

**MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YEŞİL BİNALARDA YANGIN GÜVENLİĞİ VE RİSK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Görkem Mustafa YENİAY**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Yapı Fiziği ve Malzemesi Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER**

**NİSAN 2022**



**MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YEŞİL BİNALARDA YANGIN GÜVENLİĞİ VE RİSK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Görkem Mustafa YENİAY**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Yapı Fiziği ve Malzemesi Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER**

**NİSAN 2022**



Görkem Mustafa YENİAY tarafından hazırlanan “YEŞİL BİNALARDA YANGIN GÜVENLİĞİ VE RİSK ANALİZİ” adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER  
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından MİMARLIK Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

Üye : Doç. Dr. Nuri SERTESER

Üye : Doç. Dr. Ümit ARPACIOĞLU

Üye :

Üye :

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım klavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Görkem Mustafa YENİAY







*Ailem ve tüm sevdiklerime,*



## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamın tamamlanmasında, yüksek lisans öğrenimim süresince engin bilgisini, deneyimini ve hoşgürüsünü esirgemeyen, yoğun iş temposuna rağmen bu çalışmanın ortaya çıkması, şekillenmesi ve nihayete ermesinde önemli katkıları bulunan yüksek lisans tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER'e, dâhil ettiği projeler ile tez konumun ortaya çıkmasında bana ışık tutan, tecrübe ve desteklerini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Ümit ARPACIOĞLU'na teşekkürlerimi sunuyorum.

Yine bu çalışmamın tamamlanmasında maddi manevi her türlü desteğiyle yanımda olan sevgili Buşra Afranur ÇELİK'e, kardeşim Murat YENİAY'a, babam Yusuf Ziya YENİAY'a, annem Ayşe YENİAY'a ve Halam Seyhan YAZICI'ya teşekkürü bir borç biliyorum. Ayrıca anket çalışmamın yeterli sayıya ulaşmasında katkıları bulunan Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nda görevli iş müfettişi meslektaşlarıma, akademisyenlere, mimar ve mühendislere, iş güvenliği uzmanlarına, yeşil bina yetkililerine ve firma yetkililerine ayrı ayrı teşekkürlerimi sunuyorum.



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ix</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>xi</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>SEMBOLLER</b> .....	<b>xv</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xix</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xxi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Çalışmanın Amacı .....	3
1.2 Çalışmanın Kapsamı .....	3
1.3 Çalışmanın Yöntemi.....	4
<b>2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL BİNA KAVRAMLARI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Yeşil Binaların Tarihsel Gelişimi .....	6
2.1.1 Dünya'daki tarihsel gelişimi .....	7
2.1.2 Türkiye'deki tarihsel gelişimi .....	8
2.2 Yeşil Binaların Sürdürülebilir Hedefleri .....	11
2.2.1 Enerji .....	11
2.2.2 Su verimliliği.....	12
2.2.3 Malzeme ve kaynak kullanımında verimlilik.....	13
2.2.4 Sağlık ve konfor .....	13
2.2.4.1 Doğal havalandırma .....	14
2.2.4.2 Doğal aydınlatma .....	14
2.2.4.3 Isıl konfor .....	15
2.2.4.4 Akustik konfor .....	16
2.2.5 Atık yönetimi .....	16
2.2.6 Ekolojik yaklaşım .....	17
2.2.7 Afet ve güvenlik.....	18
<b>3. YEŞİL BİNALARDA YANGIN GÜVENLİĞİ</b> .....	<b>21</b>
3.1 Yangın Tanımı.....	21
3.2 Yangınla İlgili Genel Kavramlar .....	22
3.2.1 Yangın yükü .....	22
3.2.2 Yanıcı madde .....	23
3.2.2.1 Katı formda yanıcı maddeler.....	23
3.2.2.2 Sıvı formda yanıcı maddeler .....	23
3.2.2.3 Gaz formda yanıcı maddeler .....	23
3.2.3 Yangın gelişim evreleri .....	23
3.2.3.1 Büyüme evresi.....	24
3.2.3.2 Yangın evresi (flash-over).....	24
3.2.3.3 Sönme evresi (backdraft) .....	25

3.2.4 Baca etkisi .....	25
3.2.5 Yangına tepki sınıfı .....	26
3.3 Yeşil Binalarda Yangın Güvenliği Sorunu .....	27
3.4 Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin Yangına Bakışı .....	30
3.4.1 LEED.....	30
3.4.2 BREEAM .....	33
3.4.3 DGNB.....	36
3.4.4 B.E.S.T-Konut.....	38
<b>4. YEŞİL BİNALARDA OLUŞABİLECEK EK YANGIN RİSKLERİ.....</b>	<b>39</b>
4.1 Sürdürülebilir Yapı Tasarımları .....	40
4.1.1 Çift cidar cepheler .....	40
4.1.2 Güneş tüpü.....	42
4.1.3 Çatı pencereleri .....	42
4.2 Yapıda Kullanılan Malzemeler ve Kaplamalar .....	43
4.2.1 Yalıtım malzemeleri .....	44
4.2.2 Bitkisel kaplamalar.....	47
4.2.2.1 Yeşil çatı.....	47
4.2.2.2 Yeşil cephe .....	48
4.2.2.3 İç mekan bitkilendirme.....	49
4.2.3 Yüksek performanslı cam.....	49
4.2.4 Sızdırmazlık ve yanmazlık sağlayan katkı malzemeleri .....	51
4.2.5 Faz değiştiren malzemeler.....	52
4.3 Alternatif Enerji Kaynakları .....	53
4.3.1 Fotovoltaik paneller.....	53
4.3.2 Rüzgar türbinleri .....	56
4.3.3 Hidrojen yakıt hücreli güç sistemleri .....	58
4.3.4 Akü depolama sistemleri.....	59
4.3.5 Elektrikli araç şarj istasyonları .....	60
4.4 Sürdürülebilir Yapı Sistemleri.....	61
4.4.1 Geri dönüştürülebilir malzeme depo alanları .....	61
4.4.2 Gri su ve yağmur suyu kullanımı .....	62
4.4.3 Yüksek hacimli düşük hızlı fanlar.....	63
4.4.4 Hafif taşıyıcı sistem elemanları.....	65
<b>5. YANGIN RİSKİNİN YEŞİL BİNALAR ÜZERİNDE ANALİZİNE İLİŞKİN ANKET ÇALIŞMASI.....</b>	<b>67</b>
5.1 Anket Çalışmasının Amacı ve Önemi .....	67
5.2 Anket Çalışmasının Varsayımları, Kısıtları ve Uygulama Yöntemi .....	67
5.3 Anketin Kapsamı .....	68
5.4 Anket Verilerinin Analizi .....	69
5.4.1 Anket katılımcılarının profilleri .....	69
5.4.2 Yangın risk değerlendirmesi .....	73
5.4.3 Anketin Güvenilirlik Analizi.....	80
5.5 Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	81
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>89</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>93</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>99</b>

## KISALTMALAR

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AC</b>	: Alternating Current (Alternatif Akım)
<b>B.E.S.T</b>	: Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım
<b>BRE</b>	: Building Research Establishment (Yapı Araştırma Kurumu)
<b>BREEAM</b>	: Building Research Environmental Assessment Method (Bina Araştırması Çevresel Değerlendirme Yöntemi)
<b>BYKHY</b>	: Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
<b>ÇEDBİK</b>	: Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
<b>DC</b>	: Direct Current (Doğru Akım)
<b>DGNB</b>	: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Alman Sürdürülebilir Binalar Derneği)
<b>EDGE</b>	: Excellence In Design For Greater Efficiencies (Yüksek Verimlilik İçin Tasarımda Mükemmellik)
<b>EIFS</b>	: Exterior Insulation and Finish System (Dış İzolasyon ve Sonlandırma Sistemi)
<b>EPS</b>	: Expanded Polystyrene (Genleştirilmiş Polistren)
<b>ETICS</b>	: External Thermal Insulation Composite Systems (Harici Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri)
<b>FDM</b>	: Faz Değiştiren Malzemeler
<b>FIDO</b>	: Fire Incident Data Organization (Yangın Vakası Veri Organizasyonu)
<b>HVLS</b>	: High Volume Low Speed Fans (Yüksek Hacimli Düşük Hızlı Fanlar)
<b>LEED</b>	: Leadership in Energy and Environmental Design (Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik)
<b>LEL</b>	: Lightweight engineered lumber (Hafif Ağırlıklı İşlenmiş Kereste)
<b>NFPA</b>	: National Fire Protection Association (Ulusal Yangından Korunma Derneği)
<b>PV</b>	: Photovoltaic (Fotovoltaik)
<b>SEEB-TR</b>	: Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar Türkiye Sertifikası
<b>SIP</b>	: Structural Insulated Panel (Yapısal Yalıtımlı Panel)
<b>USGBC</b>	: U.S. Green Building Council (Amerikan Yeşil Binalar Konseyi)
<b>VOC</b>	: Volatile Organic Compounds (Uçucu Organik Bileşik)
<b>YeS-TR</b>	: Ulusal Yeşil Bina Bilgi Sistemi
<b>WGBC</b>	: World Green Building Council (Dünya Yeşil Bina Konseyi)
<b>XPS</b>	: Extruded Polystyrene (Sıkıştırılmış Polistren)





## SEMBOLLER

$^{\circ}\text{C}$	: Derece
<b>Cfm</b>	: Cubic Feet Per Minute (Dakika Başına Küpsel Uzunluk)
<i>f</i>	: Frekans
<b>MJ</b>	: Mega Joule
$\text{m}^2$	: Metre Kare
%	: Yüzde





## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 3.1</b> : Döşeme Dışındaki Yapı Malzemelerinin Yangın Tepki Sınıfları .....	<b>26</b>
<b>Çizelge 3.2</b> : 2003-20013 Yılları Arası FIDO 'Yeşil' Konut Yapısal Çöküş Yangınları Koleksiyonu Özeti .....	<b>28</b>
<b>Çizelge 3.3</b> : Binalardaki Yeşil Niteliklerden Kaynaklı Yangın Vakaları.....	<b>28</b>
<b>Çizelge 3.4</b> : LEED v4.1 BD + C Kılavuzunda Yer Alan Yangın İçeriği.....	<b>31</b>
<b>Çizelge 3.5</b> : LEED v4.1 Konut BD + C Çok Aileli Evler Kılavuzunda Yer Alan Yangın İçeriği. ....	<b>32</b>
<b>Çizelge 3.6</b> : Breeam In-Use International Teknik Kılavuzunda Kılavuzunda Yer Alan Yangın İçeriği. ....	<b>35</b>
<b>Çizelge 3.7</b> : DGNB Yangın Güvenliği (TEC1.1) Bölümünde Yer Alan Kontrol Listesi.....	<b>37</b>
<b>Çizelge 3.8</b> : BEST-Konut Kılavuzunda Yer Alan Yangın Emniyeti Hakkında İçerik.. ....	<b>38</b>
<b>Çizelge 5.1</b> : Katılımcıların Mezuniyet Bilgilerine Dair Frekans ve yüzde Değerleri... ..	<b>69</b>
<b>Çizelge 5.2</b> : Katılımcıların Mesleki Unvanına İlişkin Frekans ve Yüzde Değerleri.	<b>70</b>
<b>Çizelge 5.3</b> : Katılımcıların Mesleki Tecrübelerine Dair Frekans ve Yüzde Değerleri.. ..	<b>72</b>
<b>Çizelge 5.4</b> : Binalarda Yangın Gelişimi Hakkında Başvurulan Kaynaklar. ....	<b>72</b>
<b>Çizelge 5.5</b> : Yeşil Binalar ile İlgili Edinilen Tecrübe Hakkında Başvurulan Kaynaklar.....	<b>73</b>
<b>Çizelge 5.6</b> : Yeşil Bina Eklentilerinde Yangın Riskinin Olasılık Puanlama Yüzdeleri.....	<b>75</b>
<b>Çizelge 5.7</b> : Yeşil Bina Eklentilerinde Yangın Riskinin Şiddet Puanlama Yüzdeleri.....	<b>77</b>
<b>Çizelge 5.8</b> : Risk Matrisi. ....	<b>78</b>
<b>Çizelge 5.9</b> : Yeşil Bina Yangın Risk Matrisi. ....	<b>79</b>
<b>Çizelge 5.10</b> : Türkiye’de yeşil bina sıfatını taşıyan yapıların yangın emniyeti bakımından risk içerdiğini düşünüyor musunuz? sorusunun dağılımı. ....	<b>79</b>
<b>Çizelge 5.11</b> : Türkiye’de geçerli yeşil bina sertifika sistemleri, yangın emniyeti bakımından yeterli düzeyde midir? sorununun dağılımı. ....	<b>79</b>
<b>Çizelge 5.12</b> : Binaların Yangından Korunması Hakkında yönetmelik hükümleri, yeşil bina eklentileri hakkında yeterli düzeyde midir? sorununun dağılımı. ....	<b>80</b>
<b>Çizelge 5.13</b> : Anketin güvenilirlik analizleri sonuçları.....	<b>80</b>
<b>Çizelge 5.14</b> : Yeşil Bina Yangın Risk Analizi. ....	<b>82</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Yeşil Binaların Gelişim Sürecindeki Etkenler. ....	9
Şekil 3.1 : Yangın Üçgeni.....	21
Şekil 3.2 : Yangın Gelişim Eğrisi. ....	24
Şekil 4.1 : Çift Katmanlı Cephelerin Sınıflandırılması a. Kutu Tipi b. Şaft Tipi c. Koridor Tipi d. Çok Katlı Tip Çift Cidar Cephe.....	41
Şekil 4.2 : Güneş Tüpü Çalışma Prensibi.....	42
Şekil 4.3 : Grenfell Tower Yangını Gelişimi.....	45
Şekil 4.4 : Kurumuş Yeşil Çatı Örneği.....	47
Şekil 4.5 : Yangın Riski Yüksek Yeşil Cephe Örneği.....	49
Şekil 4.6 : PV Panellerin Çatıda Yarattığı Yangın Riski.....	53
Şekil 4.7 : New Jersey Ambar Binası Yangını Son Hali.....	55
Şekil 4.8 : Groß Eilstorf Rüzgar Çiftliği Türbin Yangını.....	57
Şekil 4.9 : HVLS Fan Örnek.....	63
Şekil 5.1 : Mezun Olunan Bölüm Bilgileri.....	70
Şekil 5.2 : Mesleki Unvan Bilgileri.....	71
Şekil 5.3 : Yeşil Bina Eklentilerinde Yangın Riskinin Olasılık Üzerinden Puanlaması.....	74
Şekil 5.4 : Yeşil Bina Eklentilerinin Şiddet Üzerinden Puanlaması.....	76
Şekil 5.5 : Yeşil Bina Eklentilerinin Şiddet Üzerinden Puanlaması.....	78



## YEŞİL BİNALARDA YANGIN GÜVENLİĞİ VE RİSK ANALİZİ

### ÖZET

Gün geçtikçe gezegenimizin kaynakları hızla tükenmekte ve bu durum sürdürülebilirlik kavramının önemini daha da artırmaktadır. Özellikle sanayi devriminden sonra hızını arttıran bu süreç, gelecekte nesillere kaynakları tükenmemiş ve yaşanabilir bir dünya bırakmak adına sürdürülebilirliğin teşvikine yönelik çalışmaları zorunlu kılmıştır. Söz konusu çalışmaların, çevre üzerindeki tahribatta büyük paya sahip olan yapı sektörüne yansması ise yeşil bina kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Yeşil binalar; sürdürülebilir, enerji tasarrufu sağlayan, kaynakları verimli kullanan, çevre dostu yapılardır. Bu nitelikleri yapının tasarım, proje, inşaat, işletme ve nihayetinde kullanım ömrü sonunda parça yenilenmesi veya yeniden kullanımı da dahil olmak üzere tüm yaşam döngüsü boyunca taşımaktadır. Ancak yeşil bina sıfatı kazanmak için bina tasarımında yer alan veya işletme sürecinde sonradan eklenen uygulamalar, yapı ve kullanıcılar için tehlike yaratabilecek önemli yangın riskleri içerebilir. Bu uygulamalar arasında; çift cidar cephe, güneş tüpü gibi sürdürülebilir yapı tasarımları, PV panel, rüzgar türbini, akü depolama sistemi vb. alternatif enerji kaynakları, yapı kabuğunda kullanılan yalıtım malzemeleri, atık depolama bölümleri gibi birçok eklenti yer almaktadır. Diğer yapılarda pek karşılaşılmayan, yeşil binalara özgü bu eklentilerin oluşturabileceği ek yangın riskine yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tez çalışması ile amaçlanan, yeşil binalarda oluşabilecek ek yangın risklerini incelemek ve analizini yapmak, yeşil nitelikli eklentilere yönelik tehlikeleri belirleyerek kapsamlı bir risk analiz tablosu oluşturmak, söz konusu risklerin yaratacağı potansiyel tehlikelere karşı farkındalık oluşturarak gelecek yeşil bina uygulamaları için rehber oluşturmasını sağlamaktır. Ayrıca tez kapsamında yeşil bina eklentilerine yönelik Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik hükümlerinin yerindeliğinin sorgulanması ile Türkiye’de mevcut kullanıma sahip yeşil bina sertifika sistemlerinin yangın güvenliği açısından incelemesi de yapılmıştır.

Tez amacı doğrultusunda kapsamlı bir literatür taraması yapılmış olup yeşil binalarda yangın risk analizine yönelik değerlendirme için anket çalışması yapılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen verilerin analizi yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Literatür taraması sonucu belirlenen 20 yeşil bina eklentisinden 9 tanesinin önlem almayı gerektirir risk seviyesinde çıktığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda alınması gereken tedbirler ve mevzuat açısından yapılması gereken iyileştirmeler belirtilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Yeşil Bina, Yangın, Yangın Güvenliği





# **FIRE SAFETY AND RISK ANALYSIS IN GREEN BUILDINGS**

## **SUMMARY**

The resources of our planet are being depleted rapidly day by day and this situation increases the importance of the concept of sustainability. This process, which accelerated especially after the industrial revolution, necessitated studies for the promotion of sustainability in order to leave a livable world with unextinct resources for future generations. The reflection of these studies on the construction sector, which has a large share in the destruction on the environment, has led to the emergence of the green building concept.

Green buildings are sustainable, energy-saving, resource-efficient, environmentally friendly structures. It carries these qualities throughout the entire life cycle of the building, including design, project, construction, operation, and ultimately part replacement or reuse at end of life. However, applications included in the building design or added later in the operation process in order to gain the title of green building may contain significant fire risks that may pose a danger to the building and users. Among these applications, there are many add-ons such as sustainable building designs such as double-skin facade, solar tube, alternative energy sources such as PV panels, wind turbines, battery storage systems and insulation materials used in the building envelope and waste storage sections. There is a need for studies that include these add-ons specific to green buildings, which are not encountered in other buildings, can create additional fire risk.

The aim of this thesis is to examine and analyze the additional fire risks that may occur in green buildings, to create a comprehensive risk analysis table by to determining the dangers for green qualified add-ons, to create a guide for future green building applications by creating awareness against the potential dangers that these risks will create. In addition, within the scope of the thesis, the relevance of the provisions of the Regulation on the Protection of Buildings from Fire for green building add-ons were questioned and the existing green building certification systems in Turkey were examined in terms of fire safety.

In line with the purpose of the thesis, a comprehensive literature review was made and a survey study was conducted for the evaluation of fire risk analysis in green buildings. The results were evaluated by analyzing the data obtained at the end of the study. It has been observed that 9 of the 20 green building add-ons determined as a result of the literature review are at the risk level that requires taking precautions. In line with the results obtained, measures to be taken and improvements to be made in terms of legislation are stated.

**Keywords:** Sustainability, Green Building, Fire, Fire Safety



## 1. GİRİŞ

İnsanlığın ilk meydana gelişinden günümüze kadar geçen süreç içerisinde ortaya çıkan çevresel problemler, Dünya'nın yaşı ile kıyaslandığında görece kısa bir zaman diliminde ortaya çıkmıştır. Sanayi devriminin beraberinde getirdiği endüstrileşme hareketi, bu sorunların artarak küresel ölçeklere ulaşmasını sağlamıştır. İlk endüstrileşme faaliyetlerinin başlaması ile birlikte enerji ihtiyacı ve fosil yakıt tüketimi yükselmiş, sera gazı oluşumu artmış ve doğanın dengeleyebileceği seviyelerin çok üzerine çıkmıştır. 21. yüzyıla gelindiğinde küresel ısınma, iklim değişikliği, ozon tabakasının incilmesi, çevre kirliliği, doğal kaynakların hızla tükenmesi, biyolojik türlerin azalması gibi birçok çevre sorunu yaşamı tehdit etmektedir.

Çevre sorunlarının içinde olduğumuz döneme gelene kadarki tarihsel gelişimini tek bir faktörle açıklamak doğru bir yaklaşım olmaz. Bu gelişimde, uzun dönem boyunca fazla bir değişim göstermeyen dünya nüfusunun 1850'lerden sonra olağan akışının üstünde bir artış eğilimine girmesi ve 20. yüzyılın ikinci yarısında patlama göstermesinin payı büyüktür (Urul & Altındaş, 2009). Günümüzde artan nüfus beraberinde daha fazla barınma gereksinimini getirmekte, sosyo-ekonomik standartlara uygun daha konforlu yaşam isteğini ortaya çıkarmaktadır. Bu durumların meydana getirdiği etkiler hem insanlık hem de doğa tarafından hissedilmektedir. Geline noktada dünyamız ve gelecek kuşakların yaşam haklarının gözetilmesi, hayat standartlarının artırılması, yaşanabilir bir çevre oluşturulması fikri, yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin gerekliliğine dayanan "sürdürülebilirlik" kavramını ortaya çıkarmıştır. Çevresel kaygılar sonucunda oluşan bu kavram, içerisinde yapı sektörünün de yer aldığı pek çok önemli alanda yer bulmuştur.

İnşaat ve gayrimenkul sektörü, çevre üzerinde büyük etkiye sahip sektörlerden biridir. Yapıların inşa, kullanım ve yıkım süreçlerinde ortaya çıkan çevresel çıktıları şüphesiz büyük sorun doğurmaktadır. Bu süreçlerde harcanan enerji miktarı oldukça fazladır ki buralarda kullanılan enerji kaynakları da genel olarak yenilenemeyen kaynaklardır. Doğalgaz, petrol, kömür vb. bu kaynakların tükenbilir nitelikte olması

ve yapıların yaşam ömrü boyunca doğal çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkiler süreç içerisinde doğaya zararı en aza indirgeyen, ekolojik ve sürdürülebilir binaların yapılmasını gerekli kılmıştır. Günümüzde bu misyonu üstlenen yeşil binalar, arazi seçiminden başlanarak inşa, kullanım ve kullanım sonrası da düşünülerek bütüncül bir süreçte çevresel sorumluluk anlayışı ile tasarlanan, doğaya ve ekosisteme karşı duyarlı, projenin uygulandığı yöreye özgü koşulları gözeten, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiş, enerji tüketimi mümkün olduğu kadar azaltılmış çevre dostu yapılar olarak tanımlanmaktadır (Sur, 2012).

Gelecek nesillere sağlıklı ve yaşanılabilir bir ortam bırakılmasını temel amaç edinmiş yeşil binalar tasarım ve kullanılan malzeme açısından klasik yapılara göre farklı sistemler içermektedir. Diğer yapılarda çok fazla karşılaşmadığımız fakat yeşil binalarda sıklıkla uygulanan sistemler yangın güvenliği açısından ek riskler oluşturabilmektedir. Yeşil binalarda kullanılan bazı eklentilerin yapının yangın performansını ne şekilde etkileyeceği konusunda halen araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde, genel bilgiler kapsamında çevresel sorunlara, bu sorunlara karşı yapı sektörünün ürettiği yeşil bina kavramına değinilmiş, çalışmanın amacı ve araştırma metodu açıklanmıştır. Birinci bölümde, sürdürülebilirlik ve yeşil bina kavramları daha ayrıntılı tanımlanmış, yeşil binaların Dünya ve Türkiye üzerindeki çalışmalara yer verilmiş, sürdürülebilir hedefleri başlıklarla ele alınmıştır.

İkinci bölümde, ilk önce yangın olgusunun tanımı yapılarak yangın ile ilgili genel kavramlar açıklanmış, yeşil binalarda yangın emniyeti konusu örnek yangın vakaları üzerinden değerlendirilmiş, yeşil bina derecelendirme sistemlerinin tanımı, puanlama kriterleri vb. üzerinden genel anlatımı yapılarak yangına bakış açısı ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, tezin ana konusu olan yeşil binalarda oluşabilecek ek yangın riskleri dört başlık altında ele alınmış, her bir risk varsa örnek yangın vakaları, oluşturabileceği tehlikeler ve çözüm önerileri üzerinden değerlendirilmiştir.

Dördüncü bölümde, tezin amacı doğrultusunda konu hakkında bilgi sahibi olan akademisyen, mimar, mühendis, kimyager, yangın şefi, iş güvenliği uzmanı, yeşil bina değerlendirme uzmanları ile anket çalışması yapılmıştır. Anket verileri analiz edilerek grafik ve tablolar halinde sunulmuştur. Beşinci bölüm olan sonuç ve öneriler

bölümünde ise, yapılan tez çalışmasının sonucunda ortaya çıkan bulgular üzerinden yeşil binalarda yangın güvenliği ve yangın riski ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

### **1.1 Çalışmanın Amacı**

Bu tez çalışmasında, Dünya genelinde ve Türkiye’de giderek yaygınlaşan yeşil binaların içerdiği bazı eklentilerin yangın güvenliği açısından değerlendirilmesi, eksik olduğu düşünülen noktaların sistematik olarak ele alınması ve risklerin belirlenmesi, risk unsurlarının daha önce yangın vakası yaşamış benzer özellikli binalardan yola çıkılarak analiz edilmesi, yeşil nitelik ve eklentilere yönelik risk matrisinin oluşturulması, söz konusu risklerin yaratacağı potansiyel tehlikelere karşı farkındalık oluşturarak gelecekte yapılacak yeşil bina uygulamalarında rehber oluşturması, ülkemizde kullanılan yeşil bina sertifika sistemlerinin yangın yönünden değerlendirilmesi, Türkiye’de yürürlükte olan Binaların Yangından Koruması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) hükümlerinin yeşil bina kriterlerine karşı yeterli olup olmadığının değerlendirilmesi, yeşil binalardaki risklere göre BYKHY’de yeni mevzuat düzenlemeleri yapılmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Konu hakkında yapılan çalışma sayısının sınırlı sayıda olması ve literatüre katkıda bulunma heyecanı ana motivasyon kaynağı olmuştur.

### **1.2 Çalışmanın Kapsamı**

Tez çalışması kapsamında, yeşil binalarda yangın risk analizi yapılırken yapının yeşil bina sıfatı kazanabilmesi için binaya yapılan eklentilerin oluşturabileceği ek riskler incelenmiştir. BYKHY’de öngörülen ve yangın güvenliği açısından kaçınılmaz gereklilikler olan; binanın genel yangın risk seviyesi, bina içi kaçış yolları, yangın merdivenleri gibi mevcut yönetmelikler gereği zaten alınması gereken tüm temel önlemlerin alındığı ve bina mimarisinin yönetmeliklere uygun olarak çözüldüğü varsayılmıştır. Bu nedenle yukarıda sıralanan temel gerekliliklerin uygunluğunun kontrolü kapsam dışı bırakılmıştır.

### 1.3 Çalışmanın Yöntemi

Tezin yazımında ilk üç bölümü oluşturan başlıklar için kapsamlı ve geniş bir literatür araştırmasında bulunulmuştur. Çalışmanın ilişkili olduğu temel bilgiler bu doğrultuda incelenip, tez çalışmasıyla bütünleştirilerek sunulmuştur. Literatür araştırmaları; ulusal ve/veya uluslararası makale, dergi, tez, kitap, internet kaynakları ile yerel kanun ve yönetmeliklere başvurularak yapılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, yeşil binalarda oluşabilecek ek yangın riskleri belirlenirken, yeşil bina ve yangın arayüzünde yapılan çalışmalar incelenmiş ve bu arayüzde az sayıda olan çalışmalardan National Association of State Fire Marshals desteğiyle Jim Tidwell ile Jack J. Murphy tarafından hazırlanmış, Ağustos 2010'da yayınlanmış olan "Bridging the Gap: Fire Safety and Green Buildings. A Fire and Building Safety Guide to Green Construction" isimli yangın rehberi ile The Fire Protection Research Foundation desteğiyle Brian Meacham ve Margaret McNamee tarafından hazırlanmış, Ekim 2020' de yayınlanan "Fire Safety Challenges of Green Buildings and Attributes" isimli final raporu değerlendirilmiştir. Bu iki çalışma metodunun incelenmesi sonucunda yeşil binalarda karşılaşılabilecek potansiyel yangın risk unsurları dört ana ve 19 alt başlıkta belirtilmiştir. Risk unsurları belirlenirken mümkün olduğunca kompakt bir kategorizasyon yapılmaya çalışılmıştır. Belirlenen başlıklar, literatürde yer alan çalışmalar ve bulunması halinde geçmiş yangın vakaları ile desteklenerek detaylı olarak ele alınmıştır.

Beşinci bölümde ise, tez amacının sonuçlandırılması, dördüncü bölümde belirlenen risklerinin yerindeliliğinin desteklenmesi ve belirlenen başlıklar üzerinden bir risk analiz tablosu hazırlanması adına anket çalışması yapılmıştır.

Çalışma amacına yönelik belirlenen anket soruları Google Forms üzerinden hazırlanıp elektronik ortamda katılımcılara iletilmiştir. Katılımcılar arasından gelen yanıtların hepsi değerlendirmeye alınmamış olup yeşil bina ile yangın konusunda bilgi ve tecrübe sahibi olduğunu belirten katılımcılar arasından bir odak grup seçilerek anket çıktıları, bu odak grubun verdiği yanıtlar üzerinden oluşturulmuştur.

Anket formu sonuçlarının güvenilirlik analizi, Cronbach's Alpha (CA), İkiye Bölme (split), Paralel ve Mutlak Kesin Paralel (strict) yöntemleri ile ölçülmüş olup değerler güvenilirlik aralığında bulunmuştur. Anket çalışmasından elde edilen çıktılar Excel programı üzerinden analiz edilerek, değerlendirmesi yapılmıştır.

## 2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL BİNA KAVRAMLARI

Dünyadaki hızlı nüfus artışı, sanayileşmenin doğası, globalleşme ve günden güne ilerleyen teknolojik gelişmeler sonucunda yeşil alanlar azalmakta, çevre ile ilgili sorunlar oluşmakta, yenilenemeyen enerji kaynakları hızlı bir şekilde tükenmekte ve enerjiye duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu durum toplumlarda yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma düşüncesi daha çok tartışılır hale getirmiş, çevre ile ilgili olan sorunlara çözüm bulmak ve gelecek nesillere yaşanılabilir bir dünya bırakabilmek amacıyla sürdürülebilirlik kavramını ortaya çıkarmıştır (Saka, 2011).

Sürdürülebilirlik; günümüz ve gelecek nesillerin hak ve çıkarlarını dikkate alarak doğal kaynaklar ile çevresel değerlerin savurganlığa neden olmayacak bir şekilde akılcı yöntemlerle kullanılması ilkesinden taviz vermeksizin ekonomik ilerlemenin sağlanmasını hedefleyen çevreci bir dünya görüşü olarak tanımlanmaktadır (Keleş, 1998). Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nca 1987 yılında yayınlanan 'Ortak Geleceğimiz' başlıklı Brundtland raporunda ise sürdürülebilirlik kavramı, "Bugünün gereksinim ve beklentilerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılama olanaklarını tehlikeye atmaksızın karşılamaktır." şeklinde ifade edilmiştir (Emrealp, 2005, s.14).

Genel itibariyle sürdürülebilirlik kavramı; yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelip bugünün doğal kaynaklarını bilinçli kullanılması, bu kaynakların zarara uğramadan gelecek kuşaklara aktarılması, çevrenin korunması ilkesinden ödün vermeden büyümenin sağlanmasıdır.

Yapı sektörü, çevresel kirliliğin oluşmasında, atık üretiminde, küresel ısınmanın artmasında, doğal kaynakların ve enerjinin tükenmesinde rol oynayan alanlardan biri olmaya başlamıştır. Şehirlerdeki sera gazı üretiminin %50'si, su kirliliğinin %40'ı, hava kirliliğinin %23'ü ve oluşan katı atıkların %50'si binaların kullanım ömrü boyunca ortaya çıkan çevre sorunlarıdır (Dixon, 2010). Doğaya verilen zararı minimuma indirmeyi hedefleyen sürdürülebilir yaklaşımların inşaat sektöründeki yerini almasıyla beraber çevre dostu yapılar, akıllı binalar, enerji etkin binalar, yeşil binalar gibi kavramların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu kavramlar içerisinde en çok

yeşil binalar terimi kullanılmaktadır. Literatürde yeşil bina kavramı hakkında birçok tanım mevcuttur.

Yeşil binalar; yapının arazi seçiminden başlayarak çevresel ve sosyal sorumluluk bilinciyle tasarlanan, o yörenin özel koşullarına ve iklim şartlarına uygun, tasarım, inşaat, kullanım ve yıkım dahil kullanım ömrü boyunca ekosisteme duyarlı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ağırlık veren, ihtiyacından fazlasını tüketmeyen, doğal ve atık üretmeyen materyallerin tercih edildiği yapılardır (Sur, 2012).

Erdede ve arkadaşlarına (2014a) göre yeşil binalar; sağlıklı bir iç hava kalitesi sunan, çevreye karşı bilinçli, su ve enerji kullanımının doğru yönetildiği, enerji tasarrufu sağlayan, yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih eden, bina yerleşimi ve malzeme gibi unsurları içeren ekolojik binalardır. Bu yapılar, binaların kullanım ömrü boyunca oluşan atıkların, yağmur suyunun yeniden kullanılması, güneş enerjisinden yararlanma, termal verimlilik gibi yöntemler vasıtasıyla binanın sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır (Erdede ve diğ, 2014a).

Bir başka tanımda yeşil binalar gün ışığını ve havayı etkin kullanma amacıyla tasarlanmış binalar olarak ifade edilmiştir (Deolalkar, 2016). Bayazıt ve arkadaşları (2011) ise U.S. Green Building Council (USGBC) tarafından yeşil binaların, “çevre ve kullanıcı üzerinde oluşabilecek her türlü negatif etkiyi belirgin oranda azaltan binalar” (s.1568) olarak tanımlandığını ifade etmektedir.

Yeşil binalar genel olarak, yapının tasarım aşamasından başlayıp yaşam döngüsünü boyunca çevresel etkileri en aza indirme felsefesine sahip, enerji, su ve atık yönetimini sağlayan, malzeme seçiminde hassasiyet gösterilen ve tüm bunları yapılırken güvenlik ve konfor şartlarından ödün vermeyen çevreci binalar olarak özetlenebilmektedir.

## **2.1 Yeşil Binaların Tarihsel Gelişimi**

Sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkışı ve günümüze kadarki gelişimine bakıldığında kavramın çok da eskiye dayanmadığı anlaşılmaktadır. Tarihsel süreç, hem Dünya’da hem de Türkiye’de yeşil bina hareketinin sürdürülebilirlik kavramından sonra ortaya çıktığını göstermektedir.



### 2.1.1 Dünya'daki tarihsel gelişimi

Çevreci yaklaşımların Dünya üzerindeki gelişimi 20. yüzyılın ortalarına dayanmaktadır. 1962 yılında yayınlanan Sessiz Bahar (Silent Spring) ile tarım arazilerinde kullanılan kimyasal maddelerin çevreye olan zararlı etkisi ilk kez dile getirilmesi Amerika Birleşik Devletleri (ABD) üzerinde çevresel farkındalığın oluşmasına katkı sağlamıştır. Sonrasında 1970 yılında ilk kez 'Dünya Günü' kutlaması yapılarak yeşil bina kavramı hakkında bilgi verilmiştir. 1973 yılında yaşanan petrol ambargosu nedeniyle ortaya çıkan enerji krizi yenilebilir enerji arayışlarının hızlanmasına, sürdürülebilir arayışların artmasına neden olmuştur. 1987 yılında yayımlanan Brundtland Raporu'nda ise 'sürdürülebilirlik' kavramı ilk kez tanımlanmıştır. 1992 yılında düzenlenen Rio Konferansı ile beraber 'sürdürülebilir gelişme' kavramının hayata geçirilmesine dair hedefler içeren Gündem 21 oluşturulmuştur (Topçu, 2010).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Konvansiyonu tarafından Kyoto'da 1997 yılında düzenlenen toplantıda sera gazı emisyonu ve hava kirliliğini azaltmaya yönelik 2012 yılına kadar bağlayıcı olan hedefler konulmuştur. 2002 yılında düzenlenen Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesinde Gündem 21 üzerinde yeniden durulmuş ve konu hakkında yeni stratejiler geliştirilmiştir (Uğur & Leblebici, 2015, s.546).

Tüm bu oluşumlara paralel olarak gelişen sürdürülebilirlik akımının yapı sektörüne de yansmasıyla beraber ortaya çıkan yeşil bina hareketinin ilerlemesinde, Chicago'da 1993 yılında düzenlenen Dünya Mimarlar Kongresi önemli bir adım olarak kabul edilmektedir. Yaklaşık 6000 mimarın katılımıyla gerçekleşen kongrede, Brundtland Raporu'nda bahsedilen sürdürülebilirlik kavramından yola çıkılarak, yeşil binaların gelişimde bir dönüm noktası niteliğinde olan Karşılıklı Bağımlılık Bildirimi (Declaration of Interdependence) imzalanmıştır (Topçu, 2010).

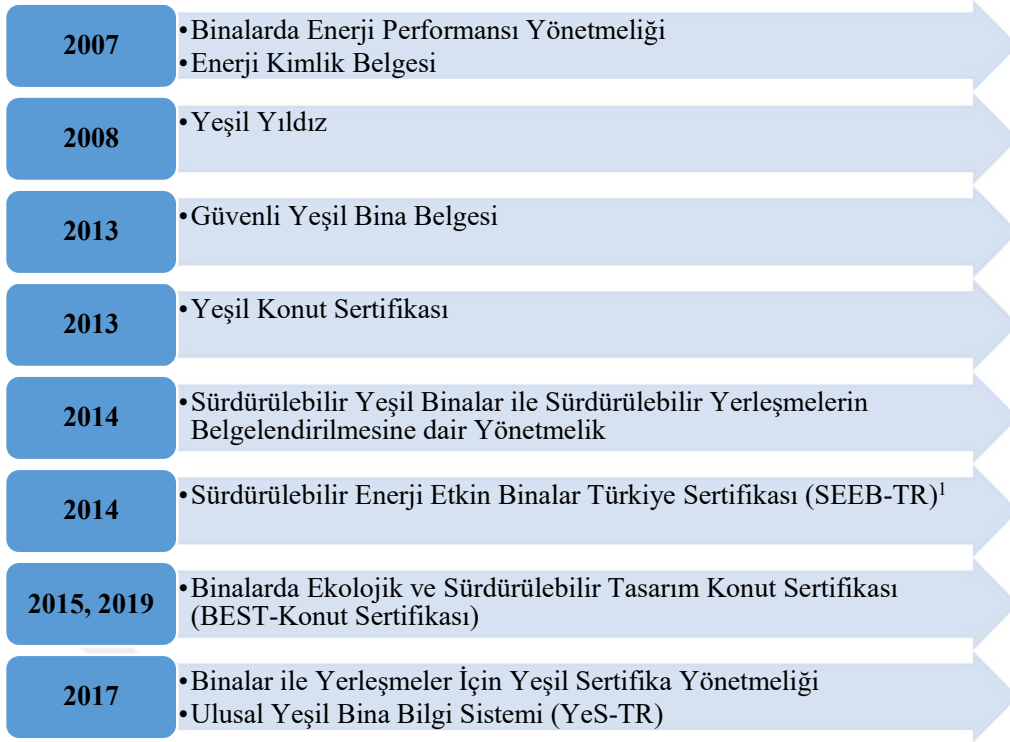
Sürdürülebilir çalışmalar konusunda Beyaz Saray'ın merkez görevi üstlenmesi amaçlayan dönemin başkanı Bill Clinton, 1993 Dünya Günü'nde Beyaz Saray ve karşısında yer alan eski idari ofis binasını sürdürülebilir açıdan model olarak ilan etmiştir. Mimar, mühendis, memur ve çevrecilerin yer aldığı geniş katılımlı proje, 3 yıl içerisinde yıllık ortalama 300.000 Amerikan Doları tutarında enerji tasarrufu, karbon salınımında azalma ile katı atık ve su maliyetlerinde kayda değer bir düşüş

sağlayarak yeşil bina kavramını daha somut verilerle ortaya koymuştur (Topçu, 2010).

ABD’de gerçekleşen bu gelişme diğer küresel çaplı organizasyonları da etkilemiştir. Building Research Establishment (BRE) tarafından İngiliz yeşil bina sertifika sistemi olan, Building Research Environmental Assessment Method (BREEAM) 1992 yılında kurularak ilk kez yeşil binalar için kriterler belirlenmiş ve belgelendirmeler yapılmaya başlanmıştır. 1993 yılında USGBC kurulmuş ve beş yıllık çalışma sonucunda Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) yeşil bina sertifika sisteminin ilk versiyonu 1998 yılında yayınlamıştır (Topçu, 2010). BREEAM ve LEED sertifika sistemleri yerel uygulamalarda kalmayıp zamanla uluslararası nitelik kazanmış, diğer ülkelerin ulusal yeşil bina değerlendirme sistemlerini oluşturulmasında altlık görevi görmüş ve yeşil binaların Dünya’daki bilinirliğini arttıran ana etken olmuşlardır.

### **2.1.2 Türkiye’deki tarihsel gelişimi**

Ülkemizde sürdürülebilirlik, enerji verimliliği, çevre sağlığı gibi konularda devlet tarafından mevzuat çalışmaları başlatılmış, yasal yükümlülükler oluşturulmuştur. Bu doğrultuda T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından Resmi Gazete’de yayınlanan kanun ve yönetmelikler mevcuttur. Mevzuat düzenlemelerin haricinde üniversite, sivil toplum kuruluşları gibi farklı kurumlar tarafından oluşturulmuş ulusal yeşil bina derecelendirme sistemleri de bulunmaktadır. Şekil 2.1’de yeşil binaların Türkiye’deki gelişim süreci boyunca oluşturulan yönetmelik, belge ve sertifikalar gösterilmiştir.



**Şekil 2.1 : Yeşil Binaların Gelişim Sürecindeki Etkiler.<sup>1</sup>**

### Enerji kimlik belgesi

2 Mayıs 2007 tarih ve 26510 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’na bağlı olarak çıkartılan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’ne göre “binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemek” amacıyla yönetmelik kapsamına giren binalarda Enerji Kimlik Belgesi istenmektedir. Yapıların m<sup>2</sup> başına düşen yıllık enerji tüketimi ve bu tüketimin oluşturduğu CO<sub>2</sub> emisyonuna bağlı olarak A’dan G’ye kadar sınıflandırılan enerji kimlik belgesinin geçerlilik süresi 10 yıldır (Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 2008).

### Yeşil yıldız

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından belirli kriterlerin karşılanması koşuluyla çevreye duyarlı konaklama tesislerine ‘Yeşil Yıldız’ çevre etiketi sertifikası verilmektedir. Sertifika; su ve enerji verimliliği, atık miktarı ve çevreye zararlı madde tüketiminin azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi gibi sürdürülebilir amaçlar içermektedir (Url-1).

<sup>1</sup> MSGSÜ tarafından İstanbul kalkınma ajansı desteği ile tamamlanmış ancak kullanıma geçememiştir.

### Güvenli yeşil bina belgesi

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından Temmuz 2013'te oluşturulan güvenli yeşil bina belgesi, binaların sürdürülebilir özelliklerini ürün belgelendirme hizmeti kapsamında değerlendiren bir sertifika sistemidir (Gültekin & Bulut, 2015, s.818). Toplam 10 ana başlıktan oluşan puanlama kriterleri arasında sağlık, güvenlik ve konfor (yangın ve deprem güvenliği ön şart), güvenli – yeşil bina başlangıç tasarımı, karbon ayak izi, yaşamsal alan tasarımı, suyun etkin kullanımı, alan seçimi, enerji verimliliği, malzeme ve kaynak kullanımı, işletme ve ödül puanı bulunmaktadır (Standard Ekonomik ve Teknik Dergisi, 2015).

### SEEB-TR sertifika sistemi

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi tarafından kurulan Yapı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nin koordinatörlüğünde farklı üniversitelerden akademisyenler ve sivil toplum kuruluşlarının katılımlarıyla oluşan bir ekip tarafından hazırlanan Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar Türkiye Sertifikası (SEEB-TR), Ocak 2014'te 'Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar' sempozyumunda tanıtılmıştır (Url-2). Sertifikanın değerlendirme kriterleri arasında enerji, su verimliliği, konfor, malzeme ve kaynak kullanımı, atık yönetimi, arazi kullanımı, proje ve yapım yönetimi, bakım ve işletme, kirlilik, uygulanabilirlik, yangın güvenliği ve afet, tasarım ve inovasyon bulunmaktadır (Erdede ve diğ, 2014b).

### Binalar ile yerleşmeler için yeşil sertifika yönetmeliği

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca 2014 yılında 'Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Sürdürülebilir Yerleşmelerin Belgelendirilmesine Dair Yönetmelik' yayınlanmıştır (Gültekin & Bulut, 2015, s.817). Yönetmelik 2017 yılında yeniden düzenlenerek 'Binalar ile Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği' adıyla 23/12/2017 tarih ve 30279 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmıştır. Yönetmelik, mevcut ve yeni yapılar ile yerleşmelerin teknik niteliklerini, gereksinimlerini göz önüne bulundurarak, sosyal ekonomik ve çevresel performansları ile sürdürülebilirliğini değerlendirip, sertifikalandırılmasını sağlamaktadır. Yönetmelik kapsamında oluşturulacak YeS-TR yazılımı ile değerlendirme kuruluşları, yeşil bina ve yerleşmelerin değerlendirmesi ve sertifikalandırılması işlemleri gerçekleştirilecektir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

## BEST-konut sertifikası

Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK), ülkemizde inşaat sektörünün sürdürülebilir hedefler ışığında gelişimine katkı sağlamak amacıyla 2007 yılında kurulmuştur (Erdede ve diğ., 2014b). ÇEDBİK, enerji verimliliği, yeşil bina, sürdürülebilirlik gibi konularda toplumun bilinçlenmesine önemli katkılar sağlamakta olup bu doğrultuda konferanslar, paneller, eğitimler düzenlemekte, kamu ve özel kuruluşlarla çalışmalar yürütmektedir. Yeşil bina konseylerini tayin etme ve yönlendirme yetkisine sahip tek mercii olan Dünya Yeşil Bina Konseyi (WGBC), ÇEDBİK'i resmi WGBC üyesi ve Türkiye'nin yeşil bina konseyi olması adına desteklemektedir (Url-3).

ÇEDBİK tarafından 2013 yılında 'Yeşil Konut Sertifikası' kılavuzu taslak olarak hazırlanmıştır (Gültekin & Bulut, 2015, s.817). Sonrasında 2015 yılında ise 'BEST-Konut Sertifikası' kılavuzunun pilot versiyonu yayınlanmış olup kılavuzun son hali Ağustos 2019 yılında uygulamaya geçirilmiş, ilk sertifikalandırılan proje ise İstanbul Büyükşehir Belediyesi Bayrampaşa- Paşa Konutları olmuştur. BEST-Konut Sertifika sistemi, yeni konutları 9 ana kriter üzerinden değerlendirmekte olup bunlar; su kullanımı, arazi kullanımı, enerji kullanımı, malzeme ve kaynak kullanımı, sağlık ve konfor, konutta yaşam, işletme ve bakım, bütünleşik yeşil proje yönetimi ile yenilikçiliktir (Arpacı, 2020, s.33).

## **2.2 Yeşil Binaların Sürdürülebilir Hedefleri**

Yeşil bina kavramı hakkında yapılan tanımlara ve sertifika sistemlerinin puanlama kriterlerine bakıldığında zaman yeşil binaların sürdürülebilirlik açısından birçok hedef barındırdığı ve bu tür uygulamaları teşvik ettiği görülmektedir. Bunlar; enerji, su verimliliği, malzeme ve kaynak kullanımı, sağlık ve konfor, atık yönetimi, ekolojik yaklaşım, afet ve güvenlik olarak özetlenebilmektedir.

### **2.2.1 Enerji**

Yapı sektörü en geniş çaplı ekonomik ve toplumsal sektörlerin başında gelmektedir. Dünya genelinde enerji tüketiminin yaklaşık %50'si binaların yapım, kullanım ve yıkım aşamalarında harcanmaktadır (Bekem ve diğ., 2015, s.288). Türkiye'nin tükettiği enerji sektörel bazda incelendiğinde, ilk sırada %40'lık oranla sanayi gelmekte iken ikinci sırada %32 ile konutlar yer almaktadır (Olgun ve diğ., 2009,

s.53). Bu nedenle konut sektöründe enerjinin önemi ön plana çıkmaktadır ki yeşil bina sertifika sistemlerinde de en çok puan kazandıran bölüm yine enerji olmaktadır. Bu doğrultuda enerji verimliliğine katkıda bulunan veya enerji üretimi sağlayan sistemler yeşil binalarda sıklıkla kullanılmaktadır.

### Enerji verimliliği

Yeşil binalarda enerjinin etkin kullanımı amacıyla yapı kabuğunda kullanılan malzemelerin seçimi oldukça önemlidir. Bu tip binalardan beklenen en büyük özellik kış döneminde evde üretilen ısının dışarı kaçmasının, dışardaki soğuk hava kütesinin de içeri girmesinin önlenmesidir. Bu durum ısınma kaynaklı enerji giderlerini ciddi anlamda düşürmektedir. Ayrıca aydınlatma için kullanılan enerji tasarruflu lambalar, elektrik kullanımını en aza indiren harekete duyarlı sensörler, A+ sertifikalı beyaz eşyalar, gün ışığından maksimum seviyede yararlanılmasının sağlayan tasarım ve cam tipleri gibi uygulamalar da yeşil binalarda enerji etkinliğini arttıran önemli özellikler arasında yer almaktadır (Olgun ve diğ, 2009, s.57).

### Enerji üretimi

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının günden güne azalmasında ve enerji tüketiminde önemli bir payı olan yapı sektörü, en az tükettiği kadar enerjiyi üretme sorumluluğunu taşımaktadır. Bu kapsamda yeşil binaların yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yöneldiği görülmektedir. Bunlar arasında güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklar bulunmaktadır. İlk yatırım maliyetleri yüksek gözükse de kısa sürede maliyetlerini amorti etmektedir. Yaşam devam ettikçe varlığını koruyan bu kaynaklar aynı zamanda fosil yakıt kullanımına bağlı sera gazı oluşumunu da azaltmaktadır.

### **2.2.2 Su verimliliği**

Enerji tüketiminde olduğu gibi su tüketiminde de yapı sektörü ön plana çıkmaktadır. Dünya genelinde tüketilen suyun yaklaşık %42'si yapıların yaşam ömrü boyunca harcanmaktadır (Bekem ve diğ, 2015, s.288). Küresel ısınmanın etkisiyle su kullanımının önemi günümüzde daha da artmıştır. Su kaynaklarının dengeli tüketimi açısından yeşil binalarda suyun verimli kullanımını sağlayan uygulamalar kaçınılmaz olarak görülmektedir. Bu kapsamda yağmur suyu ve gri suların yeniden kullanımı, su verimli armatürler, fotoselli bataryalar ile şebeke suyu yönetimi, sprinkler, bahçe

sulama vb. sistemlerde su sisi, damla sulama sistemlerinin kullanımı gibi uygulamalar bulunmaktadır.

### **2.2.3 Malzeme ve kaynak kullanımında verimlilik**

Bina oluşumunu şekillendiren ana aktör malzemedir ki günden güne artış gösteren çevre problemlerinde aynı aktör önemli bir yer tutmaktadır. Malzeme kullanımı yeşil bina sertifika sisteminde ele alınan ortak konulardan birisidir. Bazı malzemelerin üretim aşamasına yüksek enerjiye ihtiyaç duyması ve ekosisteme zararlı gazlar salıyor olması, malzemenin uzak mesafelerden tedarik edilmesi durumunda fosil yakıt kullanımı ve buna bağlı çevre kirliliğinin artması, malzemenin kullanım ömrü boyunca bakım ve onarım giderlerinin fazla olması, dayanıklılığının düşük olması, geri dönüştürülme veya yeniden kullanılabilirlik özelliğinin az olmasından kaynaklı doğal kaynakların giderek azalıyor olması gibi nedenler yeşil binalarda malzeme verimliliğini zorunlu hale getirmektedir.

Bir yapının yeşil bina sıfatı kazanabilmesi için malzeme seçimi ve kullanımı konusunda belirli kriterleri karşılaması gerekmektedir. Bu amaçla istenilen bazı uygulamalar mevcuttur. Bu uygulamaların başlıcaları; tasarım ve yapım aşamasında atık yönetim planı oluşturmak, inşaat süresince malzeme tüketimini azaltacak önlemler almak, çöp olmayan-geri dönüştürülebilir veya yeniden kullanılabilir malzemeleri tercih etmek, yerel malzeme kullanımını arttırmak, üretim aşamasında enerji tüketimi az, kullanım ömrü boyunca direkt yada doğrudan enerji üretimine katkıda bulunabilen malzemelere yönelmek, hammadde eldesinden başlayıp kullanım ömrü boyunca düşük emisyonlu, çevre dostu, sürdürülebilir, enerji etkin olan ve bu özellikleri taşıyarak performanstan ödün vermeyen malzemeleri yapılarda kullanılmaktadır.

### **2.2.4 Sağlık ve konfor**

Binalarda konfor kavramı çeşitli subjektif faktörleri kapsamakta olup genel itibariyle kullanıcıların fiziksel ve zihinsel memnuniyetiyle ilişkilidir. İç mekan konfor şartlarını etkileyen ana parametreler fiziksel çevre koşulları ile bu koşulları ortadan kaldıracak malzeme, sistem seçimi veya tasarım dilidir. Sağlık koşulları ise konfor kavramını aksine tamamıyla objektif kriterleri içeren, belli standart ve yönetmelikler ile sınırlamalar getirilmiş bir gerekliliktir.

Sürdürülebilir yapı sistemleri, kullanıcılar açısından sağlıklı ve verimli bir iç ortam oluşturmayı öngörmektedir. Bu doğrultuda sağlık ve konfor şartları yeşil binalarda istenilen temel nitelikler arasında olup iç ortam kalitesinin iyileştirilmesinde doğal havalandırma, doğal aydınlatma, ısı konfor ve akustik konfor gibi parametreler ön plana çıkmaktadır.

#### **2.2.4.1 Doğal havalandırma**

İnsan yaşamının büyük çoğunluğu kapalı ortamlarda geçtiği düşünüldüğünde sağlık açısından iç mekandaki hava kalitesinin üst seviyede tutulması mantıklı bir yaklaşımdır. Kaliteli bir iç ortam hava kalitesi ise etkin bir havalandırma sistemi ile sağlanabilmektedir (Geçer ve diğ, 2019, s.341). İç mekanda biriken kirli, kullanılmış ve ısınan havanın uzaklaştırılarak yerinin temiz hava ile doldurulması havalandırma olarak tanımlanmaktadır. Bina içerisinde çeşitli nedenler ile oluşan hava kirliliğinin giderilmesi, sağlık açısından gereken oksijenin sağlanabilmesi için kapalı mekanların yeterli ve doğru bir şekilde havalandırılması gerekir. Havalandırma, mekanik sistemlerle veya doğal yollarla sağlanabilmektedir. Ancak sağlıklı bir ortam oluşturulmasında en çevreci ve ekonomik olanı doğal havalandırmadır (Darçın & Balanlı, 2012, s.33-34).

Doğal havalandırmanın etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi; temiz havanın yapı kabuğu aracılığıyla iç mekan alınması, yapı içerisinde yatay veya dikey boşluk boyunca dolaştırılması ve kirli havanın binadan uzaklaştırılması ile yapılabilmektedir. Binalarda havalandırmanın doğal yollarla sağlanması mekanik sistemlere göre ekonomi, sağlık ve enerjinin korunumu açısından daha avantajlıdır (Darçın & Balanlı, 2012, s.33-34). Doğal havalandırma, bir binanın enerji kullanılmadan havalandırılmasını sağlayan çevreci bir yöntem olup sürdürülebilir kalkınma açısından oldukça önemlidir (Geçer ve diğ, 2019, s.342). Doğal havalandırmanın bu tür avantajlara sahip olması, yeşil binalarda tercih edilmesini sağlamaktadır. Günümüzde doğal havalandırmanın etkin bir şekilde uygulandığı çift cidar cephe vb. yapı tasarımlarının giderek arttığı görülmektedir.

#### **2.2.4.2 Doğal aydınlatma**

İnsan psikolojisi üzerinde günışığının birçok olumlu etkisi olduğu kabul edilmektedir. Beyin tarafından serotonin isimli mutluluk hormonunun salgılanmasını, depresyon, anksiyete gibi rahatsızlıkların iyileşmesini, insan sağlığı açısından pozitif



ve dinamik mekanlar oluşmasını sağlayan önemli bir faktördür. Yorgunluk ve görsel rahatsızlıkların azalmasına yardımcı olmaktadır. Günışığı kullanımını doğru ve etkin bir şekilde tasarlandığı zaman, yapı kullanıcılarının görsel konforunu sağlayan, eylemlerinin verimli olarak gerçekleştirmesine yardımcı olan bir doğal aydınlatma sağlanmış olur (Kazanasmaz, 2009).

Doğru tasarlanmış bir doğal aydınlatma, sürdürülebilir açısından stratejik bir rol oynamaktadır ve sağladığı faydalarla ön plana çıkmaktadır. Doğal aydınlatma, yalnızca gün ışığının sağladığı görsel konfordan ibaret değildir, enerji verimliliğiyle birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Aslında enerji tüketimi, görsel konfor ve ısı konfor bir noktada birbirleriyle bağlantılı, birbirlerini etkileyen unsurlardır (Kazanasmaz, 2009). Normal bir binanın toplam enerji giderinin yaklaşık %25-%40'ından aydınlatma sorumludur (Geçer ve diğ, 2019, s.339). Günışığı kullanımını, yapay aydınlatma sistemlerinin çalışma süresi kısaldığı için enerji tüketimini de azaltmaktadır. Ayrıca özellikle kış dönemlerinde ısıtma ihtiyacının bir kısmının güneşten karşılanması hem ısı konfor hem de enerjini verimliliği açısından olumlu etki göstermektedir. Bu tip faydalar, yeşil binalarda doğal aydınlatmayı sağlayacak güneş tüpü, çatı pencereleri gibi tasarım örneklerini daha çok görmemizi sağlamaktadır.

### **2.2.4.3 Isıl konfor**

Isıl konfor, doğal aydınlatmada olduğu gibi yapı kullanıcılarının sağlıklı ve verimli olarak yaşayabilecekleri iç ortam koşullarını oluşturan vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Bu ihtiyacı karşılayacak uygulamalar ise yapının bulunduğu yörenin iklim koşullarına göre farklı perspektiflerde gerçekleşebilmektedir. Sıcak iklim bölgesine sahip bölgelerde termal konforun sağlanması iç ortamın soğutulması üzerine iken, soğuk iklime sahip bölgelerde ise iç mekan sıcaklığının nasıl arttırılacağı yönündedir (Mihlayanlar ve diğ, 2017, s.918). Bina ısı konforun sağlanmasında yalıtım detayları ön plana çıkmakta olup uygun yalıtımın sağlanması için ısı geçirgenlik katsayısı olan “U” değerinin ideal seviyede tutulması gerekmektedir. TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardında yapıların tavan, taban, duvar, döşeme ve çatı için U değerlerinin iklim bölgelerine maksimum sınır değerleri belirtilmiştir. Doğru bir yalıtım aynı zamanda ısınma veya soğutma kaynaklı enerji giderlerini de düşürmektedir.

Yeşil binalarda ısı konfor koşullarının istenilen seviyede tutulmasını sağlayacak çeşitli yalıtım malzemeleri, cam tipleri ve tasarım türleri kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, yeşil yapılarda hem uygun konfor şartlarının sağlanması hem de enerji verimliliğinin artmasına katkıda bulunmaktadır. Isıl konfora ilişkin kriterler çoğu yeşil bina sertifika sisteminde genişletilmiştir ve binanın sertifika derecesinin yükselmesinde ciddi etkisi bulunmaktadır.

#### **2.2.4.4 Akustik konfor**

Yapılarda sürdürülebilir, sağlıklı ve konforlu yaşam alanlarının oluşturulmasında akustik konforun katkısı yadsınamaz bir gerçektir. Günden güne yoğunlaşan iş ve kent hayatı, mekanların yapı türlerine göre değişkenlik gösteren kullanım tipleri gibi durumlar iç mekan konforunun sağlanmasında termal konfor, doğal havalandırma ve aydınlatma gibi parametrelerin dışında akustik ve gürültü kontrolünün de göz önünde bulundurulması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Modern hayatın getirdiği trafik, sokak ve sosyal yaşam gürültüsü ile baş etmek, yan veya üst kat komşu gürültüsünü engellemek ancak yapılarda etkin bir ses yalıtımının yapılmasıyla mümkün olabilmektedir. Ses yalıtımı, yeşil binalarda olması gereken ana unsurlar arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda yeşil bina derecelendirme sistemleri de, yapı içi çevre kalitesi kapsamında binaların kullanım amaçlarına ve özelliklerine göre akustik performans kriterleri belirlenmeye başlamıştır (İzodergi, 2016, s.17-45).

#### **2.2.5 Atık yönetimi**

Yapı sektörü en çok atık üreten endüstrilerden biri olup yüzeysel katı atıkların yaklaşık %20'si binalara ilişkin uygulamalardan kaynaklanmaktadır (Bekem ve diğ., 2015, s.288). Sürdürülebilir bir gelecek adına etkin bir atık yönetiminin sağlanması önemlidir. Bu nedenle yapıların inşaat, kullanım ve yıkım aşamalarında ortaya çıkacak atıkların en düşük seviyede tutulması ve çevreye zarar vermeden verimli bir şekilde yönetiminin sağlanması yeşil bina sistemlerinin başlıca gerekliliklerinden biridir.

Binalarda atık yönetimi, yıkım sırasında oluşan inşaat atıkları ile kullanım boyunca üretilen atıkların yönetimini kapsamaktadır. İnşaat sahasında ortaya çıkan moloz ve atıklardan tekrar kullanılabilir olanları depolanarak lisanslı geri dönüşüm firmalarının veya yerel yönetimlerin transfer merkezine ulaştırılmasına ilişkin planlamalar yapılabilmektedir. Geri dönüşümü yapılamayan molozlar ise dolgu

malzemesi olarak kullanılabilir. Kullanıcıların ürettiği atıklarda ise ayrıştırma uygulamasının teşviki amacıyla binaların uygun yerlerine geri dönüşüm kutuları konulmaktadır. Kutuların yer seçiminde çöp kamyonlarının ölçüleri, atık miktarı, koku vb. rahatsız edici koşullar etkili olabilmektedir.

Binaların kullanım ömrü boyunca oluşan atıkların azaltılması, türlerine göre depolanması, uzaklaştırılması, geri dönüştürülmesi ya da bertaraf edilmesine dair uygun yöntem ve sorumlulukları belirlemek yapı sektöründeki aktörlerin çevresel duyarlılık bilincinin artırılmasında katkısı olacaktır. Sektörde bulunan tüm aktörlerin atık konusunda çözüm getiren ürünlere yönelmeleri ve bu doğrultuda üretilen yeşil binaların yapım ile kullanımına teşvik edilmeleri gerek doğal kaynakların tüketimi gerekse mali açıdan önemli düzeyde katma değer sağlayacaktır.

### **2.2.6 Ekolojik yaklaşım**

Ekoloji kavramı, insan ile diğer canlıların birbiri ve çevreleriyle etkileşimini inceleyen bir bilim dalıdır. Ekolojik yapı tasarımı ise insan ve doğa arasındaki ilişkiyi dikkate alan, topografik ve iklimsel verileri de kullanarak doğal kaynakların tutumlu değerlendirilmesine özen gösteren bir yaklaşımdır (Erdede & Bektaş, 2014c, s.5-6). Bu yaklaşımdan hareketle binaların yapım aşamasından yıkımına kadar geçen süreçte çevreye olan etkilerinin en aza indirilmesi istenmektedir. Zira inşaat ve gayrimenkul sektörü doğal çevre üzerinde çok büyük bir etkiye sahiptir.

Yeşil yapıları ekolojinin bir parçası gibi düşünüp yaşayan bir habitat olarak ele almak gerekir. Ekolojik yaklaşımlar, yeşil bina sertifikası sistemlerinde arazi seçiminden itibaren başlamakta olup malzeme seçimi, enerji kullanımı, kirlilik gibi alanlarda kendini göstermektedir. Arazi seçimi yapılırken biyolojik türlerin muhafaza edilmesi, kuşların göç yolları, verimliliği yüksek tarım arazileri, tatlı su kaynakları gibi doğal çevre elemanlarının zarar görmemesine dikkat edilmektedir. Üretimi ve uygulanması sırasında karbon ayak izi düşük, geri dönüşüm oranı yüksek, çevreye duyarlı malzemelerin tercih edilmesi istenmektedir. Yapıda kullanılan bitiş malzemelerin gerek kullanım ömrü boyunca gerekse yangın durumunda çevreye toksit gaz yaymaması, uçucu organik bileşen (VOC) değerlerinin sınır seviyeleri aşmaması oldukça önemlidir. Enerji kullanımında ise çevreye zararlı fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmektedir. Binaların çatı ve cephelerindeki yeşil uygulamalar, toplu taşıma kullanımına yönlendirici kriterler,

enerji giderlerini ve dolayısıyla karbon salınımını ile çevresel kirliliği en aza indirecek tüm bu çalışmalar ekolojik yaklaşımların bir parçası olarak yeşil binaların sürdürülebilir hedefleri arasında yer almaktadır.

### **2.2.7 Afet ve güvenlik**

Tüm yeşil bina sertifika çalışmalarında genel gaye, sürdürülebilir hedefler doğrultusunda gelecek kuşaklara kaynakları tükenmemiş, yaşanılabilir bir gezegen bırakmak olup bunu gerçekleştirirken kullanıcıların konfor koşullarından ödün vermemektir. Fakat bu tür koşulların dışında yapının kullanım ömrü boyunca kullanıcı açısından güvenli olması da istenmektedir. Bu doğrultuda binaların su baskını, deprem, yangın gibi doğal afetlere karşı dayanıklı olması ve dolayısıyla konuyla ilgili yasal yükümlülükler uygun olması gerekmektedir (Özgünler ve diğ, 2016). Ülkeler, buldukları coğrafyaya özgü doğal afetlere karşı katı kurallar içeren kanun ve yönetmelikler çıkarmaktadır. Bu durum yalnızca yasalarda kalmayıp sertifika sistemlerinde de kendini göstermekte olup yerel yeşil derecelendirme sistemlerine bakıldığında o yöreye özgü afet risklerinin daha kapsamlı ele alındığı, yaptırımlarının daha sert olduğu görülmektedir.

Dünya genelinde yaygın olarak kullanılan yeşil sertifika derecelendirme sistemlerinin çoğunluğunda başlıca doğal afet olarak, ülkemizde için de büyük bir problem teşkil eden deprem riski ön plana çıkmaktadır. Ülkemiz gibi deprem tehlikesi altında olan Japonya'nın sertifika sistemi CASBEE, deprem tehdidine karşı en güçlü yaptırımlara sahip sistemlerden biridir. Bu doğrultuda sertifika sisteminde için "Earthquake Resistance" isimli ayrı bir başlık açılmış olup bu bölümde istenilen temel kriterler binaların yasal mevzuatın üzerinde bir deprem dayanımına sahip olması, konunun uzmanlarınca özel stres hesaplamalarının yapılması ve tüm yapı alt sistemlerinin olası bir deprem anında zarar görmeyecek şekilde çalışması üzerinedir. Doğal afet olarak nitelendirilen bir diğer tehlike ise su baskını riskidir. Birçok sertifika sistemi, sel riski taşıyan yerleşim yerlerinde bulunan yapılar için bu tehlikeyi önleyecek özel yaptırımlara yer vermektedir (Özgünler ve diğ, 2016). Deprem ve su taşkınlarının yanı sıra heyelan, hortum, fırtına, kasırga ve çığ gibi afetlerin yol açabileceği hasarların en aza indirilmesine yönelik tedbirler de belirlenebilmektedir.

Bir diğer doğal afet olarak değerlendirilen durum ise yangın riskidir. Günüümüzde ortaya çıkan yangınlar daha çok insan hatalarından kaynaklı olsa da yangın vakaları birçok istatistiksel veride doğal afet olarak tanımlanabilmektedir. Sürdürülebilir kriterler doğrultusunda oluşturulan binaların bir anda yok olmasına neden olabilecek yangın riskine karşı bilindik sertifika sistemlerinin bir kısmı katı önlemlere yer verirken büyük çoğunluğunun ise yangın güvenliği konusunu çok fazla detaylandırmayıp yerel yasa ve yönetmeliklere uyulması halinde binayı güvenli bulduğu görölmektedir. Lakin yangın güvenliği söz konusu olduğu zaman yeşil binalarda mevzuatın öngöremediği ek riskler ortaya çıkabilmektedir. Bu doğrultuda yeşil binaların yangın güvenliğine yönelik yapılacak çalışmalar önem kazanmaktadır.





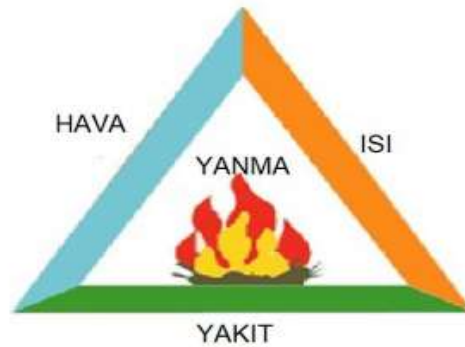
### 3. YEŞİL BİNALARDA YANGIN GÜVENLİĞİ

Yangın güvenliği, yapı içerisinde olması gereken bütün diğer emniyet gereksinimlerinin yanı sıra ayrı bir önem taşımaktadır. Bunun nedeni yangının sadece bina kullanıcılarını değil doğal ve yapay çevreyi de etkileyen bir afet olmasıdır.

Konu yeşil bina olunca çevre duyarlılığı üst seviyede olduğundan bu tür yapılarda yangın emniyeti bir üst boyuta çıkmaktadır. Ortalama bir yangının yarattığı karbon salınımı, binanın tüm yaşam döngüsü boyunca oluşturduğu karbon ayak izinin tahmini %20 'si kadardır (Özgünler ve diğ., 2016). Çevre kirliliğinin azaltılmasını hedefleyen yeşil binalarda, olası bir yangın vakası yaşanması çevreye daha fazla zarar vereceğinden kendi ile çelişen bir durum ortaya çıkmaktadır. Yangın kavramının iyi bilinmesi, sebep olduğu risklerin özümsemekle yangın güvenli yapı tasarımının yeşil binalar ile entegre edilmesiyle bu çelişki ortadan kaldırılabilir.

#### 3.1 Yangın Tanımı

Yanma, yanıcı maddenin ısı kaynağı ve oksijen (yakıt) ile belirli oranlarda bir araya gelmesi sonucu gerçekleşen kimyasal bir reaksiyondur. Ekzotermik bir tepkime olan yanma olayının oluşabilmesi için 'Yangın Üçgeni' olarak da adlandırılan bu üç unsurun bir araya gelmesi gerekmektedir. Şekil 3.1'de yangın üçgeni gösterilmektedir. Yanıcı madde, ısı ve oksijenden birinin olmaması durumunda yanma olayı gerçekleşemez.



Şekil 3.1 : Yangın Üçgeni (Er & Bozdağ, 2020, s.176).

Yangın; yanma olayının kontrol dışında gerçekleşmesi sürecidir. Yanma reaksiyonunun başlaması ve ortamda yayılarak büyümesi felakete neden olabilmektedir. Yangının felaket olarak görülmesi hiç kuşkusuz onun istem dışı gelişerek can ve mal kayıplarına sebep olmasından kaynaklanmaktadır. Dünyada ve ülkemizde sıklıkla meydana gelen yangın, günümüzde yapı tasarım ve inşaa tekniklerinin en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır.

Yanıcı nitelikteki malzemelerin kontrolsüz bir şekilde ısı kaynağı tarafından tutuşturulması, yangını kolaylıkla başlatabilmektedir. Ancak yangının büyüme hızı ortamdaki yanıcı maddenin miktarı, yanıcılık oranı, özel koşullar (rüzgar, baca etkisi vb.) gibi birçok faktöre bağlı olarak artabilmekte, yangının seyri bu faktörlerle birlikte farklı boyutlara taşınabilmektedir. Bu da yapı içerisinde ve çevresindeki canlıların emniyeti adına oldukça önemlidir. Güvenlik açısından yangınla ilgili bazı kavramların iyi bilinmesi, olası bir yangın tehlikesine karşı bilinç oluşturarak can ve mal güvenliğinin üst seviyede kalmasını sağlayacaktır.

### **3.2 Yangınla İlgili Genel Kavramlar**

Yangının ortaya çıkması ve gelişim süreçlerinde sıklıkla kullanılan terimler olan yangın yükü, yanıcı madde, flash-over, backdraft (yangın gelişim evreleri), baca etkisi ve yangına tepki sınıfı kavramları ele alınmıştır.

#### **3.2.1 Yangın yükü**

BYKHY (2007)'ye göre yangın yükü “Bir yapı bölümünün içinde bulunan yanıcı maddelerin kütleleri ile alt ısı değerleri çarpımları toplamının, plandaki toplam alana bölünmesi ile elde edilen ve MJ/m<sup>2</sup> olarak ifade edilen büyüklüğü” olarak tanımlanmaktadır (BYKHY, 2007). Yangın güvenliği ile ilgili uygulamalarda önemli bir yere sahip olan yangın yükü, yanıcı özellikteki maddelerin ağırlığı olarak da ifade edilmektedir. Toplam yangın yükü değeri düşük olan yapıların yangına karşı hassasiyeti düşük olup bir yangın anında oluşabilecek hasar oranı minimum seviyelerde olmaktadır. Bu yüzden yangın yükü kavramı yangınla ilgili çalışmalarda, süre hesaplamalarında ve binaların tehlike sınıfının belirlenmesinde önemli bir etkindir.



### **3.2.2 Yanıcı madde**

Yangın söndürme yöntemlerinin belirlenebilmesi ve yangına karşı uygun tedbir alabilmek adına yanıcı maddeyi iyi bilmek gerekmektedir. Yanıcı maddeler doğada katı, sıvı ve gaz halde bulunmakta olup farklı parlama, buharlaşma, tutuşma ve yanma değerlerine sahiptir.

#### **3.2.2.1 Katı formda yanıcı maddeler**

Ahşap, kağıt, kömür, plastik, tekstil ürünleri vb. gibi yanıcı katı maddeler bu gruba girmektedir. Bu maddelerin çoğunun ısı ile önce sıvı sonra gaz haline veya direkt gaza dönüşmeleri ile yanmaları gerçekleşmektedir. Bu maddelerin söndürülebilmesi için en çok uygulanan yöntem yanıcı madde ısısının düşürülmesidir (Chitty & Mitchell, 2003).

#### **3.2.2.2 Sıvı formda yanıcı maddeler**

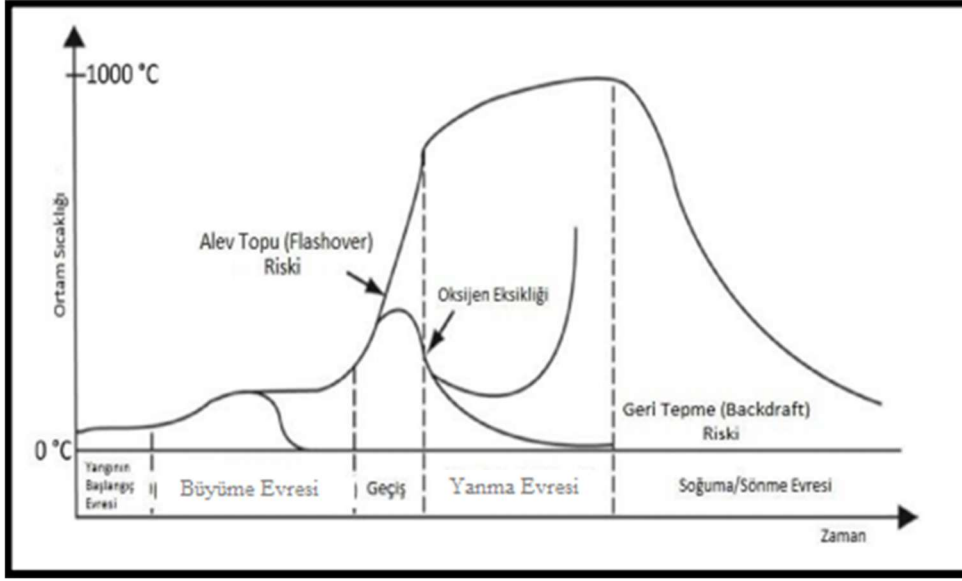
Benzin, mazot, alkol, tiner vb. gibi sıvı formdaki yanıcı maddeler bu grupta yer almaktadır. Bu tip yanıcı özellikteki maddeler buharlaşarak yanmaya başlar. Bu maddelerin yanması durumunda söndürülebilmesi için en çok uygulanan yöntem buharlaşmanın durdurulması ve oksijenle bağlantısının koparılmasıdır (Riba, 1996).

#### **3.2.2.3 Gaz formda yanıcı maddeler**

Hidrojen, metan, etan, propan, asetilen, doğalgaz, vb. gibi gaz formda bulunan yanıcı maddeler bu grupta yer almaktadır. Gaz formda olmaları ve oksijenle her açıdan temas edebilmeleri nedeniyle yanmaları diğer formdaki maddelere göre çok daha kolaydır. Yanmaları sıklıkla parlama veya patlama şeklinde olmakta olup sonucunda büyük yıkım bıraktıkları için bu tür maddelerin tutuşmalarını önlemek can ve mal güvenliği adına oldukça önem arz etmektedir (Riba, 1996).

### **3.2.3 Yangın gelişim evreleri**

Kapalı bir ortamda yangının gelişim süreci üç aşamadan gerçekleşmektedir: büyüme evresi, yüksek sıcaklık evresi ve sönme evresi. Bu evreleri birbirinden ayıran ana özellik ortamın sıcaklığıdır. Kapalı bir ortamdaki yangının ortam sıcaklığı ve zamana bağlı olarak değişimi Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 : Yangın Gelişim Eğrisi (Zandbergen, 2016).

### 3.2.3.1 Büyüme evresi

Yangın üçgenindeki üç unsurun tamamı mevcut olduğunda çıkan reaksiyonun başlamasından sonra gerçekleşen evredir. Bu evrede odadaki sıcaklık artarak az miktarda malzeme yanmaya başlar ve ilk olarak gaz ve duman açığa çıkar. Gaz, soğuk havadan hafif olduğu için yükselerek tavanda sıcak bir katman oluşturur. Bu sıcak bulut katmanı ısı yayarak odadaki diğer nesnelere de tutuşmasını sağlar. 200 °C ile 300 °C arasındaki bir sıcaklıkta gerçekleşen bu evrede yanıcı gaz birikimi artarak yanıcı gaz-hava karışımı meydana gelebilir. Yangının bu aşamadan sonra devam edip etmeyeceği birkaç faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörler arasında en önemlisi iç ortamdaki oksijen miktarıdır. Kırık pencere, kapı gibi açıklıklar vasıtasıyla ortama oksijen girişi devam ederse yangının büyümesi de devam edecektir. Bu açıklıklar aynı zamanda tavanda biriken sıcak duman katmanının yeterli kalınlığa ulaştığında ortamdaki oksijene atılmasına yardımcı olabilmektedir (Zandbergen, 2016).

### 3.2.3.2 Yangın evresi (flash-over)

Yangın evresi, adını yangının tam olarak bu aşamada gelişmesinden dolayı almaktadır. Büyüme aşaması maksimuma ulaşarak yanıcı maddelerin tamamını tutuşturur. Küçük bir kapalı ortam yangınının tam gelişmiş bir yangına geçişi, büyüme aşaması ile yangın aşaması arasında oluşan flashover (ani alev topu) ile gerçekleşir. Bir flashover sırasında, oda tavanında biriken duman katmanındaki

sıcaklık o kadar yüksektir ki, bu duman katmanından yayılan ısı, hava konveksiyonla odada dolaşarak tüm yanıcı maddeleri çok kısa bir sürede tutuşma sıcaklığına yükseltir. Tutuşan tüm maddelerden çıkan gazlar tutuşma sıcaklığına ulaşır bir anda parlayarak flashover meydana gelir. Normal koşullarda sıcaklık değerinin kapalı bir ortamda bu derece yükselmesi çok daha uzun zaman alacakken, ani parlama nedeniyle kısa sürede gerçekleşmektedir. Ancak flashover gerçekleşme bile ortam sıcaklığı 15 dakikalık bir sürede 900 °C'ye ulaşabilmektedir (Zandbergen, 2016).

### **3.2.3.3 Sönme evresi (backdraft)**

Yanıcı maddelerin yaklaşık %80'i tükendiğinde veya oksijen miktarında belirgin bir düşüş yaşandığında sönme safhasına geçiş başlamaktadır. Bu aşama eğer oksijen eksikliği nedeniyle gerçekleşmiş ise yanıcı özellikteki maddeler kor halinde yanmayı sürdürmektedir. Bu safhanın sıcaklık değeri düşük olsa bile geriye kalan yanıcı gazların kombinasyon halinde bir geri çekilmeye açık olduğunu göz ardı etmemek gerekir. Bu önemli miktarda yanıcı gaz içeren, oksijensiz ortama kapı ve pencere gibi açıklıklardan ani oksijen girişi olur ise “Backdraft” (Geri Tepme) ihtimali oluşabilmektedir. Yangın müdahale ekiplerinin patlama gibi yüksek şiddete gerçekleşen bu olaya karşı dikkatli olması gerekmektedir (Zandbergen, 2016).

### **3.2.4 Baca etkisi**

Nem ve sıcaklık farklılıklarından kaynaklı hava yoğunluğunda meydana gelen değişim ile hava kütlesi taşınabilmektedir. Havanın bu şekilde bir doğal konveksiyon hareketiyle yapıdan çıkarılması olayına baca etkisi denmektedir. Açıklıklar arasındaki iç sıcaklık farkının aynı seviyedeki dış sıcaklık farkından büyük olması halinde hava dışarı atılarak dikey havalandırmaya katkı sağlanmaktadır (Yüksek & Esin, 2011). Havalandırılmalı cephe, atrium vb. dikey açıklıklara sahip yapılarda, yangın anında oluşan duman ve alev baca etkisi nedeniyle kolaylıkla yangın etkilerinin oluşmadığı diğer katlara ulaşabilmektedir. Baca etkisi, yangının seyri açısından felaket sonuçlar doğurabileceği gibi doğru tasarımın sağlanması durumunda yangın kaynaklı duman ve zehirli gazların yapıdan uzaklaştırılmasına da katkı sağlayabilmektedir. Bu açıdan baca etkisi faktörünün göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

### 3.2.5 Yangına tepki sınıfı

BYKHY’ye göre yangına tepki, “belirli şartlar altında bir ürünün yangına maruz kaldığında gösterdiği tepkiyi” ifade etmektedir (BYKHY, 2007). Çizelge 3.1’de yapı malzemelerinin yangına tepki sınıfları belirtilmiştir.

**Çizelge 3.1 : Döşeme Dışındaki Yapı Malzemelerinin Yangın Tepki Sınıfları**  
(Güleşen & Yılmaz, 2019, s.4).

Malzemenin Yanıcılık Özelliği	Duman Oluşumu Yok	Yanma Damlamaları/ Tanecikleri Yok	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (TS-EN 13501-1’e göre)	Avrupa Sınıfı (DIN 4102 göre denklik)
Hiç Yanmaz	X	X	A1	A1
Zor Yanıcı	X	X	A2 - s1, d0	A2
Zor Alevlenici	X	X	B,C - s1, d0	B1
		X	A2 - s2, d0 A2, B, C - s3, d0	
	X		A2, B,C - s1, d1 A2, B,C - s1, d2	
(minimum)			A2, B, C – s3, d2	
Normal Alevlenici		X	D - s1, d0 D - s2, d0 D - s3, d0 E	B2
			D - s1, d2 D - s2, d2 D - s3, d2	
(minimum)			E - d2	
Kolay Alevlenici			F	B3

TS EN 13501-1, Avrupa ülkelerinde geçerliliğe sahip, yapı malzemelerinin yangına tepki sınıflandırması için kullanılan standardıdır. Yapı malzemelerinin duman oluşumu ve yanma damlaları/tanecikleri deneylerinden elde edilen veriler sonucunda TS EN 13501-1’e göre sınıflandırması yapılmaktadır. Uygulanacak deney standartları yine TS EN 13501-1’de belirtilmiştir.

Herhangi bir teste tabi olmadan A1 yanıcılık sınıfına sahip yapı malzemeleri BYKHY’de tanımlanmıştır. Bunlardan başlıcaları; beton, çimento, kireç, alçı ve alçı bazlı sıvalar, çelik, paslanmaz çelik, demir, bakır ve bakır alaşımları, çinko ve çinko alaşımları, alüminyum ve alüminyum alaşımları, kurşun, killi malzemeler, lamine ve telli cam, seramik, doğal taş ve arduvaz birimlerdir (BYKHY, 2007).

### 3.3 Yeşil Binalarda Yangın Güvenliği Sorunu

Yangın güvenli yapı tasarımının en önemli unsurlardan başlıcası şüphesiz kullanıcı güvenliğidir. Yangın güvenlik önlemleri yapının kullanım amacına, binadaki kullanıcı sayısına, kullanıcıların yapı içerisindeki dağılımına ve yapı tipine bağlı olarak şekillenebilmektedir. Hemen hemen her yapı tipi kendi içerisinde kullanıcı güvenliğini etkileyebilecek yangın riski barındırmaktadır. Bu riskler telafi edilebilecek boyutlarda olabileceği gibi bir güvenlik sorunu olarak da karşımıza çıkabilmektedir. Yapı-yangın ilişkisi kapsamında yapı türlerinin kendine has özellikleri, yangın yükü ve binanın yangına karşı hassasiyeti yasal düzenlemeler ve standartlarca irdelenerek varsa eksikliklerin giderilip güvenliğin sağlanması gerekmektedir.

Yeşil binaların tasarım aşamasında yer alan yada kullanım sürecinde binaya dahil edilen eklentiler yapı ve kullanıcılara zarar verebilecek riskler içerebilmektedir. Sertifikasyon sürecinde yeşil bina olma koşullarını sağlamak için yangın güvenliği adına bir takım sorunlar oluşabilmektedir. Sürdürülebilir kriterler doğrultusunda yangın riskini arttıran birçok değişken ortaya çıkabilmektedir. Bunların başında fotovoltaik paneller, bina kabuğunda kullanılan yalıtım malzemeleri, atık depolama ve toplama yerleri, farklı tasarım dilleri gelmekte olup konunun detayına inildiğinde karşılaşılabilecek sorunların arttığı görülmektedir. Yangın emniyeti, diğer binalara nazaran yeşil binalarda ekstra dikkat edilmesi gereken bir konu olarak değerlendirilmelidir.

Literatüre bakıldığında yeşil bina sıfatını kazanmış yapılarla ilgili yangın vakasına pek rastlanmamaktadır. Buna neden olarak yangın raporlamalarında yeşil bina yangınlarına ait ayrı bir istatistik tutulmaması gösterilebilir. Bu doğrultuda Ulusal Yangından Korunma Derneği (NFPA) tarafından işletilen Yangın Vakası Veri Organizasyonu (FIDO) verileri önem kazanmaktadır. Çalışmada, ABD’de yeşil niteliklere sahip binalardaki yangın sayısı ve bu yapılar arasından tespit edilen yeşil bina sayısının analizi yapılmıştır. FIDO tarafından 2003-2013 yılları arasında toplam 15 yeşil bina yangını tespit edilmiştir. Tablo 3.2, FIDO verilerine dayalı olarak belirlenen, 2003-2013 yılları arasındaki yeşil bina yangınlarının istatistiklerini göstermektedir.

**Çizelge 3.2 : 2003-2013 Yılları Arası FIDO 'Yeşil' Konut Yapısal Çöküş Yangınları Koleksiyonu Özeti (Meacham & Mcnamee, 2020, s.20).**

Yıl	Konut Çökme Yangınları	Tespit Edilen Yeşil Bina Yangınları
2013	28	1
2012	48	1
2011	50	3
2010	46	1
2009	52	3
2008	58	1
2007	41	2
2006	34	3
2005	19	0
2004	20	0
2003	15	0
Toplam	411	15

Literatür taramalarında yeşil bina yangın örneği ile çok fazla karşılaşılmasa da bu tür binalarda sıklıkla kullanılan eklentilerin yeşil olmayan binalarda yarattığı birçok yangın vakası kayıtlara geçmiştir. Bu yangınların bazıları, gerek yanlış müdahale yöntemlerinin kullanılması gerekse risklerin göz ardı edilip güvenlik önlemlerinin alınmamasından dolayı dramatik bir şekilde sonuçlanmıştır. Vakalara bakıldığında zaman zaman yangına neden olan yeşil nitelikler genel olarak şunlardır: solar çatı panelleri, dış cephe malzeme ve sistemleri, akü depolama sistemleri ve katı atık depolama alanları. Vakaların çoğu belirtilen riskler üzerinden ilerlese de yeşil binaların yangın potansiyeline sahip farklı riskleri barındırdığı görülmektedir. Bu riskleri arttıran nedenleri iyi analiz etmek, riskin giderilmesi adına atılacak en büyük adımdır.

Dünya genelinde yeşil bina-yangın ara yüzü üzerinden yapılan çalışmaların yeterli düzeyde olmaması, sorunun büyüklüğü hakkında net bir çıkarım verememekte, araştırmaya muhtaç bırakmaktadır. Çizelge 3.3'te örnek yeşil niteliklerden kaynaklı yangın vaka örnekleri kronolojik sırayla belirtilmiştir.

**Çizelge 3.3 : Binalardaki Yeşil Niteliklerden Kaynaklı Yangın Vakaları.**

Bina adı	Şehir	Bina Kullanım Sınıfı	Yangın Yılı	Yangın Çıkış Nedeni	Yangının Yayılma Nedeni	Ölü Sayısı	Yaralı Sayısı
Polat Tower (Soğukoğlu & İnce, 2013)	İstanbul	Konut	2012	Cephede Bulunan Klima Ünitelerinin Arızası	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel, Havalandırılmalı Cephede	-	-

**Çizelge 3.3 (devam) : Binalardaki Yeşil Niteliklerden Kaynaklı Yangın Vakaları.**

Bina adı	Şehir	Bina Kullanım Sınıfı	Yangın Yılı	Yangın Çıkış Nedeni	Yangının Yayılma Nedeni	Ölü Sayısı	Yaralı Sayısı
Dietz & Watson Ambar Binası (Url-4)	New Jersey	Depo	2013	Yanıcı Çatı Malzemesi	PV Panellerin Müdahaleyi Engellemesi	-	-
Akasya AVM (Url-5)	İstanbul	Karma	2014	Kaynak Kıvılcımı	İzolasyon Malzemesi	-	-
Address Downtown (Url-6; Nguyen vd., December 2016)	Dubai	Otel	2016	Elektrik Kısa Devre	Alüminyum Kompozit Cephe Kaplaması	-	16
Grenfell Tower (Kılıç, 2017a)	Londra	Konut	2017	Buzdolabı Arızası	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel, Hava boşluklu Cephe	79	70
G. Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi (Beyhan, 2018)	İstanbul	Hastane	2018	Atık Cam Şişe Kumbarası	Alüminyum Kompozit Panel, Giydirme Cephe, Hava Boşluğu	-	-
Karaman'da bir konut (Url-7)	Karaman	Konut	2019	PV Panel Aküsü	Ahşap Konstrüksiyon	-	-
Enerji Depolama Tesisi (Url-8)	Arizona	İşyeri	2019	Akü Depolama Sistemi Arızası	Akü Kaynaklı Yanıcı Gazlar	4	-

İstanbul Acıbadem ilçesindeki bulunan Akasya AVM'de 2014 yılında yangın çıkmıştır. Rezidans ve alışveriş merkezinden oluşan karma bina, BREEAM yeşil derecelendirme sertifikasına sahiptir. Binanın 16. katında çıkan yangının nedeni olarak kazan dairesinde ısı yalıtımı sırasında çıkan bir kaynak kıvılcımı olduğu belirtilmiştir (Url-5).

Akasya AVM yangını, yeşil binalardaki yangın riski açısından örnek olarak gösterilebilir. Ulusal yangın yönetmeliğinde yeşil bina eklentilerine yönelik spesifik hükümler bulunmasa da derecelendirme sistemlerinde yangın riski ile alakalı yüzeysel veya kapsamlı değerlendirmeler bulunabilmektedir.

### 3.4 Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin Yangına Bakışı

Ulusal veya uluslararası ölçekte geçerliliğe sahip yeşil bina sertifika sistemlerinin büyük çoğunluğunda yangın güvenliği konusu ana kriter olarak değerlendirilmemekte ve puanlama sistemine doğrudan etki etmemektedir. Çoğu sertifika sistemi yerel yönetmeliklere atıf yapmakta olup yönetmeliklerce alınacak önlemler yeterli görülmekte, yangın konusunda dolaylı kriterler ortaya koyulmaktadır. Ancak yangın emniyeti konusunda alt başlık açarak detaylı olarak ele alan sertifika sistemleri de mevcuttur.

ÇEDBİK verilerine göre Türkiye’de 521 adet sertifikalı proje bulunmaktadır. Bunlar arasında 425 projeye LEED sertifika sistemi başı çekerken 70 adet BREEAM, 23 adet B.E.S.T Konut, 3 adet Excellence In Design For Greater Efficiencies (EDGE) ve 1 adet Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) yeşil sertifikalı yapı bulunmaktadır. Bu beş sertifika arasından teknik kılavuzuna erişilebilen yeşil bina derecelendirme sistemlerinin yangın olgusuna bakış açısı, yangın ile ilgili ön koşul ve puanlama kriterleri incelenmiştir (Url-9).

#### 3.4.1 LEED

LEED sertifika sistemi, Amerikan Yeşil Binalar Konseyi tarafından, yapı sektörünün sürdürülebilirlik konusunda kendisini geliştirmesi fikrini temel alarak 1998 yılında yayınlanmıştır. Başlıca hedefleri arasında; yapı yeri seçiminde ortaya çıkabilecek çevresel etkileri en aza indirmek, sürdürülebilir yeşil rekabeti desteklemek, yeşil binalarla ilgili farkındalık yaratarak bu tür projelerin sayının artması için teşvikte bulunmak gösterilebilir (Erdede ve diğ, 2014b).

Proje sayısı bakımından Türkiye’de en çok kullanılan yeşil sertifika sistemi olan LEED, ilk olarak 1998 yılında V.1 ile piyasaya sürülmüştür. Yıllan yıla ortaya çıkan değişiklikler ve alınan yeni kararlar doğrultusundan güncellenerek zaman içerisinde dört versiyonu yayınlanmıştır. En güncel olanı 2019 yılında yayınlanan LEED v4.1 teknik kılavuzudur. LEED v4.1, 6 farklı sertifikasyon çeşidi içermektedir. Bunlar; bina tasarımı ve inşaat (LEED BD + C), iç tasarım ve inşaat (LEED ID + C), operasyonlar ve bakım (LEED O + M), konut (LEED Residential), şehirler ve topluluklar (LEED Cities and Communities) ve yeniden sertifikalandırmadır.



LEED v4.1 BD + C sertifika sistemi 9 ana ölçütte toplam 110 puan üzerinden değerlendirilmektedir. Ana ölçütler; katılım süreci, konum ve ulaşım, sürdürülebilir alanlar, su verimliliği, enerji ve atmosfer, malzeme ve kaynaklar, iç ortam kalitesi, yenilik ve bölgesel önceliklerdir. Sertifikanın alınabilmesi için en az 40 puan alınması gerekmekte olup 50-59 puan arası LEED Gümüş, 60-79 puan arası LEED Altın, 80 ve üzeri LEED platin alma hakkı kazandırmaktadır. Ana ölçütlerdeki puan dağılımı yapı türüne göre farklılık göstermektedir.

LEED v4.1 BD + C sertifika sisteminde yangın güvenliği ile alakalı içerikler sınırlı sayıdadır. Yalnızca iki başlıkla yangın terimi geçmekte olup yangın güvenliğine dair doğrudan bir ön koşul veya kredi puanı bulunmamaktadır. Kılavuzda yer alan yangınla ilgili içerikler Çizelge 3.4’te verilmiştir;

**Çizelge 3.4 : LEED v4.1 BD + C Kılavuzunda Yer Alan Yangın İçeriği.**

Başlık	Alt Başlık	Açıklamalar
Enerji ve Atmosfer	Şebeke Uyumlaştırılması (2 kredi)	Şebeke direnci teknolojisi başlığında geçen ifade: Bu strateji, LEED projesinin şebeke sınırlandırması veya diğer benzer mikro şebeke kabiliyetini ödüllendirir. Bazı yerlerde kamu hizmetleri, <b>orman yangınları</b> gibi doğal afet potansiyeli nedeniyle gücü keserek Kamu Güvenliği Güç Kapatma (PSPS) olaylarını uygular.
İç Ortam Kalitesi	Düşük Emisyonlu Malzemeler (3 kredi)	Yalıtım başlığında geçen ifade: Maliyet veya yüzey alanına göre tüm yalıtımın en az % 75'i VOC emisyon değerlendirmesini karşılar. Yalıtım ürünleri kategorisi tüm termal ve akustik levhaları, keçeleri, ruloları, örtüleri, <b>ses emici yangın örtülerini</b> , yerinde köpüklü, gevşek dolgulu, şişmiş ve püskürtmeli yalıtımı içerir.

LEED v4.1 Konut BD + C Çok Aileli Evler sertifikasında yangınla ilgili terimler genel olarak enerji ve atmosfer ile iç ortam kalitesi bölümlerinde geçmektedir. Yangına güvenliğine dair uygulamalar arasında ses yalıtımlı yangın bariyerleri dahil yalıtım malzemelerinin VOC sınır değerlerin sağlanması, yangın dayanıklı

bölümlerin havalandırması bulunmaktadır. Kılavuzda yer alan yangınla ilgili içerikler Çizelge 3.5’te görülmektedir.

**Çizelge 3.5 : LEED v4.1 Konut BD + C Çok Aileli Evler Kılavuzunda Yer Alan Yangın İçeriği.**

<b>Başlık</b>	<b>Alt Başlık</b>	<b>Açıklamalar</b>
Enerji ve Atmosfer	Temel Sistem Testi ve Doğrulaması (Ön Koşul)	Termal muhafaza incelemesi başlığında geçen ifade: Üniteler mühürlendikten ve yalıtıldıktan sonra, ancak alçıpan kurulmadan önce, enerji değerlendiricisi termal muhafaza incelemesi ve bölümlere ayırma incelemesini gerçekleştirmelidir. Çok aileli binalarda, <b>yangın bariyerlerinin</b> nasıl kurulduğuna bağlı olarak ek duvar öncesi incelemeler gerekebilir.
Enerji ve Atmosfer	Evsel Sıcak Su Boru Yalıtımı (1 kredi)	Boru yalıtım kalınlığını ve kurulum gereksinimlerini başlığında geçen ifadeler: <ul style="list-style-type: none"><li>• Tüm sıcak su borularında minimum R-4 yalıtımı gereklidir.</li><li>• En iyi performans için, boru yalıtımının en fazla 2 inç (50 mm) boru çapı kadar kalın olmasını gerekir.</li><li>• Tam ve sürekli yalıtımın (boruların <b>yangına dayanıklı</b> duvarlardan geçtiği yerlerdeki gibi) önündeki tüm engelleri belirleyin.</li></ul>
İç Ortam Kalitesi	Yanma Havalandırması (Ön Koşul)	Binanın içindeki tüm şömineler ve odun sobaları için, kapanan kapılar veya sağlam bir cam muhafaza sağlayın.
İç Ortam Kalitesi	Garaj Kirletici Koruması (Ön Koşul)	Tüm hava dağıtım ekipmanlarını ve havalandırma kanallarını garajın <b>yangına dayanıklı dış kabuğunun</b> dışına yerleştirin. Garajın kendisine açılan hava kanalları veya garaja doğrudan bağlı olan asansör girişleri veya depolama alanları bu gereksinimden muaftır.

**Çizelge 3.5 (devam) : LEED v4.1 Konut BD + C Çok Aileli Evler Kılavuzunda Yer Alan Yangın İçeriği.**

Başlık	Alt Başlık	Açıklamalar
İç Ortam Kalitesi	Bölmelere Ayırma (Ön Koşul)	İnşaat Dokümanı Özellikleri başlığında geçen ifade: Bölümlendirme sayfasında her dairenin etrafı ile koridorlar, merdivenler ve ortak alanlar arasındaki <b>yangın ve duman bariyerlerinin</b> sürekliliğini gösterin.
İç Ortam Kalitesi	Düşük Emisyonlu Malzemeler (4 kredi)	Yalıtım başlığında geçen ifade: Maliyet veya yüzey alanına göre tüm yalıtımın en az % 75'i VOC emisyon değerlendirmesini karşılar. Yalıtım ürünleri kategorisi, tüm termal ve akustik levhaları, keçeleri, ruloları, örtüleri, <b>ses emici yangın örtülerini</b> , yerinde köpüklü, gevşek dolgulu, şişmiş ve püskürtmeli yalıtımı içerir.

### 3.4.2 BREEAM

Yapı Araştırma Kurumu (BRE) tarafından İngiltere’de geliştirilen BREEAM, ilk yayınlanan yeşil bina sertifika sistemidir. Yönetim, su, enerji, sağlık ve konfor, ulaşım, atık yönetimi, kirlilik, malzeme, arazi kullanımı ve çevre, yenilik kriterleri kapsamında toplanan puanlar neticesinde değerlendirme yapılmaktadır (Erdede ve diğ, 2014b).

BREEAM sertifika sistemi 2008 yılına kadar yerel uygulamalarda değerlendirme yapmış, ilk uluslararası versiyonu ise 2009 yılında yayınlanmıştır. İngiltere dışı uygulamalarda Breeam International kullanılmaktadır. En güncel kılavuzu olan BREEAM International New Construction Technical Manuel 2016, tasarım ve inşaat aşamasındaki yeni yapılacak binaların değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Breeam In-Use International Technical Manuel 2016 ise mevcut yapılar için değerlendirilmektedir.

BREEAM International NC sertifika sistemi 10 ana ölçütte toplam 110 yüzdilik dilim üzerinden değerlendirilmektedir. Alt ölçütlerden elde edilen krediler Breeam ekibi tarafından belirlenen katsayılar ile çarpılarak yüzdeler belirlenmektedir. Bu katsayılar ise üçüncü kişilerle paylaşılmamaktadır.

BREEAM International NC sertifikasının alınabilmesi için en az yüzde 30 alınması gerekmekte olup % 45 ve üzeri iyi, % 55 ve üzeri çok iyi, % 70 ve üzeri mükemmel, % 85 ve üzeri ise olağanüstü sertifika derecesine sahiptir.

BREEAM International NC sertifika sisteminde yangın kavramı ilk olarak BRE Global Ltd. hakkındaki bölümde geçmektedir. Yapı Araştırma Kurumunun bir parçası olan BRE Global Ltd.'nin uluslararası bir pazara yangın, güvenlik ve sürdürülebilir ürün ve hizmetlerinin sertifikasyonu sunan bağımsız bir üçüncü taraf onay kuruluşu olduğu ifade edilmektedir. Şirket misyonun insanları, mülkleri ve gezegeni korumak olduğu belirtilmekte olup bu misyonu gerçekleştirmekteki altı hedeften birinin de yangın, elektronik, güvenlik ve sürdürülebilirlik alanlarında test ve belgelendirme yapmak olduğu belirtilmektedir. Bu bölüm dışında yangın kavramı alt başlıklarda geçmektedir. Sağlık ve Konfor ana ölçütünün alt başlığı olan Hea 07 Hazards (1 kredi) bölümünde doğal afetlere karşı risk analizi yapılmasının gerektiği belirtilmiş olup doğal afetler arasında orman yangınları yer almaktadır. Atık ana ölçütünün alt başlığı olan Wst 06 Functional Adaptability (1 kredi) bölümünde yapının kullanım ömrü boyunca gelecekteki kullanım değişikliklerine uyum sağlamak için alınan önlemleri kabul etmek ve teşvik etmek amaçlanmış olup gelecekteki adaptasyona izin veren tasarım önlemleri tablosunda belirtilen önlemler arasında yangın da bahsedilmiştir. Ayrıca sertifikada yer alan kontrol listelerinde yangın güvenliğine dair uygulamalar belirtilmektedir. Checklist A1'e göre; acil durum kaçış yolları iyi tanımlanmalı ve net bir acil durum tahliye prosedürü yer almalıdır, tatbikatlar (tatbikat yangınla ilgili) düzenli olarak yapılmalıdır. Checklist A2'de belirtilen acil servisler için iletişim bilgileri arasında en yakın itfaiye istasyonunun yeri de bulunmaktadır.

Breeam In-Use International sertifika sisteminde ise Breeam International NC sertifika sistemine ek olarak ölçütlerin %12.5'lük kısmını oluşturan malzemeler (toplam 56 kredi) başlığı altında yangın güvenliğine dair içerikler bulunmaktadır. Yangına güvenliğine dair uygulamalar arasında yangın alarm sisteminin devrede olduğundan emin olmak, yangın risk analizi düzenlemek ve yangından kaynaklı riskleri en aza indirmek, yangın riski ile alakalı acil durum planı oluşturmak bulunmaktadır. Breeam In-Use International teknik kılavuzunda yer alan yangınla ilgili içerikler Çizelge 3.6'da belirtilmiştir.

**Çizelge 3.6 : Breeam In-Use International Teknik Kılavuzunda Kılavuzunda Yer Alan Yangın İçeriği.**

<b>Başlık</b>	<b>Alt Başlık</b>	<b>Açıklamalar</b>
Malzemeler	Durum Araştırması (4 kredi)	Durum araştırması, minimum aşağıdaki bilgileri içermelidir; yapısal durum, mekanik sistemlerin durumu, elektrik bileşenlerin durumu, sıhhi tesisatın durumu, <b>yangından korunma</b> , haberleşme ve can güvenliği sistemleri.
Malzemeler	Alarm Sistemini İzleme (4 kredi)	Amaç: kişilerin <b>yangına</b> uygun şekilde müdahale etmesini ve bina kullanılmadığında içeri girmesini sağlamak.
Malzemeler	Risk Yönetimi (2 kredi)	Amaç: yasal gerekliliklerin ötesine geçen, yapı ve çevreye yönelik yangın risklerini tanımlayan ve bu riskleri mümkün olduğu kadar minimumda tutmak için prosedürler belirleyen bir <b>yangın riski değerlendirmesinin</b> yürütülmesini sağlamak ve teşvik etmek.
Malzemeler	Risk Yönetimi (2 kredi)	Amaç: yapı içerisinde yangın riskinin mümkün olduğu kadar düşük tutulmasını sağlayan proaktif <b>yangın riski değerlendirme uygulamalarını</b> sağlamak ve teşvik etmek. Yangın riski değerlendirmesinde tanımlanan prosedürler en az yılda bir kez ve binada değişiklik yapıldığında gözden geçirilmelidir.
Malzemeler	Acil Durum Planı (4 kredi)	Amaç: yasal gerekliliklerin ötesine geçen, insanlara ek olarak yapı ve çevreyi korumayı amaçlayan <b>acil durum planlarını (yangın riski)</b> teşvik etmek. Bir acil durum planı geliştirilirken en azından aşağıdakiler dahil edilmeli veya dikkate alınmalıdır: a) Erişilebilir bir kaçış yolu sağlamak, yangın güvenliği yönetim sürecinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır. b) Yangın güvenliği yönetimi, fiziksel veya zihinsel engelli kişilerin ihtiyaçlarına özellikle dikkat ederek, binayı kullanabilecek tüm kişileri hesaba katmalıdır. c) Yapı için kaçış yolu sağlanırken, yangın ve kurtarma hizmetlerinin müdahalesine veya yardımına güvenilmemelidir.

### 3.4.3 DGNB

DGNB sertifika sistemi, Alman Sürdürülebilir Binalar Konseyi tarafından 2008 yılında Almanya’da oluşturulmuştur. Yapıların sürdürülebilir açıdan planlanması ve objektif biçimde değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Tasarımında BREEAM ve LEED yeşil sertifika sistemleri esas alınmıştır. Uluslararası seviyede uygulanabilir bir sertifika sistemi olan DGNB, ekolojik olduğu kadar ekonomik, teknik, sosyokültürel ve fonksiyonel konuları da kapsamaktadır (Ürük & İslamoğlu, 2019).

Sertifika sistemi altı ölçüt üzerinden değerlendirilmektedir. Yeni binalar için kullanımında olan en güncel versiyonu DGNB System – New Buildings Version 2020 International teknik kılavuzuna göre ölçütlerin yüzdesel dağılımı şu şekildedir; %22,5 çevresel nitelik, %22,5 ekonomik nitelik, %22,5 sosyokültürel ve işlevsel nitelik, %15 teknik nitelik, %12,5 sürecin niteliği ve %5 alan niteliğidir. Sertifikasyon işlemi için toplam puanın en az yüzde 35’i alınması gerekmekte olup % 35 ve fazlası bronz, % 50 ve fazlası gümüş, % 65 ve fazlası altın, % 80 ve fazlası platin sertifika derecesine sahiptir.

DGNB System – New Buildings Version 2020 International sertifika sistemi, uluslararası kullanıma sahip güncel sertifika sistemlerine arasında yangın güvenliği konusunu en kapsamlı değerlendiren yeşil bina derecelendirme sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır ki sertifika içerisinde yangın güvenliğine dair ayrı bir bölüm bulunmaktadır. Puanlama sisteminin %22,5’lik kısmını oluşturan teknik kalite bölümünde bulunan 8 alt başlıktan birisi yangın güvenliğidir. Yangın güvenliği (TEC1.1) alt başlığının sertifika içerisindeki oranı, yapı tipine bağlı olarak %2,5 ile %2,9 arasında değişmektedir. DGNB sertifika sisteminde bulunan dört ön koşuldaki birisi yangın güvenliği (TEC1.1) bölümü olup temel yangın güvenliği özelliklerine sahip olmayan ve yerel yangın yönetmeliklerine uymayan yapıların sertifika alma hakkı bulunmamaktadır.

Sertifika sisteminde yangın güvenliği, bir kontrol listesine göre değerlendirilmektedir. En fazla 100 puan elde edilmektedir. Bu listelerin olumlu bir şekilde değerlendirmesi için, tasarım belgelerinde asgari standartlara ulaşıldığının açıkça gösterilmesi gerekmektedir. Fakat değerlendirme yetkilisi, farklı koşulları sağlamak amacıyla alternatif yangından güvenliği koşulları ile belirli koşullar altında geçerli olmak üzere yasal düzenlemelerden sapmalara izin verebilmektedir. Çizelge

3.7'de yangın güvenliği (TEC1.1) bölümünde yer alan kontrol listesine dair içerik yer almaktadır.

**Çizelge 3.7 : DGNB Yangın Güvenliği (TEC1.1) Bölümünde Yer Alan Kontrol Listesi.**

<b>Liste Numarası</b>	<b>Puan</b>
<b><u>Liste 1 Yangın Güvenlik Sertifikası</u></b>	
Yangın güvenliği özelliklerini yerel yapı yönetmeliklerine uygun olarak tasarlamak veya yerel yapı yönetmeliklerinden sapmaları değerlendirme yetkilisi tarafından onaylatmak, gerekli güvenlik seviyesi karşılamak.	En fazla 50
<b><u>Liste 2 Tasarım ve Yapının Ek Yangın Güvenlik Özellikleri</u></b>	
Daha küçük yangın ve duman bölmeleri oluşturmak.	10
Yangın alarm merkezine ve ekipman odasına / itfaiye kontrol paneline veya itfaiye bilgi sistemine doğrudan dış erişim sağlamak.	5
İzin verilen maksimum uzunluktan en az %20 daha kısa kaçış yolları sağlamak.	10
Gerekli minimum genişlikten en az % 25 daha geniş kaçış yolları sağlamak.	10
Yere yakın bir fotolüminesan kılavuz yolu kurmak.	10
Bina giriş kapılarına veya acil çıkış kapılarına kendiliğinden kapanan panik kilitleri / civatalarının takmak.	10
Kaçış yollarında bulunan tüm kapılarda cam panel bulundurmak.	5
<b><u>Liste 3 Teknik Bina Sisteminin Ek Yangın Güvenlik Özellikleri</u></b>	
Yapı yönetmelikleri gerekliliklerinin ötesinde kapsamlı bir yangın raporlama ve alarm sistemi kurmak.	15
Dinamik bir kaçış ve kurtarma rehberlik sistemi kurmak.	12.5
Güvenlik aydınlatma seviyesinin arttırmak. (en az 10 Lux)	7.5
Duman tahliye sistemlerini otomatik olarak açılan hava menfezleri / hava besleme açıklıkları ile donatmak.	7.5
Ek bir (yani gerekli değil) otomatik yangın söndürme sistemi kurmak. (örneğin yağmurlama sistemi)	12.5
Otomatik yangın söndürme sisteminin düşük basınçlı su sisi söndürme sistemi olarak uygulamak.	7.5
Otomatik yangın söndürme sisteminin yüksek basınçlı su sisi söndürme sistemi olarak uygulamak.	12.5
Binayı yapı yönetmeliklerinin gerektirmediği durumlarda itfaiyeye bağlı ve acil servis bant genişliğine ayarlanmış bir radyo sistemi ile donatmak.	7.5
Güvenlik ekipmanlarının kurmak, örneğin yangın güvenliğiyle ilgili yönetmeliklerinin gerektirmediği durumlarda yangın söndürücüler, duvar hidratları, fotoluminisan malzemeli acil durum düğmeleri.	2.5
Yapı yönetmeliklerinin gerektirmediği durumlarda, itfaiye asansörü yada planlanan bir yolcu asansörünün itfaiye asansörü olarak belirlenmesi için bir asansör kurmak.	15

### 3.4.4 B.E.S.T-Konut

ÇEDBİK tarafından yayınlanan B.E.S.T-Konut kılavuzunda yangın emniyeti konusu ilk olarak sertifika süreci başlığında geçmektedir ve sertifikanın alınabilmesi için bölgesel yönetmeliklere uygunluk şartı aranmaktadır. Başlıkta geçen ifade: “Bina üreten tüm kuruluşlar yeni projeleri için yeşil bina sertifika başvurusunda bulunabilirler. Proje yerel yönetmeliklere (Binanın Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik vb.), ilgili belediyelerin İmar Yönetmeliklerine ve İmar planlarına uygun olarak tasarlanır ve inşa edilir” (B.E.S.T - Konut Sertifika Kılavuzu, 2019, s.9). Kılavuz içerisinde Afet Riski, Kirleticilerin Rolü ve Güvenlik alt başlıklarında doğrudan yangın emniyeti ile alakalı içerikler yer almaktadır. Kılavuzda bulunan yangın güvenliği ile ilgili içerikler Çizelge 3.8’de belirtilmiştir.

**Çizelge 3.8 : BEST-Konut Kılavuzunda Yer Alan Yangın Emniyeti Hakkında İçerik.**

Başlık	Alt Başlık	Açıklama
Arazi Kullanımı	Afet Riski (3 Kredi)	Deprem, sel ve su taşkınlarının yanı sıra toprak kayması ve heyelan, çığ, fırtına, hortum ve kasırgalar, <b>büyük yangınlar</b> gibi afetlerin en az hasara yol açmasına yönelik önlemler belirtilmelidir.
Sağlık ve Konfor	Kirleticilerin Kontrolü (2 kredi)	Yönetmelikler SCAQMD Rule 1113: Kaplamalar ile ilgili yönetmelikte <b>yangına dayanıklı kaplamaların</b> VOC değeri max 150 g/l olarak belirlenmiştir.
Konutta Yaşam	Güvenlik (2 kredi)	Proje alanı içinde güvenliğin sağlanması amacıyla alınan önlemlere göre değerlendirme yapılır. Önerilerden 7 tane sağlanırsa (2 kredi), 3 tane sağlanırsa (1 kredi) kazanılır. Önerilerden bazıları; -Acil durum eylem planı hazırlanmalı -Bina ortak alanında acil durum anons sistemi ve/veya <b>yangın alarmı</b> olmalı -Acil durum eylem planı hazırlanmalı -Hırsız alarmı ve <b>yangın alarmı</b> olmalı



#### 4. YEŞİL BİNALARDA OLUŞABİLECEK EK YANGIN RİSKLERİ

Literatüre bakıldığı zaman yeşil binalarda yangın riski konusunda yapılan çalışmamaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Sürdürülebilir kriterler ve yangın ara yüzünde ortaya çıkan bir takım tehlikeler konusunda risk bazlı araştırmalar mevcut olmasına karşın yeşil bina özelinde yangın güvenliğine dair yeteri kadar çalışma bulunmamaktadır.

Bu alanda yapılan en kapsamlı çalışmalar; National Association of State Fire Marshals desteğiyle Jim Tidwell ile Jack J. Murphy tarafından hazırlanmış, Ağustos 2010'da yayınlanmış olan "Bridging the Gap: Fire Safety and Green Buildings. A Fire and Building Safety Guide to Green Construction" isimli yangın rehberi ile The Fire Protection Research Foundation desteğiyle Brian Meacham ve Margaret McNamee tarafından hazırlanmış, Ekim 2020' de yayınlanan "Fire Safety Challenges of Green Buildings and Attributes" isimli final raporudur. Tezde yer alan yeşil binalardaki ek yangın risk unsurları belirlenirken büyük ölçüde bu iki kaynaktan yararlanılmıştır. Fakat yangın risklerinin kategorizasyonu, bu iki kaynağın detaylı incelenmesi sonucunda subjektif olarak hazırlanmıştır. Bu doğrultuda oluşturulan toplam 19 alt başlık, aşağıda yer alan dört ana başlıkta toplanmıştır.

- Sürdürülebilir yapı tasarımları
- Yapıda kullanılan malzemeler ve kaplamalar
- Alternatif enerji kaynakları
- Sürdürülebilir yapı sistemleri

Bahsedilen sistemler veya uygulamalar, yeşil binaların kullanım ömrü boyunca yangınla ilgili ilave risklerin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durum, diğer binalarla karşılaştırıldığında yeşil binalarda yangın emniyeti açısından doğabilecek riskler ve bu risklere karşı üretilebilecek çözüm önerileri konusunda kapsamlı bir değerlendirilme yapılmasını gerekli kılmaktadır.

## 4.1 Sürdürülebilir Yapı Tasarımları

Bu başlıkta yer alan unsurlar genel itibariyle doğal havalandırma ve doğal aydınlatma açısından yeşil binalarda tercih edilen tasarım tipleri olup yangın yönünden ele alındığında ise baca etkisi başta olmak üzere birçok risk barındırdığı görülmektedir. Yangının oluşmasından ziyade yayılımına etkili olan bu unsurlar; çift cidarlı cepheler, güneş tüpü ve çatı pencereleri olarak belirlenmiştir.

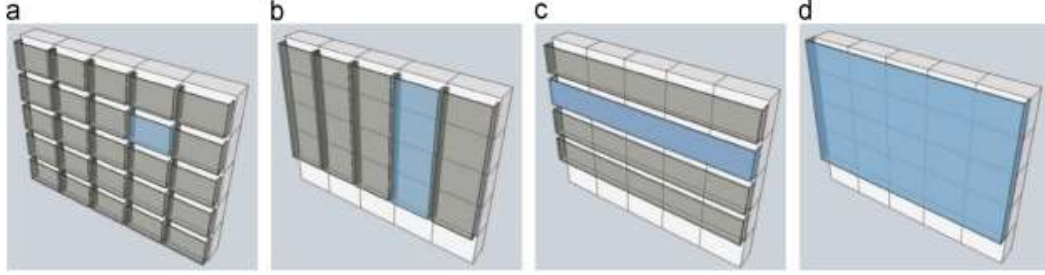
### 4.1.1 Çift cidar cepheler

Çift cidar (çok katmanlı) cepheler, yapının ana cephesine ilave olarak havalandırma koridoru ile ayrılmış ikinci bir katmanın entegre edilmesinden meydana gelen cephe sistemidir. İki cephe arası boşluk 2 metreye kadar çıkabilmektedir (Al-Janabi ve diğ, 2014). Sürdürülebilir sistemlerde gerek yalıtım gerekse doğal havalandırma amacıyla kullanım örneklerinin arttığı görülmektedir. İkinci cephe sağladığı yalıtım ile konforlu yaşam koşulları oluşturmakta ve enerji kullanımında yüksek oranlarda tasarruf sağlamaktadır.

Bu tip cepheler baca etkisine sebep olacak gizli boşluklar barındırmaktadır. Boşluklu yapı, yangın durumunda alev ve insan sağlığına zararlı gazların yatay veya dikey olarak diğer bölümlere kontrol dışı yayılmasına imkân sağlayabilmektedir. Bu boşluklardan duman ve gaz yayılımını önlemek için tedbirler alınmalı, itfaiye müdahalesini kolaylaştıracak çözümler üretilmelidir (Özgünler ve diğ, 2016). Çift katmanlı cephe tasarım tipi ve malzeme seçimi yangının seyri açısından etkili olabilmektedir.

Çift cidar cepheler hava boşluğunun tipine göre; çok katlı tipi, koridor tipi, kutu tipi ve şaft tipi olmak üzere 4 tipten oluşmaktadır. Çok katlı tip çift cidar cephelerde havalandırma boşluğu kesintisiz devam etmektedir ki bu durum alev ve dumanın diğer kotlara hızla ilerlemesini kolaylaştırmaktadır. Bu etkiyi önlemek için yangın durumunda düşeyden yataya geçebilen kapakçık sistemler, yine yangın anında açılan intümesan mastik gibi özel tedbirlerin alınması gerekmektedir. Koridor tipi çift cidar cephe sistemlerinde ise havalandırma boşluğu düşeyde kesintiye uğramasına rağmen kat boyunca süreklilik arz etmektedir. Bundan dolayı yangının sürekli koridor boyunca aynı kattaki diğer bölümlere yayılımını engellemek için duman perdeleri gibi önlemler uygulanabilir. Şaft tipi çift cidar cephelerde yangın açısından risk taşıyan bölüm ortak şaftlardır. Ortak şaftlardan alev ve dumanın diğer katlara

yayıma riski bulunmaktadır. Bu nedenden ötürü risk önleme adına kat seviyelerinde özel tedbirler almak gerekebilir. Yangın korunumu en yüksek cephe tipi ise kutu tipi çift cidar cephelerdir; hava boşluğu yatayda ve düşeyde kesintiye uğramaktadır (Kıasıl, 2016). Şekil 4.1’de çift katmanlı cephelerin havalandırma boşluğuna göre tipleri gösterilmektedir.



**Şekil 4.1 :** Çift Katmanlı Cephelerin Sınıflandırılması a. Kutu Tipi b. Şaft Tipi c. Koridor Tipi d. Çok Katlı Tip Çift Cidar Cephe (Yeniay & Arpacıoğlu, 2021, s.58).

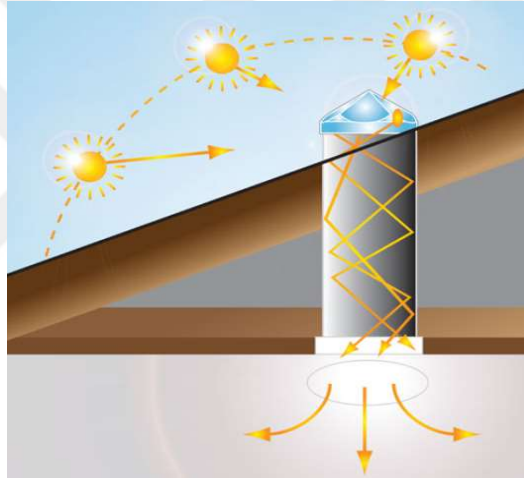
Baca etkisi dışında bir diğer risk unsuru ise yangın anında cam panellerin kırılması durumudur. İç mekanda oluşan yangında çift cidar cephenin ilk etkilenen yüzeyi iç kısımda kalan cam paneldir. İç cam panelin kırılması durumunda alev ve duman boşluk içerisinde ilerleyerek diğer bölümlere zarar verebilmektedir. Duman hareketine bağlı olarak sıcak dumanın dış cepheye doğru yönelmesi durumunda yüksek ısı ve basıncın etkisiyle dış cam panelin de kırılma riski mevcuttur. Yağmurlama sistemi devreye girmeden, kırılan cam bölümden giren taze havanın etkisiyle oluşacak hava akımı ortamın sıcaklık seviyesini düşürerek ısıya duyarlı yangın algılama ve söndürme sistemlerinin çalışmasını geciktirebilmektedir. Ayrıca yangın anında aşırı ısınma sonucunda kırılan cam parçalar çevredeki insanlar için tehlike oluşturmaktadır (Kanan & Beyhan, 2013). Bu doğrultuda tercih edilen cam tipleri önem kazanmaktadır. Gümünüzde birçok cam tipi üretilmekte olup üretim yöntemine, kalınlık ölçülerine göre yangın anında farklı davranışlar gösterebilmektedir. BYKHY (2007)’ye göre “ısı ile güçlendirilmiş, kimyasal olarak katılaştırılmış, lamine ve telli cam” hiç yanmaz (A1 sınıfı) malzeme olarak kabul edilmektedir (BYKHY, 2007). Temperlenmiş camların diğer camlara göre yangın güvenliği açısından dört kat daha dayanıklı olduğu belirtilmektedir (Kanan & Beyhan, 2013).

Çift cidarlı cepheler yapısı gereği itfaiye ekiplerini yangınla mücadele ve kurtarma çalışmalarında iki katmanı aşmak mecburiyetinde bırakmaktadır. Bunun dışında dış

katmanın çökme riski, yangına müdahale çalışmalarını risk altına almaktadır. Bu doğrultuda çift cidar cephelerin tasarım aşamasında tüm bu risklerin göz önüne alınması, malzeme seçimi ve kesitlerin belirlenmesinde hassasiyetle yaklaşılması gerekmektedir (Kıasif, 2016).

#### 4.1.2 Güneş tüpü

Bina içlerinde yangının yayılımına katkıda bulunabilecek bir başka yeşil uygulama da yüksek yansıtıcı kaplamalarla sarılmış küçük boyutlu tüpler aracılığıyla gün ışığını bir yapının dışından iç mekanına iletmek için kullanılan yeni yansıtıcı teknolojilerdir (Tidwell & Murphy, 2010, s.21). Güneş tüpü olarak adlandırılan bu mekanizma, Şekil 4.2'de gösterildiği gibi içerisinde barındırdığı yansıtıcı yüzeyler sayesinde doğal aydınlatmayı uzak mesafelere taşıyabilmektedir.



Şekil 4.2 : Güneş Tüpü Çalışma Prensibi (Url-10).

Yapı içerisinde gün ışığının ulaşmadığı hacimlere doğal aydınlatma sağlayabilmek amacıyla kullanılan güneş tüpü vb. boşluklardan yangının kontrolsüz bir şekilde ilerlemesini engellemeye yönelik önlemlerin alınması gerekmektedir (Özgünler ve diğ., 2016). Güneş tüpü içerisinde yer alan yansıtıcı yüzeylerdeki ısı birikmeleri dikkate alınarak shaft içerisinde yanıcı madde kullanımından kaçınılması, iç kısım sıcaklık seviyelerinin sınır değerlerde tutulması, ışık iletiminin mümkün mertebede az dirsek oluşturularak yapılması yangın güvenliği açısından katkı sağlayacaktır.

#### 4.1.3 Çatı pencereleri

Işıklık olarak da adlandırılan çatı pencereleri, gün ışığından daha çok faydalanılmak amacıyla bina çatılarının tamamına veya bir kısmına yerleştirilen, ışık iletken

yapılardır. Sürdürülebilir yapılarda doğal aydınlatmanın yanı sıra güneş enerjinden kaynaklı ısıtmadan faydalanılarak pasif iklimlendirme amacıyla da tercih edilmektedir. Günümüzde alışveriş merkezleri, havalimanları, otogarlar gibi geniş hacimli mekanlarda kullanım sıklığının arttığı görülmektedir.

Çatı pencerelerin kullanıldığı yapılar yangın açısından bir takım riskler barındırabilmektedir. Bu tip pencereler, hem itfaiye ekipleri hem de çatıda çalışan diğer kişiler için tehlike oluşturmaktadır. Plastik, fiberglas ve benzeri düşük yangın dayanımına sahip materyallerden üretilen çatı pencereleri, yangın anında dayanım özelliklerini kaybetmektedir. İtfaiye ekiplerinin yangına müdahale sırasında çatı pencerelerinin oluşturduğu boşluklardan düşme riski bulunmaktadır. Denver’da bir yapıda 2015 yılında çıkan yangına çatıdan müdahale sırasında bir itfaiyeci fiberglas çatı penceresinden düşerek hayatını kaybetmiştir (Url-11). Çift cidarlı cephelerde olduğu gibi çatı penceresinde de seçilen cam tipinin yeterli yangın dayanımına sahip olması, yüksekten düşme riski dışında cam parçaların kırılarak kullanıcılar için risk oluşturmasını engelleyecektir.

Çatı pencerelerine sıcaklık değerleri belli seviyeleri aşınca otomatik olarak açılan kanatlar yerleştirmek yangın anında duman ve zehirli gazların yapıdan uzaklaştırılmasına katkıda bulunabilmektedir. Fakat olumlu olarak gözüken bu özellik komşu binalar için risk oluşturmaktadır. Çatı penceresi detaylandırılırken yaratılan boşluktan alevlerin yayılabileceği göz önünde bulundurularak yangının binalar arasında yayılma ihtimalini azaltmak için çatı pencerelerinin konumunda getirilebilecek sınırlamalar dahil binalar arasında gerekli önlemler alınmalıdır.

#### **4.2 Yapıda Kullanılan Malzemeler ve Kaplamalar**

Yeşil binaların çatı, cephe ve iç mekanlarında kullanılan malzeme ve kaplamalar, yapının enerji performansına, konfor koşullarına önemli ölçüde katkı sağlayan sistemler olmasına karşın bu amaçla kullanılan bazı malzemeler yapının yangın yükünü arttırabilmektedir. Yangın güvenliği açısından ek riskler oluşturan bu unsurlar; yalıtım malzemeleri, bitkisel kaplamalar, yüksek performanslı cam, sızdırmazlık ve yanmazlık katkıları ile faz değiştiren malzemeler olarak ele alınmıştır.

#### 4.2.1 Yalıtım malzemeleri

Yeşil binalarda enerjinin korunumu en önemli kriterlerden biridir. Gerek enerji verimliliği gerekse iç mekandaki konfor şartlarının tatminkar seviyelerde tutulması açısından vazgeçilemez bir unsurdur. Enerjinin korunumu sağlamak bir noktada yapı kabuğunda kullanılan malzemelerle mümkün olmaktadır. Yalıtımlı dış kabuk, enerji korunumu açısından yüksek performans sağladığı gibi kullanılan malzeme türüne bağlı olarak yangın dinamiğine olumsuz etki yapabilmektedir. (Özgünler ve diğ., 2016). Geçmiş cephe yangın vakalarına bakıldığında yalıtım malzemelerinin yapının yangın yükünde önemli bir arttırıcı faktör olduğu görülmektedir. Özellikle köpük formda bulunan yalıtım malzemeleri ile ilgili tehlikelerin saptanması ve risk azaltıcı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Petrol esaslı köpük izolasyon malzemelerinin en bilinenleri; genleştirilmiş polistren (EPS), sıkıştırılmış polistren (XPS), poliüretan, polietilen, poliizosiyanat ve fenol köpüğüdür (Güleşen & Yılmaz, 2019). Bu tür malzemeler spreyci köpük, dış izolasyon ve sonlandırma sistemi (EIFS) gibi yöntemlerle yapı kabuğuna entegre edile bilindiği gibi kompozit malzeme olarak yapısal yalıtımlı panel şeklinde de son bitiş malzemesi olarak uygulanabilmektedir.

#### EIFS

Yapı sektöründe 'Harici Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri' (ETICS) olarak da bilinen EIFS; yapıştırıcı, yalıtım levhası, mekanik bağlantı elemanları gibi bileşenler içeren, taşıyıcı özelliği olmayan, su drenaj sistemine sahip, yüksek enerji verimliliği sağlayan dış duvara entegre yalıtımlı sistemlerdir. Bu sistemde kullanılan yalıtım levhaları arasında polistren ve poliizosiyanat bulunmaktadır (Url-12).

Polistren köpüklerin ısı yalıtım değerleri düşük olmasına karşın yanıcı malzemelerdir. Özellikle XPS kolay yanıcı malzeme olup yangına karşı dayanımı maksimum 75 °C dir. Yandığında boğucu duman ve zehirli gaz yayan XPS, yalın halde herhangi bir yangın sınıfına girememektedir. Alev geciktirici kullanılarak üretildiğinde Avrupa normlarında E sınıfı dayanım özelliği göstermektedir. EPS ise üretim yöntemine bağlı olarak B1 yangın tepki sınıfına kadar çıkabilmektedir. Standart ve yangın geciktiricili olmak üzere iki tür üretimi olan EPS malzemelerin standart üretimi her hangi bir yangın sınıfına girememektedir. Yangın geciktirici, EPS malzemenin daha zor tutuşmasını sağlayarak alev yayım oranını düşürmektedir (Han ve diğ., 2013; Uygunoğlu ve diğ., 2015, s.22-23). Poliizosiyanat köpükte diğer

petrol esaslı yalıtım malzemeleri gibi yanıcı özelliktedir. Yandığı zaman toksit gazlar açığa çıkarmaktadır (McKenna ve diğ, 2019).

Londra’da bulunan Grenfell Tower binasında 2017 yılında yangın çıkmış, buzdolabı arızası sonucu başladığı bildirilen yangın hızla yayılarak tüm binayı sarmış ve 79 kişinin ölümü, 70 kişinin de yaralanması ile sonuçlanmıştır (Kılıç, 2017a). Grenfell Tower’ın cephesi, enerji giderlerini azaltmak amacıyla 2016 yılında yenilenmiş olup yenilenmiş cephede; betonun dış yüzeyinde 16 cm kalınlıkta poliizosiyanat, boşluklu cephenin en dış katmanında ise 3 mm kalınlığında polietilen dolgulu alüminyum kompozit panel kaplama kullanılmıştır. Yapının 4. katında çıkan yangın yanıcı cephe kaplamasının etkisiyle hızla yayılmış ve yapıda aktif yangın koruma sistemlerinin kullanılmaması nedeniyle çok ağır sonuçlanmıştır (McKenna ve diğ, 2019). Şekil 4.3’te Grenfell Tower yangınının gelişimi gösterilmiştir.



**Şekil 4.3 :** Grenfell Tower Yangını Gelişimi (Kılıç, 2017a).

#### Sprey köpük

Sprey köpük uygulaması sıklıkla eski yapı ve haznelerde ısıtma-soğutma verimliliğini arttırmak için kullanılmaktadır. Sprey uygulamada yalıtım için kullanılan köpük malzeme poliüretandır (Ur1-13). Yüksek basınçlı sprej makinasıyla püskürtülen poliüretan köpükler, kısa sürede hacminin yaklaşık 40 katına kadar şişerek uygulama yüzeyinde kesintisiz kaplama özelliği göstermektedir. Çatı başta olmak üzere yapıların hemen hemen her noktasında kullanımı mevcut olan poliüretan köpükler düşük ses ve ısı iletim katsayısına sahip yalıtım malzemeleridir.

Poliüretan içerisinde azot içermekte olup yanıcı özellikte olmamasına karşın zehirli duman yayarak kömürleşmektedir. Poliüretanlar, 250°C’de sağlık açısından zararlı

olan metilen dianilen, metilen difenil izosiyanat, hidrojen siyanür ve karbonmonoksit emisyonu yaparak bozulmaya başlar (Erdem & Arıoğlu, 2016). Sprey poliüretan köpükler uygulama sırasında ekzotermik reaksiyon gerçekleştirerek ısı üretir. Bu reaksiyon sertleşme işleminden sonra birkaç saat daha devam edebilmektedir. Eğer ekzotermik ısının köpükten kaçma yolu yoksa malzemenin kendi kendine yanma riski bulunmaktadır. Bu risk, köpük malzemenin kalınlığında sınırlama getirilerek önlenmektedir. Massachusetts eyaleti itfaiye şefi Stephen D. Coan, Massachusetts'deki ev yangınlarından üçünün sprej köpük uygulamasında kullanılan iki kimyasalın karışımıyla oluşan ekzotermik bir reaksiyondan kaynaklandığını ileri sürmektedir (Url-14).

#### Yapısal yalıtımlı panel

İki ahşap veya metal levha arasına sıkıştırılmış çekirdek malzemeden oluşan sandviç yapılı kompozit yapılar, yapısal yalıtımlı panel (SIP) olarak bilinmektedir. Paneldeki çekirdek malzeme XPS, EPS, poliizosiyanat veya polietilenden olabilmektedir. Bu kompozit yapılı paneller ile yapılan dış cepheler yapısal olarak dayanıklı ve son derece enerji verimlidir. Yangın, çekirdek malzemeye ulaşmadığı sürece diğer yapı bileşenleri kadar güvenlidir (Tidwell & Murphy, 2010, s.22). Bu paneller BYKHY'de belirtilen sınırlamalar çerçevesinde yangın dayanım sınıflarına göre yapılarda kullanılmaktadır. Panel üreticileri, ürünlerinin yangın dayanımını belirlemek için akredite kuruluşlarca test edilmesini sağlamalıdır.

Benzer üretim tekniğine sahip polietilen dolgulu alüminyum kompozit paneller ile ilgili birçok yangın vakası kayıtlara geçmiştir. Grenfell Tower vakasında yangının yayılımına etki eden faktörlerden biri yenilenmiş cephede kullanılan polietilen dolgu alüminyum kompozit paneldir (McKenna ve diğ, 2019). Dubai'deki bir otelde 2016 yılında çıkan elektriksel kaynaklı bir yangın yapının cephesine sıçramış ve bu kompozit malzemenin etkisiyle hızla yayılarak 16 kişinin yaralanması ile sonuçlanmıştır (Nguyen ve diğ, 2016). Polat Tower binası yangınında cephenin bir bölümünü oluşturan B1 sınıfı polietilen dolgulu alüminyum kompozit panel 34 kat boyunca 3,5 dakikalık bir sürede yanarak tehlike oluşturmuştur (Soğukoğlu ve İnce 2013).

Petrol esaslı yalıtım malzemelerin seçiminde yangın anındaki duman üretim miktarları, zehirli gaz açığa çıkarma potansiyelleri, damlama özellikleri, alev yayma



hızları gibi parametreler bilinerek karar verilmesi yapıda oluşturacağı ek yangın yüklerini azaltmada katkı sağlayacaktır. Yönetmelikte belirtilen yangın dayanım sınıflarına sahip izolasyon malzemelerin seçilmemesi, yangının geniş çaplara yayılmasına sebep olabilmektedir.

#### 4.2.2 Bitkisel kaplamalar

Yapının dış katmanını kaplayan yeşil çatı ve cepheler ile iç mekanda kullanılan bitkisel kaplamalar bu başlık altında ele alınmıştır.

##### 4.2.2.1 Yeşil çatı

Isı ada etkisinin azaltılması, hava kalitesini artırması, estetik açıdan görsel konfor sağlaması gibi nedenlerle bina çatılarında yeşil sistemler uygulanmaktadır. Yeşil çatı olarak bilinen bu sistemler ekolojik olmanın yanı sıra kabul edilebilir bir düzeyde yalıtım da sağlamaktadır. Her ne kadar yeşil binalarda arzu edilen beklentileri karşılansalar da bu tip çatı bahçelerindeki kurumuş bitkiler ek yangın yükü oluşturabilmektedir. Bu doğrultuda bitki seçimi önemli bir faktördür. Özellikle iğne yapraklı bitkiler, kuruduğu zaman tutuşma ihtimali oldukça yüksek olan bir bitki türüdür (Özgünler ve diğ., 2016). Yangın tehlikesini arttıran uzun otsu bitkiler, yüksek seviyelerde reçine veya uçucu yağ içeren bitki türlerinden de kaçınılması gerekmektedir. Sedumlar, sulu meyveler vb. bitkiler ise yüksek nem içeriği sahip oldukları için çatının yangın performansının artırılması adına olumlu uygulama örnekleridir (Tidwell & Murphy, 2010, s.18). Etili bitkiler, yapıları gereği içlerindeki suyu tuttukları ve bu sayede yeşil örtünün kuruma riskini azalttığı için tavsiye edilmektedir. Yangın riskini arttıran kurumuş bitkilerin oluşturduğu yeşil çatı örneği Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.4 : Kurumuş Yeşil Çatı Örneği (Tidwell & Murphy, 2010, s.16).

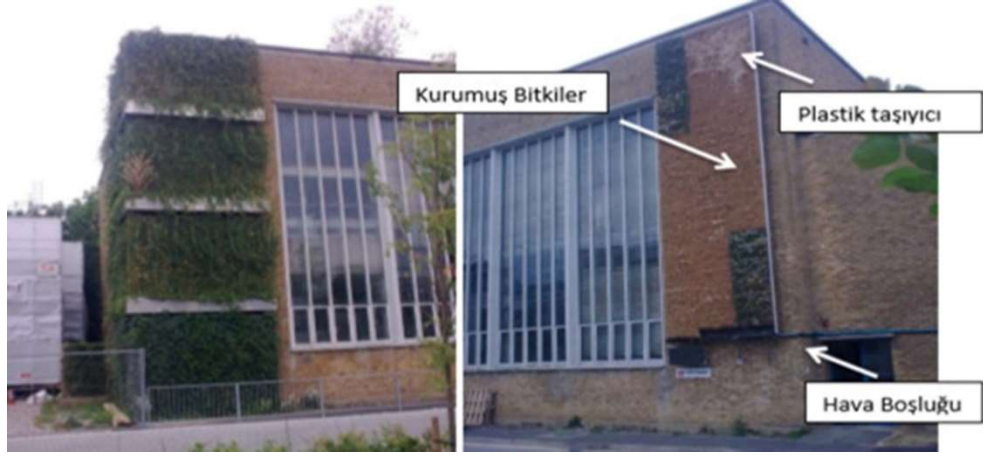
Yeşil çatılarda doğru bitki seçiminin yanı sıra bitkilerinin kuruması önleyecek tedbirlerin alınması da önemlidir. Bu tür bitkilerin düzenli bakımları yapılarak kuruması engellenmelidir. Bakım işlerinin periyodik olarak yapılmasının zor olduğu durumlarda damla sulama sistemi vb. çatıdaki bitki örtüsünün nemli kalmasını sağlayacak aktif sistemler tercih edilmelidir. Ayrıca bitkilendirilmiş alan tutuşturucu kaynaklardan uzak tutulmalıdır. Yeşil çatıların üzerinde sigara içilmesinin yasaklanması, sigara ve mangal kullanımı ile ilgili yapı kullanıcılarını kısıtlayıcı düzenlemelerin getirilmesi gerekmektedir.

Yeşil çatıların peyzaj düzenlemesi itfaiye ekiplerinin müdahalesini zorlaştırmayacak şekilde olmalıdır. Bu tip çatılarda yangın zon hizaları belirlenerek bitki örtüsü uygun aralıklarla sınırlandırılmalıdır. Planlı zon hizalarına dikkat edilerek bitkiler konumlandırılması ve uygun ölçülerde yürüme yollarının ayrılması, olası bir yangın durumunda itfaiye müdahalesini kolaylaştıracaktır (Özgünler ve diğ., 2016). Yangının büyümesini önlemek için parsel boyunca düzenli aralıklarla yangın kırıcı entegrasyonu tavsiye edilmektedir. Yangın kırıcıların beton veya çakıl gibi yanmaz malzemelerden seçilerek 60 cm genişliğinde ve bütün yönlere her 40 metrede bir konumlandırılması önerilmektedir (Peck & Kuhn, 2011, s.7). Ayrıca çatıda kullanılacak toprağın su emme kapasitesi dikkat alınarak bir yangın anında söndürme suyunu emebileceği göz ardı edilmemelidir. Bu durum söndürme ve soğutma çalışmalarında kullanılan su miktarının artışına neden olabilir (Özgünler ve diğ., 2016).

#### **4.2.2.2 Yeşil cephe**

Sürdürülebilir binaların cephelerinde bitkilendirme uygulaması sıkça tercih ve tavsiye edilen bir sistemdir. Yeşil duvar, yaşayan duvar veya yeşil cephe olarak adlandırılan bu sistemlerde bitkilendirme genellikle ahşap, plastik ya da kauçuktan imal edilmiş taşıyıcı bir sistem üzerine yapılmaktadır. Ahşap, plastik gibi iskelet sistemler yapının yangın yükünü arttırmaktadır. Yeşil duvarı ayakta tutmak için bunların yerine yangına karşı dirençli çelik çerçeveler tercih edilebilir. Bina cephesi ile iskelet sistem arasında kalan boşluk baca etkisi görevi görerek tehlike oluşturabilir. Yeşil çatıda olduğu gibi yeşil cephelerde de seçilen bitki türü, ölü bitkilerin temizlenmemesi, yapılmayan periyodik kontrol ve bakımlar yangının seyrini etkileyebilecek faktörlerdir. Yeşil cephelerin tasarımında bu konulara dikkat

edilmesi gerekmektedir (Özgünler ve diğ, 2016). Şekil 4.5'te tutuşma riski yüksek bir yeşil cephe örneği verilmiştir.



**Şekil 4.5 :** Yangın Riski Yüksek Yeşil Cephe Örneği (Özgünler ve diğ, 2016).

Ölü veya kurumuş bitkiler yangının yakıtı olarak görülmektedir. Tutuşturucu kaynakların bitkilendirilmiş cephe örtüsünden uzak tutulması gerekmektedir. Cephe üzerinden geçen korumasız, kesik uçlu kablolar, cephede kurulu klima ünitesi vb. elektrikli ekipmanlar tutuşturma riski taşımaktadır. Sarmaşık gibi tırmanıcı bitkiler alev aldığı zaman yangını tüm cephe boyunca yayabileceği gibi kopan parçalar itfaiye ekipleri, çevre sakinleri ve bitişik yapılar için tehlike oluşturmaktadır. Tırmanıcı bitkilerin diğer yapılara erişimi sınırlandırılması, cepheye uygun biçimde sabitlenmesi ve bakım, onarım gibi diğer koruyucu önlemlerin alınması hem yangın güvenliği hem de çevresel etkiler açısından önemlidir.

#### **4.2.2.3 İç mekan bitkilendirme**

Benzer şekilde iç mekanda kullanılan bitkilerin meydana getirdiği ek yangın yükleri, özellikle gerekli ve yeterli bakımlarının yapılmayıp yanması durumunda oluşturabileceği duman ve uçucu organik bileşenler yangın dinamiği ve kullanıcı emniyetini negatif yönde etkileyebilmektedir. Yapı içlerinde düşeyde ve yatayda kullanılan bitki örtüsünün alanı sınırlandırılmalı ve düzenli bakımı ile ilgili gereken hassasiyet gösterilmelidir (Özgünler ve diğ, 2016).

#### **4.2.3 Yüksek performanslı cam**

Yeşil binaların iç ortamında arzu edilen termal konfor şartlarını yaratmak ve aydınlatmadan tasarruf etmek, büyük ölçüde doğal aydınlatmaya bağlıdır. Binaların iç ve dış ortamdaki ısı transferlerinden kaynaklanan potansiyel enerji kayıpları

nedeniyle pencereler önemli bir sorun haline gelmektedir (Tidwell & Murphy, 2010, s.18). Günümüzde enerji tasarruflu birçok cam tipi üretimi mevcuttur. Bunlar; reflektif camlar (güneş kontrol camları), hava tabakalı camlar (çift cam) ve Low-e kaplamalı camlar (iklim kontrol camları) olarak sıralanabilir (Sezer, 2015, s.16).

Güneş ışınlarının aşırı parlaklığını denetleyen, üzerine gelen ışığın bir kısmını yansıtarak bir nevi ayna görevi gören camlar reflektif cam olarak bilinir. Işığın güçlü olduğu taraftan diğer tarafın görünmesini engellemektedirler. Low-e camlar ise güneş kontrol camlarının aksine güneş ışınlarını geri yansıtarak pasif solar kazanç sağlayan camlardır. Cam yüzeye uygulanan low-e kaplama, camın optik özelliklerinde fazla bir değişiklik göstermeden uzun dalga boyundaki radyasyonu yansıtmakta ve ısı geçirgenlik katsayılarında iyileşme sağlamaktadır (Sezer, 2015, s.16). Metal veya metal oksit bir tabaka kaplanması ile elde edilen low-e kaplamalar oldukça ince olup gözle görülemezler (Url-15).

Teknolojisi gereği oda sıcaklığından kaynaklanan, duvarların ve eşyaların yaydığı uzun dalga boylarında yayılan ısıyı geri yansıtan Low-e camlar, iç mekanın soğumasını önler. Bunu yaparken de doğal aydınlatmadan ödün vermezler. Renksiz Low-e kaplamalı çift cam %74 oranında güneş ışığı geçirgenliğine sahiptir. İç mekana giren gün ışığının %11, güneş enerjisinin de %16'sının çıkışına izin vermektedir (Sezer, 2015, s.17). Bir nevi giren ısı dışarı çıkamamaktadır. Bu durum yangın güvenliği açısından bir takım endişeleri beraberinde getirmektedir. Low-e kaplama yangın anında oluşan ısıyı iç mekanda hapsedip sıcaklık artış hızının yükselmesine sağlayacağından yangının flashover evresine normalden daha erken ulaşmasına neden olabilir. İç mekan yangınlarında flashover evresine mümkün olduğunca geç ulaşması istenmektedir. Bu yüzden Low-e camların sürdürülebilir özellikleri ve yangın güvenliği dengeleri gözetilerek tercih edilmesi, kullanımı halinde ek önlemlerinin alınması gerekmektedir.

Yüksek performanslı camlar birden çok cam katmanından üretilmektedir. Cam katmanların arasında argon, karbondioksit, xenon, krypton gaz dolgu yapıla bilindiği gibi kuru hava da bırakılabilmektedir (Balcomb, 1992). Bu gazlar yanıcı, parlayıcı veya patlayıcı özellikte değildirler. Ancak yüksek performanslı camlardaki asıl endişe içeriğindeki gaz dolgudan ziyade sağlam yapısından kaynaklı itfaiye müdahalesini engelleme potansiyeli taşımasıdır. Bu tür camlarda katman sayısı istenilen yalıtım durumuna göre üçe kadar çıkabilmektedir. Dolayısıyla itfaiye

ekipleri havalandırma veya kurtarma çalışmaları için birden fazla cam katmanı aşmak zorunda kalmaktadırlar. Camı kırmak zorlaştığı için yapının uygun kısımlarına kaçış panelleri yerleştirilebilir. Bu paneller, acil durumlarda itfaiye ekipleri tarafından giriş veya havalandırma amacıyla kullanabilmesi için açıkça tanımlanmalı ve işaretlenmelidir (Tidwell & Murphy, 2010, s.19).

#### **4.2.4 Sızdırmazlık ve yanmazlık sağlayan katkı malzemeleri**

Yanıcı özellikteki malzemelerin yangın riskine karşı daha dirençli hale gelebilmesi için kullanılan yanmazlık katkıları, yangın geciktiriciler ve önleyici malzemeler ile yapı kabuğunda sızdırmazlık sağlamak için kullanılan dolgu malzemelerin kullanım ömürleri boyunca ve yangın anında toksit etkilerinin bulunup bulunmamasına dikkat edilmelidir (Özgünler ve diğ, 2016). Birçok yeşil sertifika sisteminde sızdırmazlık sağlayan malzemelerin VOC değerlerine sınırlamalar getirmektedir. LEED v.1 BD+C sertifika sisteminin ‘Düşük Emisyonlu Malzemeler’ alt başlığında, ‘tüm dolgu, yapıştırıcı ve sızdırmazlık malzemelerinin en az %75’i sertifikada belirtilen VOC değerlerini karşılamalı ve tamamının VOC içerik değerlendirmesi sağlanmalı’ hükmü bulunmaktadır. Yine BREEAM International NC sertifika sisteminin ‘Yapı Ürünleri Kaynaklı Emisyonlar’ alt başlığında, yapıştırıcılar ve sızdırmazlık malzemelerinin toplam VOC değerlerinin BREEAM tarafından belirtilen emisyon kriterlerine uygun olması gerektiği belirtilmektedir.

Alev geciktirici veya duman bastırıcı olarak bilinen malzemeler genel itibariyle katkı maddeleri ve reaktif maddeler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Reaktif maddeler ise kendi içinde halojenlerden ve fosfatlardan oluşmaktadır. Fosfat içerikli alev geciktiriciler alev aldığı anda daha az zehirli gaz oluşturmaları sebebiyle halojenli alev geciktiricilerin yerine önem kazanmaktadır. Krom ve brom bazlı halojenli alev geciktiriciler yandığında yüksek oranda toksit, kansojenerik furan ve dioksin oluşturmaları nedeniyle Avrupa Birliği tarafından kullanımında sınırlamaya gidilmiştir. Avrupa, ABD ve Japonya’da halojenli alev geciktirici olan polibromür bifenil kullanımı yasaklanmıştır. Toksik etkilerinden dolayı son yıllarda halojensiz alev geciktiricilere ilgi giderek artmaktadır (Url-16).

Katkı maddelerindeki bir diğer risk iç mekan yangınlarında ortam sıcaklığının normalden daha hızlı yükselmesine sebep olabilmesidir. Sızdırmazlık katkıları, yapı kabuğunda üstün geçirimsizlik sağlayıp istenilen termal konfor şartları sağlanmasına

karşın oluşan geçirimsiz katman yangın anında flashover evresinin öngörülenden daha erken yaşanmasına neden olabilir. Cephe uygulamalarında bu tür riskler göz ardı edilmemelidir.

#### **4.2.5 Faz değıştiren malzemeler**

Güneş enerjisini depolamanın en bilinen yöntemi duyulur enerji depolamasıdır. Son dönemde, istenilen sıcaklık değerlerinde eriyip katılarak gizli ısıyı depolayan faz değıştiren malzemeler (FDM) yeni bir yöntem olarak tercih edilmektedir (Koşan & Aktaş, 2018, s.403). Bu yenilikçi malzeme, gündüzleri erirken çevresindeki enerjiyi emerek (füzyon ısısı yoluyla) depolar, akşamları ise katılma sürecine girerek depoladıkları enerjiyi serbest bırakır ve bu şekilde odanın ısıtma ihtiyacının azalmasına katkı sağlar. FDM için doğru malzemenin istenilen iç ortam sıcaklığına yakın erime noktasına sahip olması, ekonomik olarak uygun olması ve yüksek gizli füzyon ısısına sahip olması gerekmektedir (McLaggan & Gillie, 2017). Bu kriterlere en uygun ve en yaygın kullanılan faz değıştiren malzemeler parafin ile organik yağ asidi olup her ikisi de oldukça yanıcıdır (Al-Janabi ve diğ, 2014).

FDM'ler akma veya buharlaşma nedeniyle miktarlarında değışim kaybı yaşadığı için kendilerini saran mikro-kapsüller içinde kullanılmaktadır. Parafin mumu polimer mikro-kapsüller içinde yerleştirilerek sağlam bir duvar kaplaması veya asma tavanları oluşturmak için alçı kalıplarına eklenir. Duvar kaplamalarında bulunan faz değıştiren malzemelerin yanıcı doğası, halihazırda ölçülmemiş bir yangın riski sunmaktadır. Mevcut bilgilerle bu malzemelerin yangın yükü üzerindeki etkisini ölçmek mümkün olamamaktadır (McLaggan & Gillie, 2017).

Parafin mumu uygun şekilde korunmadığı takdirde kolayca alev alabilen yanıcı bir malzeme olduğundan tutuşa bilirlliğini azaltmak için birkaç yöntem denenmiştir. Yöntemlerden biri parafini kompozit bir yapı bloğunun içine kapsüllemek ve ardından bloğu yanmaz betonla çevrili içi boş bir kap içine yerleştirmeyi içermektedir. Bir başka yöntem ise alçı duvar içine emprenye edilmesidir. Bazıları yapı strüktüründe kullanılmak üzere istenilen şekle getirilebilen polimer kapsüller içine yerleştirmiştir. Hem polimer hem de faz değıştiren malzeme yangın riskini arttırmaktadır. FDM'ler kapsül içerisinden çıkmadığı sürece yangın açısından risk taşımamaktadır. Ancak yangın durumunda FDM'yi korumasız hale getirebilecek bir

sızıntı ihtimali her zaman mevcuttur. Riski önlemek için polimer kapsülde uygun alev geciktiricilerin kullanılması önerilmektedir (Sittisart & Farid, 2011).

### 4.3 Alternatif Enerji Kaynakları

Yeşil yapılarda enerji üretimi yönüyle ön plana çıkan alternatif enerji kaynakları, herhangi bir ısı kaynağına ihtiyaç duymadan patlama veya yangın çıkarabilme potansiyeli taşıdıkları için risk içermektedir. Tehlikelerin genellikle elektriksel arızalar, yanıcı materyal kullanımı veya hidrojen sızıntılarından kaynaklandığı görülmektedir. Bu bölümde yer alan alternatif enerji kaynakları; güneş panelleri, rüzgar türbinleri, hidrojen yakıt hücresel güç sistemleri, akü depolama sistemleri ve elektrikli araç şarj istasyonlarıdır.

#### 4.3.1 Fotovoltaik paneller

Güneşten enerji üretimi 2002 yılından itibaren her yıl ortalama %20 artış göstererek dünyanın en hızlı büyüyen enerji teknolojisi haline gelmiştir. Güneş enerjisini doğru akım (DC) elektriğine dönüştüren PV paneller, sürdürülebilir binaların çatı ve cephelerinde yaygın olarak tercih edilen bir sistemdir. Panel içerisindeki fotovoltaik hücreler güneş radyasyonunu doğru akıma çevirmekte olup sisteme yerleştirilen bir invertör yardımıyla da doğru akımı alternatif akıma (AC) dönüştürülerek şebekeye bağlı güç üretimi için kullanılmaktadır. Güneş enerji üretimine sahip binalar yaşam ömrü boyunca en az bir acil durum yaşanacağına dair risk taşımaktadır (Tidwell & Murphy, 2010, s.26). PV panellerin yarattığı yangın riski şekil 4.6'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.6 : PV Panellerin Çatıda Yarattığı Yangın Riski (Shipp, 2010).**

PV sistemlerde yangına sebep olan en önemli unsurlardan biri elektrik arızaları olup bu arızaların başında ark denilen elektrik atlamaları, ters akım, kısa devre, hatalı kablolama ve topraklama hatası gelmektedir. Kabloların yanlış yönlendirilmesi, yalıtım sorunları, hatalı bağlantılar, modül çatlamaları gibi ilk kurulumdan kaynaklı yanlışlar kıvılcım çıkararak yangıcı malzemelerin tutuşmasına neden olabilmektedir. Hatalı kurulumu yapılan AC ve DC invertörler pek çok yangın vakasının ana etkenleridir. Sistemde oluşabilecek her hangi bir hatalı bağlantı veya bağlantılar arası kopmalar akım sebebiyle arka dönüşü yayılabilmektedir (Url-17). Bu nedenle sistemin ilk kurulumu ve periyodik aralıklarla denetlenmesi oldukça önemlidir. PV panellerin kurulumu doğru ve standartlara uygun şekilde, kurulum için gereken niteliklere sahip uzman kişilerce yapılmalıdır.

Çatı veya cephede kurulu panellerin taşıyıcı sistemlerinde ahşap, plastik ve benzeri yangıcı özellikte malzemeler seçilebilmektedir. PV panellerde sınırlı sayıda plastik malzeme kullanılmasına karşın sistem kabloları ve kutu gibi ekipmanlarda genellikle yangıcı plastik malzemeler kullanılmaktadır. Sistem içerisinde oluşabilecek DC arklarından kaynaklı sıcaklık değeri 3000 °C'ye kadar çıkabilmektedir. Bu sıcaklık değerleri panel çevresindeki yangıcı malzemelerin yanmasına hatta metallerin erimesine neden olabilmektedir (Url-17). Bu tür riskleri azaltmak için panel çevresinde yangıcı malzeme bulundurmamak gerekir. Bu duruma örnek olarak Karaman'ın Ermenek ilçesinde bulunan bir bağ evi yangını gösterilebilir. PV panele bağlı akünün aşırı ısınması sonucu çıkan yangında ahşap binanın tamamen kül olduğu bildirilmiştir (Url-18). Binaya entegre edilecek panellerin niteliği de önemlidir. Çatı bileşenlerinin yangınlık tespiti için kullanılan ASTM E108-04 ve UL 790 standartlarına göre PV paneller A, B, ve C olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırmada VOC değerleri, yanma tepkisi, alev boyu, alev yayılımı, zor hava koşulları gibi etmenler esas alınmakta olup bu üç sınıfa giremeyen paneller yangın yönünden dayanıksız olarak kabul edilmektedir (Yaman & Kurtay, 2019). Üretici firmaların yangın dayanımı konusunda oluşturulmuş yerel ya da uluslararası standartlara uygun ürünler üretmemesi, akredite kuruluşlarca onaylı olmayan niteliksiz panellerin kullanımı yangın riskini arttıracaktır.

Solar paneller itfaiye ekipleri için de bir takım riskler taşımaktadır. Bu doğrultuda elektrik çarpma riski ön plana çıkmaktadır. Sistemin elektriği kesilse bile PV hücreler güneş ışınlarını gördükçe güç üretmeye devam etmektedir. Bir nevi



sistemdeki elektriği tamamen kesmek mümkün olamamaktadır. Bu durum sulu söndürmelerde elektrik çarpma riskini beraberinde getirdiği için yangına müdahaleyi geciktirmektedir. New Jersey’de bulunan 28.000 m<sup>2</sup> alana sahip bir soğuk gıda deposunda çıkan yangında çatıda bulunan 7.000’den fazla PV modülden kaynaklı elektrik çarpma riski olduğu için itfaiye ekipleri tarafından yangına müdahale edilemediği ve söndürme çalışmalarının 24 saatten fazla sürdüğu bildirilmiştir. şekil 4.7’de ambar yangının son hali gözükmemektedir (Url-17).



**şekil 4.7 :** New Jersey Ambar Binası Yangını Son Hali (Url-17).

Panellerden invertöre giden kanal, ana servis paneli kapatılsa bile doğru akımla yüklü kalabilmektedir. İtfaiyecilerin canlı kabloları bulmaları için taşıdıkları ‘sıcak çubuk’ doğru akımı algılayamaz (Meacham ve diğ, 2013, s.47). Ayrıca çatıda müdahale yapacak ekipler, panellerin varlığını bilmiyor olabilir ve can kayıpları yaşanabilir. Bu nedenle itfaiye ekiplerinin hızlı ve güvenli bir şekilde müdahale yapabilmesi için PV sistemler açık ve sistematik bir şekilde etiketlenmelidir. Güç kapatma yerleri uygun şekilde işaretlenmeli, normal güç kapatıldıktan sonra enerjili kalacak tüm kablolar etiketlenmelidir (Tidwell & Murphy, 2010, s.29). Ana servis bağlantı kesme paneli, açılmadan dışarıdan müdahaleye müsait ise dış kapağı açıkça etiketlenmelidir. Piller de açık bir şekilde etiketlenmelidir (Meacham ve diğ, 2013, s.47).

İtfaiyeciler, teknisyenler veya kullanıcılar için diğer risk unsuru, PV panel ve pillerin, yangın anında açığa çıkarabilecek ve solunduğunda sağlık açısından risk teşkil eden zararlı kimyasallar içermesidir. Ayrıca modüllerin kaygan hale gelmesi

veya panele takılmalar sonucu müdahale ekibinin yüksekten düşme riski mevcuttur (Tidwell & Murphy, 2010, s.28-30). PV panel içeren çatılarda uygun genişlik ve aralıklarla yürüyüş yolları belirlenmeli, bu yollar açıkça işaretlenmelidir. Acil eylem planında mutlaka bu riskler göz önüne bulundurularak PV panel kullanımı sağlanmalıdır.

#### **4.3.2 Rüzgar türbinleri**

Rüzgar türbini, hareketli havadan gelen kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye sonrasında elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Dönüş eksenleri doğrultusunda yatay ya da dikey eksenli olarak sınıflandırılmakta olup günümüzde daha yaygın kullanıma sahip yatay eksenli bir rüzgar türbini; kule üzerine yerleştirilmiş nasele bölümü (yüksek ve düşük hız milleri, vites kutusu, jeneratör, kontrol ünitesi ve frenler oluşun makine bölümü), kanatların bağlı bulunduğu bölüm ve rotor bölümünden (kanatların oluşturduğu bölüm) oluşmaktadır (Muratdağı, 2015, s.13). Bağımsız bir kuleye veya sürdürülebilir bir binaya monte edilmiş olsun, rüzgar jeneratörlerinin elektrik sistemi PV panel sisteme çok benzemektedir (Tidwell & Murphy, 2010, s.32). Bundan dolayı PV panellerde olduğu gibi bir takım yangın riskleri taşımaktadır. Elektronik bileşenlerin fazla ısınması, mekanik ısınmalar, kısa devre, aşırı akım, ark vb. nedenlerde türbinlerde yangın başlayabilmektedir. Bu tip mekanik ve elektronik arızaların dışında yıldırım çarpmaları, hatalı bakım ve onarım çalışmaları gibi durumlar yangın oluşumuna neden olabilmektedir (Url-19).

Rüzgar türbinleri ile ilgili birçok yangın vakası kayıtlara geçmiştir. Bunlardan birine Şekil 4.8'de gösterilen Almanya'da bulunan rüzgar çiftliğindeki bir türbin yangını örnek gösterilebilir. Groß Eilstorf rüzgar çiftliğinde bulunan türbinler biri 2012 yılında alev almış ve yangın çıkış nedeni olarak harmonik filtre kabiniindeki elektrik sisteminde oluşan ark parlamasına neden olan gevşek bir bağlantı olduğu belirtilmiştir (Uadiale ve diğ, 2014, s.988).



**Şekil 4.8 :** Groß Eilstorf Rüzgar Çiftliği Türbin Yangını (Uadiale ve diğ, 2014, s.988).

Ev tipi rüzgar türbinleri kule tipi türbinlerle aynı çalışma prensibine sahiptir ve dolayısıyla benzer yangın riskleri taşımaktadır. Özellikle nasel bölümünde bulunan hidrolik yağlar, hafif olduğu için kullanılan polimerler, kompozitler ve yalıtım malzemeleri gibi potansiyel tutuşma kaynakları ile arızalanabilecek elektrik bağlantıları ve aşırı ısınmış mekanik bileşenler mevcuttur (Uadiale ve diğ, 2014, s.984). Yakıt yükü yüksek olan nasel bölümündeki yangın riski, türbinin tipine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Nasel gövdesinde kullanılan cam elyaf takviyeli plastik malzemeler yakıt yükü oluşumundaki ana unsurların başında gelmektedir. Gövdedeki katmanların birbirine bağlanmasında ve sertlik kazanılmasında kullanılan epoksi reçineler yanıcı özellikte ve söndürülmesi zor olan bir malzemedir. Bu bölümünde pek çok tutuşturucu ekipman ve yanıcı madde yan yana olduğu ve uygulamasının zor olmasından kaynaklı yangın zonları oluşturulmadığı için yüksek yangın riski taşımaktadır. Yine naselde bulunan yanıcı izolasyon malzemeleri, elektrik kabloları, dişli kutusu ve fren sistemlerde kullanılan yağlar yangın yükünü arttıran diğer unsurlar olmaktadır (Url-19).

Fotovoltaik sistemlerde olduğu gibi rüzgar türbinleri de itfaiyeciler için tehlike oluşturabilmekte olup özellikle dönen kanatlar, müdahale ekiplerinin güvenliği açısından risk taşımaktadır. Ancak rüzgar türbinleri, PV sistemden farklı olarak türbinin otomatik olarak dönmesini ve güç üretimini etkili bir biçimde durdurabilen frenleme sistemi ile donatılabilmektedir. Bu düzenek, invertörün frenleme sistemini devreye sokmak için gönderdiği bir sinyalle başlamaktadır. Sonrasında kanatlar

duracak şekilde yavaşlamakta ve sistem güç üretimini durdurmaktadır. İtfaiyeci güvenliği açısından bu sistemin her rüzgar türbin jeneratörüne kurulması gerekmektedir (Tidwell & Murphy, 2010, s.32).

#### **4.3.3 Hidrojen yakıt hücreli güç sistemleri**

Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren cihazlara yakıt hücreleri denir. Bu tanıma göre araçlardaki akülerde bir yakıt hücresidir ancak burada bahsedilen teknolojik olarak biraz daha gelişmiş sistemlerdir. Modern yakıt hücreleri için tercih edilen yakıt ise hidrojendir. Hidrojen yakıt hücresi elektrik üretmek için hem oksijen hem de hidrojen kullanır ve sonucunda atık olarak sadece su açığa çıkmakta olup karbon veya sera gazı emisyonu oluşmamaktadır. Mevcut olan tüm enerji üretim teknolojilerinden çok daha çevre dostu bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır (Tidwell & Murphy, 2010, s.32).

Hidrojen doğada en çok bulunana element olup fosil yakıtlar gibi tükenme tehlikesi taşımamaktadır. Sürdürülebilir olan bu element; taşıma, depolama ve kullanma sırasında çevre için zararlı etkiler meydana getirmemektedir. Ancak birçok olumlu özelliğine karşın yangın açısından ek riskler barındırmaktadır. Hidrojenin zehirli olmamasına karşın yanıcı ve parlayıcı bir gaz olduğu bilinmektedir. Periyodik tablodaki en hafif elementtir ve bu durum havada çok hızlı yayılacağı anlamına gelmektedir. Diğer gazlar arasında en geniş yanıcı menzile sahiptir (Tidwell & Murphy, 2010, s.33-34). Havadaki konsantrasyonu %4'ü geçtiğinde tutuşma riski açığa çıkmaktadır. Hidrojen gazı renksiz, tatsız ve kokusuz olduğu için tespit edilmesi kolay değildir (Kılıç, 2017b, s.31). Bu yüzden diğer yanıcı gazlarda olduğu gibi hidrojene de büyük saygı gösterilmesi, hidrojenden kaynaklı yaygın risklerini önlemek için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Hidrojen yakıt ünitelerinde yangın riskine karşı gaz detektörleri yerleştirilerek sızıntı tespiti ve otomatik kapatma sistemi kurulmalıdır. Eğer hidrojen yakıtlı güç sistemleri kapalı bir ortamda bulunuyor ise aydınlatma, ısıtma vb. elektrikli ekipmanların exproof (alev sızdırmaz, kıvılcım çıkarmaz) özellikte olması ve uygun havalandırmanın yapılması gerekmektedir. Yeri açıkça işaretlenmeli, sigara ve benzeri tutuşturucu kaynak kullanımına sınırlama getirilmelidir.

#### 4.3.4 Akü depolama sistemleri

Türbin kullanan rüzgar enerji sistemleri, fotovoltaik paneller, hibrit enerji sistemleri, hidroelektrik jeneratörler gibi birçok yenilenebilir enerji sisteminde batarya kullanımı bulunmaktadır. Akülerin iki ana kullanım amacı vardır. Birincisi, normal güç kaynağının kullanım dışı olduğu durumlarda kullanılmak üzere PV panel, rüzgar türbini vb. bir alternatif enerji kaynağından veya şebekeden gelen gücü depolamayı sağlamaktadır. İkinci görevi ise binanın dahili elektrik şebekesine gelen gücü de filtrelemeye hizmet etmesidir. Birçok güç kaynağı voltaj ve amperajda oluşabilen farklılıkları içermektedir. Bütün gücün bir akü sistemi üzerinden yönlendirilmesi, bina içindeki elektrikli ekipmana zarar verebilecek iniş ve çıkış farklılıklarını etkili bir şekilde ortadan kaldırmaktadır (Tidwell & Murphy, 2010, s.34-35).

Akü depolama sistemlerini oluşturan birçok farklı pil türü mevcuttur. Maliyetinin düşük olması sebebiyle kurşun asitli piller en yaygın kullanılanıdır. Kurşun asitli aküler şarj edildikleri sırada hidrojen gazı açığa çıkarmaktadır. Bundan dolayı bu sistemlerin iyi havalandırılan odalara yerleştirilmesi gerekmektedir. Acil bir durumda uygun koruyucu giysi giyen kişiler hariç hiçbir personel müdahale ekibi bulunmamalıdır. Ayrıca bu bataryalarda elektrolit için sülfürik asit kullanılmakta olup son derece aşındırıcı ve zehirli bir asittir. Sülfürik asit akünün içinde bulunduğu sürece risk taşımazken yangın veya mekanik bir hasar görmesi durumunda tehlike oluşturabilmektedir. Benzer teknolojiyi kullanan jel hücreli pillerde ise elektrolit, çözeltide askıya alınmış silika içerir ve bu sistem sıvıyı jel haline getirmektedir ki bu durum akünün şarj olması sırasında hidrojen üretimini azaltmakta, ortamın viskozitesi yüksek seviyede olduğu için hidrojenin yayılma kabiliyetini engellemektedir (Tidwell & Murphy, 2010, s.35).

Yeni malzemeler ve üretim teknikleri ile gelişen pil teknolojisinde karşımıza çıkan bir diğer akü sistemi ise lityum iyon pillerdir. Kayıtlarda lityum-iyon piller ile alakalı birçok yangın vakası bulunmaktadır. Arizona'da bulunan bir enerji depolama tesisinde Nisan 2019'da yangın çıkmış, termal kaçak sonucu bir akü alev almıştır. Yangının sebebi tam olarak belirlenemese de izleme sistemleri 14 akü modülünü içeren bir rafta modüller arasında voltaj düşüşü ve ardından sıcaklık artışı tespit etmiştir. İlk müdahale ekiplerinin tesisin kapısını açmasından sonra patlama meydana gelmiş, birkaç itfaiyeci ciddi şekilde yaralanarak hastaneye kaldırılmıştır (Url-18).

Tüm bu pillere güvenlik açısından baktığımız zaman voltajı, akımı ve sıcaklığı sınır değerler içinde tutmak için bir dahili koruma devresine ihtiyaç duyduğu göz ardı etmemekte fayda vardır. Çünkü akünün fiziksel bir zarara uğraması veya devrenin arızalanması durumunda ısı çıkışı ile sistemin tutuşması mümkün olmaktadır. Bu tür risklerin dışında bazı teknolojiler istenilen hedeflere ulaşmak için egzotik metaller kullanarak yakıt yükünü arttırabilmektedir. Ayrıca kurulum boyutu da akü sisteminden kaynaklı riskleri belirleyen önemli bir faktör olmaktadır. Bir bilgisayarı besleyen bağımsız akü takımı önemli bir sorun oluşturmazken binadaki tüm bilgisayarlar ağlarına güç veren depolama sistemleri daha büyük riskler taşımaktadır. Binalardaki tüm piller bu sınıfa girmese de çoğu akü sistemi bir kişiye zarar verebilecek kadar enerji içermektedir. Bu nedenle itfaiye ekipleri ve bina kullanıcılarının akü sistemlerinden kaynaklı elektrik çarpma potansiyeline karşı dikkatli olması gerekmektedir (Tidwell & Murphy, 2010, s.36).

#### **4.3.5 Elektrikli araç şarj istasyonları**

Akülerde depolanan enerjiyi bir veya daha fazla elektrikli motor yardımıyla kullanan elektrikli araçlar gün geçtikçe fosil yakıtlı araçların yerini almaktadır. Hemen hemen her marka hibrit veya sadece elektrikli araç üretimi için yatırım yapmaktadır. Petrol kullanımından kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu ve hava kirliliğinin azalması sebebiyle bu yatırımlarının daha da yaygınlaşması öngörülmektedir. Bu tip araçların sayısı günden güne artması dolayısıyla bu araçlar için gerekli olan şarj istasyonlarının da sayısı artış göstermektedir. Sürdürülebilir binaların açık veya kapalı otoparklarında araç şarj istasyonlarına yer verildiğini görülmektedir ki zaten çoğu yeşil bina sertifikasında bu tip şarj alanları ek puan kazandıran bir durumdur.

Açık alanda yer alan elektrikli araç şarj merkezlerinde aracı şarj eden kişilerin yağmur, kar gibi dış koşullara maruz kalması veya elektrikli araç şarj konektörüne istem dışı dokunulması durumunda elektrik çarpma riskini önleyen güvenlik donanımları ile donatılmış olması gerekmektedir. Kapalı otoparklarda ise araçta kullanılan akü tipine bağlı olarak yangın ve patlama riski bulunmaktadır. Elektrikli araçlarda kullanılan çinko hava, kurşun asit ve nikel-metal-hibrit aküler şarj olurken hidrojen gazı açığa çıkarmaktadır. Havalandırmanın yeteri kadar yapılamadığı durumlarda kapalı mekanda biriken hidrojen gazı, sınır değerleri aşarak patlamaya neden olabilecek seviyeye gelebilmektedir. Şarj olurken hidrojen emisyonu

yapmadığını belgeleyemeyen elektrikli araçlar, şarj edilirken temiz hava sağlanması ve gerekirse mekanik havalandırmanın yapılması gerekir. Duman ve karbonmonoksit atım sistemi bulunan otoparklarda, gerektiğinde şarj işlemi yapılırken havalandırma sisteminin otomatik olarak açan ve sistemde oluşabilecek herhangi bir arıza durumunda şarj işlemini otomatik kesen kontrol mekanizmasına sahip olması gerekmektedir (Kılıç, 2017b).

#### **4.4 Sürdürülebilir Yapı Sistemleri**

Binalarda, sürdürülebilir kriterler doğrultusunda entegre edilen bazı sistemler yangın yükünü arttırabilmekte, ek yangın riskleri oluşturabilmektedir. Bu sistemler arasında geri dönüşüm depoları, yağmur suyu ve gri su kullanımı, yüksek hacim düşük hızlı fanlar ve hafif taşıyıcı sistem elemanlarının yangın emniyeti açısından oluşturabileceği riskler değerlendirilmiştir.

##### **4.4.1 Geri dönüştürülebilir malzeme depo alanları**

Geri dönüşüm uygulamaları, sürdürülebilir yapı projelerinin önemli yapı taşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Dünya nüfusundaki hızlı artış ve küresel ekonomik büyüme gibi etkenlere bağlı olarak atık oluşumunun da artış gösteriyor olması, yapılarda sıfır atık politikaları, atık depolama alanlarının oluşturulması ve bu atıkların geri dönüştürülmesi gibi uygulamaların gerekliliği ortaya çıkarmaktadır. Bu uygulamalar doğrultusunda geri dönüştürülebilir malzeme depolama alanları, sürdürülebilir projelerde sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Lakin katı atık depolama alanları ile ilgili kayıtlara geçmiş birçok yangın vakası mevcuttur. Bu yangınların gerek yapı gerekse doğal çevre üzerinde negatif etkileri bulunmaktadır.

Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde çıkan yangın, geri dönüştürülebilir malzeme depolama alanlarının yaratabileceği yangın riskinin göz ardı edilmemesi konusunda uyarıcı niteliğindedir. Vaka ile ilgili hazırlanan itfaiye raporuna göre yangının çıkış nedeni olarak evsel atık konteynirlerinin arkasında bulunan atık cam şişe kumbarasında birikmiş çöplerin, etraftan geçenler tarafından atıldığı ya da düşürüldüğü düşünülen bir ateş kaynağı tarafından tutuşturulması sonucu başladığı belirtilmiştir. Sonrasında cepheye sıçrayan yangın, yanıcı cephe kaplaması ve giydirme cephede yer alan hava boşluğunun da etkisiyle şiddetini

arttırarak bu kısma bakan blokların dış cephesi ile kısmen çatı ve iç kısımlarının yanmasına neden olmuştur (Beyhan, 2018).

Geri dönüşüm amacıyla yanıcı kimyasallar, plastik, kağıt, karton vb. malzemeler depolanmakta olup bu malzemeler bazen uzun süreli ve fazla miktarda depolama alanlarında tutulmaktadır. Bu malzemelerin yangın yüküne katkıda bulunabileceği göz önünde bulundurularak atık depolama veya toplama alanlarında gerekli güvenlik önlemlerin alınması gerekmektedir. Atık depolama alanlarının yakınında tutuşucu kaynakların bulundurulmasına müsaade edilmemelidir. Bu bölümlerde bulunan elektrik tesisatları kontrol altında tutulmalı, ana ve tali elektrik panolarının bulunduğu alanlarda atık depolaması yapılmamalıdır. Atık depolama alanları yakınında sigara içilmesi yasağı gibi tutuşturucu kaynakları uzaklaştıracak ek önlemler alınmalıdır. Tutuşturucu kaynakların uzaklaştırılmadığı yüksek risk içeren durumlarda yangın algılama sistemlerine yer verilmeli, söndürmeye yönelik aktif sistemler konumlandırılmalıdır.

#### **4.4.2 Gri su ve yağmur suyu kullanımı**

Su tasarrufu, yeşil binalarda son derece önemli bir bileşendir. Sürdürülebilir yapılarda su tasarrufu için düşük kullanımlı armatürler, düşük su talebi çevre düzenlemesi vb. basit koruma yöntemlerinin dışında iki ana teknik bulunmaktadır: gri su sistemleri ve yağmur suyu toplama sistemleri (Tidwell & Murphy, 2010, s.24). Tuvalet atığı (siyah su) dışındaki mutfak, çamaşır ve bulaşık makinası, lavabo, duş vb. evsel atıklardan toplanıp arıtılan sular gri su olarak adlandırılmaktadır. Bir takım bakteriler kullanılarak su içerisindeki kirleticiler temizlenmektedir. Gri suyun bahçe sulamasında, yangın deposu besleme, tuvalet sifonu ve içme suyu gerektirmeyen diğer alanlarda kullanımı bulunmaktadır. İkinci teknik ise bina çatılarına yerleştirilen veya daha alçak kotlarda bulunup borular vasıtasıyla suyun iletiildiği depolama tankerleriyle yağmur suyu toplanmaktadır. Toplanan su yapı tesisatına bağlanarak peyzaj sulama, kaba temizlik işleri, çamaşır yıkama vb. işlerde kullanılabilir.

Yağmurlama ve hidrant sistemlerinde kullanılan gri su ve yağmur suyu ile alakalı bazı endişeler bulunmaktadır. Geri dönüştürülmüş kaynaklardan gelen suyun sprinkler sistem bileşenlerine zarar verme riski taşıyıp taşımadığı araştırılması gereken bir konudur (Gollner ve diğ., 2012). Atık suların oluşturabileceği mikrobiyolojik korozyon etkisine dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü yağmurlama



sisteminde oluşabilecek bir arıza yangının seyrini istenmeyen seviyelere çekebilecektir. Ayrıca gri su, insanların maruz kalması durumunda sağlık tehlikesi oluşturabilecek belirli mikropları ve patojenleri içerebilmektedir. Sprinkler sistemde gri su kullanılırsa, sistem devreye girdiği zaman itfaiyeciler ve bina kullanıcıları için biyolojik tehlikelere neden olabilir. Yapıda oluşabilecek herhangi bir acil durumdan önce yağmurlama ve hidrant sisteminde kullanılan geri dönüştürülmüş suyla ilgili kapsamlı bir araştırmanın yapılması önem arz etmektedir (Tidwell & Murphy, 2010, s.25).

#### 4.4.3 Yüksek hacimli düşük hızlı fanlar

Yüksek hacimli düşük hızlı tavan ve dikey fanlar (HVLS); endüstriyel, ticari, tarımsal ve geleneksel yapılarda enerji tasarrufu sağlamak ve bina kullanıcılarının konforunu arttırmak amacıyla geliştirilmiş, çapı 1,8 ile 7,3 metre (6-24 fit) arasında değişen fanlardır. En büyük çapa sahip bir HVLS fan, büyük bir hava hacmini (350.000 cfm'ye kadar) rahatlıkla hareket ettirebilmektedir. Bu fanlar havayı tüm mekan boyunca karıştırarak, sıcak ve soğuk ortamlardaki sıcaklık değerlerini dengelemek için çalışmaktadır (Tidwell & Murphy, 2010, s.39). Şekil 4.9'da HVLS tavan fan örneği gösterilmiştir.



Şekil 4.9 : HVLS Fan Örnek (Tidwell & Murphy, 2010, s.39).

Yüksek enerji tasarrufu sağlayan HVLS fanlar yangın güvenliği açısından değerlendirildiği zaman iki ana endişe taşımaktadır:

- HVLS fanlar, yangına ulaşan su miktarını azaltarak veya damlacık boyutuna etki ederek sprinkler sistemin etkinliğini engelleyebilir mi?

- Bu fanlar çalışır konumdayken ilave hava akışı, oksijen ve hız sağlayarak yangın seyirini olumsuz yönde etkiler mi (Tidwell & Murphy, 2010, s.39).

NFPA Yangından Korunma Araştırma Vakfı, bu fanların sprinkler sistemle donatılmış binalardaki yangınlar üzerine etkisini ölçmek adına iki aşamadan oluşan bir araştırma projesi tamamlamıştır. Tam ölçekli iki yangın testi arasındaki tek fark ateşleme noktasına göre fanların konumu olmuştur. Her iki testte de tam kapasite ile çalışan tipik bir HVLS fanı monte edilmiştir. Araştırma sonuçları, sprinkler sisteminin Test 1 ve 2’de sunulan zorluklar karşısında kabul edilebilir seviyede olduğu göstermiştir. Ancak bu fanların yağmurlama sistemi performansı üzerinde etkisi olduğu test sonuçlarından açıkça anlaşılmaktadır. Test 1’de ateş kaynağı fan kanatlarının ucuna yerleştirildiğinde üç yağmurlama başlığı çalıştığı ve yangının ‘bastırılabilir’ olduğu kabul edilirken Test 2’de ise ateşleme kaynağı direk fanın altına yerleştirildiği zaman yangının sekiz sprinkler başlık tarafından ‘kontrol edilebilir’ olduğu kabul edilmiştir (Tidwell & Murphy, 2010, s.39). Araştırma sonuçlarına göre yangını söndürmek için neredeyse üç katı (8’e karşı 3) sprinkler başlık açılmıştır ki bu durum HVLS fanların sprinkler sistem performansını olumsuz yönde etkileyebileceği göstermektedir.

Konu hakkında pek fazla çalışma bulunmasa da HVLS fanların yağmurlama sistemi üzerine etkileri olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı bu fanlar ve sprinkler sistemleriyle donatılmış binalarda bir takım önlemler tavsiye edilmektedir. Bunlar:

1. Sprinkler sistem etkinleştğinde fan kapatma sistemi devreye girmelidir.
2. Fanlar, kısa bir süre içerisinde dönüşünü durdurmak için bir fren veya başka bir sisteme sahip olmalıdır.
3. Fan kanatları ile yağmurlama başlıkları arasında minimum üç fit dikey açıklık bulunmalıdır.
4. Fanlar merkeze eşit mesafede dört sprinkler başlık arasında konumlandırılmalıdır.
5. Testler, fan dönmese dahi önemli bir engel oluşturduğunu gösterdiğinden ek engeller en aza indirilmelidir (Tidwell & Murphy, 2010, s.40).

HVLS fanlardaki diğer risk, fan kanatlarının oluşturduğu hava akımının yangın dinamiğini olumsuz yönde etkileme potansiyeli taşımasıdır. Hava akımının varlığı yangının diğer bölümlere yayılmasında etkili olabilmektedir. Ayrıca ortamdaki oksijen miktarını da artırarak yangını besleyebilme riski taşımaktadır. Konu

hakkında herhangi bir veri bulunmasa da oluşan bu hava akımı, yangın detektörlerinin dumanı algılanmasında gecikme meydana getirebilir. HVLS fanların tasarım ve kurulum aşamasında tüm bu risklerin dikkatlice ele alınması, olası bir yangının en az hasarla atlatılmasında fayda sağlayacaktır.

#### **4.4.4 Hafif taşıyıcı sistem elemanları**

Hafif yapı, doğası gereği yeşil olarak kabul edilir. Bu sınıfta değerlendirilen taşıyıcı yapı elemanları hafif ağırlıklı işlenmiş kereste (LEL), hafif beton, hafif çelik vb. ürünlerdir. Binanın deprem yükünü azalmasını yanı sıra üretim ve ya kullanım ömrü boyunca sürdürülebilir nitelik taşıyabilmektedir. Örneğin LEL üretiminde, yapım için gerekli ağaç sayısını azaltan birçok sürdürülebilir yan ürün kullanılmaktadır. ABD’de yaşlı ormanların kullanımını azaltan 24 milyon akrelik sürdürülebilir ağaç çiftliği bulunmaktadır. Ayrıca genel olarak LEL kullanımında çok daha az atık oluşur (Tidwell & Murphy, 2010, s.22).

Fizik kurullarına göre, kütlesi daha az olan bir bileşene yapılacak saldırı, daha büyük kütleyle sahip bir bileşene göre daha hızlı hasara yol açacaktır. Çatı sızıntısı, yangın vb. herhangi bir etki sırasında, az kütleyle sahip yapı bileşenleri, daha büyük kütleyle sahip olanlardan daha erken başarısız olacaktır. Bu nedenle, müdahale alanındaki yapının taşıyıcı sistem elemanlarını bilmek bir itfaiyecinin yararınadır (Tidwell & Murphy, 2010, s.23). LEL, daha hızlı yanabilir, stabilite problemlerine sebebiyet verebilir, itfaiye müdahalesi veya tahliyeyi olumsuz etkileyebilir. Hafif beton, inorganik elyaf katkısı bulunmadığı durumda patlayarak parçalanabilir, fonksiyonunu daha hızlı yitirebilir (Meacham & McNamee, 2020, s.66). Hafif bileşen kullanımında düşünülmesi gereken çözümler arasında alçı vb. yangına dayanıklı bariyer, söndürme ve algılama sistemi kullanımı değerlendirilebilir. Bina yüksekliğine ve kullanım türüne göre standartlar ortaya konularak mevzuat sınırlaması getirilebilir.



## **5. YANGIN RİSKİNİN YEŞİL BİNALAR ÜZERİNDE ANALİZİNE İLİŞKİN ANKET ÇALIŞMASI**

Tez çalışmasının bu bölümünde, araştırma kapsamında uygulanan anket çalışması hakkında açıklayıcı bilgilere yer verilmiştir. Çalışmanın amacı ve önemi, varsayımları ve kısıtları, yöntemi, kapsamı, anket verilerin analizi ve sonuçların değerlendirilmesi ele alınmıştır.

### **5.1 Anket Çalışmasının Amacı ve Önemi**

Bu çalışmada; yeşil binaların yangın emniyeti açısından değerlendirilmesi, yeşil binalardaki eklentilere yönelik yangın risk analiz tablosunun oluşturulması, ulusal yangın yönetmeliği ile sertifika sistemlerinin yerindeliğinin sorgulanması, konu hakkında çözüm önerilerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmadan elde edilen verilerle yeşil binalarda oluşabilecek ek yangın riskleri konusunda farkındalık oluşturularak gelecekte yapılacak yeşil bina uygulamalarında rehber oluşturması hedeflenmektedir. Anket sonuçlarının yapı sektöründeki paydaşlara, akademik çalışmalara, ulusal mevzuat ve sertifika sistemlerine sağlayacağı katkı, araştırmanın önemini ortaya koymaktadır.

### **5.2 Anket Çalışmasının Varsayımları, Kısıtları ve Uygulama Yöntemi**

Araştırmaya cevap veren katılımcıların ölçme araçlarındaki soruları yanıtlarken gerçek duygu ve düşüncelerini yansıttıkları, ankete istekle cevap verdikleri, anketi doğru ve eksiksiz bir şekilde yanıtladıkları kabul edilmiştir. Katılımcıların soruları yanıtlarken kelimeleri gerçek manasıyla anladıkları kabul edilmiş olup oluşabilecek kavram yanılgıları göz ardı edilmiştir.

Anketin örneklem sayısının arttırılmasında zorluklar yaşanmış, sektörde yeşil bina ve yangın parametrelerinde bilgi sahibi olan kişi sayısının çok fazla olmayışından dolayı katılım konusunda artışın arttırılmasına yönelik imkanlar kısıtlı olmuştur. Ayrıca birçok kişiye bilimsel amaçlı kullanılacağı belirtilmesine karşın bireylerin ankete katılıma olumlu bakmamaları bir diğer önemli kısıt olarak söylenebilir.

Tez amacı doğrultusunda hazırlanan anket soruları Google Forms üzerinden oluşturulmuş olup ilgili anket, 01.12.2021 - 01.02.2022 tarihleri arasında internet ortamında gerçekleştirilmiştir. Anket formu, katılımcı sayısının yaklaşık 4 katı kişiye gönderilmiş olup gönderilen kişiler ağırlıklı olarak mimar ve mühendis kadrolarından oluşmaktadır. Form gönderilmeden önce katılımcılara kısaca anket içeriği, çalışmanın önemi ve hedefleri aktarılmıştır. Gelen yanıtlardan yalnızca odak grup olarak seçilen 70 katılımcının yanıtları dikkate alınmıştır. Odak grup seçimi yapılırken üniversite, teknik kurs, işyeri vb. yerde eğitim alma, konuyla ilgili tez, makale, kitap vb. eser yayınlama veya yaptığı iş gereği öğrenme gibi anketin 4. ve 5. sorularına verilen yanıtlar değerlendirilmiş olup nihayetinde odak grup, yeşil bina ve yangın parametrelerinde bilgi sahibi olduğu düşünülen katılımcılardan seçilmiştir.

Anket formuna gelen yanıtlar doğrultusunda Excel üzerinden oluşan anket verileri incelenerek analiz edilmiştir. Çalışma sonunda anket formu sonuçlarının güvenilirlik düzeyini tespit etmek için, Cronbach's Alpha (CA), İkiye Bölme (split), Paralel ve Mutlak Kesin Paralel (strict) yöntemleri uygulanmıştır.

### **5.3 Anketin Kapsamı**

Anket çalışmasının içeriği üç bölümden oluşmaktadır ve katılımcılara toplam 13 soru sunulmaktadır. Ankette 2 adet birden fazla seçenekli soru tipi, 5 adet tek seçenekli soru tipi ve 3 adet “evet”, “hayır” şeklinde soru tipi yer almaktadır. Soruların 3 tanesi açık uçlu cevaplara sahip olup yanıtlanması zorunlu tutulmamıştır.

Anketin birinci bölümünde anket hakkında genel bilgilere değinilerek anketin amacı, yaklaşık cevaplama süresi, tahmini katılımcı sayısı, çalışmadan elde edilecek bilgilerin tamamen araştırma amacı ile kullanılacağı ve kişisel bilgilerin gizli tutulacağı belirtilmiştir.

Anketin ikinci bölümü olan kişisel bilgiler başlığı, katılımcıların mesleki bilgi ve tecrübeleri ile yeşil bina ve yangın konusunda bilgi düzeylerini ölçmek amacıyla hazırlanmış 5 adet sorudan oluşmaktadır.

Anketin üçüncü bölümünde katılımcılara, yeşil binalarda yangın emniyetinin değerlendirilmesi, tezde belirtilen 19 yeşil bina eklentisinin yangın risk analizinin yapılması, yangın yönetmeliği ile yeşil sertifika sistemlerinin bu eklentiler hakkında

yeterliliğinin incelenmesi ve çözüm önerilerinin belirlenmesine yönelik 8 adet soru yöneltilmiştir.

#### 5.4 Anket Verilerinin Analizi

Anket yanıtlarından elde edilen veriler tablo ve grafik gösterimi ile ifade edilerek, sonuçların analizi yapılmıştır. Anket çalışmasına, farklı sektör ve meslek gruplarından toplam 70 kişi katılım göstermiştir. Katılımcıların profillerinin belirlenmesi ve yeşil binalarda yangın risk analizine yönelik hazırlanan sorular, anket formundaki sırasıyla, soru tipine bağlı olarak frekans ve yüzdeler değeri tabloları, frekans ve sıralama tabloları, ortalama puan tabloları ve grafik sunumları ile birlikte açıklanmıştır.

##### 5.4.1 Anket katılımcılarının profilleri

Bu bölümde anket katılım gösteren kişilerin profilleri öğrenmek adına katılımcılara toplam 5 soru yöneltilmiştir.

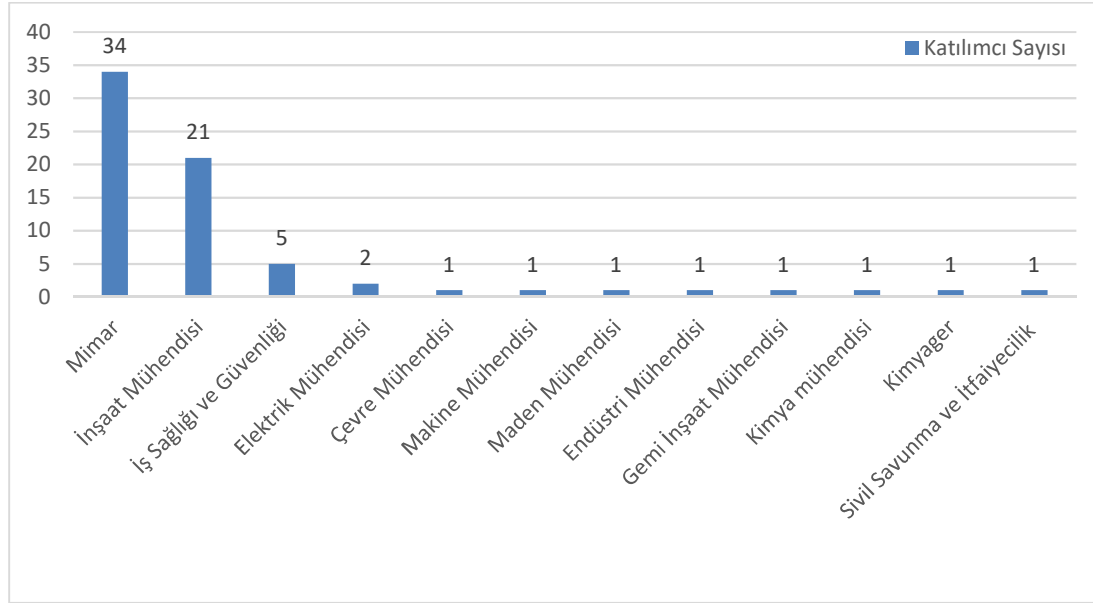
1. Soru: Mezun olduğunuz bölüm nedir?

**Çizelge 5.1 : Katılımcıların Mezuniyet Bilgilerine Dair Frekans ve Yüzde Değerleri.**

Mezun Olunan Bölüm	<i>f</i>	%
Mimar	34	48,6
İç Mimar	0	0
İnşaat Mühendisi	21	30
Makina Mühendisi	1	1,4
Elektrik Mühendisi	2	2,9
Çevre Mühendisi	1	1,4
Diğer	11	15,7
Toplam	70	100,0

Mezun olduğunuz bölüm nedir sorusuna Çizelge 5.1’de görüldüğü gibi katılımcıların %48,6’sı mimar, %30’u inşaat mühendisi, %2,9’u elektrik mühendisi, %1,4’ü çevre mühendisi, %1,4’ü makina mühendisi, %15,7’si ise diğer seçeneğini kullanarak yanıtlamıştır. Diğer katılımcılar arasında maden mühendisi, endüstri mühendisi, gemi inşaat mühendisi, kimya mühendisi, kimyager, sivil savunma ve itfaiyecilik bölümü

mezunu bulunmaktadır. Aşağıda Şekil 5.1’de grafiksel olarak katılımcıların mezun olduğu bölümler açıklanmıştır.



**Şekil 5.1 : Mezun Olunan Bölüm Bilgileri.**

Yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi katılımcılar, 34 adet mimar, 21 adet inşaat mühendisi, 5 adet iş sağlığı ve güvenliği bölümü mezunu, 2 adet elektrik mühendisi, 1 adet çevre mühendisi, 1 adet makine mühendisi, 1 adet maden mühendisi, 1 adet endüstri mühendisi, 1 adet gemi inşaat mühendisi, 1 adet kimya mühendisi, 1 adet kimyager ve 1 adet sivil savunma ve itfaiyecilik bölümü mezunundan oluşmaktadır.

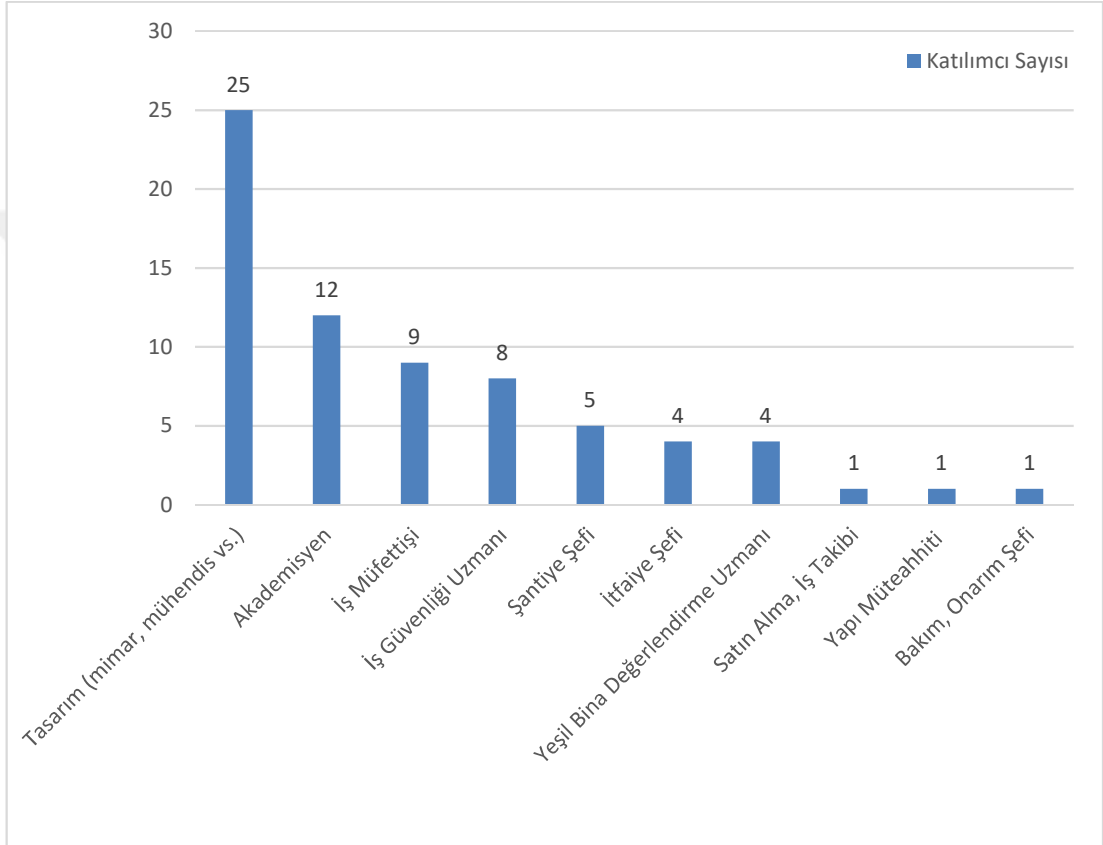
2. Soru: Çalışmakta olduğunuz kurumdaki mesleki unvanınız nedir?

**Çizelge 5.2 : Katılımcıların Mesleki Unvanına İlişkin Frekans ve Yüzde Değerleri.**

Mesleki Unvan	<i>f</i>	%
Tasarım (mimar, mühendis vs.)	25	35,7
Akademisyen	12	17,2
Şantiye Şefi	5	7,1
İtfaiye Şefi	4	5,7
İş Müfettişi	9	12,9
Satın Alma, İş Takibi	1	1,4
İş Güvenliği Uzmanı	8	11,4
Yeşil Bina Değerlendirme Uzmanı	4	5,7
Diğer	2	2,9
<b>Toplam</b>	<b>70</b>	<b>100,0</b>



Mesleki unvanınız nedir sorusuna Çizelge 5.2’de görüldüğü gibi katılımcıların %35,7’si tasarım (mimar, mühendis vs.), %17,2’si akademisyen, %12,9’u iş müfettişi, %11,4’ü iş güvenliği uzmanı, %7,1’i şantiye şefi, %5,7’si itfaiye şefi, %5,7’si yeşil bina değerlendirme uzmanı ve %1,4’ü satın alma, iş takibi olarak cevap vermiştir. Diğer katılımcılar arasında yapı müteahhiti ve bakım, onarım şefi yer almaktadır. Aşağıda Şekil 5.2’de grafiksel olarak katılımcıların mesleki unvanları açıklanmıştır.



**Şekil 5.2 : Mesleki Unvan Bilgileri.**

Yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi katılımcılar, 25 adet tasarım (mimar, mühendis vs.), 12 adet akademisyen, 9 adet iş müfettişi, 8 adet iş güvenliği uzmanı, 5 adet şantiye şefi, 4 adet itfaiye şefi, 4 adet yeşil bina değerlendirme uzmanı, 1 adet satın alma, iş takibi, 1 adet yapı müteahhiti ve 1 adet bakım, onarım şefinden oluşmaktadır.

3. Soru: İş tecrübeniz kaç yıldır?

**Çizelge 5.3 : Katılımcıların Mesleki Tecrübelerine Dair Frekans ve Yüzde Değerleri.**

<b>İş Tecrübesi</b>	<b>f</b>	<b>%</b>
1-5 yıl	16	22,9
6-10 yıl	19	27,1
11-15 yıl	10	14,3
16-20 yıl	3	4,3
21 yıl ve üzeri	22	31,4
<b>Toplam</b>	<b>70</b>	<b>100,0</b>

İş tecrübeniz nedir sorusuna Çizelge 5.3'te görüldüğü gibi katılımcıların %31,4 oranla çoğunluğu 21 yıl ve üzeri cevabını vermiştir. Bu oranı %27,1 ile 6-10 yıl arası, %22,9 ile 1 - 5 yıl arası, %14,3 ile 11-15 yıl arası, %4,3 ile 16-20 yıl arası iş tecrübesi takip etmektedir.

4. Soru: Binalarda yangın olgusuyla ilgili bilgilerinizi ve/veya deneyimlerinizi nasıl edindiniz? (Birden fazla işaretleme yapabilirsiniz)

**Çizelge 5.4 : Binalarda Yangın Gelişimi Hakkında Başvurulan Kaynaklar.**

<b>Bilgi ve/veya Deneyim Kaynağı</b>	<b>f</b>	<b>Sıralama</b>
Yaptığım iş gereği zorunlu olarak	45	1
Üniversite, teknik kurs, işyeri vb. yerde eğitim alarak	28	2
Konuyla ilgili tez, makale, kitap vb. eser yayınlamak	15	3
Konferans, sempozyum vb. etkinliklere katılarak	5	4
Diğer	1	5

Çizelge 5.4'te görüldüğü üzere binalarda yangın olgusu ile ilgili bilgi edinmede, ilk sırada 45 adet yanıtla 'yaptığım iş gereği zorunlu olarak' cevabı ilk sırada yer almıştır. Bu yanıtı 28 adet yanıtla 'üniversite, teknik kurs, işyeri vb. ortamda eğitim alınarak' cevabı takip etmiştir. 15 adet katılımcı konferans, sempozyum vb. etkinliklere katılarak tecrübe kazanmış olup 5 katılımcı ise konu ile ilgili tez, makale, kitap vb. eser yayınlamıştır. Diğer seçeneğini dolduran katılımcı ise yetkin yangın

danışmanları ile çalışarak ve yayınlanmış raporları okuyarak deneyim kazandığını belirtmiştir.

5. Soru: Yeşil binalar ile ilgili bilgilerinizi ve/veya deneyimlerinizi nasıl edindiniz? (Birden fazla işaretleme yapabilirsiniz)

**Çizelge 5.5 : Yeşil Binalar ile İlgili Edinilen Tecrübe Hakkında Başvurulan Kaynaklar.**

<b>Bilgi ve/veya Deneyim Kaynağı</b>	<b>f</b>	<b>Sıralama</b>
Üniversite, teknik kurs, işyeri vb. yerde eğitim alarak	33	1
Yaptığım iş gereği zorunlu olarak	29	2
Konferans, sempozyum vb. etkinliklere katılarak	15	3
Konuyla ilgili tez, makale, kitap vb. eser yayınlamak	9	4
Diğer	5	5

Çizelge 5.5'te görüldüğü üzere yeşil binalar ile ilgili bilgi edinmede, ilk sırayı 33 adet yanıtla 'üniversite, teknik kurs, işyeri vb. ortamda eğitim alınarak' cevabı ilk sırada yer almıştır. Bu yanıtı 29 adet yanıtla 'yaptığım iş gereği zorunlu olarak' cevabı takip etmiştir. 15 adet katılımcı konferans, sempozyum vb. etkinliklere katılarak tecrübe kazanmış olup 9 katılımcı ise konu ile ilgili tez, makale, kitap vb. eser yayınlamıştır. Diğer seçeneğini dolduran katılımcılar ise literatür taraması yaparak, internet üzerinden araştırma yaparak, yeşil itfaiye projesi için proje hazırlık aşamasında hazırlık yaparak deneyim kazandığını belirtmiştir.

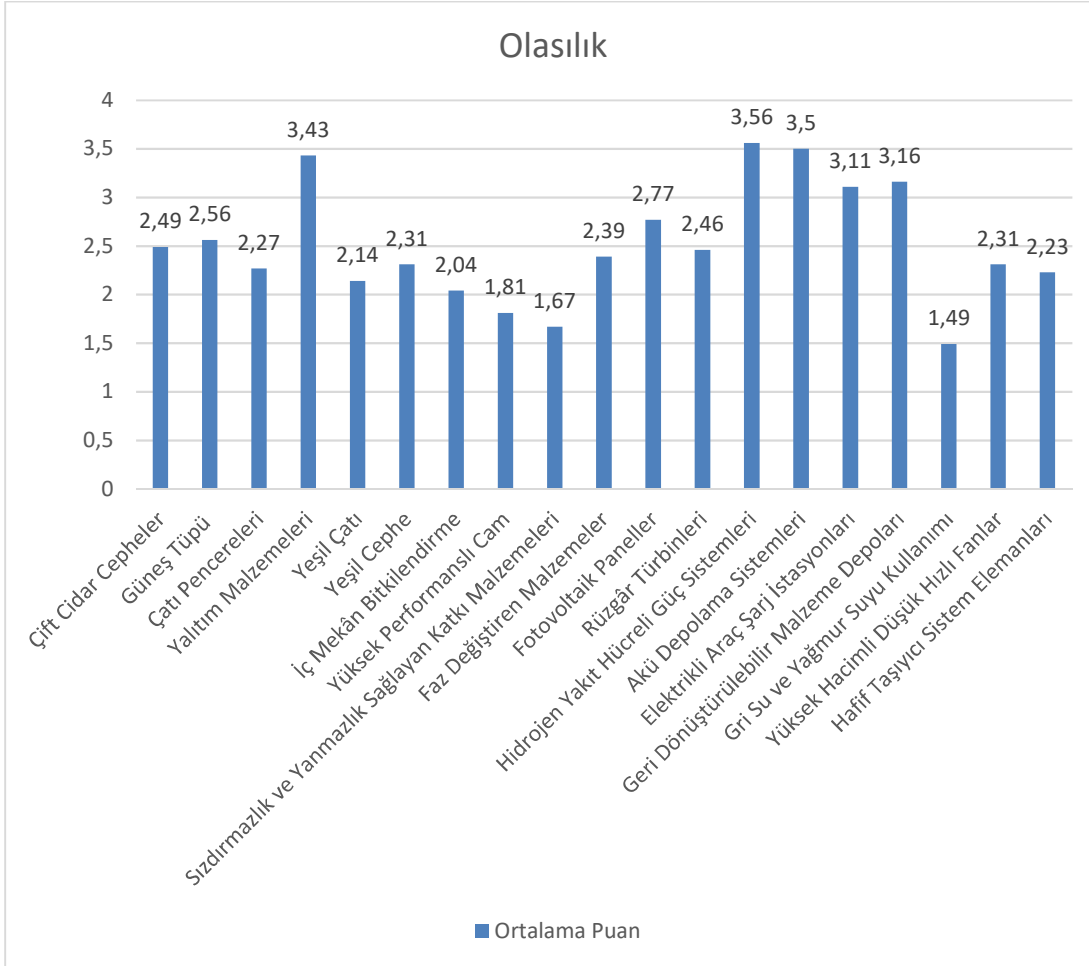
#### **5.4.2 Yangın risk değerlendirmesi**

Bu bölümde yeşil binalarda yer alan eklentilere yönelik yangın risk analizinin yapılmasına dair sorular katılımcılara yöneltilmiştir.

Risk analiz metodu olarak L tipi risk analiz matrisi kullanılmıştır. Yeşil bina eklentilerinin analiz edilmesine yönelik sorular L tipi matris formatına uygun olarak hazırlanmıştır. Bu doğrultuda tezin dördüncü bölümünde belirtilen 20 eklentinin 1-5 puan üzerinden değerlendirilmesi istenmiştir. Puanlamada 1 en düşük, 5 ise en yüksek puanı temsil etmektedir. Değerlendirme, 20 yeşil bina eklentisi için olasılık ve şiddet üzerinden ayrı ayrı yapılmıştır. Olasılık, eklentiden kaynaklı yangın

meydana gelme ihtimali ifade ederken şiddet ise eklentiden kaynaklı meydana gelen yangının hasar derecesi belirtmektedir.

6. Soru: Aşağıda yer alan yeşil bina eklentilerinin yangın yönünden oluşturabileceği riskin olasılığını puanlayınız. (puanlamada 1 en düşük, 5 en yüksek puanı ifade etmektedir)



**Şekil 5.3 :** Yeşil Bina Eklentilerinde Yangın Riskinin Olasılık Üzerinden Puanlaması.

Yeşil bina eklentilerinde yangın riskinin olasılık üzerinden değerlendirilmesinde, ankete katılan 70 katılımcının her bir eklenti için 1-5 (1 en düşük, 5 en yüksek) puanlama sistemi üzerinden vermiş olduğu puanın ortalaması Şekil 5.3'te gösterilmiştir. Puanlamada ilk beş sırayı 3,56 ile hidrojen yakıt hücreli güç sistemleri, 3,50 ile akü depolama sistemleri, 3,43 ile yalıtım malzemeleri, 3,16 ile geri dönüştürülebilir malzeme depoları ve 3,11 ile elektrikli araç şarj istasyonları oluşturmaktadır. Bunları sırasıyla 2,77 ile fotovoltaik paneller, 2,56 ile güneş tüpü, 2,49 ile çift cidar cephe, 2,46 ile rüzgar türbinleri, 2,39 ile faz değiştiren malzemeler,

2,31 ile yeşil cephe, 2,31 ile yüksek hacimli düşük hızlı fanlar, 2,27 ile çatı pencereleri, 2,23 ile hafif taşıyıcı sistem elemanları, 2,14 ile yeşil çatı, 2,04 ile iç mekan bitkilendirme, 1,81 ile yüksek performanslı cam, 1,67 ile sızdırmazlık ve yanmazlık sağlayan katkı malzemeleri, 1,49 ile gri su ve yağmur suyu kullanımı takip etmektedir.

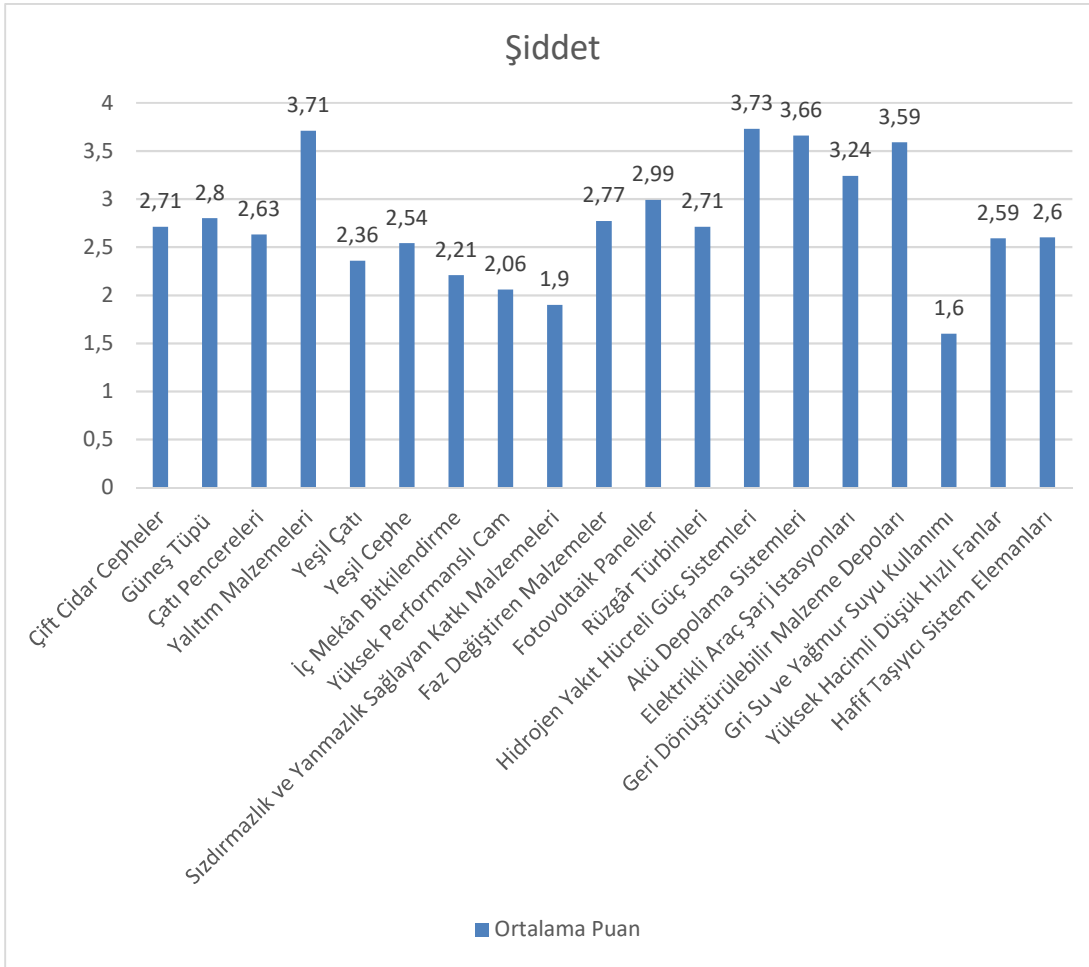
**Çizelge 5.6 : Yeşil Bina Eklentilerinde Yangın Riskinin Olasılık Puanlama Yüzdeleri.**

Yeşil Bina Eklentisi	Puan (%)				
	1	2	3	4	5
Çift Cidar Cepheler	30,0	22,9	22,9	17,1	7,1
Güneş Tüpü	20,0	31,4	27,1	15,7	5,7
Çatı Pencereleri	22,9	38,6	28,6	8,6	1,4
Yalıtım Malzemeleri	12,9	11,4	25,7	20,0	30,0
Yeşil Çatı	38,6	30,0	15,7	10,0	5,7
Yeşil Cephe	28,6	31,4	25,7	8,6	5,7
İç Mekân Bitkilendirme	38,6	32,9	18,6	5,7	4,3
Yüksek Performanslı Cam	40,0	44,3	11,4	2,9	1,4
Sızdırmazlık ve Yanmazlık Sağlayan Katkı Malzemeleri	61,4	18,6	12,9	5,7	1,4
Faz Değiştiren Malzemeler	21,4	37,1	25,7	12,9	2,9
Fotovoltaik Paneller	12,9	32,9	25,7	21,4	7,1
Rüzgâr Türbinleri	20,0	37,1	22,9	17,1	2,9
Hidrojen Yakıt Hücreli Güç Sistemleri	1,4	17,1	30,0	27,1	24,3
Akü Depolama Sistemleri	1,4	12,9	38,6	28,6	18,6
Elektrikli Araç Şarj İstasyonları	4,3	24,3	37,1	24,3	10,0
Geri Dönüştürülebilir Malzeme Depoları	4,3	25,7	27,1	35,7	7,1
Gri Su ve Yağmur Suyu Kullanımı	67,1	20,0	11,4	0,0	1,4
Yüksek Hacimli Düşük Hızlı Fanlar	22,9	31,4	37,1	8,6	0,0
Hafif Taşıyıcı Sistem Elemanları	27,1	32,9	31,4	7,1	1,4

Yeşil bina eklentilerinde olasılık üzerinden yapılan puanlamanın yüzdesel dağılımı Çizelge 5.6'da gösterilmiştir. Yukarıdaki tabloya göre katılımcılar 1 puanı en çok %67,1'le gri su ve yağmur suyu kullanımı için, en az %1,4'le hidrojen yakıt hücreli güç sistemleri ve akü depolama sistemlerinde kullanmıştır. Katılımcılar 2 puanı en çok %44,3'le yüksek performanslı cam için, en az %11,4 ile yalıtım malzemelerinde kullanmıştır. Katılımcılar 3 puanı en çok %38,6 ile akü depolama sistemlerinde, en

az %11,4'le yüksek performanslı cam ile gri su ve yağmur suyu kullanımı için kullanmıştır. Katılımcılar 4 puanı en çok % 35,7 ile geri dönüştürülebilir malzeme depoları için, en az %0 ile gri su ve yağmur suyu kullanımı için kullanmıştır. Katılımcılar 5 puanı en çok %30'la yalıtım malzemesi için, en az %0 ile yüksek hacimli düşük hızlı fanlar için kullanmıştır.

7. Soru: Aşağıda yer alan yeşil bina eklentilerinin yangın yönünden oluşturabileceği riskin şiddetini puanlayınız. (puanlamada 1 en düşük, 5 en yüksek puanı ifade etmektedir)



**Şekil 5.4 :** Yeşil Bina Eklentilerinin Şiddet Üzerinden Puanlaması.

Yeşil bina eklentilerinde yangın riskinin şiddet üzerinden değerlendirilmesinde, ankete katılan 70 katılımcının her bir eklenti için 1-5 (1 en düşük, 5 en yüksek) puanlama sistemi üzerinden vermiş olduğu puanın ortalaması Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Puanlamada ilk beş sırayı 3,73 ile hidrojen yakıt hücreli güç sistemleri, 3,71 ile yalıtım malzemeleri, 3,66 ile akü depolama sistemleri, 3,59 ile geri dönüştürülebilir malzeme depoları ve 3,24 ile elektrikli araç şarj istasyonları

oluşturmaktadır. Bunları sırasıyla 2,99 ile fotovoltaik paneller, 2,80 ile güneş tüpü, 2,77 ile faz değıştiren malzemeler, 2,71 ile çift cidar cephe, 2,71 ile rüzgar türbinleri, 2,63 ile çatı pencereleri, 2,60 ile hafif taşıyıcı sistem elemanları, 2,59 ile yüksek hacimli düşük hızlı fanlar, 2,54 ile yeşil cephe, 2,36 ile yeşil çatı, 2,21 ile iç mekan bitkilendirme, 2,06 ile yüksek performanslı cam, 1,90 ile sızdırmazlık ve yanmazlık sağlayan katkı malzemeleri, 1,60 ile gri su ve yağmur suyu kullanımı takip etmektedir.

**Çizelge 5.7 : Yeşil Bina Eklentilerinde Yangın Riskinin Şiddet Puanlama Yüzdeleri.**

Yeşil Bina Eklentisi	Puan (%)				
	1	2	3	4	5
Çift Cidar Cepheler	18,6	32,9	21,4	12,9	14,3
Güneş Tüpü	15,7	25,7	30,0	20,0	8,6
Çatı Pencereleri	20,0	30,0	25,7	15,7	8,6
Yalıtım Malzemeleri	5,7	17,1	17,1	20,0	40,0
Yeşil Çatı	34,3	22,9	22,9	12,9	7,1
Yeşil Cephe	30,0	21,4	21,4	18,6	8,6
İç Mekân Bitkilendirme	34,3	30,0	22,9	5,7	7,1
Yüksek Performanslı Cam	34,3	37,1	20,0	5,7	2,9
Sızdırmazlık ve Yanmazlık Sağlayan Katkı Malzemeleri	52,9	20,0	15,7	7,1	4,3
Faz Değıştiren Malzemeler	10,0	34,3	31,4	17,1	7,1
Fotovoltaik Paneller	11,4	18,6	38,6	22,9	8,6
Rüzgâr Türbinleri	18,6	25,7	24,3	28,6	2,9
Hidrojen Yakıt Hücreli Güç Sistemleri	4,3	11,4	22,9	30,0	31,4
Akü Depolama Sistemleri	2,9	11,4	34,3	20,0	31,4
Elektrikli Araç Şarj İstasyonları	10,0	18,6	30,0	20,0	21,4
Geri Dönüşürülebilir Malzeme Depoları	2,9	15,7	30,0	22,9	28,6
Gri Su ve Yağmur Suyu Kullanımı	58,6	27,1	11,4	1,4	1,4
Yüksek Hacimli Düşük Hızlı Fanlar	18,6	30,0	31,4	14,3	5,7
Hafif Taşıyıcı Sistem Elemanları	20,0	28,6	31,4	11,4	8,6

Yeşil bina eklentilerinde olasılık üzerinden yapılan puanlamanın yüzdesel dağılımı Çizelge 5.7’de gösterilmiştir. Yukarıdaki tabloya göre katılımcılar 1 puanı en çok %58,6 ile gri su ve yağmur suyu kullanımı için, en az %2,9 ile geri dönüşürülebilir malzeme depoları ve akü depolama sistemleri için kullanmıştır. Katılımcılar 2 puanı en çok %37,1 ile yüksek performanslı cam için, en az %11,4 ile hidrojen yakıt

hücreli güç sistemleri ve akü depolama sistemleri için kullanmıştır. Katılımcılar 3 puanı en çok %38,6 ile fotovoltaik paneller, en az %11,4'le gri su ve yağmur suyu kullanımı için kullanmıştır. Katılımcılar 4 puanı en çok % 30 ile hidrojen yakıt hücreli güç sistemleri, en az %1,4 ile gri su ve yağmur suyu kullanımı için kullanmıştır. Katılımcılar 5 puanı en çok %40'la yalıtım malzemesi, en az %1,4 ile gri su ve yağmur suyu kullanımı için kullanmıştır.

Risk matrisi, L tipi risk analizinde olasılık ve şiddetin çarpılmasıyla elde edilmektedir. L tipi risk matrisinde puan dağılımına bağlı olarak oluşan risk seviyesi Şekil 5.5'de gösterilmiştir.

R=Olasılık X Şiddet		Şiddet					
		Çok Ciddi	Ciddi	Orta	Hafif	Çok Hafif	
		5	4	3	2	1	
Olasılık	Çok Yüksek	5	25	20	15	10	5
	Yüksek	4	20	16	12	8	4
	Orta	3	15	12	9	6	3
	Küçük	2	10	8	6	4	2
	Çok Küçük	1	5	4	3	2	1

**Şekil 5.5 :** Yeşil Bina Eklentilerinin Şiddet Üzerinden Puanlaması.

Risk seviyelerine ilişkin renk tanımları Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.8 :** Risk Matrisi.

	<b>Yüksek Risk Seviyesi</b> (Risk seviyesi düşürülmeden kullanımı sakıncalıdır, acil tedbir gerektirir)
	<b>Ortalama Risk Seviyesi</b> (Tedbir alınmalıdır, kontrollü kullanımı sağlanabilir)
	<b>Düşük Risk Seviyesi</b> (Acil tedbir gerektirmez ancak önlemler düşünülebilir)

Risk matrisinde çarpım için tam sayı gereklidir. Çünkü matris tablosunda virgüllü rakamlar için belli bir sayı aralığı bulunmamaktadır. Bu yüzden elde edilen olasılık ve şiddet puanları yuvarlanarak risk matrisi elde edilmiştir. Yuvarlama yapılırken onda birler ve yüzde birler basamaklarındaki rakamlar beşin altında ise önceki sayı aynı bırakılmış beş ve üzeri ise önceki sayıya bir eklenerek tam sayıya çevrilmiştir. Örneğin  $2,48 \approx 2,5 \approx 3$  veya  $2,27 \approx 2$  şeklinde. Çizelge 5.9, anket içerisinde yer alan puanlama sonucu oluşan risk matrisine göre her bir eklentinin ayrı ayrı risk seviyesini göstermektedir.



**Çizelge 5.9 : Yeşil Bina Yangın Risk Matrisi.**

Yeşil Bina Eklentisi	Olasılık*	Şiddet*	Risk Matrisi
Çift Cidar Cephe	2,49 ≈ 3	2,71 ≈ 3	9
Güneş Tüpü	2,56 ≈ 3	2,80 ≈ 3	9
Çatı Pencereleri	2,27 ≈ 2	2,63 ≈ 3	6
Yalıtım Malzemeleri	3,43 ≈ 3	3,71 ≈ 4	12
Yeşil Çatı	2,14 ≈ 2	2,36 ≈ 2	4
Yeşil Cephe	2,31 ≈ 2	2,54 ≈ 3	6
İç Mekan Bitkilendirme	2,04 ≈ 2	2,21 ≈ 2	4
Yüksek Performanslı Cam	1,81 ≈ 2	2,06 ≈ 2	4
Sızdırmazlık ve Yanmazlık Sağlayan Katkı Malz.	1,67 ≈ 2	1,90 ≈ 2	4
Faz Değiştiren Malzemeler	2,39 ≈ 2	2,77 ≈ 3	6
Fotovoltaik Paneller	2,77 ≈ 3	2,99 ≈ 3	9
Rüzgar Türbinleri	2,46 ≈ 3	2,71 ≈ 3	9
Hidrojen Yakıt Hücreli Güç Sistemleri	3,56 ≈ 4	3,73 ≈ 4	16
Akü Depolama Sistemleri	3,50 ≈ 4	3,66 ≈ 4	16
Elektrikli Araç Şarj İstasyonları	3,11 ≈ 3	3,24 ≈ 3	9
Geri Dönüştürülebilir Malzeme Depoları	3,16 ≈ 3	3,59 ≈ 4	12
Gri Su ve Yağmur Suyu Kullanımı	1,49 ≈ 2	1,60 ≈ 2	4
Yüksek Hacimli Düşük Hızlı Fanlar	2,31 ≈ 2	2,59 ≈ 3	6
Hafif Taşıyıcı Sistem Elemanları	2,23 ≈ 2	2,60 ≈ 3	6

\* Tablonun olasılık ve şiddet sütunlarında yer alan ≈ işareti, virgüllü rakamın risk matrisine uygun sayıya çevrilmiş halini ifade etmektedir.

8. Soru: Türkiye’de yeşil bina sıfatını taşıyan yapıların yangın emniyeti bakımından risk içerdiğini düşünüyor musunuz?

**Çizelge 5.10 : Türkiye’de yeşil bina sıfatını taşıyan yapıların yangın emniyeti bakımından risk içerdiğini düşünüyor musunuz? sorusunun dağılımı.**

	<i>f</i>	%
<b>Evet</b>	43	61,4
<b>Hayır</b>	27	38,6
<b>Toplam</b>	70	100

Çizelge 5.10’da görüldüğü gibi katılımcıların %61,4’ü yeşil binaları yangın emniyeti açısından riskli bulurken %38,6’sı risk içermediğini düşünmektedir.

9. Soru: Türkiye’de geçerli yeşil bina sertifika sistemleri, yangın emniyeti bakımından yeterli düzeyde midir?

**Çizelge 5.11 : Türkiye’de geçerli yeşil bina sertifika sistemleri, yangın emniyeti bakımından yeterli düzeyde midir? sorusunun dağılımı.**

	<i>f</i>	%
<b>Evet</b>	19	27,1
<b>Hayır</b>	51	72,9
<b>Toplam</b>	70	100

Çizelge 5.11’de görüldüğü gibi katılımcıların % 72,9’u ülkemizde geçerli yeşil bina sertifika sistemlerini yangın emniyeti bakımından yetersiz bulurken %27,1’i ise yeterli bulduğunu ifade etmektedir.

10. Soru: Binaların Yangından Korunması Hakkında yönetmelik hükümleri, yeşil bina eklentileri hakkında yeterli düzeyde midir?

**Çizelge 5.12 :** Binaların Yangından Korunması Hakkında yönetmelik hükümleri, yeşil bina eklentileri hakkında yeterli düzeyde midir? sorununun dağılımı.

	<i>f</i>	%
<b>Evet</b>	13	18,6
<b>Hayır</b>	57	81,4
<b>Toplam</b>	70	100

Şekil 5.12’de görüldüğü üzere katılımcıların %81,4’dü Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik hükümlerini yeşil bina eklentileri açısından yetersiz bulurken %18,6’sı yeterli bulmaktadır.

Anket formunda yer alan 11, 12 ve 13. sorular açık uçlu (yoruma dayalı) ve yanıtlanması zorunlu olmayan sorular olup söz konusunu üç soruya ait gelen yanıtlardan anket sonuçlarının değerlendirilmesi bölümünde faydalanılmıştır.

#### 5.4.3 Anketin Güvenilirlik Analizi

Anketin güvenilirlik sınaması için kullanılan kriterler; “Cronbach’s Alpha (CA), İkiye Bölme (split), Paralel ve Mutlak Kesin Paralel (strict)” şeklindedir. Kullanılan tüm kriterlerden bulunan sonuç %70’i geçtiğinde iç tutarlık ve güvenilirlik sağlanmış olur.

Çizelge 5.13’te görüldüğü gibi 4 kriter sonuçlarında %70 değeri geçilmiş, güvenilirlik sağlanmıştır. Böylece analiz çıktılarının da güvenilir olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 5.13 :** Anketin güvenilirlik analizleri sonuçları.

<b>Kriterler</b>	<b>Anketin Güvenirlilik Sonuçları</b>
Cronbach’s_Alpha	0.936
Split	0.930-0.937
Paralel	0.936
Strict	0.935

## 5.5 Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Katılımcı profillerine dair anket verileri incelendiğinde;

Katılımcıların çoğunlukla 21 yıl ve üzeri iş tecrübesine sahip oldukları görülmekte olup buna en yakın iş tecrübesi ise 6-10 yıl arasındadır. Bu veri, katılımcıların büyük oranda tecrübe sahibi çalışanlar olduğunu göstermektedir.

Katılımcıların mesleki bilgileri incelendiğinde 12 farklı branş mezuniyeti ile geniş çaplı bir katılımın söz konusu olduğu görülmektedir. Bu branşlar arasında mimar ve inşaat mühendisliği, 34 ve 21 katılımcı ile en yaygın meslekler olmuştur.

Katılımcıların mesleki unvanları incelendiğinde 10 farklı meslek unvanının işaretlendiği belirlenmiştir. Bu unvanlar arasında tasarımcı, akademisyen, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nda görevli iş müfettişi, iş güvenliği uzmanı, şantiye şefi, itfaiye şefi, yeşil bina değerlendirme uzmanı gibi mesleki unvana sahip katılımcıların çoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu veri, geniş bir katılımın yanı sıra yeşil binalarda yangın riskini değerlendirebilecek niteliğe sahip kişilerin çoğunlukta olduğunu göstermektedir.

Veriler incelendiğinde her katılımcının yangın ve yeşil bina konusunda bilgi sahibi olduğu görülmektedir. Katılımcılar, binalarda yangın olgusuyla ilgili bilgi ve/veya tecrübelerini büyük oranda yaptığı iş gereği edinmiş olup yeşil binalarla ilgili bilgi ve/veya tecrübelerini ise çoğunlukla üniversite, teknik kurs, işyeri vb. yerde eğitim alarak edinmişlerdir.

Yeşil binalarda yangın risk analizine dair sorular incelendiğinde;

Katılımcıların %61,4'ü yeşil bina sıfatı taşıyan yapıların yangın güvenliği açısından risk içerdiğini düşünmektedir. Bu oran yeşil binaların yangın riski içerebileceği iddiası açısından önemlidir. Risk içeriğinde ise katılımcılar tarafından en riskli görülen yeşil bina eklentileri; hidrojen yakıt hücreli güç sistemleri ve akü depolama sistemleridir. Orta seviyede riskli görülen eklentiler yalıtım malzemeleri, geri dönüştürülebilir malzeme depoları, PV paneller, rüzgar türbinleri, güneş tüpü, çift cidar cephelerdir. Geriye kalan eklentiler ise düşük risk seviyesinde çıkmıştır.

Yeşil binalarda yangın güvenliği ile ilgili yapılan literatür taramaları ve anket sonucunda oluşan katılımcı verileri doğrultusunda yangın risk analiz tablosu oluşturulmuştur. Tabloda, tezde belirtilen her bir eklenti sürdürülebilir özellikleri,

olası yangın tehlikesi, risk seviyesi ve potansiyel risk azaltma stratejileri başlıkları altında detaylı olarak ifade edilmiştir. Yeşil binalarda yangın risk değerlendirmesine ilişkin içerik Çizelge 5.14’te verilmiştir.

**Çizelge 5.14 : Yeşil Bina Yangın Risk Analizi.**

Yeşil Bina Eklentisi	Sürdürülebilir Özellik	Tehlike	Risk Seviyesi	Risk Azaltma Stratejileri*
<b>Sürdürülebilir Yapı Tasarımları</b>				
Çift Cidar Cephe	Doğal Havalandırma, Enerji Verimliliği, Akustik Konfor	Duman ve alev katlar arası yayılmasında baca etkisi görevi görebilir. Bulunduğu alanın termal özelliklerini değiştirebilir. İtfaiye müdahalesini engelleyebilir. Malzeme düşme (cam parçaları vb.) riski oluşturabilir.		Katlar arasında uygun yangın durdurucu sistemler ile bölümlenmeler yapılmalıdır. Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Yağmurlama sistemi kullanılabilir. Duman ve ısı detektörleri kullanılmalıdır.
Güneş Tüptü	Doğal Aydınlatma, Enerji Verimliliği	Duman ve alev yayılmasında baca etkisi görevi görebilir. Bulunduğu alanın termal özelliklerini değiştirebilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Yağmurlama sistemi kullanılabilir. Duman ve ısı detektörleri kullanılmalıdır.
Çatı Pencereleri	Doğal Aydınlatma, Enerji Verimliliği	İtfaiye müdahalesini engelleyebilir. Malzeme düşme (cam parçaları vb.) riski oluşturabilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir.
<b>Yapıda Kullanılan Malzemeler ve Kaplamalar</b>				
Yalıtım Malzemeleri	Enerji Verimliliği, Isıl Konfor, Akustik Konfor	Kullanılan malzeme türüne bağlı olarak duman ve toksik ürün oluşumuna, alev yayılmasına neden olabilir, yangın yüküne katkıda bulunabilir. Bulunduğu alanın termal özelliklerini değiştirebilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Petrol türevli malzemelerin hava ile teması kesilmelidir. Yangın bariyeri kullanılmalıdır. Yağmurlama sistemi kullanılabilir. Duman ve ısı detektörleri kullanılmalıdır.
Yeşil Çatı	Ekolojik Yaklaşım (kentsel ısı ada etkisinin azaltılması), Isıl Konfor	Alev yayılmasına neden olabilir, yangın yüküne katkıda bulunabilir. İtfaiye müdahalesini engelleyebilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Kuruyan bitkililerin periyodik olarak bakım ve temizlikleri yapılmalıdır.

**Çizelge 5.14 (devam) : Yeşil Bina Yangın Risk Analizi.**

Yeşil Bina Eklentisi	Sürdürülebilir Özellik	Tehlike	Risk Seviyesi	Risk Azaltma Stratejileri*
Yeşil Cephe	Ekolojik Yaklaşım (kentsel ısı ada etkisinin azaltılması)	Alevin yayılmasına neden olabilir, yangın yüküne katkıda bulunabilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Kuruyan bitkililerin periyodik olarak bakım ve temizlikleri yapılmalıdır. Etki alanı sınırlandırılmalıdır.
İç Mekan Bitkilendirme	Ekolojik Yaklaşım (kentsel ısı ada etkisinin azaltılması)	Alevin yayılmasına neden olabilir, yangın yüküne katkıda bulunabilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Bitki örtüsünün yangın riski yönetilmelidir.
Yüksek Performanslı Cam	Enerji Verimliliği, Isıl Konfor	Flashover evresine erken ulaşımına neden olabilir. İtfaiye müdahalesini engelleyebilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Duman tahliyesi için menfezler temin edilebilir.
Sızdırmazlık ve Yanmazlık Sağlayan Katkı Malzemeleri	Enerji Verimliliği, Isıl Konfor	Flashover evresine erken ulaşımına neden olabilir. Bulunduğu alanın termal özelliklerini değiştirebilir. Zehirli gaz, toksit ürün oluşumuna neden olabilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Duman tahliyesi için menfezler temin edilebilir.
Faz Değişim Malzemeler	Enerji Üretimi, Isıl Konfor	Bulunduğu alanın termal özelliklerini değiştirebilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir.
<b>Alternatif Enerji Kaynakları</b>				
Fotovoltaik Paneller	Enerji Üretimi	İtfaiye müdahalesinde elektrik çarpma tehlikesi oluşturur. Arızaya bağlı potansiyel tutuşma tehlikesi oluşturur. Zarar görmesi durumunda toksit maddeler salabilir. Yangın yüküne katkıda bulunabilir. Malzeme düşme riski oluşturabilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Panellerin ilk kurulumu ve periyodik kontrolleri uzman kişilerce yapılmalıdır. Yangın riski yüksek bölümlerde kurulmamalı, kurulumu zorunlu ise yanıcı madde ile arasında termal bariyer oluşturulmalıdır. Acil durum güç kesinti şarteli bulunmalı, kesinti sonrası enerji kalacak bölümler açıkça işaretlenmelidir. Kurulum alanı sınırlandırılabilir.

**Çizelge 5.14 (devam) : Yeşil Bina Yangın Risk Analizi.**

Yeşil Bina Eklentisi	Sürdürülebilir Özellik	Tehlike	Risk Seviyesi	Risk Azaltma Stratejileri*
<b>Alternatif Enerji Kaynakları</b>				
Rüzgar Türbinleri	Enerji Üretimi	Arızaya bağlı potansiyel tutuşma tehlikesi oluşturur. Alevin yayılmasına neden olabilir, yangın yüküne katkıda bulunabilir. İtfaiye müdahalesini engelleyebilir.		Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Türbinlerin ilk kurulumu ve periyodik kontrolleri uzman kişilerce yapılmalıdır. Yangın riski yüksek bölümlerde kurulmamalıdır. Kurulum alanı sınırlandırılabilir.
Hidrojen Yakıt Hücreli Güç Sistemleri	Enerji Üretimi	Bulunduğu ortamda patlama tehlikesi oluşturur. Yangın yüküne katkıda bulunur.		Bulunduğu alandaki elektrikli ekipmanlar exproof olmalıdır. Doğru havalandırma (doğal veya mekanik) yapılmalıdır. Gaz detektörü bulunmalı, sızıntı durumunda otomatik kapatma sistemi tesis edilmelidir. Bulunduğu alan açıkça işaretlenmeli, tutuşturucu kaynak kullanımı yasaklanmalıdır. Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Kullanım alanı sınırlandırılmalıdır.
Akü Depolama Sistemleri	Enerji Üretimi	Bulunduğu ortamda patlama ve tutuşma tehlikesi oluşturur. Yangın yüküne katkıda bulunur. Zarar görmesi durumunda toksit veya aşındırıcı maddeler salabilir.		Açık alanda tesis edilmelidir. Bulunduğu alan kapalı ise elektrikli ekipmanlar exproof olmalı, lokal havalandırma yapılmalıdır. Gaz detektörü, alarm ve müdahale sistemleri tesis edilmelidir. Yağmurlama sistemi kullanılabilir. Yerel mevzuat veya standartlarca onaylı malzemeler tercih edilmelidir. Kullanım alanı sınırlandırılmalıdır.

**Çizelge 5.14 (devam) : Yeşil Bina Yangın Risk Analizi.**

Yeşil Bina Eklentisi	Sürdürülebilir Özellik	Tehlike	Risk Seviyesi	Risk Azaltma Stratejileri*
<b>Alternatif Enerji Kaynakları</b>				
Elektrikli Araç Şarj İstasyonları	Enerji Üretimi	Bulunduğu ortamda patlama ve tutuşma tehlikesi oluşturabilir. Dış koşullara maruz kalırsa elektrik çarpması riski oluşturabilir.		Gaz detektörü ve alarm sistemi tesis edilmelidir. Doğru havalandırma (doğal veya mekanik) yapılmalıdır. Bulunduğu alan açıkça işaretlenmelidir.
<b>Sürdürülebilir Yapı Sistemleri</b>				
Geri dönüştürülebilir Malzeme Depoları	Malzeme ve Kaynak Kullanımında Verimlilik, Atık Yönetimi	Alevin yayılmasına neden olabilir, yangın yüküne katkıda bulunabilir.		Duman detektörleri kullanılmalıdır. Yağmurlama sistemi kullanılabilir.
Gri Su ve Yağmur Suyu Kullanımı	Su Verimliliği, Atık Yönetimi	Yağmurlama ve hidrant sistemleri üzerinde mikrobiyolojik korozyon etkisi yaratabilir. Kullanıcı ve itfaiye ekiplerine karşı biyolojik tehlike içerebilir.		Yağmurlama ve hidrant sistemlerinde kullanılan suyun hijyen koşullarında risk yaratmayacak şekilde artırılması sağlanmalıdır.
Yüksek Hacimli Düşük Hızlı Fanlar	Enerji Verimliliği, Isıl Konfor	Yağmurlama sistemi ve algılayıcı performansını etkileyebilir. Duman ve alevin yayılmasına neden olabilir.		Fanlar, sprinkler sistemi en az etkileyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Acil durumda devreye giren otomatik durdurma sistemi olmalıdır.
Hafif Taşıyıcı Sistem Elemanları	Malzeme ve Kaynak Kullanımında Verimlilik	Fonksiyonunu daha hızlı yitirerek stabilite problemlerine neden olabilir. Yangın yüküne katkıda bulunabilir.		Bina yüksekliğine ve kullanım türüne göre yasal sınırlaması getirilebilir. Söndürme ve algılama sistemleri kullanılabilir.
* Risk azaltma stratejileri belirlenirken anketin 11. sorusuna gelen yanıtlardan destek alınmıştır.				

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi anket sonucunda 19 eklentinin 9 tanesi önlem almayı gerektirir risk seviyesinde (yüksek veya orta seviye) çıkmıştır. Yine katılımcıların %61,4'dü yeşil binaların yangın emniyeti açısından risk içerdiğini düşünmektedir. Hem anket verileri hem de konu hakkında yapılan çalışmalar, yeşil bina sıfatı taşıyan yapıların ek yangın risk unsurları yaratabileceğini ortaya koymaktadır. Yeşil binaları diğer binalardan ayıran sürdürülebilir eklentilerin risk oluşturabileceği açıktır.

Sürdürülebilir eklentiler arasında, anket sonucu en riskli bulunanlar hidrojen yakıt hücreli güç sistemleri ve akü depolama sistemleri olmuştur. Her iki sistemde hidrojen

kaynaklı paylayıcı ortam oluşma riski içerdiği için yüksek risk seviyesinde çıkmış olabilir. Bu sistemlerin yaratabileceği risk unsurları bina kullanıcıları tarafından iyi bilinmeli, farkındalık oluşturulmalıdır. Olası bir patlamanın yaratacağı maddi ve manevi kayıplar çok ağır olacaktır. Tedbir alma noktasında gerekli çalışmalar yapılmadan kullanımları sakıncalıdır. Kullanım alanı sınırlandırılmalıdır. İkame yöntemiyle yerine daha düşük tehlikeye sahip, aynı görevi görebilecek başka sürdürülebilir sistemler tercih edilebilir.

Orta risk seviyesine sahip eklentiler arasında yer alan yalıtım malzemeleri, PV paneller, rüzgar türbinleri ve geri dönüşüm depo alanlarıyla ilgili kayıtlara geçmiş yangın vakaları oldukça fazladır. Geçmiş vaka örnekleri, risk tespitin yapılmasında ana etkenler arasında yer almaktadır. Katılımcılar tarafından bu eklentilerin riskli bulunmasında geçmiş yangın olaylarının etkili olduğu düşünülebilir. Ancak bu eklentilerin riskli çıkmasında, tek etken olarak vaka örneklerini etkin görmemek gerekir. Her bir eklenti kendine özgü risk taşımaktadır.

PV paneller ve rüzgar türbinleri gibi mekanik sistemlerin kendilerine has risk içerikleri kullanıcılar ve müdahale ekiplerince iyi bilinmesi önemlidir. Bu sistemlerin ilk kurlumu ile periyodik bakım, onarım ve kontrolleri yetkin kişilerce yapılmalı, sistemden kaynaklı riskleri en aza indirmek için onaylı ve listelenen ürünler tercih edilmelidir. Domino etkisi yaratmayacak şekilde mesafe, yangın duvarı vb. tedbirler alınmalıdır. Yanıcı malzeme üzerine kurulmamalıdır. Kurulduğu bölüme bağlı olarak kullanım alanı sınırlandırılabilir.

Kolay yanıcı özelliğe sahip yalıtım malzemeleri yangın yükünü arttırmakta, malzeme türe bağlı olarak toksit özellikler gösterebilmektedir. Bu doğrultuda yangın dayanımı yüksek olan taş yünü, cam yünü vb. malzemeler tercih edilmelidir. Katılımcı önerileri arasında yer alan cellubor malzemesi yüksek seviyede yangın dayanımına sahiptir. Atık kağıtların geri dönüşümünden elde edilen sellüloz yünü ile üretilen bor katkılı cellubor yalıtım malzemeleri hem sürdürülebilir özellikleri hem de yerli üretim olması nedeniyle yeşil binalarda kullanımı oldukça uygundur (Url-20).

Geri dönüştürülebilir malzeme depo alanlarında solvent, pil vb. içerikli materyaller ayrıştırılarak depolanmalıdır. Yanıcı veya parlayıcı özelliğe sahip atık malzemelerin etrafında sigara kullanımı, elektrik tesisatı, kablo vb. tutuşturucu kaynak



bulunmamalıdır. Depolama alanı kapalı bölümde ise duman detektörü bulunmalıdır, alanın büyüklüğüne göre yağmurlama sistemi tesis edilebilir.

Diğer orta risk seviyeli eklenti olan elektrikli araç şarj istasyonları, mümkün olduğunca kullanıcılardan uzakta konumlandırılmalıdır. Kapalı alanda kurulmuş ise araç tipine bağlı olarak hidrojen gazı açığa çıkabileceği için patlama riskine karşı aktif ve pasif önlemler alınmalıdır. Elektrikli araç üretimindeki artış göz önünde bulundurularak gelecek yıllarda sıklıkla karşılaşacağımız bir ürün olacağından dolayı oluşturabileceği riskler doğru analiz edilerek ek tedbirler alınmalıdır.

Çift cidar cepheler ve güneş tüpleri, katılımcılar tarafından orta risk seviyeli eklentiler olarak belirlenmiştir. Her iki eklenti de baca etkisine neden olabilecek sistemler olup bu etkiyi önlemek için alınacak tedbirler arasında alevin ilerlemesini engelleyecek yangın durdurucu sistemler önem kazanmaktadır. Etkinin büyüklüğüne bağlı olarak özel önlemler alınabilir. Duman ve ısı detektörleri kullanılmalıdır. Onaylanmış ve listelenen ürünler tercih edilmelidir.

Düşük risk seviyesine sahip eklentiler göz ardı edilmemelidir. Çizelge 5.14'te belirtilen risk azaltıcı stratejiler uygulanabilir.

Mevzuatla ilgili sorular incelendiğinde katılımcıların %81,4'ü Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik hükümlerini yeşil bina özelinde yetersiz bulmaktadır. Hemen hemen her beş katılımcıdan dördünün yangın yönetmeliğini yeterli bulmaması, üzerinde düşünülmesini gerektiren bir veridir. Yönetmelik maddeleri, sürdürülebilir anlayışla gelen yeni teknolojik sistemleri ve tasarım dilini bütünüyle kapsamamakta olup yeni düzenlemeleri zorunlu kılmaktadır. Uzman kişilerin desteği ile yönetmelik hükümlerinde güncellemeler yapılabilir.

Sertifika sistemlerine baktığımız zaman katılımcıların %72,9'luk oranıyla büyük bir çoğunluğu Türkiye'de uygulamada olan yeşil bina sertifika sistemlerini yangın güvenliği açısından yeterli bulmamaktadır. Bu oran, sertifika sistemlerinde "yangın emniyeti" başlığı altında sertifikasyon sürecinde ön koşul veya puan kazandıran bir bölüm olarak eklenmesi gerekliliğini desteklemektedir. Uygulamada olan mevcut derecelendirme sistemleri arasında yalnızca DGNB sertifika sisteminde yangınla ilgili ayrı bir başlık açılmış olup diğer sistemlerin yeni versiyonlarında konu hakkında çalışmalar yapılabilir.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya genelinde çevre kirliliği, doğal afetler, enerji krizi, küresel ısınma gibi küresel sorunların artış göstermesi beraberinde doğal kaynaklar, ekosistem ve insan sağlığı üzerinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı, çevrenin korunması temel anlayışıyla günümüz doğal kaynaklarının bilinçli kullanılması, yenilenebilir kaynak arayışına yönelmesi gibi yöntemlerle bu tehditi ortadan kaldırmak amacıyla ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilirlik bilincindeki artış zamanla her sektöre yayılmış, çevre üzerinde oluşan tahribatta etkisi büyük olan yapı sektöründe yeşil bina kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Günümüzde yeşil bina sertifikalı yapıların sayısı giderek artmaktadır.

Yeşil binalar enerji verimliliği, su verimliliği, doğal havalandırma, doğal aydınlatma, termal ve akustik konfor, malzeme ve kaynak kullanımında verimlilik, atık yönetimi gibi birçok çevre için duyarlı sürdürülebilir yaklaşım içermektedir. Bu sürdürülebilir nitelikleri yeşil binalara kazandıran eklentilerin neden olabileceği ek yangın risk unsurlarıyla ilgili endişeler mevcut olup literatürde konu hakkında yayınlanmış kapsamlı çalışmalar bulunmaktadır. Çalışmaları destekleyici nitelikte yeterli seviyede yeşil bina yangın vakası mevcut değildir. Dünya genelinde konu ile ilgili vakalara dair istatistiki verilere ulaşmak adına kullanılabilecek nitelikte bir veri altyapısının bulunmadığı ifade edilmektedir. Bundan dolayı yeşil bina ve yangın parametrelerinde yapılacak çalışmaların sayısındaki artış önem kazanmaktadır.

Çalışmada, literatür taramaları sonucu belirlenen 20 yeşil bina eklentisinin yangın risk analizine ilişkin anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışmasında ayrıca katılımcıların konu hakkındaki görüşleri, önerileri ve mevzuatın yerindeliğine yönelik sorular da mevcuttur.

Tez içeriğinde yer alan yeşil bina eklentilerinin yangın güvenlik risk analizi hakkında oluşturulan başlıklar çeşitli seviyelerde değerlendirilmiştir. Anket sonucu tedbir alınmayı gerektirir risk seviyesinde çıkan eklentiler; çift cidar cephe, güneş tüpü, yalıtım malzemeleri, fotovoltaik paneller, rüzgar türbinleri, hidrojen yakıt hücreli güç sistemleri, akü depolama sistemleri, elektrikli araç şarj istasyonları ve geri

dönüştürülebilir malzeme depolarıdır. Bu eklentilere ilişkin tehlike tanımları, risk seviyeleri ve potansiyel çözüm önerileri tablo halinde belirtilmiş olup belirli araştırmaların incelenmesi sonucu başlıklar halinde toplanan eklentilerin yeşil bina genelinde daha anlamlı olabilmesi için söz konusu yangın emniyet risklerine ilişkin kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Sürdürülebilir sistem ve malzemelere dair varsa geçmiş yangın vakalarının incelenmesi, yapılacak deney, ölçüm ve simülasyonlar ile kaçak akım, ark oluşturma ihtimalinin, alev, duman, toksit vb. etkilerinin sayısal verilerle belirlenmesi önem arz etmektedir.

Yeşil binaların tasarım aşaması genel risk analizinden ayrı olarak ‘yangın emniyeti’ başlığı altında kapsamlı bir özel risk analizi oluşturulmalıdır. Risk analizinde, yapıya has eklentilere yönelik spesifik tedbirlerin tanımlanması, yapının proje ve işletme süreçlerinde bu analizlerin gerçekleştirilmesi önemlidir. Analizde, kullanılacak tüm yapı malzemelerinin doğru parametrelerle belirlenmesine, doğru bir şekilde kullanılmasına, yönetmelik hükümleri dahilinde yangın dayanım sertifikalarının sorgulanmasına dair çalışmalar ele alınmalıdır. Çift cidar cephe, güneş tüpü vb. tasarım tipleri için özel önlemler belirlenebilir. Yine PV panel, rüzgar türbini, hidrojen yakıt hücresel güç sistemleri vb. ekipmanların bakım, onarım ve periyodik kontrollerinin takibi risk analizinde belirtildiği şekilde yapılmalıdır. Yangın algılama ve alarm sistemleri, yağmurlama sistemi, basınçlandırma, yangın ve duman perdeleri, yangın kompartımanı vb. aktif ve pasif sistemlerin gerekliliği açıkça belirtilmelidir.

Tehlikelerden uzak olan ortamlar sağlamak amacıyla kapsamlı bir acil durum eylem planı hazırlanmalıdır. Yangın, parlama, patlama, deprem vb. acil durum senaryoları üzerinden oluşabilecek tehlikelere karşı plan dahilinde alınacak önlemler belirlenerek kullanıcıların bilgilendirmesi sağlanmalıdır. Önlemleri açıklamak için bir diyagram oluşturulabilir, acil durum krokisi hazırlanabilir. Acil eylem planına, olası bir acil durumda ilgili birimleri uyaracak alarm sistemlerine yönelik kullanım kılavuzları eklenebilir. Gerektiğinde yangın tatbikatı yapılabilir.

Türkiye’de yeşil binaların derecelendirmesinde kullanılan sistemler içinde ‘yangın emniyeti’ başlığını kriterleri arasında bulunduran tek sistem DGNB sertifika sistemidir. Sertifika sistemlerinin yangın güvenliği kapsamında yeterli değerlendirme bulunmadığı, genel olarak o ülkenin yerel mevzuatına uygunluğu kabul ettiği görülmektedir. Ülkemizde gelecek dönemlerde uygulamaya geçmesi planlanan yerel sertifika sistemlerinde yangın emniyet risklerini azaltmaya yönelik ön koşul veya

kredi kazandıracak önerilerin yer alması hem güvenlik hem de konu hakkında kolektif bilinç oluşması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca sertifika sistemlerinde risk analizi, acil durum planı vb. risk azaltıcı dokümanların düzenlenmesi hususunda zorunluk getirilmesi çok faydalı olacaktır.

Ankete katılan her beş katılımcıdan dördü BYKHY hükümlerini yeşil bina özelinde yetersiz bulmuştur. Bazı akademik çalışmalarda da benzer endişeler ifade edilmiş, yönetmeliğin revize edilmesi hususunda tavsiyelerde bulunulmuştur. Özellikle PV panel, ev tipi rüzgar türbinleri, akü depolama sistemleri vb. yeni teknolojilere göre oluşturulan sistemlere yönelik hüküm bulunmamaktadır. Yeşil binalarda kullanılan teknolojik eklentilere ait standartlar özelinde, yönetmelik hükümleri güncellenmelidir. Gelişmiş ülke mevzuatları da incelenerek öncelikle yangın riski açısından ön incelemelerin yapılması, elde edilen veri sonrasında başta ulusal yangın yönetmeliği olmak üzere tüm yasal yaptırımlar içerisinde yeşil bina tasarımına yönelik kriterlerin düzenlemesine karar verilmelidir.

Sertifika sistemleri ile BYKHY kapsamı dışında kalan ve öngörülebilir emniyet risklerine yönelik proje hazırlık safhasında yangın danışmanı ile değerlendirme yapılarak sürdürülebilirlik stratejiler belirlenmelidir. Yapının tasarım, inşaat ve işletme safhalarının her birinde, binaya ait tüm başlıklarla ilgili danışmanlık hizmeti alınabilir. Yeşil binalar ile iş sağlığı ve güvenliği kriterlerinin birlikte yürütülmesi sağlanabilir.

Sonuç olarak, yapının yeşil bina özelliği kazanmasını sağlayan eklentilerin bazıları farklı seviyelerde yangın riski taşımaktadır. Bu riskleri ortadan kaldırmak veya kabul edilebilir risk seviyesine indirmek için gerek yerel mevzuat gerekse proje yöneticileri tarafından tedbirlerin belirlenerek uygulamaya geçirilmesi gerekmektedir. Çünkü çevreye duyarlı, sürdürülebilir anlayışla ortaya çıkan yeşil binalarda meydana gelebilecek olası bir yangın sonucu oluşacak karbon ayak izi, çevre tahribatı, maddi ve manevi kayıplar, bu binaların ortaya çıkış sebebine gölge düşürmekte kalmayıp insan hayatını da doğrudan etkilediği unutulmamalıdır.



## KAYNAKLAR

- Al-Janabi, M., Thomas, G. & Donn, M.** (2014). Sustainable Building Features and Fire Safety. *In Proceedings of the Conference: Building a Better New Zealand*, Aucland, New Zealand, 3-5 September.
- Arpacı, G. S.** (2020). *Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinde Yangından Korunma*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Balcomb, D.** (1992). *Passive Solar Buildings*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Bayazıt, N. T., Şan, B. & Ökten, G.** (2011). Yeşil Bina Sertifikasyonunda Akustik Performansın Değerlendirilmesi. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 13-16 Nisan, İzmir, 1567-1577.
- Bekem, İ., Gültekin, A. B. & Dikmen, Ç. B.** (2015). Yapılarda Sürdürülebilirlik Ölçütleri Kapsamında Yangın Olaylarının İncelenmesi, *2. Uluslararası Sürdürülebilir Binalar Sempozyumu*, 28-30 Mayıs, Ankara, 288-293.
- Beyhan, F., Civelek, E. & Çetin, S.** (2018). *Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yangını Değerlendirme Raporu*. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Chitty, R. & Mitchell, J. F.** (2003). Fire Safety Engineering A Reference Guide. *Building Research Establishment*, London, 2 (30), 44-54.
- Darçın, P. & Balanlı, A.** (2012). Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 128, 33-42.
- Deolalkar, S. P.** (2016). Green Buildings: Designing Green Cement Plants. *Elsevier*, Amerika Birleşik Devletleri, 215-220.
- Dixon, W.** (2010). *The impacts of Construction and the Built Environment*. Erişim: 20 Ekim 2021, [https://www.academia.edu/34798457/The\\_Impacts\\_of\\_Construction\\_and\\_the\\_Built\\_Environment](https://www.academia.edu/34798457/The_Impacts_of_Construction_and_the_Built_Environment)
- Emrealp, S.** (2005). *Yerel Gündem 21 Uygulamalarına Yönelik Kolaylaştırıcı Bilgiler El Kitabı*. Şubat 2005 – İkinci Baskı. İstanbul: IULA-EMME Yayını.
- Erdem, S. & Arıoğlu, N.** (2016). Polimer Çatı Malzemelerinin Yangın Karşısında Davranışlarının İrdelenmesi. *8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 2–3 Haziran, İstanbul.
- Er, A. & Bozdağ, O.** (2020). Petrol ve Petrol Ürünlerinin Güvenli Depolanması. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (2), 170-179.

- Erdede, S. B., Erdede, B. & Bektaş, S.** (2014a). Kentsel Dönüşümde Yeşil Binaların Uygulanabilirliği, 5. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, 14-17 Ekim, İstanbul.
- Erdede, S. B., Erdede, B. & Bektaş, S.** (2014b). Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sertifika Sistemlerinin Değerlendirilmesi, 5. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, 14-17 Ekim, İstanbul.
- Erdede, S. B. & Bektaş, S.** (2014c). Ekolojik Açıdan Sürdürülebilir Taşınmaz Geliştirme ve Yeşil Bina Sertifika Sistemleri, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (1), 1-12.
- Geçer, E., Şentürk, İ. & Büyükgüngör, H.** (2019). Yeşil Bina Tasarımında Su ve Enerji Yönetimi Üzerine Uygulama Örneği. *GÜFBED/GUSTIJ*, 9 (2), 332-343.
- Gollner, M., Kimball, A. & Vecchiarelli, T.** (2012). Fire Safety Design and Sustainable Buildings : Challenges and Opportunities Report of a National Symposium. In *Fire Safety Design and Sustainable Buildings: Challenges and Opportunities*. NFPA
- Güleşen, E. & Yılmaz, M. H.** (2019). Yangın Emniyeti ve Cephe Tasarımı. *Yangın ve Güvenlik Dergisi*, 211, 28-36.
- Gültekin, A. B. & Bulut, B.** (2015). Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye İçin Bir Sistem Önerisi, 2. *Uluslararası Sürdürülebilir Binalar Sempozyumu*, 28-30 Mayıs, Ankara, 813-823.
- Han, R., Zhu, G. & Zhang G.** (2013) Experiment Study on the Ignition Point of XPS Foam Plastics. *Procedia Engineering*, 52, 131-136. doi: 10.1016/j.proeng.2013.02.117
- İzodergi.** (Eylül-Ekim, 2016). Yeşil Binalar, Çatılar ve Yalıtım, 121. Erişim: 20 Ekim 2021, <https://www.izoder.org.tr/dergiler/izodergi-121.pdf>
- Kanan, N. Ö. & Beyhan F.** (2013). Enerji Etkin Binalarda Çift Katmanlı Cephe Sistemlerinin Yangın Güvenliği. *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bina Fiziği Sempozyumu*, 17-20 Nisan, İzmir, 1515-1528.
- Kaya, E. Ç., Ölmezoğlu, İri, N. İ. & Pedis, K.** (2020). Ahşap ve Mobilya İmalatı Yapan Bir İşyerinde Risklerin Belirlenmesi ve Örnek Risk Analiz Çalışması, *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 25-35. doi: 10.37989/gumussagbil.532404
- Kazanasmaz, T.** (2009). Binaların Doğal Aydınlatma Performanslarının Değerlendirilmesi. *V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, 07-09 Mayıs, İzmir, Elektrik Mühendisleri Odası, 25-36.
- Keleş, R.** (1998). *Kentbilim Terimleri Sözlüğü*. Ankara: İmge Kitabevi Yayınları
- Kılıç, A.** (2017a). Londra Yüksek Bina Yangını: Eksikler, Hatalar. *TÜYAK Yangın Mühendisliği Dergisi*, 2, 24-28.
- Kılıç, A.** (2017b). Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Havalandırılması. *TÜYAK Yangın Mühendisliği Dergisi*, 1, 28-34.
- Kıasf, G. Ç.** (2016). Enerji Etkin Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Yangın Performansını İyileştirecek Yöntemler. *8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 2– 3 Haziran, İstanbul.



- Koşan, M. & Aktaş, M.** (2018). Faz Değiştiren Malzemelerle Termal Enerji Depolayan Bir Isı Değiştiricisinin Sayısal Analizi. *Politeknik Dergisi*, 21 (2), 403-409. doi: 10.2339/politeknik.389594
- Meacham, B. & McNamee, M.** (2020). Fire Safety Challenges of ‘Green’ Buildings and Attributes. Research Foundation Report; NFPA: Quincy, MA, USA.
- Meacham, B., Poole, B., Echeverria, J., Cheng, R.** (2013). Fire Safety Challenges of Green Buildings. Massachusetts: Worcester Polytechnic Institute.
- McKenna, S. T., Jones, N., Peck, G., Dickens, K., Pawelec, W., Oradei, S., Harris, S., Stec, A. A., & Hull, T. R.** (2019). Fire Behaviour of Modern Façade Materials – Understanding The Grenfell Tower Fire. *Journal of Hazardous Materials*, 368, 115–123. doi: 10.1016/j.jhazmat.2018.12.077
- McLaggan, M. S. & Gillie M.** (2017). Fire Performance of Phase Change Material Enhanced Plasterboard. *Fire Technology*, doi: 10.1007/s10694-017-0675-x.
- Mihlayanlar, E., Kartal S. & Erten, Ş. Y.** (2017). Yükseköğrenim Yapılarında Isıl Konfor Araştırılması: Mimarlık Fakültesi Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (3), 917-927. doi: 10.19113/sdufbed.83626
- Muratdağı, T.** (2015). *Rüzgar Türbinlerinin Kurulum ve Bakım Süreçlerindeki Risklerin Tespiti, Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerilerinin Sunulması*. (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi), T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Nguyen, K. T., Weerasinghe, P., Mendis, P. & Ngo, T.** (December 2016). Performance of Modern Building Façades in Fire: a Comprehensive Review. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 16 (1), 69-85.
- Olgun, B., Kurtuluş, O. & Heperkan, H.** (2010). Yeşil Binalar ve LEED. *TBMM Makine Mühendisliği Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 111, 53-59.
- Özgünler, M., Özgünler, S. A. & Arpacıoğlu Ü.** (2016). Sürdürülebilir Binaların Çatı ve Cephelerinde Oluşan Yangın Risklerinin Analizi. 8. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 2-3 Haziran, İstanbul.
- Peck, S. & Kuhn, M.** (2011). Design Guidelines for Green Roofs. Erişim: 10 Kasım 2021, <https://www.eugene-or.gov/DocumentCenter/View/1049/Design-Guidelines-for-Green-Roofs>
- Riba, A. E.** (1996). Mitchell’s Building Series: Materials, Fifth Edition, Longman
- Saka, İ.** (2011). *Sürdürülebilirlik Açısından İstanbul’da Bir Ofis Binasının Leed Sertifikalandırma Sistemi Kapsamında Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sezer, F. Ş.** (2015). Farklı Cam Türlerinin Performans Kriterlerinin İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 10 (1), 15-21.

- Shipp, M.** (2010). Fire Engineering to Improve Sustainability of Communities. *IFE AGM and Conference*, 21st – 22nd July, Hotel Russell, London.
- Sittisart, P. & Farid, M. M.** (2011). Fire Retardants For Phase Change Materials. *Applied Energy*, 88, 3140-3145. doi: 10.1016/j.apenergy.2011.02.005
- Soğukoğlu, M. M. & İnce, A.** (2013). Yüksek Binalarda Yangın Güvenliği Açısından Dış Cephe Yalıtım ve Kaplama Malzemeleri. *Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi*, Yüksek Yapılarda Yangın ve Güvenlik, TÜYAK, WOW Convention Center.
- Standard Ekonomik ve Teknik Dergisi.** (Haziran 2015). 31-33.
- Sur, H.** (2012). Çevre Dostu Yeşil Binalar. *21. Yeşil Binalar Referans Rehberi*, İstanbul, 4-5.
- Tidwell, J. & Murphy, J. J.** (2010). Bridging The Gap: Fire Safety and Green Buildings. National Association of State Fire Marshals: Burns, OR, USA.
- Topçu, G.** (2010). *Türkiye’de Sertifikalı Yeşil Bina Uygulamasının Örnek Bir Bina Üzerinde İrdelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uadiale, S., Urban, E., Carvel, R., Lange, D. & Rein, G.** (2014). Overview of Problems and Solutions in Fire Protection Engineering of Wind Turbines. *Fire Safety Science-Proceedings of The Eleventh International Symposium*, 983-985, doi: 10.3801/IAFSS.FSS.11-983
- Uğur, L. O. & Leblebici, N.** (2015). Yeşil Bina Sertifikalandırma Sistemlerinin İnşaat Maliyetleri ve Taşınmaz Değeri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3 (2), 544-576.
- Urul, A., & Altıntaş, H.** (2009). Küreselleşme Sürecinde Çevresel Problemlere Literatür Işığında Bir Bakış. *Mevzuat Dergisi*, 13-15.
- Uygunoğlu, T., Güneş, İ., Çalış, M. & Özgüven, S.** (2015). EPS ve XPS Malzemeleriyle Yapılan Mantolamaların Yangın Sırasındaki Davranışlarının Araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 18 (1), 21–28.
- Ürük, Z. F. & İslamoğlu, K. A. K.** (2019). Breeam, Leed ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması. *European Journal of Science and Technology*, 15, 143-154, doi: 10.31590/ejosat.512291
- Yaman, M. & Kurtay, C.** (2019). Mimaride Kullanılan Fotovoltaik Sistemler İçin Yangın Güvenlik Önlemleri. *Uluslararası Yangın Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi TÜYAK-2019*, İstanbul.
- Yeniay, G., M. & Arpacioğlu, Ü.** (2021). Sürdürülebilir Cephelerde Yangın Riski Değerlendirmesi. *Tasarım Kuram Dergisi*, 17 (32), 55-69. doi: 10.14744/tasarimkuram.2020.46320
- Yüksek, İ. & Esin, T.** (2011). Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 125, 63-77.

- Zandbergen. T.** (2016). *Fire Resistance of Existing Structures: Assessing the Fire Resistance of Existing Concrete Buildings*. (Yüksek Lisans Tezi), Delft University of Technology, Department of Structural Engineering, Delft.
- Url-1** <<https://yigm.ktb.gov.tr/TR-11596/cevreye-duyarlilik-kampanyasi-yesil-yildiz.html>>, erişim tarihi 20.10.2021.
- Url-2** <<https://www.ekoyapidergisi.org/337-turkiyenin-ulusal-yesil-bina-sertifikasyon-sistemi-seeb-tr-tanitildi.html>>, erişim tarihi 20.10.2021.
- Url-3** <<https://cedbik.org/tr/dunya-yesil-bina-konseyi-wgbc-27-pg>>, erişim tarihi 20.10.2021.
- Url-4** <*Tech Talk Volume 8: Fire Hazards Of Photovoltaic (PV) Systems*, <https://www.agcs.allianz.com/content/dam/onemarketing/agcs/agcs/pdfs-risk-advisory/tech-talks/ARC-Tech-Talk-Vol-8-Fire-Hazards-PV-Systems-EN.pdf>>, erişim tarihi 05.11.2021.
- Url-5** <<https://www.thestar.com/business/2016/01/19/how-a-common-building-material-turned-a-dubai-hotel-fire-into-an-inferno.html>>, erişim tarihi 05.11.2021.
- Url-6** <<https://www.karamanca.net/karamanda-gunes-panelinin-akusu-bag-evini-kul-etti/597394/>>, erişim tarihi 05.11.2021.
- Url-7** <<https://www.haberturk.com/gundem/haber/945040-istanbulda-rezidansta-korkutan-yangin>>, erişim tarihi 05.11.2021.
- Url-8** <<https://www.energy-storage.news/arizona-battery-fires-lessons-can-be-learned-by-industry-to-prevent-further-incident-dnv-gl-says/>>, erişim tarihi 05.11.2021.
- Url-9** <<https://cedbik.org/>>, erişim tarihi 17.02.2022.
- Url-10** <<https://www.chatron.pt/en/tubo-solar/tubo-solar-2>>, erişim tarihi 10.12.2021.
- Url-11** <<https://denver.cbslocal.com/2015/10/29/denver-fire-dept-knew-of-dangerous-roof-problems-3-years-before-firefighters-death/>>, erişim tarihi 07.11.2021.
- Url-12** <[https://en.wikipedia.org/wiki/Exterior\\_insulation\\_finishing\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Exterior_insulation_finishing_system)>, erişim tarihi 09.11.2021.
- Url-13** <<https://risklogic.com/exterior-walls-foam-insulating-materials-and-property-risk-considerations/>>, erişim tarihi 09.11.2021.
- Url-14** <<https://www.buildinggreen.com/blog/massachusetts-fires-tied-spray-foam-incite-debate>>, erişim tarihi 09.11.2021.
- Url-15** <<https://www.sar-cam.com.tr/cam-cesitleri/low-e-cam>>, erişim tarihi 12.11.2021.
- Url-16** <<http://www.turkchem.net/kendiliginden-yanmazlik-ozelligi-gosteren-fosforicerikli-poliuretanlar.html>>, erişim tarihi 12.11.2021.
- Url-17** <[https://www.allianz.com.tr/tr\\_TR/faaliyetlerimiz/risk-muhendisligi/risk-muhendisligi-konulari/enerji-tesislerindeki-riskler/solar-panel-sistemlerde-yangin-riskleri.html](https://www.allianz.com.tr/tr_TR/faaliyetlerimiz/risk-muhendisligi/risk-muhendisligi-konulari/enerji-tesislerindeki-riskler/solar-panel-sistemlerde-yangin-riskleri.html)>, erişim tarihi 13.11.2021.

- Url-18** <<https://www.karamanca.net/karamanda-gunes-panelinin-akusu-bag-evini-kul-etti/597394/>>, erişim tarihi 13.11.2021.
- Url-19** <<https://demofire.com.tr/ruzgar-turbin-yanginlari/>>, erişim tarihi 14.11.2021.
- Url-20** <https://www.cellubor.com.tr/cellubor-nedir>, erişim tarihi 11.02.2022.
- B.E.S.T- Konut Sertifika Kılavuzu.** (2019). ÇEDBİK.
- Binalar ile Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği.** (2017). *T.C. Resmi Gazete*, 30329, 23 Aralık 2017.
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği.** (2008). *T.C. Resmi Gazete*, 27075, 5 Aralık 2008.
- Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik.** (2007). *T.C. Resmi Gazete*, 26735, 19 Aralık 2007.
- BREEAM In-Use International Technical Manual.** (2016).
- BREEAM International New Construction Technical Manual.** (2016).
- DGNB System – New Buildings Version 2020 International.** (2020).
- LEED v4.1 Building Design and Construction.** (2021).
- LEED v4.1 Residential Building Design and Construction Multifamily Homes.** (2020).

## **EKLER**

**EK A:** Yeşil Binalarda Yangın Güvenliği ve Risk Analizi adlı anket çalışması



## EK A

### ANKET ÇALIŞMASI

Konu: Yeşil Binalarda Yangın Güvenliği ve Risk Analizi

İçerik:

- A. Anket Hakkında Genel Bilgiler
- B. Kişisel Bilgiler
- C. Anket Formu

#### A. Anket Hakkında Genel Bilgiler

Sizi Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği ve Malzemesi Yüksek Lisans Bölümü tarafından yürütülen “Yeşil Binalarda Yangın Güvenliği ve Risk Analizi” başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu araştırmanın amacı yeşil binalarda olup diğer binalarda çok nadir karşılaşılan eklentilerin oluşturabileceği yangın riskinin değerlendirilmesi, çözüm önerilerinin belirlenmesi ve yerel mevzuatın bu konuda yeterli olup olmadığının tespit edilmesidir. Araştırmada sizden tahminen 10 dakika ayırmanız istenmektedir. Araştırmaya sizin dışınızda tahminen 70 kişi katılacaktır. Bu çalışmaya katılmak tamamen **gönüllülük** esasına dayanmaktadır. Çalışmanın amacına ulaşması için sizden beklenen, bütün soruları eksiksiz, kimsenin baskısı veya telkini altında olmadan, size en uygun gelen cevapları içtenlikle verecek şekilde cevaplamanızdır. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmayı bırakma hakkına da sahiptir. Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz **gizli tutulacaktır**; ancak verileriniz yayın amacı ile kullanılabilir. Araştırma tamamlandığında genel/size özel sonuçların sizinle paylaşılmasını istiyorsanız lütfen araştırmacıya iletiniz.

Görkem Mustafa YENİAY

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Programı

#### B. Kişisel Bilgiler

1. Mezun olduğunuz bölüm nedir?

- Mimar
- İç Mimar
- İnşaat Mühendisi
- Makine Mühendisi
- Elektrik Mühendisi
- Çevre Mühendisi
- Diğer (Belirtiniz): .....

2. Çalışmakta olduğunuz kurumdaki mesleki unvanınız nedir?

- Tasarım (mimar, inşaat müh. vb.)  Akademisyen  Şantiye Şefi  
 İtfaiye Şefi  İş Müfettişi  Satın Alma, İş Takibi  
 İş Güvenliği Uzmanı  Yeşil Bina Değerlendirme Uzmanı  
 Diğer (Belirtiniz): .....

3. İş tecrübeniz kaç yıldır?

- 1 – 5 yıl  6 – 10 yıl  11 – 15 yıl  
 16 – 20 yıl  21 yıl ve üzeri

4. Binalarda yangın olgusu ilgili bilgilerinizi ve/veya deneyimlerinizi nasıl edindiniz?

- Yaptığım iş gereği zorunlu olarak  
 Üniversite, teknik kurs, işyeri vb. yerde eğitim alarak  
 Konuyla ilgili tez, makale, kitap vb. eser yayınlayarak  
 Konferans, sempozyum vb. etkinliklere katılarak  
 Diğer (Belirtiniz): .....

5. Yeşil binalar ilgili bilgilerinizi ve/veya deneyimlerinizi nasıl edindiniz?

- Yaptığım iş gereği zorunlu olarak  
 Üniversite, teknik kurs, işyeri vb. yerde eğitim alarak  
 Konuyla ilgili tez, makale, kitap vb. eser yayınlayarak  
 Konferans, sempozyum vb. etkinliklere katılarak  
 Diğer (Belirtiniz): .....

### C. Anket Formu

#### Yangın Risk Değerlendirmesi

Yeşil binalardaki eklentilerin yangın yönünden risk analizi yapılacaktır. Puanlamada 1 en düşük, 5 en yüksek puanı temsil etmektedir.

6. Aşağıda yer alan yeşil bina eklentilerinin yangın yönünden oluşturabileceği riskin **OLASILIĞINI** (eklentiden kaynaklı yangın meydana gelme ihtimali) puanlayınız.

**Çift Cidar Cepheler**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Güneş Tüpü**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Çatı Pencereleeri**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Yalıtım Malzemeleri**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Yeşil Çatı**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Yeşil Cephe**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**İç Mekan Bitkilendirme**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Yüksek Performanslı Cam**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Sızdırmazlık ve Yanmazlık Sağlayan Katkı Malzemeleri**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Faz Değiştiren Malzemeler**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Fotovoltaik Paneller**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Rüzgar Türbinleri**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Hidrojen Yakıt Hücreli Güç Sistemleri**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Akü Depolama Sistemleri**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Elektrikli Araç Şarj İstasyonları**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Geri Dönüştürülebilir Malzeme Depoları**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Gri Su ve Yağmur Suyu Kullanımı**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Yüksek Hacimli Düşük Hızlı Fanlar**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

**Hafif Taşıyıcı Sistem Elemanları**

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()



7. Aşağıda yer alan yeşil bina eklentilerinin yangın yönünden oluşturabileceği riskin **ŞİDDETİNİ** (eklentiden kaynaklı meydana gelen yangının hasar derecesi) puanlayınız.

<b>Çift Cidar Cepheler</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Güneş Tüpü</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Çatı Pencereleri</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Yalıtım Malzemeleri</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Yeşil Çatı</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Yeşil Cephe</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>İç Mekan Bitkilendirme</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Yüksek Performanslı Cam</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Sızdırmazlık ve Yanmazlık Sağlayan Katkı Malzemeleri</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Faz Değiştiren Malzemeler</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Fotovoltaik Paneller</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Rüzgar Türbinleri</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Hidrojen Yakıt Hücreli Güç Sistemleri</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Akü Depolama Sistemleri</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Elektrikli Araç Şarj İstasyonları</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Geri Dönüştürülebilir Malzeme Depoları</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Gri Su ve Yağmur Suyu Kullanımı</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Yüksek Hacimli Düşük Hızlı Fanlar</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
<b>Hafif Taşıyıcı Sistem Elemanları</b>				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()

8. Türkiye’de yeşil bina sıfatını taşıyan yapıların yangın emniyeti bakımından risk içerdiğini düşünüyor musunuz?

( ) Evet      ( ) Hayır

**9.** Türkiye’de geçerli yeşil bina sertifika sistemleri, yangın emniyeti bakımından yeterli düzeyde midir?

Evet  Hayır

**10.** Binaların yangından korunması hakkında yönetmelik hükümleri, yeşil bina eklentileri hakkında yeterli düzeyde midir?

Evet  Hayır

**11.** Puanlama kısmında belirtilen yeşil bina eklentileri hakkında en riskli gördüğünüz başlıklar ile ilgili çözüm önerileriniz nelerdir?

..... (açık uçlu)

**12.** Puanlama kısmında belirtilen yeşil bina eklentileri hakkında en riskli gördüğünüz başlıklar yerine; aynı işlevi görebilecek, sürdürülebilir ve aynı zamanda yangın riski düşük olan eklenti önerileriniz nelerdir?

..... (açık uçlu)

**13.** Konu ile ilgili katkı veya önerileriniz var ise ekleyiniz.

..... (açık uçlu)