıları bulunur.}$$

$$M_B = M_C = -\frac{ql^2}{6N_1} = -12.16 \text{ t / m}$$

$$V_A = V_D = \frac{ql}{2} = 14.64 \text{ t normal kuvvet bulunur.}$$

a) Kiriş ve kolonda kritik sıcaklıklar;

Kirişte:

$$q^* = 2 \times q \quad (5.1)$$

bağıntısıyla yangında yapıya etkiyen yük bulunur.

$$q^* = 1.1 \times 1.722 = 1.89 \text{ t/m}$$

Olağan sıcaklıkta plastik taşıma yükü, kiriş taşıma yükü olan $q_u = 2.93 \text{ t/m'ye}$ eşittir.

$$q_p = q_u = 2.93 \text{ t/m}$$

Kirişin k yük katsayısını bulmak için;

$$\frac{q^*}{q_p} \quad (5.2)$$

bağıntısı kullanılır. Buna göre;

$$\frac{q^*}{q_p} = \frac{1.89}{2.93} = 0.65 \Rightarrow k = 0.74 \quad (3. Dereceden hiperstatik kiriş) \quad (\text{Tablo 4.6})$$

Plastik teoriye göre kirişin olağan sıcaklığını bulmak için

$$\frac{f_{ay0}}{f_{ay}} = k \frac{q^*}{q_p} \quad (5.3)$$

bağıntısı kullanılarak;

$$\frac{f_{ay\theta}}{f_{ay}} = 0.74 \times 0.65 = 0.48 \quad \text{elde edilir.}$$

Şekil 3.1 yardımıyla 0.48 için $\theta_{ak} = 597^\circ\text{C}$ (çelik kiriş sıcaklığı) hesaplanır.

Kolonda:

Yangında kolona etkiyen normal kuvvet $N^* = \alpha N = 1.1 \times 14.637 = 16.1$ 'dir.

$$\ell_{kx} = 0.7 \times 500 \text{ cm} = 350 \text{ cm}$$

Profil tablosundan IP 220 için $i_x = 9.37$ bulunur.

Kolonun narinlik derecesi

$$\lambda_x = \frac{\ell_{kx}}{i_x} \quad (5.4)$$

bağıntısıyla belirlenir:

$$\lambda_x = \frac{\ell_{kx}}{i_x} = \frac{350}{9.37} = 37.35$$

$$\bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_{ay}}{E_a}} \quad \text{bağıntısıyla;} \quad (5.5)$$

$$\bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_{ay}}{E_a}} = \frac{37.35}{\pi} \sqrt{\frac{2.4}{2100}} = 0.402 \quad \text{narinlik derecesi bulunur.}$$

$\ell_{ky} = 0.8 \times 500 = 400 \text{ cm}$ için de aynı işlemler tekrarlanır.

Profil tablosundan IP 220 için $i_y = 5.59 \text{ cm}$ bulunur.

$$\lambda_y = \frac{\ell_{ky}}{i_y} = \frac{400}{5.59} = 71.56$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{ay}}{E_a}} = \frac{71.56}{\pi} \times \sqrt{\frac{2.4}{\pi}} = 0.770 \quad \text{bulunur.}$$

Bileşik eğilme etkisindeki kolonda eğilme momenti etkisi;

$$e_x = \frac{M_x^*}{N^*} \quad e_x = \frac{12.162}{16.1} = 0.755 \text{ m} \quad (5.6)$$

bir katsayı bulunur.

$$\varepsilon_x = e_x \frac{A_a}{W_x} \quad (5.7)$$

Bulunan bu katsayı 5.7 bağıntısında kullanılarak eğilme momenti bulunur.

Profil tablosundan IP 220 için $A_a = 91.1 \text{ cm}^2$ 'dir.

$$\varepsilon_x = 75.5 \frac{91.1 \text{ cm}^2}{732 \text{ cm}^3} = 9.4$$

x eksenine göre burkulma $h / b > 1.2$ ve $t_f \leq 40 \text{ mm}$ için "a" burkulma eğrisi,
y eksenine göre burkulmada "b" burkulma eğrisi (Tablo 4.4)

$$X_\theta = \frac{\gamma N^*}{f_{ay} A_a} \quad (5.8)$$

bağıntısından kolondaki θ_{ak} kritik sıcaklığı bulunur.

$$X_{\theta y} = \frac{1.174 \times 16.1}{2.4 \times 91.1} = 0.0865$$

$X_{\theta y} = 0.0865$ ve $\bar{\lambda}_y = 0.77$ için Şekil 4.4b'den $\theta_{aky} = 724 \text{ }^\circ\text{C}$ bulunur.

"a" eğrisi için $\alpha = 0.21$ (Tablo 4.4)

$$\phi_{ex} = 0.5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda}_x - 0.2) + \varepsilon + \bar{\lambda}_x^2 \right] \quad (5.9)$$

bağıntısıyla;

$$\phi_{ex} = 0.5 \left[1 + 0.21 (0.402 - 0.2) + 9.4 + (0.402)^2 \right]$$

$$\phi_{ex} = 5.302$$

bulunur ve

$$X_{ex} = \frac{1}{\phi_e + \sqrt{\phi_e^2 - \bar{\lambda}_x^2}} \leq 1 \quad (5.10)$$

bağıntısında kullanılarak

$$X_{ex} = \frac{1}{5.302 + \sqrt{(5.302)^2 - (0.402)^2}} = 0.094$$

elde edilir.

$$X_{e\theta x} = \frac{\gamma N^*}{X_e f_{ay} A_a} = \frac{1.174 \times 16.1007}{0.094 \times 2.4 \times 91.1} = 0.612 \quad (5.11)$$

bağıntısında X_{ex} yerine konulursa

$$X_{e\theta x} = 0.612 \quad \text{ve} \quad \bar{\lambda}_x = 0.402 \quad \text{için} \quad \theta_{akx} = 528^\circ \text{C}$$

olarak bulunur. (Şekil 4.4a)

$$\left. \begin{array}{l} \theta_{akx} = 528^\circ \text{C} \\ \theta_{aky} = 724^\circ \text{C} \end{array} \right\} \rightarrow \theta_{akmim} = 528^\circ \text{C} \text{ (Minimum olan kolon kritik sıcaklığıdır)}$$

b) Yalıtımsız kullanım;

Kirişte:

Profil tablosundan I 260 için $U = 0.906 \text{ m}^2 / \text{m}$

$$A_a = 53.4 \text{ cm}^4$$

$b = 11.3 \text{ cm}$ değerleri bulunur.

Birim uzunluktaki elemanın yangına açık yüzey alanı;

$$A_u = 0.906 - 0.113 \times 1 = 0.793 \text{ m}^2 / \text{m} \text{ (üstü örtülü) bulunur ve birim boy hacmi de;}$$

$$V_a = 1 \times A_a = 1 \times 0.00534 = 0.00534 \text{ m}^3 / \text{m} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Yalıtımsız elemanlardaki sıcaklık artışını bulmak için;

$$\frac{A_a}{V_a} = \frac{0.793}{0.00534} = 148.5 \quad \text{oranından ve Tablo 4.2'den}$$

t	A_u / V_a		
	100	148.5	150
0'	20	20	20
14.8'	←	597	
15'	516 ⇒	607	← 610

yalıtımsız kirişin yangına dayanım süresi $t = 14.8'$ olarak hesaplanır.

Kolonda:

Profil tablosundan I 220 için $U = 1.274 \text{ m}^2 / \text{m}$

$$A_a = 91.1 \text{ cm}^2$$

$b = 22 \text{ cm}$ değerleri bulunur.

Kirişteki sıcaklık artışını bulmak için yapılan tüm işlemler kolon için de tekrarlanır.

$$A_u = 1.274 \text{ m}^2 / \text{m}$$

$$V_a = 1 \times A_a = 0.00911 \text{ m}^3 / \text{m}$$

$$\frac{A_u}{V_a} = \frac{1.274}{0.00911} = 139.85$$

t	A_u / V_a		
	100	139.85	150
0'	20	20	20
13.35'	←	528	
15'	516 →	591	← 610

Yalıtımsız kolonun yangına dayanım süresi $t = 13.35'$ olarak hesaplanır.

c) Yalıtımlı durumda;

$d_i = 2 \text{ cm}$ kalınlıklı %20 nemli tel üstü alçı sıva yalıtım malzemesinin özellikleri Tablo 3.1'den saptanır;

$$\gamma_i = 800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$c_i = 1700 \text{ J} / \text{kg}^\circ \text{C}$$

$$K_i = 0.20 \text{ W} / \text{m}^\circ \text{C}$$

$$a = 7850 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$c_a \cong 520 \text{ J} / \text{kg}^\circ \text{C}$ %20 nem içerdiği için malzemenin nemden dolayı ne kadarlık bir gecikme sağlayacağı,

$$t_v = \frac{P\% \gamma_i d_i^2}{5K_i} \quad (5.12)$$

bağıntısında Tablo 3.1'den bulunan değerler yerine konularak t_v hesaplanır.

$$t_v = \frac{20 \times 800 \times (0.02)^2}{5 \times 0.2 \text{ W} / \text{m}^\circ \text{C}} = 6.4 \text{ dakika (nem geciktirmesi)}$$

Kirişte:

Yalıtım malzemesinin çelik elemanın birim boyuna isabet eden iç yüzeyi

$$A_{ui} = 2h + b \quad (5.13)$$

bağıntısıyla bulunur:

$$A_{ui} = 2 \times 0.26 + 0.113 = 0.633 \text{ m}^2 / \text{m}$$

$$A_a = 53.4 \text{ cm}^2 = 0.00534 \text{ m}^2$$

$$V_a = 0.00534 \text{ m}^3$$

$$\text{Ağır yalıtım koşulunda} \quad c_a \gamma_a V_a < 2c_i \gamma_i d_i A_{ui} \quad (5.14)$$

bağıntısı dikkate alınır;

$$c_a \gamma_a V_a = 520 \text{ J / kg}^\circ\text{C} \times 7850 \text{ kg / m}^3 \times 1 \times 0.00534 = 21798$$

$$2c_i \gamma_i d_i A_{ui} = 2 \times 1700 \times 800 \times 0.02 \times 0.633 = 34435$$

$$\frac{\gamma_a c_a}{\gamma_a c_a + \frac{\gamma_i c_i d_i A_{ui}}{2V_a}} = \frac{7850 \times 520}{7850 \times 520 + \frac{34435}{4 \times 0.00543}} = 0.720 \quad (5.15)$$

bağıntısı ve

$$\left(\frac{A_{ui}}{V_a} \right) = \frac{0.633}{0.00543} \times 0.720 = 84 \quad \text{oraniyla} \quad d_i / k_i = \frac{0.02}{0.2} = 0.1 \quad \text{için}$$

yalıtım elemanının θ_{ak} sıcaklık artışı Tablo 4.3 'den hesaplanır.

$d_i / k_i = 0.1$ için

t	A_{ui} / V_a		
	50	84	100
105'	451 $\Rightarrow$	583.6	$\Leftarrow$ 646
109.3'	$\Leftarrow$	597	
120'	498 $\Rightarrow$	630.6	$\Leftarrow$ 693

Nemlilik gecikmesi de dikkate alınarak yalıtımlı durumda kirişteki yangın dayanım süresi $t = 109.3' + 6.4' = 115.7'$ bulunur.

Kolonda:

Kiriş için yapılan işlemler kolon için de aynı şekilde uygulanır.

$$A_{ui} = 4 \times 0.22 \times 1 = 0.88 \text{ m}^2 / \text{m}$$

$$c_a \gamma_a V_a = 7850 \times 520 \times 1 \times 0.00911 = 37187$$

$$2c_i \gamma_i d_i A_{ui} = 2 \times 800 \times 1700 \times 0.02 \times 0.88 = 47872$$

$$c_a \gamma_a V_a < 2c_i \gamma_i d_i A_{ui} \rightarrow \text{ağır yalıtım} \quad (5.14)$$

$$\frac{\gamma_a c_a}{\gamma_a c_a + \frac{\gamma_i c_i d_i A_{ui}}{2V_a}} = \frac{7850 \times 520}{7850 \times 520 + \frac{47872}{4 \times 0.00911}} = 0.757 \quad (5.15)$$

$$\left(\frac{A_{ui}}{V_a} \right) = \frac{0.88}{0.00911} \times 0.757 = 73 \quad d_i / k_i = \frac{0.02}{0.2} = 0.1$$

$d_i / k_i = 0.1$ için

(Tablo 4.3)

t	A_{ui} / V_a		
	50	73	100
60'	283 $\Rightarrow$	358.44	$\Leftarrow$ 447
107.3'	343 $\Rightarrow$	426.72	$\Leftarrow$ 525
97.2'	$\Leftarrow$	528	

Nemlilik gecikmesi de dikkate alınarak yalıtımlı durumda kolonda yangın dayanım süresi $t = 97.2' + 6.4' = 103.6'$ bulunmuş ve bu veriler aşağıda tablo şeklinde verilmiştir.

	Kritik Sıcaklık °C	Yalıtımsız	Yalıtımlı
Çelik Kiriş	597	t=14.8 dakika	t=115.7 dakika
Çelik Kolon	528	t=13.35 dakika	t=103.6 dakika

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan bu çalışma sonucunda, yabancı ülkeler ile Türkiye'deki yangın yönetmeliklerine ait örneklerin içeriklerinin ne kadar farklı olduğu görülmüş olup, yangınların neden olduğu can ve mal kayıplarının önlenmesinin, yangın korunumuyla ilgilenen kişi ve kuruluşların gösterecekleri ortak çabalarla gerçekleşebileceği, bunun yanı sıra mimar ve mühendisler ile itfaiye vb. kuruluşlar arasındaki işbirliğinin sağlanması ve ayrıca yangından korunmayla ilgili uluslararası standartta bir yönetmeliğin hazırlanması gerektiği açıktır. Bu bağlamda yangından korunmada öncelikli olarak,

- * Bina kullanıcılarının can güvenliği sağlanmalı,
- * Yangının başladığı noktadan çevreye yayılması engellenmeli,
- * Maddi kayıp ve hasarlar en alt düzeyde tutulmalıdır.

Bu temel kriterlerin işlerlik kazanabilmesi için de henüz tasarım aşamasında, yapı biçiminin, taşıyıcı sistemi oluşturan malzemelerin ve duvar, döşeme, tavan ve kapı gibi elemanlarda kullanılan malzemelerin yanıcılık özelliklerine dikkat edilmelidir.

Ayrıca yangında can kaybının asıl nedeninin yanma değil de boğulma olduğu ve malzemelerin sadece yanıcılık değil, duman ve zehirli gaz çıkarma özelliğine sahip olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle teknolojinin ilerlemesiyle yaygın biçimde üretilmeye başlanan ve binalarda yoğun olarak kullanılan plastik ve sentetik malzemeler, dumandan boğulma, zehirlenme ve nefes yollarında oluşan doku bozuklukları ile kanamaların neden olduğu ölüm olaylarının artmasında büyük rol oynamaktadır. Dolayısıyla bu tür malzemelerin binalarda kullanım oranına dikkat edilerek, yangının yayılmasını hızlandırmaması için önlemler alınmalı ve bu amaçla malzemeler yangın direnimlerine göre;

- F30 Yangın Durdurucu,
- F60 Yangın Durdurucu,
- F90 Yangın Dayanımlı,

F120 Yüksek Yangın Dayanımlı,

F180 Çok Yüksek Yangın Dayanımlı,

şeklinde bir sınıflandırmaya tabi tutulmalıdır. Bu nedenle, mimari tasarım aşamasından yapının bitimine kadar, tasarımcı ve uygulamacı tarafından gerekli önlemlerin alınması zorunludur. Bunlar,

a) Yapının arazideki konumuna göre,

- * İtfaiye araçlarının yapıya yaklaşımının sağlanması,
- * İki bina arasında gereken uzaklığın bırakılması,

b) Yapının iç tasarımına göre,

- * Dumanın yayılmasının önlenmesi,
- * Kontrollü havalandırmanın sağlanması,
- * Yangının yayılmasının önlenmesi,
- * Binadan kaçış yollarının planlanması,
- * Kullanılacak malzemelerin seçimi,
- * Taşıyıcı sistemi oluşturan malzemelerin seçilmesi ve yangına olan dirençlerinin belirlenmesi,
- * Taşıyıcı sistemi oluşturan malzemelerin yangına karşı korunma yönteminin belirlenmesi,

c) Yapının kullanım biçimine (laboratuvar, patlayıcı madde vb.) göre alınması gereken ek ve özel önlemler

şeklinde sıralanabilir.

Bu konu ile ilgili yurt dışındaki yönetmeliklerde, malzemelerin yanıcılıklarına ilişkin özellikleri ve hangi malzemenin yapının hangi bölümlerinde kullanılabileceği belirlidir. İncelenen bu yönetmelikler sonucunda, Türkiye'deki şehirler, yangın çıkma olasılığı en fazla olan bölgelerden başlayarak sırasıyla gruplandırılmalı ve şehir içi itfaiye istasyonlarının dağılımı yapılarak, olası bir yangında hangi istasyonun müdahale edeceği ve ne kadarlık bir sürede yangın bölgelerine ulaşacağı, şehrin coğrafik ve iklim koşulları da dikkate alınarak saptanmalıdır.

Binanın dışında alınması gerekli bu önlemlerin yanında, taşıyıcı sistemlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanan çelik malzemenin yangın dayanımının yetersiz olması nedeniyle, çelik malzemeyi yangından korumak için dört farklı yalıtım yöntemi tercih edilebilir. Bunlar,

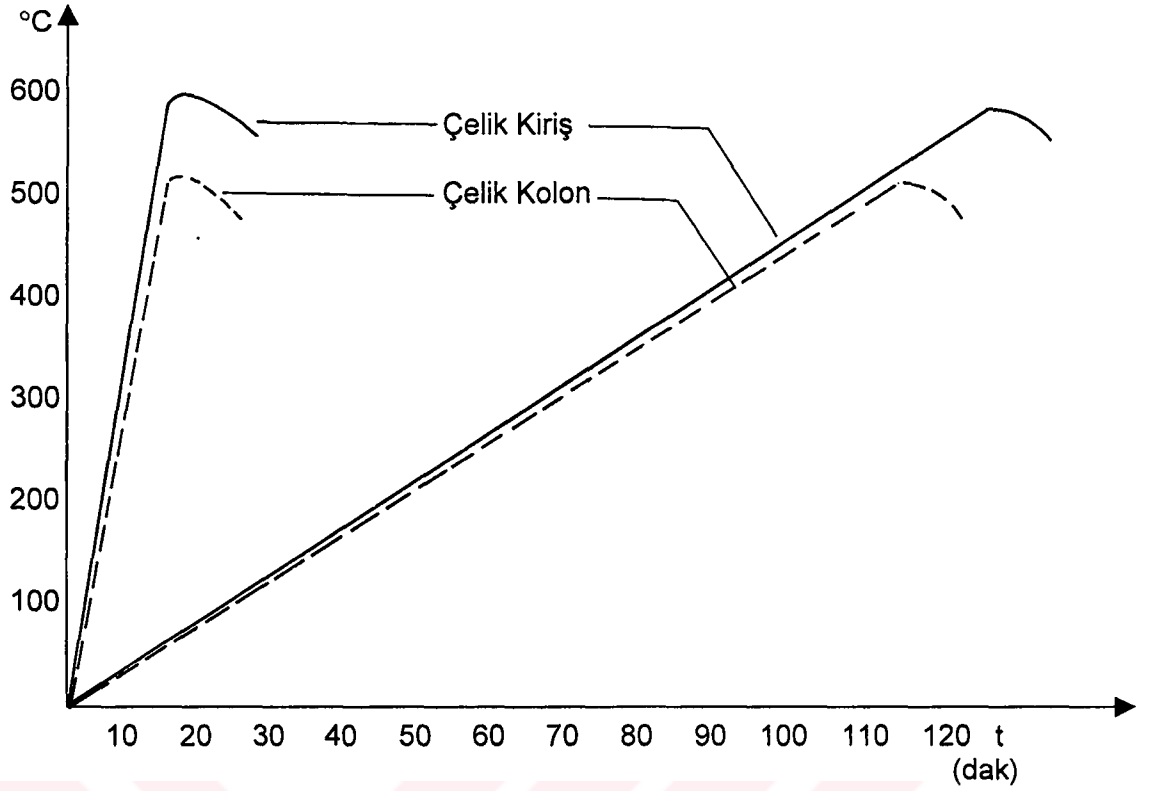
- _ Betonla kaplama,
- _ Levha ile kaplama,
- _ Sprey malzemelerle kaplama,
- _ Kolonları su donanımı ile yangından koruma

yöntemleri olup, bu yalıtım yöntemlerinin kullanılmasındaki amaç,

- a) Taşıyıcı sistemin stabilitesini koruyarak belirli bir süre ayakta kalmasını sağlamak,
- b) Yangına dayanıklı malzemelerle yatayda ve düşeyde bölmeler yaparak yangının yayılmasını önlemek,
- c) Yangın ortamında belirli bir süre yangından kaçış yollarının kullanılabilmesi için temiz hava, elektrik vb. sistemler açısından güvenli bir ortam sağlamaktır.

Yabancı kaynaklarda, taşıyıcı sistemleri yangından korumada kullanılan bu yöntemler ve malzemeler, çelik malzemelerin yangın dayanım sürelerinin hesaplanmasında kullanılan, bir uygulama örneğine bu tez çalışmasında da yer verilerek, bu sürelerin saptanmasının ne kadar gerekli olduğu gösterilmiş, yalıtımlı ve yalıtımsız durumda çeliğin yangın dayanım süreleri arasında çok büyük farklar olduğu tespit edilmiştir. Ulaşılan bu nokta yalıtımın gerekliliğini vurgulaması açısından oldukça önemlidir ve aşağıda bu değerler tablo ve grafikte anlatılmıştır.

	Kritik sıcaklık °C	Yalıtımsız durumda	Yalıtımlı durumda
Çelik kiriş	597°C	t= 14.8 dakika	t= 115.7 dakika
Çelik kolon	528°C	t= 13.35 dakika	t= 103.6 dakika



Grafikte de görüldüğü üzere çelik kolon ve kirişin yalıtımlı ve yalıtımsız durumdaki yangına dayanım süreleri arasında büyük farklar olup, yalıtımlı durumda yaklaşık olarak % 87 oranında ek bir süre elde edilmekte ve bu sonuç itfaiyenin olay yerine gelmesi için yeterli gözükmemektedir.

Sonuçta bu hesaplama yöntemleri ne kadar karmaşık görünürse görünsün, taşıyıcı sistemlerde kullanılan çelik malzemenin yangın dayanımıyla ilgili sorunlarına, ülkemiz tarafından da gereken önem verilmeli ve bu konuda yapılacak olan bilimsel çalışmalara hız kazandırılarak, çalışmalar sonunda elde edilecek bulguların yönetmeliklerdeki yerini alması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] YENER, C., "Yapılarda Yangın Üzerine", Birinci Yangın Ulusal Kurultayı Bildirileri: 1981, ODTÜ-TÜBİTAK Mimarlık Fakültesi, s. 375-379, Ankara (1983).
- [2] GÜRDAL, E., "Strüktür ve Malzemenin Yangın Karşısında Davranışı", Bina Yangın Güvenliği, Seminer Bildirileri, YEM Yayını, Mart (1996).
- [3] TÜYAK, Türkiye Yangından Korunma ve İtfaiye Eğitim Vakfı, Yangından Korunma Yönetmelikleri, Kamu Binalarının Yangından Korunma Yönetmeliği ve Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tüzüğü, Sayı: 3, (1996).
- [4] ÜNÜVAR, L., "Ana Yapı ve Yalıtım Malzemelerinin Yangın Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi", Isı, Ses, Su ve Yangın İZOLASYON DERGİSİ, Sayı: 7, s.17, Eylül / Ekim (1997).
- [5] ERIÇ, M., Yapılarda Mimari Planlama ve Yapı Elemanları Açısından Yangın Sorunları, Yapı 79, s.41,(1988).
- [6] CANTER, D., Fires and Human Behaviour, s.1-2, (1980).
- [7] YAVUZ, G., "Yapılarda Yangın Korunumu - Mimari Tasarım Etkileşimi", Bina Yangın Güvenliği, Seminer Bildirileri, YEM Yayını, Mart (1996).
- [8] SUNAR, Ş., Yangından Korunma ve Bina Yangın Güvenliği, İlkeler, Çelişkiler, Gerçekler, Şubat (1981).
- [9] OYMAEL, S., Yapı Fiziği Ders Notları, İstanbul (1997)
- [10] THOMAS, G.J. Langdon, Fire Safety in Buildings, Principles and Practise. s.57, 74-77.
- [11] STOLLARD, P., "Fire Risk and Safety Apprasial", The Architect's Journal, s.29, September (1993).
- [12] BUTCHER, E. G., PARNEL, A. C., Smoke Control Infire Safety Design, s.27-38, (1979).
- [13] GÜRDAL, E., Yalıtım Malzemelerinin Yangın Güvenliğine Etkisi, Yapı 79, s.47, (1988).
- [14] OLCAY, M., " Yangın ile İlgili Standartlar ve Yönetmelikler", Bina Yangın Güvenliği, Seminer Bildirileri, YEM Yayını, Mart (1996).

- [15] SCHMITT, H., HEENE, A., Hochbau Konstruktion, s.90,91,100, (1993).
- [16] KOCATAŞKIN, F., Yapı Malzemelerinin Yangın Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi, Yapı 79, s.44, (1988).
- [17] TESİSAT 5, Sabancı İş Merkezi Mekanik Tesisat Sistemleri, s.48, (1993).
- [18] BOZ, B.Erdinç, Yapı Kredi Plaza İş Merkezi Mekanik Tesisat Sistemleri Tanıtımı, Tesisat 6, s.41, (1993).
- [19] ARDA, T. S., YARDIMCI, N., Çelik Yapı Elemanlarının Yangın Mukavemeti, (1995)
- [20] IŞIKEL, K., "Yangın Güvenliği ve Yapı Malzemeleri", Bina Yangın Güvenliği, Seminer Bildirileri, YEM Yayını, Mart (1996).
- [21] ALMANYA Nordrhein – Westfalen Eyaleti Yangın Yönetmeliği
- [22] ERIC, W. M., "A Complete Guide To Fire and Buildings", Behaviour of Building Structures, s.168.
- [23] DURUKAN, Z., AĞRA, G., TEZCAN, S.S., "Yüksek Binaların Taşıyıcı Sistemleri", Yüksek Yapılar I. Ulusal Sempozyumu, s.230, (1989).
- [24] ONURSAL, F. R., Fireboard Yangın Levhaları İle Yangından Korunma, Isı, Ses, Su ve Yangın İZOLASYON DERGİSİ, Sayı:7,s.48, Eylül/Ekim (1997).
- [25] ÖZGEN, K., DUMAN, N., Çelik Yapılar Ders Notu Özetleri, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, (1973).
- [26] MILKE, J., Analytical Methods for Determining Fire Resistance of Steel Members, The SFPE Handbook of FIRE PROTECTION ENGINEERING, Society of FIRE PROTECTION ENGINEERS, National Fire Protection Association, NFPA, s. [3-92]-[3-102], Third Edition, (1992).
- [27] WORLD ARCHITECTURE, Cold Steel, Issue No:35, s.93, (1995).
- [28] ÖZGEN, A., UZGİDER, E., ARDA, T.S., "Çok Katlı Çelik Yapılar" IV.ÇELİK YAPILAR SEMİNERİ 2, İTÜ Vakfı ve İnşaat Fakültesi, 27 Kasım-2 Aralık (1989).

İTÜ KÜTÜPHANESİ
 İTÜ KÜTÜPHANESİ
 İTÜ KÜTÜPHANESİ

ÖZGEÇMİŞ

Cahide N. AYDIN 1972 yılında Yalova'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Yalova'da tamamladı. 1990 yılında girdiği Anadolu Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Mimarlık Bölümü'nden, 1995 yılında mezun oldu. 1995 – 1997 yılları arasında İstanbul'da özel bir şirkette çalıştı. 1997 yılında Anadolu Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 1995 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programında yüksek lisans öğrenimine başlayan Cahide N. AYDIN, halen Anadolu Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.



[Handwritten signature]
Cahide N. AYDIN