T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK KONUT YAPILARINDA İÇ ORTAM KALİTESİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE KULLANICI KONFORUNA ETKİSİ

DİNÇER AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: YRD. DOÇ. DR. ESMA MIHLAYANLAR

EDİRNE-2017

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Murat YURTCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. H. Burcu ÖZGÜVEN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Prof. Dr. Ayşin SEV	
Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR	
Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL	

Tarih: 24/01/2017

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

24/01/2017

Dinçer AYDIN



Yüksek Lisans Tezi

Yüksek Konut Yapılarında İç Ortam Kalitesinin Enerji Verimliliği ve Kullanıcı Konforuna Etkisi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Hızlı kentleşme, bilimsel ve teknolojik ilerleme ile ekonomik gelişmelerin ortak kesişim noktasında yer alan yüksek yapılar başta birer ofis yapısı iken günümüzde sayıları giderek artan konut yapıları olarak kullanılmaya başlamıştır. İnsanların zamanlarının büyük bir kısmının konutlarda geçiyor olması nedeniyle yüksek yapıların konut işleviyle kullanıldığında da kullanıcılarına standart bir konut konforunu sunması gerekir. Bu bağlamda dünyanın her yerinde üretilmekte olan yüksek konut yapılarındaki iç ortam kalitesinin kullanıcı sağlığına uygunluğu araştırılması gereken önemli bir konudur. Kullanıcılara her türlü aktivitelerini yapabilecekleri ideal iç ortamı oluşturmak için yapının enerji tüketmesi gerekir. Yapı sektörünün toplam enerji tüketimindeki payının ortalama %30-40 arasında olduğu düşünüldüğünde, yapılarda sağlanacak enerji verimliliğiyle enerji tasarrufu yapmak mümkündür. Yüksek yapılar, ölçekleri gereği az katlı yapılardan çok daha fazla enerji tükettiğinden bu yapıların enerji verimli tasarımı sürdürülebilirlikleri için de oldukça önemlidir.

Bu çalışmanın amacı giderek yaygınlaşma eğilimi gösteren yüksek konut yapılarındaki iç ortam kalitesinin, yapının enerji verimliliğine ve kullanıcı konforuna olan etkisini belirlemektir. Bu kapsamda Türkiye'nin en yüksek konut yapısı olan Sapphire Residence Tower'ın iç ortam kalitesi ve buna bağlı enerji tüketimi incelenmiştir. İnceleme beş bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölümde çalışmanın amacı, önemi, kullanılan inceleme yöntemi ve kapsamı açıklanmıştır. Ayrıca literatür incelemesine de yer verilmiştir.

İkinci bölümde, yüksek yapı kavramı ve gelişimi, dünya ve Türkiye ölçeğinde ayrı ayrı ele alınmıştır. Yüksek yapıların zaman içerisindeki istatistiksel değişimi incelenerek

bu yapıların ağırlıklı olarak konut işleviyle kullanımı yönünde ilerleyen eğilime bağlı olarak yüksek konut yapıları incelenmiştir.

Üçüncü bölümde yüksek yapıların konut işleviyle kullanıldıklarında yapı sakinlerine sunması gereken iç ortam kalitesi koşulları analiz edilmiştir. Ayrıca iç ortam kalitesinin yapı enerji tüketimi ve kullanıcı sağlığına olan etkilerine de değinilmiştir.

Dördüncü bölümde örnek alan çalışmasına yer verilmiştir. Yapının fiziksel dış ve iç ortam koşullarına göre özellikleri analiz edilip, yapının iç ortam kalitesine bağlı enerji tüketimi benzetim programı "DesignBuilder" yardımıyla hesaplanmıştır. Ayrıca yapı sakinleriyle yapılan görüşmeler sonucu onların iç ortam kalitesi algısı belirlenmeye çalışılmıştır. Görüşme sonucu elde edilen bilgiler ve benzetim programı hesaplamalarına göre yapının iç ortam kalitesi ve enerji tüketimi ilişkisi kurulmuştur.

Sonuç bölümünde ise çalışma sürecinde ele alınan konuların değerlendirmesi yapılmış ve yorumlanmıştır. Kullanıcı sağlığı ve sürdürülebilirlik konusunda geri dönüşün uzun vadede alınabileceği düşünüldüğünde bu konuda yapılan analizler yeni yapılacak olan tasarım ve uygulamalara yön vereceğinden elde edilen bulgulara göre çıkarımlar yapılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda yapının kendi ölçeğindeki yüksek yapılardan %25-30 oranında daha enerji verimli ve iç ortam kalitesinin kullanıcı konforuna uygun olduğu tespit edilmiştir.

Yıl : 2017
Sayfa Sayısı : 157
Anahtar Kelimeler : Yüksek Yapılar, Yüksek Konut Yapıları, İç Ortam Kalitesi, Enerji Verimliliği, Kullanıcı Konforu ve Memnuniyeti

Master's Thesis

Effects of Indoor Environmental Quality on Energy Efficiency and Occupant Comfort in High-Rise Residential Buildings

Trakya University Institute of Natural Sciences

M. Sc. Programme in Architecture

ABSTRACT

While high-rise buildings, which are located at the intersection of rapid urbanization, scientific and technological progress and economic development, are mainly office buildings, the number is increasingly being used as residential buildings. People spend most of their time in indoor environment mostly at the residences. Therefore, it is also necessary for the high-rise buildings to offer a standard residential comfort to their users when they are used with the residential function. In this context, the appropriateness of the indoor environmental quality (IEQ) in the high-rise residential buildings, that are constructed in all over the world, must be investigated. Buildings need to consume energy in order to create the ideal indoor environment to their occupants where they can do all kinds of activities. It is possible to save a lot of energy with the energy efficiency provided by buildings, when the share of the building sector in total energy consumption is considering between 30-40% on average. Energy efficiency of high-rise buildings, which consume much more energy than low-rise buildings depending on their scale, is very important for the sustainability.

The aim of this study is to determine the IEQ of in high-rise residential buildings, which tend to become increasingly prevalent, and its effect on energy efficiency and occupant’s comfort. In this regard, IEQ of Sapphire Residence Tower, which is the highest residence building of Turkey, and its energy consumption basing on its indoor environment have been examined. According to this context the thesis consists of five parts:

In the first chapter, the purpose, the importance, the method and scope of the thesis is described. It also includes literature review about the topic.

In the second chapter, the concept and development of high-rise building are handled separately on the scale of the world and Turkey. The statistical change of high-rise buildings over time has been examined and also they have been investigated depending on the tendency to use these structures predominantly as housing spaces.

In the third chapter, the IEQ comfort conditions that the high-rise building, when is used as a residential function, should be provided to its occupants have been analyzed. In addition, the effects of IEQ on building energy consumption and occupant health are examined.

In the fourth chapter, there is a case study of the thesis. Properties of the building were analyzed according to the physical external and internal conditions. "DesignBuilder" which is a simulation program calculates energy consumption based on IEQ of the case building. In addition, the results of the interviews with building occupants were tried to determine their perception of IEQ. According to the results obtained from the interview and the calculations of the simulation program, the relationship between IEQ and energy consumption was established.

In the last chapter, the evaluation of the topics covered in the thesis was interpreted. Considering that the feedback on occupant health and sustainability can be taken at a long term, analyzes in this area can direct new designs and practices. Therefore, inferences were made according to the findings. As a result of this study, it is determined that Sapphire Residence Tower is 25-30% more energy efficient than other high-rise residential buildings in its own scale. Furthermore, IEQ of the building is suitable for the comfort and health of the occupants.

Year : 2017
Number of Pages : 157
Keywords : High-Rise Buildings, High-Rise Residential Buildings, Indoor Environmental Quality (IEQ), Occupant Comfort and Satisfaction

TEŞEKKÜR

Bu tezi hazırlarken her türlü yardım ve önerileriyle bana yön gösteren sayın danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR'a, çalışmam süresince karşılaştığım zorluklarda değerli bilgi ve önerilerini benden esirgemeyen sevgili hocalarım Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL, Yrd. Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI ve Yrd. Doç. Dr. Selin ARABULAN'a, fikir ve destekleriyle yanımda olan çalışma arkadaşlarım Arş. Gör. Şule YILMAZ ERTEN ve Arş. Gör. Arif MISIRLI'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca teknik anlamda yaşadığım problemleri çözmeme bilgisiyle yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Yusuf YILDIZ'a da teşekkür ederim.

Özellikle tüm eğitim hayatım boyunca desteğini benden esirgemeyen, her zaman yanımda olan ve beni yalnız bırakmayan canım aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **iii**
SİMGELER DİZİNİ ..... **viii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **x**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xiii**
BÖLÜM 1. GİRİŞ **1**
1.1. Tezin Amacı ve Önemi 3
1.2. Tezin Yöntemi ve Kapsamı 3
1.3. Literatür İncelemesi 6
BÖLÜM 2. YÜKSEK YAPI KAVRAMI VE GELİŞİMİ **10**
2.1. Yüksek Yapı Tanımları 10
2.2. CTBUH'ye Göre Yüksek Yapı Tanımı ve Ölçme Kriterleri 15
2.3. Yüksek Yapıların Ortaya Çıkış Sebepleri ve Gelişimi 18
2.3.1. Dünyada Yüksek Yapılar 22
2.3.2. Türkiye'de Yüksek Yapılar 26
2.3. Yüksek Yapıların Zaman İçindeki İstatistiksel Değişimi 29
2.4. Yüksek Konut Yapıları 38
BÖLÜM 3. YÜKSEK KONUT YAPILARINDA İÇ ORTAM KALİTESİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE KULLANICI KONFORUNA ETKİLERİ **41**
3.1. Yüksek Konut Yapılarında İç Ortam Kalitesi 42
3.1.1. Isıl Konfor Kalitesi 46
3.1.2. İç Hava Kalitesi 50
3.1.3. Akustik Kalite 54
3.1.4. Aydınlatma Kalitesi 56
3.1.5. Ortam Titreşimi Kalitesi 59
3.1.6. Koku Kalitesi 61
3.2. Yapılarda Enerji Tüketimi ve Kullanıcı Sağlığı 65
3.2.1. Yapılarda Enerji Verimliliğinin Önemi 65
3.2.2. Enerji Verimliliğine Yönelik Yasal Düzenlemeler 72
3.2.3. Yüksek Konut Yapılarının Enerji Performansı 79

3.2.4. Yüksek Konut Yapılarında İç Ortam Kalitesinin Kullanıcı Sağlığına ve Performansına Etkisi 87
BÖLÜM 4. ÖRNEK ALAN ÇALIŞMASI: SAPPHIRE RESIDENCE TOWER 93
4.1. Fiziksel Dış Çevre ve İç Ortam Koşulları 93
4.1.1. Yapının Konumu 93
4.1.2. Mimari Tasarım Özellikleri 97
4.1.3. Strüktürel Tasarım Özellikleri ve Malzemeler 102
4.1.4. Cephe Sistemi Tasarım Özellikleri ve Malzemeler 105
4.1.5. İç Ortam Tasarım Özellikleri 109
4.2. İnceleme Yöntemi 115
4.3. Enerji Tüketimi Değerlendirmesi 116
4.3.1. Mevcut Yapı Özellikleri ve Çevresel Koşulların Değerlendirilmesi 117
4.3.2. Mevcut Yapı Modelinin Oluşturulması - DesignBuilder 119
4.3.3. Yapı Enerji Tüketim Analizi 124
4.4. İç Ortam Kalitesi ve Kullanıcı Konforu Değerlendirmesi 131
BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ 138
KAYNAKLAR 142
EK-A 153
EK-B 154
ÖZGEÇMİŞ 157

SİMGELER DİZİNİ

Kısaltmalar

ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
(Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu)

BIH : Bina İlişki Hastalıklar

BIM : Building Information Modelling
(Bina Bilgi Modelleme)

CFD : Computational Fluid Dynamics
(Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)

COP : Conference of the Parties
(Taraflar Konferansı)

CTBUH : Council on Tall Buildings and Urban Habitat
(Yüksek Binalar ve Kentsel Yaşam Konseyi)

DOE : United States Department of Energy
(Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı)

EKB : Enerji Kimlik Belgesi

EN : European Standards
(Avrupa Standartları)

EPA : Environmental Protection Agency
(Çevresel Koruma Ajansı)

EPBD : Energy Performance Building Directive
(Enerji Performansı Oluşturma Direktifi)

HBS : Hasta Bina Sendromu

HVAC : Heating, Ventilation and Air Conditioning
(Isıtma, Havalandırma ve Soğutma)

IESNA : Illuminating Engineering Society of North America
(Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisliği Topluluğu)

IEA : International Energy Agency
(Uluslararası Çevre Ajansı)

ISO : The International Organization for Standardization
(Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu)

IPCC	: The Intergovernmental Panel on Climate Change (İklim Değişikliği Hükümetler Arası Paneli)
IWEC	: International Weather for Energy Calculations (Enerji Hesaplamaları için Uluslararası Hava Koşulları)
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design (Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik)
NAAQS	: National Ambient Air Quality Standards (Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartları)
NIOSH	: The National Institute for Occupational Safety and Health (Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü)
OHSD	: Occupational Health Safety Directives (İş Sağlığı Güvenliği Yönergeleri)
PM	: Particulate Matter (Partikül Madde)
PMV	: Predicted Mean Vote (Tahmini Ortalama Oy)
PPD	: Predicted Percentage Of Dissatisfied (Tahmini Memnuniyetsizlik Yüzdesi)
ppm	: Parts per million (Milyon başına parça sayısı)
OECD	: Organization for Economic Co-operation and Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
TS 825	: Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı
TS 12281	: Environmental Health-Measures for Indoor Air (İç Hava İçin Çevresel Sağlık Önlemleri)
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
VOC	: Volatile Organic Compound (Uçucu Organik Bileşen)

ŞEKİLLER DİZİNİ

BÖLÜM 1

Şekil 1.1. Araştırma akış diyagramı 5

BÖLÜM 2

Şekil 2.1. Yapı yüksekliği ve çevre dokusu ilişkisi 15
Şekil 2.2. Yapı oranı ve yükseklik ilişkisi 15
Şekil 2.3. Yüksek yapı teknolojileri 16
Şekil 2.4. Yüksek, süper yüksek ve mega yüksek yapılar 16
Şekil 2.5. Mimari tepe nokta yükseklikliklerine göre dünyadaki en yüksek 10 yapı, 2015 17
Şekil 2.6. Kullanılan en üst kata göre en yüksek 10 yapı, 2015 17
Şekil 2.7. Tepe noktalarına göre en yüksek 10 yapı, 2015 18
Şekil 2.8. Otis kardeşler tarafından önerilen yolcu asansörü tasarımı, 1853 ve E. V. Haughwout Building, 1859 19
Şekil 2.9. Monadnock Binası ve giriş kata ait duvar kalınlığı 20
Şekil 2.10. Yıllara göre en yüksek yapı değişimi 29
Şekil 2.11. 2000 yılından itibaren her yıl tamamlanan en yüksek yapı değişimi 30
Şekil 2.12. Dünya nüfusu artışı ile 200 m ve üzeri yüksek yapıların sayısal değişimi 31
Şekil 2.13. Yüksek yapıların coğrafi ve oransal dağılımı[1], 2016 31
Şekil 2.14. En yüksek 100 yapının yıllara göre bölgesel dağılımı 32
Şekil 2.15. (a) 2016 yılına kadar inşa edilmiş yüksek yapıların işlev dağılımı ve (b) son 10 yılda inşa edilmiş olan yüksek yapıların işlev dağılımı[1] 33
Şekil 2.16. Yüksek konut yapılarının yıllara göre sayısal değişimi[1] 33
Şekil 2.17. En yüksek 100 yapının yıllara göre işlevsel dağılımı 34
Şekil 2.18. 2016 yılına kadar inşa edilmiş yüksek yapıların malzeme dağılımı (a) ve son 10 yılda inşa edilmiş olan yüksek yapıların malzeme dağılımı (b)[1] 35
Şekil 2.19. En yüksek 100 yapının yıllara göre malzeme değişimi 35
Şekil 2.20. Türkiye'deki yüksek yapıların bölgesel dağılımı[1] 36
Şekil 2.21. Dünya ve Türkiye'deki yüksek yapıların karşılaştırılmalı işlev dağılımı[1] 37
Şekil 2.22. Türkiye'de yüksek yapıların yıllara göre işlev değişimi[1] 37
Şekil 2.23. Dünya ve Türkiye'deki yüksek yapıların karşılaştırılmalı malzeme dağılımı[1] 38
Şekil 2.24. 1925 ve 2015 yıllarında Ritz Tower, New York 39
Şekil 2.25. Yüksek konut ve ofis yapılarının yapım malzemesi, yapı yüksekliği ve kat sayısına göre karşılaştırılması[1] 40

BÖLÜM 3

Şekil 3.1. İç ortam kalitesini belirleyen temel faktörler 42
Şekil 3.2. Yüksek yapı tasarımı, iç ortam kalitesi ve enerji tüketimi ilişkisi 45
Şekil 3.3. İç ortam bağıl nem ve sıcaklık değerlerine göre konfor aralığı 47
Şekil 3.4. PPD ve PMV arasındaki ilişki 48

Şekil 3.5. Çift cidar cephe sistemi ile kış ve yaz dönemi iç ortam havalandırması 53
Şekil 3.6. Allianz Tower güneş kontrollü cam giydirme cephesi 58
Şekil 3.7. Tek ve çift cidarlı cephelerde güneş kontrolü.....58
Şekil 3.8. Rüzgâr etkisi altında yüksek yapının gösterdiği hareket tepkisi 59
Şekil 3.9. PPD ve standart kişi başına havalandırma oranını (CEN 1998).....63
Şekil 3.10. Çift cidarlı cephede iç ortam kalitesi parametreleri.....65
Şekil 3.11. Konut enerji tüketim oranlarının ülkelere göre değişimi.....66
Şekil 3.12. 2000-2015 yılları arasında IEA ülkelerindeki enerji tüketiminin değişimi ..68
Şekil 3.13. Küresel enerji tüketiminde standart ve teknolojilerin enerji tasarrufu potansiyeli 69
Şekil 3.14. İç ortam kalitesi ve enerji tüketiminde kullanıcı etkisi akış diyagramı 71
Şekil 3.15. Yapı enerji talebinin değişimi.....73
Şekil 3.16. Büyük ölçekli yapılar için EPBD sertifikası örneği.....75
Şekil 3.17. Türkiye 2020 - 2030 dönemi sera gazı emisyonu mevcut durum ve azaltma projeksiyonları 76
Şekil 3.18. Türkiye enerji kimlik belgesi örneği.....78
Şekil 3.19. 1950-1970 yılları arasında Manhattan'daki 86 yüksek ofis yapısının ortalama enerji tüketimleri.....81
Şekil 3.20. Yaşanan enerji krizleri öncesi, kriz dönemi ve sonrasında Kuzey Amerika'da inşa edilen siyah gökdelen sayısının sayısal değişimi 82
Şekil 3.21. Birim taban alanı başına yapılarda ısıtma enerjisi miktarı 82
Şekil 3.22. Brighton Marina Tower 84
Şekil 3.23. The House at Cornell Tech 85
Şekil 3.24. Londra merkezindeki yüksek yapıların cephe maliyetinin kat sayısına ve yapı işlevine göre karşılaştırılması.....86
Şekil 3.25. NIOSH araştırmasına göre yapılardaki şikâyetlerin kaynakları, 1996 88

BÖLÜM 4

Şekil 4.1. Sapphire Residence Tower'ın Büyükdere Caddesi üzerindeki konumu 94
Şekil 4.2. Büyükdere Caddesi siluetindeki yüksek yapılar ve 94
Şekil 4.3. 2000-2016 yılları arasında İstanbul hâkim rüzgâr yönü 95
Şekil 4.4. 2000-2016 yılları arasında İstanbul yıllık sıcaklık değişimi.....96
Şekil 4.5. 2000-2016 yılları arasında İstanbul bağıl nem ve yağış miktarı değişimi 96
Şekil 4.6. Sapphire Residence Tower yapı formu 97
Şekil 4.7. Yapı saçağı ve gün ışığı iletimi 98
Şekil 4.8. Sapphire Residence Tower kat planı örnekleri 99
Şekil 4.9. Sapphire Residence Tower kesiti ve zon değişimleri 100
Şekil 4.10. Zonlar arasında bulunan rekreasyon alanları 101
Şekil 4.11. Sapphire Residence Tower 56. kattaki seyir terası 101
Şekil 4.12. Sapphire Residence Tower alışveriş merkezinde betonarme ve çelik strüktürün birlikte kullanımı 102
Şekil 4.13. Sapphire Residence Tower konut kulesi taşıyıcı sistemi.....102

Şekil 4.14. Sapphire Residence Tower taşıyıcı sistem planı 103
Şekil 4.15. Sapphire Residence Tower kısmi sistem kesiti 104
Şekil 4.16. Sapphire Residence Tower dış ve iç kabuk yüzeyleri 106
Şekil 4.17. Kat bahçesi ve bağımsız daire ilişkisi 106
Şekil 4.18. Batı yönündeki atriyumlu balkonlar ile Doğu yönündeki kat bahçeleri 107
Şekil 4.19. Sapphire Residence Tower doğal havalandırma mekanizması çalışma prensibi ve cephe ilişkisi 108
Şekil 4.20. İç mekân ile kat bahçesinin bütünleşik tasarımı 110
Şekil 4.21. Havalandırma menfezlerinin kapalı (a) ve açık (b) olma durumu 112
Şekil 4.22. Yapı iç ortamına temiz hava giriş menfezi 113
Şekil 4.23. Enerji tüketimi değerlendirmesi akış diyagramı 117
Şekil 4.24. Yapı modeli konum bilgisi 119
Şekil 4.25. Yapı bilgisi ve işlevinin oluşturulması 119
Şekil 4.26. Kat planı zon ayrımı 120
Şekil 4.27. Zonlar arası ortak kat bahçesi ile bahçe kotu kat planı ve üst kat planları 121
Şekil 4.28. Sapphire Residence Tower DesignBuilder yapı modeli 121
Şekil 4.29. Zonlarda gerçekleşen aktivitelerin ve ısıtma-soğutma sisteminin çalışma aralığının tanımlanması 122
Şekil 4.30. Yapı elemanı katmanlarının ve malzeme bilgilerinin girilmesi 123
Şekil 4.31. Yapı kabuğu katmanlarının u-değeri hesabı ve yoğuşma tahkiki 123
Şekil 4.32. Sapphire Residence Tower aylık aydınlatma enerjisi tüketimi 127
Şekil 4.33. Sapphire Residence Tower ısıtma enerjisi tüketimi sınıflandırması 128
Şekil 4.34. Sapphire Residence Tower aylık enerji tüketim miktarı değişimi 129
Şekil 4.35. Sapphire Residence Tower enerji tüketiminin yakıt türüne göre ayrımı 130
Şekil 4.36. Sapphire Residence Tower enerji tüketimine bağlı CO_2 emisyonu miktarı 131
Şekil 4.37. Sapphire Residence Tower PMV-PPD ısıl konfor değerlendirmesi 135

TABLOLAR DİZİNİ

BÖLÜM 2

Tablo 2.1. Ülkeler ve yüksek yapı kabul sınır yükseklikleri....14
Tablo 2.2. Yüksek yapıların enerji tüketimlerine göre tarihsel gelişim sınıflandırması.23
Tablo 2.3. Dünya'da yüksek yapıların tarihsel gelişimi 23
Tablo 2.4. Türkiye'de yüksek yapıların tarihsel gelişiminin sınıflandırılması....26
Tablo 2.5. Türkiye'de yüksek yapıların tarihsel gelişimi 27

BÖLÜM 3

Tablo 3.1. İç ortam ısıl konfor kalitesi genel sınır değerleri....46
Tablo 3.2. Termal algı PMV ölçeği 47
Tablo 3.3. Camlar, ısıl ve aydınlatma performansları....49
Tablo 3.4. İç hava kalitesi ile ilgili uluslararası standartlarda önerilen sınır değerler ...51
Tablo 3.5. İç hava kalitesi için kabul edilebilir CO ve CO_2 sınır değerleri 51
Tablo 3.6. Konut aydınlatma konforu aydınlık düzeyi sınır değerleri 57
Tablo 3.7. Yapı ivmelenmesine bağlı olarak değişen kullanıcı algıları....60
Tablo 3.8. Yüksek yapılarda fonksiyonlara göre yapı ivmelenme limitleri 61
Tablo 3.9. Yüksek konut yapılarında iç ortam kalitesi parametrelerini etkileyen yapı özellikleri (konum, tasarım, malzeme ve mekanik) ilişkisi matrisi 64
Tablo 3.10. Yapı kabuğu termal performansına göre değişen enerji verimliliği 70
Tablo 3.11. Yüksek yapıların enerji jenerasyonlarına göre değişimi 80
Tablo 3.12. Ortam sıcaklığı artışına bağlı olarak değişen kullanıcı performansı 89
Tablo 3.13. İç ortam kalitesine bağlı olarak görülen hastalıklar ve iç ortam kalitesi parametreleriyle olan ilişkisi....90
Tablo 3.14. ABD'de iç ortamda yapılacak iyileştirme ile sağlanacak verimlilik....92

BÖLÜM 4

Tablo 4.1. Sapphire Residence Tower konum bilgileri 96
Tablo 4.2. Sapphire Residence Tower strüktür sistemi ve özellikleri 105
Tablo 4.3. Sapphire Residence Tower yapı kabuğu saydamlık oranı....109
Tablo 4.4. Sapphire Residence Tower'ın opak ve saydam yapı kabuğu ısıl özellikleri109
Tablo 4.5. Sapphire Residence Tower yapı künyesi....114
Tablo 4.6. Sapphire Residence Tower mevcut yapı özellikleri 118
Tablo 4.7. Sapphire Residence Tower 21 Haziran - Aralık dönemi güneşlenme durumu 125
Tablo 4.8. Sapphire Residence Tower doğal aydınlatma analizi....126
Tablo 4.10. Kullanıcı-A'ya ait iç ortam kalitesi değerlendirme sonuçları 132
Tablo 4.11. Kullanıcı-B'ye ait iç ortam kalitesi değerlendirme sonuçları 133
Tablo 4.12. Kullanıcı-C'ye ait iç ortam kalitesi değerlendirme sonuçları 134
Tablo 4.13. Sapphire Residence Tower yapı özellikleri ve iç ortam kalitesi ilişkisi....137

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yapılar, kullanıcıların gereksinimleri doğrultusunda şekillenen birer yapma çevre oluşturup, bu çevre zamanın koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Yapılar; kullanıcı ihtiyaçları, artan nüfus, kentleşme, şehir merkezlerindeki kısıtlı yeni inşaat alanları ve 19. yy. sanayileşme süreci sonrasında çok katlılaşmayı sağlayan teknolojilerle geleneksel halinden farklılaşmaya başlamıştır. Bu değişim ve farklılaşma süreci yeni bir yapı tipolojisi olan yüksek yapıları diğer bir adıyla gökdelenleri ortaya çıkarmıştır.

Hızlı kentleşme, bilimsel ve teknolojik ilerleme ile ekonomik gelişmelerin ortak kesişim noktasında yer alan yüksek yapılar, ortaya çıktıkları ilk dönemden bu yana her zaman değişim ve gelişim içerisindedir. Öncelikle kentsel merkezlerin verimli bir şekilde iş ve barınma mekânı olarak kullanılması için tasarlanan bu yapılar; 20. yüzyılın sonlarından başlayarak, özellikle ikonik amaçlı birer sembol yapı ve en yükseğe çıkma yarışı için bir güç ve prestij aracı olarak kullanılmıştır. Günümüzde halen daha yüksek yapılar için devam eden bu eğilim, Türkiye'de ise 21. yüzyılda ekonomik değişim ve küreselleşmenin sonucu ortaya çıkan yeni kentli elit üst sınıf için "yeni yaşam" alanı olarak tanıtılan farklı anlamlarla kendini göstermektedir. Fakat bu yapıların dünden bugüne gelişimi incelendiğinde; yaygın olarak kullanılan işlevin ofis olduğu görülmektedir. Dünya genelinde yüksek yapıların %44'ü ofis yapısı olarak kullanılırken, Türkiye'de %50'den fazla oranda konut ve buna ek olarak %27 oranında karma içerisinde konut fonksiyonunun da bulunduğu karma yaşam alanları olarak kullanılmaktadır[1].

[1] Sayısal veriler CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat) veri bankası olan http://skyscrapercenter.com/interactive-data üzerinden 2016 yılına kadar inşası tamamlanmış yapılar dikkate alınarak elde edilmiştir.

İnsanın temel gereksinimlerini karşılayarak yaşamını sağlıklı bir biçimde sürdürmesini sağlamak yapıların en temel amacıdır. Günümüzde ise doğal çevreden uzaklaşan insanlar, kentlerde yapılardan ve iç mekân donanımlarından oluşan yapay çevrede hayatlarını sürdürmeye başlamışlardır [1]. Bu durum zamanla insanlarda, yapay çevrede yaşamaktan dolayı Hasta Bina Sendromu (HBS) veya Bina İlişki Hastalıklar (BİH) olarak adlandırılan sağlık sorunlarının oluşmasına neden olmuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda insanların yaşamlarının %90'ını kapalı alanlarda geçirdiği ve kapalı alanlardaki kirliliğin açık alanlardan 2 ila 5 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir [2]. Kapalı mekânların hava kalitesi başta sağlık olmak üzere çalışma verimi, kullanıcı konforu ve kişiler arası uyum gibi kriterleri de doğrudan etkilemektedir, hatta sebep olduğu HBS veya BİH bazen ölümlerin yaşanmasına da neden olmaktadır.

İnsanların zamanlarını en çok geçirdiği yapıların konutlar olması nedeniyle konutların sağlıklı ve konforlu olarak tasarlanması ve kullanım süresince de devamlılığının sağlanması oldukça önemlidir. Kullanıcıların konforlu ve sağlıklı bir şekilde yaşamlarını sürdürmeleri yapının iç ortam kalitesine (Indoor Environmental Quality) bağlıdır. Bu nedenle yapıların tasarımında ve planlamasında; iç ortam kalitesini belirleyen yapının konumu ve dış çevre koşulları (güneşlenme, rüzgâr, gürültü vb.), kullanıcı profili ve tercihleri, iç mekânda kullanılan malzemeler, ısıl konfor, iç hava kalitesi, akustik, aydınlatma, ortam titreşimi ve koku konforu gibi tüm parametrelere ve yapı fonksiyonuna dikkat edilmelidir. Bu bağlamda yüksek yapıların az katlı ve orta yükseklikteki yapılara göre farklı iç ve dış etkilere maruz kalması, bu parametreler doğrultusunda tasarımlarının da farklı olmasına sebep olmaktadır.

Enerji tüketiminde %40'lık paya sahip olan yapılar, iç ortam kalitesini; sağlık ve konfor içerisinde enerji verimliliğinden ödün vermeden elde etmelidir. Enerjinin oldukça önemli olduğu günümüzde her aşamada az katlı yapılardan çok daha fazla enerji tüketen yüksek yapılarda iç ortam kalitesi sağlanırken enerjinin etkin kullanımına dikkat edilmelidir. Yükselmenin bir sonucu olarak yapının tasarımından kullanılacak olan sistemlere kadar geleneksel bir yapıdan daha fazla kısıtlayıcı dış etkiler bulunmaktadır. Yüksek yapılarda kısıtlamaların neden olacağı olumsuz etkilerin önüne geçmek ve bunu gerçekleştirirken kullanıcıların konfor seviyesini düşürmeden sağlıklı bir ortam oluşturmak ve onların memnuniyetini sağlamak; uygun tasarım, sistem-malzeme seçimi, uygulamalar ve yapı işletimiyle mümkün olabilmektedir.

1.1. Tezin Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın amacı giderek yaygınlaşma eğilimi gösteren yüksek konut yapılarındaki iç ortam kalitesinin yapının enerji verimliliğine ve kullanıcı konforuna olan etkisini belirlemektir. Bu kapsamda iç ortam kalitesini belirleyen ısıl konfor, iç hava kalitesi, akustik, aydınlatma, ortam titreşimi ve koku kalitesi parametrelerinin yüksek konut yapılarında nasıl sağlandığı incelenmektedir. Bu parametrelerin yapının enerji tüketimine etkileri de bu kapsamda analiz edilmektedir. Ayrıca, yapılan analizler sonucu, yeni yüksek konut yapı tasarımlarında fiziksel çevre koşullarının, kullanıcı sağlığını olumsuz yönde etkilemeyen ve onların performansını/verimliliğini artırırken enerji verimliliği de sağlayan yöntemlerin belirlenmesi hedeflenmektedir.

İnsanların zamanlarının büyük bir kısmının konutlarda geçiyor olması nedeniyle yüksek yapıların konut fonksiyonuyla kullanıldığında da kullanıcılarına standart bir konut konforunu sunması gerekir. Bu bağlamda dünyanın her yerinde üretilmekte olan yüksek konut yapılarındaki iç ortam kalitesinin kullanıcı sağlığına uygunluğu araştırılması gereken önemli bir konudur. Kullanıcı sağlığı ve sürdürülebilirlik konusunda geri dönüşün uzun vadede alınabileceği düşünüldüğünde bu konuda yapılan analizler yeni yapılacak olan tasarım ve uygulamalara yön vermede yardımcı olacaktır.

1.2. Tezin Yöntemi ve Kapsamı

Çalışma, literatür taraması ve örnek alan çalışması olmak üzere iki aşamada ele alınmıştır. Literatür taraması konu ile ilgili ulusal ve uluslararası yayımlanmış kitapların, makalelerin, tezlerin, çeşitli kurumlarca düzenlenen sempozyum, panel ve konferans notlarının araştırılmasıyla yapılmıştır. Bu inceleme dört ana başlık altında gerçekleştirilmiştir. Buna göre;

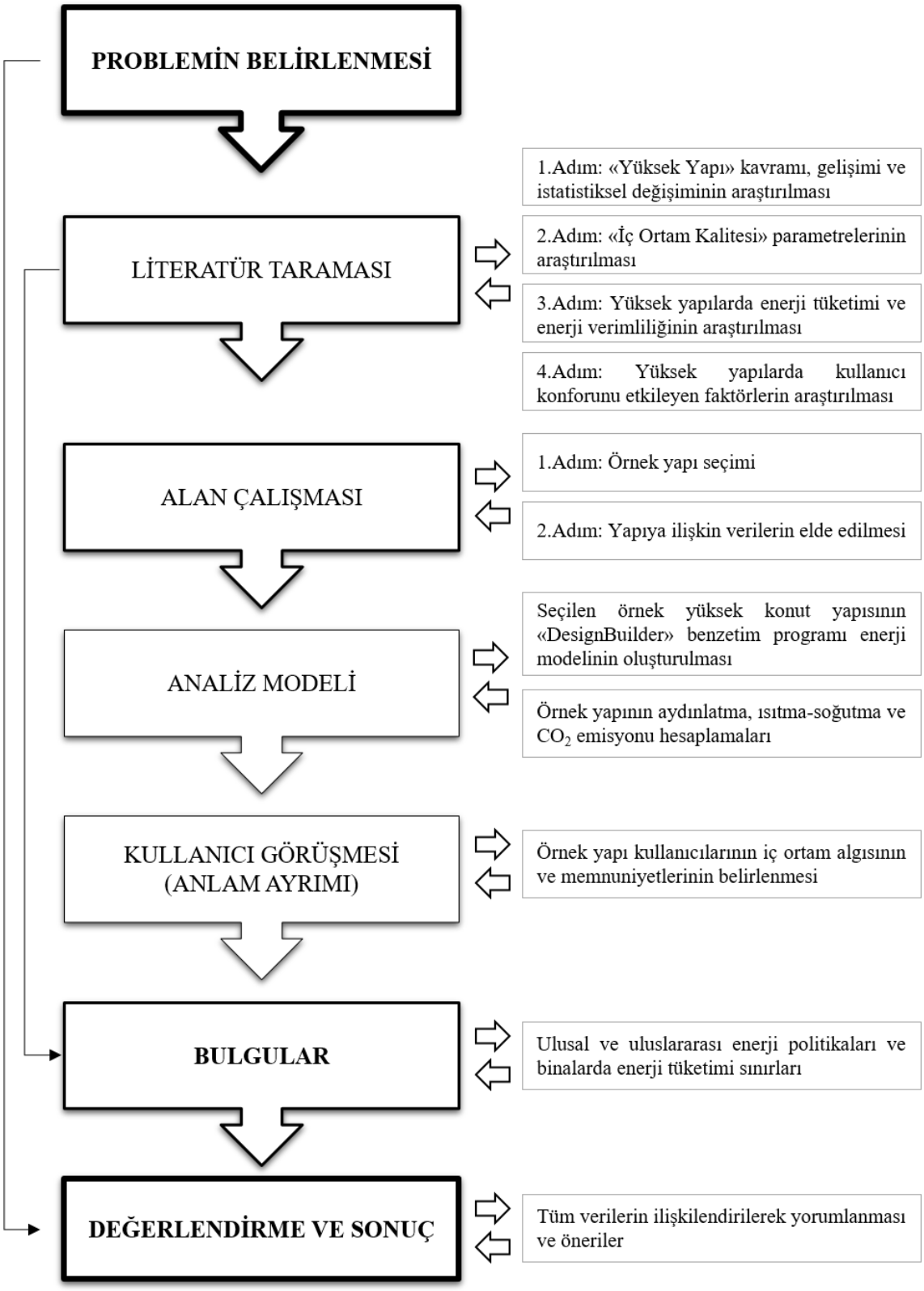
- İlk aşamada yüksek yapı kavramı ve yüksek yapıların tarihsel gelişimi araştırılmıştır. Bu yapıların istatistiksel verileri toplanmış ve yorumlanmıştır.
- İkinci aşamada iç ortam kalitesini belirleyen parametrelerin tanımlamaları ve standartlara göre özellikleri araştırılıp, her bir parametrenin yüksek konut yapılarındaki etkileri incelenmiş ve özetlenmiştir.

- Üçüncü aşamada yüksek yapıların mevcut enerji tüketimleri ve bu tüketimi etkileyen faktörler araştırılmıştır.
- Dördüncü aşamada yüksek konutların kullanıcılarına sunduğu konfor düzeyi ve iç ortamın kullanıcı sağlığına etkileri incelenmiştir.

Örnek alan çalışması ise benzetim programı kullanımı ve yapı sakinleriyle yapılan görüşme sonuçlarına göre incelenmiştir. Benzetim programı olarak "DesignBuilder" programı kullanılmıştır. Yapı sakinleriyle yapılan görüşme ise yapı kullanıcılarına internet ortamında çevrimiçi olarak soruların yönlendirilmesi ve cevapların kaydedilmesi şeklinde uygulanmıştır. Bu bağlamda örnek alan çalışması da dört ana başlıkta incelenmiştir. Buna göre;

- Birinci aşamada örnek yapı incelemesi için gerekli olan bilgiler; yapı tasarımını yapan mimari ofis, uygulayıcı müteahhit firma, dergiler, makaleler, tezler ve internet kaynaklarından elde edilmiştir.
- İkinci aşamada enerji tüketim değerlerini hesaplamak için "DesignBuilder" programında yapının enerji modellemesi yapılmıştır. Programda "EnergyPlus" simülasyon motoru yardımıyla bu model üzerinden ısıtma/soğutma yükleri, yapı kabuğunun ısıl performansı, yapının doğal aydınlatma durumu ve CO_2 emisyonları hesaplanarak analiz edilmiştir.
- Üçüncü aşamada iç ortam kalitesinin kullanıcılar tarafından nasıl algılandığını belirlemek üzere kullanıcılarla görüşmeler yapılmıştır. Çevrimiçi olarak kullanıcılara yöneltilen sorularla onların iç ortamdan memnuniyet seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır.
- Dördüncü aşamada ise benzetim programından alınan sonuçlar ile yapı sakinlerinden alınan görüşler karşılaştırılarak enerji tüketimi ve iç ortam kalitesi arasındaki ilişki analiz edilmiştir.

Çalışmada, belirlenen problem doğrultusunda yapılan incelemede alan çalışmasından elde edilen bulguların literatür taramasında elde edilen bilgilere uygunluğu karşılaştırılmıştır. Son aşamada ise inceleme sonucunda yapılan değerlendirmelerin problemi çözmeye olan etkileri yorumlanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemler ve aralarındaki akış ilişkisi Şekil 1.1'de özetlenmiştir.



Şekil 1.1. Araştırma akış diyagramı

1.3. Literatür İncelemesi

İç ortam kalitesi üzerine birçok bilimsel çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam etmektedir. Enerjinin insanlığın geleceği için önemi enerji verimliliği için yapılan çalışmaları arttırmaktadır. İç ortam kalitesi, enerji verimliliği ve kullanıcı konforu konuları multidisipliner konular olduğundan mimarlık alanının dışında başta makine mühendisliği olmak üzere bina servis ve işletim mühendisliği gibi pek çok mühendislik, çevre ve halk sağlığı vb. alanlarında da bu konuyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır.

FISK ve ROSENFELD (1998) çalışmalarında, iç ortamın iyileştirilmesiyle ulusal anlamda hem üretkenlikte hem de kişi sağlığında artışın yaşanabileceğini tespit etmiş ve iç ortamın sağlıksızlığından kaynaklanan sorunların ulusal ölçekte ülke ekonomisine olan zararlarını belirlemişlerdir [3].

SEV ve ÖZGEN (2003) çalışmalarında yüksek yapılardaki doğal havalandırmanın sürdürülebilirlik bağlamında enerji tüketimi ve kullanıcı sağlığına etkilerini araştırmışlardır. Yüksek yapılarda doğal havalandırmanın her yapı için uygun olmadığı, bunun ancak kısıtlı olarak sağlamanın mümkün olduğu ve mekanik havalandırmaya göre daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır [4].

GÜL vd. (2007) çalışmalarında, İstanbul'da bulunan modern ofis yapılarında Hasta Bina Sendromu'na (HBS) neden olan olası risk faktörlerini seçilen örnek yapılardaki anket çalışmasıyla incelemişlerdir. İç ortamdan memnuniyetsizliğin kaynağı olarak kişisel mahremiyetin sınırlı olması ile fotokopi makinesi kullanımı ve merkezi klima üniteleri gibi faktörlerin HBS şikâyetlerine neden olduğu tespit edilmiştir [5].

LING vd. (2007) çalışmalarında, yüksek yapıların geometrik şeklinin ve yönlenmesinin yapının güneşlenme miktarına etkisini incelemiştir. Yapının kompakt formda planlanmasının sıcak iklim bölgelerinde fazla güneşlenme miktarını azaltarak yapının soğutma yükünü azaltıcı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir [6].

ETHERIDGE ve FORD (2008) çalışmalarında, yüksek yapılarda doğal havalandırma stratejilerini açıklayarak kullanım şekillerini incelemişlerdir. Yüksek yapılar için doğal havalandırma olanağını belirleyen ve tasarımı şekillendiren faktörün rüzgâr olduğu sonucuna varılmıştır [7].

LAI vd. (2009) çalışmalarında, Hong Kong'da kamu ve özel sektörün inşa ettiği yüksek konut yapılarında ısıl konfor, iç hava temizliği, koku ve gürültünün bu yapılarda algılanan performansları ile kullanıcıların önem algıları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır.

Belirlenen dört temel nitelik içinde ısıl konforun büyük çoğunluk tarafından en önemli nitelik olarak görüldüğü belirtilmiştir [8].

TIKIR (2009) yüksek lisans tezinde, İstanbul'daki mevcut konut stoku içindeki yapıların enerji tüketim ve CO_2 emisyon değerlerinde yapı kabuğunda yapılacak iyileştirmelerin etkilerini, "DesignBuilder" programında "EnergyPlus" enerji simülasyon motorunu kullanarak, karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Çalışmaya göre önerilen iki alternatif yapı kabuğu yenileme seçenekleri arasında mevcut duruma göre enerji tüketimini %54-61 ve CO_2 emisyonunu ise %39-50 oranında azaltmanın mümkün olduğu sonucuna varılmıştır [9].

INDRAGANTI ve RAO (2010) konut yapılarında yaş, cinsiyet, ekonomik grup ve kullanım süresinin ısıl konfora etkisini araştırdıkları çalışmalarında, kullanıcılara uyguladıkları anketle ofis yapılarından farklı olarak iç hava kalitesi algısının ısıl konfor ve toplam iç ortam konforuyla ilişkisinin zayıf olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Çalışmada yaşın etkisinin de zayıf olduğu fakat ekonomik grup ve yapı kullanım süresi ile yapı sahibi olma durumunun ısıl konfor algısını değiştirdiği de vurgulanmaktadır [10].

CORGNATI vd.'nin (2011) yapmış olduğu iç ortam kalitesi sınıfları ve yapının ısıtma-soğutma enerji ihtiyacının değerlendirilmesi konulu çalışmasına göre kullanıcı konfor gereksinimleri açısından ısıl konfor ve iç hava kalitesi en yüksek enerji giderlerini oluşturmaktadır [11].

ÇAKIR (2011) yüksek lisans tezinde, sürdürülebilir mimarlık ilkeleri yardımıyla yüksek yapıların değerlendirilmesi ve yüksek bir yapının çevresel performans açısından sahip olması gereken özellikleri incelemiştir. Teze göre sürdürülebilir mimarlık ilkeleri doğrultusunda tasarlanan ve kaynakları tasarruflu kullanan, çevre kirliliği yaratmayan, kullanıcılarına sağlıklı ve konforlu bir iç ortam sunan ve bunları ekonomik olarak yerine getiren yüksek yapıların üretilebileceği belirlenmiştir [12].

KALAFAT (2011) yüksek lisans tezinde, İstanbul'daki yüksek ofis yapılarında akıllı cephe performansının enerji tüketimi ve kullanıcı memnuniyetine etkisini incelemiş ve akıllı cephe sistemleriyle enerji verimliliği, kullanıcı konforu ve iç ortam kalitesinin sağlanabildiği sonucuna varmıştır [13].

ÖRKMEZ'in (2012) çift kabuk cephe sistemlerinin, iç ortam ısıl konfor düzeyine olan etkilerini incelediği tezinde; bu sistemlerin tek kabuk cephe sistemlerine kıyasla iç ortam ısıl konforunu arttırıcı katkısı olduğu vurgulanmıştır [14].

SÜT (2013) yüksek lisans tezinde, Türkiye'de 4 farklı derece gün bölgesinde yer alan birer çok katlı konut örneğinde "DesignBuilder" benzetim programını kullanarak bu yapıların TS 825'e uygun olarak enerji etkin yenilenmeleri ile sağlanacak enerji tasarrufu ve CO_2 emisyonundaki azalmayı belirlemiştir. Sonuç olarak soğuk bir bölgede yer alan bir yapı için yapı kabuğunun opak ve saydam yüzeylerinde gerekli yalıtımların yapılması enerji verimliliğini arttırırken sıcak iklim bölgesindeki yapıların yalıtıma gerek kalmaksızın yapının yönlenmesi, yapı formu ve saydamlık oranı gibi parametrelere dikkat edilerek tasarlanması ile enerji verimli yapıların üretilebileceği belirtilmiştir [15].

DANIK'ın (2014) yüksek yapılardaki çift kabuklu cephelerin doğal havalandırma performansını ve kullanıcı konfor koşullarına uygun ortamlar oluşturulmasındaki rolünü incelediği yüksek lisans tezinde, yüksek yapılar için mekanik havalandırma kullanımı kaçınılmaz olsa da, çift kabuklu cephelerle sağlanan doğal havalandırmanın uygun koşulları tek başına yerine getirebilecek yeterlilikte olduğu sonucuna varılmıştır [16].

IŞIK'ın (2014) yüksek lisans tezinde, yüksek yapılarda enerji verimliliğini azaltan cephe sistemleri ele alınarak sistemlerin yapıya sağladığı doğal havalandırma ve günışığından yararlanma özellikleri ile enerji etkin yapı cepheleri örnek yüksek yapıların incelenmesiyle yorumlanmış ve iç ortam kalitesinin iklimlendirme ve havalandırma sistemleriyle kontrol altına alınabildiği belirtilmiştir [17].

HASSAN vd. (2015) yapı kabuğundaki iyileştirmelerin yüksek apartmanların enerji performanslarına etkisi üzerine yaptıkları çalışmada; tek cidarlı olarak tasarlanan yüksek konutlar için maksimum ısıl direncin film katmanlı veya katmanlı camlarla sağlanabildiği belirtilmiştir [18].

LEE ve KIM (2015) çalışmalarında, iç ortam kalitesinin değerlendirilmesi, genel konut memnuniyeti ve konut sakinlerinin enerji kullanma tutumları arasındaki ilişkiye dair yapısal bir denklem modeli önermeyi amaçlamış ve bunun için belge araştırması ve anket çalışması yöntemlerini kullanmışlardır. Anket sonuçlarında kullanıcıların konut koşullarından ve iç ortam kalitesinden genel anlamda memnun oldukları fakat akustik açıdan yeterli memnuniyetin olmadığı tespit edilmiştir. Çalışma sonucuna göre, enerji kullanım tutumunun iyileştirilmesi, iç ortam kalitesinin iyileştirilmesi üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olmanın yanında, aynı zamanda iç ortam kalitesini arttırarak genel konut memnuniyetindeki iyileşmeyi de sağlamaktadır [19].

MIRRAHIMI vd. (2016) çalışmalarında, ısı kayıp/kazançlarının ortalama %75'lik kısmının yapı kabuğundan kaynaklandığı diğer kayıp ve kazançların büyük bir kısmının da yapının yönlenmesi ve yapı kabuğunda bulunan havalandırma açıklıklarından kaynaklandığını vurgulamıştır [20].

Yapılan literatür incelemesi sonucunda, iç ortam kalitesi üzerine yapılan çalışmalarda, iç ortam kalitesini belirleyen parametrelerden bazen birinin bazen de birkaçının birlikte ele alınarak araştırmaların yapıldığı; ancak yüksek yapılarda iç ortam kalitesini belirlemede etkili olan ortam titreşimi kalitesi ile koku kalitesi parametrelerinin diğerleriyle birlikte değerlendirilmediği gözlemlenmiştir. Ayrıca iç ortam kalitesi ile enerji verimliliği ya da kullanıcı konforu ilişkisini inceleyen çalışmalar da ayrı ayrı yapılmıştır. Fakat iç ortam kalitesi ve kullanıcı konforu birbirine bağlı iki kavram olup bunların geliştirilmesi veya iyileştirilmesi yapının enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Önemli olan diğer bir nokta ise yapılan çalışmaların çoğunluğunu yüksek ofis yapı analizleri ve alan çalışmalarının oluşturmasıdır. Sayıları giderek artan yüksek konut yapıları da dikkate alındığında, bu çalışmada; diğer çalışmalardan farklı olarak, iç ortam kalitesinin hem kullanıcı konforu hem de enerji verimliliği üzerindeki etkileri bir yüksek konut örneği üzerinden incelenmiştir. Tüm fiziksel çevre verilerine göre yüksek konut yapılarının etkin bir şekilde tasarımına, inşasına ve ideal iç ortam kalitesinin kullanıcı konforu ve sağlığına uygun enerji verimli şekilde detaylandırılmasına yönelik önerilerde bulunulmaya çalışılmıştır.

BÖLÜM 2

YÜKSEK YAPI KAVRAMI VE GELİŞİMİ

2.1. Yüksek Yapı Tanımları

Yüksek yapı kavramı; doğaya egemen olma, tanrıya yaklaşma ve sahip olduğu gücü gösterebilme arzusu gibi nedenlerle kısıtlı olan yapı üretim teknikleri olanaklarına rağmen ortaya çıkmıştır. Zamanla değişen amaçlar, ihtiyaçlar ve yapım teknolojileriyle kavram farklı anlamlar kazanmıştır. Yüksek yapılar 19. yüzyılın sonlarında oluşan bir yapı türü olarak kabul edilmiş olsalar da yüksek yapıların tarihi bir yüzyıldan daha eski olup, birçok farklı amaç için eski çağlardan beri inşa edilmişlerdir.

Sınırları kesin çizgilerle belirlenmemiş olan gelişmiş bir terminolojiye sahip olan yüksek yapılarla ilgili farklı birçok tanım bulunmaktadır. Dünyanın değişik bölgelerinde yüksek yapılar farklı terimlerle ifade edilmektedir. Alışılmışın çok üstünde yüksekliğe sahip olan bu yapılar için İngilizcede "skyscraper" (gökdelen), Fransızcada "gratte-ciel" (dev yapı), Almancada "hochhaus" (yüksek yapı) veya "wolkenkratzer" (bulut delen) terimleri kullanılmaktadır [21]. Günümüzde bu terimlere ek olarak İngilizcede 'Tall Building' ve 'High-Rise Building' deyimlerinin de kullanıldığı görülmektedir.

Yükseklik göreceli olup yer ve zaman içinde tutarlı bir kavram değildir. Yüksek yapı kapsamının ne olduğu, hangi yükseklikte ve kaç katlı bir yapının yüksek yapı olarak tanımlandığına dair hala kesin bir görüş birliği yoktur. Günümüzde ise yapı yüksekliğine, açık-hava yaya girişinden itibaren, anten ve bayrak direğini ihmal ederek, yapı tepesine kadar olan mimari/taşıyıcı sistem yüksekliği esas alınarak karar verilmektedir.

Yüksek yapılar için çeşitli disiplinlerde ve kendi çalışma sınırları içinde dünya ve Türkiye'de yapılmış birçok farklı tanım bulunmaktadır. Literatüre göre, dünyada ve Türkiye'de yapılmış yüksek yapı tanımları gruplanarak özetlenmiştir.

a. *Sözlük ve ansiklopedilerdeki tanımlamalara göre;*

- Amerikan şehirlerinin karakteristik özelliklerinden biri olan ve pek çok kattan oluşan yapı (*The Oxford English Dictionary, 1961*) [22]
- İlk örneklerine ABD'de rastlanan çok katlı yapılara verilen isim (*Meydan Larousse, 1971*) [22]
- Taban alanı küçük, yüksekliği taban boyutlarına göre daha fazla, genellikle iş yeri olarak kullanılan ve kule biçiminde, narin yapılar (*Büyük Larousse Sözlük ve Ansiklopedisi, 1986*) [22]
- ABD'de 19. yüzyılın son yirmi yılında ortaya çıkan çelik iskeletli yüksek büro yapıları (*Büyük Larousse Sözlük ve Ansiklopedisi, 1996*) [23]
- Asansör gibi mekanik dikey ulaşım sisteminin kullanılmasını gerektirecek kadar uzun olan çok katlı yapılardır (*Britannica Ansiklopedisi, 2015*) [24].
- Türk Dil Kurumu'na göre; yirmi, otuz veya daha çok katlı yapı olarak tanımlanmaktadır.

b. *Mimar, mühendis, şehir bölge planlamacı vb. kişilerin ifadelerine göre;*

- Louis Sullivan yüksek yapıların babası olarak nitelendirilmekte olup "The Tall Office Building Artistically Considered (1896)" adlı eserinde yüksek yapıları şu şekilde tanımlamaktadır: "Yüksek ofis yapılarının baş karakteristiği nedir? Yüce olması. Yapı yüksek olmalı. Yüksekliğin kuvveti ve gücü içinde olmalı, yüceliğin zafer ve gururuna sahip olmalıdır. En alttan en üst noktasına kadar içinde aykırı hiçbir çizgiyi barındırmadan yükselen her bir metresinde gurur olmalıdır" [25].
- Mies Van Der Rohe ve Le Corbusier, Amerikan yüksek yapılarını, teknik sanayi meslekleri ile mimariye bahşedilen önemin ayrımını yapan en mükemmel model olarak değerlendirmektedir. Bu bağlamda yüksek yapılar teknolojik gelişmelerin bir sonucu olup, makinenin sembolik bir yorumunu yansıtmaktadır [26].
- Lynn S. Beedle[2] (1984), "Büyük şehirlerde yangın yönetmeliğine göre; yangına karşı özel önlemler alma zorunluluğundan dolayı 10 ya da daha çok

[2] Lynn S. Beedle, yüksek yapı tasarımı ve inşaatında öncü ve yol gösterici olan ve 1969 yılında yükseklik ölçüm kriterlerini belirleyen kuruluş olan "Joint Committee on Tall Buildings" kurucusu, inşaat mühendisi.

katlı olan ve yapı kurallarına göre, asansör konulma zorunluluğu olan yapılar" [23] şeklinde tanımlamaktadır.

- Henry Russell Hitchcock[3]'a (1958) göre, "yüksekliği asansör yardımıyla çıkılması sağlanan hem fiziksel hem de finansal anlamı olan yapı" [27]
- Ada Louise Huxtable[4]' (1984), "The Tall Building Artistically Reconsidered" adlı kitabında gökdelenleri "Gökdelen ve yirminci yüzyıl eş anlamlıdır. Yüksek yapılar çağımızın dönüm noktasıdır. Gökdelen, bu yüzyılın en çarpıcı mimari olgusudur. Şehirleri şekillendiren ve onların şansı, kabul görsün ya da görmesin neredeyse her mimarın rüyası, geçmişi ve şimdiki zamanıdır." şeklinde değerlendirmektedir [28].
- Thomas A. P. van Leeuwen[5] (1988), "Gökdelenler harika doğrulukla üretilen ve medeniyeti yansıtan bir yapı tipini temsil etmektedir. Onlar sadece mimarlık alanında Amerika'nın en karakteristik temsilcisi değil, Amerika'nın minyatürleridir. Her kim gökdelen çalışmaları yapıyorsa, aslında Amerika'yı incelemektedir [29]." şeklinde ifade etmektedir.
- Beedle ve Rice (1995), "Yüksek yapı, yüksekliği ile çevresindeki yapılardan farklı bir tasarım, konstrüksiyon ve kullanım koşulları oluşturan yapıdır" tanımında bulunmuştur [30].
- Ali[6] ve Armstrong (1995), "Architecture of Tall Buildings" adlı kitabında yüksek yapıları; "Genel olarak çerçeve sistemle inşa edilen ve yüksek hızlı asansörlerin kullanıldığı, normal az katlı yapıdaki bir mekânı olağanüstü yükseklikle bir araya getiren çok katlı yapılardır. Toplamda kentin fiziksel, ekonomik ve teknik gücünü gösteren bir ifadedir" [31] şeklinde tanımlamaktadır.

---

[3] Henry-Russell (1903-1987) Hitchcock neslinin önde gelen Amerikalı mimarlık tarihçisi.

[4] Ada Louise Huxtable, 1970 yılında "Pulitzer Prize for Criticism" ödülünü kazanmış mimarlık eleştirmeni ve mimarlık yazarıdır.

[5] Thomas A. P. van Leeuwen, uzun yıllar Leyden Üniversitesi'nde mimarlık tarihi, kültürel tarih ve sanat eleştirisi profesörü olarak görev yapan bir akademisyen ve araştırmacı.

[6] Mir Mohammad Ali, SOM ve Sargent & Lundy gibi firmaların çok sayıda ulusal ve uluslararası projelerinde görev almış ve danışmanlık yapmış, yüksek yapıların tasarımı, strüktürü, tarihi, sürdürülebilirliği ve doğal afetlere karşı korunumu üzerine çalışan ve The Illinois School of Architecture'da profesör olarak görev alan akademisyendir. Yüksek yapılar üzerine yazmış olduğu 6 adet kitabı vardır.

c. *Ülkelerin kanunları, yönetmelikleri ve standartlarına göre;*

- ABD yerel yangın yönetmeliklerine göre yangın müdahalesi için kullanılan ekipmanların erişebildiği yüksekliğin dışında kalan yapılar [32].
- Federal Alman standartlarına göre en yüksek noktası 22 m'den fazla yükseklikte ve insanların sürekli ikametine tahsis edilmiş olan yapılar yüksek yapı olarak kabul edilirler [33].
- Bangladeş Ulusal İmar Kanunları'na (BNBC 93) göre; 6 kat ya da 20 m ve üzerindeki her yapı yüksek yapıdır [34].
- Hindistan, Haydarabat İmar Kanunu'na göre yüksek yapı, 4 katlı ve fazlası ya da 15 m üzerindeki yapılardır [35].
- ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) tanımına göre; yüksekliği (H), rüzgârı karşılayan genişliğinin (W) üç katından fazla olan yapılar yüksek yapılardır [36].
- Türkiye imar yönetmeliklerinde 10 kat veya daha çok katlı yapı, yüksek yapı kabul edilir [37].
- İstanbul Büyük Şehir Belediyesi İmar Yönetmeliğine (2007) göre; yüksek yapı, genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, siluet, kent dokusu ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen bir yapı türüdür. Yapının herhangi bir cephesinden görünen en düşük kottaki yapı yüksekliği en az 60.50 m olan yapılar, yüksek yapılar olarak kabul edilir [38].
- İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği (2008) taslağına göre; yüksek yapılar, tamamı yer altında olan ve yapıyı tümü ile kuşatan yüksek yatay rijitlikli çevre perdelerine sahip bodrum katları hariç olmak üzere, en düşük yer seviyesinden itibaren yüksekliği en az 60 metre olan yapılardır [39].
- İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliğinde (1996) ise, yüksek yapılar şöyle tanımlanmaktadır; "Son kat tavan döşeme kotu 30.80 m'yi ve/veya bodrum kat dâhil olmak üzere toplam kat adedi 13'ü aşan (13. kat hariç) yapılar yüksek yapı olarak kabul edilir" [40].
- Bursa Büyükşehir İmar Yönetmeliğine göre; yapının herhangi bir cephesinden görünen en düşük kottaki yapı yüksekliği en az 42.50 m olan yapılar yüksek yapı olarak kabul edilir [41].

- Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte ise yüksek yapılar; Bina yüksekliği 21,50 metreden, yapı yüksekliği 30,50 m'den fazla olan yapılar [42]" olarak ifade edilmektedir.

d. Uluslararası yetkili sivil toplum kuruluşlarına göre;

- EMPORIS[7], 35 ile 100 m arasında ya da yüksekliği bilinmeyen yapılar için 12 ile 39 katlı yapıları yüksek yapı olarak kabul etmektedir.
- CTBUH[8]'ye (Council on Tall Building and Urban Habitat) göre; yüksek yapı, yüksekliğin planlamayı, tasarımı ve kullanımı önemli ölçüde etkilediği ve yüksekliğinin belli bir bölge ve zaman diliminde yaygın olarak bulunan diğer yapılardan farklı tasarım, yapım ve kullanım koşulları yarattığı yapıdır.

Özet olarak tüm bu tanımlardan yola çıkıldığında yüksek yapılar için; çevresini, fiziksel çevre, siluet, kentsel doku ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen, ek olarak etrafındaki yapılara oranla yüksek olan yapılar tanımı yapılabilir. Yüksek yapı bulunduğu çevrenin bağlamıyla değerlendirilmesi gerektiğinden her ülke için farklılık göstermektedir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Ülkeler ve yüksek yapı kabul sınır yükseklikleri

Ülke	**Yükseklik Sınırı**
Bangladeş	20 m ve üzeri
Almanya	22 m ve üzeri
İsviçre	25 m ve üzeri
İngiltere	28 m ve üzeri
Rusya	36 m ve üzeri
Avusturya	40 m ve üzeri
Türkiye	40 m ve üzeri
ABD	Kesin bir sınır bulunmamaktadır.

[7] EMPORIS 2000 yılında kurulmuş, merkezinin Almanya'nın Frankfurt şehrinde bulunduğu yapılı çevre için bilgi ve lojistik sağlayan bir veri bankasıdır. Şirket bina ve yapıların ilgili verilerini düzenler, yapıların inşa ve gayrimenkul konusunda bilgi değişimini ve erişimini kolaylaştırır. Emporis tarafından yönetilen veri ağı, teknik veriler, tanımlayıcı verileri (binaların yaşam döngülerinin zaman çizelgeleri de dâhil) tarihsel bilgi, konum verileri, yüklenici firma bilgileri, fotoğraf, diyagramlar ve modellemeleri içerir.

[8] CTBUH, 1969 yılında Pennsylvania Lehigh University'de 'Joint Committee on Tall Buildings' adıyla kurulmuştur. 1976 yılında CTBUH ismini almıştır. Kuruluş, yüksek binalar ve sürdürülebilir kentsel mekânlarla ilgili araştırmalar yaparak uzmanlara sektördeki gelişmeleri takip edebilecekleri uluslararası bilgilendirme platformu oluşturmuştur.

2.2. CTBUH'ye Göre Yüksek Yapı Tanımı ve Ölçme Kriterleri

CTBUH'ye göre, yüksek yapı kavramının kesin bir tanımlaması olmayıp, yüksekliğin belli kriterlere göre ölçülüp tanımlanması gerekmektedir. CTBUH yapı yüksekliğinin üç temel kritere göre tanımlanabileceğini öne sürmektedir.

- **Bağlama Göre:** Yükseklik tanımı, yapının yer aldığı çevre dokusuyla ilişkilidir. 14 katlı bir yapı yüksek yapıların yoğun olduğu Chicago veya Hong Kong gibi şehirlerde yüksek olarak tanımlanmazken, tarihi bir Avrupa kentinde ya da kırsal bir yerleşimde yüksek olarak tanımlanabilmektedir (Şekil 2.1) [43].



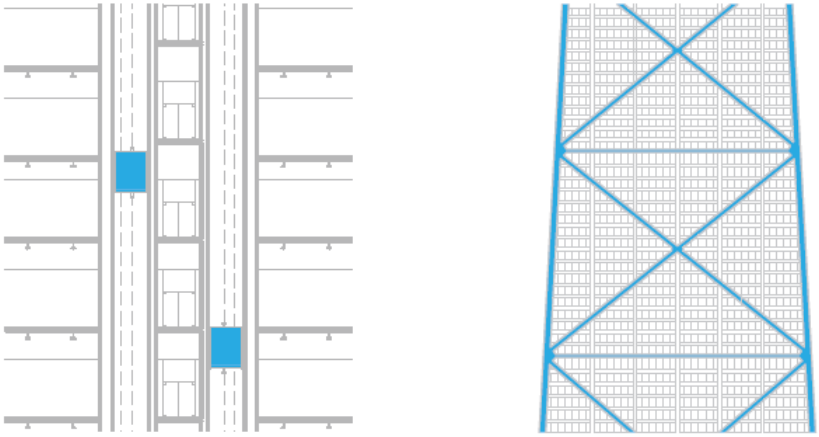
Şekil 2.1. Yapı yüksekliği ve çevre dokusu ilişkisi

- **Yapı Oranına Göre:** Yükseklik sadece düşeydeki ölçütle değil, aynı zamanda yapının sahip olduğu oranlarla da ilişkilidir. Şehir siluetinde yeterince yüksek olmayan fakat inceliği ile yüksek yapı görüntüsü veren yapılar mevcuttur (Şekil 2.2) [43].



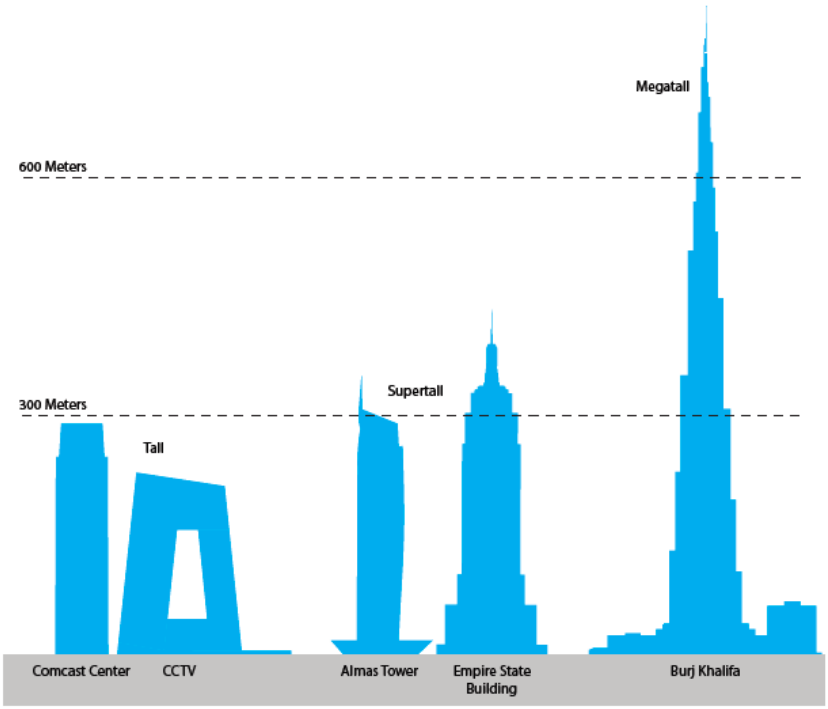
Şekil 2.2. Yapı oranı ve yükseklik ilişkisi

- **Kullanılan Teknolojiye Göre:** Yüksek bir yapı yüksekliğinden dolayı, taşıyıcı sisteminde, servis sistemlerinde ve mimari donanımında gelişmiş teknolojilerin kullanımını gerektiriyorsa, yüksek olarak değerlendirilmektedir (Şekil 2.3) [43].



Şekil 2.3. Yüksek yapı teknolojileri

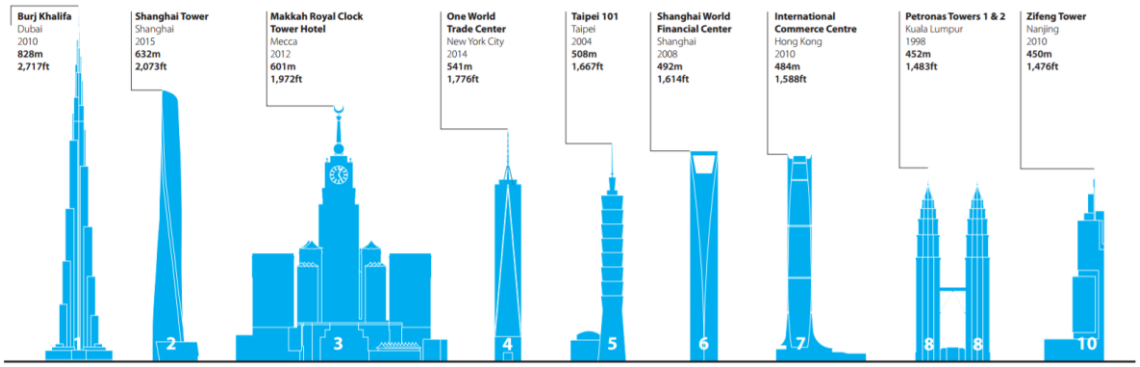
CTBUH'ye göre, en alt seviyedeki açık-hava yaya girişinden itibaren 14 kat/50 m ve üzeri yapılar, yüksek yapı (tall building), 300 m'den yüksek yapılar, çok yüksek yapı (supertall building) ve 600 m'den yüksek yapılar ise mega yüksek yapı (megatall) olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.4) [43].



Şekil 2.4. Yüksek, süper yüksek ve mega yüksek yapılar

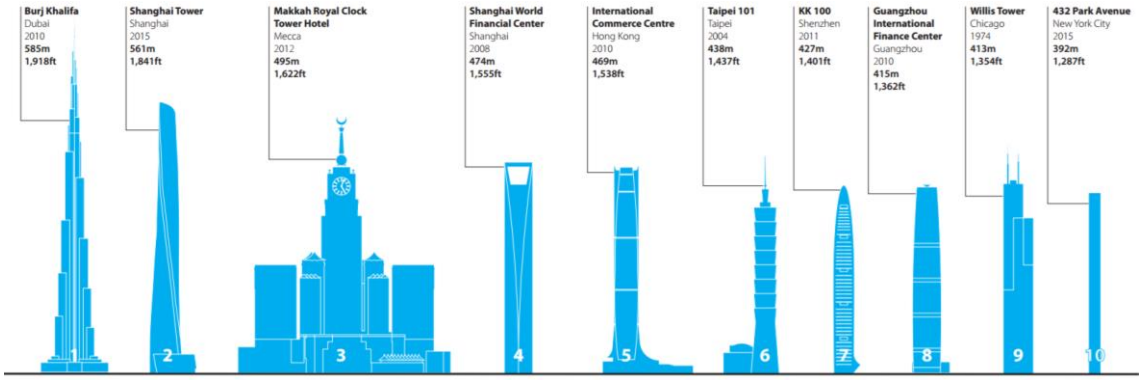
CTBUH yapıların yüksekliğini ölçmede üç kriter kullanmakta olup, dünya genelindeki yüksek yapıları bu üç kritere bağlı olarak, farklı kategorilerde sıralamaktadır.

- **Mimari Tepe Noktasına Göre Yükseklik Ölçme:** Kaldırım seviyesinden, yaya girişinin sağlandığı kattan, yapının anteni hariç, bayrak direği, diğer tüm fonksiyonel-teknik ekipman dahil, mimari tepe noktasına kadar olan yüksekliktir. CTBUH'nin her yıl yeniden açıkladığı, dünyanın en yüksek 100 yapısı sıralamasında yaygın olarak bu yaklaşım izlenmektedir (Şekil 2.5) [43].



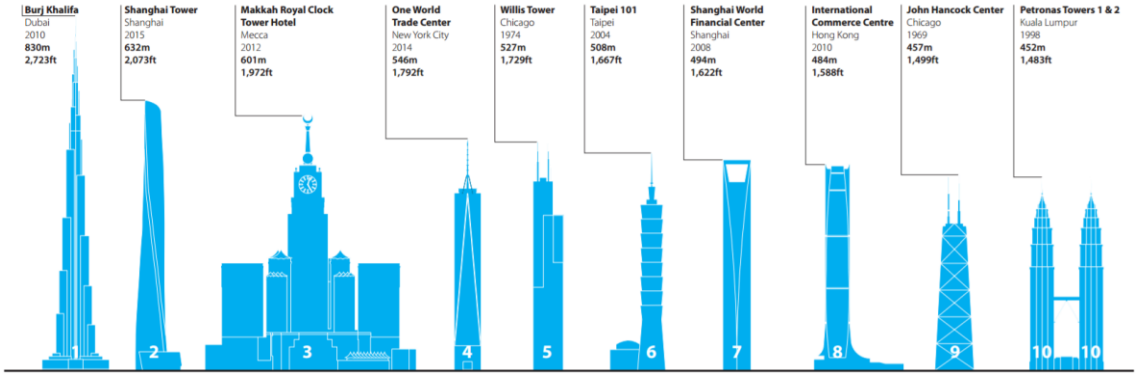
Şekil 2.5. Mimari tepe nokta yüksekliklerine göre dünyadaki en yüksek 10 yapı, 2015

- **Kullanılan En Üst Katın Döşemesine Göre Yükseklik Ölçme:** Kaldırım seviyesinden, yaya girişinin sağlandığı kattan, yapının kullanılabilir en üst kat döşemesine kadar olan yüksekliktir (Şekil 2.6) [43].



Şekil 2.6. Kullanılan en üst kata göre en yüksek 10 yapı, 2015

- **Tepe Noktasına Göre Yükseklik Ölçme:** Kaldırım seviyesinden, yaya girişinin sağlandığı kattan, kullanılan malzeme ve fonksiyondan bağımsız, anten, bayrak direği vb.'ni kapsayan fonksiyonel ve estetik ekipmanın uç noktasına kadar olan yüksekliktir (Şekil 2.7) [43].



Şekil 2.7. Tepe noktalarına göre en yüksek 10 yapı, 2015

2.3. Yüksek Yapıların Ortaya Çıkış Sebepleri ve Gelişimi

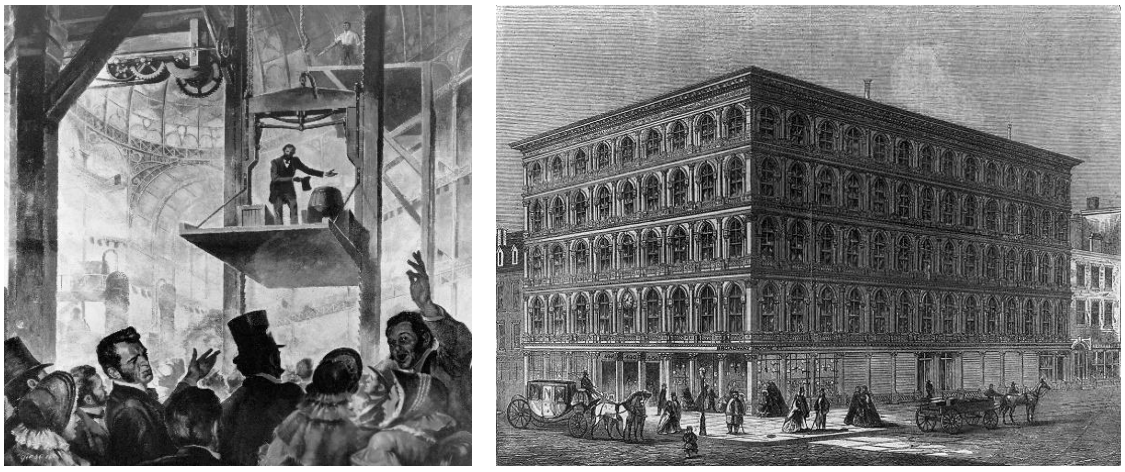
İnsan iradesinin ve tekniğinin sonucu olarak üretilen güç, prestij ve hâkimiyet göstergesi olan piramitler ve inanç gereği insanların yükselme ihtiyaçlarının sonucu olan katedraller uzun yıllar insanlığın mimari başarılarından biri olmuştur. Fakat bu yapılar anıtsal nitelikte olup barınma amacıyla tasarlanmamışlardır. Antik çağlardan günümüze kadar gelen, anıtsal amaçlı bu ilk örneklerden sonra, Sanayi Devrimi ile yüksek yapı kavramı değişmeye başlamış ve bugünkü anlamıyla insanların barındığı ya da çalıştığı yüksek yapılar halini almıştır. Bu bağlamda modern yüksek yapıların, geçmişin anıt yapılarıyla çok az benzerlik taşıyor olmalarına rağmen, insanlarda uyandırdığı hayranlık hissi, bu yapıların modern dünyanın anıtları olarak görülmesine neden olmaktadır.

19. yüzyılın sonlarında ticari amaçla kullanılan yapılar inşaat faaliyetleri için başlıca tetikleyici unsur olmuştur. Çünkü işletmelerin birbirine yakınlığının avantajlı olması kent merkezlerinin yoğunlaşmasına, dolayısıyla da arazi fiyatlarının artmasına neden olmuş çözüm olarak da yapılar yükselmeye başlamıştır [44]. Böylece yüksek yapılar hızlı kentsel büyümenin bir nedeni ve sonucu olarak çoğunlukla ticaret ve konut alanı sağlamak için ortaya çıkmıştır. Sadece ekonomik gelişmeler değil, değişen demografik yapı da yüksek yapılara duyulan ihtiyacın artmasına neden olmuştur. Çünkü her geçen gün kentlerde yaşayan insan sayısı artmakta olup bu insanlar için iş alanları ve kalacak yerin temin edilmesi gerekmektedir. Günümüzde bu demografik ve ekonomik değişimler hala yüksek yapıların inşa edilmesi için itici güç niteliğindedir. Birleşmiş Milletler'in (BM) dünya nüfusunun yaklaşık %50'sinin kentlerde yaşadığını belirten

raporuna göre kentsel gelişme inkâr edilemez bir ihtiyaçtır ve 2050'de bu rakamın %70'e yükselmesi beklenmektedir [45]. Örneğin Çin'de 2030 yılına kadar her yıl 12 milyondan fazla kişinin kentsel alanlara göç etmesi beklenmektedir. 2015 yılında ise dünya genelinde 3,9 milyardan fazla kişi şehirlerde yaşamakta olup bu şehirlerin %40'ından fazlasının nüfusu 1 milyonu geçmektedir [46]. Bu nedenle yüksek yapılar, daha fazla alanın gerekli olduğu yerde yükselmeyle bu soruna çözüm bulmaya çalışmaktadır.

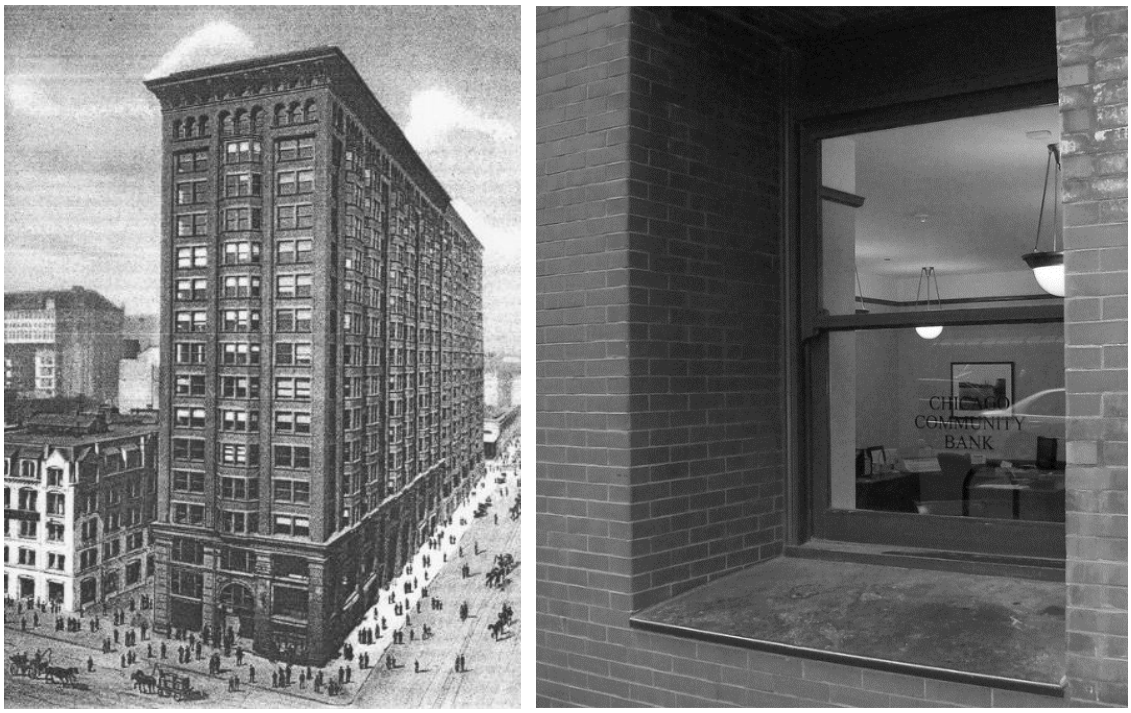
Yüksek yapıların oluşum sürecinde, yapılarda çok katlılaşmayı sağlayan pek çok etken vardır. Bu etkenler; sosyal, ekonomik ve kültürel nedenler ile doğrudan ilişkili olup, aynı zamanda teknolojik gelişmelerin de bir sonucudur. Modern dünyada büyük kent siluetlerine hâkim olan yüksek yapıların gelişimi için iki temel faktör bulunmaktadır:

1. Yüksek yapıların gelişiminde önemli teknolojik adımlardan biri, asansörün düşey taşıma aracı olarak kullanılmaya başlanmasıdır. 1853'te Amerikalı Elisha Graves Otis, dünyanın ilk emniyetli asansörünü icat etmiştir (Şekil 2.8). Bu yeni dikey ulaşım şekli, insanların yürümekten çok daha hızlı ve çok daha az çabayla yukarı doğru güvenli bir şekilde seyahat etmesini sağlamıştır [47]. Beş katlı E.V. Haughwout Building (New York, 1857) yapısında, geliştirilen bu asansör ilk defa kullanılmıştır (Şekil 2.8). Daha sonra bu gelişmeyi, yüksek yapı tarihinde önemli rolü olan Almanya'da Werner Von Siemens firmasının ilk elektrikli asansörü geliştirmesi (1880) takip etmiştir [46].



Şekil 2.8. Otis kardeşler tarafından önerilen yolcu asansörü tasarımı, 1853 [48] ve E. V. Haughwout Building, 1859 [49]

2. 1870'lerde, daha önce yapımda kullanılan dökme demir ve ahşabın zayıf kombinasyonunun kademeli olarak yerini aldığı çelik çerçeveler elde edilmiştir. O zamana kadar, duvarların her katın ağırlığını taşımak için çok kalın olması gerekmekteydi. Teknolojik bir diğer gelişme ise çeliğin 1847 yılında William Kelly tarafından yapı malzemesi ve strüktürel olarak yapılarda kullanılması ve sonrasında 1849 yılında Joseph Monier'in betonarme sistemi uygun şekilde kullanmasıdır. Bu gelişmelere kadar yığma sistemle inşa edilen yapıların yükseklikleri belli sınırlarda kalmaktaydı. Bu durumun en belirgin örneği; 1891 yılında yapılan Chicago'daki 17 katlı Monadnock Binası yüksek yapılar için taşıyıcı taş duvar sisteminin sınırlarını açıkça ortaya koymaktadır (Şekil 2.9) [50]. 19. yüzyıl sonlarına doğru, Monadnock Binası ile erişilen 64 metre yükseklik bu yapım tekniğinin ulaşabildiği en yüksek nokta olup zemin katında 1,83 metre kalınlığındaki taşıyıcı yığma duvarların yer aldığı bu yapı, şehirde bu teknik kullanarak inşa edilen son yapı olmuştur [51].



Şekil 2.9. Monadnock Binası [52] ve giriş kata ait duvar kalınlığı [53]

Asansörün icadı ve yapım sistemi olarak çelik çerçeve sistemin kullanılmasının yanında yüksek yapıların gelişimine katkı sağlayan başka sosyal, ekonomik ve teknolojik faktörler de bulunmaktadır:

1. Kullanılan yapı malzemelerindeki değişim beraberinde yenilikçi strüktürel formların ve sistemlerin de oluşmasına neden olmuştur. Bu yeni sistemlerle rüzgâr ve deprem gibi yanal yüklerin etkisinin yükselmenin sonucu olarak arttığı bu yapılar, daha rijit ve dayanımlı olarak inşa edilebilmiştir. Ayrıca 1843'te James Nasmyt tarafından modern derin temel prensipleri ve detaylarının geliştirilmesi, buharla kazık çukuru açma sistemi ile zayıf taşıma kapasitesine sahip zeminlerde derin temelli yüksek yapı inşaatı uygulamasını mümkün kılmıştır [54].
2. Yangına karşı korumadaki yenilikler, hidroforun icadı, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin gelişimi, statik tasarım yöntemlerinin teknolojiyle birlikte gelişmesi, sismik tasarımın ileri seviyelere ulaşması, beton kalitesindeki sürekli iyileşmeler yüksek katlı yapıların yapımını daha da kolaylaştırmıştır [55].
3. Yapıların fiziksel varlığının toplum üzerinde yarattığı algıya bağlı olarak sosyal bir boyutu da vardır. Bu durumun yüksek yapılardaki karşılığı bu yapıların birer ekonomik gelişmişlik ve güç göstergesi sembolü olmasıdır. Ayrıca bu yapılar birer reklam ve tanıtım aracı olma görevini de üstlenmektedir. Aynı zamanda tüm ekonomik dinamiklerin tek bir fiziksel yapı üzerinde gösterilebiliyor olması ülkelerden, küresel ve yerel firmalara kadar her kurum/kuruluşun kullandığı bir araç haline gelmesine neden olmaktadır. Ekonomik büyümenin sonucu olarak inşa edilen yüksek yapılar, emlak sektörünün büyümesine ve spekülasyonlarla gelişmesine neden olmakta ve bu süreç çoğu zaman içinde bulunduğu ülke için ekonomik krizi de beraberinde getirmektedir [56].
4. Değişen yeni kent estetiği kavramı ve kent imgelerinin yanında insanın daha yükseğe ulaşma isteğinin bir sonucu olarak yüksek yapılar üretilmektedir [57].

Yüksek yapılar, tüm bu etkiler altında sürekli gelişmekte ve zamanın gereksinimlerine göre şekillenmeye devam etmektedir.

2.3.1. Dünyada Yüksek Yapılar

Sosyal, ekonomik, kültürel, yasal ve teknolojik etkiler yüksek yapıların gelişimine yön vermekle birlikte onları şekillendirmektedir. Günümüzdeki anlamıyla yüksek yapı kavramının her ne kadar Avrupa modelleri ve teorilerinden etkilendiği düşünülse de, bu yapılar ilk olarak ABD'de ortaya çıkmıştır. Başlıca iki ABD şehri olan Chicago'da doğan bu yeni yapı tipolojisi daha sonra New York'ta gelişerek sınırlarını aşmış ve tüm dünyaya yayılmıştır. Birlikte yaşama arzusu ve daha büyük yapılar inşa etme isteği gibi iki sosyal etmen kentsel yaşamın gelişimini etkilemiştir. Çağının modern yaşamının sembolü olan yüksek yapılar diğer bir adıyla gökdelenler küçük bir arazi izinde, büyük bir yaşam veya çalışma alanı sağlayarak, şehre modernlik ve zenginlik katmaktadır.

Merkezi ticaret ve iş alanlarında kolay erişimin ve kısıtlı arazinin verimli bir şekilde kullanılması için bir çözüm olan yüksek yapıların, zamanla teknolojik gelişmeler doğrultusunda tasarımları, planlamaları, işlevleri ve teknolojileri de değişime uğramıştır. İlk olarak ofis işleviyle kullanılan bu yapılar, özellikle II. Dünya Savaşı sonrasında evsiz kalanların konut ihtiyacını karşılamak için yüksek konut yapıları olarak kullanılmışlardır. Daha sonra birçok ülkenin kamu konutlarında kullandığı bir norm haline gelmiş ve dünya geneline dağılmıştır. İşlevsel olarak bu değişim süreci her dönemde farklılık göstermiştir. Fakat günümüzde artan nüfus özellikle Asya ülkelerinde inşa edilen yüksek yapıların ağırlıklı olarak konut işleviyle kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Bulundukları bölgenin toplumsal ve ekonomik dinamiklerine göre yüksek yapıların görülmesi ve gelişimi ise farklılık göstermektedir. Ağırlıklı olarak ilk örneklerinin ABD'de görüldüğü bu yapıların incelemesi pek çok farklı kriter altında yapılabilmektedir. Günümüzde enerji tüketiminde büyük paya sahip olan yapı sektörünün sınıflandırılması yapıların enerji tüketim değerleri ve verimliliklerine göre yapılmaktadır. Gelişen çevre bilinciyle tüm yapıların her açıdan sürdürülebilir olarak tasarlanması gerekir. Bu tez kapsamında da yüksek yapıların tarihsel gelişimi bu yapıların enerji tüketimlerine göre belirlenmiş olan dönemler içerisinde incelenmektedir. Buna göre yüksek yapıların gelişimi **"beş dönem"** altında ele alınmaktadır (Tablo 2.2). Tablo 2.3'de de yüksek yapıların gelişim süreçleri bu dönemlere göre özetlenmiş olup dönemin yapılarının yaygın olan işlevi ve yapım sistemi ile bu döneme ait en yüksek yapı hakkında bilgiler verilmiştir.

Tablo 2.2. Yüksek yapıların enerji tüketimlerine göre tarihsel gelişim sınıflandırması

Jenerasyon	Jenerasyon Dönemi			
	Başlangıç		Bitiş	
1	1885	Yüksek yapıların ortaya çıkışı	1916	New York Kent Bölgeleme Yasası
2	1916	New York Kent Bölgeleme Yasası	1951	II. Dünya Savaşı Sonrası
3	1951	II. Dünya Savaşı Sonrası	1973	Enerji krizi
4	1973	Enerji krizi	-	Günümüz yüksek yapıları
5	1997	Çevre bilincinin artması	-	Günümüz yüksek yapıları

Tablo 2.3. Dünyada yüksek yapıların tarihsel gelişimi

	Genel Özellikler				En Yüksek Yapı
1. JENERASYON YÜKEK YAPILAR	▪ Günümüz yüksek yapı anlayışına uygun gökdelenlerin ilk ortaya çıktığı dönemdir. ▪ Bu dönemde asansör ve çelik iskelet sistem gibi teknolojik gelişmeler yüksek yapı üretimine yardımcı olmuştur. ▪ 19. Yüzyılın ikinci yarısında kentlerde şirketler ve onların çalışanlar için ofis alanı ihtiyacının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. ▪ 1871 yılı yangınları sonrasında Chicago'nun hızlı yapı üretiminde yaygın olarak kullanılan yapı tipidir [58]. ▪ Bugün olduğu gibi ilk dönemde de yüksek yapılar için itici güçler; bu yapıların sağladığı gayrimenkul finansmanı ve prestij olmuştur. ▪ Bu dönem yapıları için önemli olan yapının fonksiyonudur. Erken dönem yüksek yapıları için öncü olan Louis Sullivian formun önemini "form follows function" mottosuyla vurgulamıştır. ▪ Bu dönem yapılarının tasarımı kompakt olup zemin planı üzerinde birbirinin aynı katların tekrarı şeklinde yükselmektedir. ▪ Yapılar işlevsiz olmadan, ekonomik açıdan tasarruf sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu durum daha sonra Sullivian'ın mottosunun "form follows finance" olarak değişmesine neden olmuştur [59].				
	Coğrafi Konum	**Yapı İşlevi**	**Yapım Sistemi**	**Maksimum Kat/Yükseklik**	Woolworth Building
	ABD, New York ve Chicago	Ofis	Çelik Çerçeve Sistem	57 kat / 241.4 m	1913, New York

2. JENERASYON YÜKEK YAPILAR

Genel Özellikler

- 1916 yılında bölgeleme yasasıyla yüksek yapılar teknik ve finansal sınırlamalarla yeniden şekillenmiştir. Yüksek yapılar bulundukları bölgedeki caddelere göre değişiklik gösteren bir hesaplamaya yöntemine göre yükselmelerini geri çekilmelerle yapabilmiştir.
- 1929 yılında yaşanan ekonomik çöküş nedeniyle bu dönemde yüksek yapıların üretilmesini ciddi olarak etkilemiştir.
- Yüksek yapı üretiminde yeni gelişmeler II. Dünya Savaşı'ndan sonra gerçekleşmiştir.
- Bu dönemin önemli yenilikleri kent bölgeleme yasasına göre şekillenmiş olup yenilikler yapı planlaması, asansör organizasyonu ve servis çekirdeği olmuştur.
- Bu dönemin en önemli yapısı 1931 yılında inşa edilen "Empire State Building"tir. Yapı inşasından sonra 30 yıl boyunca dünyanın en yüksek yapısı olmuştur.
- Bu yükseklik rekoru "dikkate değer bir teknolojik evrim yoluyla değil, yapısal malzemelerin aşırı kullanımıyla başarılmıştır" [60].
- 1939 yılında William Carrier'ın mekanik havalandırma sistemini geliştirmesi bu yapıların mekanik olarak iklimlendirilmiş alanlar haline gelmesine neden olmuştur [61].

Coğrafi Konum	Yapı İşlevi	Yapım Sistemi	Maksimum Kat/Yükseklik
ABD, New York	Ofis	Çelik Çerçeve Sistem	102 kat / 381 m

En Yüksek Yapı



Empire State Building

1931, New York

3. JENERASYON YÜKEK YAPILAR

Genel Özellikler

- Bu dönem "Uluslararası Stil" olarak adlandırılmakta olup bu dönemin en önemli teknik gelişmesi cam giydirme cephelerin kullanımıdır.
- Özellikle aydınlatma ve iklimlendirme için yapı enerji tüketiminin arttığı dönemdir.
- Yapı formunun önemli olduğu bu dönemde yapının konumuna dikkat edilmeden yüksek yapılar üretilmiştir.
- Savaş dönemi boyunca sayıları azalan ofis yapıları üretimi savaş sonrası tekrardan artmaya başlamıştır
- Dönemin önemli teknik gelişmesi olan tübüler sistem yüksek yapı tasarımında yeni olanaklar yaratmıştır.
- Dönenim yapılarına yön veren Mies van der Rohe'n "less is more" doktorini olmuştur. Buna göre yapılar işlevsel olmayan hiçbir süslemeye sahip değildir [62].
- Cam giydirme cepheli yüksek yapılar Rohe'nin bu mottosunu yansıtmaktadır.
- Enerji krizi bu yapıların üretimlerini olumsuz etkilemiştir.

Coğrafi Konum	Yapı İşlevi	Yapım Sistemi	Maksimum Kat/Yükseklik
ABD, New York	Ofis	Çelik Çerçeve Sistem	83 kat / 346.3 m

En Yüksek Yapı



Aon Center

1973, Chicago

<table>
<tr><td rowspan="3">4. JENERASYON YÜKEK YAPILAR</td><td>Genel Özellikler</td><td>En Yüksek Yapı</td></tr>
<tr><td>

1973 -1979 yılları arasında dünya çapında yaşanan enerji krizi tüm dünyada büyümenin aniden durmasına neden olmuştur.
Bilgisayarların kullanılmaya başlandığı bu dönemde ağırlıklı olarak ofis işleviyle kullanılan yüksek yapıların enerji tüketimleri artmıştır.
Bu dönemki teknolojik gelişmeler cam giydirme cephelerin iyileştirmesine yönelik olup bu durum yapıların konseptlerinde ve işletiminde önemli değişimlerin gerçekleşmesine neden olmuştur.
Çift cam sistemlerin gelişimi ısı kayıp ve kazançlarını azaltmaya yardımcı olmuştur. Böylece yüksek yapıların önceki dönemlere göre enerji verimliliği artmıştır.
Strüktürel olarak gelişen beton teknolojisiyle yüksek yapılar çelik dışında betonarme sistemler ya da kompozit sistemlerle üretilmiştir.
Bilgisayar sistemlerinin strüktürel hesaplamalarda kullanılmaya başlanması da yüksek yapıların mimari ve yapısal tasarımlarına birçok avantaj getirmiştir [46].
1970’lerin sonu 1980’lerin başında yüksek yapılar artık ABD’nin dışında Asya’da da gelişmeye başlamıştır.
1997’de Malezya’da inşa edilen Petronas İkiz Kuleleri 452 m yükseklikle dünyanın en yüksek yüksek yapısı olmuştur. Yapı 1970’lerin başında 110 katlı yapılar bu yüksekliklere erişebilirken Petronas Kuleleri bu yüksekliğe 88 kat ile ulaşmıştır.

</td><td></td></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th>Coğrafi Konum</th><th>Yapı İşlevi</th><th>Yapım Sistemi</th><th>Maksimum Kat/Yükseklik</th></tr>
<tr><td>ABD, New York ve Chicago</td><td>Ofis</td><td>Betonarme Sistemler</td><td>88 kat / 452 m</td></tr>
</table>
</td><td>Petronas Kuleleri
1997, Kuala Lumpur</td></tr>
<tr><td rowspan="3">5. JENERASYON YÜKEK YAPILAR</td><td>Genel Özellikler</td><td>En Yüksek Yapı</td></tr>
<tr><td>

Bu dönem yüksek yapılar için sürdürülebilirliğin önemli olduğu dönemdir. İşlev, işletme ve gömülü enerji, yapı enerji üretimi gibi faktörlere bu yapıların tasarımında dikkat edilmeye başlanmıştır.
Bu bilinçle yapılan ilk yüksek yapı Norman Foster tarafından tasarlanan Frankfurt Commerzbank yapısıdır.
Hızlı gelişen ülkelerde ekonomik kalkınmaya odaklanan şehirler, yüksek yapılara artan nüfus yoğunluğuna bir çözüm olarak ihtiyaç duymaktadır.
Bu dönem yüksek yapılarının üretiminden işletimine her aşamasında bilgisayar teknolojisi ürünleri; simülasyonlar ve otomasyonlar kullanılmaktadır.
Cephe sistemleri aktif doğal havalandırmayı sağlamaya yönelik olarak tasarlanabilmektedir. Bu durum yapıların enerji tüketimlerini azaltmaya yardımcı olmaktadır.
Strüktürel olarak geliştiren diyagrid sistemlerle yapısal olarak malzeme tasarrufu ve yapısal dayanım daha verimli olarak sağlanabilmektedir.
İlk ortaya çıktıkları dönemdeki gibi gelişmişliğin ve ekonomik gücün bir göstergesi olarak kullanılmaya devam etmektedir.

</td><td></td></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th>Coğrafi Konum</th><th>Yapı İşlevi</th><th>Yapım Sistemi</th><th>Maksimum Kat/Yükseklik</th></tr>
<tr><td>Çin, Hong Kong</td><td>Konut</td><td>Betonarme Sistemler</td><td>163 kat / 828 m</td></tr>
</table>
</td><td>Burj Khalifa
2010, Dubai</td></tr>
</table>

2.3.2. Türkiye'de Yüksek Yapılar

Türkiye'nin bulunduğu coğrafyada yüksek yapı tarihi ve gelişimi incelendiğinde bu yapıların Bizans İmparatorluğu döneminde başladığı ve Osmanlı İmparatorluğu döneminde de gelişerek devam ettiği görülmektedir. Fakat ilk yüksek yapı örnekleri kule ve minareler şeklindedir. Türkiye'de günümüz anlayışına uygun, insanların çeşitli amaçlarla içerisinde yaşadığı yüksek yapılar ise özellikle II. Dünya Savaşı sonrasında 1950'li yıllardan sonra görülmektedir.

Türkiye'de yüksek yapıların daha geç görülmeye başlamasının nedeni önemli bir deprem kuşağında yer almasıdır. Ancak zamanla artan gereksinimler, arsa değerlerinin yükselmesi, gelişen yapım teknolojileri ülkemizde de yüksek yapıların yapımını hızlandırmıştır. Geçen elli yılı aşkın sürede, ülkemizde ortalama yapı yüksekliği ve buna paralel olarak şehirleşmiş arazi üzerindeki yapı ve insan yoğunlukları da artmıştır.

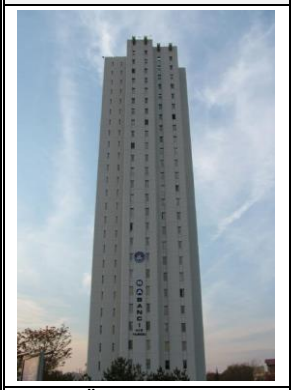
Türkiye'de yüksek yapıların ilk gündeme geldiği dönem 1950 sonrasıdır ve yapı üretimi içindeki payı oldukça düşüktür. Türkiye için 2000 yılı ve sonrası yüksek yapıların oldukça fazla inşa edilmeye başladığı dönem olmuştur. Halen inşası devam etmekte olan ve 270 metre üzerine çıkan birçok yapı bulunmaktadır. Ancak Türkiye'de gözlenen yüksek yapı isteği, bu tipolojinin ortaya çıktığı ABD, son yıllarda başta Uzak Doğu ve Orta Doğu ülkelerinde yapılan çok katlı yapılarla karşılaştırılırsa, oldukça yavaş ve ihtiyatlı bir gidiş sayılabilir. Dünyadaki yüksek yapıların ülkelere göre dağılım sıralaması incelendiğinde Çin, ABD ve Japonya'nın ilk üç sırada yer alırken Türkiye 150 m ve üzeri yüksek yapılarda on dördüncü sıradadır[1].

Türkiye'deki yüksek yapıların tarihsel gelişimi bu yapıların ilk üretildiği yıl olan 1950'den başlayarak beş farklı dönemde incelenebilmektedir [22] (Tablo 2.4). Tablo 2.5'de Türkiye'nin yüksek yapı gelişim süreci özetlenmiş olup dönemin yapılarının yaygın olan işlevi, yapım sistemi ve dönemin önemli yapıları ile bu döneme ait en yüksek yapı hakkında bilgiler verilmiştir.

Tablo 2.4. Türkiye'de yüksek yapıların tarihsel gelişiminin sınıflandırılması

Dönem	Dönem Aralığı
1	1950 – 1975 Arası Dönem
2	1975 – 1985 Arası Dönem
3	1985 – 1990 Arası Dönem
4	1990 – 2000 Arası Dönem
5	2000 Sonrası Dönem

Tablo 2.5. Türkiye'de yüksek yapıların tarihsel gelişimi

<table>
<tr><td rowspan="4">1. DÖNEM YÜKSEK YAPILAR</td><td colspan="4">Genel Özellikler</td><td>En Yüksek Yapı</td></tr>
<tr><td colspan="4">▪ Türkiye’de yüksek yapıların ilk kez gündeme geldiği dönemdir.
▪ 1970’li yılların ortalarına kadar 25 katı geçmeyen yapılar yapılmıştır.
Dönemin Yüksek Yapıları
▪ Ankara’da Ulus İşhanı (1954, 13 kat), Kızılay Emek İşhanı (1965, 24 kat), Büyük Ankara Oteli (1966, 18 kat), Ankara Stad Oteli (1968, 20 kat) ve Türkiye İş Bankası Binası (1970, 29 kat) [22]
▪ İstanbul’da YKB Valikonağı Sitesi (1970, 22 kat), Marmara Etap Oteli (1973, 17 kat), TC Karayolları 17. Bölge Müdürlüğü Binası (1975, 15 kat) ve Odakule İş Merkezi (1975, 21 kat) [22]</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>Coğrafi Konum</td><td>Yapı İşlevi</td><td>Yapım Sistemi</td><td>Maksimum Kat/Yükseklik</td></tr>
<tr><td>Ankara, İstanbul</td><td>Ofis</td><td>Betonarme İskelet</td><td>29 kat / ~130 m</td></tr>
<tr><td colspan="5">Türkiye İş Bankası Binası
1970, Ankara</td></tr>
<tr><td rowspan="4">2. DÖNEM YÜKSEK YAPILAR</td><td colspan="4">Genel Özellikler</td><td>En Yüksek Yapı</td></tr>
<tr><td colspan="4">▪ Türkiye’de inşa edilen gökdelenlerin kat sayısı ve yüksekliği artmıştır.
▪ Siyasi ve ekonomik nedenlerden dolayı fazla bir gelişme olmamıştır.
▪ 1985’e kadar yaklaşık 15 adet yüksek yapı olduğu kaydedilmiştir [22].
Dönemin Yüksek Yapıları
▪ Ankara’da Hacı Ömer Sabancı Kız Öğrenci Yurdu (1984, 28 kat), İstanbul’da ise Ceylan Intercontinental Oteli (1975, 23 kat) ve İstanbul Harbiye Orduevi (1983, 28 kat) [22]</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>Coğrafi Konum</td><td>Yapı İşlevi</td><td>Yapım Sistemi</td><td>Maksimum Kat/Yükseklik</td></tr>
<tr><td>Ankara, İstanbul</td><td>Ofis ve Otel</td><td>Betonarme Perde ve Çerçeve Sistem</td><td>28 kat / ~126 m</td></tr>
<tr><td colspan="5">Hacı Ömer Sabancı Kız Öğrenci Yurdu
1984, Ankara</td></tr>
<tr><td rowspan="4">3. DÖNEM YÜKSEK YAPILAR</td><td colspan="4">Genel Özellikler</td><td>En Yüksek Yapı</td></tr>
<tr><td colspan="4">▪ Teknolojik ve ekonomik gelişmeler sonucunda yüksek yapı inşaatı artmaya başlamıştır.
▪ İstanbul’un dışında Ankara, İzmir, Antalya, Mersin ve Konya gibi Anadolu kentlerinde de inşa edilen yüksek yapılar mevcuttur.
▪ Mertim Kulesi (Mersin Ticaret Merkezi) 2000 yılına kadar Türkiye’nin en yüksek yapısı olmuştur [63].
Dönemin Yüksek Yapıları
▪ İstanbul’da Nova Baran Center (1988, 23 kat) ve Sheraton İstanbul Maslak (daha önce Princess Oteli ve Mövenpick Oteli-1992, 27 kat) yapılarıdır [6, 38]. Ankara Hilton Oteli (1988, 23 kat), İzmir Hilton Oteli (1991, 33 kat) Konya Defterdarlık Binası (22 kat) [22]</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>Coğrafi Konum</td><td>Yapı İşlevi</td><td>Yapım Sistemi</td><td>Maksimum Kat/Yükseklik</td></tr>
<tr><td>İstanbul</td><td>Ofis ve Otel</td><td>Betonarme Tüp Sistem</td><td>52 kat / 176.8 m</td></tr>
<tr><td colspan="5">Mertim Kulesi
(Mersin Ticaret Merkezi)
1987, Mersin</td></tr>
</table>

4. DÖNEM YÜKSEK YAPILAR

Genel Özellikler

- Bu dönemde yüksek yapılar Büyükdere Caddesi'nde yoğunlaşarak bu alan merkezi iş bölgesi haline gelmiştir.
- 1990 yılından sonra yapı yükseklikleri artarak 50 kat sınırına ulaşılmış ve tübüler sistemler kullanılmaya başlanmıştır.
- Tübüler taşıyıcı sistem; rüzgâr ve deprem gibi yatay kuvvetlere karşı etkili bir sistem olup, 40 katın üstündeki yapılarda taşıyıcı sistem maliyetini büyük ölçüde azaltmakta ve büyük açıklıklı mekânların yapılmasına olanak sağlamaktadır [23].
- Bu dönemde İstanbul'da hızla yaygınlaşan yüksek yapıların kent siluetine etkisi tartışma konusu olmaya başlamıştır.

Dönemin Yüksek Yapıları

- İstanbul'da 158 m yüksekliğinde Sabancı Center (1993, 39 kat), 106 m yüksekliğinde Spring-Giz Plaza (1994, 22 kat), 120 m yüksekliğinde Yapı Kredi Plaza (1995, 24 kat), 154 m yüksekliğindeki Süzer Plaza Ritz-Carlton (1998, 34 kat), 143 m yüksekliğinde TAT Kuleleri (2000, 46 kat), 168 m yüksekliğinde Tekstilkent Plaza (44 kat, 2000) ve 224 m yüksekliğinde İş Bankası Genel Müdürlük Binası (2000, 52 kat) [22]

En Yüksek Yapı



Coğrafi Konum	Yapı İşlevi	Yapım Sistemi	Maksimum Kat/Yükseklik
İstanbul	Ofis	Betonarme Çerçeve ve Tüp Sistem	52 kat / 224 m

İş Bankası Genel Müdürlük Binaları

2000, İstanbul

5. DÖNEM YÜKSEK YAPILAR

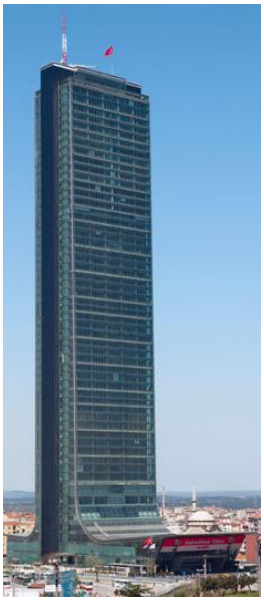
Genel Özellikler

- İstanbul, Ankara ve İzmir olmak üzere Antalya, Bursa ve İzmit gibi büyükşehirlerde yüksek yapılardan oluşan toplu konutların da yapıldığı görülmektedir [22].
- Bu dönemden sonra Türkiye'de yapılan yüksek yapıların konut olarak kullanımı artarak devam etmiştir.
- 2010 yılında Türkiye'nin en yüksek yapısı olarak inşa edilen ve aynı zamanda 2013 yılına kadar da Avrupa'nın en yüksek yapısı olan Sapphire Tower, 261 m yüksekliğe sahip olup konut işleviyle kullanılmaktadır.

Dönemin Yüksek Yapıları

- İstanbul'da bulunan 3 bloktan oluşan 143 m yüksekliğindeki Metrocity (2000, 31 kat), 118 m yüksekliğinde ve 2 bloktan oluşan Kanyon İstanbul (2006, 30 kat), 170 m yüksekliğinde Şişli Tower (2007, 46 kat), 210 m yüksekliğinde Anthill Rezidans (2010, 54 kat)

En Yüksek Yapı



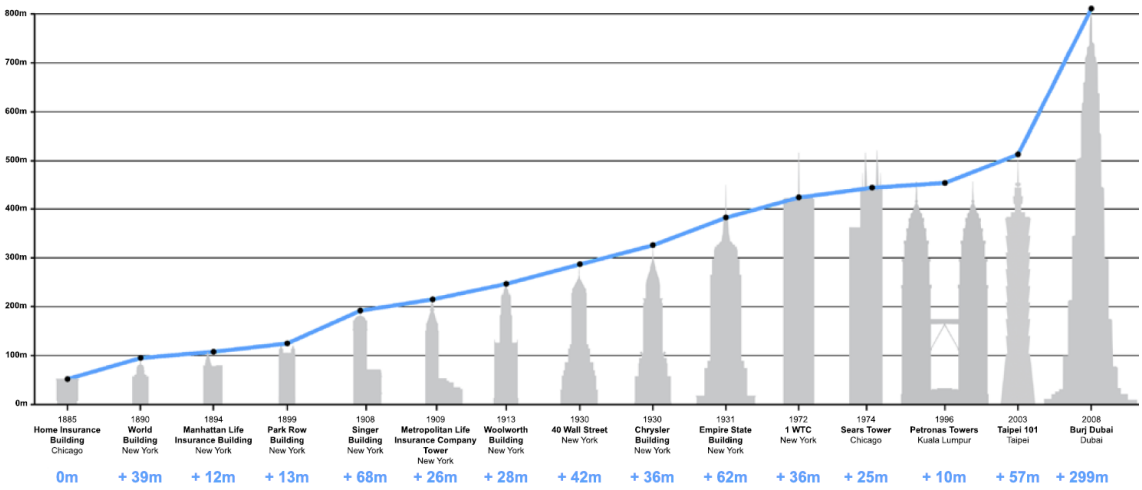
Coğrafi Konum	Yapı İşlevi	Yapım Sistemi	Maksimum Kat/Yükseklik
İstanbul	Konut ve Karma	Betonarme Çerçeve ve Tüp Sistem	54 kat / 261 m

Sapphire Residence Tower

2010, İstanbul

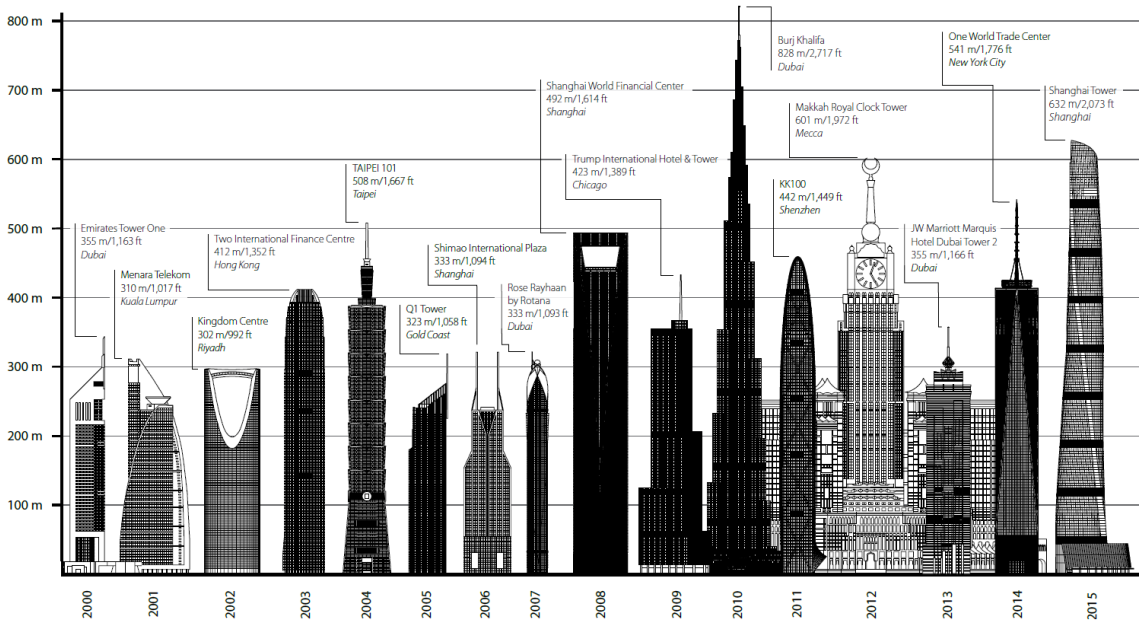
2.3. Yüksek Yapıların Zaman İçindeki İstatistiksel Değişimi

1885'de Home Insurance Building'in Chicago'da inşa edilmesiyle günümüzün anlayışıyla yüksek yapı tarihi başlamıştır. Bu tarihten itibaren günümüze kadar yapıların yükseklikleri sürekli artmış ve en yükseğe erişme amacı yanında gelişen teknolojinin de yardımıyla artış devam etmektedir (Şekil 2.10). Teknoloji ve geliştirilen yapım sistemlerinin değişimi en yüksek yapının sınırlarını da belirlemektedir. Şekil 2.10'da dünyada şimdiye kadar inşa edilmiş en yüksek yapının yıllara göre değişimi verilmiştir. Buna göre; 1908-1972 döneminde yükseklik artışları aynı oranda sabit bir eğimle artarken, 1972-2003 yılları arasında değişken miktarlarda artış olmuştur. En fazla artış 2008 yılında Burj Khalifa inşasıyla gerçekleşmiştir ve yapı halen dünyanın en yüksek yapısı unvanına sahiptir [64].



Şekil 2.10. Yıllara göre en yüksek yapı değişimi [64]

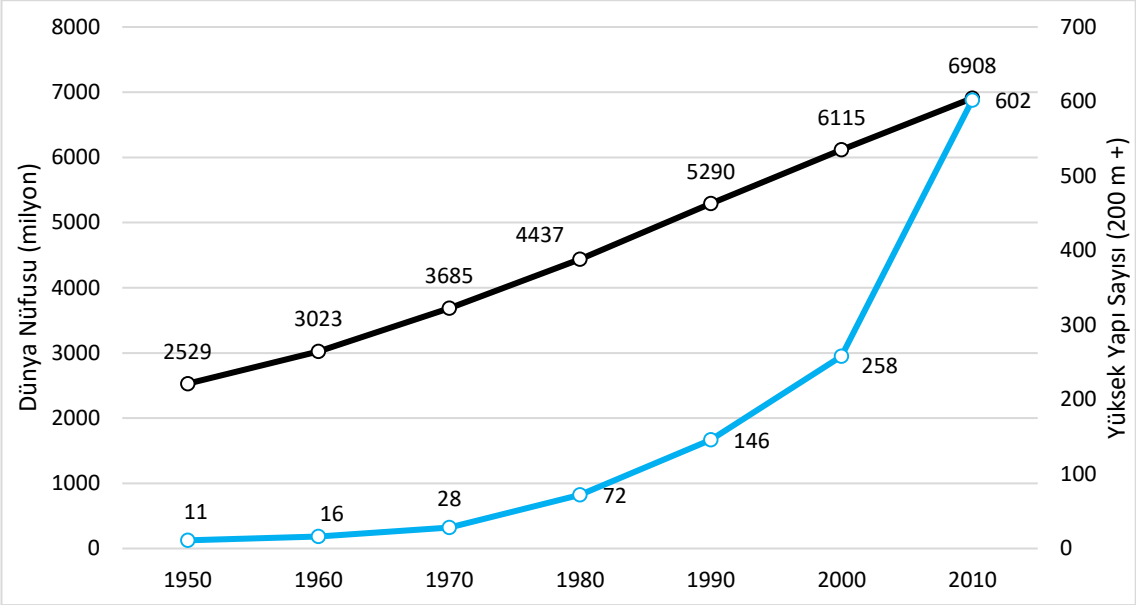
2000 yılından itibaren son 15 yıllık süreç incelendiğinde, 2003'de Two International Finance Tower, 2004'de Taipei 101, 2008'de Shanghai World Financial Tower ve 2010'da ise Burj Khalifa bir önceki yıla göre en yüksek yapı sınırını geçmiştir. Burj Khalifa'nın diğer yüksek yapılarla arasındaki farkın çok fazla olması bu dönemden sonra inşa edilen yapıların bu sınırı aşmasını zorlaştırmıştır (Şekil 2.11) [65]. Fakat şu anda yapım aşamasında olan Jeddah Tower diğer bir adıyla Kingdom Tower'ın 1.000 metreyi aşan uzunluğuyla dünyanın en yüksek yapısı olması beklenmektedir. Bu yükseklikle Kingdom Tower 2018 yılında yüksek yapılar için yeni bir kırılma noktası yaratacaktır.



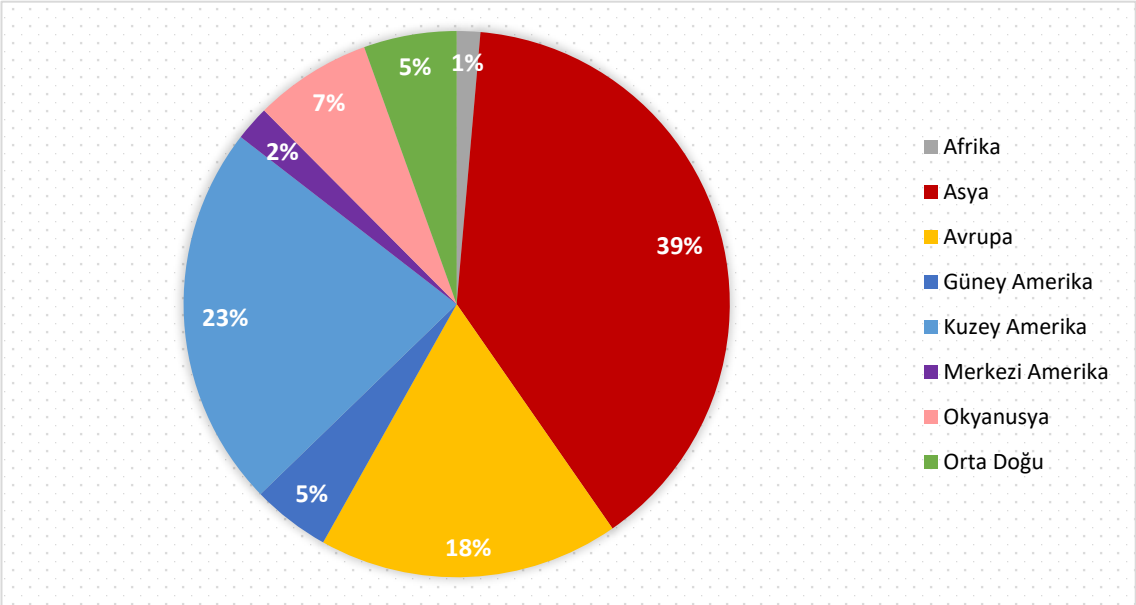
Şekil 2.11. 2000 yılından itibaren her yıl tamamlanan en yüksek yapı değişimi [65]

Yüksek yapıların doğduğu yer Kuzey Amerika olarak kabul edilmektedir. Bu yapıların ortaya çıkışında etkili olan kent merkezlerindeki arazinin daha ekonomik ve verimli kullanılması görüşü, daha sonra yerini artan nüfusun yapı talebini karşılama zorunluluğuna bırakmıştır. Kuzey Amerika'da yaşanan deprem ve yangın gibi doğal afetlerde pek çok kentin yerle bir olması yeniden inşa sürecini başlatmıştır. Yeniden yapılanma sürecinde ise yeni planlamalar doğrultusunda yüksek yapılar inşa edilmiştir. Bu sebeple bu coğrafyada doğan yüksek yapılar Amerikan kültürünün bir parçası niteliğindedir. Yüksek yapılar tarihi kent merkezlerinin sahip olduğu dokuyu korumak için Avrupa'da Amerika ile eş zamanlı olarak görülmemektedir. Avrupa'da bu yapıların çok daha sonra inşa edilmeye başlamasının yanında yayılım hızı da oldukça yavaş olmuştur. Asya'da yüksek yapıların gelişiminde en etkili faktör ise artan nüfusun yapı ihtiyacını karşılamaktır (Şekil 2.12). Bölgesel olarak yapılan çalışmalar son dönemde yüksek yapı sayısında artışın özellikle Asya'da olduğunu göstermektedir. Sahip olunan yüksek yapı oranı ile dünya nüfusu arasındaki oran bu artışlarla birlikte Asya'da eşitlenmek üzeredir. 2011 yılı itibariyle Asya'da 200 metre üzerindeki yüksek yapıların diğer yapı stoku içindeki oranı %56.8 iken dünya nüfusunun %57.5'i de yine bu bölgede yaşamaktadır. Avrupa ise dünya nüfusunun %10.6'sına ev sahipliği yaparken sahip olduğu yüksek yapı oranı %3.7'dir. Amerika 200 metre ve üzeri yükseklikteki yapıların

oranı %29.6 ve sadece %13.6'lık nüfus burada yaşamaktadır [66]. Bu durum birkaç yıl içerisinde Asya'da dünya nüfusu oranından daha fazla yüksek yapı bulunurken, Amerika ve Avrupa'da bu oranın azalmaya devam edeceği anlamına gelmektedir. Bu sebeple inşa edilen yüksek yapıların yayılımı Asya'da hızlı bir şekilde ilerleme göstermektedir. Bugün yüksek yapıların genel olarak dünyada dağılımı incelendiğinde de en yüksek orana sahip bölgenin Asya olduğu görülmektedir (Şekil 2.13).

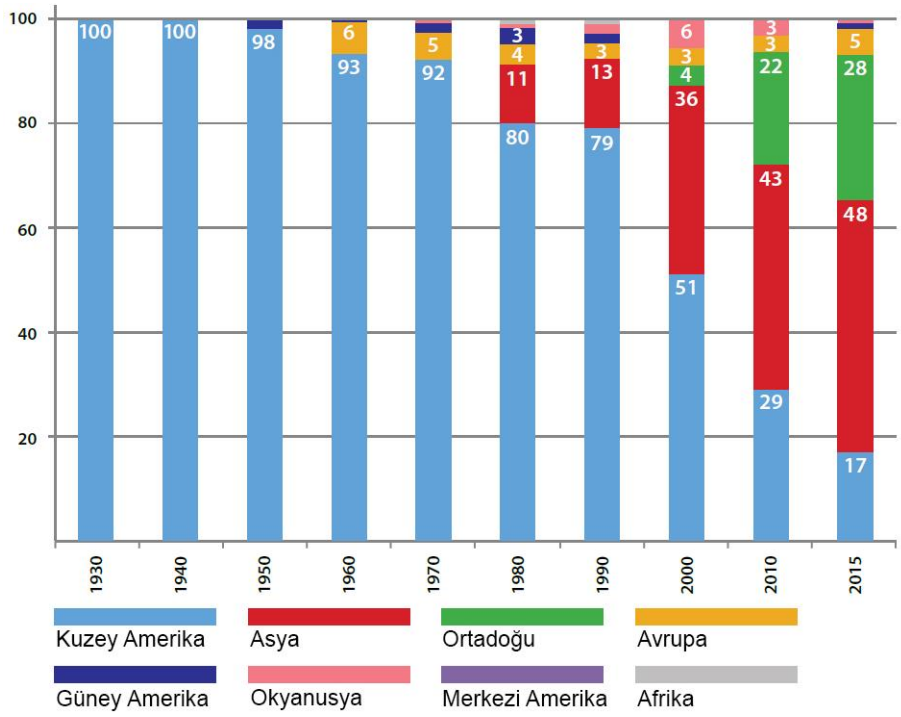


Şekil 2.12. Dünya nüfusu artışı ile 200 m ve üzeri yüksek yapıların sayısal değişimi [66]



Şekil 2.13. Yüksek yapıların coğrafi ve oransal dağılımı[1], 2016

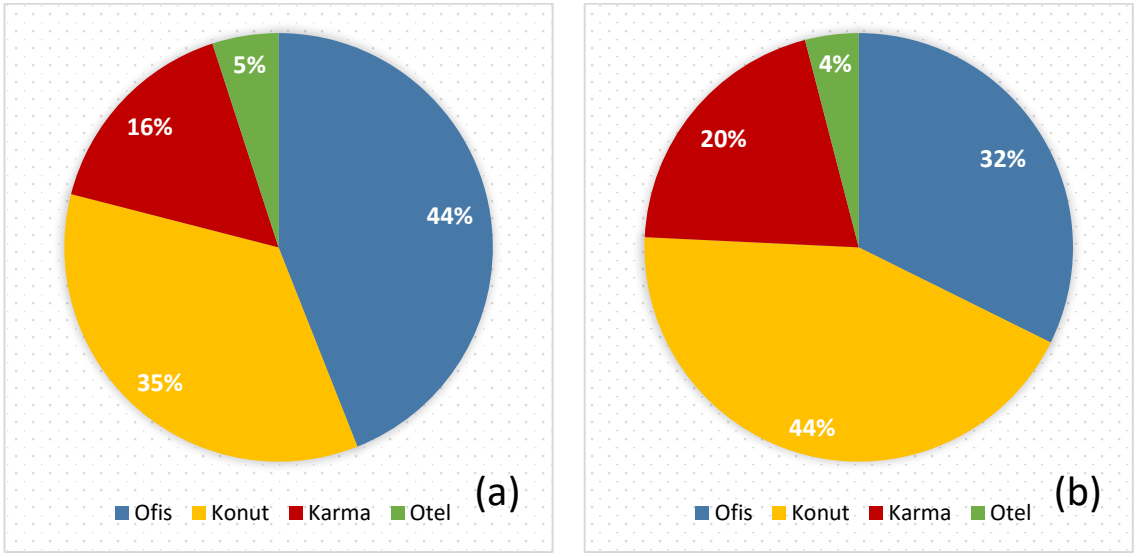
1930 yılında sadece %51'inin New York'ta olmak üzere en yüksek 100 yapının %99'u Kuzey Amerika'da bulunuyordu. 2010'da ise bu oran %22'ye düşerken New York'ta bulunan yüksek yapı oranı ise %5 olmuştur. 2007 yılı sonunda 34 tane "supertall" yüksek yapı mevcutken sadece üç yıl sonra 2010 yılında bu sayı iki katından daha da fazla artış göstererek 82 olmuştur [64]. Kuzey Amerika en çok yüksek yapıya ev sahipliği yaparken bu durum zamanla değişirek 2000'li yıllardan sonra hakimiyeti kaybetmeye başlamıştır. 2015 yılı itibariyle en yüksek 100 yapının sadece %17'si Kuzey Amerika'da bulunurken %48'lik oranla en çok yapıyla Asya birinci sırada, %28'lik payla ise Orta Doğu ikinci sıradadır (Şekil 2.14) [65].



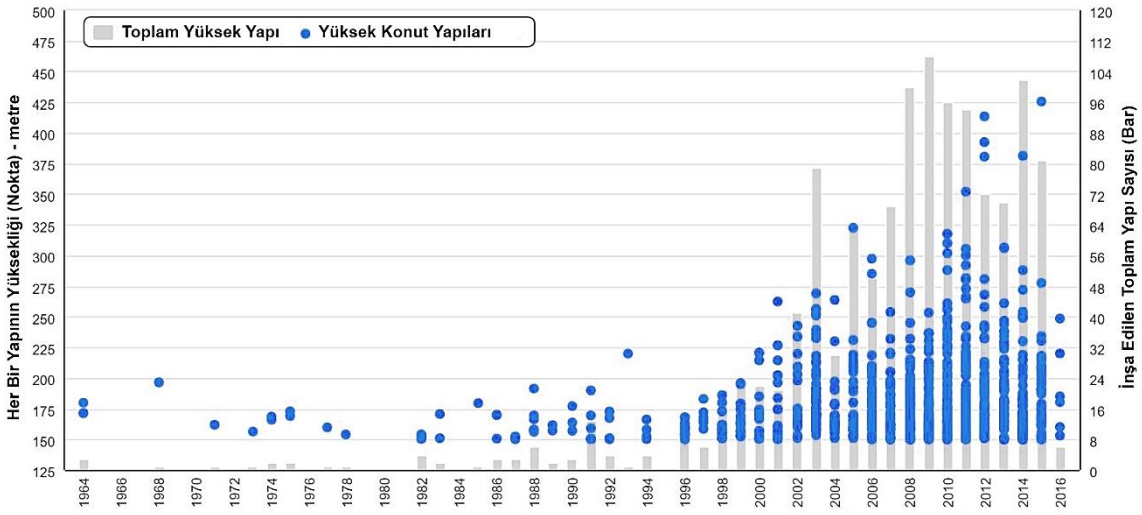
Şekil 2.14. En yüksek 100 yapının yıllara göre bölgesel dağılımı [65]

İlk olarak merkezi kent alanlarında inşa edilen yüksek yapılar genel olarak büro ve yönetim veya otel yapıları olarak kullanılmışlardır. Günümüzde ise değişen sosyal ve ekonomik yapıyla birlikte teknolojik gelişmeler paralelinde yüksek yapıların işlevleri geçmişten farklı olarak daha fazla konaklama amaçlı otel, konut ve diğer çeşitli hizmetler (eğitim, kamu vb.) gibi yeni işlevleri de içermektedir. 2015 yılına kadar inşa edilmiş ve CTBUH verilerine göre tüm yüksek yapılar incelendiğinde ise bu durumun giderek değiştiği görülmektedir. Yüksek yapıların gelişmemiş ve gelişmekte olan toplumlarda hızla artan nüfusun barınma ihtiyacını en verimli şekilde karşılamak için konut olarak

kullanım eğilimi giderek artmaktadır. Son 10 yılda inşa edilmiş yüksek yapılar incelendiğinde işlev değişiminin konut yönünde genişlediği görülmektedir (Şekil 2.15). Bu bağlamda her geçen yıl ofis işlevi azalarak yerine konut işlevine sahip yüksek yapılar üretilmektedir (Şekil 2.16).



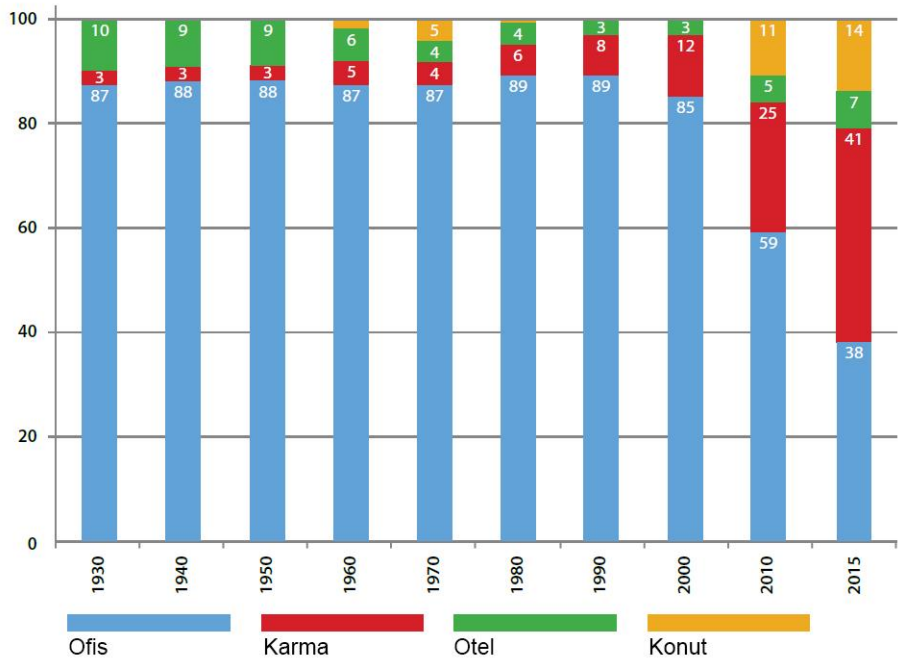
Şekil 2.15. (a) 2016 yılına kadar inşa edilmiş yüksek yapıların işlev dağılımı ve (b) son 10 yılda inşa edilmiş olan yüksek yapıların işlev dağılımı[1]



Şekil 2.16. Yüksek konut yapılarının yıllara göre sayısal değişimi[1]

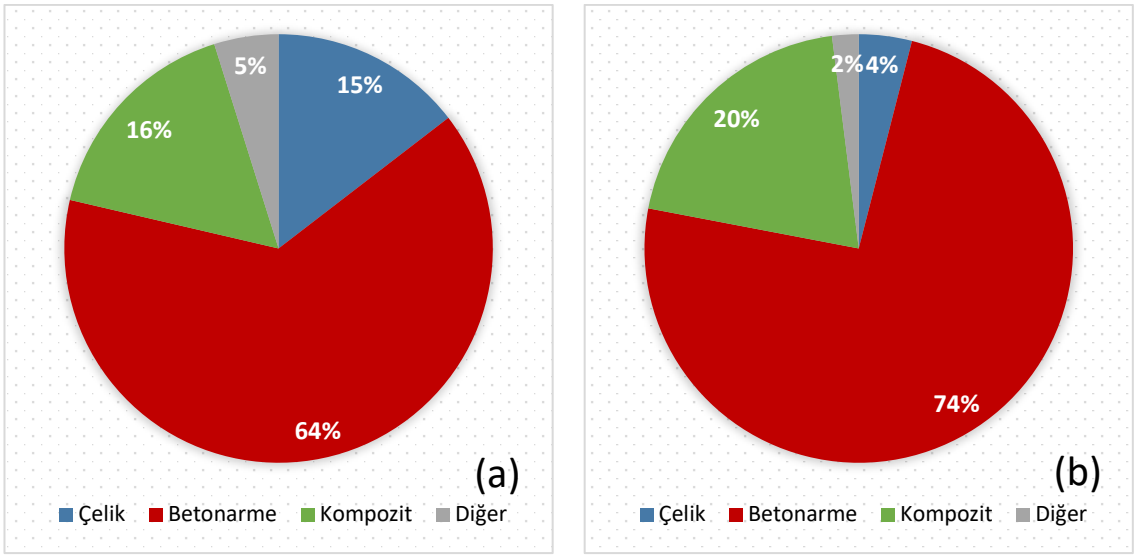
1960'dan 2000 yılına kadarki süre içerisinde inşa edilmiş en yüksek 100 yapının %88'i ofis yapısı iken sadece %1'i konut olarak kullanılmaktaydı. 2010 yılı sonunda ise ofis olarak kullanılan yapı sayısı azalarak %47 oranına gerilerken konut kullanımı %15 oranına yükselmiştir [67]. 2015 yılında ise ofis kullanımı %38 oranına kadar düşmüş

olup, konut kullanımı ve karma kullanım %14 ve %41 olmak üzere toplamda ofis kullanımının üstüne çıkmıştır (Şekil 2.17) [65].



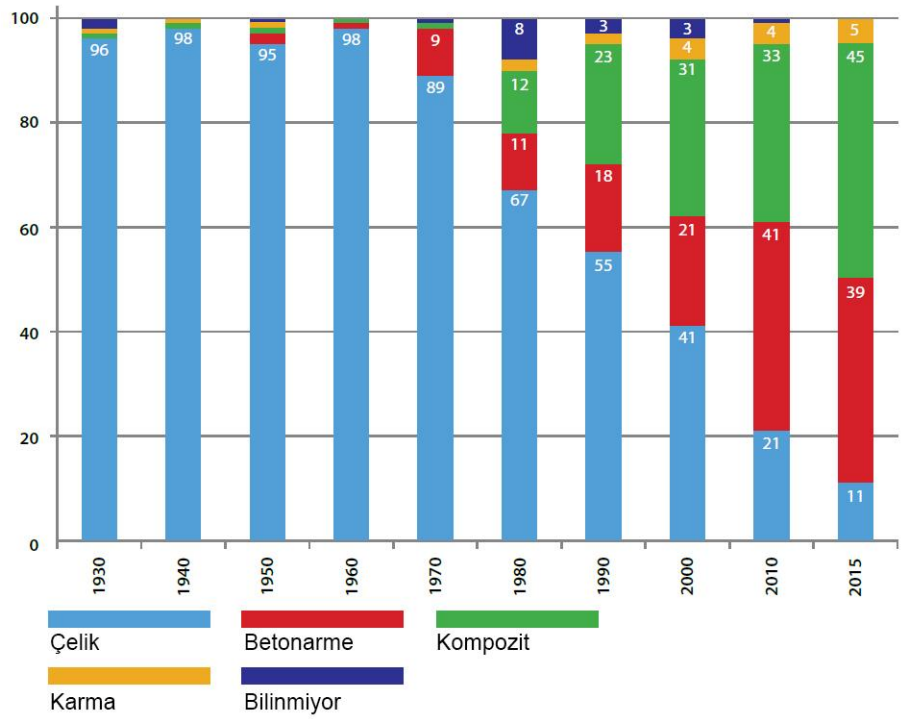
Şekil 2.17. En yüksek 100 yapının yıllara göre işlevsel dağılımı [65]

Yüksek yapıların ilk örneklerinde çelik, çok katlı yapı inşasına imkân veren tek malzemeydi. Daha sonra teknolojik gelişmeler betonun yeni özellikler kazanmasını sağlamıştır. Böylece betonarme malzemenin sağladığı yüksek dayanım ve performans özellikleri betonun çelik karşısındaki kullanımını arttırmış ve onunla yarışır hale gelmiştir. Gelişen beton sektörü yüksek yapıların da yaygın olarak betonarmeden inşa edilmesini sağlamıştır. Ayrıca, 1970'lerde çeliğin ve betonun avantajlarını bir arada sunan kompozit sistemler kullanılmaya başlanmış ve bu malzemeler betonarme kadar olmasa da çelik ile aynı oranda tercih edilmişlerdir. Yüksek yapılar incelendiğinde ilk ortaya çıktığı yapı malzemesi olan çelikten çok daha fazla oranda betonarme olarak inşa edildikleri görülmektedir. Çünkü artan yükseklikle birlikte rüzgârın yapı üzerindeki etkisi de artmakta, bu durum oldukça hafif ve esnek bir yapı malzemesi olan çeliğin bu etki altında daha çok hareket etmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda bunun yapı konforunu da azaltıcı etkiye sahip olmasından yüksek yapıların betonarme olarak üretimi tercih edilmektedir. Bu durum son 10 yıldaki çeliğin kullanım oranının %4'lere kadar gerilemesine sebep olmuştur (Şekil 2.18).



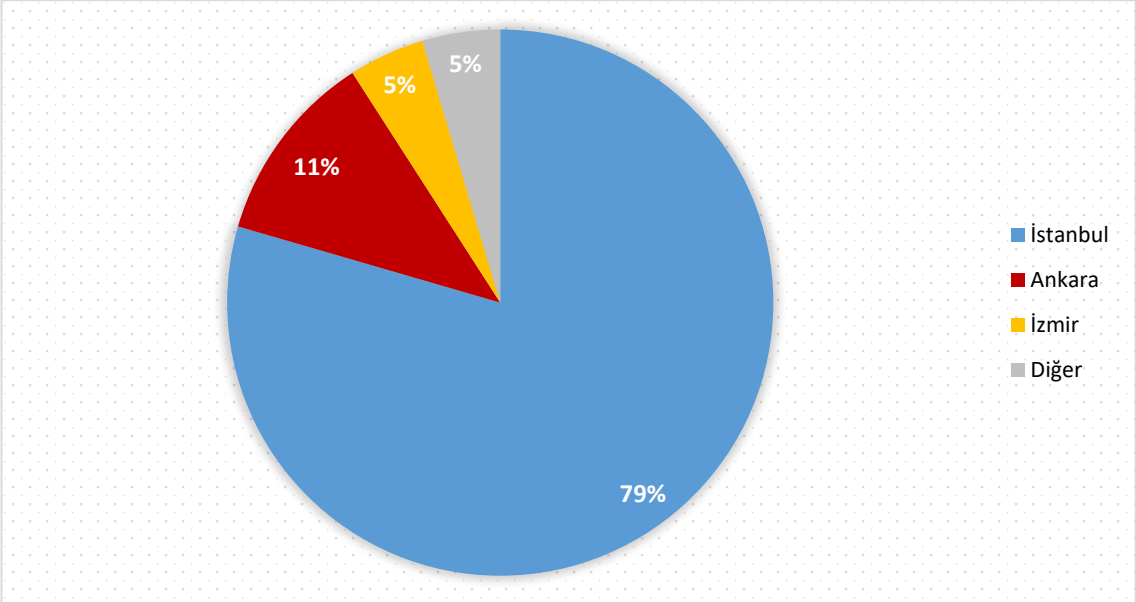
Şekil 2.18. 2016 yılına kadar inşa edilmiş yüksek yapıların malzeme dağılımı (a) ve son 10 yılda inşa edilmiş olan yüksek yapıların malzeme dağılımı (b)[1]

1970 yılından günümüze kadar çelikle inşa edilen en yüksek 100 yapının sayısı her 10 yıllık sürede %15 oranında azalma göstermektedir. 2010 yılının sonuna gelindiğinde ise en yüksek 100 yapının sadece %22'lik bir kısmı çelikten inşa edilmiştir [67]. En yüksek 100 yapının sadece %11'i çelik iken %39'u betonarme, %45'i kompozit ve %5'i karma'dır (Şekil 2.19) [65].



Şekil 2.19. En yüksek 100 yapının yıllara göre malzeme değişimi [65]

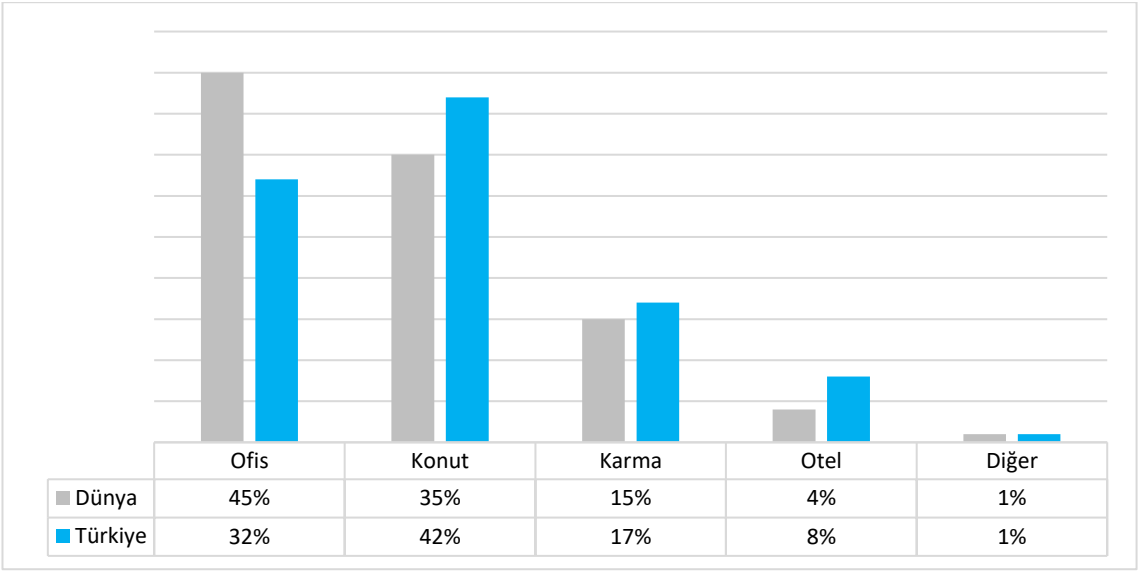
Dünyanın birçok kentinde hızlı bir gelişme gösteren yüksek yapı üretimi, Türkiye'de ise özellikle İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Antalya ve Adana gibi büyük şehirlerde görülebilmektedir. Şehir merkezlerinde ve çevrelerinde çok sayıda yüksek ofis ve konut yapısı planlanmakta ve inşa edilmektedir. Ekonomik açıdan ülkenin en gelişmiş şehri olan İstanbul, ofis ve konut amaçlı yüksek yapıların inşaatıyla öne çıkan ilk şehirdir. Bu bağlamda İstanbul sahip olduğu tarihsel önemle birlikte Türkiye'nin yüksek yapı üretiminde sembol şehridir. 1950 yılından itibaren kentsel gelişme alanındaki yönetimsel adımlar ile ulusal ve uluslararası sosyo-kültürel etkinliklerin artışı, İstanbul'u ülkenin sosyal ve politik hayatında birincil konuma getirmiştir [68]. Artan nüfus ve büyüyen ekonomi şehrin sosyo-ekonomik yapısını değiştirmiştir. Bu durum 1990'ların sonları ile 21. yüzyılda, yüksek yapı sayısındaki artışa ve şehrin siluetindeki hızlı değişimlere de neden olmuştur. Buna göre yüksek yapıların Türkiye'deki dağılımı incelendiğinde bu yapıların %79'u İstanbul'da bulunurken, %11'i Ankara'da, %5'i İzmir'de ve %5'i de diğer büyük şehirlerde yer almaktadır (Şekil 2.20). Dünya kentlerinden biri olan İstanbul sahip olduğu yüksek yapı stoku ile yirmi dördüncü sırada bulunmaktadır.



Şekil 2.20. Türkiye'deki yüksek yapıların bölgesel dağılımı[1]

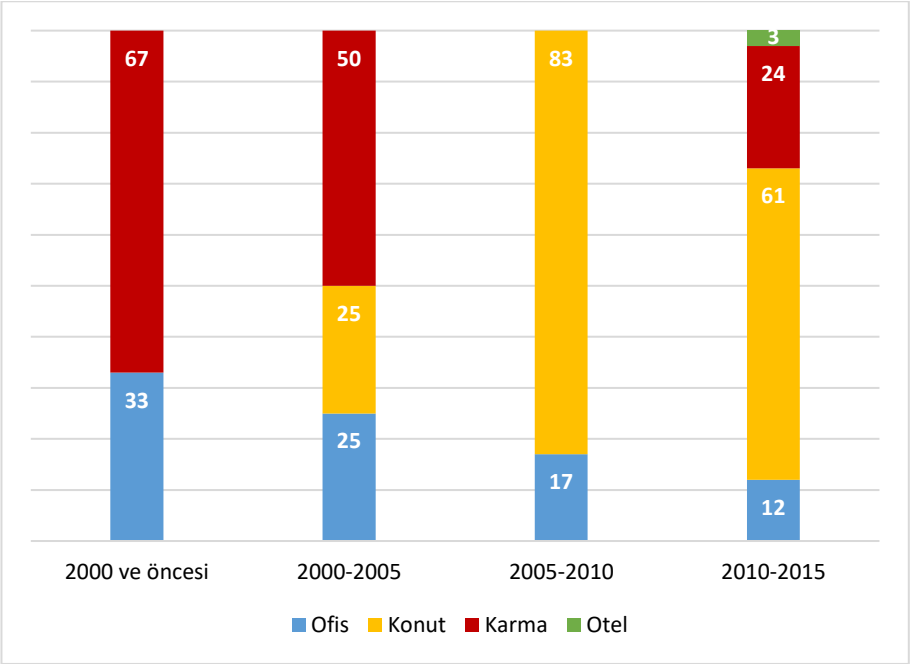
Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de yüksek yapılar merkezi ticaret ve iş alanlarında yaygın olarak ofis işlevinde kullanılmıştır. 2000'lere kadar yaygın olarak ofis işleviyle kullanılırlarken bu eğilim farklılaşarak daha çok yüksek konut yapıları olarak devam etmiştir. Günümüz yüksek yapıları ise genellikle bir kompleks şeklinde karma

olarak inşa edilmektedir. Karma yapılar bulunduğu bölgeye göre; ofis, konut, rezidans, otel, alışveriş merkezi işlevlerini barındıracak biçimde tasarlanmaktadır [50]. Özellikle son 10 yıllık süreç incelendiğinde ise Türkiye'de yüksek yapıların kent merkezlerinde daha çok konut işleviyle kullanıldıkları görülmektedir (Şekil 2.21). Türkiye'de dünyaya göre daha hızlı gerçekleşen konut endeksli dönüşüm yerini karma işlevli yüksek yapılara bırakmaya başlamıştır (Şekil 2.22).



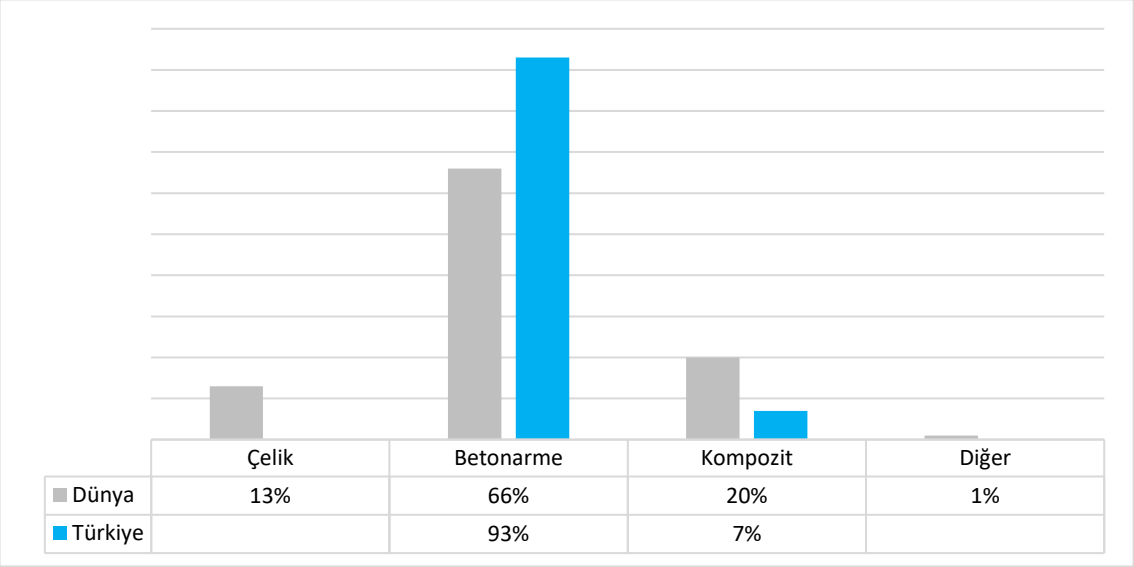
	Ofis	Konut	Karma	Otel	Diğer
Dünya	45%	35%	15%	4%	1%
Türkiye	32%	42%	17%	8%	1%

Şekil 2.21. Dünya ve Türkiye'deki yüksek yapıların karşılaştırılmalı işlev dağılımı[1]



Şekil 2.22. Türkiye'de yüksek yapıların yıllara göre işlev değişimi[1]

Türkiye'nin yapı üretimi ve stoku dikkate alındığında yapıların %90'ından fazlası betonarme sistemlerle üretilmiştir. Yapı üretiminde çeliğin payı ise sadece %5'tir [69]. Dünya'daki yüksek yapı stoku incelendiğinde ise çelik kullanımının giderek azaldığı bunun yerine Türkiye'deki gibi betonarme yapı sayısının arttığı görülmektedir (Şekil 2.23). İlk örnekleri çelik iskelet sistemle inşa edilen yüksek yapıların Türkiye'de üretiminde ise bu sistem kullanılmamaktadır. Çünkü Türkiye'de çelik sektörü gelişmekte olan bir sektördür. Zamanla çeliğin yaygınlaşmasıyla birlikte çelik kullanılarak inşa edilen yüksek yapılar da olacaktır.



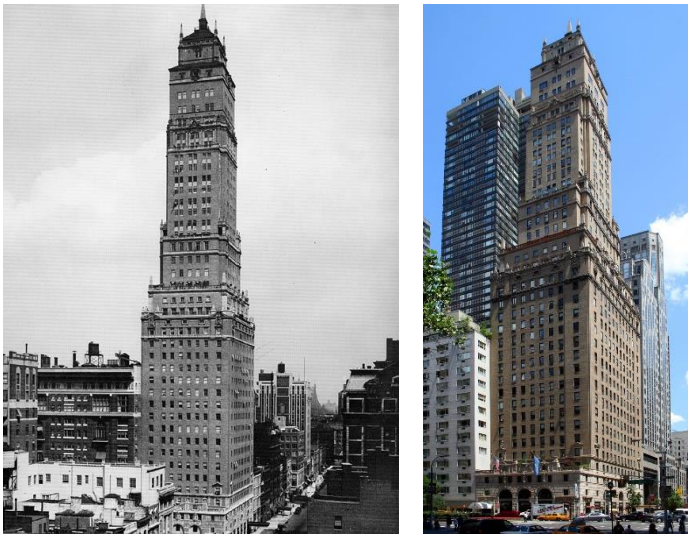
Şekil 2.23. Dünya ve Türkiye'deki yüksek yapıların karşılaştırılmalı malzeme dağılımı[1]

2.4. Yüksek Konut Yapıları

Konut tasarımları, geleneksel ve kültürel etkenlerle şekillenirken günümüzde küreselleşmeyle birlikte uluslararası anlayışla, gelişen modern yapım teknolojileri ve malzemelerine göre yapılmaktadır. Artan nüfus, yoğunluk, kısıtlı inşaat alanı, ülke politikaları vb. gibi faktörlerle konutlar bulundukları alanda yükselmeye başlamıştır. Özellikle II. Dünya Savaşı'nın büyük yıkımı sonrasında pek çok insanın barınmasına yönelik üretilecek olan konutlar için bir çözüm olarak yüksek konut yapıları inşa edilmiştir. Dünya geneline yayılan bu yapı tipi, 21. yüzyılda gelişmekte olan toplumlarda hızla artan nüfusa barınma alanı sağlamak için üretilmiştir.

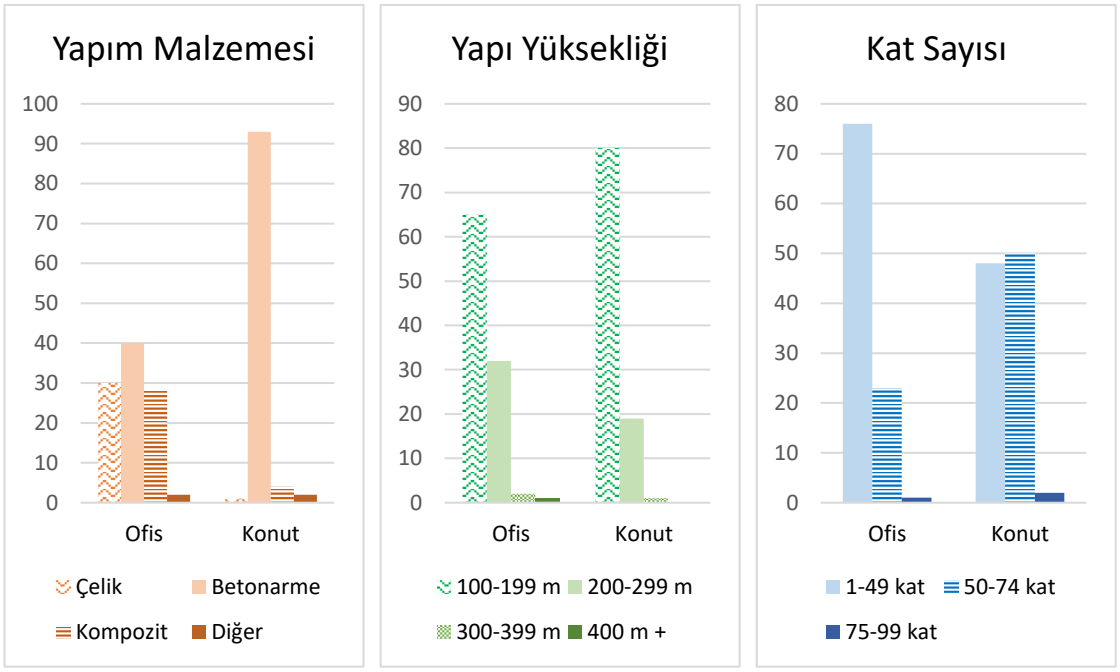
Yüksek konutlar, bir kişinin yaşayabileceği veya düzenli olarak kalabileceği ayrı konutları içerir ve bağımsız pişirme ve banyo olanakları olan birden fazla konut içeren apartman yapıları olarak tanımlanabilir [47]. Erken dönem yüksek konut yapıları genellikle 4 ila 6 kat arasında bir yükseklikte inşa edilmiştir. Ancak teknoloji geliştikçe ve insanlar insan yapımı dünyayı genişletmek için teknolojiyi kullanmayı öğrendiğinde mimarlar, yıldızlara kadar ulaşabilecek yapılar tasarlamaya başlamıştır [70]. Bundan kısa süre sonra yüksek konut yapıları 12 ila 14 katlı yapılar haline gelmiştir.

Günümüz yüksek yapı anlayışına uygun olan ilk modern yüksek konut yapısı Ritz Tower'dır (Şekil 2.24). New York'ta 1926 yılında mimar Emery Roth tarafından tasarlanmış 41 katlı ve 164,9 metre yüksekliğe sahip olan yapı çelik malzeme kullanılarak inşa edilmiştir. Yapı inşa edildikten sonra dönemin yeni yaşam stili için bir prototip haline gelmiş ve bundan sonra üretilecek olan diğer yapılara örnek olmuştur [47]. Hem otel hem konut işlevi gören yapı, iş için seyahat edenler ve ülkeye göç edenler için kalacak yer sunmaktaydı. Bugün ise yapı halen özgün işleviyle kullanılmaya devam etmektedir.



Şekil 2.24. 1925 ve 2015 yıllarında Ritz Tower, New York [71], [72]

Günün her saati kullanılan konutların, temelde ofis işleviyle ve bu işleve yönelik teknolojilerle şekillenen yapı tipine uygun hale getirilmesi zaman almıştır. Bu durum yüksek konutların tasarımlarını, malzeme seçimlerini, cephe özelliklerini, güvenlik ve işletim yöntemlerini, kat yüksekliklerini ve yapı yüksekliğini de etkilemiştir. Örneğin yüksek konutlar için yapı malzemesi olarak çelik tercih edilmezken, 400 metre ve üzeri yükseklikte birkaç özel yapı dışında yüksek yapı bulunmamaktadır (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Yüksek konut ve ofis yapılarının yapım malzemesi, yapı yüksekliği ve kat sayısına göre karşılaştırılması[1]

Zamanla değişen sosyal, ekonomik ve kültürel durum yüksek konutların şehir merkezlerinde gelişmiş ülkelerde zenginlerin tercih ettiği yapılar haline gelmesine neden olmuştur. Gelişmekte olan ülkelerde ve hızlı bir yapılanma içerisinde olan toplumlarda ise bu yapılar, kamu eliyle alt gelir grubu için üretilen konutlar olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de ise 21. yüzyılda ekonomik değişim ve küreselleşmenin sonucu ortaya çıkan yeni kentli elit üst sınıf için "yeni yaşam" alanı olarak kendini göstermektedir. Bu bağlamda ülkemizdeki yüksek konut yapıları, kullanıcılarına kaliteli yaşam ortamı sunduğu düşüncesiyle pazarlanmaktadır. Bununla birlikte, 21. yüzyılda yüksek yapılar, çoğunlukla metropolitlerin sembolik figürleri olarak da görülmektedir [73].

Büyük kütlesinin insan doğasına aykırı olduğu, aşırı enerji tükettiği, şehir altyapısında yarattığı ekstra yük ve yarattığı trafik ile otopark alanı yetersizliği gibi nedenlerden dolayı yüksek yapı üretimleri eleştirilmektedir. Bunun yanında araştırmalar yüksek konutların, yapı sakinleri için sosyal açıdan dezavantaj yarattığını da belirtmektedir. Aynı zamanda bu yapıların; yapı sakinlerini olumsuz yönde etkileyen doğal olmayan iç mekân konfor koşullarını ve çevresindeki arazilerin ekonomik olarak yaşanabilirliğini ışık, hava ve manzaralarını engelleyerek azaltma etkisine de sahip oldukları bir gerçektir. Bu durum, kullanıcılarını doğal ortamdan izole eden bu yapıların, insanlara kapalı birer "kutu yaşamı" sunduğunun da göstergesidir.

BÖLÜM 3

YÜKSEK KONUT YAPILARINDA İÇ ORTAM KALİTESİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE KULLANICI KONFORUNA ETKİLERİ

Yüksek yapıların tasarımında pek çok faktör etkilidir. Yapı formunda belirleyici olan yapı malzemesi ve taşıyıcı sistem kurgusu, yapının konumu gereği sahip olduğu fiziksel dış ve iç çevre koşulları, yapının üretiminde ve işletiminde harcanacak olan enerji, yapı işlevine ve kullanıcıların konfor ihtiyaçlarına uygun olarak düzenlenen iç ortam kalitesi en önemli faktörlerdir. Yapı sakinlerinin sağlıklı bir ortamda yaşamaları için düzenlen iç ortamın kalitesi, yapı işletimi süresince yapının enerji tüketiminde belirleyici olmanın yanında kullanıcıların ortam konforuna bağlı olarak performans ve verimliliklerini de etkilemektedir. Çünkü iç ortam kalitesinin amacı bina ile ilişkili hastalıkları minimize ederken yapı sakinleri için arzu edilen konforlu ortamı yaratmaktır. Bu nedenle yapılar insanların iyi hissettiği ve her türlü etkinliğini kolayca yapabildiği yerler olarak tasarlanmalıdır. Bunu sağlamak için yapı sakinlerinin ihtiyaçlarını karşılayan ve refahlarına katkıda bulunan stratejiler, yapıların tasarım aşamasında proje tasarım ekiplerince aynı zamanda verimliliği teşvik eden stratejilerle dengelenmelidir.

Bu bölümde ilk olarak iç ortam kalitesini belirleyen parametreler tanımlanarak, bu parametrelerin ulusal ve uluslararası standartlara göre değerlendirmesi yapılmakta ve yüksek konut yapılarında ideal iç ortam kalitesinin elde edilme yöntemleri özetlenmektedir. Daha sonra yüksek yapıların enerji verimlilikleri incelenerek iç ortam kalitesinin enerji tüketimine etkileri ortaya konulmuştur. Son olarak yapıların enerji verimli tasarımları ve iç ortam kalitesinin kullanıcı konforuna ve sağlığına etkisi incelenmiştir. Yapılan tüm değerlendirmelerde konu ile ilgili yapılmış literatür çalışmalarından yararlanılmıştır.

3.1. Yüksek Konut Yapılarında İç Ortam Kalitesi

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte yapılarda kullanılan yapay malzemeler ve yapı donatım olanaklarıyla yapılar, insanların gereksinimlerine yapay bir çevrede yanıt vermektedir. Bu yapay çevre ise zamanla insanlarda sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu olumsuz etkilerin görülmesinde, sağlıklı bir iç ortam kalitesinin yapı kullanıcılarına sağlanmaması ya da sağlanamaması etkilidir. İç ortam kalitesi, yapı içerisindeki hava kalitesini, ısıl, aydınlatma ve akustik konfor koşullarını, koku ve ortam titreşimleri gibi diğer ergonomi koşulları ile bunların kullanıcı üzerindeki etkilerini kapsamaktadır (Şekil 3.1) [74]. Her tür yapı için iç ortam kalitesinin en temel bileşenlerini ısıl konfor, iç hava kalitesi, akustik ve aydınlatma oluştursa da ortam koku kalitesi ve özellikle yüksek yapılar için yapı ölçeğine bağlı olarak farklı düzeyde etkisi bulunan ortam titreşimi de iç ortam kalitesini belirleyen diğer parametrelerdir. İç ortam kalitesine yönelik stratejiler, insan sağlığını koruyan, yaşam kalitesini iyileştiren ve stres ile meydana gelebilecek potansiyel yaralanmaları azaltacak stratejileri içerir. İyi bir iç ortam kalitesi, kullanıcıların sağlıklı bir ortamda yaşamalarını sağlarken, yapının gayrimenkul değerinin artmasını ve yapı sahibinin sorumluluklarının azalmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.1. İç ortam kalitesini belirleyen temel faktörler

Yüksek yapılar, ilk kez üretilmeye başlandıkları dönemde genel olarak ofis ve yönetim yapıları veya otel yapıları olarak kullanılmaktaydı. Bu durumun değişmesi II. Dünya Savaşı'ndan sonra hızlı yapılanma ve yenileme sürecinde ekonomik durumların düzelmeye başlamasıyla teknolojik gelişmelere paralel olarak gerçekleşmiştir. Bu dönem içerisinde nüfusun etkin ve verimli bir şekilde barınması için üretilen yüksek konut yapılarında başta ofis işleviyle kullanılan yüksek yapılarda olmak üzere 1960'lardan sonra, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma teknolojilerindeki gelişmeler, bu yapıların iç ortam kalitesinin ve konfor koşullarının iyileşmesine yardımcı olmuştur. Teknolojik gelişmeler sonucu mekanik sistemlerin yardımıyla iyileşen iç ortam kalitesinin yanında yapı üretim tekniklerindeki gelişmeler de yüksek yapı inşaatında artan yükseklikle birlikte kullanılabilir kat alanlarının artmasına neden olmuştur. Bu durum yapı ölçeğine göre değişen ve taşıyıcı sisteme bağlı olarak ortaya çıkan derin mekânların, doğal ışık ve hava ihtiyacını da karşılayabilmesini sağlamıştır.

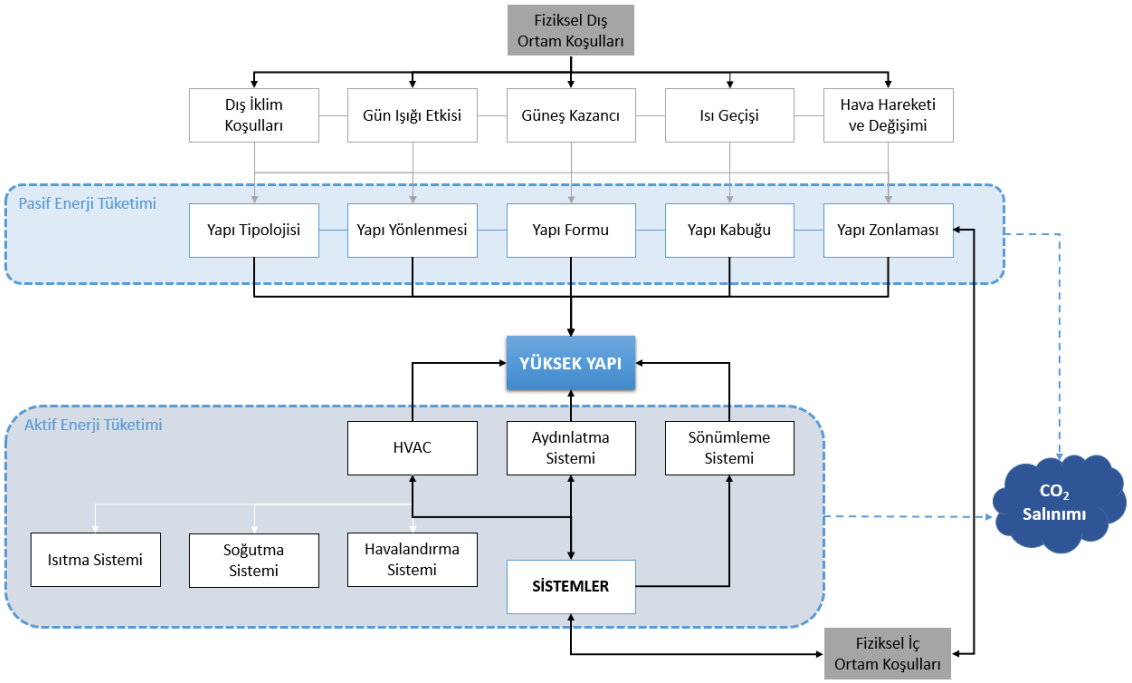
Yenilikçi teknolojilerle tasarlanan her yeni yüksek yapı, döneminin teknoloji ürünü araçlarıyla donatılarak üretilmiştir. Bu durum yüksek yapıların doğal ortamdan koparak mekanik sistemlerin egemen olduğu izole çalışma ve yaşam alanları haline gelmesine neden olmuştur. 1973'te dünya çapında yaşanan enerji krizi yenilenemeyen enerji kaynaklarıyla sürdürülebilir bir yaşamın devam edemeyeceği fikrini ortaya çıkarmıştır. Ölçeği gereği üretiminden, işletimine ve hatta yıkımına kadarki tüm yaşam döngüsü içinde geleneksel bir yapıdan çok daha fazla enerji tüketen yüksek yapıların içinde bulundukları kentlere ve çevrelerine olumsuz etkileri oldukça büyüktür. Küçük bir kasaba ya da köy nüfusunu tek bir alanda barındırabilen ve 1970 yılına kadar tamamen dış ortama kapalı cam cepheli ve iç ortamı iklimlendirilmiş olarak tasarlanan yüksek yapıların enerji tüketim değeri ortalama 1.000 kWh/m^2'yi bulmaktaydı [75]. Günümüzde yapıların ortalama olarak enerji tüketiminin 150 ile 300 kWh/m^2 olduğu düşünüldüğünde bu yapıların mevcut durumlarının sürdürülebilir olmadığı görülmektedir [76]. Enerji tasarrufuna bağlı olarak artan çevre bilincinin yanında mekanik sistemler tarafından kontrol edilen iç ortam kalitesi beraberinde yapı sakinlerinin sağlıklarını da olumsuz etkilemeye başlamıştır. Bu durum yapı içerisinde geçirilen zamana bağlı olarak etkisinin farklılaştığı HBS olarak adlandırılan yapı ilişkili hastalıkların görülmesine neden olmuştur. Bunun sonucu olarak her açıdan sürdürülebilir bir dünya için "az enerji harcarken, maksimum konfor sağlama" felsefesine dayanan akıllı konut teknolojileri

geliştirilmiştir [77]. Günümüzde insanların çalıştıkları ya da içinde yaşadıkları hangi mekân olursa olsun tüm yapılar kullanıcılarının konforunu ve sağlığını olumsuz yönde etkilemeden onların her türlü temel ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmalı ve işletimi boyunca da bu ihtiyaçlara cevap vermeye devam etmelidir. Yapıların tasarımları, kullanılan malzemeler, teknolojiler ve uygulamaların etkisinin yanında kullanıcıların tercihleri ve davranışları da iç ortam kalitesini belirleyici role sahiptir. Bu bağlamda bir yapıda genel iç ortam konfor şartı değerleri her kullanıcı için aynı olmayabilir. Tüm kullanıcıların kendilerine ait biyolojik ve ruhsal yapıya sahip olmasının bir sonucu olarak bir mekândaki kullanıcılardan %80'i ortamdan hoşnut ise ortam konforlu olarak kabul edilmektedir [78].

Özellikle yüksek yapıların tasarımı düşünüldüğünde artan yükseklikle birlikte ortamın değişen fiziksel ve psikolojik etkileri kullanıcıların farklı davranışlar göstermesine neden olabilmektedir. Bu bağlamda her kullanıcının bireysel olarak iç ortam kalitesini etkileyen parametrelere verdiği önem de farklılık göstermektedir. İnsan sağlığının önemi düşünüldüğünde iç ortam kalitesini belirleyen parametrelerin önemi üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalardan birinde Hong Kong'da bulunan kamu ve özel sektörün inşa ettiği yüksek konut yapılarında, belirlenen dört temel iç ortam kalitesi niteliği olan; ısıl konfor, iç hava temizliği, koku ve gürültünün bu yapılarda algılanan performansları ile kullanıcıların bu niteliklere verdiği önem algıları araştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre, ısıl konfor büyük çoğunluk tarafından en önemli nitelik olarak görülmektedir. Ayrıca iç hava temizliği ve gürültünün önemi aynı olmakla birlikte bu parametreler arasında yer alan ortam kokusunun diğerlerine göre en az öneme sahip olduğu belirtilmiştir [8].

Bir yapının iç ortam kalitesi ve ona bağlı olarak tüketilen enerji miktarı birbiriyle doğrudan ilişkilidir. Yüksek bir yapı için dış iklim koşulları, gün ışığı etkisi, güneş kazancı, ısı geçişi gibi fiziksel dış ortam koşulları, yapının tipolojisinde, formunda ve buna bağlı olarak yapı kabuğu tasarımında, yönlenmede ve iç mekân bölgelemesinde belirleyicidir. Bununla birlikte bu faktörler yapının pasif olarak enerji tüketimlerini etkilerken iç ortam kalitesini de etkilemektedir. Ayrıca iç ortam kalitesini geliştirmek için yapıya entegre edilen HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), aydınlatma ve ortam titreşimini önleyen sönümleyici sistemler yapının enerji tüketimini de doğrudan etkilemektedir. Yapının CO_2 emisyonu ise doğrudan ya da dolaylı olarak enerji tüketimini

etkileyen tüm parametrelere bağlıdır. Şekil 3.2'de yüksek yapıların tasarımı, iç ortam kalitesi ve enerji tüketimi arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Yüksek yapı tasarımı, iç ortam kalitesi ve enerji tüketimi ilişkisi

Yapıların kullanım amaçları, ölçekleri, kullanıcı yoğunluğu ve işletim süreleri dikkate alındığında her bir yapıdan beklenen iç ortam kalitesi sınır değerleri de değişiklik göstermektedir. ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) her bir iç ortam kalitesi parametresi için ayrı ayrı standartlar geliştirmiştir. Bunun yanında ISO (The International Organization for Standardization) ve EN (European Standards) standartları da mevcuttur. Fakat yüksek yapıların geleneksel yapı tasarımından farklı iç ve dış etkilere maruz kalması, tasarımlarının da farklı olmasına sebep olmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte yükseklik için tek sınırın gökyüzü olmaya başladığı bugünlerde yüksek yapılar için CTBUH ve ASHRAE tarafından işbirliği yapılarak "ASHRAE Design Guide for Tall, Supertall, and Megatall Building Systems" başlıklı bir tasarım rehberi 2015 yılında geliştirilmiştir [79]. Bu bağlamda, yüksek konut yapılarında sağlıklı ve sürdürülebilir iç ortam kalitesi için her parametre incelenerek kısaca özetlenmiştir.

3.1.1. Isıl Konfor Kalitesi

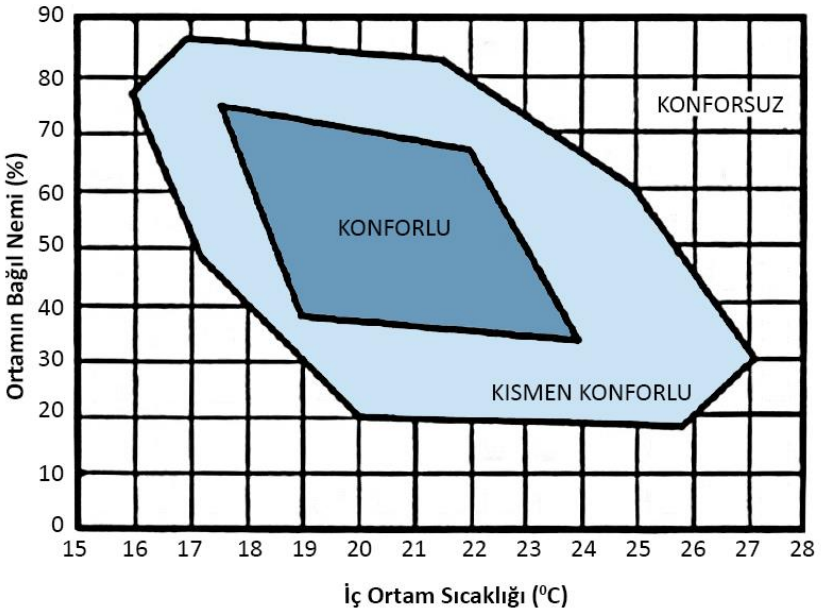
İnsanlar üzerinde hem fiziksel hem de psikolojik etkisi olan içinde bulunduğumuz yapma çevrenin atmosferi, yapı tasarımı için de oldukça önemlidir. Tüm tasarımcıların iç ya da dış ortam tasarımı yaparken ana kaygısı bu ortamların her türlü insan aktivitesi için uygun olmasını sağlamak olmalıdır. "ASHRAE Handbook of Fundamentals"da genel olarak konfor; vücut sıcaklığının çok düşük aralıkta değişmesi, cilt neminin düşük ve fizyolojik hareketlerin minimum düzeyde olması durumu olarak tanımlanmaktadır [80].

Isıl konfor ise; ASHRAE-55 "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy" ve ISO-7730 "Ergonomics of the Thermal Environment"da "kişinin bulunduğu ortamın ısıl (termal) koşullarından memnun olması" olarak tanımlanmaktadır [20][81][82]. Bu geniş tanım derin bir araştırma ve felsefi tartışmaya tabi olsa da konfor, fiziksel, psikolojik ve fizyolojik faktörlerin bir kombinasyonundan etkilenen bilişsel bir süreçtir [83]. Yapma bir çevrenin ısıl konforu fiziksel, biyolojik ve çevresel pek çok parametreye bağlıdır. Isıl konforu belirleyen en önemli faktörler hava sıcaklığı, bağıl nem, hava hareket hızı ve radyan sıcaklık gibi iç ortama ait olan fiziksel parametreler ile kullanıcıların kıyafetleri, metabolizma hızları ve ortamdaki aktiviteleri gibi biyolojik ve çevresel parametrelerdir. Temel olarak ısıl konfor, vücut ile çevre arasında meydana gelen ısıl değişimin bir sonucu olup, ısıl konforun sağlandığı her ortam için bu değişim minimum düzeydedir [84]. Tablo 3.1'de uluslararası ve ulusal standartlara göre özetlenmiş iç ortam ısıl konfor kalitesi için genel sınır değerler yer almaktadır.

Tablo 3.1. İç ortam ısıl konfor kalitesi genel sınır değerleri [85]

Parametreler	**Değerler**	
	Yaz	**Kış**
Hava Sıcaklığı	22°C – 26°C	18 °C – 22 °C
Bağıl Nem	%40 – 70	
Hava Akış Hızı	0,1 – 0,2 m/sn (hava akımı olmadan)	
Giyim	0,5 clo	0,9 clo

İç ortam sıcaklığı, bağıl nem ve hava hızını dikkate alarak fizyolojik olarak hissedilen sıcaklığı temsil eden etken sıcaklık yeni bir sıcaklık ölçeği tarif etmektedir. Bu sıcaklığa göre Şekil 3.3'te konfor bölgelerinin sayısal olarak ayrımı gösterilmiştir. Bu sınır değerleri dışında kalan alanlar konforsuz olarak değerlendirilmektedir.

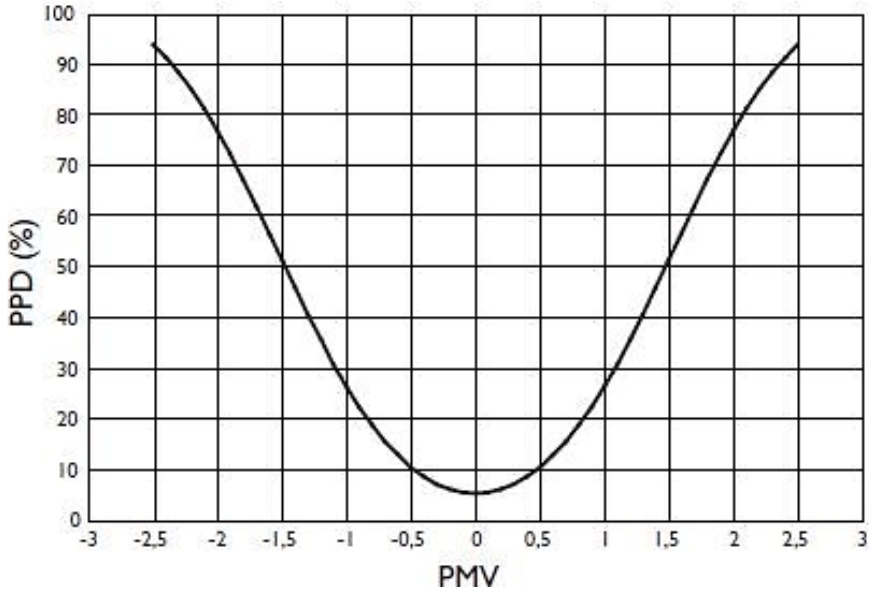


Şekil 3.3. İç ortam bağıl nem ve sıcaklık değerlerine göre konfor aralığı [153]

Yapı sakinlerinin iç ortam ısıl konforundan memnuniyetlerini belirlemek üzere ilk olarak 1973 Fanger'in "Thermal Comfort" adlı kitabında Fanger, termal konforu, termal çevrenin değerlendirilmesi için gerekli olan yöntemleri ve prensipleri açıklamaktadır [86]. Günümüzde ise dünya genelinde en etkili ve yaygın yöntem ve prensipler arasındadır. Fanger'ın çalışması ısıl konforu belirleyen 6 parametre olan hava sıcaklığı, radyan sıcaklık, bağıl nem, hava hızı, metabolizma hızı ve giyim direncine göre bir denklem geliştirilmiştir. ASHRAE-55'te insanların ortamdaki ısıl memnuniyetlerini nicel olarak hesaplayabilmek üzere termal algı ölçeği geliştirilmiştir (Tablo 3.2). Bu ölçek kullanılarak ortam kullanıcılarından alınan sonuçların ortalaması PMV (Predicted Mean Vote) değerini belirlemektedir. PPD (Predicted Percentage Of Dissatisfied) ise o ortamdaki memnuniyetsizliği PMV ile ilişkilendirmekte kullanılan bir indekstir. Termal algı ölçeği, bir ortam için örneğin +2, +3, -2 veya -3 şeklinde oy veren kişilerin memnuniyetleri değerlendirildiğinde, PPD'nin nötr PMV çevresinde simetrik bir ilişki içinde olduğu varsayımına dayanmaktadır [81]. Şekil 3.4, PPD ve PMV arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Kabul edilebilir ısıl konfor için PMV değerinin –0,5 ile +0,5 aralığında ve PPD değerinin ise %10'un altında olması gerekmektedir [81].

Tablo 3.2. Termal algı PMV ölçeği

–3	**–2**	**–1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**
Çok Soğuk	Soğuk	Biraz Soğuk	Nötr	Biraz Sıcak	Sıcak	Çok Sıcak



Şekil 3.4. PPD ve PMV arasındaki ilişki [81]

Yapı kabuğu; iç ortamı dış ortamdan ayırarak iç ortamın kullanıcı konforuna uygun koşullarda olmasını sağlamaktadır. Yapı kabuğu tasarımını etkileyen faktörler ise yapı formu, en/boy oranı ve yüksekliği, yapı saydamlık oranı, yönlenme, güneş kontrolü, opak ve saydam yüzeyde kullanılan malzemelerin özelikleri ile yalıtım durumudur. Dış ortamda görülen sıcaklık, rüzgâr, güneş ışınları ve iklim olaylarına karşı yapıyı koruma görevi olan yapı kabuğunun iç ortamın ısıl konforunu belirlemede de önemli yeri bulunmaktadır. Yüksek yapılarda yapı kabuğunun alanı normal bir yapıdan daha fazla olduğundan geleneksel bir yapıdan farklı tasarım yaklaşımları, malzeme seçimi ve uygulamalar gerekmektedir. Isı kayıp/kazançlarının ortalama %75'lik kısmı yapı kabuğundan olurken diğer kayıp ve kazançların büyük bir kısmı da yapının yönlenmesi ve yapı kabuğunda bulunan havalandırma açıklıklarından kaynaklanmaktadır [20]. Ayrıca, yapılardaki ısı kayıp/kazançları iç ortamın ısıl konforunu belirlemede önemli rol oynadığı kadar yapıyı ısıtmak ve soğutmak için harcanacak olan enerji tüketimini de etkilemektedir. Özellikle yapının konumuna bağlı olarak artan yüksekliğin etkisiyle yapının güneşlenme miktarı ve güneşten sağlayacağı kazançlar değişiklik göstermektedir. Ayrıca yapının plan geometrisi de yapının ısı kayıp ve kazanç miktarında belirleyicidir. Çünkü farklı geometrik şekillerin aynı koşullar altında farklı güneş enerji kazanımları vardır. Buna göre; temel geometrik şekillerden daire formlu en/boy oranı 1:1 olan bir yüksek yapı en düşük güneşlenme miktarına sahipken dikdörtgen formlu en/boy oranı 1:3 ve üzeri olan, doğu-batı yönünde konumlandırılan yüksek yapılar ise aynı koşullarda en

yüksek güneşlenmeye oranına sahiptir [87]. Bu nedenle kompakt planlı tasarlanan yüksek yapılarda güneşlenme ile kazanılan fazla ısı yapı formu sayesinde azaltılabilmektedir. Bu durum yapının soğutma yükünü de azaltırken enerji tasarrufunu arttırmaktadır.

Günümüz yüksek yapılarının şeffaf yüzey oranı fazla olmakla birlikte bu oran giderek artmaktadır. Bu durum yüksek yapıların gelişen yapım sistemleri ve malzemeleriyle birlikte giderek daha hafiflemesinin bir sonucudur. Bu nedenle yapı kabuğunun ısıl direnci de düşmektedir. Geliştirilen yalıtımlı U-değeri (ısıl geçirgenliği) daha düşük cephe malzemeleriyle ve cam özelliklerinin iyileştirilmesiyle yüksek yapılardaki fazla ısı kayıp/kazançlarının önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Fakat sadece camların ısıl direncinin arttırılması ısı kayıp/kazancını kontrol etmek için yeterli değildir. Yapının saydam yüzeylerinin güneşlenmeyle birlikte iç ortam konforunu düzenleyici gölgeleme elemanlarına ya da camın yapısında ışığın kontrollü geçişine izin veren katmanların bulunması da gerekmektedir. Bu sebeple geliştirilen farklı camların ısıl ve aydınlatma performansları Tablo 3.3'de verilmiştir. Tek cidarlı olarak tasarlanan yüksek konutlar için maksimum ısıl direnç film katmanlı veya katmanlı camlarla sağlanmaya çalışılmaktadır [18].

Tablo 3.3. Camlar, ısıl ve aydınlatma performansları

Cam Tipi	**Katman Sayısı**	**Işık Geçirgenliği**	**Gölgeleme Katsayısı**	**Güneş Isı Kazancı Katsayısı**	**U-Değeri (W/m^2K)**
Tek Cam (6 mm)	1	0.88	0.95	0.81	6.4
Renkli Tek Cam (6 mm)	1	0.65	0.73	0.62	6.0
Çift Cam (6 / 12 / 6 mm)	2	0.78	0.81	0.70	2.74
Low-e Çift Cam (6 / 12 / 6 mm)	2	0.74	0.65	0.56	1.78

Şeffaf yüzeylerin dışında opak yüzeylerin de yalıtımı yapılarak gerekli ısıl konfor enerji verimliliğiyle birlikte elde edilmelidir. Böylelikle yüzey sıcaklıkları arttırılarak ısıl konfora katkı sağlanacaktır. Ayrıca optimum cephe saydamlık oranı, uygun katmanlı camların kullanımı ve doğru gölgeleme elemanlarının seçimiyle yapının ısıl konforu artarken enerji tüketen mekanik sistemlere olan bağlılık azalacaktır [20].

Bunların dışında özellikle soğuk iklim bölgesinde yer alan yüksek konutlarda tek cidarlı cephe sistemleri yerine çift cidarlı cephelerin kullanımının da ısıl konforu arttırıcı etkisi bulunmaktadır. Çift cidarlı sistemlerde cam cidarlar arasındaki hava tabakası aşırı

ısınmaya, rüzgâra ve sese karşı önlem olarak yalıtım sağlar. Güneş kontrol bileşenleri ise genellikle bu tabakalar arasındaki boşlukta bulunur. Ara boşluk; geniş hacimli hava kanalları gibi bir tampon bölge oluşturarak kullanım alanlarını çevreler ve yapma çevreye gerçek dış ortam koşullarından daha faydalı yeni bir dış ortam oluşturur [88]. Poirazis'in çift cidarlı cephelerin karşılaştırılmalı literatür incelemesinde bu cephe sisteminin ısıl açıdan kış ve yaz dönemleri için bir tür yalıtım işlevi gördüğü ve iç ortamın ısıl konforunu sağlamaya yardımcı olduğu belirlenmiştir [89]. Ayrıca, çift cidarlı giydirme cephelerin ısı yalıtımı sağlamasıyla ısı kayıp/kazanç miktarını azaltmak ve iç ortam sıcaklığını konforlu kılmak için iç ve dış cephe yüzeyleri arasındaki boşluğunun az olması gerekmektedir. Çünkü sistemin verimli çalışması boşluğun derinliğine bağlıdır ve boşluk arttıkça çift katmanın yalıtım değeri düşmektedir. Cephenin etkin performansı için iç ve dış cephe yüzeyleri arasındaki boşluğun 75 cm'yi geçmemesi gerekmektedir [4].

3.1.2. İç Hava Kalitesi

Sağlıklı bir iç hava kalitesi ASHRAE - 62 "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality" standardına göre; içinde bilinen kirleticilerin, yetkili otoriteler tarafından belirlenen zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu ortam içinde bulunan insanların en az %80'inin, havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği hava olarak tanımlanmaktadır [78]. Bu bağlamda yapılarda iç hava kalitesi sabit olmamakla birlikte göreceli bir kavramdır. Çünkü yapının hava kalitesi, kirletici kaynağına olan uzaklığı ile havalandırmaya bağlı olarak değişmekte ve kullanıcının bireysel algısı da farklılık göstermektedir [90]. Kısaca ortamdaki iç hava kalitesi, o ortamdaki kirlilik ve temizlik (iyileştirme, havalandırma) durumunun bir sonucu olarak özetlenebilir. Kapalı bir mekânın hava kalitesini belirleyen en önemli faktörler dış ortam hava kalitesi ve iç hava kirleticilerin türleri ve yoğunluklarıdır. Ortamdaki CO_2 yoğunluğu ne kadar az ise ortamın hava kalitesi de o oranda iyidir. Ayrıca havanın bağıl nemi ve hava akış hızı da iç ortam hava kalitesinde etkili olan diğer faktörlerdir. İdeal bir iç ortam hava kalitesi için belirlenmiş sınır değerler Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'de yer almaktadır. Bu değerlerin altında olan her yapı için havalandırmaya bağlı olarak harcanacak enerji de azalmaktadır. Böylece enerji verimli sürdürülebilir bir iç ortam hava kalitesi elde edilmektedir.

Tablo 3.4. İç hava kalitesi ile ilgili uluslararası standartlarda önerilen sınır değerler [91]

Standartlar	CO_2 (ppm)	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)
ASHRAE	1000	30-60	20-25
Almanya	5000 9000 (15 dakika)	30-70	20-26
Kanada	3500	30-80 (yaz) 30-55 (kış)	
Hong Kong	800 (1. Düzey) 1000 (2. Düzey)	40-60	20-25,5

Tablo 3.5. İç hava kalitesi için kabul edilebilir CO ve CO_2 sınır değerleri [91]

İç Hava Kirleticileri	Kabul Edilebilir Sınır Değerler	Standart
Karbon Monoksit (CO)	30 dakika için 60mg/m^3 (50 ppm)	WHO NAAQS TS 12281
	1 saat için 30 mg/m^3 (25 ppm)	
	8 saat için 10 mg/m^3 (9-10 ppm)	OHSD
	Kısa süreli etkisinde kalındığında 8 saat için <11 ppm 1 saat için <25ppm	Kanada Standardı
	Sürekli etkisinde kalındığında <11 mg/m^3	WHO
Karbondioksit (CO_2)	8 saat için 500 ppm	ASHRAE
	330-800 ppm	OHSD
	Uzun süreli etkisinde kalındığında 6300 mg/m^3 (<3500 ppm)	Kanada Standardı
	<1800 mg/m^3	WHO
	800 ppm'i aşmamalı	TS 12281

İç ortam hava kalitesini belirlemede etkili olan önemli parametrelerden biri yapının bulunduğu çevrenin hava kalitesidir. Çünkü iç hava kalitesinin arttırılabilmesi için mutlaka yeterli miktarda taze havanın ortama girmesi gerekir. Yapılar için temiz hava kaynağı ise dış ortamdır. Bu nedenle dış ortamın hava kirliliği de iç ortamın hava kalitesini etkilemektedir. Yapıların doğal olarak havalandırılma potansiyelleri sahip oldukları açılır pencere alanına bağlıdır. Yüksek yapılarda artan yükseklikle birlikte hem yapı kullanıcılarının güvenliğini hem de yapının strüktürel olarak dayanımını olumsuz etkilememek için yapıların açılır pencereye sahip olması kısıtlı olarak mümkündür. Bazı durumlarda ise tasarıma ve fiziksel dış çevre koşullarına bağlı olarak yüksek yapıların açılır penceresi yoktur. Bu nedenle yüksek yapılar genellikle giydirme cepheli ve

pencereleri açılmayacak şekilde tasarlanıp, inşa edilmektedir. Fakat bu yapıların temiz bir ortamdan temin edilen ve iyi filtrelenmiş hava ile havalandırılması gerekir. Yapının havalandırılması açılabilir pencerelerle sağlansa bile, yapı sakinlerinin konforu ve güvenliği birlikte düşünüldüğünde mekanik bir temiz hava besleme sistemi ile donatılması tavsiye edilmektedir [92].

Yüksek konutlar, tasarımları ve yükseklikleri gereği, ideal iç hava kalitesini geleneksel yapılardaki gibi kolay sağlayamamakta ve bu durum enerji verimliliğini azaltmaktadır. Ken Yeang'a göre sürdürülebilir yüksek yapılar için iç hava kalitesi, verimli havalandırma, enerji tüketimi ve ısıl konfor arasında dengenin kurulması oldukça önemlidir. Bu yapılar için konfor zonları genellikle 18 ile 24 °C sıcaklıkta ve %30-60 arasında bağıl nemle sağlanabilmektedir [93].

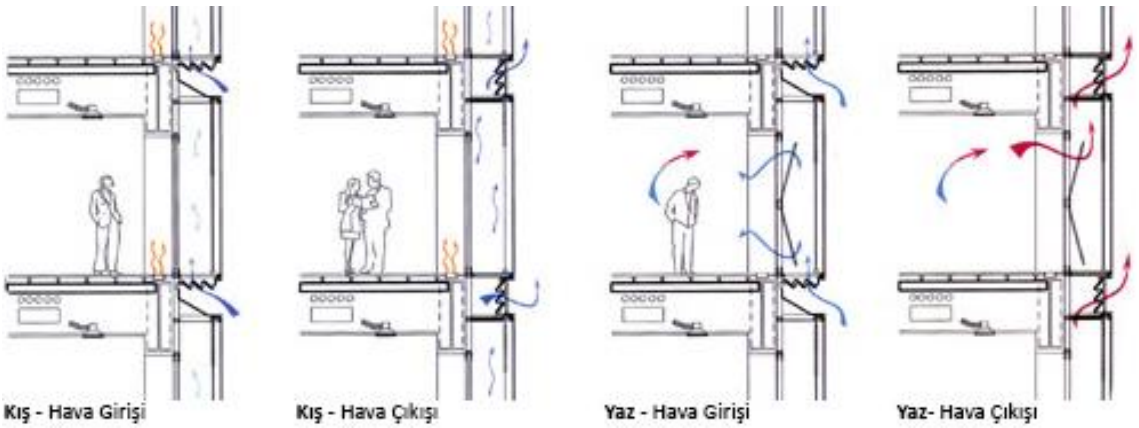
Yüksek yapıların tasarımında tercih edilen cephe sistemine bağlı olarak yapının doğal havalandırma olanağına sahip olması değişiklik göstermektedir. Bu yapıların tümünde doğal havalandırma olanağı yoktur. Yapı yükseldikçe ona etki eden rüzgâr basıncının ve hızının artması pencerelerin açılmasını engellemektedir. Dubrul 8 m/sn hız ve üzerindeki rüzgârda yüksek yapılarda pencere açmanın, ortamın konforu ile yapısal olarak basınç ve yük etkisini olumsuz etkilemesinden dolayı, mümkün olmadığını belirtmiştir [94]. Buna rağmen yapının yükselmesi dış ortamdaki kirlilikten olumsuz etkilenmeyi azaltmaktadır. Dış ortam kirliliğinin fazla olduğu bölgelerde yer alan konutlar için alt katlardaki mekânların kontrollü olarak doğal havalandırmaya sahip olacak şekilde planlanması gerekmektedir. İsviçre'deki Bern Üniversitesi'nde yapılan bir araştırma bu yaklaşımı doğrulamaktadır. Çalışmaya göre 8. kattan daha yüksek katlarda yaşayan kişilerde akciğer hastalıklarının %40 oranında daha az görüldüğü tespit edilmiştir [95]. Ayrıca Dokuz Eylül Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sarı'ya göre özellikle metro hattı gibi altyapı ağının çok gelişmiş olduğu bölgelerde bulunan yapılar için konutların yerden yüksekliği arttıkça kansere neden olabilen radon gazı etkisi azalmaktadır. 3. kat ile daha alt katlarda ve bodrumda ikamet eden kişiler için bu risk tehlikeli boyutta artmaktadır [96].

Sezer'in yüksek yapılarda yaşayan kullanıcılarla yaptığı anket çalışmasında ise kullanıcılar mekanik olarak ortamın iklimlendirilmesi ve havalandırmasından memnun iken kullanıcıların doğal havalandırma ve pencere açma isteklerinin de olduğu görülmektedir. Buna göre kullanıcıların %55'i doğal temiz hava isteğiyle pencere açmak

isterken, %32'si psikolojik rahatlık, %13'ü ise elektrik kesintisinde HVAC sisteminin yerine alternatif olması için pencerelerin açılabilir olmasını tercih etmektedir [97]. Aynı çalışmada kullanıcıların %27'si havalandırma dengesinin bozulacağı düşüncesiyle doğal havalandırmaya gerek olmadığı, %23'ünün pencerenin açık unutulması durumunda tehlikeli olabileceğini düşünmesi, %19'u psikolojik etkiyle intihar tehlikesi yaratması, %16'sı rüzgârın olumsuz etkilemesi ve %10'u ortamın ısıl konforunu olumsuz etkileyebilmesi nedenleriyle pencerelerin açılmaması gerektiğini düşünmektedir [97].

Yüksek yapılarda enerji verimliliği açısından ve daha sağlıklı konfor koşullarını elde etmeye yardımcı olan doğal havalandırma olanağına sahip cepheler hava kirliliği yüksek bölgelerde ise dezavantaj yaratmaktadır. Bu bölgelerde iç ortamı havalandırmak için açılan pencereler ortamın kontrolsüz olarak daha da kirlenmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle yüksek konutlarda yaygın olarak mekanik havalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Fakat bu sistemlerin iç ortamdaki havayı filtreleyerek tekrar ortama geri vermesi ve genellikle temiz hava beslemesi olmaması sebebiyle iç hava kalitesini arttırıcı etkisi bulunmamaktadır. İç ortamın en büyük nem kaynağının dış hava olduğu düşünüldüğünde, HVAC sistemlerde havanın sadece filtrelemeyle mekân içinde deviniminin sağlanması özellikle kış döneminde HVAC sistemine nem takviyesi yapılması ihtiyacına neden olmaktadır.

Sürdürülebilir şekilde temiz hava kaynağının sağlanabilmesi için yüksek konutların cephelerinin çift cidarlı olarak tasarlanması daha avantajlıdır. Böylece havalandırma kanalları yardımıyla doğrudan dış ortama açılan pencereler olmaksızın hem yapı kullanıcılarının hem de yapının güvenliği sağlanarak havalandırma gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Çift cidar cephe sistemi ile kış ve yaz dönemi iç ortam havalandırması [98]

3.1.3. Akustik Kalite

Yapılar için akustik konfor yapı ve hacim akustiği olarak ele alınmaktadır. ISO 16283-3 "Acoustics - Field Measurement Of Sound Insulation In Buildings and Of Building Elements" standardının normal saydığı gürültü düzeyi 58 dB'dir [99]. Bu değerin üzerindeki sesler kullanıcıların akustik açıdan konforsuz hissetmelerine neden olmaktadır. Yapı içerisindeki akustik konforu belirleyen gürültü kaynakları üç grupta sınıflandırılabilir. Dışarıdan gelen gürültüler, birimler arasındaki aktivitelerden kaynaklı sesler ve yapı servis sistemleri (asansörler, HVAC, vb.) bu kaynakları oluşturmaktadır. Yapıların işlevine göre değişiklik gösteren kabul edilebilir gürültü sınır değerleri "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"ne göre konutlar için kullanım alanlarında herhangi bir faaliyet olmadığı durumlarda pencerenin kapalı olması halinde; yatak odaları için 35 dBA ve yaşam alanları için 45 dBA'dır. Pencerenin açık olması durumunda ise sırasıyla bu değerler 45 ve 55 dBA'dır [100].

Her yapının kullanıcısına yönelik gürültü önleyici tedbirlerin alınmasına dikkat edilirken tüm yapıların bir araya gelmesiyle oluşan dış çevrenin gürültü kontrolüne de dikkat edilmelidir. Yüksek yapıların kent merkezlerinde inşa edilmesinin bir nedeni olan kolay ve geniş ulaşım ağına sahip olma, trafiğin yarattığı gürültü nedeniyle yapıların konfor seviyesinin düşmesine de neden olmaktadır. Yapıların gürültü açısından tasarımını etkileyen parametreler; yapının yönlenmesi, gürültü kaynağına olan uzaklık, gürültü kaynağı ve çevresindeki diğer yapılara göre konumu ve formudur [101]. Bu parametreler doğrultusunda yüksek konutların tasarlanmasında yapı ve hacim akustiği açısından farklı önlemler alınmalıdır.

Ses yalıtımı sağlamak için yapı kabuğunun kütlesinin fazla olması gerekirken ses dalgalarını emmek içinse esnek olmalıdır. Yüksek yapılarda kullanılan giydirme cephelerin bu performansı artan yükseklikler karşısında elde etmesi zordur. Bu nedenle cephe sisteminde kullanılan camların standart camlardan farklı olması gerekmektedir. Normal tek camlı pencerelerle karşılaştırıldığında çok katmanlı pencere üniteleri daha yüksek ses yalıtım özelliğine sahiptir. Ancak bu değer ortalama olarak 32 dB üzerine çıkamamaktadır. Bu durumda pencerelerden gelecek gürültülere karşı yeterli yalıtımın sağlanması için cam kalınlıklarının veya iki cam arasındaki mesafenin arttırılması gerekir [102]. Tablo 3'de görüldüğü üzere, cam kalınlıklarındaki artışın, laminasyon ve çift cam kullanımlarının, gürültü kontrolünde sınırlı katkıları olurken, cam aralığının 20 cm ya da

daha fazla bir genişliğe ulaşması ses yalıtımında önemli gelişmelere yol açabilmektedir. Her iki camdan birinin kalınlığı diğerine nazaran %33 oranında arttırılması durumunda ise ses geçirgenliği bir miktar daha azalabilmektedir [102].

Tablo 3. Çeşitli camların gürültü yalıtım değerleri

Cam Türü	**Yalıtım Değeri**
12 mm tek cam	31 dB
10 mm tek cam	30 dB
6 mm tek cam	27 dB
(6+12+6) mm düzeninde oluşturulmuş çift cam	29 dB
(6+200+6) mm düzeninde yerleştirilmiş aralıklı cam	41 dB
6 mm laminasyonlu cam	29 dB

Çift camların da yeterli ısı ve ses yalıtımı sağlayamaması nedeniyle cephe sisteminde çift cidar uygulaması ile gürültü kontrolü sağlanmaya çalışılmaktadır. Çift cidarlı cephelerde dış ortam kaynaklı gürültüler, iki cidar arasındaki tampon bölge sayesinde, kullanılan cam türüne, katmanları ile kalınlıklarına ve geliştirilen detaylara bağlı olarak değişen düzeylerde büyük ölçüde yalıtılabilir. Böylece sistemin yapı kabuğuna ortalama 13 dB ek yalıtım katkısı bulunmaktadır [103]. Ses yalıtım mekanizması dış ortamdan gelen sesin önce dış camda daha sonra ise iç yüzey camlarda ve opak yüzeylerde ses geçişini azaltacak şekilde kurgulanmıştır. Kullanılan cam ünitelerinin de ayrı ayrı ses yalıtım değeri yüksek camlar olması bu geçişi daha da azaltmaktadır. Çift cidarlı cephede iç yüzeyde havalandırma ya da tampon bölgeye erişim için açılan her pencere ve kapı boşluğu yalıtım performansını ise düşürmektedir. Ayrıca iyi bir şekilde tasarlanmayan çift cidarlı cephelerde yapı içi kaynaklı gürültülerden dolayı akustik konfor olumsuz etkilenebilmektedir [89]. Burada çift cidar sistemin nasıl oluşturulduğu önem kazanmaktadır ve ideal akustik konfor için yapının dış yüzeyi boyunca kesintisiz devam etmeyen kutu ve şaft-kutu pencereler kullanılmalıdır [104].

Yüksek konutlarda iç ortamın hava kalitesini artırmak için kullanılan HVAC sistemler bir iç gürültü kaynağı olarak mekânın akustik konforu için dezavantaj oluşturabilmektedir. Ofis olarak kullanılan yüksek yapıların gürültü seviyesi eşik değeri konuta göre 15 dB daha fazla olması, bu sistemlerin konutlarda kullanılması durumunda

kullanıcı konforunun daha çok olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte yüksek yapılardaki taşıyıcı elemanlar hafiflerken kanal hava hızları artmış, makine odaları daha küçük planlanırken sistemlerin çalışma hızı da artmıştır. Bu durum mekanik ve HVAC sistemlerden kaynaklı olan gürültüyü çoğaltmıştır [105]. Sistemin kendisinin gürültü kaynağı olmasının yanında havalandırma kanallarının sürekliliği sebebiyle bir ortamdaki sesin başka bir ortama bu kanallar yoluyla iletimiyle iç ortamın akustik konforu olumsuz etkilenmektedir. Bu durumu önleminin yolu ise iklimlendirmenin mekanik olmaksızın mümkün olduğu kadar doğal havalandırmayla sağlanmasıdır. Eğer HVAC sistem kullanılıyorsa gürültülerin önüne geçmek için uygun yalıtımların sistem boyunca kesintisiz olarak yapılması gerekmektedir. Ayrıca bağımsız birimleri biraya getiren yüksek konut yapılarında iki konut arasındaki ortak duvarın da akustik konforu sağlamaya yönelik gürültü iletimini engelleyici ses yalıtımı tedbirleri alınarak tasarlanması ve inşa edilmesi de oldukça önemlidir.

3.1.4. Aydınlatma Kalitesi

Yapı sakinlerinin her türlü eylemini konforlu bir görüş alanı içinde, kolay ve verimli olarak yapmasına yardımcı olan günışığının doğru ve uygun şekilde kullanılmasıyla etkin bir doğal aydınlatma tasarlanabilmektedir. Kullanıcıların sadece iç ortamla kolay görsel bağ kurmanın yanında iç mekânın uygun ve yeterli günışığıyla aydınlatılması eylemlerini de etkin ve verimli şekilde herhangi bir görsel rahatsızlık ve yorgunluk hissi olmadan gerçekleştirmesini de sağlamadır [106].

Bir yapının görsel konforu o yapının ısıl konforu ve enerji tüketimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yapının iç ve dış ortam ile görsel bağ kurması için yeterli saydam yüzeyin yaz döneminde aşırı ısınmayı, kış döneminde ise gereksiz ısı kayıplarını önleyici ısıl konforu sağlaması gerekmektedir. Böylece mekânın aydınlatılması ve ısıtma-soğutma için harcanacak olan enerjiden tasarruf edilerek enerji verimliliği de sağlanmaktadır. Bu nedenle yapının saydam yüzeyleri tasarlanırken bu yüzeylerin opak yüzeylere göre oranına, kullanılan camların ısıl performanslarına, camların ışık iletimini belirleyen optik özelliklerine ve gerekli durumlarda güneş kontrol elemanlarının yönlenmesi ile boyutlarına dikkat edilmelidir.

İç ortamın aydınlatma konforu açısından sınır değerleri, IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) tarafından 2011 yılında yayınlanan "The Lighting Handbook 10th Edition" yayınına göre konut işleviyle kullanılan yapılar için minimum aydınlık düzeyleri Tablo 3.6'de verilmiştir [107]. Tasarım rehberinde yer alan sınır değerler sağlıklı bireyler olan 25-65 yaş arası yetişkin için öngörülmüştür. Konut mekânlarının aydınlatılmasında yaş, cinsiyet, sosyal statü, konut kullanım şekli gibi pek çok bireysel değişken de etkili olmaktadır [108].

Tablo 3.6. Konut aydınlatma konforu aydınlık düzeyi sınır değerleri [107]

Konut Mekânları	**İşlev**	**Aydınlık Düzeyi Sınır Değeri (lux)**
Banyo – WC	Genel	100
	Hazırlık (Ayna kullanımı)	300
Yatak Odası	Genel	100
Mutfak	Genel	200
	Hazırlık	500
Koridor ve Antre	Genel	100
Yaşam Alanı	Genel	100
Yemek Bölümü	Genel	100
Çalışma Bölümü	Dijital (PC kullanımı)	300
	Okuma – Yazma	500

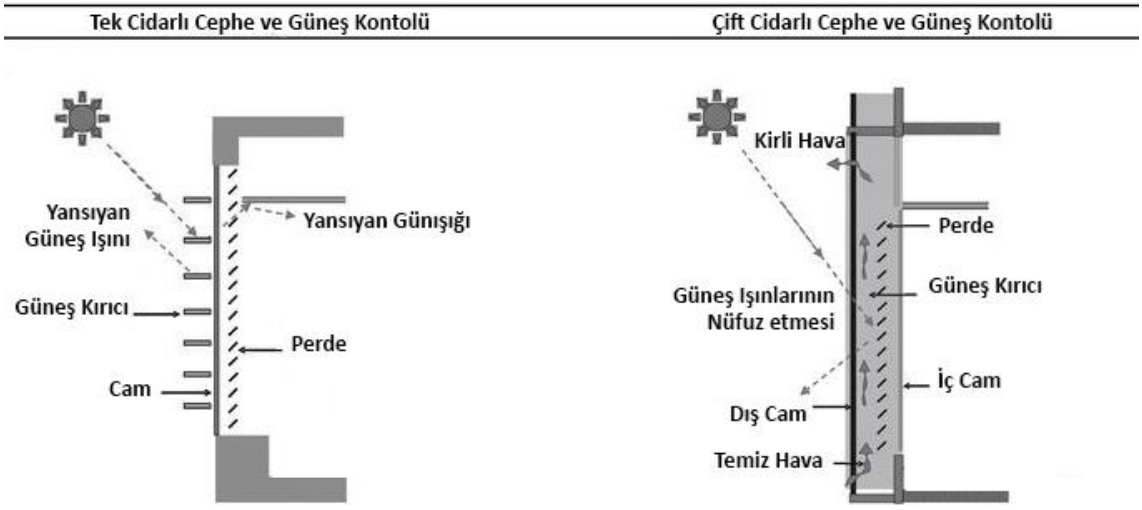
Yüksek yapılarda aydınlatma seviyesini ve kalitesini etkileyen faktörler; yapının yönlenmesi, plan formu, en/boy oranı, çekirdeğin konumu, cephe sistemi ve malzemesi, cephedeki saydam yüzey miktarı ve güneş kontrol elemanlarıdır.

Günümüzde yüksek yapıların yapı kabuğu, genellikle giydirme cephe sistemleriyle oluşturulmaktadır. Cephe, yapının bulunduğu çevre ve iç ortam konfor koşullarına bağlı olarak tek ya da çift cidarlı olabilmektedir. Cephe saydamlık oranı fazla yüksek yapılarda, cam yüzey alanındaki artış doğal aydınlatma imkânını arttırmaktadır. Mekân derinliğinde sağlanan artışla birlikte, günışığından maksimum derecede yararlanılarak yapay aydınlatma maliyetlerinin azaltılması da mümkün olmaktadır [109]. Tek ya da çift cidarlı cam giydirme cephe sistemlerinde kullanılan, çoğunlukla yatay ya da düşey olarak seçilen ve açıları otomasyona ve/veya kullanıcı kontrolüne bağlı olarak değiştirilebilen güneş kırıcı bileşenler sayesinde günışığı kontrollü olarak sağlanmaktadır (Şekil 3.6). Ayrıca, kamaşmanın önlenmesiyle iç ortamdaki görsel konfora katkı sağlanması da söz konusudur [109].



Şekil 3.6. Allianz Tower güneş kontrollü cam giydirme cephesi [110]

Yüksek yapılarda çift cidar cepheler, fazla olan saydamlık oranı sayesinde yapının görsel açıdan çevresiyle olan etkileşiminin artmasına olanak sağlamaktır. Bununla birlikte kamaşmayı önleyen ve gün ışığının kontrollü olarak iç ortama iletilmesini sağlayan günışığı perdeleme sistemlerinin, tampon bölge içerisinde konumlandırılması bu elemanların ek bir enerjiye ihtiyaç duymadan kullanıcı tercihine göre kontrol edilmesini de sağlayabilmektedir. Şekil 3.7'de tek ve çift cidarlı cephelerde güneş ışınlarının kontrolü ve kontrol elemanıyla birlikte cephe sisteminin ısıl konfora etkisi özetlenmiştir. Buna göre çift cidarlı cepheyle ortamın aydınlatma konforu ve güneşlenmeye bağlı olarak artan ısı kazancı da kontrol edilebilmektedir.

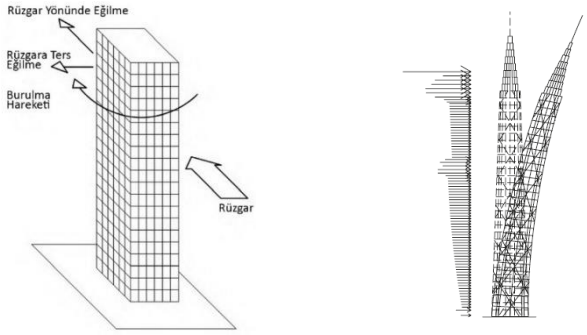


Şekil 3.7. Tek ve çift cidarlı cephelerde güneş kontrolü

Xue vd.'nin yüksek konutlarda yaptığı bir çalışmada kullanıcıların aydınlatma konforu ve davranışlarında günışığının etkisi araştırılmıştır. Buna göre; ışığın aynı seviyede algılanması, ısıl rahatsızlık, dış ortamla görsel bağın engellenmesi, yazın fazla güneşlenme zamanları, kışın ise beklenen güneşlenme zamanı ve yapı yönlenmesi günışığı memnuniyetini etkileyen faktörlerdir. Işığın aynı seviyede algılanması kullanıcıların psikolojik olarak gün ışığına karşı duygularını etkilerken, dış ortamla görsel bağın kesilmesi görsel konfor için en önemli faktördür [111].

3.1.5. Ortam Titreşimi Kalitesi

Yüksek yapılar için ortam titreşim kalitesini belirleyen en önemli faktör yapının bulunduğu çevredeki rüzgâr hareketleridir. Rüzgâr yükünün etkisinin az katlı yapılar için statik, çok katlı yüksek yapılar içinse dinamik özellikte olduğu görülmektedir. Bu nedenle artan her yükseklikte bu yapıların rüzgârdan etkilenmesi de artmaktadır. Bu durum bazen yapının iç ortamında titreşime, bazen de yapının yatay olarak hareket etmesine neden olmaktadır. Tüm bu etkiler kullanıcıların konfor koşullarını olumsuz etkilemektedir. Yüksek yapılarda ortam titreşim kalitesini belirleyen faktörler; yapının hâkim rüzgâr yönüne göre konumu, yüksekliği, kütlesi, rijitliği ve narinlik oranıdır[9] [112]. Rüzgâr şiddeti, yapı yüksekliği veya narinlik oranı arttıkça ya da yapı kütlesi veya rijitliğinin azalması yapının yanal yükler altında hareket etmesine neden olmaktadır (Şekil 3.8). Bu hareketler rüzgâr yönünde eğilme, rüzgâra ters yönde eğilme ya da burulma hareketi şeklinde gerçekleşebilir.



Şekil 3.8. Rüzgâr etkisi altında yüksek yapının gösterdiği hareket tepkisi [113]

[9] Yapı yüksekliğinin yapı kısa kenar genişliğine oranıdır.

Ortam titreşim kalitesi için yapılan araştırmalarda kullanıcıların psikolojileri önemli bir parametre olarak göz önüne alınmaktadır. Kullanıcı algı düzeyleri yapının ivmelenme değerlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Tablo 3.7) [114]. Yüksek yapıların ivmelenmelerine neden olan en temel etki rüzgârdır. Rüzgâr kaynaklı ivmelenmeler kabul edilebilir değerlerin üzerinde ise rüzgâr anında yapıyı kullanmak güvenli olmamakla birlikte mümkün de değildir. Yapının ters rüzgâr yönünde hareket etmesi, rüzgâr yönünde eğilim hareketi ve burulma hareketinden daha önemlidir [113]. Yüksek yapılarda yaşayan insanlar üzerinde yapılan araştırmalarda yapı sakinlerinde mide bulantısı ve fırtına boyunca yapıyı terk etme en çok görülen şikâyetlerdir. Bunun yanında fırtına süresince görsel ve işitsel olarak da konforsuz bir ortam oluşmaktadır. Rüzgârın şiddeti artıkça tuvaletlerdeki suyun taşması ve duvar gibi yapı elemanlarından gıcırtıların duyulması da mümkündür [113].

Tablo 3.7. Yapı ivmelenmesine bağlı olarak değişen kullanıcı algıları

SEVİYE	İVME (m/sn^2)	ETKİ
1	< 0,05	İnsanlar hareketi hissedemez.
2	0,05 – 0,10	• Hassas insanlar hareketi hisseder. • Asılı objeler yavaş şekilde hareket edebilir.
3	0,10-0,25	• İnsanların çoğu hareketi hissedebilir. • Hareket masada iş yapmayı etkileyebilir. • Uzun süreli maruz kalma hastalığa neden olabilir.
4	0,25-0,40	• Masada çalışma zor duruma ya da imkânsız hale gelir. • Yürümek mümkündür.
5	0,40-0,50	• İnsanlar güçlü bir şekilde hareketi algılar. • Normal yürümek zorlaşır. • Ayaktaki kişiler dengelerini kaybedebilir.
6	0,50-0,60	Çoğu insan harekete tahammül edemez ve normal yürüyemez.
7	0,60-0,70	İnsanlar yürüyemez ya da harekete tahammül edemez.
8	> 0,85	Nesneler düşmeye başlar ve insanlar yaralanabilir.

Yüksek yapıların farklı kullanımları için algılanabilir hızlanma limitleri de farklılık göstermektedir. Ayrıca zaman ilerledikçe aynı rüzgâr koşullarına karşı yapının göstermiş olduğu ivmelenme de artış göstermektedir. Buna göre fonksiyonlara bağlı

olarak yapıların zaman içerisindeki ivmelenme limit değerleri Tablo 3.8'de verilmiştir. Konutlar diğer işlevlere göre her tür kullanıcının ikamet ettiği alanlar olduğundan kabul edilebilir ortam titreşim sınır değerleri daha düşüktür.

Tablo 3.8. Yüksek yapılarda fonksiyonlara göre yapı ivmelenme limitleri [113]

Kullanım Türü	**Rüzgâr Dönemlerindeki İvmelenmeler**	
	1 Yıl İçinde	**10 Yıl İçinde**
Ofis	0,10-0,13 m/sn^2	0,20-0,25 m/sn^2
Otel	0,07-0,10 m/sn^2	0,15-0,20 m/sn^2
Konut	0,05-0,07 m/sn^2	0,12-0,15 m/sn^2

3.1.6. Koku Kalitesi

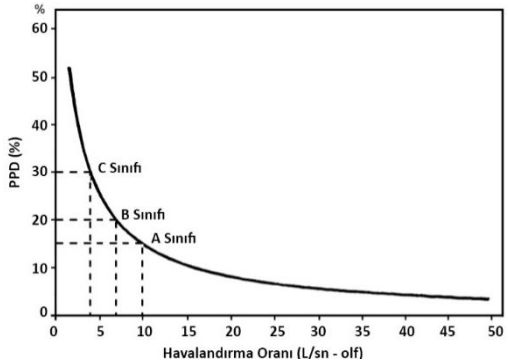
İç ortam kalitesinin altı bileşeninden biri olan kokunun, konut iç ortam konforunda yeri oldukça önemlidir. Pek çok kaynak ortam koku kalitesini iç hava kalitesi parametresi içerisinde değerlendirse de koku kalitesinin tek başına iç hava kalitesinden ayrıldığı noktalar da bulunmaktadır.

Koku; beş duyu organımızdan biri olan burnumuz tarafından hissedilen, genelde farklı miktarlarda havada çözülmüş olarak bulunan bazı moleküllerin verdiği histir. Kokuların hissedilmesi özneldir; kişilerin fiziksel, duygusal ve sosyo-kültürel yapısına göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca cinsiyet, yaş ve sağlık durumu gibi nedenlere bağlı olarak da bir insanın koku algısı değişebilir [115]. Bir ortamdaki kokunun algılanması zaman içerisinde giderek azalır ve iyi ya da kötü koku fark etmeksizin bu kokular çok güçlü olmadıkları sürece ortamdaki insanlar tarafından ayırt edilemez. Bu duruma "kokusal adaptasyon" veya "kokuya alışma" adı verilir. Bu adaptasyon ortamda bir saat ve üzerinde geçirilen zaman sonucu kazanılır. Eğer iç ortamda kirletici kaynaklı bir koku konforsuzluğu varsa ve bu durum fark edildiği anda müdahale edilmezse geliştirilen adaptasyonla birlikte uzun süre boyunca bu etkiye maruz kalan yapı sakinlerinin sağlıkları olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle koku kalitesi de iç hava kalitesi kadar önemli bir parametredir.

İç ortam koku kalitesini belirleyen faktörler; kimyasal kirleticiler, kirli dış ortam havası, toprak ve yapı kaynaklı emisyonlardır [116]. Kimyasal kirleticiler koku kalitesini

belirlemenin yanında kullanıcı sağlığı açısından da en tehlikeli etkenlerdir. Farklı kaynaklarda çeşitli kimyasal bileşenler bulunmaktadır. Bu bileşenlerden biri olan uçucu organik bileşikler (Volatile Organic Compounds- VOC), ofis ve ev ortamlarında bulunan yaygın kimyasal kirleticilerdir ve bir koku kaynağıdır. VOC'ler, kolayca havaya buharlaşabilen organik (karbon içeren) kimyasallardır. Özellikle evlerde kullanılan başta temizlik malzemeleri, boyalar, cilalar gibi birçok kimyasal madde ile duvar ve vinil zemin kaplamaları, halılar hatta evde yeni üretilmiş yeni kullanılacak eşyalar VOC'leri serbest bırakma potansiyeline sahiptir. Bunun yanında çoğu kimyasal kirletici madde yapı içerisinde kullanılan ürün ve malzemelerin dışında yapı içerisine dış ortamdan da girebilir. Kükürt, azot oksitleri ve ozon gibi genel hava kirleticileri, araç ve çevre yapı egzozları, yakın çevrede bulunan otopark ya da benzin istasyonu ve çöp bidonları dış ortamdan yapı iç ortamını etkileyen dış hava kirleticileridir. Ayrıca yapının konumu gereği içinde bulunduğu alanın toprak özelliğine bağlı olarak radon gazı emisyonu ile yapı içerisinde sigara içme, yemek pişirme vb. her türlü kullanıcı kaynaklı emisyonlar da iç ortam koku kalitesini olumsuz etkilemektedir. Tüm bu kimyasal kirletici kaynakları kontrol edilmiyorsa, yapının havalandırma sistemi doğru bir şekilde tasarlanmış ve iyi korunmuş olsa dahi, iç ortam kalitesi sorunları ortaya çıkabilir [116]. Bu nedenle yaşam alanlarında kimyasallara maruziyetin azaltılması, hem kullanıcı hem de çevre sağlığı için koruyucu bir eylem niteliğindedir.

İnsanların algıladıkları koku miktarı, aslında iç ortam koku kalitesinin doğrudan doğruya bir ölçüsüdür. Isıl konfor için PMV ve PDD memnuniyet indekslerini geliştiren Fanger, yapılardaki hava kirletici seviyeleri arasındaki farkı bulmak için kimyasal analizi duyusal analiz haline getiren bir ölçüm geliştirmiştir. Fanger, hava kirliliği kaynaklarını iyi bilinen bir kaynakla karşılaştırarak sayısallaştırmış ve bunun için "olf" birimini kullanmıştır. Bir olf, standart bir kişiden gelen hava kirleticilerinin (biyo-etkinlik) emisyon oranı olarak tanımlanmaktadır. 1 desipol ise içinde 1 olf koku üretilen bir odaya 10 L/sn taze hava verildiğinde insan burnunun algıladığı kokudur. Bu birimleri kullanmak için Fanger, insanların biyolojik etkileriyle kirlenmiş havadan memnun olmayan kişilerin yüzdesini açık hava havalandırma hızının bir fonksiyonu olarak ilişkilendiren bir eğri oluşturmuştur (Şekil 3.9). Şekil 3.9'da gösterilen bu eğri, Avrupa'da 1.000'den fazla koku kalitesi ölçümü için yapılan deneylere dayanmaktadır. Ayrıca Amerika ve Japonya'daki deneylerde Avrupa'dakine çok benzer sonuçlar vermektedir [80].



Şekil 3.9. PPD ve standart kişi başına havalandırma oranını (CEN 1998)

Yüksek yapılarda enerji maliyetini azaltmaya yönelik olarak düşük havalandırma oranlarının kullanılması, iç ortam koku kalitesini olumsuz etkilemektedir. Özellikle makine ve havalandırma mühendisliğinin planlamasına bağlı olarak değişen koku kalitesi, konut işleviyle kullanılan yüksek yapılarda en çok mutfak alanındaki aktivitelere bağlı olarak ortam konforu düşmektedir [117]. Mutfak alanlarının etkin olarak yeterli havalandırılma olanağına sahip olmaması ve bu mekânların yaşam alanıyla birlikte açık mekânlar olarak tasarlanması da koku kalitesini etkileyen diğer önemli faktörlerdir. Günümüzde yüksek yapılarda iç ortam koku kalitesini belirlemek, yapının tasarım aşamasında doğal ve mekanik havalandırma mekanizmalarında ayrı ayrı iç ortam hava hızı, hava akış doğrultusu ve taze hava giriş miktarı ile hacim ilişkisi bilgisayar ortamında BIM yazılımları yardımıyla CFD analizi yapılarak mümkün olmaktadır [117].

Yüksek konut yapılarında koku kalitesi açısından konforlu bir iç ortam elde etmek için yapının havalandırma sisteminin iç ortama yeterli taze havayı sağlarken iç ortamda kirlenen havanın da aynı oranda ve hızla yapıdan uzaklaştırması beklenmektedir. Bu bağlamda yapının HVAC sistemi tasarımı önem kazanırken yapının enerji tüketimine ek bir yük oluşturmayacak doğal havalandırma mekanizmalarının HVAC sistemlerle birlikte düşünülmesi gerekir. Böylece yapı enerji verimliliğinden ödün vermeden kullanıcılara sağlıklı bir iç ortam sunulmaktadır. Yine yüksek konutlar için yapının çift cidarlı cephe tasarımı, iç ortam koku kalitesinin iyileştirilmesini yapının enerji verimliliğine katkıda bulunarak sağlamaktadır. Bunun dışında konut işlevine bağlı olarak iç ortam için temel koku kaynağı olan mutfakların yaşam alanlarıyla doğrudan bağlantılı tasarlanmamasının koku kalitesini arttırıcı etkisi bulunmaktadır. İç ortamda kullanılan her türlü kaplama, temizlik malzemesi gibi içinde VOC barından kimyasal ürünlerin kullanımına dikkat edilmesi de yapı kullanıcılarının sağlığı için oldukça önemlidir [118].

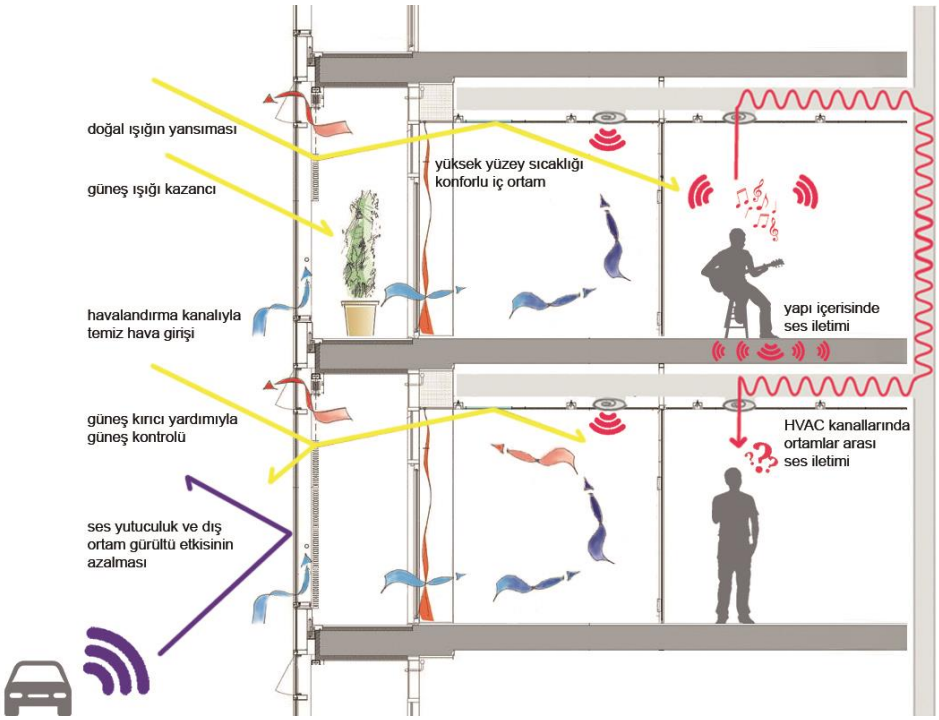
Yüksek konut yapılarında iç ortam kalitesine etki eden tüm parametreler üzerine yapılan araştırmalar değerlendirildiğinde yapının konum, tasarım, malzeme ve mekanik sistem özelliklerinin bu parametrelerle olan ilişkisi doğrudan, dolaylı etkili ve etkisiz olarak Tablo 3.9'da yer alan matrisle özetlenmiştir.

Tablo 3.9. Yüksek konut yapılarında iç ortam kalitesi parametrelerini etkileyen yapı özellikleri (konum, tasarım, malzeme ve mekanik) ilişkisi matrisi

Isıl Konfor Kalitesi	İç Hava Kalitesi	Akustik Kalite	Aydınlatma Kalitesi	Ortam Titreşimi Kalitesi	Koku Kalitesi	İÇ ORTAM KALİTESİ PARAMETRELERİ / YAPI ÖZELLİKLERİ	
●	⊘	○	●	○	○	Güneşlenmeye Göre Yapının Yönlenmesi	Konum
●	●	⊘	○	●	⊘	Hâkim Rüzgâra Göre Yapının Yönlenmesi	
○	●	○	○	○	●	Dış Ortam Hava Kirleticilerine Göre Konum	
○	○	●	○	○	○	Dış Ortam Gürültü Kaynağına Göre Konum	
●	⊘	⊘	●	●	⊘	Yapının Plan Şekli	Tasarım
●	⊘	○	●	●	⊘	Yapı En/Boy Oranı	
⊘	●	⊘	●	⊘	⊘	Yapı Derinliği	
●	●	●	●	⊘	⊘	Yapının Cephe Sistemi	
●	○	⊘	●	○	○	Cephe Saydamlık Oranı	
●	●	●	○	●	●	Açılır Pencereye Sahip Olma	
●	⊘	⊘	●	○	⊘	Güneş Kontrol Elemanına Sahip Olma	
●	⊘	●	○	○	⊘	Cephe Yalıtımı	Malzeme
●	○	●	●	○	○	Saydam Elemanların Özellikleri	
●	●	⊘	○	○	●	İklimlendirme (Isıtma ve Soğutma Sistemi)	Mekanik
⊘	●	●	○	⊘	●	Havalandırma (Doğal ve/veya Mekanik)	

●: Doğrudan Etkili ⊘: Dolaylı Ekili ○: Etkisiz

İç ortam kalitesini etkileyen tüm parametreler incelendiğinde yüksek bir konut yapısında ideal iç ortam kalitesini sağlamakta en etkili öğenin yapı kabuğu olduğu görülmüştür. Özellikle soğuk iklim bölgesindeki yüksek yapılarda konut konforunu elde edebilmek için yapı kabuğunun çift cidarlı olarak tasarlanması; kullanıcıların güvenliği, iç ortam kalitesini daha kolay elde etmek ve sürdürülebilirlik için daha avantajlıdır. Çünkü yapı kabuğunun çift cidarlı olarak tasarlanması; katmanlı yapısıyla ısıl konforun, doğal havalandırma olanağıyla temiz iç hava kalitesinin, ses yalıtımı özelliğiyle akustik konforun, güneş kontrol elemanlarıyla aydınlatma konforunun ve kontrollü havalandırmayla ideal ortam titreşim konforunun elde edilebilmesine yardımcı olmaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Çift cidarlı cephede iç ortam kalitesi parametreleri

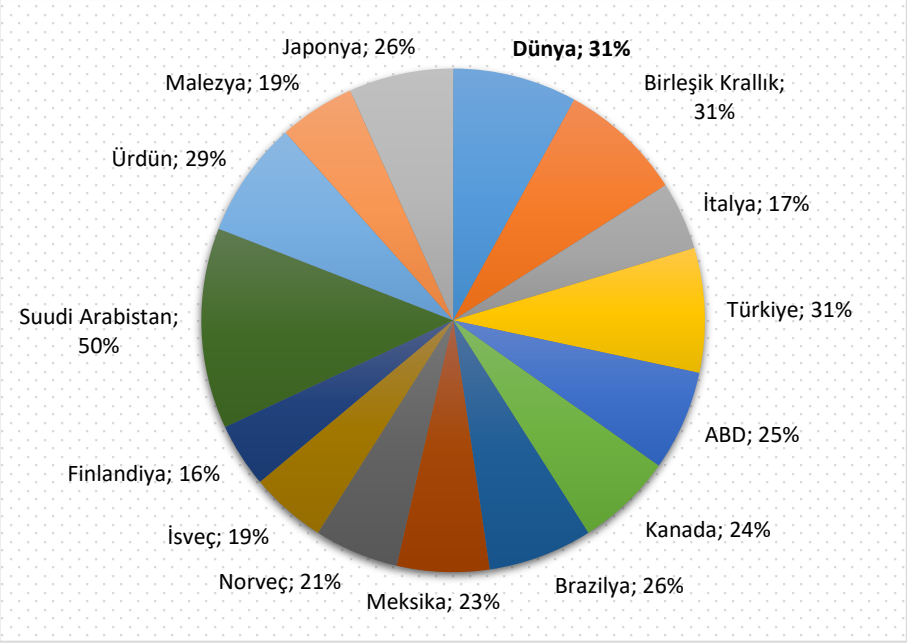
3.2. Yapılarda Enerji Tüketimi ve Kullanıcı Sağlığı

3.2.1. Yapılarda Enerji Verimliliğinin Önemi

Enerji, özellikle Sanayi Devrimi sonrasında bir toplumun hem ekonomik hem de sosyal açıdan kalkınması için önemli gerekliliklerdendir. Sahip olunan enerji kaynakları, potansiyeline göre yaşam standartlarının iyileştirilmesinde büyük bir öneme sahiptir.

Gelişen teknolojinin etkin bir şekilde kullanımı ve kullanıcıların istediği konfor koşullarını sağlamak için enerji gereklidir. Fakat kalkınmanın her açıdan sürdürülebilir olması için enerjinin sürekliliği ve kalitesi de oldukça önemlidir.

İnsanlar, zamanlarının %90'ından fazlasını ofis ya da ev gibi kapalı ortamlarda geçirmektedir. Yapılarda kullanılan enerji (konut ve ticari) bir ülkenin toplam enerji tüketiminin önemli bir yüzdesini oluşturur. Bu tüketim oranı, kentleşme seviyesine, kişi başına düşen yapı alanı miktarına, mevcut iklimin yanı sıra verimliliği artırmak için düzenlenen ulusal ve yerel politikalara da bağlıdır. Bu faktörlere bağlı olarak AB'de yapıların enerji tüketim oranı %40'tan fazla iken ABD'de %50'nin üzerinde, Brezilya'da %42 ve Filipinler'de ise %15-20 arasındadır [119]. Genel olarak dünya enerji tüketiminde tüm sektörlerin enerji tüketim değerleri incelendiğinde de yapıların daha fazla enerji harcadığı görülmektedir. Yapıların enerji tüketimi içerisinde harcanan enerjinin %85'i yapının ısıtma, soğutma ve sıcak su temini için olurken %15'i diğer araç ve gereçler tarafından harcanmaktadır [120]. Uluslararası boyutta özellikle konut sektörünün tüm enerji tüketimindeki payı %17 ile %50 arasında değişiklik göstermekte olup, dünya çapındaki ortalaması yaklaşık %31 oranındadır (Şekil 3.11) [18]. Artan nüfus ve yaşam standartlarıyla birlikte, gelecekte yaşanabilecek olası enerji sıkıntısı nedeniyle enerji verimliliği bugün önemli bir konu haline gelmiştir. Bu nedenle yapıların enerji taleplerini azaltıcı yönde düzenlemeler yapılmaktadır.

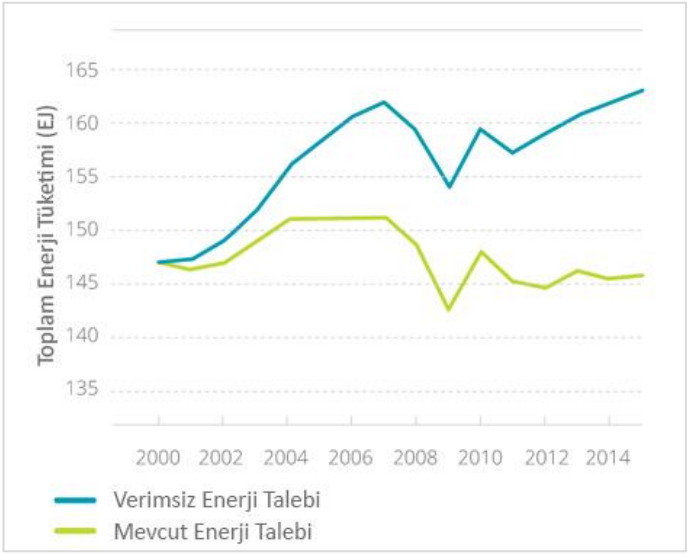


Şekil 3.11. Konut enerji tüketim oranlarının ülkelere göre değişimi [18]

Bir yapının enerji verimliliği, belirlenen iklim koşulları altında yapının metrekare alanına düşen enerji tüketiminin, o yapı türü için belirlenmiş enerji tüketimi ölçütlerine göre derecesini göstermektedir. Aslında enerji verimliliği, tüm ülkelerin sahip olduğu bir enerji kaynağı niteliğindedir. Bu kapsamda birçok ülkenin temel stratejileri, mevcut kaynakların ömrünü uzatmayı öngören politikalarla enerjiyi verimli kullanmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını desteklemektir. Günümüzde toplam enerji tüketiminde %40'lık paya sahip olan yapılar CO_2 emisyonunun ise %36'sını oluşturmaktadır [121]. Yapılarda çok farklı amaçlar için kullanılan enerji özellikle ısıtma ve soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sıcak su temini için harcanmaktadır. Buna ek olarak yapı içerisinde kullanılan cihazlar ve sistemlerin çalışması için de enerji gereklidir. Enerji tüketimi ve CO_2 emisyonlarını azaltmak için yapıların enerji verimliliğin en kısa sürede iyileştirilmesi sağlıklı ve sürdürülebilir bir dünya için gereklidir. Yapılarda enerji verimliliği sağlamanın temel prensibi ısıtma, soğutma ve aydınlatma içi harcanan enerjinin yapı kullanıcılarının konforunu olumsuz etkilemeyecek şekilde azaltmaktır. Çünkü yüksek performanslı yapılar sadece enerji maliyetini ve kaynakların tüketimini azaltan yapı değil yüksek seviyede iç ortam kalitesi sunan yapıdır [85]. Bu kapsamda enerji verimli yapıların yararları şu şekilde özetlenebilir:

- Azalan Kaynak Kullanımı: Yenilenebilir enerji kaynakları ile yapı enerji verimliliğini artırmak, yeni petrol arzı talebini ve yeni santral yatırımını önemli ölçüde azaltmaktadır.
- Azalan Yaşam Döngüsü Maliyeti: Yüksek düzeydeki yapı enerji verimliliği, bir yapıyı işletmek için gereken enerji ve yapı sakinlerinin maliyetleri de azalır.
- Çevresel Etkinin Azalması: Yapılar mono-nitrojen oksitler (NO_x), sülfür oksit (SO_x), karbondioksit (CO_2) ve partikül madde (PM) gibi birincil kirletici kaynakların üreticisi niteliğindedir. Enerji verimliliğindeki iyileştirmeyle fosil yakıtlara olan ihtiyaç ve buna bağlı sera gazı emisyonları da azalmaktadır.
- Daha Sağlıklı İç Ortam: Tasarruflu yapılar aynı zamanda içinde yaşayan ya da çalışan kişilere sağlıklı iç ortam sunan yapı anlamına gelmektedir.
- Yapı Sakini Üretkenliğinin Artması: İyileştirilmiş konfor koşulları kullanıcıların üretkenliklerini ve performanslarını arttırıcı etkide bulunur. Yapılan son çalışmalara göre insanlar; doğal aydınlatmalı, iyi kontrol edilen ortam sıcaklığı olan ve iç mekânın akılcı tasarlandığı yapılarda daha üretken olmaktadır [85].

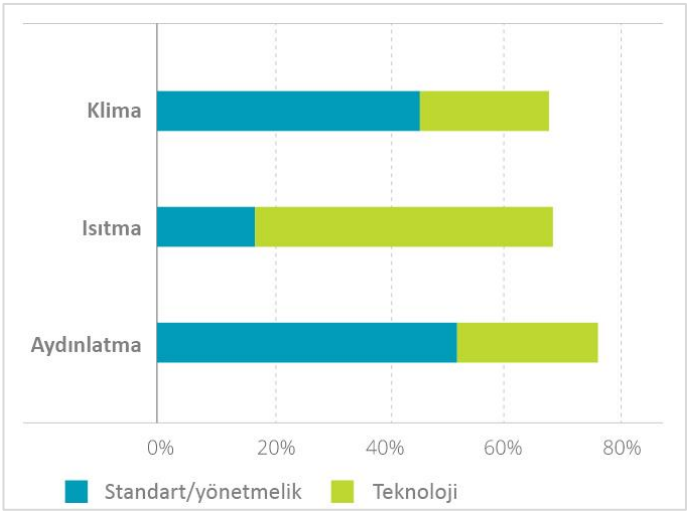
Güçlü enerji verimliliği politikaları; enerji faturalarını azaltmak, iklim değişikliği ve hava kirliliğini önlemek, enerji güvenliğini geliştirmek ve enerji erişimini artırmak gibi merkezi enerji politikası hedeflerine ulaşmak için hayati önem taşımaktadır. Bu durumun farkındalığıyla birlikte yapılan düzenlemeler ve gelişen çevre bilinci yardımıyla 2015 yılında küresel enerji yoğunluğu %1,8 artmıştır. Bu oran, 2003 ile 2013 arasında ortalama iyileşme oranının üç katından fazladır. Bu iyileşme, özellikle petrol fiyatlarının 2014 yılının ortalarından beri %60 oranında düşmesine rağmen gerçekleşebilmiştir [122]. Son 15 yılda ülke ekonomileri büyürken, nüfus ve araç kullanımı da artmıştır. Bu durum beraberinde yapı stokunun da artmasına neden olmuştur. Enerji tüketimine bağlı verimlilik düzeyleri iyileştirilmemiş olsaydı, IEA üye ülkelerindeki enerji talebi %12 artacak ve tüketim 2015'te 2007 değerinin dahi üzerinde olacaktı (Şekil 3.12). Bu dönemde IEA üyesi ülkelerde 2.000'nin üzerinde verimlilik iyileştirmeleri, 2015 yılında Japonya'ya bir yıl boyunca harcamaya yetecek kadar enerji tasarrufu sağlamıştır. [122].



Şekil 3.12. 2000-2015 yılları arasında IEA ülkelerindeki enerji tüketiminin değişimi

Yapılan düzenlemelere ve uygulanabilir teknolojilere göre yapıların enerji tasarrufu da değişiklik göstermektedir. Bazen enerji tüketimi doğrudan yasal düzenlemeye bağlı olarak azalabilirken bazen yasal düzenlemenin dışında kullanılan teknolojinin değiştirilmesiyle de yapılar daha enerji verimli hale gelebilir (Şekil 3.13). Örneğin alan soğutma için gerekli olan enerji tüketiminin %58'inde minimum verimlilik standartları yoktur. Ortalama standartların uygulanmasıyla enerji ihtiyacının %30 oranında azalması mümkündür. Yine eğer dünya genelinde en iyi ulusal aydınlatma

standartları küresel olarak kabul edilirse, aydınlatma için kullanılan enerjinin yarısından fazlası tasarruf edilebilir. Standartlarla enerji verimliliği sağlamanın yanında en gelişmiş teknolojilerin kullanılması da aynı etkiyi gösterebilmektedir. Mekânın ısıtılmasında ısı pompaları gibi mevcut en iyi teknolojilerin kullanımı da tasarruf sağlamaya yardımcı olmaktadır [122].



Şekil 3.13. Küresel enerji tüketiminde standart ve teknolojilerin enerji tasarrufu potansiyeli [122]

Yapıların ölçeği ile ona bağlı olarak değişen yapı kabuğu karakteri de yapıların enerji verimliliğini etkileyen en önemli faktördür. Avrupa'da yaklaşık 36 milyon hane, yüksek katlı konutlarda yaşamaktadır. Normal ölçekteki bir yapıdan çok daha fazla kişiyi barındıran bu yapıların aynı zamanda dış ortamla iç ortamı ayıran yüzey miktarı da fazladır. IEA'nın mevcut yüksek konut yapılarında yaptığı bir dizi araştırma sonucuna göre yüksek yapıların enerji tasarruflu tasarımıyla %28'lik enerji tüketimi ve maliyetinde azalma potansiyeli vardır. Bu potansiyelin elde edilmesi, Avrupa'nın toplam nihai enerji talebinin %1,5 azalması ve yıllık CO_2 emisyonlarında ise 35 Metreton (Mt)'luk bir tasarruf sağlaması anlamına gelmektedir [123].

Yüksek konut yapıları, konforlu termal ortam sağlamak için yüksek enerji tüketimine neden olan yapay araçlara daha fazla bağımlı hale gelmiştir [124]. Konut sektöründe enerji tüketimindeki artışın nedeni; kullanıcıların ısıl konforu sağlamaya yönelik sıcak iklim bölgelerinde klima kullanımları, soğuk iklim bölgelerinde ise ısıtma sistemi çalışma sıcaklıklarını yükseltmeleridir. Yüksek enerji tüketiminin nedeni yapı kabuğunun düşük ısıl performansa sahip olmasıdır [125]. Bu nedenle tasarım aşamasında

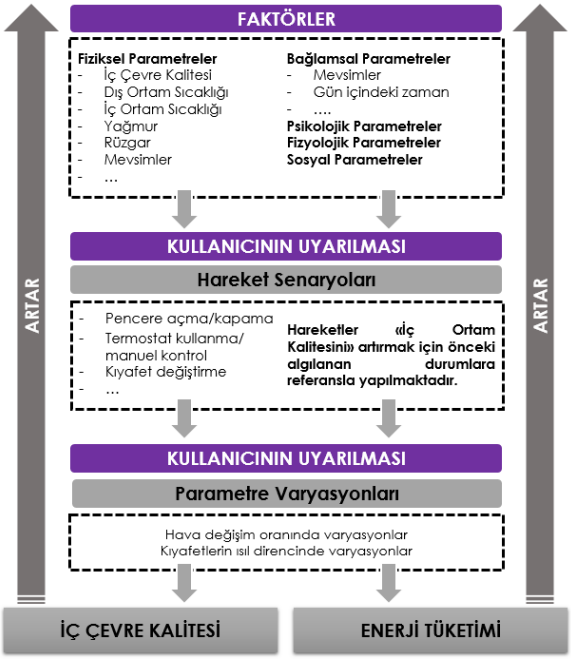
enerji ve güç talebini sınırlamak için yapının performans gereksinimlerine göre yapı kabuğunun yapısı ayarlanmalıdır. Konut işleviyle kullanılan yapıların daha uzun yaşam ömrü ve daha hassas kullanıcılara hizmet verdiği düşüncesiyle tasarımcının, yapı kabuğu performansından emin olması gerekir ve bu sebeple mimari, enerji ve yapısal tasarım arasında işbirliği gereklidir. Yapının ölçeğine ve işlevine yönelik her mekân için doğru enerji talebi hesaplamaları yapılmalıdır. Çünkü gereğinden büyük ısıtma ve soğutma sistemleri, kontrolleri daha zor hale getirir, yapı daha fazla enerji tüketir ve yapı için gereksiz bir ekstra yatırım maliyeti oluşturur. Tablo 3.10'da yapıların ısıtma enerjisi ihtiyacına bağlı olarak değişen CO_2 emisyonu miktarı ve bu tüketimlere neden olan yapı kabuğu özellikleri yer almaktadır. Yapı kabuğunun termal performansı ne kadar yüksek olursa yapının ısıtılması için gereken enerji miktarı ve CO_2 emisyonu da buna bağlı olarak azalmaktadır.

Tablo 3.10. Yapı kabuğu termal performansına göre değişen enerji verimliliği [126]

Isıtma Enerjisi İhtiyacı	**225-200 kWh/m²**	**175-150 kWh/m²**	**50 kWh/m²**	**15 kWh/m²**
Yapı Standardı	Ortalama Mevcut Yapı	WschVO 1995*	Düşük Enerjili Yapı	Pasif Yapı
	Isıl performansı düşük ve ısıtma maliyeti ekonomik olmayan yapılar	Isıl performansı düşük yapılar	Düşük enerji tüketimli yapılar	Enerji tüketimi çok düşük seviyelerdeki yapılar
Yapı Elemanları	Tipik U-değerleri ve yalıtım kalınlıkları			
Dış Duvar (25 cm)	1,30 W/m²K	0,40 W/m²K	0,20 W/m²K	0,13 W/m²K
Yalıtım Kalınlığı	0 cm	10 cm	16 cm	30 cm
Çatı	1,90 W/m²K	0,22 W/m²K	0,15 W/m²K	0,10 W/m²K
Yalıtım Kalınlığı	4 cm	22 cm	30 cm	40 cm
Zemin	1,00 W/m²K	0,40 W/m²K	0,25 W/m²K	0,15 W/m²K
Yalıtım Kalınlığı	0 cm	6 cm	10 cm	26 cm
Pencereler	5,10 W/m²K	2,80 W/m²K	1,10 W/m²K	0,80 W/m²K
CO_2 Emisyonu	60 kg/ m²	30 kg/ m²	10 kg/ m²	1,5 kg/ m²
Enerji Tüketimi (Petrol)	30-25 litre/m²	15-10 litre/m²	5-4 litre/m²	0,75 litre/m²

* Wärmeschutz Verordnung 1995; Alman Yapı Yönetmeliği

İç ortam kalitesi arttırılırken yapılarda enerji tasarrufunun da sağlanmasına dikkat edilmelidir. Yapılarda enerji tüketiminde kullanıcılar da etkin bir role sahiptir. Bu nedenle yapıların enerji verimli sistemlerle işletilmesinin dışında yapı içerisinde yaşayan insanların da bu bilinçle hareket etmesi oldukça önemlidir. Schweiker, yapı enerji tüketiminde kullanıcı davranışlarının etkisini; "insanların yapılı çevrenin fiziksel parametrelerini kontrol etmek için bilinçli ya da bilinçsiz hareketleri, onların algıladıkları çevreyle geçmiş deneyimlerinin karşılaştırmasına dayanır" şeklinde değerlendirmiştir [127]. Bu çerçevede iç ortam kalitesinde kullanıcıların fiziksel ortam koşulları, bağlamsal koşullar, kişilerin psikolojik ve fizyolojik durumları belirleyici rol oynamaktadır (Şekil 3.14) [94]. Bu nedenle kullanıcıların yapının iç ortam kalitesini arttırmak için yaptığı her harekette tüketilen enerji ve CO_2 emisyonu da artmaktadır.



Şekil 3.14. İç ortam kalitesi ve enerji tüketiminde kullanıcı etkisi akış diyagramı [94]

Yapılarda enerji verimliliğinin çevresel açıdan olumlu etkilerinin yanında ekonomik açıdan da önemi büyüktür. Azalan enerji tüketimi enerji maliyetlerinin de azalmasına ve yapı işletim maliyetinde düşüşe neden olmaktadır. Ayrıca IEA'nın 2016 verilerine göre yapı sektöründe enerji verimliliği sağlamaya yönelik yatırım miktarı 118 milyar $'dır. AB için tahminlere göre, 2012-2020 yılları arasında yapılan yatırım seviyesine bağlı olarak, maliyet tasarruflu yapı enerji yenilenmeleri, 134 milyar $ ile 225 milyar $ arasında daimi ekonomik yarar sağlanabilmektedir [128].

3.2.2. Enerji Verimliliğine Yönelik Yasal Düzenlemeler

İklim değişikliğini önlemek ve enerji verimli sürdürülebilir bir çevre için müzakereler, Birleşmiş Milletler (BM)'den Avrupa Birliği (AB)'ne, ulusal seviyeden yerel şehir seviyesine kadar her seviyede uzun bir süredir devam etmektedir. Bu kapsamda iklim değişikliği ile mücadele etmek için emisyonların azaltılması, düşük karbonlu teknolojilerin geliştirilmesi ve aktarılması ile uyumlu stratejiler geliştirilmektedir.

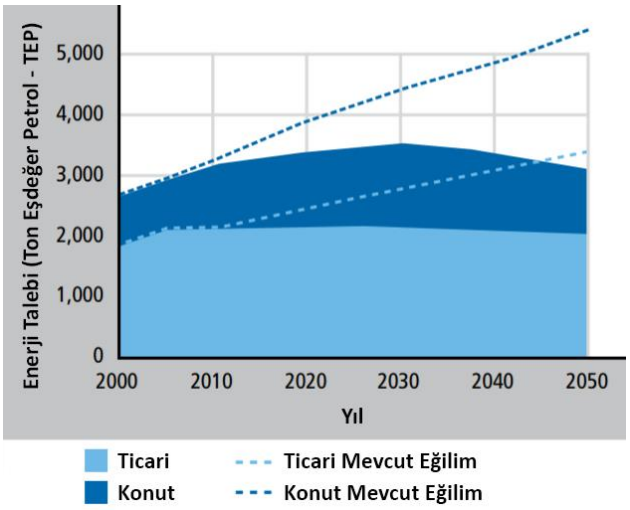
İklim değişikliğinin önüne geçmek ve enerji verimliliği sağlamaya yönelik ilk adımlardan biri Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC)'dir. Sözleşme, 1992 yılında hükümetler arası imzalanan, iklim değişikliğine yönelik atmosferdeki sera gazı emisyonlarını düşürmeyi ve bu gazların olumsuz etkilerini en aza indirerek belli bir seviyede tutmayı hedefleyen küresel ısınmaya yönelik BM'in öncülük ettiği ilk çevre sözleşmedir. İyi niyet göstergesi olarak ülkelerin birlikte düzenlediği bu sözleşmenin yaptırım gücü zayıftır. Daha sonrasında 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolü ise daha somut adımlara ve hedeflere sahiptir. Protokol, emisyon azalmaları için bir dizi taahhüt ve yasal olarak bağlayıcı nicel hedefler içermektedir. Genel amaç, protokolde yer alan ülkelerin 2008-2012 yılları arasındaki toplam sera gazı emisyonlarını 1990 yılındaki emisyon düzeyinin %5 altına düşürmektir [129].

İklim Değişikliği Hükümetlerarası Paneli (The Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), enerji verimliliği üzerine stratejik tartışmaların bilimsel temelini oluşturmaktadır. Bilim adamları halen bu hedefi karşılamak için gereken CO_2 miktarının sınır değerini kesinleştirebilmiş değildir. IPPC paneli tarafından belirlenen mevcut hedef, küresel ısınmayı ortalama küresel sıcaklıkların 2 ºC artmasıyla sınırlamaktır. Bu senaryoda, bu yüzyılın sonunda kuzey kutbundaki ısınmanın hala yaklaşık 5 ºC olması beklenmektedir [129].

Temmuz 2009'daki G8 toplantısında, dünyanın en büyük ekonomileri, ABD dâhil olmak üzere ilk kez dünya sıcaklığının 2 ºC aşmaması gerektiği konusunda anlaşmıştır. G8 liderleri 2050'ye kadar sera gazı emisyonunu %80 azaltma konusunda fikir birliğine varmıştır. Bu değerlerin ancak, enerji tüketim ve üretimi konusundaki alışkanlıklarımızdaki hızlı ve titiz bir değişimle başarılabilmesi mümkündür [129].

2012 yılından sonra Kyoto Protokolü'nü takiben sürdürülen BM müzakerelerinin bir sonucu olarak, Avrupa Parlamentosu Nisan 2009'da resmi olarak "20/20/20 Sözleşmesi" adı verilen "İklim ve Enerji" paketini onaylamıştır. Bu sözleşmeye göre 2020'ye kadar enerji talebinde %20 azalma ve %20 yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hedeflenmektedir. Eğer uluslararası anlaşma sağlanabiliyorsa enerji tüketimindeki azalma hedefinin %20'den %30'a yükseltilmesi de düşünülmektedir [129].

Avrupa, sera gazı emisyonlarını azaltmak için zorluklarla karşılaşmaktadır. Avrupa enerjisinin %40'tan fazlası yapılarda tüketilmektedir. Bu oranın %60'ından fazlasını ısıtma ve soğutma için harcayan yapı sektörü, enerji verimliliği zorluğunu gidermek ve iklim değişikliğiyle maliyet etkin bir şekilde baş etmek için büyük katkıda bulunabilecek en önemli sektördür [129]. Eğer yapı sektöründe hiçbir önlem alınmaz ve her zamanki tüketim eğilimi devam ederse 2050 yılına kadar inşaat sektörünün enerji talebi mevcut durumun neredeyse iki katına çıkacaktır (Şekil 3.15). Fakat 2030 yılına kadar bu talebin azalan bir artış eğilimi göstermesi ve bundan sonraki süreçte düşük enerjili yapıların üretimiyle talebin giderek azalması hedeflenmektedir.



Şekil 3.15. Yapı enerji talebinin değişimi [129]

1992 yılındaki UNFCCC'den sonra AB üyesi ülkeler 1993 yılında "Directive 93/73/CEE" adında bir sertifika sistemiyle yapı sektöründe enerji verimliliğini arttırmak için enerji tüketimini ve CO_2 emisyonuna düzenlemeler getirmiştir. Avrupa Konseyi Direktifi ile CO_2 emisyonlarına sınırlamalar getiren bir sertifika sistemi oluşturulmuştur. Fakat bu düzenlemenin zorunlu olmaması nedeniyle üye ülkeler arasındaki etkisi düşük olmuştur. Bundan 10 yıl sonra 2002 yılında "Energy Performance Building Directive

2002/91/EC" adında yapıların enerji performansına yönelik düzenleme yapılmıştır. Daha sonra bu gelişmeyi AB seviyesinde ele almanın en önemli aracı haline gelen Binalarda Enerji Performansı Yönergesi (Energy Performance Building Directive - EPBD)'nin 2006 yılında, üye ülkelerin amaçlarını ulusal mevzuatlarına 2009'da dâhil etmeleri yönünde kabul edilmesi takip etmiştir. Bu yönergede, Avrupa çapında yapı standartlarının enerji tüketimini en aza indirmeye büyük önem verilmektedir [85]. EPBD, AB'nin Kyoto Protokolü taahhütlerini yerine getirme stratejisinin hayati bir parçasıdır. EPBD'nin ana bileşenleri şunlardır [85]:

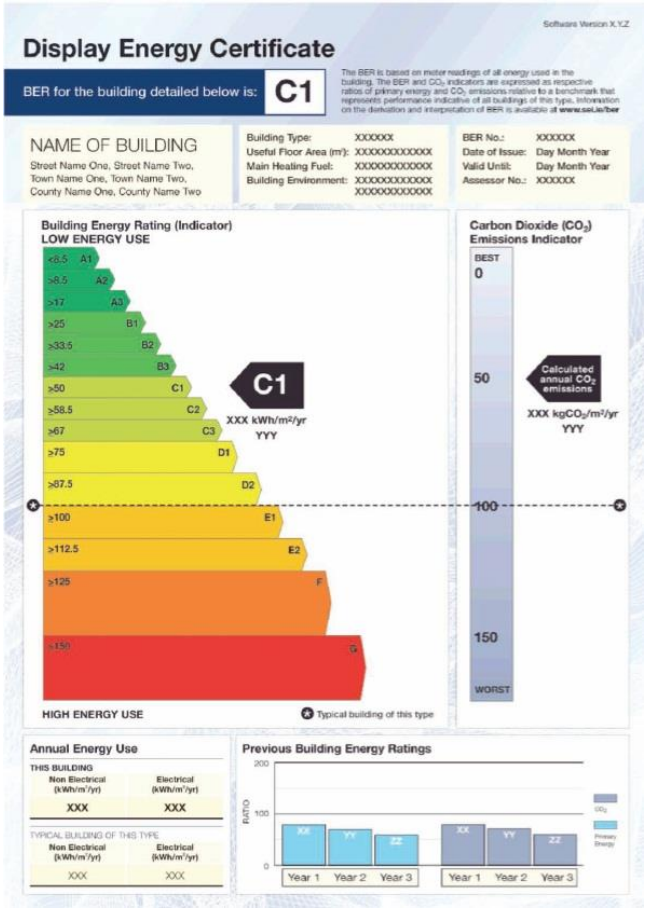
- Enerji performanslı yapılar için ortak bir hesaplama yöntemi geliştirme
- Üye ülkelerde, 1000 m^2'den fazla büyüklükteki yeni yapıların inşası veya mevcut yapıların yenilemeleri minimum enerji performansı standartlarına uygun olması gereklidir. Araştırmalara göre, düzenlemeye uygun olarak inşa edilen yeni yapılar ve yenilenen yapılarla birlikte 2010 yılına kadar günümüz enerji tüketiminin beşte biri oranında enerji tasarrufu yapmak mümkündür.
- Yapıların enerji tüketimini gösteren sertifika sistemi
- Isıtma ve klima sistemlerinin düzenli denetimi
- Enerji verimliliğine teşvik etmek için kamu yapılarında düzenlemeler yapılması

Bu ilk EPBD uygulanmasından sonra hedeflerin sadece %10'una ulaşılması, bu direktifin iyileştirmesini gerektirmiştir. Bu iyileştirme için bir diğer itici güç ise iklim değişikliğine karşı uluslararası baskının artmasıdır. Bu sebeple Kasım 2009'da EPBD revizyon yapılmıştır. Yapılan en önemli değişiklikler şunlardır [129]:

- 1000 m^2'lik yapı taban alanı sınırlaması kaldırılarak EPBD tüm yapılar için geçerli hale getirilmiştir.
- Enerji verimliliği önlemleri ile maliyetin optimum seviyede gerçekleşmesine yardımcı olacak bir referans hesaplama yöntemi geliştirilmiştir.
- 2015 ve 2020 yılları için somut hedefler dâhilinde yapıların sıfır enerjili ya da sıfıra yakın enerji tüketim değerlerine sahip olacak şekilde planlanacaktır.
- Kamu yapılarında yapılan iyileştirmelerle örnek olmaya çalışılacaktır.

EPBD'nin güncellenen bu halinin enerji verimliliğine yönelik yıllık 3,9 milyar € sermaye yatırım maliyetine yol açması beklenmektedir. Bununla birlikte, yapıların yıllık enerji maliyetlerindeki tasarrufun 2015 yılına kadar yılda 7,5 milyar € olacağı da tahmin edilmektedir. EPDB bu haliyle enerji verimliliğini arttırmak için yapılmış ve AB

dışındaki ülkeler için de yol gösterici yasal bir düzenlemedir [129]. Bu düzenleme dâhilinde yapılan değerlendirme sonucu yapıların yıllık enerji tüketim miktarına ve CO_2 emisyonu değerine göre yapılar sınıflandırılmaktadır. Yapıların ölçeklerine göre sınır değerler değişiklik göstermektedir. Yüksek yapılar gibi büyük ölçekli yapılar için yapı enerji tüketiminin yıllık 260 kWh/m^2/yıl'dan düşük ve CO_2 emisyon miktarının ise 100 kgCO_2/m^2/yıl'dan az olması gereklidir (Şekil 3.16) [130].



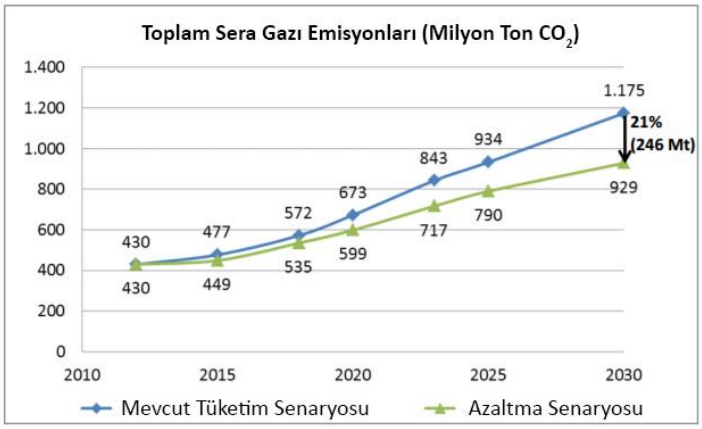
Şekil 3.16. Büyük ölçekli yapılar için EPBD sertifikası örneği [130]

Çevreci yaklaşımların arttığı 21. yüzyılda ülkelerin enerji verimliliği konusunda aldıkları önlemler ve bu konuya verdikleri önem ağırlıkları da değişiklik göstermektedir. Bu kapsamda ülkelerin enerji tüketimine bağlı CO_2 emisyonlarını azaltmaya yönelik olarak yaptıkları en fazla yasal düzenleme AB tarafından oluşturulmuştur. 2009 yılında çıkarılan "Climate and Energy Package" ve 2014 yılında 2030 İklim ve Enerji Politikaları Çerçevesi'nde oluşturulan 24 yasal düzenleme bulunmaktadır. Yüksek yapıların sayıca fazla olduğu Asya ülkelerinin başında gelen Çin, Malezya ve Japonya gibi ülkelerdeki

emisyon azaltmaya yönelik çalışmalar ise sırasıyla 2014 yılı itibariyle 6, 2010 yılı itibariyle 6 ve 1998 yılı itibariyle 9 yasal düzenleme şeklindedir. Fakat yüksek yapıların en yoğun olduğu ABD ile geniş enerji kaynakları rezervleri ve yüksek yapı üretimiyle öncü ülke niteliğindeki Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) CO_2 emisyonunu azaltmaya yönelik yasal bir düzenlemeye sahip değildir. Türkiye ise 2011 yılında hazırladığı "İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023" dâhilinde 6 yasayla çevre etkisini azaltmaya çalışmaktadır [131].

Ülkelerin bu çerçevede yapmış oldukları yasal düzenlemelerin belirlenen hedeflere ulaşmasında en etkili faktör bunların zorunlu olmasına bağlıdır. Fakat dünya genelinde enerji verimliliği üzerine yapılan düzenlemelerden 2000 yılında sadece %11'i zorunlu iken bu oran 2015 yılında artarak %30'u zorunlu hale gelmiştir [122].

Türkiye, çok çeşitli politika ve kurumlara sahip olsa da, iklim değişikliğine değinmekte sınırlı ilerleme göstermektedir. Türkiye'nin çevreci bilinçle sera gazı emisyonlarını azaltma çabası son dönemde yapılan adımlarla gelişmeye başlamıştır. Gerek UNFCCC gerekse Kyoto Protokolü'nü imzalamadaki 12 yıllık gecikmeden sonra, EK-1[10] ülkeleri arasında 1990 ve 2013 döneminde %110,4'lük artışla Türkiye sera gazı emisyonlarında en yüksek artış oranına sahiptir [132]. Yine de mevcut yeni iklim rejimiyle ülkenin emisyondaki azaltma hedefleri hem gerçekçi projeksiyonlarda hem de 2020 sonrası dönemde beklentilerin altında kalmıştır (Şekil 3.17) [132].



Şekil 3.17. Türkiye 2020 - 2030 dönemi sera gazı emisyonu mevcut durum ve azaltma projeksiyonları [133]

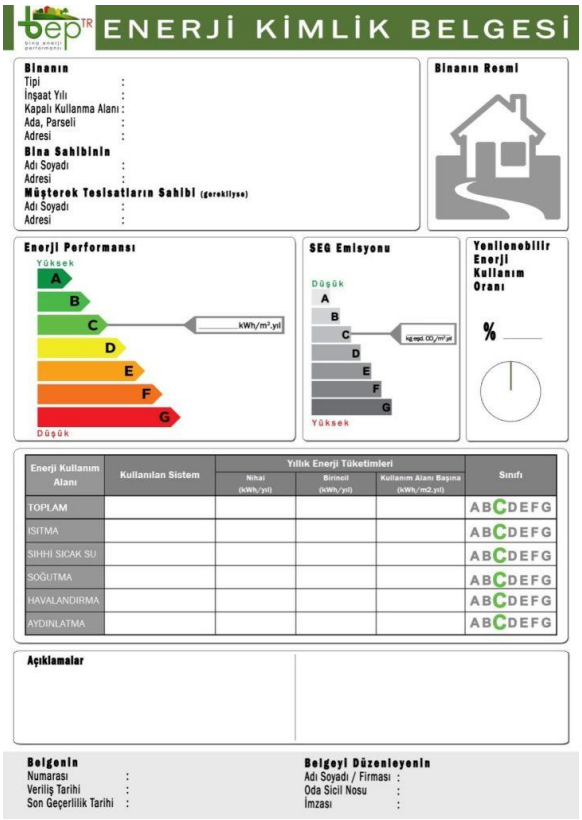
[10] EK-1 Ülkeleri: Almanya, ABD, Avustralya, Avusturya, Belarus, Belçika, Beyaz Rusya, Bulgaristan, Çekoslovakya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, İngiltere ve Kuzey İrlanda, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya Federasyonu, Türkiye, Ukrayna, Yeni Zelanda, Yunanistan

Türkiye, iklim değişikliği ile mücadele konusundaki ulusal koşullara ve yeteneklerine uygun kolektif çabalara katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu perspektifle sırasıyla 2010 ve 2011 yıllarında İklim Değişikliği Ulusal Strateji (National Strategy on Climate Change) ve Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (National Climate Change Action Plan) benimsemiştir. 2012 yılı itibariyle Türkiye'nin CO_2 emisyonu 440 milyon tondur. Fakat aynı yılın kişi başına sera gazı emisyonu CO_2 eşdeğeri 5,9 ton olup, AB ve OECD ortalamasından çok daha düşüktür. Son 30 yıldır hızlı sanayileşme ve kentleşme içerisinde olan Türkiye endüstriyel devrimden bu yana ortaya çıkan küresel emisyonların sadece %0,7'sinden sorumludur. Türkiye, 2021'den 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını olağan seyir olan referans senaryodan %21 daha az artırmayı hedeflediğini belirtmiştir [134]. Fakat Türkiye, iklim değişikliğiyle ilgili geçmişteki ve şimdiki eylemlerin Paris Sözleşmesinin temel gerekliliklerileriyle büyük oranda tutarsız olduğu ülkeler arasındadır. COP21[11] dâhilinde yapılan değerlendirmelere göre de Türkiye hala iklim değişikliği hakkında genel çerçeve mevzuat veya yönetmeliklere tam anlamıyla sahip değildir. Bu nedenle Türkiye 2020 hedeflerinin gerisinde bir konumdadır [135]. Ulusal olarak belirlenen katkı için uygulanacak planlar ve politikalar enerji, sanayi, ulaşım, yapılar, tarım, geri dönüşüm ve tarım alanları için farklı yaklaşımlar içermektedir. Türkiye'nin enerji tüketimindeki payı %35 olan yapı sektöründe enerji verimliliğini arttırmaya yönelik yapılan planlamalar ise şu şekildedir :

- Enerji verimliliği açısından yeni inşa edilecek olan konut ve ticari yapıların "Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği"ne uygun olması
- Yeni ve mevcut yapılar için enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarını kontrol etmek ve metrekare başına enerji tüketimini azaltmaya yönelik "Enerji Performansı Sertifikaları" oluşturmak
- Tasarım, teknolojik donanım, yapı malzemeleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden kanalların geliştirilmesi (krediler, vergi indirimi vb.) yoluyla yeni ve mevcut yapılarda birincil enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılması
- Enerji talebini en aza indirgemek ve yerel enerji üretimini sağlamak için yeşil bina, pasif enerjili ev, sıfır enerjili ev tasarımlarının yaygınlaştırılması

[11] Conference of the Parties: 190'dan fazla ülkenin yer aldığı küresel sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliği tehdidini önleme amacıyla Paris'te gerçekleştirilen iklim zirvesidir.

Bu çerçevede AB'nin 2002/91/EC sayılı "Binalarda Enerji Performansı Direktifi" temel alınarak hazırlanan "Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği" ile yapıların birincil enerji ve CO_2 emisyonu açısından sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması, çevrenin korunmasının düzenlenmesi hedeflenmektedir. Yönetmeliğe göre düzenlenmiş olan Enerji Kimlik Belgesi (EKB) yapının işlevini, metrekaresini, ısıtma sistemini, buna bağlı olarak tüketilen enerji ve CO_2 emisyonu değerlerini içermektedir (Şekil 3.18). Uluslararası sertifikalardan farklı olarak yapı enerji tüketimi referans yapı üzerinden belirlenen değere göre kWh/m^2 birimi üzerinden hesaplanmaktadır. Buna göre A'dan G'ye kadar giden enerji sınıfı ayrımında yapıların en az "C" sınıfı enerji tüketim değerine sahip olması gerekmektedir.



Şekil 3.18. Türkiye enerji kimlik belgesi örneği

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Nisan 2012 verilerine göre bu döneme kadar EKB alan yeni yapı sayısı 15.234'tür. Bu yapıların %88'ini ağırlıklı olarak konut işleviyle kullanılan apartmanlar oluşturmaktadır. EKB'ye sahip yüksek yapı sayısı 97 olup %1'lik dilimin bile altında bir değerdir. Yapıların %76'sı "C" sınıfı iken %22'si ise "B" sınıfı enerji tüketim değerlerine sahiptir [136].

3.2.3. Yüksek Konut Yapılarının Enerji Performansı

Yüksek yapılar diğer yapılara oranla büyük miktarda enerji tüketen yapılardır. Ölçekleri ve tasarlanma amaçları gereği bulundukları çevrede baskın bir etkisi vardır. 21. yüzyılda gelişen ve değişen çevre bilinci ile bu yapılar daha fazla sürdürülebilir olmaya odaklanmalıdır. Çünkü yüksek yapılar; yüksek işletme enerji ihtiyacı, yapay aydınlatma ve iklimlendirme gerekliliği, yüksek gömülü enerji ve artan bakım maliyetleri sebebiyle günümüzde anti-çevreci yapılar olarak değerlendirilmektedir [137]. Yüksek yapıların ölçeğine bağlı olarak üretiminde harcanan malzeme ve enerjinin fazla olması, bu yapıların, kaynakları korumak ve geri dönüştürmek için de büyük bir potansiyele sahip olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca yüksek katlı yapı tasarımının karmaşık oluşu ve daha fazla deneyim gerektirmesi gibi birçok nedenden ötürü, gökdelenlerin sürdürülebilir tasarımı ele alınması gereken önemli bir konudur [138].

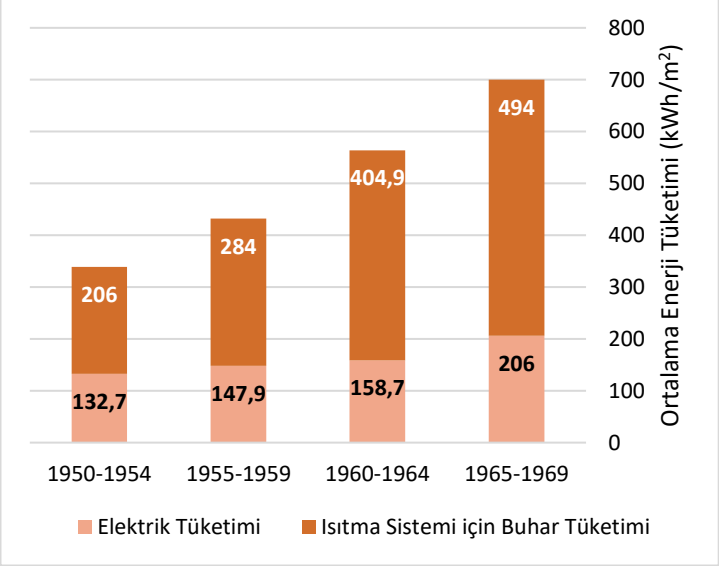
19. yüzyılın sonlarında ilk ortaya çıkan yüksek yapılar, günümüze kadar geçen sürede her teknolojik gelişmeyi tasarımlarına entegre etmiş her zaman yeniliğe açık ve yeniliklere yön veren yapı tipi olmuştur. Bu nedenle üretildikleri ilk dönemden günümüze yüksek yapıların tasarım, malzeme, teknoloji ve işletme aşamalarında meydana gelen değişiklikleri onların enerji tüketimlerine yansımıştır. Sürekli değişim ve gelişim içeresinde olması nedeniyle yüksek yapıların enerji tüketimlerindeki farklılaşmaya bağlı olarak 5 farklı jenerasyona ayrılarak değerlendirilmektedir (bkz. Tablo 2.2 sf. 23).

Tüm bu süreçler belli kırılma noktaları yaratarak yüksek yapılarda yeni gelişmelere sebep olmuş ve sonrasında bu yapıların enerji tüketimleri bir önceki jenerasyona göre bazen azalış gösterirken bazen de artışa neden olmuştur. Son iki dönem olan 4'üncü ve 5'inci jenerasyona ait yüksek yapılar birbirine paralel olarak günümüzde üretimi devam eden yüksek yapıları içermektedir. Bunun dışında bugün ilk üç enerji jenerasyonu özelliklerine sahip yüksek yapı üretimi yapılmamaktadır. Tablo 3.11'de her jenerasyon döneminde yüksek yapıların değişen enerji performansı özelliklerine, iç mekan hacimlerine, kullanılan cam malzemenin termal özelliklerine, yapının saydamlık oranındaki değişime ve mekanik sistemlerin gelişimine göre sınıflandırılarak özetlenmiştir [139].

Tablo 3.11. Yüksek yapıların enerji jenerasyonlarına göre değişimi [139]

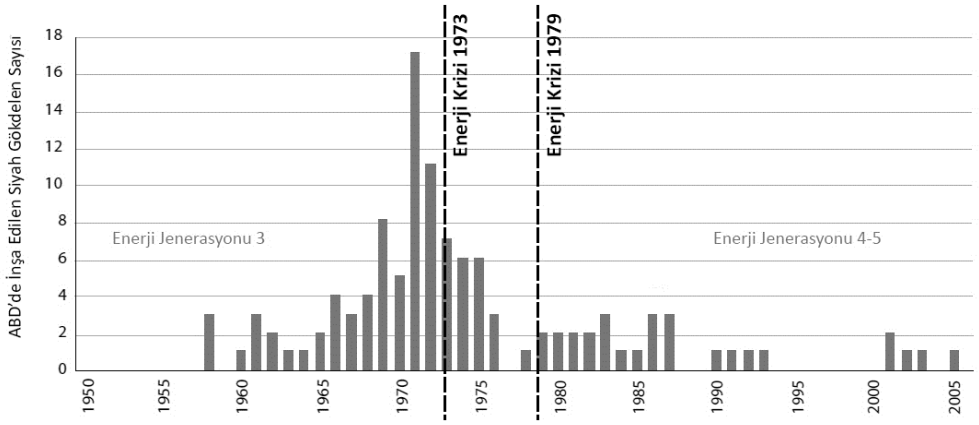
ENERJİ JENERASYONLARI	1. Enerji Jenerasyonu	2. Enerji Jenerasyonu	3. Enerji Jenerasyonu	4. Enerji Jenerasyonu	5. Enerji Jenerasyonu
	Yüksek Yapıların 1885 Yılında İlk Ortaya Çıkışı - 1916 New York Kent Bölgeleme Yasası	1916 New York Kent Bölgeleme Yasası – 1951 Yılında Cam Giydirme Cephelerin Geliştirilmesi	1951 Yılında Cam Giydirme Cephelerin Geliştirilmesi – 1973 Enerji Krizi	1973 Enerji Krizi - Günümüz	1997 Çevresel Bilincin Artması - Günümüz
Enerji Performansı Özellikleri	Kompakt şekil (geniş hacim – küçük cephe alanı) Yüksek seviyede cephe ısıl kütlesi Modern yüksek yapılara göre düşük cephe saydamlık oranı Doğal ışık geçirimli Isıtma sistemi ve asansörler ana enerji tüketiciler	Silindir şekil (küçük hacim – geniş cephe alanları) Yüksek seviyede cephe ısıl kütlesi Modern yüksek yapılara göre düşük cephe saydamlık oranı Yüksek seviyede yapay aydınlatma Klima sisteminin kullanılması en yaygın uygulama	Kompakt şekil (geniş hacim – küçük cephe alanı) Düşük performanslı tek camlı giydirme cephe sistemleri Yüksek oranda renkli camlı saydam yüzeyler Tamamen mekanik iklimlendirme ve floresan aydınlatma Fazla sayıda “Siyah Gökdelenler”	Kompakt şekil (geniş hacim – küçük cephe alanı) İyi performanslı çift camlı giydirme cephe sistemleri Yüksek oranda iyi güneşlenmeli saydam yüzeyler Tamamen mekanik iklimlendirme	Silindir şekil (küçük hacim – geniş cephe alanları) İyi performanslı çift ya da 3 katmanlı cam giydirme cephe sistemleri Yüksek oranda iyi güneşlenmeli saydam yüzeyler Doğal havalandırma sistemli yapılar Enerji üreten yapı tasarımları
Taban Alanı Hacim Oranı (m^2/m^3)	0.087 – 0.122 Ortalama 0.107	0.130 – 0.189 Otalama 0.152	0.088 – 0.164 Ortalama 0.111	0.077 – 0.112 Ortalama 0.088	0.096 – 0.221 Ortalama 0.146
Tipik Cephe U-Değeri (W/m^2K)	Ortalama 2.0 – 3.0	Ortalama 2.6 – 3.0	Ortalama 3.3 – 4.5	Ortalama 1.5 – 2.0	Ortalama 0.9 – 1.5
Cephe Saydamlık Oranı	%20 - %40	%20 - %40	%50 - %75	%50 - %85	%50-%75
Havalandırma Mekanizması	Doğal havalandırmalı açıklıklar. **Daha sonra tamamen mekanik sistem yenilemesi*	Doğal havalandırmalı açıklıklar. **Daha sonra tamamen mekanik sistem yenilemesi*	Hava geçirmez tamamen mekanik iklimlendirme	Hava geçirmez tamamen mekanik iklimlendirme	Doğal ve karma havalandırma olanağı **Çift cidar cephe ile kontrol edilir iklimlendirme*

Yüksek yapıların enerji tüketimlerinde en büyük kırılma 1950 yılında yapılarda giydirme cephelerin kullanılmasıyla gerçekleşmiştir. Yapıların enerji tüketiminde en belirleyici öge olan yapı kabuğu bu sistemle yapının hafiflemesini sağlarken ısıl direncinde azalmasına neden olmuştur. Beraberinde önemli bir teknolojik gelişme olan klimaların yapılarda iklimlendirme için kullanılması da enerji tüketimlerini arttırıcı etkide bulunmuştur. Şekil 3.19'da 1950-1970 yılları arasında Manhattan'daki 86 yüksek ofis yapısının ortalama enerji tüketimlerinin değişimi gösterilmiştir. 2000'li yıllara kadar ağırlıklı olarak ofis işleviyle kullanılan yüksek yapıların enerji tüketimine ilişkin pek çok çalışma da bu işleve göre yapılmıştır. Şekil 3.19'da giydirme cepheyle yapı kabuğunun ısıl direncinin düşmesi sonucu iç ortamın ısıl konforunu sağlamak için ısıtma sistemi tarafından kullanılan enerji tüketiminin artarken yapı aydınlatması ve diğer elektronik cihazlar için harcanan elektrik enerjisindeki artışın daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 3.19. 1950-1970 yılları arasında Manhattan'daki 86 yüksek ofis yapısının ortalama enerji tüketimleri [140]

Yüksek yapıların enerji tüketimlerinin giderek artması ve 1973 yılında dünya çapında yaşanan enerji krizi her alanda olduğu gibi yüksek yapılar için de enerji tasarrufunun önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kriz dönemine kadar siyah cam cepheli gökdelen sayısı hızla artarken bu dönemden sonra 1979'da yaşanan ikinci bir enerji kriziyle bu şekilde inşa edilen yüksek yapı sayısı giderek azalmıştır. Bundan sonraki süreçte ise enerji verimliliği sağlayan teknolojik ürünlerin ve sistemlerin kullanımıyla yüksek yapılar daha çevre dostu olarak inşa edilmeye başlamıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Yaşanan enerji krizleri öncesi, kriz dönemi ve sonrasında Kuzey Amerika'da inşa edilen siyah gökdelen sayısının sayısal değişimi [140]

Frankfurt'ta yüksek yapıların enerji tüketimi üzerine yapılan bir araştırmada 1970'li yıllara kadar dış ortam havasıyla doğrudan bağlantısı olmayan kapalı cepheye sahip ve iklimlendirilmiş iç ortamı olan yüksek bir yapının yıllık ortalama 1.000 kWh/m^2 enerji tükettiği belirlenmiştir. 1980 – 1990 yılları arasında enerji krizlerinin de etkisiyle yapıların doğal olarak havalandırılan yarı iklimlendirilmiş iç ortama sahip olacak şekilde tasarlanması bu tüketim değerini 400 kWh/m^2'ye düşürmüştür. Günümüzde ise yapının konumuna bağlı olarak çevresiyle uyumlu, yüksek yalıtımlı ve pasif sistemlerle tasarlanmış yüksek yapılarla enerji tüketimi 100-200 kWh/m^2 olabilmektedir [75]. Bu enerji tüketim değerleriyle yüksek yapılarda pasif yapı grubu enerji tüketim seviyesinde yer alabilmektedir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Birim taban alanı başına yapılarda ısıtma enerjisi miktarı [141]

Yüksek yapılar, kullanıcılarının katlar arasındaki ulaşımını sağlamak, onların kullandığı elektronik cihazların ve kendilerinin ürettiği ısı ile kirli havayı dışarıya atmak ve iç ortam havasının konfor koşulları içerisinde ısıtmak ve soğutmak için oldukça fazla enerji tüketmektedir [79]. Yapının ısıtma, soğutma ve havalandırması için kurulan HVAC

sistemler doğrudan yapı enerji tüketen mekanizmalardır. Seçilecek ısıtma, havalandırma ve klima sistemi diğer fonksiyonlarını yerine getirirken her kullanıcı için bireysel sıcaklık kontrolü yapmaya da imkân vermelidir. Bu, konut işleviyle kullanılan, içinde birbirinden farklı özellikte kullanıcı profilinin yaşadığı bağımsız birimlerin bir araya geldiği yüksek yapılarda iç ortam konforunun enerji tasarrufuyla elde edilmesi bireysel kontrol mekanizmalarına bağlıdır. Bunun yanında yüksek yapılar için en büyük ısı kayıp/kazanç noktası olan yapı kabuğu, yapının enerji tüketimini de belirleyen en temel ögedir. Bu nedenle yapının cephe tasarımı, seçilen malzemelerin özellikleri, kabuğun saydamlık oranı gibi pek çok faktör yapının enerji verimliliğini etkilemektedir. Yüksek konutlar hem sıcak iklim hem de soğuk iklim bölgeleri için uygun olmayan, ağırlıklı olarak camlı cephelerle ve düşük ısıl kütleli malzemelerle üretilmektedir. Yapıların ısıl açıdan zayıf olarak tasarlanması bu yapıların ısıtılması ve soğutulması için harcanması gereken enerji miktarını da arttırmaktadır. Yapılarda tüketilen enerjinin %68'i ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerine aittir [18]. Yüksek saydamlık oranına göre yaz döneminde fazla ısınmaya bağlı olarak artan, yapının soğutma enerjisi tüketimini azaltmaya yönelik olarak cephe tasarımı güneş kazancını %10 – 20 oranında azaltacak şekilde tasarlanmalıdır [142]. İklim bölgelerine de bağlı olarak verimli ve sürdürülebilir uygulama; yapı cephelerinin çift cidarlı olarak tasarlanmasıdır. Çünkü çift cidarlı cephelerle kullanılan yüzey malzemelerine, sistem detaylarına ve iki kabuk arasındaki mesafeye bağlı olarak %30'dan %50'ye kadar değişen oranlarda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Etkin bir biçimde enerji tasarrufu sağlanması iki yüzey arasındaki boşluğun büyüklüğüne bağlı olup bu mesafenin 15 cm ile 75 cm arasında olmasıyla maksimum verim sağlanmaktadır [4]. Ayrıca çift cidar cephe sistemlerinde güneş kontrol elemanının kullanıldığı durumda, kullanılmayanlara göre minimum %1,47 ve maksimum %8,6 olmak üzere daha fazla enerji etkinliği görülmektedir [143].

1997 sonrasında giderek yaygınlaşan çevre bilinci ile yapı yapma düşüncesi yüksek yapıların da daha çevreci olarak tasarlanmasına ve inşa edilmesine neden olmuştur. Enerji tüketen mekanik sistemlere bağlılığının azalması yapıların pasif olarak tasarlanmasıyla mümkündür. Bu kapsamda yapıların fiziksel çevre verileriyle uyumlu tasarımı önemlidir. Ayrıca yüksek performanslı cepheler, doğal ve karma havalandırma sistemleri, atrium kullanımları, rüzgâr tribünleri, fotovoltaik paneller ile kendi enerjisini üretme enerji verimliliği açısından yüksek yapılarda görülen diğer gelişmelerdir [140].

Günümüz yüksek yapı üretimine bu yapıların ana vatanı olan ABD'ye göre daha geç başlayan ve hem yayılım hızı hem de sayıca daha az yüksek yapı üretimi olan Avrupa, sürdürülebilir yüksek yapıların üretiminde öncü konumdadır [144]. Özellikle İngiltere'de sahip olduğu yeşil teknolojilerle su tüketiminde %25 ve CO_2 emisyonunda ise %40 oranında azalma sağlayabilen 40 katlı karma işlevli yüksek yapı projesi Brighton & Hove Kent Konseyi tarafından sürdürülebilir yapı olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.22). Yapı bu özellikleri ile bir değerlendirme sistemi olan EcoHomes'tan tüm kriterleri sağlayarak "Excellent" derecesi alan İngiltere'deki en sürdürülebilir yapılardan biridir [145]. Bu tür sürdürülebilir enerji yaklaşımlarının Avrupa'da daha çok görülmesinin nedeni bazı Avrupa ülkelerindeki kanunların enerji tüketimi konusunda yapı sahiplerine yüklediği sorumluluklardır. Ayrıca ABD'ye göre enerji ücretlerinin daha pahalı olduğu Avrupa'da yapı yaşam döngüsü boyunca enerji tüketim maliyetlerini düşürmek için bu tür yaklaşımlar daha yaygındır. Yapının tüm yaşam döngüsü boyunca enerji tüketim maliyetini ve enerji tüketimine bağlı olarak ortaya çıkan CO_2 emisyonunu azaltmak için yüksek yapılar bulundukları çevre koşullarına uygun olarak tasarlanmaya başlamıştır.



Şekil 3.22. Brighton Marina Tower [146]

Cornell Üniversitesi'nin, Handel Architects tarafından tasarlanan Cornell Tech için yaptırdığı kampüs projesinde 2017 yılında tamamlanması planlanan 520 kişilik 76 metre yüksekliğinde bir yurt binası yer almaktadır (Şekil 3.23). Yapı tasarımında, yaygın olarak bilinen bina sertifika sistemlerinden biri olan LEED standartları yerine enerji tüketimini büyük ölçüde azaltan ve daha sağlıklı yaşam alanlarının elde edilmesini

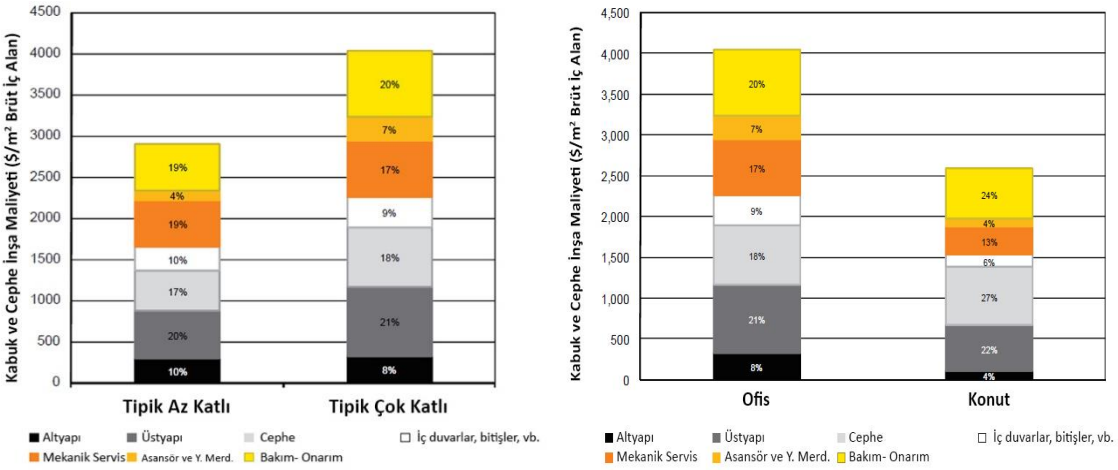
sağlayan uluslararası "Passive House" standartları dikkate alınmıştır. Almanya'da Passive House Institute tarafından düzenlenen bu standart genellikle küçük ölçekli yapılar için kullanılan bir sertifika sistemidir. Bu standarda sahip olan şimdiye kadarki en yüksek yapı Viyana'da bulunan 20 katlı bir yapıdır. Yapılan bu yurt yapısıyla standarda göre hedeflenen enerji tüketim değeri 120 kWh/m^2'dir. Azalan enerji tüketimine bağlı olarak yapının yıllık CO_2 emisyonunun da 882 ton daha az olması beklenmektedir [147].



Şekil 3.23. The House at Cornell Tech [148]

Yüksek yapılarda ihtiyaç duyulan ısıtma, soğutma ve havalandırma, mekanik, sirkülasyon ve aydınlatma sistemleri için hem ilk yatırım maliyeti hem de yapının işletim sürecindeki giderleri diğer yapılara göre daha yüksektir. Bu nedenle yapı üretim sektörü içinde günümüzde sayıları hızla artan yüksek yapıların, enerji ihtiyacı için önlem alınması ve sürdürülebilir mimarlık anlayışı ile tasarlanmaları gerekmektedir [77]. Sürdürülebilir yaklaşımlarla tasarlanan yüksek yapıların maliyeti %5 – 10 arasında daha fazla olsa da uzun vadede yapı işletimi maliyeti bunu karşılayabilmektedir [144]. Yapının gömülü ve işletme enerjisi ihtiyaçları azaltılarak yapının yaşam döngüsü enerji tüketimi de azaltılabilir. Çevre bilinciyle tasarlanmaya devam eden yüksek yapılar, gelecekte çevre, uzun dönem ekonomik büyüme ve insan ihtiyaçlarını dikkate alan sürdürülebilir yapılar haline gelecektir.

Yapılardaki enerji tüketiminin çevreye olumsuz etkilerinin olmasının yanında yapı yaşam döngüsü içerisinde yapı ekonomisini de etkilemektedir. Yapıların enerji verimliliğini ekonomik açıdan karşılanabilir maliyetlerle sağlaması yapının ekonomik açıdan sürdürülebilir olması için oldukça önemlidir. CTBUH tarafından 2010'un ikinci çeyreğinde yapılan araştırmaya göre cephe ve mekanik sistemler yüksek yapıların yapı maliyetinde en büyük paya sahiptir [149]. Yapıların yüksekliğinin artmasıyla maliyet oranları değişiklik göstermektedir. Bu kapsamda yükseklik artıkça yapının üstyapı, cephe ve bakım-onarım maliyetleri de artmaktadır. Yüksek yapılar için işlev, hem yapı enerji tüketiminde hem de yapı ekonomisinde ayırt edicidir. Yüksek konut ve ofis yapılarının maliyetleri karşılaştırıldığında ofis işleviyle kullanılan yüksek yapıların kabuk ve cephe maliyetleri daha fazla olsa da her bir yapı türü maliyeti içerisinde bakım-işletim maliyetleri ile cephe maliyetinin konutlardaki payının daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 3.24). Bu durum konutların kullanım sürelerinin ofislere göre daha uzun olmasına, konut iç ortam konfor koşulları sınır değerlerinin daha yüksek değerlerde olmasına ve kullanıcı profilinin farklılığına bağlıdır.



Şekil 3.24. Londra merkezindeki yüksek yapıların cephe maliyetinin kat sayısına ve yapı işlevine göre karşılaştırılması [149]

Geleneksel tasarım yaklaşımları yüksek yapıların planlanması, üretimi ve işletimi için yeterli olmamaktadır. Bu yapıların tasarımları oldukça karmaşıktır. Her aşamasında teknoloji ürünleri kullanarak üretilen bu yapıların tasarım ve planlama sürecinde de teknolojik sistemler etkin rol oynamaktadır. Bu nedenle yapının üretiminden önce kullanılacak olan BIM yazılımlarıyla yapının taşıyıcı sistem, enerji tüketimi, işletim

analizi yapılabilmektedir. Böylece her bir parametre için yapılan ayrıntılı simülasyonlar sonucu elde edilen verilerle yapı yaşam döngüsü önceden analiz edilmiş olup, yapıların konforlu bir yaşam sunarken enerji ihtiyacının ve buna bağlı maliyetlerin neler olduğu ve enerji tüketimini azaltmak için neler yapılabileceği yapının üretimi öncesinde öngörme avantajını sunmaktadır.

Enerji tüketimlerinin giderek artması özellikle kentsel konutların %50'sini oluşturan orta ve yüksek konut yapılarındaki yapı enerji yönetimlerinin de önemini arttırmıştır [150]. Planlama ve tasarım aşamasında kullanılan BIM yazılımlarının dışında yapının bina otomasyon sistemleriyle birlikte tasarlanması yapının sürekli kontrol altında olmasını sağlamaktadır. Böylece yapı enerji tüketimi aktif ve pasif kontrol elemanlarıyla denetlenebilmekte ve gerekli konfor düzeyinin sürekliliğinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Yüksek yapı kullanıcıları için iç ortam konforunun enerji tasarrufuyla ve düşük maliyetli olarak tasarlanması oldukça önemlidir [150]. Bu kapsamda yapılan çalışmalar kullanıcıların yapıları tercih etmede enerji verimliliğinin yapı memnuniyeti kadar önemli olduğunu da vurgulamaktadır.

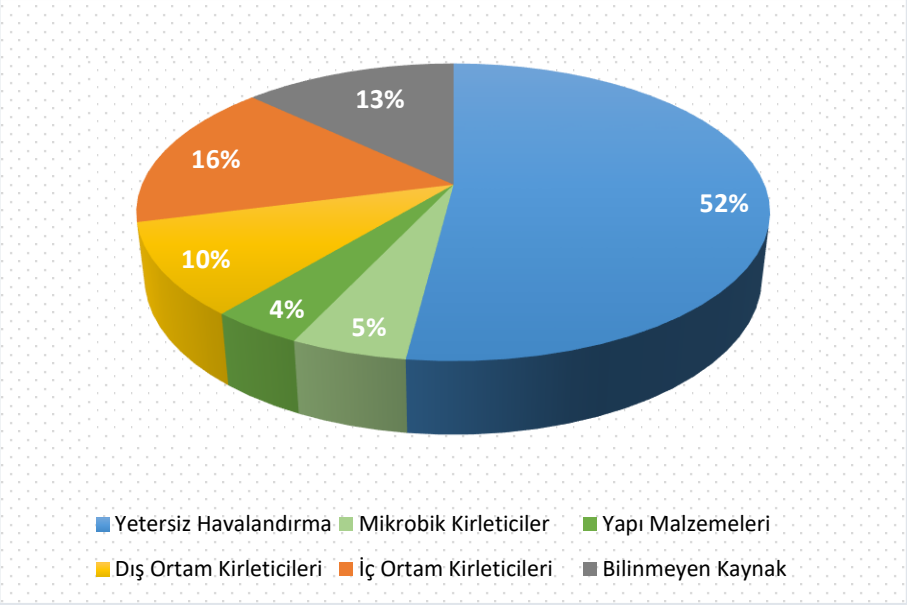
3.2.4. Yüksek Konut Yapılarında İç Ortam Kalitesinin Kullanıcı Sağlığına ve Performansına Etkisi

Yapıların kalitesi, iç çevresel özelliklerinin bir dizi performansları dâhil olmak üzere yapı sakinlerinin yaşam kalitesinde etkili olmaktadır. Yapıların iç ortam koşulları orada yaşayan ya da çalışan kişilerin başta ortamdan memnuniyetleri olmak üzere onların sağlıklarını, performanslarını ve verimliliklerini de etkilemektedir.

İç ortam hava kalitesinin insan performansı üzerindeki etkisi bilinen bir gerçek olmakla birlikte yapı sakinlerinin ortamdan hoşnut olmaları için en önemli belirleyicidir. Bu nedenle konuyla ilgili sıklıkla görülen sorunları tespit etmek üzere iç hava kalitesi araştırma yöntemleri sürekli gelişim içerisindedir. Çünkü iç hava kalitesi karmaşık bir konudur. Dünya çapında yaşanan 1973 yılı enerji krizi sonrası enerji verimli yapı inşaatındaki gelişmeler beraberinde bazı dezavantajlar yaratmıştır. Bu dönemden sonra mimar ve mühendisler ticari ve konut yapılarındaki enerji tasarrufu sağlama çabasıyla açılmayan hava geçirimsiz pencerelerin kullanıldığı ve hava değişim oranının çok düşük olduğu hava geçirimsiz yapılar inşa etmeye başlamışlardır [2]. Isı kaybına karşı iyi izole

edilmiş bu yapılarda hava değişim oranı 0,2 ile 0,3 hava değişimi/saat'tir. Mekanik sistemlerle hava geçirimsiz olarak tasarlanmış olan ofis ve konut yapılarında ise bu oran 0,29 ile 1,73'tür [2]. Fakat eski yapılardaki yüksek hava değişim oranı iç ortamdaki hava kirleticilerinin seyreltilmesini ve temizlenmesini sağlarken yeni yapılar kirleticileri iç ortamda muhafaza etmektedir. Bu durum günümüz yeni yapılarında görülen "Hava Geçirimsiz Bina Sendromu (Tight Building Syndrome)" olarak adlandırılan hastalıkların yaşanmasına neden olmaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization - WHO) 1984 yılında yapmış olduğu çalışmalarda dünya çapındaki yeni veya yenilenmiş tüm yapıların %30'dan fazlasında iç hava kalitesi şikâyetlerinin diğer yapılara kıyasla da fazla görüldüğünü ileri sürmektedir [151]. Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (The National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH) verilerine göre ise 1989'dan 1990'a kadar kullanıcıların sağlıklı iç hava kalitesi talepleri sırasıyla %8'den %52'ye yükselmiştir. NIOSH'un 500 ayrı yapıda yaptığı araştırmada kullanıcılarda HBS şikâyetlerinin %35'inin iç hava kirleticileri, dış hava kirleticileri, yapı malzemeleri ya da mikroplarla bağlantılı olduğu görülmüştür. Ayrıca şikâyetlerin %52'si yetersiz havalandırmadan kaynaklanırken %13'nün kaynağı tam olarak bilinmemektedir (Şekil 3.25) [152]. Sonuçta %13'lük payın yapılarda görülen tipik bir sağlık sorunu mu yoksa kaynağın tanımlanmasındaki yetersizlikten mi olduğu hala net değildir.



Şekil 3.25. NIOSH araştırmasına göre yapılardaki şikâyetlerin kaynakları, 1996

Tüm yapılarda karşılaşılan iç ortam kalitesine yönelik tipik şikâyetlerin çoğu ortam iç sıcaklığının çok sıcak ya da çok soğuk olması ile bağıl nem oranına bağlı olarak ortamın çok kuru olmasından kaynaklıdır. Bunun dışında daha nadir görülen şikâyetler ise koku (mutfaktaki yemek pişirme aktiviteleri gibi), istenmeyen gürültü (servis sistemleri ve mekanik sistemlerin çalışma gürültüsü gibi) ve yetersiz aydınlatma kaynaklıdır [2]. İnsan konforu ve üretkenliği için solunan havanın %30-60 bağıl nem içermesi ve çalışma ortamının 19-20 °C'de olması gerekmektedir. Sadece sıcaklık ve nemin bile kullanıcıların performansını önemli ölçüde etkilediği düşünüldüğünde muhtemel kirleticilerin performans koşullarını daha da olumsuz duruma getirebileceği unutulmamalıdır. Tablo 3.12'de sıcaklık değişimine bağlı olarak kişilerin performanslarının değişimi gösterilmiştir. Buna göre 29 °C'den itibaren artan her sıcaklıkta kişinin performansı düşmektedir. Her 1 °C'lik sıcaklık artışındaki performans düşüşü aynı oranda etkili olmamakla birlikte her artışta etkisi daha fazla olmaktadır. Performanstaki bu düşüş yapı sakinlerinin verimliliğini de azaltmaktadır.

Tablo 3.12. Ortam sıcaklığı artışına bağlı olarak değişen kullanıcı performansı [153]

Sıcaklık	**Performansa Etkisi**
29 °C ise	Performans % 5 düşer.
30 °C ise	Performans % 10 düşer.
31 °C ise	Performans % 17 düşer.
32 °C ise	Performans % 30 düşer.

Kullanıcı performansı ve verimliliğindeki azalmanın dışında Hasta Bina Sendromu (HBS), Bina İlişkili Hastalıklar (BIH) ve Kötü Koku Sendromu gibi etkilere maruz kalındığında ortaya çıkan sendromlar insanlarda verim düşüklüğüne, ağır hastalıklara ve hatta ölümlere neden olmaktadır. Tablo 3.13'te HBS, BIH ve Kötü Koku Sendromu hastalıklarının ortaya çıkış nedenleri ve insanlar üzerindeki etkileri özetlenmiştir. Yapı içerisinde geçirilen süreye bağlı olarak kullanıcıların iç ortam koşullarına maruz kalma seviyesine göre solunum yolu hastalıklarından kanser ölümleriyle sonuçlanan hastalıklara kadar farklı etkiler görülebilmektedir.

Tablo 3.13. İç ortam kalitesine bağlı olarak görülen hastalıklar ve iç ortam kalitesi parametreleriyle olan ilişkisi

		Hasta Bina Sendromu (HBS)	**Bina İlişkili Hastalıklar (BIH)**	**Kakosmi (Kötü Koku) Sendromu**
Uluslararası Karşılığı		***Sick Building Syndrome (SBS)***	***Building Related Illness (BRI)***	***Cacosmia Syndrome***
Tanım		Kapalı alanda bulunan en az %20'lik bir kesimin daha önceden kendileri ile bağlantılı herhangi bir rahatsızlığının bulunmamış olması şartı ile içerisinde bulundukları ortama bağlı olarak yapı içerisinde oldukları sürece görülen rahatsızlıklardır.	Kapalı ortamlarda uzun süre bulunan insanlarda, iç ortam havasında yer alan kirleticilerin etkisi sonucunda, yapı sakinlerinin hastalanmaları olarak tanımlanır. HBS'den ayıran en önemli fark ise belirtilerinin klinik olarak tanımlanabilmesi ve nedenlerinin açıkça belli olmasıdır. Ayrıca kullanıcılar yapıyı terk ettikten sonra da etkileri devam etmektedir.	İç ortam havasındaki hava döngüsü ile birlikte temiz hava değişimi sağlanamadığı takdirde yoğun ve istenmeyen ağır bir koku sonucu yaşanan rahatsızlıklardır.
Semptomlar		Baş ağrısı, baş dönmesi, burunda oluşan akıntılar, mide bulantısı, konsantrasyon ve solunum bozukluğu, gözlerde, yüzde ve ciltte meydana gelen kasıntı ve yanma	Alerji, öksürük, nefes darlığı, yüksek ateş, üşüme ve kaslarda meydana gelen ağrılar	Baş ağrısı, kısmi migren, mide bulantısı, kusma, burunda, gözde akıntı, ciltte kızarıklıklar, isteksizlik ve devamlı yorgunluk hali
İç Ortam Kalitesi ile İlişkisi	**Isıl Konfor Kalitesi**	●	●	●
	İç Hava Kalitesi	●	●	●
	Akustik Kalite	⊘	⊘	○
	Aydınlatma Kalitesi	⊘	⊘	○
	Ortam Titreşimi	⊘	⊘	○
	Koku Kalitesi	●	●	●
●: Doğrudan Etkili		⊘: Dolaylı Ekili		○: Etkisiz

Tablo 3.13'te de görüldüğü üzere yapı sakinlerinin iç ortam kalitesine bağlı olarak yaşadığı hastalıklar ortamın ısıl konfor koşulları, iç hava kalitesi ve buna bağlı değişen koku kalitesine göre değişiklik göstermektedir. Temelde iç ortamın havalandırma olanağı

ve hava devinimi potansiyelinin yüksek olması sağlık sorunlarını azaltıcı etkide bulunur. Çünkü tüm iç hava kalitesine bağlı olan rahatsızlıklara ortamdaki kimyasal ve biyolojik kirleticiler ile parçacık ve lifler neden olmaktadır. Bu nedenle bu kirleticilerin belli bir sınır değerin altında olması gerekir. Sınır değerlerinin bilinmesi iç hava kalitesini uygun koşullarda tutmak ve sağlıklı bir ortam elde etmek için gereklidir. İnsan sağlığının korunması, çevrede, kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerin, bir arada bulunduklarında, değişen zararlı etkileri de göz önüne alınarak tespit edilmiş konsantrasyon birimleriyle ifade edilen seviyeler hava kalitesi sınır değerlerini oluşturmaktadır [154]. İçinde bulunan havaya maruz kalma süresine göre uzun ve kısa vadeli olmak üzere bu kirleticilerin sınır değerleri değişiklik göstermektedir ve her birinin insan sağlığı üzerine olan etkisi de farklıdır. Sınır değerlerin üzerinde kirleticiye sahip alanlarda bulunmak başta solunum sistemi rahatsızlıkları olmak üzere biyolojik ve psikolojik hastalıklara neden olmakta ve kişilerin verimliliğini düşürmektedir.

Yüksek yapıların tasarımı düşünüldüğünde yükseklikle birlikte kullanıcılarda fiziksel ve psikolojik olarak ortamın etkileriyle memnuniyetleri de etkilenmektedir. Kullanıcılar kendi yaşam standartları ve konfor koşullarına göre ortamı kontrol edebildikleri sürece ortamdan memnuniyet duyar. Genel olarak yapılan araştırmalara göre de kullanıcılar ortamı konforlu hissediyorlarsa ve HBS'den şikâyetçi kişi sayısı da az ise bunun sebebi kullanıcıların ortama uyum sağlamasını kolaylaştıran pencere açma, ortamı ısıtma gibi özgürlüklerinin olmasıdır [94]. Kullanıcılar tarafından kendi ihtiyaçlarına göre ortamın kontrol sistemi yapının enerji verimliliğinden ödün vermeden gerçekleştirilmelidir. Çok fazla kullanıcının bir arada yaşadığı yüksek konut yapılarında her bir kullanıcının ortamdan hoşnut olması yapı tasarımının yardımıyla düşük enerji ve pasif yollarla sağlanmalıdır. Enerji tüketimine bağlı olarak değişen yapı işletim maliyeti etkisiyle başta HBS olmak üzere iç hava kalitesinin neden olduğu problemler sadece insan sağlığını olumsuz etkilemenin yanında bunun için harcanan tedavi masrafları ve iç hava kalitesini geliştirme yönünde yapı sahiplerinin çalışmaları gibi maddi etkileri de vardır. 1998 yılında yapılan ve daha sonra 2002 yılında güncellemesi yapılan çalışmada iç hava kalitesinin neden olduğu problemler için 100 milyar $ harcandığı görülmüştür (Tablo 3.14). EPA verilerine göre ise Amerika'da iç hava kalitesinin neden olduğu hastalıkların tedavisi için harcanan miktar 140 milyar $ dan fazladır [155].

Tablo 3.14. ABD'de iç ortamda yapılacak iyileştirme ile sağlanacak verimlilik [138]

Verimlilik Kazancı Kaynağı	**Etkisi**	**Yıllık Tasarruf ve Verimlilik Kazancı**
Solunum hastalıkları	Çok	6 – 14 milyar $
Alerjiler ve astım	Orta	1 – 4 milyar $
Hasta Bina Sendromu	Orta	10 – 100 milyar $
Çalışan performansı	Orta	20 – 200 milyar $
Toplam Etki		***37 – 318 milyar $***

İç ortam kalitesi kullanıcı konforu sağlığını ve üretkenliğini çoğu zaman ekonomik açıdan etkilemektedir. Çünkü enerji maliyetleri, yapı bakım ve yıllık inşaat maliyetleri ile kiralar kullanıcı gelirini ve sağlık yardımlarını aşabilmektedir [156].

İnsanın ömrü boyunca soluduğu hava ortalama 400–500 milyon litredir. Bu bakımdan insan sağlığı açısından solunan havanın kalitesi çok önemlidir. Hava kirliliğine bağlı olarak dünyada her yıl yaklaşık 3 milyon insan ölmektedir. Bu değer dünyadaki toplam ölüm vakalarının (ortalama 55 milyon) %5'ni oluşturmaktadır [157]. Bu nedenle birçok iç hava kalitesi durumu hukuk davaları, sağlık etkilerindeki değişiklikler, mevzuat sınırlamaları ve yönetmeliklerle sonuçlanmakta ve kontrol altına tutulmaya çalışılmaktadır. Düzenlemeler kamu kuruluşları ve karar verme yetkisi olan uzmanlarca oluşturulmaktadır. 21. yüzyılda "yeşil" yeniden tanımlanmasıyla atılan tüm bu adımlar, iç hava kalitesi araştırmalarını ileriye dönük olarak "sağlıklı" yeşil yapıların üretilmesine yardımcı olmaktadır. Günümüzde çevreye zararı en az olan ve yapı sakinleri için sağlıklı bir ortam sunan yapı tasarımlarının sayısı giderek artmaktadır. Bu kapsamda kullanıcı sağlığı ve iç hava kalitesi enerji verimliliğiyle sıkı sıkıya ilişkili olan yeşil bina sertifikası kazanma çabası tüm yapılarda olduğu gibi sürdürülebilir yüksek yapı tasarımında da oldukça yaygın bir uygulama haline gelmiştir.

BÖLÜM 4

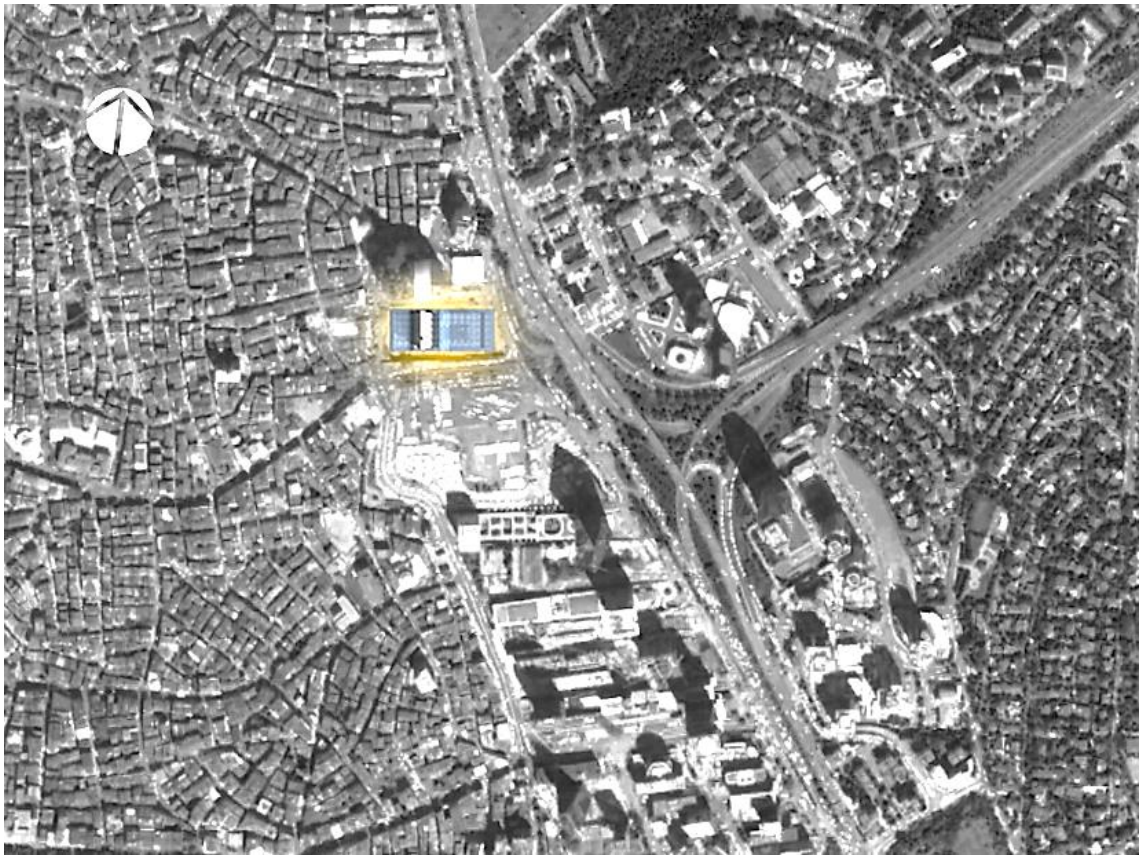
ÖRNEK ALAN ÇALIŞMASI: SAPPHIRE RESIDENCE TOWER

Sapphire Residence Tower, Türkiye'de bulunan hava koridorlu cephesiyle, doğal havalandırma olanağına sahip birkaç yüksek konut yapısından biri olarak örnek alan çalışması için seçilmiştir. Ayrıca yapının tüm iç ortam kalitesi parametrelerine bağlı olarak enerji tüketimi ve kullanıcı konforu değerlendirmesi daha önceki çalışmalarda yapılmamıştır. Yüksek yapıların çoğunlukla konut işleviyle kullanıldığı Türkiye'nin en yüksek konut yapısı olmayı sürdüren Sapphire Residence Tower'ın bu çalışma kapsamında örnek alan seçilmesi bu bağlamda oldukça önemlidir.

4.1. Fiziksel Dış Çevre ve İç Ortam Koşulları

4.1.1. Yapının Konumu

Sapphire Residence Tower içerisinde lüks konutların, eğlence ve alışveriş alanının da bulunduğu bir yapı olarak İstanbul'un "Merkezi Ticaret Alanı" olan Levent-Maslak aksında yer alan Büyükdere Caddesi üzerinde bulunmaktadır (Şekil 4.1). Büyükdere Caddesi, son 20 yıllık sürede kent merkezinden çeperlere taşınan sanayi alanlarının bir sonucu olarak finans ve iş yönetimi alanı olarak gelişmiştir. Bu alan 2000'li yıllara kadar İstanbul'daki yüksek yapıların büyük çoğunluğuna ev sahipliği yapmıştır. Bugün İstanbul geneline yayılmış olsalar da yüksek yapıların en yoğun olarak bulunduğu alan Büyükdere Caddesi olup, bu sayı her geçen gün artmaya devam etmektedir. Bu bölge içerisinde Sapphire Residence Tower 261 metre yüksekliğiyle Türkiye'nin en yüksek yapısı olarak önemli bir ikon yapı niteliğindedir (Şekil 4.2).



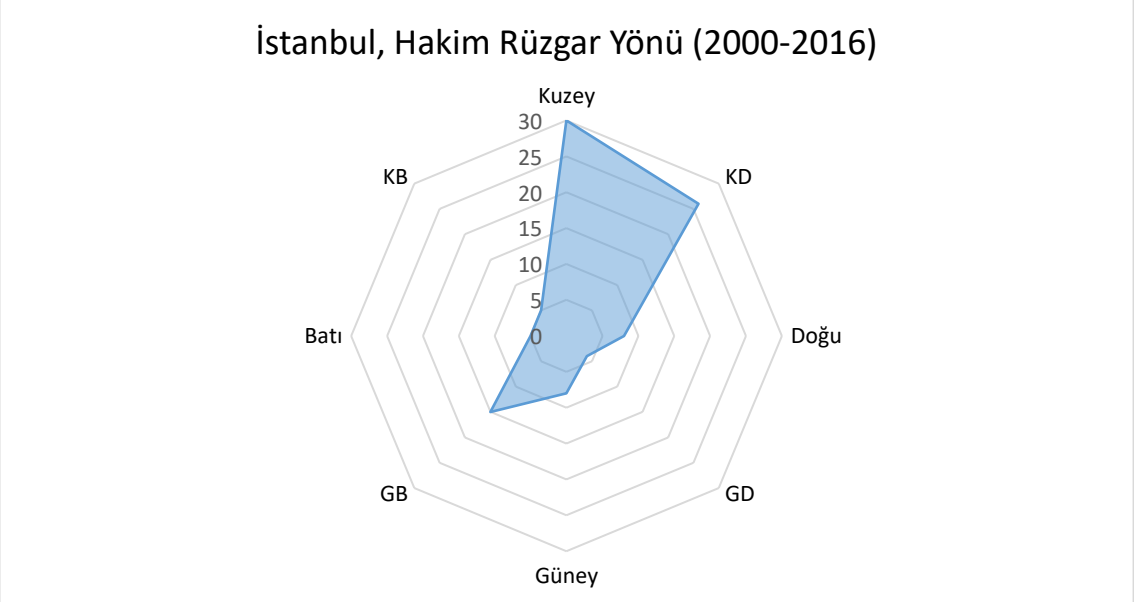
Şekil 4.1. Sapphire Residence Tower'ın Büyükdere Caddesi üzerindeki konumu



Şekil 4.2. Büyükdere Caddesi siluetindeki yüksek yapılar ve
Sapphire Residence Tower, 2014 [158]

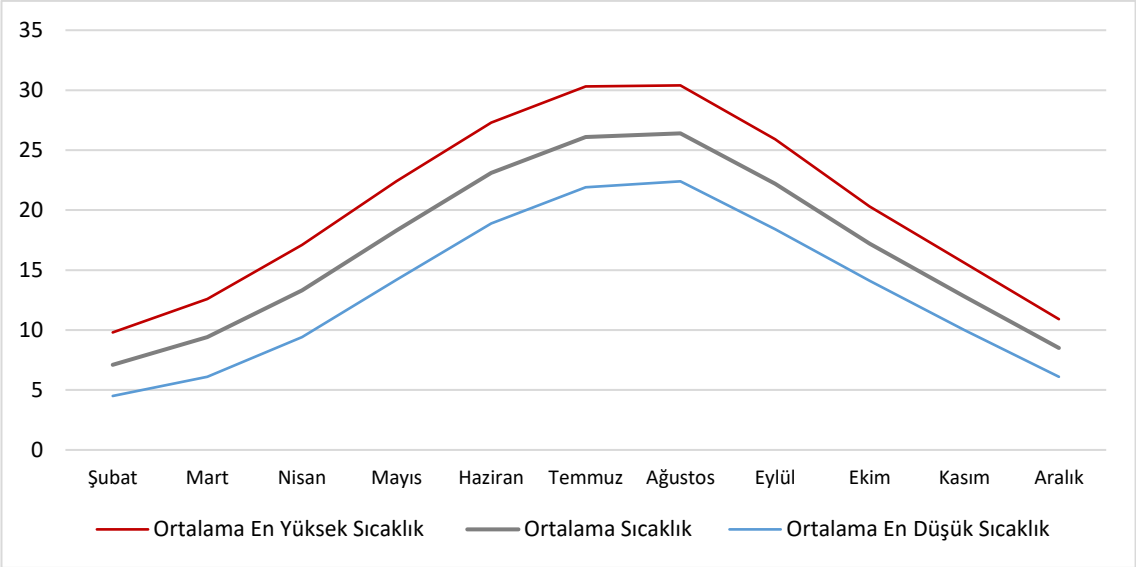
Büyükdere Caddesi'nin batısında bulunan Sapphire Residence Tower, caddenin doğusunda yer alan Levent bölgesiyle karşı karşıyadır. Bölge, sahip olduğu gelişmiş altyapı olanakları ve ulaşım ağıyla oldukça önemli ve değerlidir. 4. Levent metro hattıyla doğrudan bağlantısı olan yapı 15 Temmuz Şehitler Köprüsü (Boğaziçi Köprüsü) ile Fatih Sultan Mehmet Köprüsü bağlantı yolu arasında geniş bir ulaşım olanağına sahiptir. Ayrıca bölge merkezi ticaret bölgesi olmasının da katkısıyla orta – üst gelir grubunun iş ve barınma alanı olarak gelişmeye devam etmektedir.

Sapphire Residence Tower uzun cephesi doğrudan kuzeyle açı oluşturmayacak şekilde doğu – batı yönünde konumlandırılmıştır (Şekil 4.3). Yapının konumu gereği içinde bulunduğu çevrenin fiziksel koşulları, iç ortam konforunu belirlemede önemli bir rolü vardır. Konuma bağlı olarak fiziksel dış çevre koşullarına göre değişen hâkim rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, yaz ve kış sıcaklık değerleri, bağıl nem ve yağış miktarı yapıyı ısıtmak, soğutmak ve havalandırmak için gerekli olan enerji tüketimini etkilemektedir. Buna göre İstanbul için hâkim rüzgâr yönü (Şekil 4.4), yıllık ortalama sıcaklık değişimleri (Şekil 4.5) ve yıllık bağıl nem ile yağış miktarı değişimi (Şekil 4.6) verilmiştir. Ayrıca Sapphire Residence Tower'ın enerji tüketiminde etkili olan konuma bağlı tüm parametreler Tablo 4.1'de özetlenmiştir.

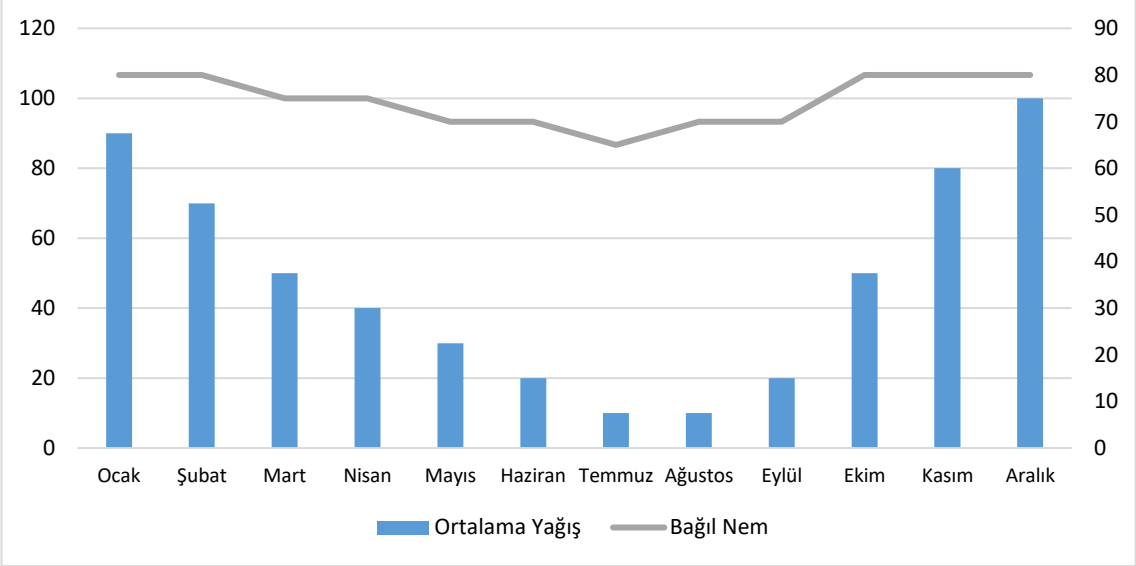


Şekil 4.4. 2000-2016 yılları arasında İstanbul hâkim rüzgâr yönü[12]

[12] İklim verileri "http://www.weatheronline.co.uk/" adresinden elde edilmiştir. (Erişim: 18.12.2016)



Şekil 4.5. 2000-2016 yılları arasında İstanbul yıllık sıcaklık değişimi



Şekil 4.6. 2000-2016 yılları arasında İstanbul bağıl nem ve yağış miktarı değişimi

Tablo 4.1. Sapphire Residence Tower konum bilgileri

SAPPHIRE RESIDENCE TOWER						
Konum	İstanbul, Türkiye					
Yapı Konumu	41° 5’ 6.28” Kuzey			29° 0’ 21.96” Doğu		
Rakım	124 m					
Hâkim Rüzgâr Yönü	Kuzey – Kuzeydoğu					
Rüzgâr Hızı	Maks.	4,8 m/s	Ortalama	4,5 m/s	Min.	3,9 m/s
Ortalama Dış Ortam Sıcaklığı	Yaz	22,5°C		Kış	5,5 °C	
Bağıl Nem	En Sıcak	%68	Ortalama	%75	En Soğuk	%80

4.1.2. Mimari Tasarım Özellikleri

11.602 m^2 alanda yükselen Sapphire Residence Tower 165.139 m^2'lik inşaat alanına sahip olup, 56 katı zemin üstünde 10 katı ise zemin altında olmak üzere toplamda 66 katlıdır. Yapının bitmiş en yüksek noktası 234,9 metredir. Fakat yapıya ait olan anten ile bu yükseklik 261 metredir ve yapı bu yükseklikle Türkiye'nin en yüksek yapısıdır. İnşa edildiği dönemde Avrupa'nın da en yüksek yapısı olan Sapphire Residence Tower bugün Avrupa'nın en yüksek 9'uncu dünyanın ise en yüksek 242'inci yapısıdır.

Yapı formu; girişin yer aldığı yatay bir taban, tekrar eden katlardan oluşan gövde ve kule biçiminde bitiş bölümünden oluşmaktadır. Dışarıdan bakıldığında yapı yukarıya doğru hafifçe incelen bir forma sahiptir (Şekil 4.7). 4'üncü kattan başlayarak aşağıya doğru genişleyen ve yumuşak bir kıvrımla saçağa dönüşen cam örtü sayesinde yapının kamusal alanı olan alışveriş merkezinin ve diğer sosyal donatıların doğal ışıktan maksimum seviyede yararlanması sağlanmıştır. Saçağın saydam ve geçirgen yapısı sayesinde bodrum kattaki mekânlara kadar gün ışığı kolaylıkla ulaşabilmektedir. Yapı saçağının altında yer alan kafe, bar, restoran ve çeşitli dükkânlar gibi farklı pek çok alanla çok katmanlı, hareketli ve büyük bir mekân algısı oluşmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. Sapphire Residence Tower yapı formu [159]



Şekil 4.8. Yapı saçağı ve gün ışığı iletimi [159]

Yapı lüks konut işleviyle inşa edilmiş olup, bunun yanında kamuya açık bir alışveriş merkezi de ek olarak yer almaktadır. Yapının yer altında bulunan 10 katından 6'sı kapalı otopark olarak kullanılırken 4'ü alışveriş merkezine aittir. Ayrıca zemin kotundan erişimi olan alışveriş merkezinin zemin üstünde 2 katı daha bulunmaktadır. Yapının konut kısmında 1+1, 2+1, 3+1, 4+1 ve 5+1 olmak üzere 5 farklı tipte konut birimi 120 m^2 ile 447 m^2 arasında değişiklik göstermektedir. Ayrıca alanı 1.100 m^2'yi bulan penthouselar ve dubleks daireler de mevcuttur (Şekil 4.9). Toplamda 156 adet lüks konuttan oluşan rezidansta 4 farklı konut alanı bulunmaktadır (Şekil 4.10). Konut birimi büyüklüğü fark etmeksizin bütün dairlerin tüm odalarında banyo mevcuttur ve yapının kat yüksekliği brüt 4 metre net ise 3,4 metredir. Tabandan tavana kadar tamamen camla kaplı saydam yüzeylerin de yardımıyla her daire doğal ışık alacak şekilde konumlandırılmıştır. Yapının doğu ve batı olmak üzere her iki yöndeki cephesi de hava koridorlu olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9).

Çekirdekler, yapının ince formunu destekleyecek şekilde simetrik olarak yapının iki dar ucunda konumlandırılmıştır. Her bir çekirdekte 4 adet asansör, 2 adet yangın kaçış merdiveni ve 1 adet kat servisi bulunmaktadır. Yapının tamamındaki düşey sirkülasyon ise 8'i yüksek hızlı olmak üzere 14 asansör ve 13 yürüyen merdivenle sağlanmaktadır. Asansörlerden 2 tanesi yapının en üst noktasında bulunan restoran ve seyir terasına doğrudan erişebilmektedir. Böylece kamusal alanlarla konut alanları arasındaki ulaşım birbirinden ayrılarak, konut için gerekli mahremiyet elde edilmiştir.



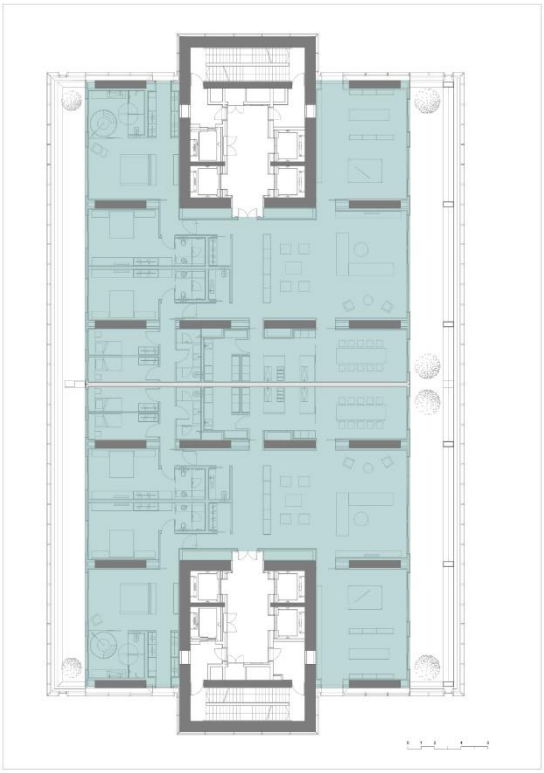
Zone-1 (6. Kat)



Zone-2 (21. Kat)



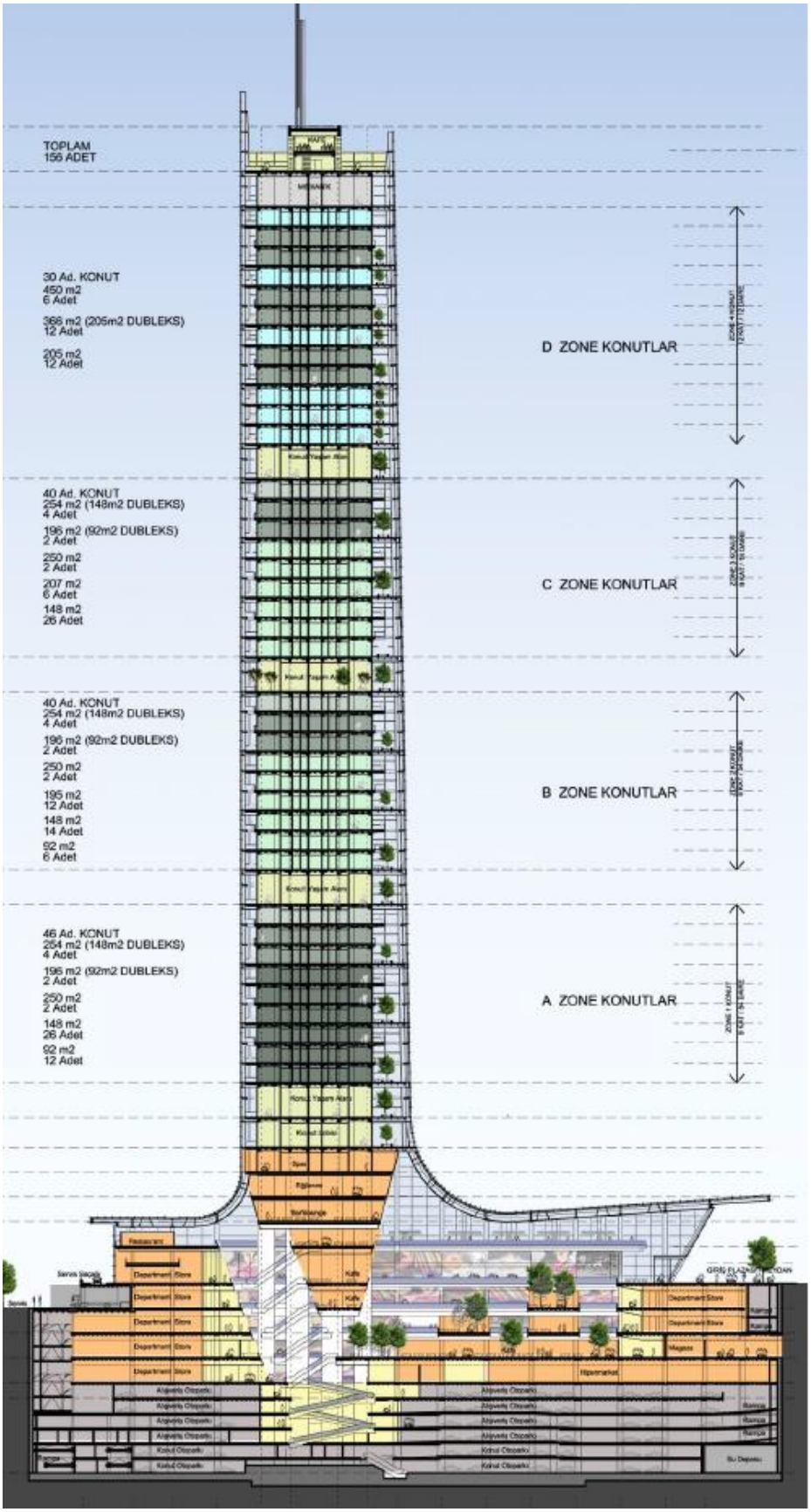
Zone-3 (34. Kat)



Zone-4 (44. Kat)

1+1 2+1 3+1 4+1 5+1

Şekil 4.9. Sapphire Residence Tower kat planı örnekleri

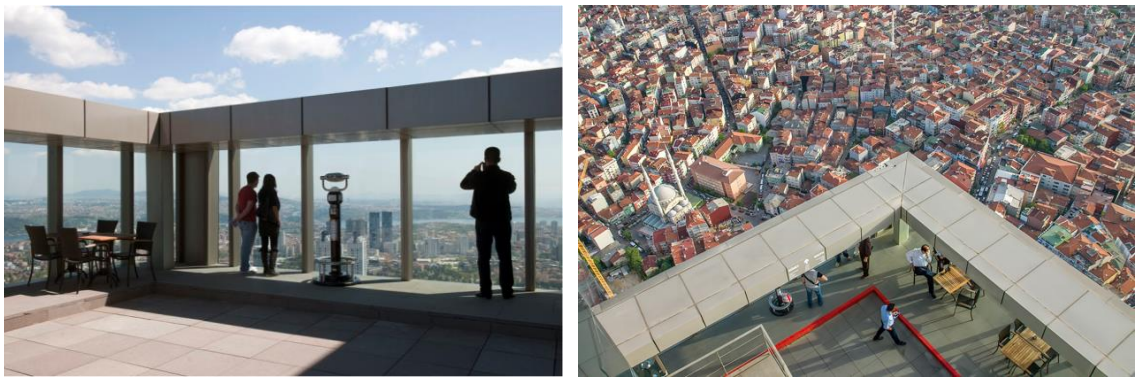


Şekil 4.10. Sapphire Residence Tower kesiti ve zon değişimleri [160]

Her bir konut bölgesi içerisinde her 3 katta bir "dikey gökyüzü bahçesi" olarak nitelendirilen alanlar yer almaktadır. Ayrıca konut alanları arasında konumlandırılan iki kat yüksekliğindeki alanlarda ise konut kullanıcıları için golf oynayabilecekleri alanlar, yüzme havuzu ya da sosyalleşmelerine yardımcı olacak kafeler gibi çeşitli rekreasyon alanları da mevcuttur (Şekil 4.11). Ayrıca yapının 54'üncü katında bir adet restoran ve 56'ıncı katında ise Turizm Bakanlığı'ndan onaylı turizm belgesi bulunan seyir terası da bulunmaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.11. Zonlar arasında bulunan rekreasyon alanları [161]



Şekil 4.12. Sapphire Residence Tower 56. kattaki seyir terası [161]

Yapı 2011 yılında en iyi yüksek yapı yarışmasında finale kalmıştır ve CTBUH'ın jüri üyelerinden Antony Wood yapının tasarımını şu şekilde değerlendirmiştir; "Bu şeffaf cam cephe arkasında, 3 katlı gökyüzü bahçelerinin doğayı ve toplumu konut içinde biraya getirdiği büyük bir sürpriz bulunmaktadır." Bir diğer jüri üyesi ve Adrian Smith + Gordon Gill Architecture kurucularından Gordon Gill ise; "Her ne kadar genel ifade uluslararası bir boyutta olsa da, iç plan bölgesel yöre evini yeniden yaratmaya çalışmaktadır." ifadesiyle yorumlamıştır [162].

4.1.3. Strüktürel Tasarım Özellikleri ve Malzemeler

Sapphire Residence Tower'ın strüktür sistemi betonarme ve çelik birlikte kullanılarak tasarlanmıştır. Bodrum katlar ve alışveriş merkezi katları betonarme olarak planlanmış, dış cephe ve devamı niteliğindeki alışveriş merkezi çatı örtüsü ise çelik konstrüksiyondan oluşmaktadır (Şekil 4.13). Konut kısmı betonarme perdeli çerçeve sistem olarak planlanan yapının her 3 katta tekrarlayan kat bahçesine ait bölümlerinde ise çelik taşıyıcı elemanlar kullanılmıştır (Şekil 4.14).

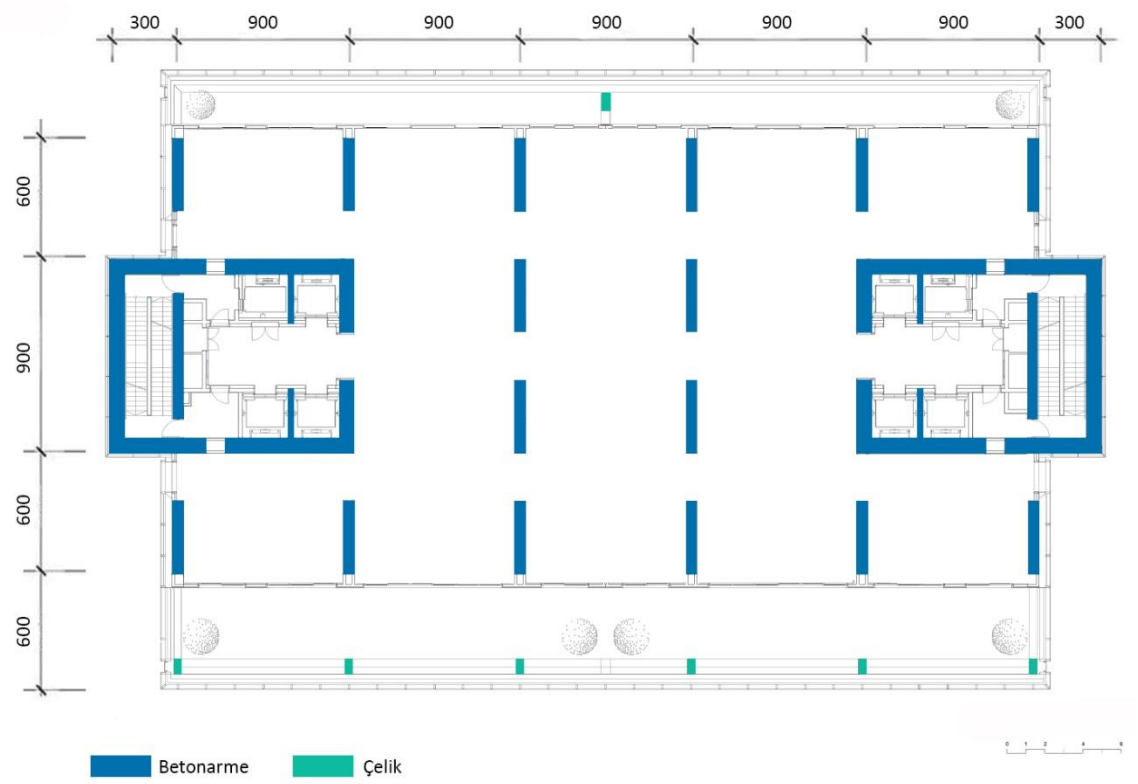


Şekil 4.13. Sapphire Residence Tower alışveriş merkezinde betonarme ve çelik strüktürün birlikte kullanımı [163]



Şekil 4.14. Sapphire Residence Tower konut kulesi taşıyıcı sistemi [163]

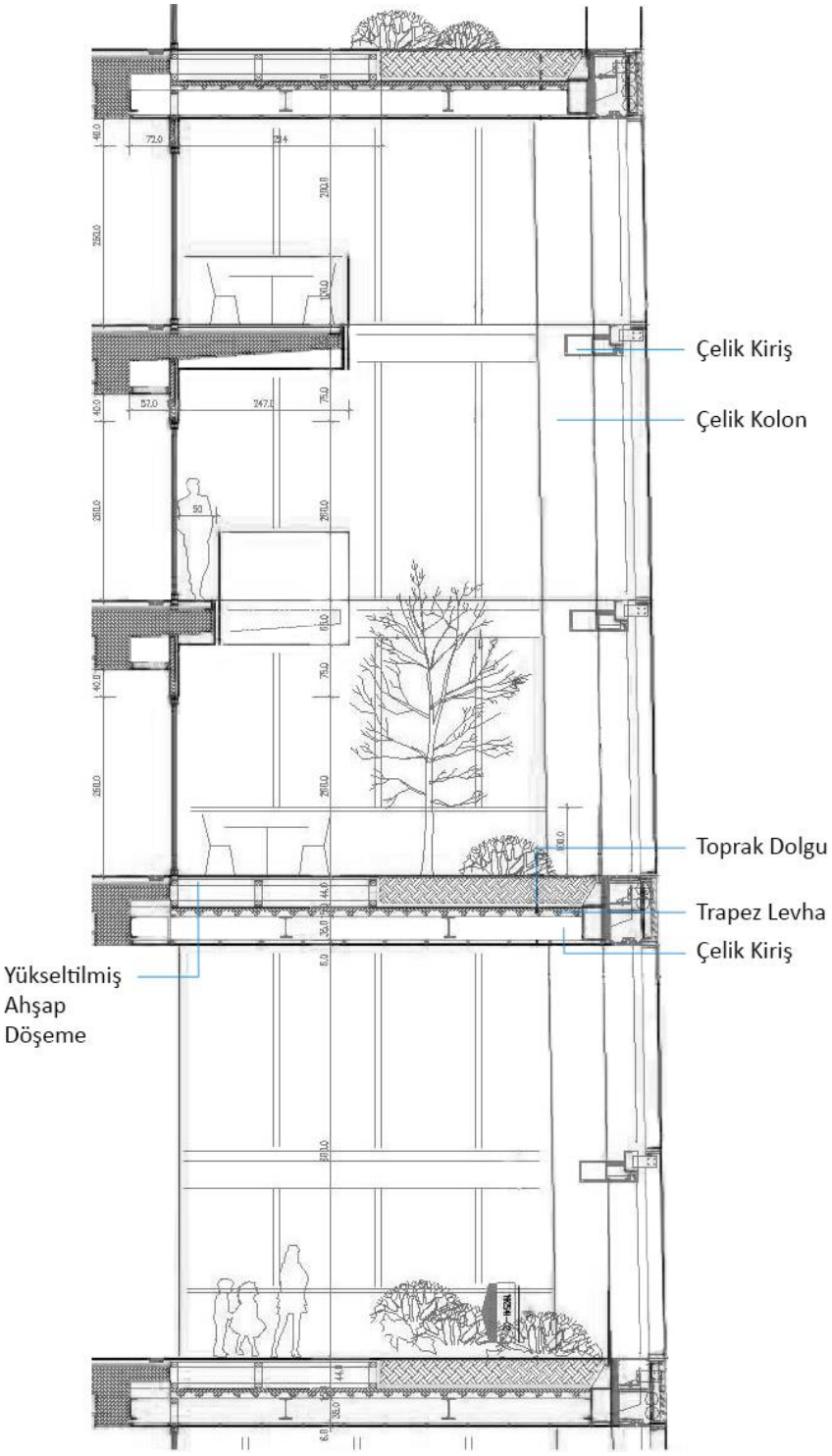
Yapının planı dikdörtgen olup her iki kısa kenarda birer adet dikdörtgen 9x12 metre aks ölçülerinde betonarme çekirdek bulunmaktadır. Çekirdeği oluşturan betonarme perdelerin kalınlığı 80 santimetre olup, yapının perde çerçeveli taşıyıcı sistemini oluşturan perde duvarların her biri 60 santimetre kalınlığında 3,85 metre uzunluğundadır (Şekil 4.15). Yapı cephesinin uzun kenarında çekirdekler 3'er metre aksın dışında yer alırken perde duvarların aks aralıkları 9'ar metredir. Yapının kısa kenarında ise çekirdeğin aks aralığı 9 metre ve her iki yanındaki perde duvar aksları ise 6 metredir. Yapıdaki yükseklik arttıkça genişliği daralan kat bahçelerini 50x80 santimetre boyutunda çelik "H" profiller desteklemektedir.



Şekil 4.15. Sapphire Residence Tower taşıyıcı sistem planı

Yapının betonarme bölümünde kaset döşeme kullanılmıştır ve döşeme kiriş kalınlığı 60 santimetredir. Plak döşeme kullanılan bölümlerde ise sarkan kiriş yüksekliği 85 santimetreyi bulmaktadır [164]. Çelik profillerle yapının betonarme konstrüksiyonuna desteklenmiş olan kat bahçesi döşemeleri içinse, çelik oluklu trapez paneller kullanılmıştır. Yeşil alan kullanımı dışında kalan sert zeminler için yükseltilmiş ahşap döşemeler oluşturulmuştur (Şekil 4.16). Yapının betonarme kısımları için yüksek dayanımlı özel testlere tabi tutulmuş C50 sınıfı beton kullanılmıştır [165]. Yapı kule

kısmının altına gelen bölümlerde yüksek dayanım özelliğine sahip C60 betonu kullanılmıştır ve yapının temeli radye temel olup kalınlığı ise 3,1 metredir [164]. Tablo 4.2'de Sapphire Residence Tower'ın taşıyıcı sistemini oluşturan elemanlar, malzemeleri ve boyutları özetlenmiştir.



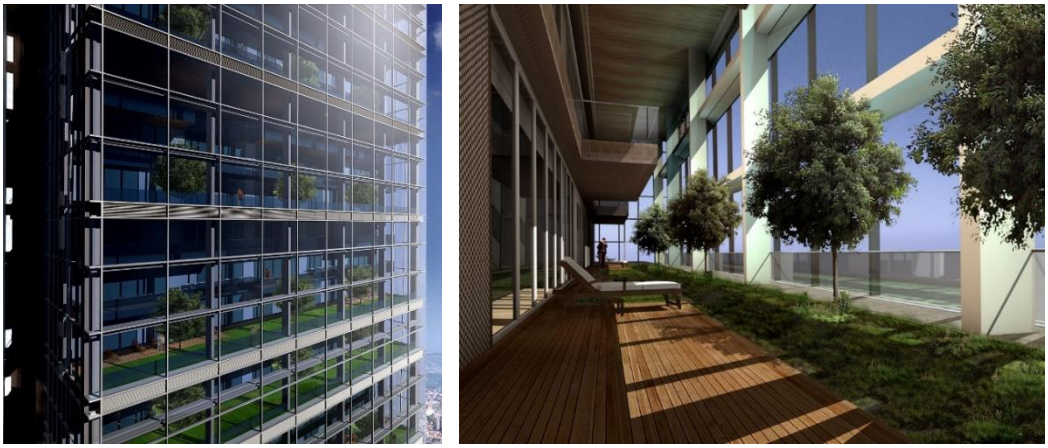
Şekil 4.16. Sapphire Residence Tower kısmi sistem kesiti [166]

Tablo 4.2. Sapphire Residence Tower strüktür sistemi ve özellikleri

Yapı Elemanı	Özellikler		
	Türü	Malzemesi	Boyutu
Ana Strüktür	Betonarme Perdeli Çerçeve	C50 Sınıfı Beton	60 x 385 cm Perde Duvar
Ek Strüktür	Çelik Çerçeve	Yapısal Çelik	50 x 80 cm "H" ve Kutu Profil
Çekirdek	Betonarme Perde	C50 Sınıfı Beton	80 cm Perde Duvar Kalınlığı
Temel	Radye Temel	C60 Sınıfı Beton	3,1 m Temel Yüksekliği
Döşeme - 1	Betonarme Kaset	C50 Sınıfı Beton	60 cm Döşeme Kiriş Yüksekliği
Döşeme - 2	Çelik Kompozit Döşeme	Yapısal Çelik	45 cm Toprak Dolgulu Döşeme Yüksekliği

4.1.4. Cephe Sistemi Tasarım Özellikleri ve Malzemeler

Sapphire Residence Tower'ın cephesi birbirinden bağımsız iki kabuktan oluşmaktadır. Böylece iç mekânlar, yapının bulunduğu konuma göre fiziksel dış çevre koşullarına bağlı her türlü olumsuz meteorolojik etkiden ve dış ortam gürültüsünden korunmaktadır. Bu iki kabuktan biri olan iç yüzeyler, mekânların işlevine yönelik olarak gerekli havalandırma ve gün ışığı için opak duvar yüzeyleri ile saydam cam yüzeylerden oluşurken dış ortamla yapıyı ayıran kabuk ise tamamen saydam yapıdadır (Şekil 4.17). Bu saydam kabuk, iç ve dış ortam arasında tampon bir alan yaratmaktadır. Ayrıca bu durum, yapı fiziği çözümlerini olumlu yönde etkilemenin yanında iç mekânların konforunu yükseltecek düzenlemelerin yapılmasına da olanak sağlamaktadır. Özellikle yapının hava koridorlu cephe tasarımıyla, yüksek yapılarda artan yükseklikle birlikte azalan doğal havalandırmanın yapı boyunca sağlanması da mümkün olabilmektedir.



Şekil 4.17. Sapphire Residence Tower dış ve iç kabuk yüzeyleri [167]

Konvansiyonel çift cidarlı cepheler genellikle 1 metreden daha derin değildir. Fakat Sapphire Residence Tower'da bu derinlik 6 metreden başlayarak yapı yükseldikçe azalmakta ve yaratılan bu alan iç mekân bahçeleri olarak kullanılmaktadır. Her 3 katta yatay olarak bölünen bu cephe boşluğunun yüksekliği 12 metre olup, bu mekânlar yapının planlamasında yer alan her zon arasında ise iki kat yüksekliğinde tüm alanın kat bahçesi olduğu alanlara dönüşmektedir. Bu cephe boşluğunun her birinde bir adet bahçe katına sahip konut birimi ile iç balkonlarla bu bahçeye bakan iki katta ayrı konut birimleri ya da tek bir dubleks konut yer almaktadır (Şekil 4.18).



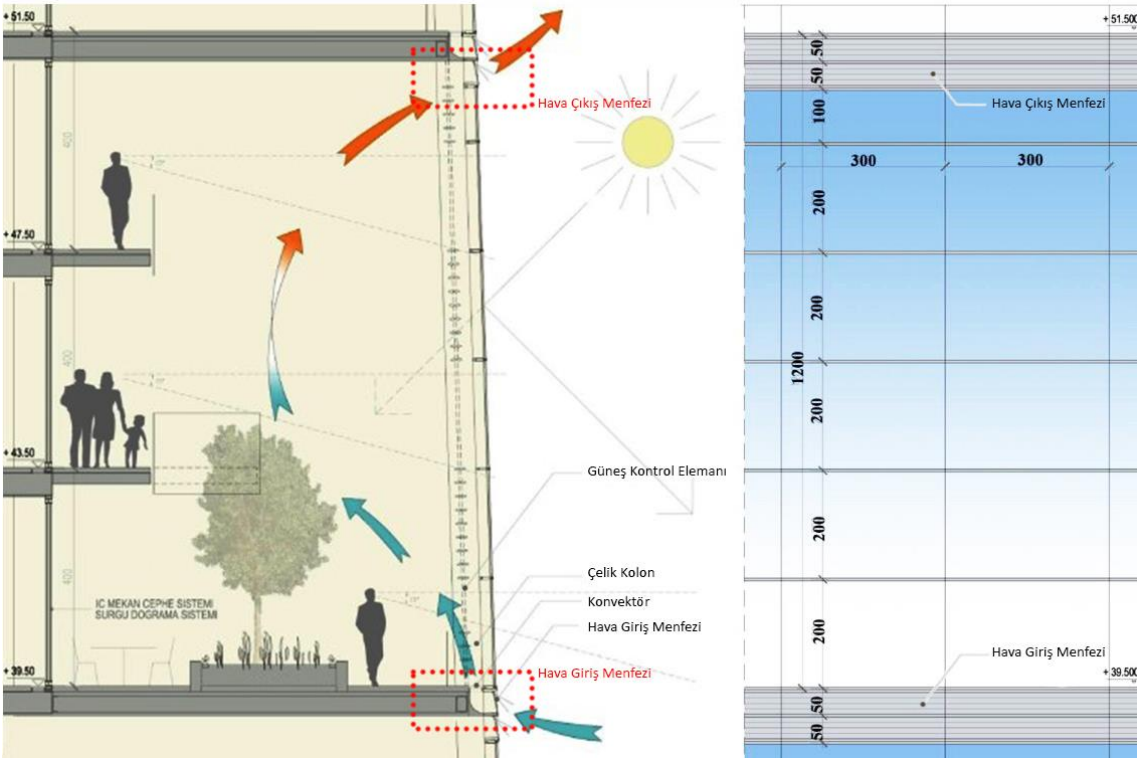
Şekil 4.18. Kat bahçesi ve bağımsız daire ilişkisi [167]

Mimari tasarım açısından bu hacimler; yapının iç ortam kalitesini ve enerji verimliliğini arttırıcı etkisinin olmasının yanında bir gökdelende yaşarken kırlarda veya geleneksel bir İstanbul evinde yaşama duygusunu ve yakın komşular ile 3 katlı bir evi paylaşıyor hissini vermek amacıyla tasarlanmıştır [168]. İki kabuk arasında oluşturulan bu boşluğun niteliği yapının yönüne göre değişiklik göstermektedir. Batı cephesinde yapı boyunca devam eden kapalı birer lineer balkon özelliğindeyken, doğu cephesinde apartman dairesinin bahçesi veya terasları olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Batı yönündeki atriyumlu balkonlar ile Doğu yönündeki kat bahçeleri [161]

Yapı bir gökdelen olsa da iç ortamda yarattığı kat bahçeleriyle kullanıcılarına insan ölçeği sunabilmektedir. Böylece doğrudan dış ortama açılan pencereler bulunmasa da kullanıcılar konutlarının pencerelerini güvenli bir şekilde açabilir. Yapının hava koridorlu yapısıyla, kat bahçeleri ve iç mekânların doğal olarak havalandırılması mümkündür. Fakat yapının yüksekliği gereği bu havalandırma, doğrudan cephede pencere açılması şeklinde değil giydirme cephe sisteminin üzerinde kiriş ve cephelerin birleştiği, spandrel alanlara yerleştirilen kontrol edilebilir hava menfezleriyle sağlanmaktadır. Bu sistemde taze hava her bir bahçe alanının alt kotunda yer alan hava menfeziyle yapı içine alınıp iç ortamın havalandırması sağlanmakta ve daha sonra ısınarak yükselen kirli hava ise kat bahçesinin üst kotunda bulunan diğer hava menfezinden geçerek yapıdan uzaklaştırılmaktadır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Sapphire Residence Tower doğal havalandırma mekanizması çalışma prensibi ve cephe ilişkisi [164]

İç ve dış kabuk arasında kalan bölgede hareketli, kontrol edilebilen menfezler ve teknik donanımlar ile doğal havalandırma sayesinde nefes alan Sapphire Residence Tower, tasarımı sayesinde iklimlendirme için daha az enerji tüketmektedir [169]. Ayrıca yapının dış cephesinin iç yüzeyinde otomatik kontrol edilebilen güneş kontrol elemanları olarak kullanılan storlar yardımıyla gün ışığının içeriye girişi perdelenebilmektedir.

Doğal aydınlatma için gerekli olan yapıya giren gün ışığı miktarını yapının saydam yüzey alanı belirlemektedir. Ayrıca yapı kabuğunda opak yüzeylere göre ısıl performans açısından daha zayıf olan bu yüzeyler yapının ısı kazanç ve kayıpları için de önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda Sapphire Residence Tower'ın simetrik tasarımı gereği yapının uzun cepheleri olan doğu ve batı cepheleri ile dar cephe yönleri olan kuzey ve güney cephelerinde saydamlık oranları aynıdır. Fakat yapının doğu ve batı cephelerinin hemen hemen tamamı saydam olan cam yüzeye sahipken, dar cephede opak emaye boyalı cam giydirme yüzeyler daha fazladır. Tablo 4.3'de yapının yönlerine göre cephelerin saydam ve opak yüzey alanları ile saydamlık oranı özellikleri yer almaktadır. Tablo 4.4'de ise Sapphire Residence Tower'ın yapı kabuğunu oluşturan cephe sisteminde saydam ve opak yüzeylerde kullanılan elemanlar, malzemeler ve boyutlar özetlenmiştir.

Tablo 4.3. Sapphire Residence Tower yapı kabuğu saydamlık oranı

Cephe Yönü	Yüzey Alanı		Saydamlık Oranı
	Saydam	Opak	
Kuzey	3.350 m^2	3.910 m^2	%46
Güney	3.350 m^2	3.910 m^2	%46
Doğu	10.295 m^2	1.585 m^2	%87
Batı	10.295 m^2	1.585 m^2	%87
Toplam	**27.290 m^2**	**10.990 m^2**	**%71**

Tablo 4.4. Sapphire Residence Tower'ın opak ve saydam yapı kabuğu ısıl özellikleri[13]

Cephe Elemanı	Özellikler		
	Cephe Bileşenleri	Kalınlıklar	Toplam U-Değeri
Opak Giydirme Cephe	Alçı Sıva	20 mm	0,20 W/m²K
	Betonarme Perde Duvar	800 mm	
	Taş Yünü Yalıtım	80 mm	
	Hava Boşluğu	100 mm	
	Emaye Boyalı Cam (6mm+1,5mm+10 mm)	175 mm	
Cam Giydirme Cephe	Cam	-	1,10 W/m²K
	Cephe Sisteminin Profili	-	2,00 W/m²K

4.1.5. İç Ortam Tasarım Özellikleri

Sapphire Residence Tower sahip olduğu biyo-iklimsel tasarım kriterleriyle diğer yüksek yapılardan ayrılmaktadır. Yapının her aşamasında yüksek bir konut yapısı olarak hem fiziksel dış hem de iç ortam koşullarının konut kullanıcısına uygun şekilde düzenlenmesine özen gösterilmiştir. Tasarım kriterleri arasında yapının enerji verimliliğine ayrı bir önem verilmiş; yapının içinde ve dışında enerji tasarrufu sağlamaya yönelik tasarımlar geliştirilmiştir.

İç ortam tasarımında, yapının bağımsız konut birimleri biraya getirilirken kullanıcı konforu ve yapı enerji verimliliğine dikkat edilmiştir. Buna göre komşu iki birim arasında tek ortak duvar yerine aralarında boşluk bulunan iki ayrı duvar tasarlanmıştır. Akustik açıdan yapının konforunu arttıran bu uygulama kullanıcı memnuniyetini de olumlu yönde etkilemektedir. Yapının her 3 katında tekrarlayan kat bahçeleri, bu kattaki

[13] Yapı kabuğuna ait olan termal özellikler ve katmanların bilgileri yapının cephe sistemini yapan "Dekoral Alüminyum" firmasından temin edilmiştir.

dairelerin geniş kayar pencerelerinin tamamen açılmasıyla iç mekânın bir parçası haline gelmektedir (Şekil 4.21). Böylece yüksek konutta yaşayan kişiler geleneksel bahçeli bir yapı ortamını iç mekânla bütünleştirebilmektedir. Ayrıca mekân organizasyonunda yapıda tesisat birliği sağlanması için tüm ıslak hacimler üst üste gelecek şekilde planlama yapılmıştır. İç ortam tasarımı açısından yapıda, günümüzün yapım teknikleri ve malzeme imkânlarının kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 4.21. İç mekân ile kat bahçesinin bütünleşik tasarımı [170]

Yapının iç ortam tasarımı konut işlevine uygun kullanıcı memnuniyetine yönelik olarak düzenlenmiştir. Ayrıca kullanıcı dostu bir çevre yaratmak için "akıllı ev" sistemleri de tasarlanmıştır. Akıllı ev sisteminde teknolojinin yardımıyla yapının her türlü iç ortam ihtiyacı kontrol edilebilmektedir. Böylece yapının kullanıcı dostu ve bakımının kolay sağlanabilir olması amaçlanmıştır. Bu bağlamda yapının mekanik, elektronik, aydınlatma ve güvenlik sistemleri bir otomasyon ünitesi tarafından kontrol edilmektedir. Yapı otomasyon ünitesindeki giriş aygıtları tarafından toplanan gerçek zamanlı veriler, bir denetleyiciyle izlenmektedir ve gerekli durumlarda denetleyiciden çıkış aygıtlarına komutlar gönderilerek iç ortam için düzenlemeler yapılmaktadır. Bu otomasyon sistemi, çevresel faktörlerin belirtilen aralıkta tutulmasını ve yapı yönetimini yapan personelin her kattaki durum hakkında bilgilendirilmesini sağlamaktadır [16]. Ayrıca, merkezi kontrolün dışında tüm dairelerde bireysel ev kontrol panelleri de bulunmaktadır. Bu panel sayesinde her konut birimi elektrik, klima ve kendi ortamlarındaki güvenlik ayarlarını yönetebilmektedir. Yapının ısıtma ve havalandırma sistemi ise merkezidir. Dairelerde ısıtma sistemi olarak yerden ısıtma, soğutma sistemi olarak ise fan coil üniteleri kullanılmaktadır. Yapıda hava koridorlu cephe tasarımıyla doğal havalandırma olanağı sağlanarak, bu havalandırma sistemi ek mekanik havalandırma ile desteklenmiştir.

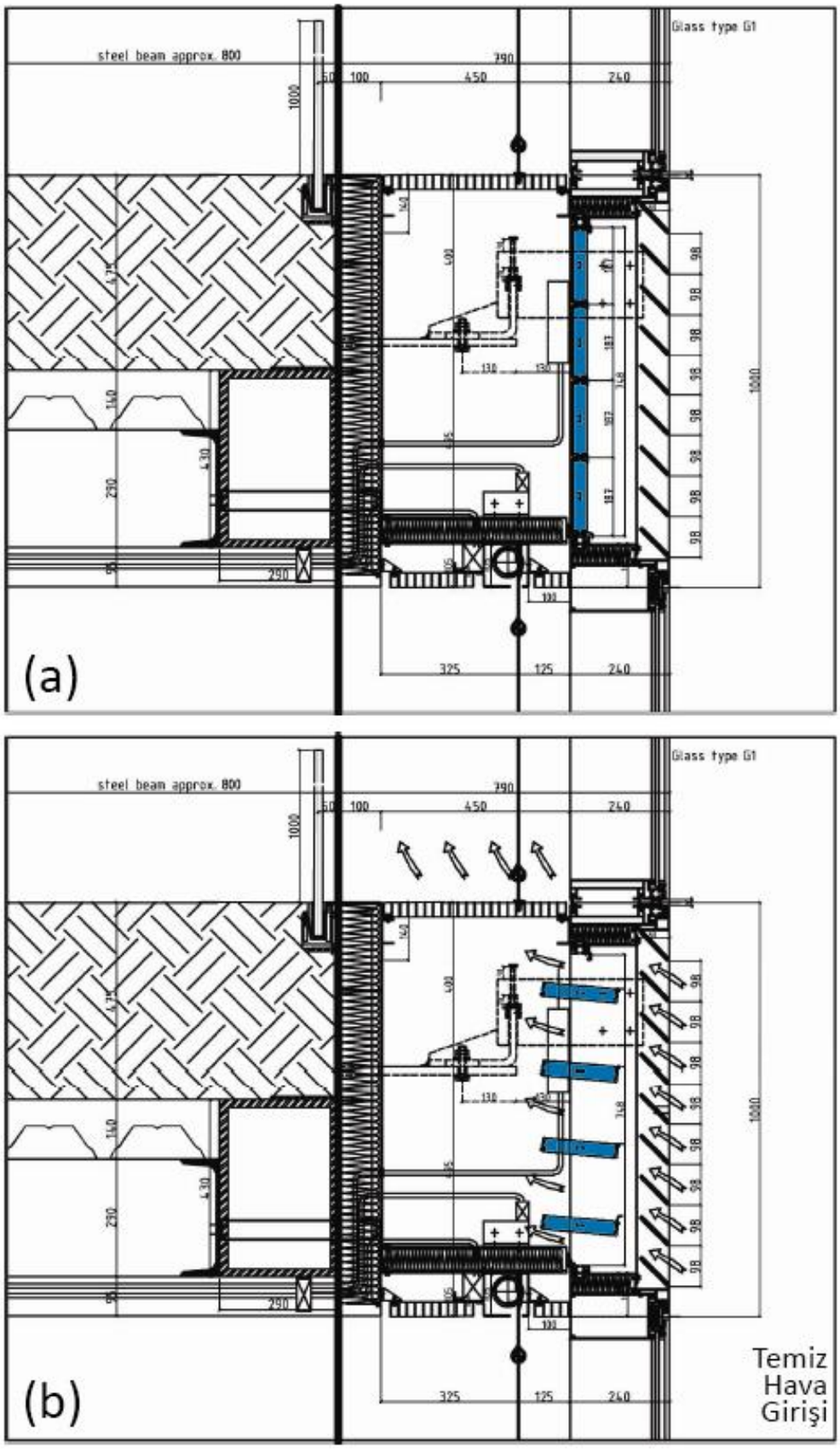
Yapının iç ortam tasarımında en etkili öge hava koridorlu cephe tasarımıdır. Buna bağlı olarak gelişen, her katta bulunan ve doğal havalandırma, gerçek canlı bitkilerle komşuluk kültürü sunan geniş bahçeler de yapının iç ortam konforunu belirleyici role sahiptir. Yapının dışındaki cephe, kullanıcılar için bir güvenlik kalkanı görevi üstlenirken, iç mekânı her türlü dış etkenlerden ve gürültüden korumaktadır. Böylelikle yapı sakinleri konforlu bir iç ortamda yaşamaktadırlar.

Yapının iç ortam ısıtma sistemi için doğalgaz ile çalışan çelik kazanlar kullanılmıştır. Dairelerin ısıtması cam önlerinden ve yerden sağlanmaktadır. Ayrıca yapının iç ortam ısı kalitesini arttırmaya yönelik katkısı olan hava koridorlu cephe de kış döneminde gün ışığından maksimum faydalanmaya, yaz döneminde ise dışarıdaki sıcak havadan korunmaya yardımcı olmaktadır. Böylece yapının ısı kayıpları ve kazançları azaltılmaktadır. Yapıda soğutma ise su soğutma kulelerinden oluşan sistem üzerinden mekanik olarak sağlanmaktadır.

Sapphire Residence Tower doğal havalandırma sayesinde "nefes alan bina" olarak nitelendirilmektedir. Hava koridorlu cephenin çevre dostu bir sonucu olarak yapının mekanik iklimlendirmesi için daha az enerji tüketilerek, yapının enerji verimliliği artmaktadır. İç ve dış cephenin arasında oluşturulan hava koridoruyla cephe, kendisini klima etme özelliğine sahiptir. Böylece yapının enerji tüketiminde yaklaşık %25-30 tasarruf sağlanabilmektedir [171].

Pasif olarak yapının havalandırılmasını sağlayan havalandırma menfezlerinin çalışma mekanizması otomasyon sistemi tarafından kontrol edilmektedir. Boşluğun içindeki sıcaklık, yapının otomasyon birimi tarafından belirlenen üst sınıra ulaştığında, sıcak hava boşaltılması için kanatlar açılır. Boşluğa yerleştirilen sensörler sıcaklık verilerini toplar ve kanatlara sinyal gönderir. Bu sinyaller elektrik ünitesi tarafından cam lamellerin merkezleri etrafında dönerek açılmasını sağlar. Alt menfezden temiz hava girerken üst menfezden kirlenen hava çıkış yapar. Ayrıca, rüzgârın etkilerini azaltmak ve yağmurun nüfuz etmesini önlemek için kanatların hemen dışında 45 derecelik bir açıyla sabitlenmiş ızgaralar bulunmaktadır. Bununla birlikte, cephe güvenliği için rüzgâr hızı 45 km/s'in üstünde ise kanatlar kapalı kalır ve yalnızca yangın durumunda açılır [16].

Şekil 4.22'de havalandırma kanallarının yapısı, kapalı ve açık olma durumu gösterilmektedir. Şekil 4.23'de ise döşeme noktasından yapı iç ortamına temiz hava girişinin olduğu menfez yer almaktadır.



Şekil 4.22. Havalandırma menfezlerinin kapalı (a) ve açık (b) olma durumu [16]



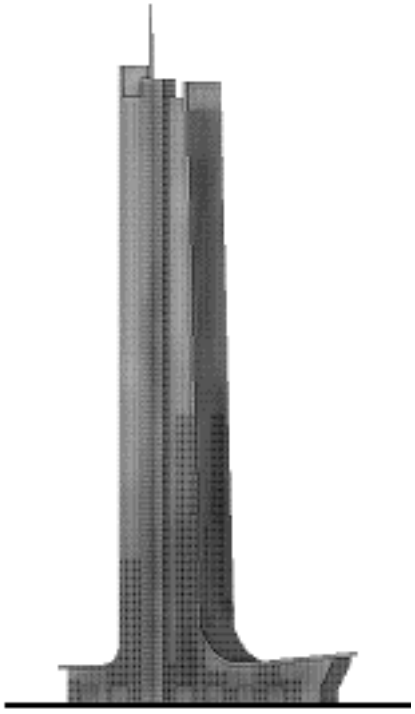
Şekil 4.23. Yapı iç ortamına temiz hava giriş menfezi [172]

Yapının bütününde daire planlarında ferah ve aydınlık çözümler üzerinde durulmuştur. Fakat yapının formuna bağlı olarak yükseldikçe daralan kat bahçelerinin dış ve iç cephesi arasındaki mesafenin alt katlarda 6 metreyi bulan genişlikleri dairelerin manzara görüşünü olumsuz etkilemekte ve bu durum doğal aydınlatma kalitesini de azaltmaktadır.

Yapının tüm işletimi ve kullanımı için oldukça önemli olan elektrik enerjisi jeneratörler vasıtasıyla kesintisiz olarak sağlanmaktadır. Yapının yangın algılama ve ihbar sistemi, yangın söndürme kuru ve ıslak hidrant sistemleri gibi yüksek yapılar için oldukça önemli olan yangın güvenliği için gerekli donatılar kurulmuştur. Ayrıca her çekirdekte ikişer adet olmak üzere toplamda dört tane yangın kaçışı bulunmaktadır. Türkiye'nin ve özellikle de İstanbul'un içinde bulunduğu deprem kuşağı dikkate alındığında yapı tüm deprem yönetmeliklerine göre de uygun bir şekilde inşa edilmiştir.

Tablo 4.5'te Sapphire Residence Tower'ın genel bilgileri, konum bilgileri ile strüktürel ve cephe özelliklerine ait tüm mimari özellikleri özetlenmiştir.

Tablo 4.5. Sapphire Residence Tower yapı künyesi

SAPPHIRE RESIDENCE TOWER			
		**GENEL BİLGİLER**	
		Yapım Yılı	2006 – 2010
		Mimari Tasarım	Tabanlıoğlu Mimarlık
		Strüktürel Tasarım	Balkar Mühendislik
		Müteahhit Firma	Biskon Yapı A.Ş.
		Fonksiyonu	Lüks Konut ve AVM
		Arazi Alanı	11.602 m^2
		Toplam İnşaat Alanı	165.139 m^2
		Kat Sayısı	55
		Yapı Yüksekliği	261 m
KONUM BİLGİLERİ		**STRÜKTÜR ÖZELLİKLERİ**	
Konumu	Büyükdere Caddesi, İstanbul - Türkiye	**Strüktür Malzemesi**	Betonarme
Konum Özelliği	Merkezi Ticaret Alanı	**Strüktür Sistemi**	Rijit Çerçeveli Perde Duvar
İklim Durumu	Ilıman İklim	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Hâkim Rüzgâr	Kuzey – Kuzeydoğu	**Kalıp Sistemi**	Tırmanır Kalıp
Ortalama Sıcaklık	Yaz: 21,5 °C Kış: 5,5 °C	**Yapı Narinlik Oranı**	5
EN YÜKSEK YAPI SIRALAMASI		**CEPHE ÖZELLİKLERİ**	
Dünya	# 242	**Cephe Sistemi**	Hava Koridorlu Cam Giydirme Cephe
Avrupa	# 9	**Havalandırma Sistemi**	Doğal + HVAC Sistem
Türkiye	# 1	**İklimlendirme Sistemi**	HVAC Sistem
İstanbul	# 1	**Açılır Pencere Durumu**	Yok
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK		**ENERJİ VERİMLİLİĞİ**	
Yapı Sertifikası	Yok	Enerji verimli hava koridorlu cephe sistemi	

4.2. İnceleme Yöntemi

Çalışma kapsamında, örnek alan çalışması için seçilen Türkiye'nin en yüksek ve hava koridorlu cepheye sahip konut yapısı Sapphire Residence Tower'ın iç ortam kalitesi ve enerji tüketimi incelemeleri iki ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir. Buna göre inceleme, benzetim programlarından alınan analiz sonuçlarına ve yapı kullanıcılarıyla yapılan görüşmeden elde edilen verilere göre yapılmıştır.

Bilgisayarın yapılarla ilgili çok kullanıcılı bilgi bankası/arşiv ve veri tabanı olarak kullanımı ve bilgisinin bilgisayarda modellenme yöntemleri olarak tanımlanan yapı bilgi modellemesi (Building Information Modelling – BIM), yapıların taşıyıcı sistem analizinden çevresel analizine kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Bir yapı bilgi modeli, yapıyı "koordine edilmiş bilgilerden oluşan birleşik bir veri tabanı" olarak sunar [173]. Çevresel davranışı tahmin etmek ve yapı kabuğunun iklime uygun tasarımını ısı, gün ışığı, hava hareketi ve CO_2 salınımı gibi parametrelere bağlı olarak değerlendirmek için kullanılan bir tür çevresel analiz benzetim programı olan "DesignBuilder", Sapphire Residence Tower'ın enerji tüketimi ve iç ortam konforunu belirlemek için kullanılmıştır.

Kullanıcıların iç ortam kalitesi algısı ise yapı kullanıcılarıyla yapılan görüşme sonucunda belirlenmeye çalışılmıştır. Görüşmede iç ortam algısına yönelik iç ortam kalitesi parametrelerinin her biri için mevcut durumdan memnuniyetleri, mevcut durumu derecelendirmeleri ve nasıl olmasını istediklerine yönelik sorular yöneltilmiştir. Yapının kapalı güvenlikli bir yapı oluşu nedeniyle yapı sakinlerinin tamamından görüş alınması mümkün olmamıştır. Yapının 16.'ıncı katındaki kullanıcılardan elde edilen görüşler doğrultusunda yapı iç ortam kalitesi algısı hakkında fikir edinilmiştir. EK-B'de kullanıcılarla yapılan görüşme için hazırlanmış olan sorular yer almaktadır.

İnceleme sonucunda benzetim programı "DesignBuilder" üzerinden "EnergyPlus" analizi sonucu elde edilen veriler ile görüşme sonucu yapı sakinlerinin düşünceleri arasında ilişki kurularak sonuçlar yorumlanmaya çalışılmıştır.

- ***"DesignBuilder" Enerji Simülasyon Programı:***

DesignBuilder, yapı tasarımlarının ısıtma ve soğutma enerjisi yüklerini, yapı kabuğunu oluşturan bileşenlerin yapının gömülü enerjisi ve enerji tüketimine bağlı CO_2 salınım değerlerini, yapının ısıl ve aydınlatma konforunu ölçmek ve kontrol etmek için geliştirilmiş bir modelleme programıdır [174]. Program Amerikan Enerji Bakanlığı

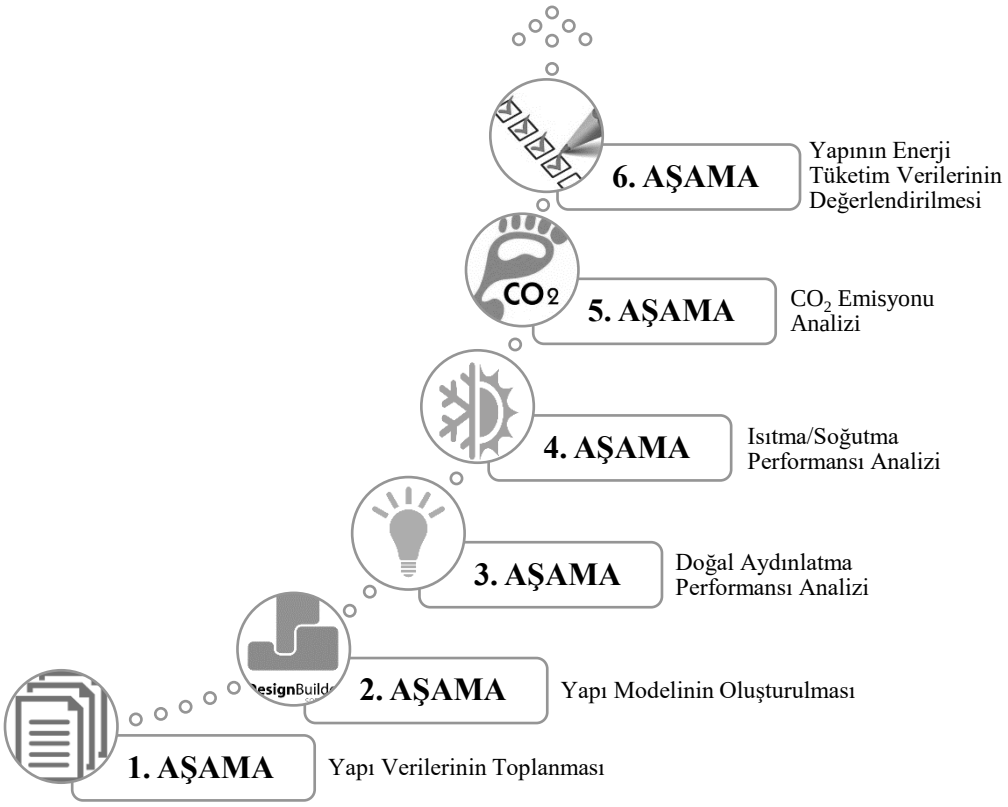
(United States Department of Energy – DOE) tarafından geliştirilmiş, sürekli geliştirilmekte olan ve yapının ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve diğer enerji akışlarını modellemek için kullanılan "EnergyPlus" termal simülasyon motorunu kullanmaktadır. EnergyPlus'taki ısıl mekân hesaplama metodu, mekân havasının konfor koşullarına uygun düzenlenmiş sabit bir sıcaklıkta ele alındığı ısıl denge modelidir [175]. 1990 yılının ortalarından itibaren yapılardaki enerji tüketimini azaltmaya yönelik olarak ilk defa Amerika'da geliştirilen enerji tüketim hesaplamaları için pek çok program üretilmiştir [176]. Bu programlardan biri olan ve 2005 yılında ilk sürümü çıkartılan DesignBuilder değişen standartlar, malzemeler ve iklim verileri nedeniyle devamlı olarak güncellenmeye devam etmektedir. 2016 yılı son çeyreği itibariyle programın 5.0.1.024 numaralı sürümü kullanıma sunulmuş olup, bu tez kapsamında da en güncel versiyon olan 5.0.1.024 numaralı sürüm kullanılmıştır.

Gerçek iklim verilerinin kullanıldığı "DesignBuilder" programı, yapıların detaylı olarak enerji performansının saptanmasını mümkün kılmaktadır. Simülasyonların önemli özellikleri; iklim verilerinin saatlik iklim verilerinden türetilmesi, farklı sıcaklıklardaki zonlar arasındaki iletim ve yayılımı içermesi, pencerelerden kazanılan güneş enerjisinin hesaba katılması, seçeneğe göre HVAC ekipmanlarının da simülasyona dâhil edilmesidir [15] . Hızlı üç boyutlu yapı modeli oluşturma, kolay öğrenebilir ve kullanıcı dostu olması "DesignBuilder"ı diğer simülasyon programlarından ayıran en önemli özelliklerdir.

Çalışmada "DesignBuilder" programı kullanarak yapı incelemesi 3 ayrı adımla gerçekleştirilmiştir. İlk adımda DesignBuilder kullanılarak yapı modelinin geometrisi oluşturulmuştur. İkinci adımda ise EnergyPlus programı yardımıyla bir yıl süreyle değişen 1 saatlik zaman dilimlerine göre enerji simülasyonları yapılmıştır. Son adımda ise sonuçlar DesignBuilder'da elde edildikten sonra Excel dosyasına aktarılmıştır. Daha sonra ise veri işleme ve analizler gerçekleştirilmiştir.

4.3. Enerji Tüketimi Değerlendirmesi

"DesignBuilder"da simülasyon modelinin oluşturulmasından yapının enerji tüketim değerlendirmesine kadarki tüm süreç 6 aşamada gerçekleşmiştir. Bu aşamaların akış diyagramı Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24. Enerji tüketimi değerlendirmesi akış diyagramı

4.3.1. Mevcut Yapı Özellikleri ve Çevresel Koşulların Değerlendirilmesi

Sapphire Residence Tower giriş kotunda kamusal bir alan olan alışveriş merkezi üzerinde yükselen konut kulesinden oluşmaktadır. Çalışma yüksek konut yapılarında iç ortam kalitesi ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelediği için AVM bölümü enerji tüketim hesaplamalarına dâhil edilmemiştir. Yapı, İstanbul'un enlem boylam ve iklim verilerine göre programa tanıtılmıştır.

Yapının konumuna göre tipik yıla ait saatlik veriler kullanarak enerji akışı analizi yapan DesignBuilder programı, iç ortam sıcaklık değerini sabit tutarak saatlik verilere bağlı yapı kabuğu yoluyla kazanılan ve kaybedilen ısı miktarını dikkate alarak hesaplama yapmaktadır. Bunun için İstanbul'a ait iklimsel IWEC (International Weather for Energy Calculations) tipik yıla ait saatlik iklim veri dosyaları EnergyPlus'tan temin edilmiştir.

Simülasyon programında kullanılacak olan yapının mevcut durumuna ait tüm veriler Tablo 4.6'da özetlenmiştir. Tablo 4.4'te de yer alan yapı kabuğuna ait termal özellikler simülasyonda kullanılmıştır.

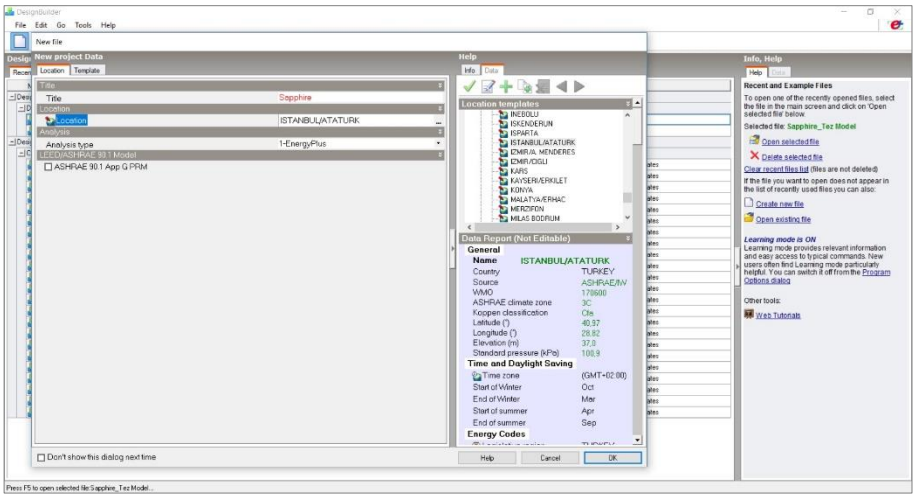
Tablo 4.6. Sapphire Residence Tower mevcut yapı özellikleri

Yerleşim ve İklim Verileri	**Konum**	4.Levent, İstanbul - TÜRKİYE			
	Koordinat	41° 5’ 6.28” Kuzey		29° 0’ 21.96” Doğu	
	Rakım	124 m			
	Hâkim Rüzgâr Yönü	Kuzey – Kuzeydoğu			
	Ortalama Rüzgâr Hızı	4,5 m/s			
	Dış Ortam Ort. Sıcaklığı	Yaz	22,5 °C	Kış	5,5 °C
	Ortalama Bağıl Nem	%75			
	Derece Gün Bölgesi	2. DGB			
	İklim	Ilıman (Karadeniz ve Akdeniz İklimi - Geçiş İklimi)			
	Yapı Yönlenmesi	Doğu – Batı			
Mimari Veriler	**Kat Adedi**	Konut	49	AVM	6
	Kat Alanı[14]	Maksimum	1.446 m^2	Minimum	1.306 m^2
	Toplam Yapı Alanı	59.744 m^2			
	Toplam Yapı Hacmi	250.580 m^3			
	Alan-Hacim Oranı (A/V)	0,24			
	Taşıyıcı Sistem	Betonarme Perde Çerçeve			
	Cephe Sistemi	Cam Giydirme Cephe			
	Yönlere Göre Isı Kaybeden Yüzey Alanı	Kuzey	7.260 m^2	Güney	7.260 m^2
		Doğu	11.880 m^2	Batı	11.880 m^2
	Toplam Dış Yüzey Alanı	38.280 m^2			
	Yapı Saydamlık Oranı	%71			
Mekanik Sistem Verileri	**Isıtma Sistemi**	Yerden ısıtma, döşeme tipi fan coil			
	Isıtma Sistemi Yakıtı	Doğalgaz			
	Soğutma Sistemi	Fan coil ve doğal havalandırma			
	Soğutma Sistemi Yakıtı	Elektrik			
	Isıtılan Yapı Alanı	52.791 m^2			
	Isıtılmayan Yapı Alanı	6.953 m^2			
Aydınlatma Verileri	**Yaşam Alanı ve Banyo**	100 lux			
	Mutfak	300 lux			
	Yatak Odası	100 lux			
	Kat Sirkülasyon Alanları	100 lux			
İşletim Verileri	**İşletim Türü**	Her gün kullanıma açık olan konut yapısı			
	1+1 Daire	2 kişi			
	2+1 Daire	3 kişi			
	3+1 Daire	4 kişi			
	4+1 ve üzeri Daire	5 kişi			

[14] Yapının formuna bağlı olarak yükseldikçe azalmaktadır. Konut kulesinin maksimum kat alanı ile minimum kat alanı verilerine yer verilmiştir.

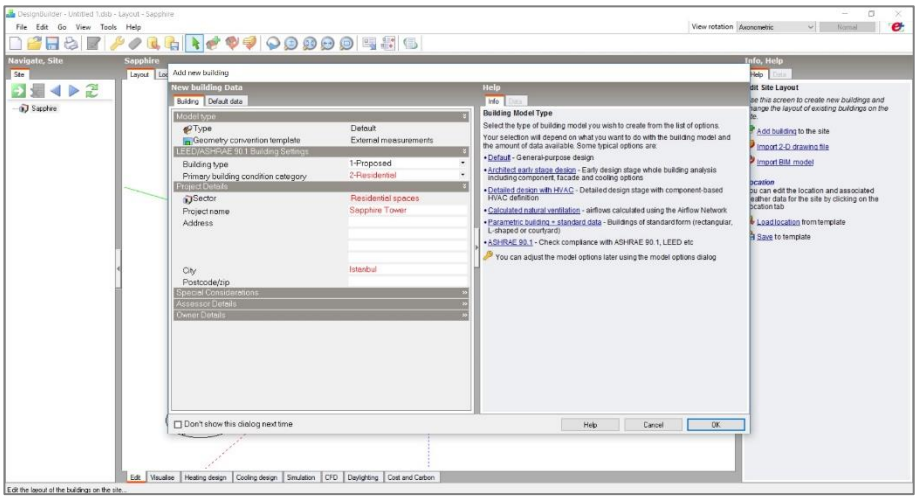
4.3.2. Mevcut Yapı Modelinin Oluşturulması - DesignBuilder

DesignBuilder programı gerçek zamanlı olarak enerji simülasyonu gerçekleştiren bir program olduğundan yapı modeli oluşturmadaki ilk adım yapının bulunduğu konumu seçmektir. Sapphire Residence Tower'ın konumu için programın kendi kütüphanesinde her ülkenin ayrı klasör halinde yüklü dosyasından "İstanbul" seçilmiştir (Şekil 4.25).



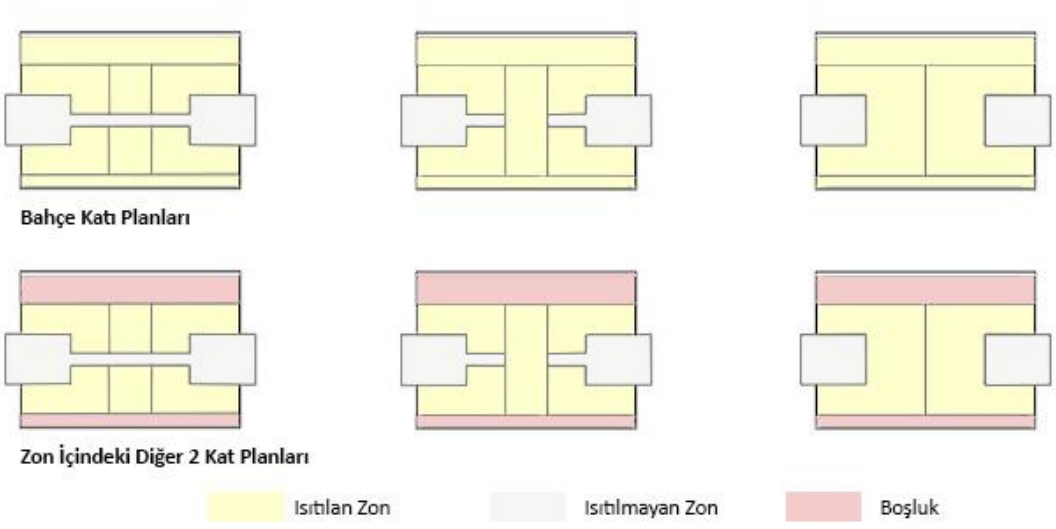
Şekil 4.25. Yapı modeli konum bilgisi

İkinci adımda programın "Layout" sekmesi altında yapının 3 boyutlu modeli oluşturulur. Bu model için "Add Building" komutuyla yapının ara yüze tanımlaması yapılır. Açılan pencerede yapı geometrisini oluşturan ölçü türü ve yapının işlevi seçilir. Son olarak yapının kimlik bilgileri oluşturularak program için yapı tanımlaması gerçekleştirilmiş olur (Şekil 4.26).

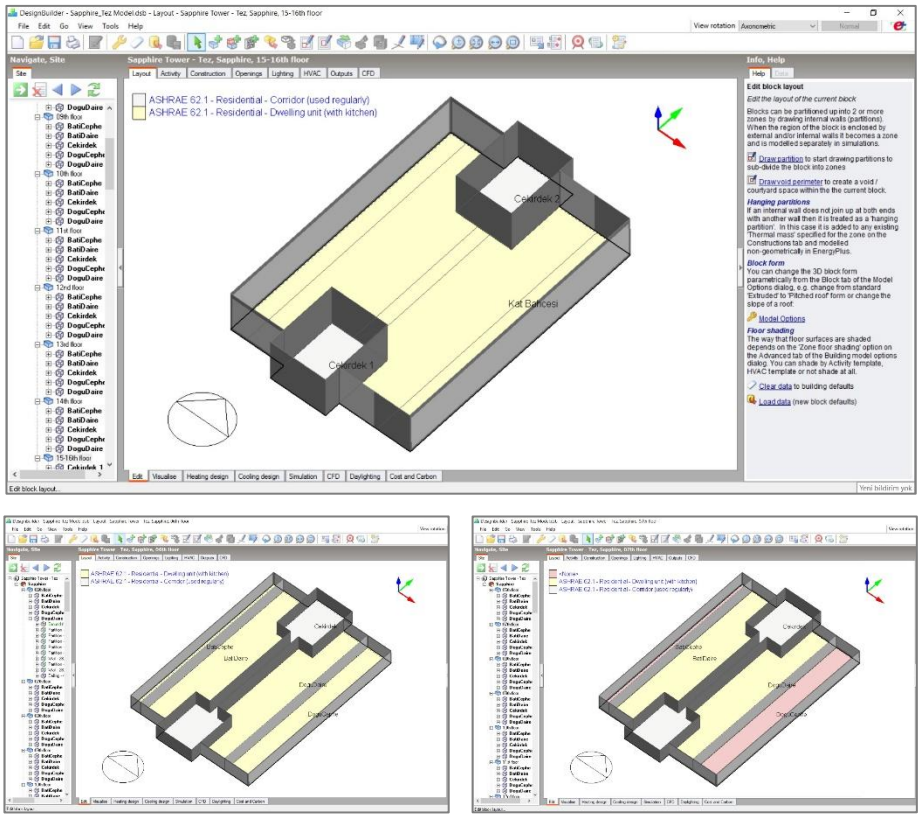


Şekil 4.26. Yapı bilgisi ve işlevinin oluşturulması

Üçüncü adımda ise yapı yüksekliği verisi girilerek önce yapının dış kabuğu, daha sonra yapı iç mekân bölüntüleri oluşturularak yapının zonları modellenir. Yapının her bir zonunun ayrı ayrı oluşturulması yapı enerji tüketim değerinin gerçeğe en yakın sonucu vermesine yardımcı olmaktadır. Fakat ısı iletim mekanizmasında etkili olan, zonların ısıtılan bir mekân olması ya da olmamasıdır. Özellikle yapıyı oluşturan zon sayısının çok olduğu durumlarda yapının zon ayrımının, ısıtılan ve ısıtılmayan hacimler kendi aralarında birleştirilerek oluşturulması, simülasyonun daha hızlı ve kolay yapılmasını sağlamaktadır. Özellikle yüksek bir yapı olan gökdelenlerin enerji tüketim değerlerinin hesaplanabilmesinde zonların gruplanarak zon sayısının azaltılması oldukça önemlidir. Bu kapsamda Sapphire Residence Tower için zon ayrımı, yapının ısıtılan ve ısıtılmayan hacimleri ile yapının hava koridorlu cephesinin yapısı gereği iç ve dış kabuk yüzeyleri arasında kalan boşluk olmak üzere 3 grup halinde yapılmıştır. Şekil 4.27'da yapının mevcut durumunda değişen kat planlarındaki zon ayrımı gösterilmiştir. DesignBuilder yapı modelinde zon ayrımı bu kabulle yapılırken programın içerisinde tanımlı olan ASHRAE 62.1 standardında yer alan zonlar arasından seçilerek yapılmıştır. Buna göre ısıtılan hacimler için "Residential – Dwelling Unit" değerlerine ve ısıtılmayan hacimler içinse "Residential – Corridor" değerlerine göre hesaplanmıştır. Yapı planlamasında iki kat yüksekliğinde ortak alanlarla ayrılan alanlar için de "Residential – Dwelling Unit" değerleri kullanılmıştır. Şekil 4.28'de programda oluşturulan kat planları ve zon ayrımı gösterilmiştir.

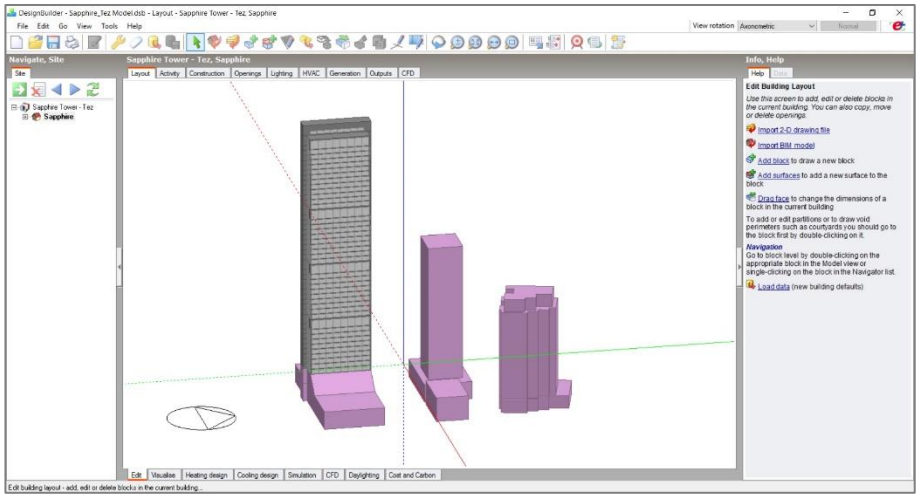


Şekil 4.27. Kat planı zon ayrımı



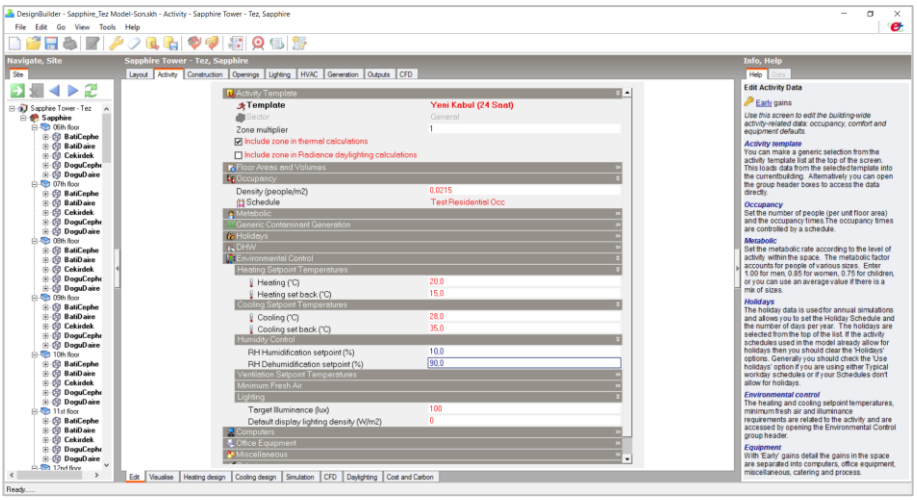
Şekil 4.28. Zonlar arası ortak kat bahçesi ile bahçe kotu kat planı ve üst kat planları

Yapının sadece konut kulesi için enerji tüketim hesaplamaları yapıldığından giriş kotunda yer alan AVM alanı sadece katı model olarak yerleştirilmiştir. Tüm katların bir araya getirilmesiyle yapının 3 boyutlu enerji modeli tamamlanmıştır. Çevre yapıların yapının güneşlenmesi gibi fiziksel dış çevre koşullarını etkilemesi nedeniyle yapının yakın çevresinde yer alan diğer yapılar da modele dâhil edilmiştir (Şekil 4.29).



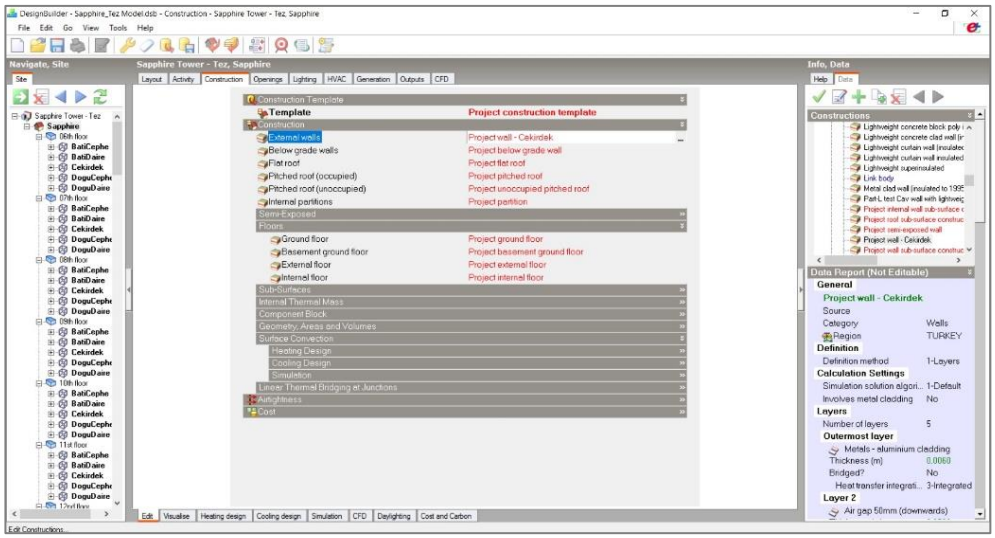
Şekil 4.29. Sapphire Residence Tower DesignBuilder yapı modeli

Dördüncü adımda oluşturulan zonlarda gerçekleştirilen kullanıcı tercihlerine bağlı olarak değişiklik gösteren aktivite bilgileri "Activity" sekmesi altında tüm yapı için oluşturulmuştur. Bu alanda yapının ısıtma ve soğutma sisteminin devreye girme sıcaklık değerleri ile istenen ortam sıcaklığı verileri girişi yapılmıştır (Şekil 4.30). Bu bağlamda Sapphire Residence Tower için ASHRAE-55'te kış ve yaz konforu için gerekli olan sınır değerlere göre ısıtma sisteminin devreye girmesi iç ortam sıcaklığı 20 °C'nin altına düştüğünde ve soğutma sisteminin ise 27 °C'nin üstüne çıktığında devreye gireceği varsayılmıştır. ~~Doğal havalandırma için ortam sıcaklığı 22°C'nin üstüne çıktığında ise yapılacağı öngörülmüştür~~. Tablo 4.6'da yer alan bilgilere göre yapının ısıtma sistemi için doğalgaz soğutma sistemi içinse elektrik yakıt türü olarak seçilmiştir.

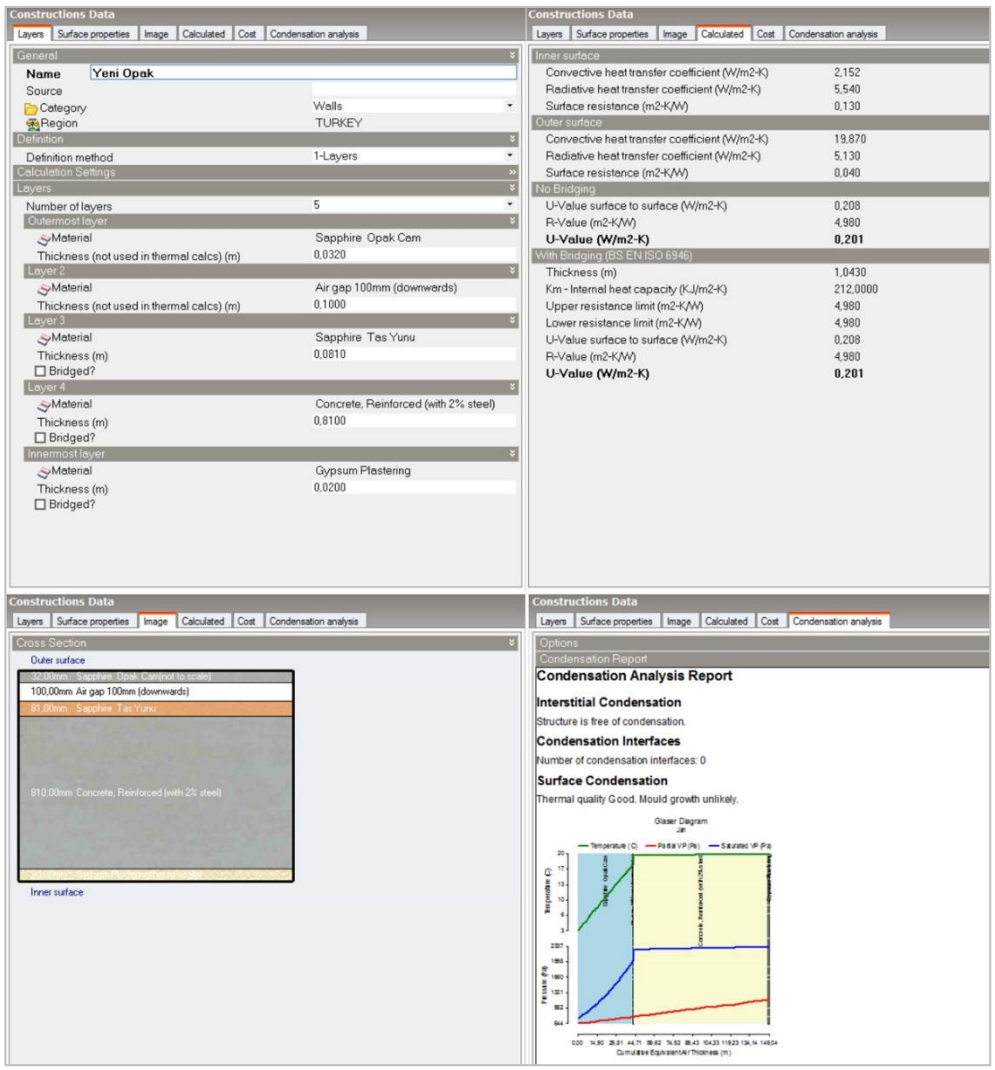


Şekil 4.30. Zonlarda gerçekleşen aktivitelerin ve ısıtma-soğutma sisteminin çalışma aralığının tanımlanması

Beşinci adımda "Construction" sekmesi altında yapı kabuğunu oluşturan elemanların bilgileri her biri için ilgili alan seçilerek ayrı ayrı girilir. Bunun için program kütüphanesindeki verilerden yararlanılmıştır. Bazı katmanların U-değerleri içinse TS 825'te yer alan değerler üzerinden malzeme modifikasyonları yapılmıştır (Şekil 4.31). Yapı malzemelerinin katmanlarının oluşturulmasından sonra program malzemelerin bir araya gelişini görselleştirerek toplam U-değerini hesapladıktan sonra o birliktelikte yoğuşma tahkiki de yapmaktadır. Sapphire Residence Tower için Tablo 4.4'deki katmanlar oluşturulduktan sonra her bir bileşen için yoğuşma tahkiki kontrolleri de yapılmıştır. Şekil 4.32'de yapı kabuğunu oluşturan elemanlardan biri için yapılan uygulama sonuçlarına yer verilmiştir.



Şekil 4.31. Yapı elemanı katmanlarının ve malzeme bilgilerinin girilmesi



Şekil 4.32. Yapı kabuğu katmanlarının U-değeri hesabı ve yoğuşma tahkiki

Altıncı adımda “Openings” sekmesi altında yapının saydam yüzeylerini oluşturan pencerelerin doğrama bilgileri ile kullanılan cama ait verilerin programa girişi yapılmıştır. Hava koridorlu cepheye sahip olan yapı için iç ve dış yüzeydeki camlar için ayrı değerler sistem kütüphanesindeki cam türlerinden seçilmiştir.

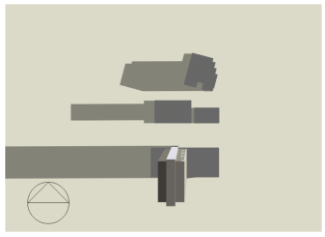
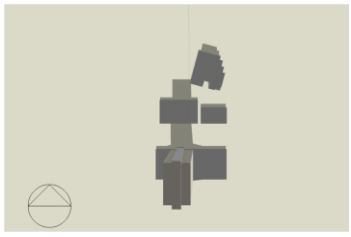
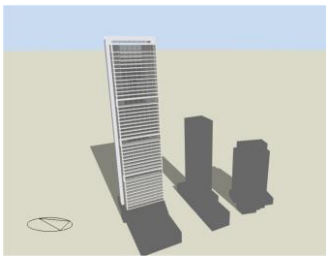
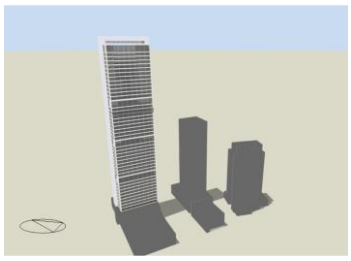
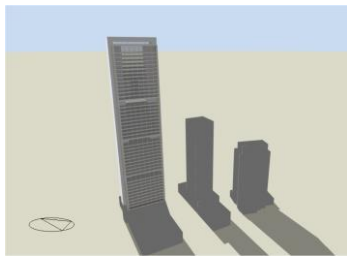
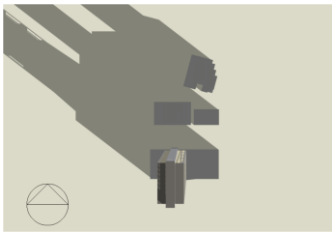
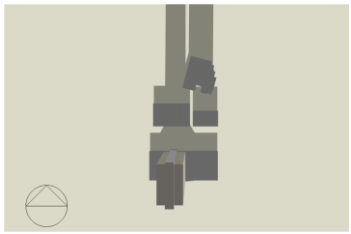
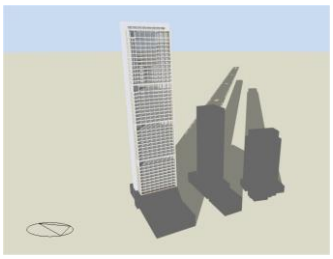
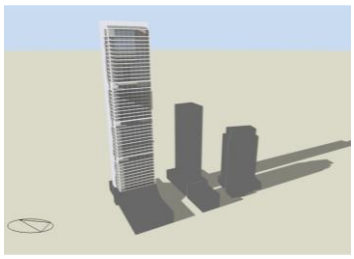
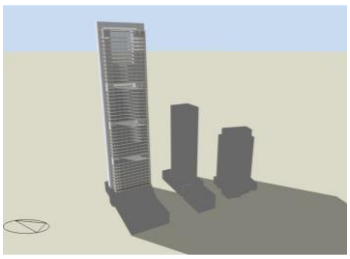
Yedinci adımda “Lighting” sekmesinde genel aydınlatma seçeneği aktif edilerek DesignBuilder’ın önerdiği değerler üzerinden aydınlatma kurgusu 100 lux olacak şekilde yapılmıştır.

Son adımda ise “HVAC” sekmesinde yer alan yapının iklimlendirme sistemlerinin tanımlandığı alanda yapı için ısıtma sistemi doğalgaz ile çalışan merkezi sistem ve soğutma sistemi de elektrik ile çalışan bireysel kontrol edilebilir sistem olarak düzenlenmiştir. Yine bu alanda sıcak suyun elektrikle sağlanacağı ayarlanmış yapının doğal havalandırma olanağının olduğu verisi girişi de yapılmıştır. Bunların dışındaki diğer tüm değerler için program şablonunda bulunan programın önerdiği değerler kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

4.3.3. Yapı Enerji Tüketim Analizi

Yapının “DesignBuilder” enerji modeli oluşturulduktan sonra ilk aşamada enerji tüketim değerleri hesaplanmasında etkili olan diğer çevre yapıların Sapphire Residence Tower’ın güneşlenmesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bu inceleme yaz ve kış dönemi için ayrı ayrı yapılmıştır. Yaz için 21 Haziran, kış için 21 Aralık gününe ait olan yapının sabah 08:00, öğlen 12:00 ve akşam 16:00 saatlerinde güneşlenme miktarı analiz edilmiştir. Çevrede yapının kendisinden daha yüksek bir yapı bulunmadığından çevre yapıların etkisinin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Fakat 261 m yüksekliğiyle yapı, çevresinin güneşlenme koşullarını olumsuz etkileyebilmektedir. Sapphire Residence Tower’ın yaz ve kış dönemlerine ait güneşlenme durumu Tablo 4.7’de verilmiştir. Buna göre 21 Haziran’da yapının çevre yapıların güneşini kesme durumu minimum düzeydedir. Yapının batısında yer alan yapı cephesi boyunca devam eden yerleşim alanında bulunan yapılar ise bu dönem en çok etkilenen yapılardır. Fakat 21 Aralık’ta yapının kuzeydoğu-kuzeybatı yönü boyunca oldukça geniş bir alan kışın ısıtma yükünü hafifletmek için gerekli olan güneşten yeteri kadar yararlanamamaktadır. Hem 21 Haziran hem de 21 Aralık döneminde de çevre yapıların yapıya doğrudan olumsuz etkisi bulunmamaktadır.

Tablo 4.7. Sapphire Residence Tower 21 Haziran - Aralık dönemi güneşlenme durumu

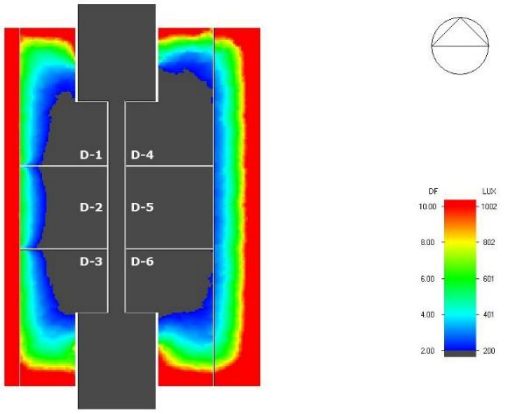
		
		
21 Haziran 08:00	21 Haziran 12:00	21 Haziran 16:00
		
		
21 Aralık 08:00	21 Aralık 12:00	21 Aralık 16:00

Yapının enerji tüketimini belirleyen önemli parametrelerden biri yapının doğal aydınlatma potansiyelidir. Yapının doğal aydınlatma oranı ne kadar yüksekse gün içerisinde gündüz aydınlatma için harcanacak enerji miktarı da o kadar azalmaktadır. Sapphire Residence Tower'ın tasarımında hava koridorlu cephe kullanılarak oluşturulan kat bahçeleri pek çok açıdan yapıya yarar sağlarken, yapının doğal aydınlatma potansiyelini olumsuz etkilemektedir. Yapının formu gereği yükseldikçe azalan kat bahçesi derinliği günışığından yararlanarak enerji verimliliği sağlama olanağını

arttırmaktadır. Yapının tasarımında tüm yapı 4 ana zona ayrılmıştır. Yapının doğal aydınlatmaya bağlı analizi her zonun başladığı kaç bahçeli kata ait plan üzerinden yapılmıştır. Yapılan inceleme sonucu veriler Tablo 4.8'de özetlenmiştir.

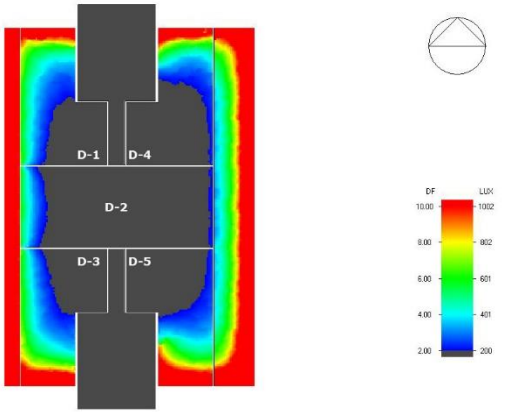
Tablo 4.8. Sapphire Residence Tower doğal aydınlatma analizi

ZON-1



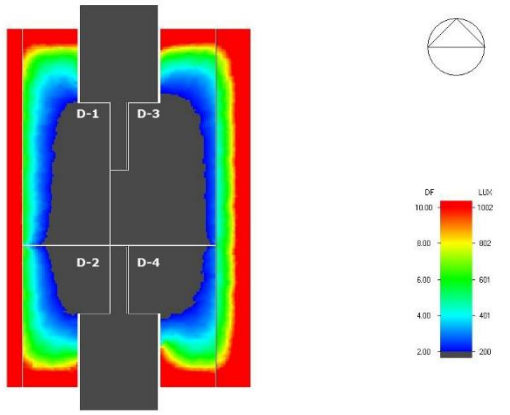
Daire	Minimum Aydınlatma (lux)	Maksimum Aydınlatma (lux)
D-1	29,53	1.718,79
D-2	32,91	597,5
D-3	37,58	2.069,74
D-4	22,87	1.523,27
D-5	19,78	180,7
D-6	23,39	2.019,21

ZON-2



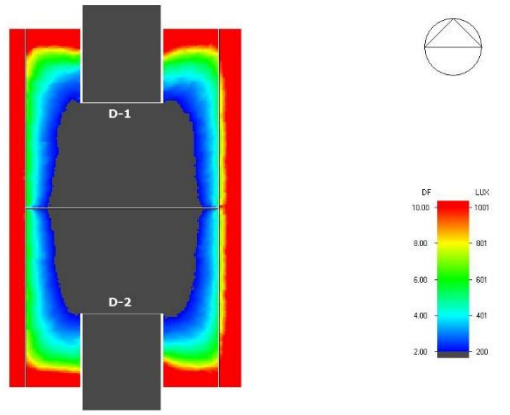
Daire	Minimum Aydınlatma (lux)	Maksimum Aydınlatma (lux)
D-1	43,99	1.776,58
D-2	20,73	616,29
D-3	38,05	2.068,77
D-4	25,6	1.713,62
D-5	31,22	2.053,07

ZON-3



Daire	Minimum Aydınlatma (lux)	Maksimum Aydınlatma (lux)
D-1	52,41	1.986,82
D-2	42,02	2.096,39
D-3	24,14	1.950,93
D-4	34,92	2.052,12

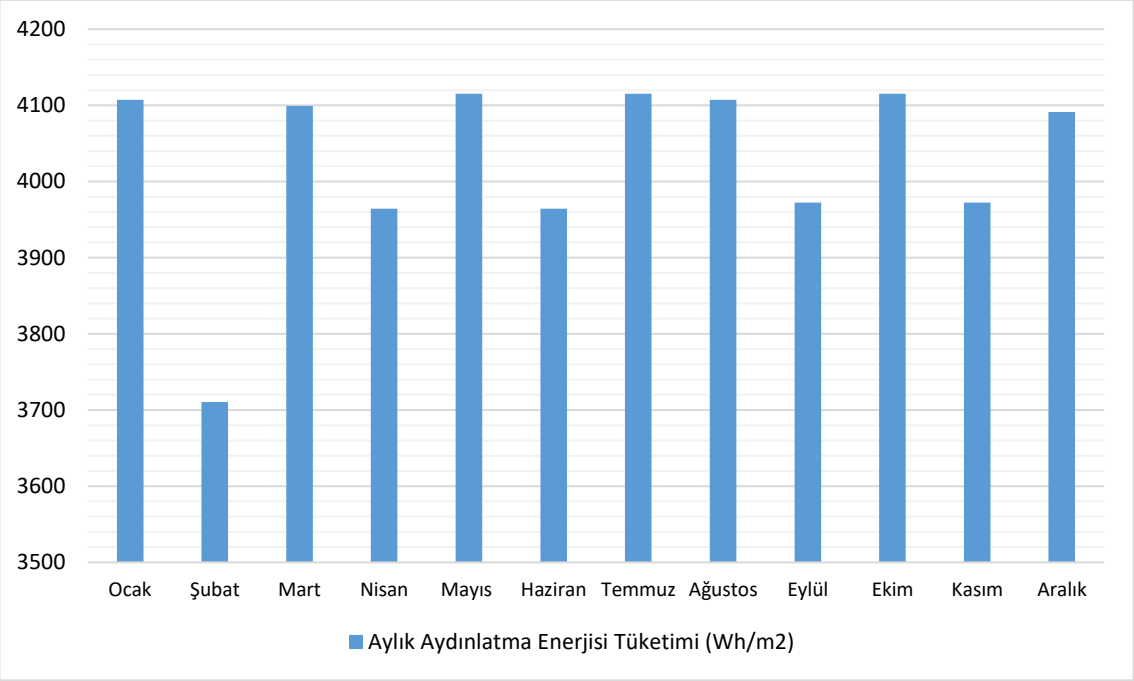
ZON-4



Daire	Minimum Aydınlatma (lux)	Maksimum Aydınlatma (lux)
D-1	35,29	2.077,68
D-2	34,52	2.088,67

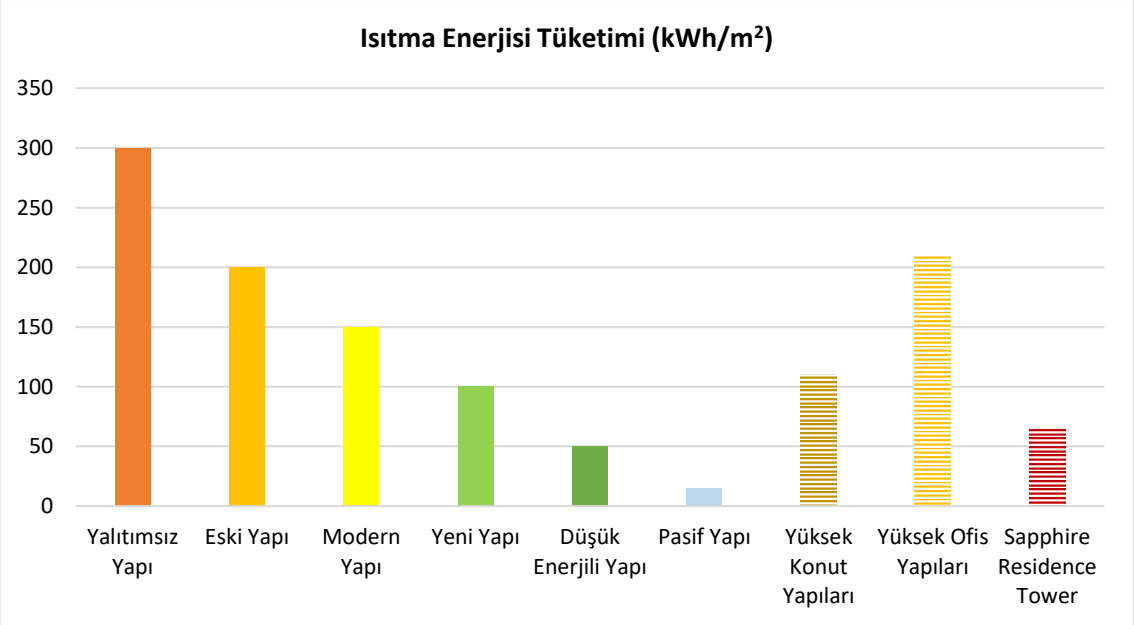
Yapılan inceleme sonucunda konutlar için gerekli olan minimum aydınlatma düzeyi olan 100 lux aydınlatma seviyesi hiçbir dairenin bütününde doğal aydınlatma yoluyla sağlanamadığı görülmüştür. Yapının batı cephesinde iç ve dış cephe arasındaki boşluğun daha dar olması nedeniyle bu yöne bakan dairelerde sağlanan doğal aydınlatma seviyesi daha yüksektir. Buna bağlı olarak batı yönündeki dairelerin aydınlatma için harcadığı enerji miktarı da daha düşük olmaktadır. Fakat yapının yükselmesi ve doğu cephesindeki kat bahçesi derinliklerinin azalması özellikle Zon-3 ve 4'te yer alan konut birimlerinin doğal aydınlatmadan daha iyi yararlanmasını sağlamıştır.

Doğal aydınlatmanın yeterli konfor düzeyini sağlayamadığı zamanlarda yapı içerisinde devreye giren aydınlatma enerjisi analizine göre yıllık olarak tüketilen toplam enerji 2.561.475,19 kWh'tir. Yıl içerisinde ortalama aylık aydınlatma enerji tüketimi birbirine yakın değerlerdedir. Şekil 4.33'ye göre iç ortamın aydınlatılması için gerekli olan enerji en çok Mayıs ve Temmuz aylarına aittir. En düşük ise aylık yapı kullanım süresinin en kısa olduğu Şubat ayına aittir. Yapının konumu gereği çevresindeki yapılar, aydınlatma durumunu doğrudan etkilememektedir. Fakat yapının yüksek saydamlık oranına bağlı olarak 100 lux'un altına düştüğü durumlarda devreye giren aydınlatma sistemi için yüksek doğal aydınlanma potansiyeli olan kat bahçesinin, gerekli olan aydınlatma enerjisini düşürücü etkisi olduğu da görülmektedir.



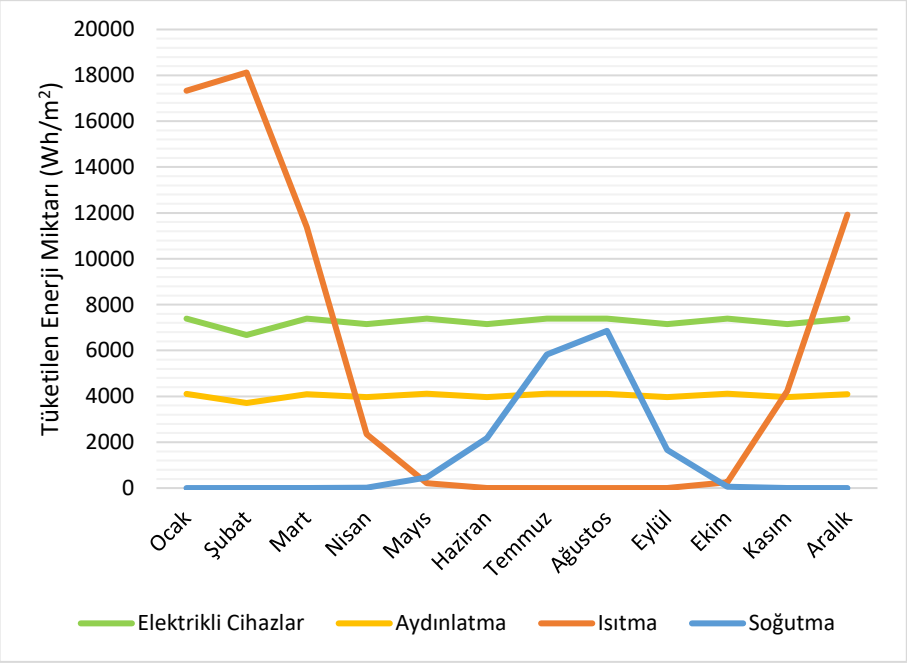
Şekil 4.33. Sapphire Residence Tower aylık aydınlatma enerjisi tüketimi

Sapphire Residence Tower'ın ısıtma-soğutma enerji tüketimi ASHRAE-55'de yer alan sınır değerler üzerinden, İstanbul'a ait yıllık meteorolojik verilere göre, saatlik değişimler dikkate alınarak hesaplanmıştır. Simülasyon sonucunda yapının enerji verimliliğinde belirleyici role sahip olan ısıtma ve soğutma enerji tüketimi analizi ile iç ortam ısıl kalitesine bağlı olarak konfor durumu incelemesi yapıldığında, yapının dış ortam sıcaklığına göre iç ortamdaki ısıl düzeyden konforsuzluk duyan kullanıcıların bulunmadığı tespit edilmiştir. Yapı kabuğunun termal özellikleri dikkate alınarak yapılan hesaplama sonucunda yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 2.964.246,24 Wh'tir. Yıllık 1.629.678,68 kWh ise yapının soğutulması için gerekli olan enerji miktarıdır. Yapının doğal havalandırmaya sahip olması mekanik havalandırmaya bağlı ortamı soğutmak için kullanılacak olan enerjiyi azaltmıştır. Buna göre yapının ısıtılması için gerekli olan enerji birim metrekare alan başına 65,8 kWh/m^2 iken soğutmak için gerekli olan sadece 17 kWh/m^2'dir. Şekil 4.34'de yüksek yapıların konut ve ofis işleviyle kullanımlarındaki ısıtma enerjisi tüketimi ve Sapphire Residence Tower'ın enerji tüketimi karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda yapının iç ortam kalitesinin enerji tüketimine yansımalarına göre aynı ölçekteki diğer yüksek konut yapılarına göre %30 daha az enerji tükettiği görülmüştür. Yapıların ısıtma enerjisi tüketimine göre yapılan sınıflandırmaya göre de Sapphire Residence Tower enerji ihtiyacı düşük enerjili yapı sınıfına oldukça yakın değerdedir.



Şekil 4.34. Sapphire Residence Tower ısıtma enerjisi tüketimi sınıflandırması

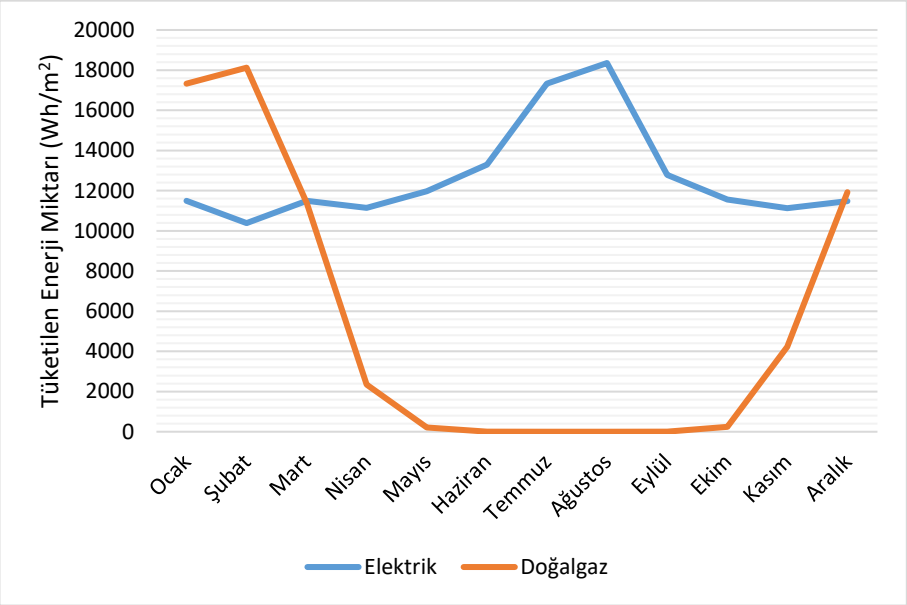
Sonuç olarak, Sapphire Residence Tower'ın toplam enerji tüketiminde enerjinin %25'i ısıtma, %14'ü soğutma, %22'si aydınlatma için harcanırken %39'u da elektrikli cihazlar için kullanılmaktadır. Buna göre yapı içerisinde kullanılan elektrikli cihazlar enerji tüketiminde en yüksek paya sahiptir. Fakat yüksek yalıtım değerlerine sahip olmayan yapılarda enerji tüketimin %65'i ısıtma sistemi tarafından kullanılırken yapı kabuğunun oldukça düşük olan U-değeri sayesinde ısıtma için gerekli olan enerjiden tasarruf edilmiştir. Yapının kullanılan tüm alanları üzerinden yapılan değerlendirmeye göre yapının yıllık toplam enerji tüketimi 11.766.760,63 kWh'tir. Birim metrekare alan başına yapının enerji tüketim değeri ise 226,4 kWh/m^2'dir. EK-A'da yapının tüm enerji tüketim değerleri aylık verilere göre tablo halinde yer almaktadır. Yapının aylık olarak ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli cihaz kullanımına ait enerji değişimi ise Şekil *4.35*'teki gibidir. Buna göre yapının ısıtma enerjisi tüketimi en çok Şubat ayında gerçekleşirken soğutma enerjisi en çok Ağustos ayında kullanılmaktadır. Yıl boyunca hem aydınlatma hem de elektrikli cihazlar için aylık enerji tüketimi çok fazla farklılık göstermemektedir.



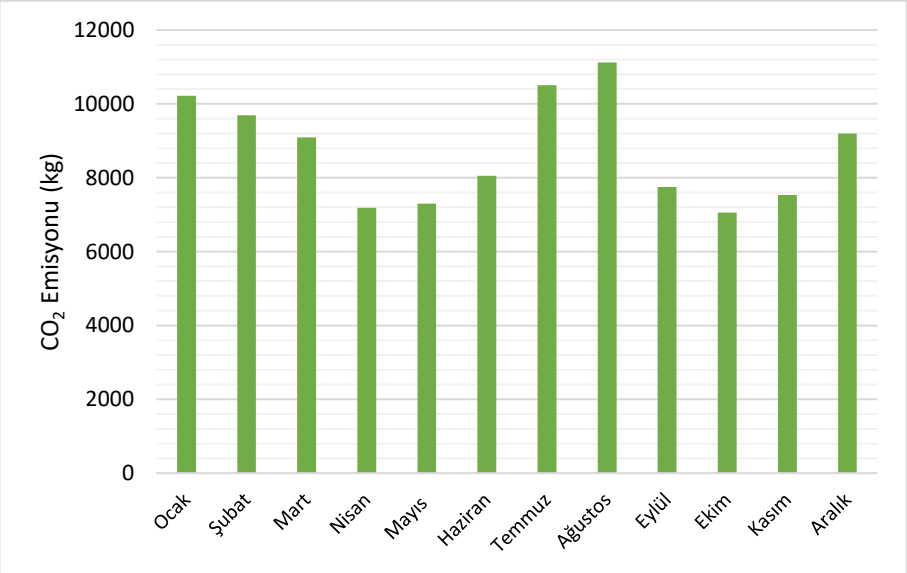
Şekil 4.35. Sapphire Residence Tower aylık enerji tüketim miktarı değişimi

Yapının ısıtma sistemi doğalgaz ile çalışırken, yapı içinde soğutma sistemi, aydınlatma ve diğer tüm cihazlar için elektrik kullanılmaktadır. Yapının enerji tüketiminin yakıt türüne göre değişimi Şekil 4.36'te yer almaktadır. Doğalgaz tüketimi

ısıtma döneminin Ekim-Nisan ayları boyunca olurken tüketimin en yüksek olduğu ay ısıtma enerjisi tüketiminin de en çok olduğu Şubat ayıdır. Yine elektrik tüketiminin de en çok olduğu ay ise Ağustos'tur. Ayrıca yapının enerji tüketimine bağlı olarak CO_2 emisyonu miktarı da belli olmaktadır. Yapılan analiz sonucunda simülasyondan elde edilen verilere göre CO_2 emisyonu en çok Ağustos ayında gerçekleşmektedir (Şekil 4.37). Bu durum elektrik enerjisinin kullanımına bağlıdır. Çünkü elektrik tüketiminde ortaya çıkan CO_2 emisyonu doğalgazdan daha fazladır. Yapının yıllık toplam CO_2 emisyonu miktarı ise 104.714,55 kg'dır.



Şekil 4.36. Sapphire Residence Tower enerji tüketiminin yakıt türüne göre ayrımı



Şekil 4.37. Sapphire Residence Tower enerji tüketimine bağlı CO_2 emisyonu miktarı

Sapphire Residence Tower'ın tüm enerji tüketimi değerlendirildiğinde yıllık 226,4 kWh/m^2 enerji tüketimiyle kendi ölçeğindeki yapılar arasında enerji verimli sınıf içerisinde yer almaktadır. 40.000 ile 50.000 m^2 alana sahip yapıların ortalama enerji tüketim değerleri 300-325 kWh/m^2 arasında değişiklik göstermektedir [177]. Bu enerji tüketim değerleriyle Sapphire Residence Tower sadece ısıtma enerjisi tüketiminde değil toplam enerji tüketiminde de kendi ölçeğindeki yapılardan %30 daha enerji verimlidir.

4.4. İç Ortam Kalitesi ve Kullanıcı Konforu Değerlendirmesi

Bir yapının iç ortam kalitesi, o yapıya ait kullanıcıların her türlü aktivitesini sağlıklı ve konforlu bir şekilde yapabilmesini sağlayan ve bunun için gerekli olan sınır değerlerin ulusal ve uluslararası çalışmalarla belirlendiği standartlarda yer alan ideal koşullardır. İç ortam kalitesinde etkili olan her parametre hem kullanıcıların konforunu belirlerken hem de maruz kalınan koşullara bağlı olarak onların sağlıklarını da etkilemektedir. Bu nedenle bu çalışmada, Sapphire Residence Tower'ın iç ortam kalitesini ve yapı kullanıcılarının mevcut ortam koşullarından memnuniyeti ve konfor düzeylerini belirlemeye yönelik olarak EK-B'de yer alan soruların yöneltildiği görüşmeler yapılmıştır. Çalışma kapsamında yapının kapalı ve güvenlikli bir yerleşim olmasından dolayı tüm kullanıcılarla görüşme olanağı bulunamamıştır. Yapının 16. katında ikamet eden "3" farklı kullanıcıdan iç ortam koşullarına yönelik olarak görüş alınarak yapının iç ortam kalitesinin kullanıcı tarafından nasıl algılandığı belirlenmeye çalışılmıştır. Bölüm 3'te incelenen yüksek konut yapılarının tasarımı ve bunun iç ortam kalitesine yansımaları sonucu elde edilen bilgiler ile kullanıcılardan alınan görüşlerin birlikte yorumlanmasıyla Sapphire Residence Tower'ın iç ortam kalitesi değerlendirmesi yapılmıştır (Tablo 4.12).

Yapı kullanıcılarıyla Aralık 2016 döneminde yapılan görüşmeler sonucu yapının iç ortam kalitesi ve buna bağlı konfor durumuna yönelik kullanıcı değerlendirmeleri aşağıda her kullanıcı için ayrı ayrı özetlenmiştir. Yapı sakinlerinin görüşleri "Kullanıcı-A, Kullanıcı-B ve Kullanıcı-C" olarak kodlanmıştır. Her bir kullanıcının iç ortam kalitesi algısında farklılığa neden olabilecek yaş, cinsiyet, eğitim durumu, sigara kullanım durumu gibi kişisel bilgiler ile içinde yaşadığı dairenin tipi, kullanıcı sayısı, kullanım

süresi ve sıklığı gibi özellikler kısaca özetlenerek daha sonra iç ortam kalitesi parametrelerinin her birini ayrı ayrı değerlendirdiği tabloya yer verilmiştir. Kullanıcılar parametreler için öncelikle mevcut durumdan memnuniyetlerini, daha sonra mevcut durumu -3 ile +3 arasında değişen puanla derecelendirmesini yapmış ve son olarak iç ortamın mevcut duruma göre nasıl olmasını istediğini belirtmiştir.

- ***Kullanıcı-A (K-A):*** 21-30 yaş grubunda, yükseköğretim mezunu, sigara kullanan ve 2 yıldır Sapphire Residence Tower'da yaşayan erkek bir kullanıcıdır. 4 kişi yaşadığı kiralık 1+1 dairede günde ortalama 9-12 saat zaman geçirmektedir. K-A'nın iç ortam kalitesi değerlendirmesi Tablo 4.9'da yer almaktadır.

Tablo 4.9. Kullanıcı-A'ya ait iç ortam kalitesi değerlendirme sonuçları

K-A İç Ortam Kalitesi Değerlendirmesi				
		Mevcut Durum	**Derecelendirme**	**İstenilen Durum**
ISIL KONFOR	Ortam Sıcaklığı	Memnun	Normal (0)	Aynı
	Ortam Bağıl Nemi	Memnun	Normal (0)	Aynı
	Ortam Hava Akış Hızı	Memnun	Normal (0)	Aynı
İÇ HAVA KALİTESİ	İç Hava Kalitesi	Memnun Değil	Kötü (-2)	-
	Mekanik Sistem ile Havalandırma	Memnun	-	-
	Doğal Havalandırma Koşulları	Yetersiz	-	-
AKUSTİK	Akustik Koşullar	Memnun	Normal (0)	Aynı
	Mekanik Sistem Gürültüsü	Memnun	-	-
	Dış Ortam Gürültüsü	Memnun	-	-
AYDINLATMA	Doğal Aydınlatma Koşulları	Memnun	Normal (0)	Aynı
	Güneş Kontrol Elemanları	Yetersiz	-	-
ORTAM TİTREŞİMİ	Dış Çevre Koşullarına Göre Hissedilen Yapı Titreşimi	Yok	-	-
KOKU	İç Ortam Koku Koşulları	Memnun	-	-
Yapının İç Ortam Kalitesi		Memnun	Konforlu (+2)	-
İç Ortam Kalitesi ve Kullanıcı Performansı		Verimlilik Arttırıcı	-	-

- ***Kullanıcı-B (K-B):*** 31-40 yaş grubunda, yükseköğretim mezunu, sigara kullanan ve 1 yıldır Sapphire Residence Tower'da yaşayan kadın bir kullanıcıdır. 5'ten fazla kişiyle yaşadığı kiralık 3+1 dairede günde ortalama 9-12 saat zaman geçirmektedir. K-B'nin iç ortam kalitesi değerlendirmesi Tablo 4.10'de yer almaktadır.

Tablo 4.10. Kullanıcı-B'ye ait iç ortam kalitesi değerlendirme sonuçları

K-B İç Ortam Kalitesi Değerlendirmesi				
		Mevcut Durum	**Derecelendirme**	**İstenilen Durum**
ISIL KONFOR	Ortam Sıcaklığı	Memnun	Normal (0)	Aynı
	Ortam Bağıl Nemi	Memnun Değil	Kuru (-2)	Daha Nemli
	Ortam Hava Akış Hızı	Memnun Değil	Çok Yavaş (-3)	Daha Hızlı
İÇ HAVA KALİTESİ	İç Hava Kalitesi	Memnun Değil	Kötü (-2)	-
	Mekanik Sistem ile Havalandırma	Memnun	-	-
	Doğal Havalandırma Koşulları	Yetersiz	-	-
AKUSTİK	Akustik Koşullar	Memnun Değil	Çok Gürültülü (-3)	Daha Sessiz
	Mekanik Sistem Gürültüsü	Memnun	-	-
	Dış Ortam Gürültüsü	Memnun	-	-
AYDINLATMA	Doğal Aydınlatma Koşulları	Memnun	Normal (0)	Aynı
	Güneş Kontrol Elemanları	Yeterli	-	-
ORTAM TİTREŞİMİ	Dış Çevre Koşullarına Göre Hissedilen Yapı Titreşimi	Yok	-	-
KOKU	İç Ortam Koku Koşulları	Memnun Değil	-	-
Yapının İç Ortam Kalitesi		Memnun Değil	Normal (0)	-
İç Ortam Kalitesi ve Kullanıcı Performansı		Verimlilik Azaltıcı	-	-

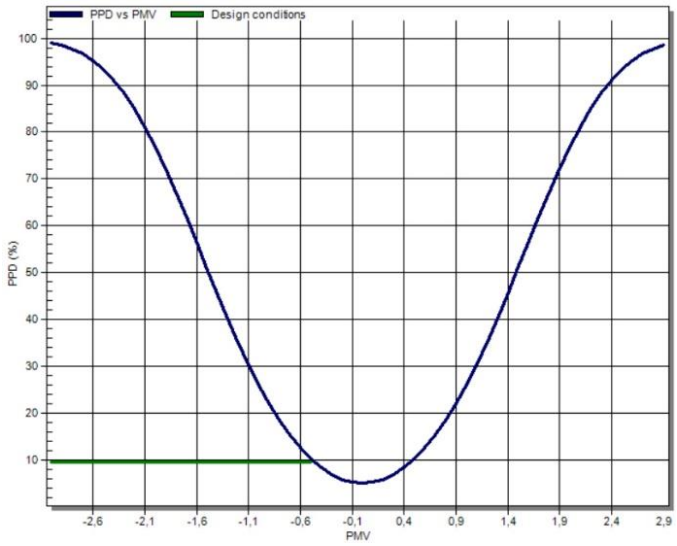
- ***Kullanıcı-C (K-C):*** 31-40 yaş grubunda, yükseköğretim mezunu, sigara kullanan ve 1 yıldır Sapphire Residence Tower'da yaşayan erkek bir kullanıcıdır. 4 kişi yaşadığı kiralık 1+1 dairede günde ortalama 13-16 saat zaman geçirmektedir. K-C'nin iç ortam kalitesi değerlendirmesi Tablo 4.11'de yer almaktadır.

Tablo 4.11. Kullanıcı-C'ye ait iç ortam kalitesi değerlendirme sonuçları

K-C İç Ortam Kalitesi Değerlendirmesi				
		Mevcut Durum	**Derecelendirme**	**İstenilen Durum**
ISIL KONFOR	Ortam Sıcaklığı	Memnun	Normal (0)	Aynı
	Ortam Bağıl Nemi	Memnun	Normal (0)	Aynı
	Ortam Hava Akış Hızı	Memnun	Normal (0)	Aynı
İÇ HAVA KALİTESİ	İç Hava Kalitesi	Memnun	Normal (0)	-
	Mekanik Sistem ile Havalandırma	Memnun	-	-
	Doğal Havalandırma Koşulları	Yeterli	-	-
AKUSTİK	Akustik Koşullar	Memnun	Normal (0)	Aynı
	Mekanik Sistem Gürültüsü	Kararsız	-	-
	Dış Ortam Gürültüsü	Memnun Değil	-	-
AYDINLATMA	Doğal Aydınlatma Koşulları	Memnun Değil	Biraz Karanlık (-1)	Daha Aydınlık
	Güneş Kontrol Elemanları	Yetersiz	-	-
ORTAM TİTREŞİMİ	Dış Çevre Koşullarına Göre Hissedilen Yapı Titreşimi	Yok	-	-
KOKU	İç Ortam Koku Koşulları	Memnun Değil	-	-
Yapının İç Ortam Kalitesi		Memnun	Çok Konforlu (+3)	-
İç Ortam Kalitesi ve Kullanıcı Performansı		Verimlilik Arttırıcı	-	-

Görüşmelerde elde edilen bilgilere göre iç ortam kalitesi daire tipine göre değişiklik göstermektedir. Kullanıcıların hepsi ortam sıcaklığından memnun iken daire büyüklüğüne bağlı olarak K-B, ortamın bağıl nemi ve hava akış hızından memnun değildir. Artan daire hacmi ve bununla birlikte yapının mekanik sistemlerinin aynı verimlilikte çalışmaması bu duruma neden olabilir. Kullanıcı görüşlerinin dışında Sapphire Residence Tower'ın ısıl konfor koşulları açısından DesignBuilder analizi sonuçları da yapının yeterli konfor düzeyine sahip olduğunu göstermektedir. İç ortam sıcaklığının 22 °C, nem oranının %45 ve hava akış hızının 0,137 m/sn olduğu iç ortam koşullarında ısıl konfor açısından PMV değeri -0,46 ve PPD indeksi ise %9,47'dir (Şekil

4.38). Bu koşullar altında hem kullanıcı algısı hem de yapılan hesaplama sonucunda yapının ısıl açıdan konforlu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.38. Sapphire Residence Tower PMV-PPD ısıl konfor değerlendirmesi

Yapının iç hava kalitesine yönelik olarak kullanıcıların çoğu iç hava kalitesinden memnun olmadıklarını ve onu kötü bulduklarını belirtmiştir. İç hava kalitesinden memnun olmayan kullanıcılar aynı zamanda yapının doğal havalandırma koşullarının da yeterli olmadığını düşünmektedir. Bu bağlamda iç hava kalitesi algısının düşük olması yapının havalandırma potansiyeliyle ilişkili olduğu görülmektedir. Kullanıcılar kendi tercihlerine göre yapıyı havalandırabildikleri sürece memnuniyet düzeyleri arttığı için yapının açılır pencereye sahip olmasını istediklerini de belirtmişlerdir. Ayrıca doğal havalandırma koşullarından ve iç hava kalitesinden memnuniyet değişiklik gösterse de kullanıcıların tümü yapının mekanik havalandırmasından oldukça memnundur.

Akustik açıdan Sapphire Residence Tower'ın hava koridorlu cephesi dış ortam gürültüsüne karşı yüksek yalıtım performansı göstermektedir. Fakat daire büyüklüğüne bağlı olarak iç ortamda artan komşu yüzeyler akustik konfor yönünden büyük konut birimlerini olumsuz etkilemektedir. Kullanıcılara göre yapının mekanik sistemlerine bağlı olarak duyulan gürültü ise bulunmamaktadır. Aynı büyüklükteki dairelerde akustik açıdan konfor algısının farklılık göstermesinde yapının konumuna bağlı olarak dairelerin farklı yöne bakması ve bununla birlikte iç ve dış cephe arasındaki boşluğun derinliğindeki değişimle sağlanan ses yalıtım performansındaki değişiklik ve ayrıca daire sahibinin bireysel özellikleri etkili olmaktadır.

Kullanıcılara göre yapı aydınlatma konforu yönünden genel olarak konforlu bulunmaktadır. Fakat yapının cephe tasarımı ve formu gereği derinliği değişen kat bahçeleri yapının günışığından yararlanmasını olumsuz etkilemektedir. Bu kapsamda K-C iç ortamın biraz karanlık olduğunu belirtmiştir. Ayrıca yapının yüksek saydamlık oranı ise güneşli günlerde iç ortamın konforunu düşürmektedir. Bu nedenle güneş ışınlarını perdelemek için kullanılan hareketli storların da yeterli olmadığı görüşü kullanıcılarla yapılan görüşme sonucunda elde edilmiştir.

Betonarme sistemle inşa edilen yapının kütlesinin fazla oluşu ve narinlik oranın ise düşük olması dış çevre koşullarına göre yapıda meydana gelecek hareketleri ve titreşimleri azaltmaktadır. Kullanıcılar da yapı içerisinde herhangi bir titreşim ya da hareketle karşılaşmadıklarını ve buna bağlı konforsuz bir ortamın olmadığını belirtmiştir.

İç hava kalitesine bağlı olarak yapının koku kalitesi de kullanıcılar tarafından konforsuz bulunmaktadır. Yapı sakinlerinin hepsi bu durumun kendilerini olumsuz etkilediğini söylemiştir. Bu durum yapının doğal havalandırma koşullarının yeterli bulunmamasının bir sonucudur.

Her bir iç ortam kalitesi parametresi ve onu etkileyen faktörleri değerlendiren kullanıcılar tarafından Sapphire Residence Tower'ın tüm iç ortam kalitesi ise konforlu olarak nitelendirilmiştir. Yine kullanıcıların hepsi iç ortam kalitesinin kendi performansı ve verimliliklerini etkilediğini de belirtmiştir. Fakat mevcut koşulların bazı kullanıcılar için verimliliklerini arttırıcı yönde etkisi varken bazıları için bunun tersi durum söz konusudur. Genel olarak yapının iç ortam kalitesine yönelik kullanıcılardan alınan bazı cevapların farklılık göstermesinde fiziksel açıdan dairelerin yapı içerisinde konumlanışı ve büyüklüğünün, bireysel açıdan ise yapıdaki yaşam süresi ve geçirilen zaman miktarının belirleyici rol oynadığı tespit edilmiştir.

Sapphire Residence Tower'ın tüm fiziksel özelliklerine bağlı olarak şekillenen iç ortam kalitesi ve kullanıcı görüşü sonucu elde edilen değerlendirmeler çerçevesinde yapılan analiz Tablo 4.12'te özetlenmiştir. Buna göre genel anlamda yüksek bir konut yapısı olmanın getirdiği pek çok dezavantajın iç ortam kalitesi ve kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde düzenlenmesine dikkat edilmiştir. Artan yüksekliğin en büyük dezavantajı olan fiziksel dış çevre koşullarına karşı yapının hava koridorlu cephesi ve yapı tasarım yaklaşımı kullanıcılarına yüksek bir yapıda yaşamaktan çok standart bir konut içerisinde yaşama hissini ve ortamını yaratmaya yardımcı olmuştur.

Tablo 4.12. Sapphire Residence Tower yapı özellikleri ve iç ortam kalitesi ilişkisi

YAPI ÖZELLİKLERİ			İÇ ORTAM KALİTESİ					
			Isıl Konfor Kalitesi	İç Hava Kalitesi	Akustik Kalite	Aydınlatma Kalitesi	Ortam Titreşimi Kalitesi	Koku Kalitesi
KONUM	Yönlenme	Doğu – Batı	↑	↑	●	↑	↑	↑
	Hâkim Rüzgâr Yönü	Kuzeydoğu	↑	↑	●	⊖	↑	↑
	Ort. Rüzgâr Hızı	4,5 m/sn	↑	↑	●	⊖	↑	↑
	Hava Kirletici Kaynağı	Trafik	⊖	↓	↓	⊖	⊖	↓
	Kirletici Yoğunluğu	Orta Seviye	⊖	↓	⊖	⊖	⊖	↓
	Dış Gürültü Kaynağı	Trafik + Şehir	⊖	⊖	↓	⊖	⊖	⊖
	Dış Gürültü Yoğunluğu	70 – 90 dB	⊖	⊖	↓	⊖	⊖	⊖
TASARIM	Plan Şekli	Dikdörtgen	↓	↑	●	↑	●	↑
	En/Boy Oranı	1:1,4	↓	↑	●	↑	●	↑
	Narinlik Oranı	5	⊖	⊖	⊖	●	↑	⊖
	Cephe Sistemi	Hava Koridorlu	↑	↑	↑	↓	●	↑
	Saydamlık Oranı	%71	●	●	↓	↑	●	●
	Açılır Pencere Durumu	Yok	↑	↓	↑	●	●	↓
	Yapı Derinliği	İdeal	↑	↑	↑	↑	●	↑
	Kat Bahçesi	Var	↑	●	↑	↓	⊖	●
	Kat Bahçesi Derinliği	Maks. 6 m Min. 3 m	↓	●	↑	↓	⊖	●
	Güneş Kontrol Elemanı	Var Hareketli Stor	●	●	●	↑	⊖	●
MALZEME	Camın Termal Özelliği	Yüksek Yalıtımlı	↑	●	●	●	⊖	●
	Cephe Yalıtım Özelliği	Taş Yünü	↑	●	●	●	⊖	●
	Cephe Opak Yüzey Kaplama	Emaye Boyalı Cam	↑	●	●	●	⊖	●
MEKANİK	İklimlendirme Sistemi	Merkezi	↓	↓	↓	⊖	●	↓
	Havalandırma Sistemi	Doğal + HVAC	↑	↑	↓	⊖	●	↑
	Temiz Hava Beslemesi	Var	↑	↑	↓	⊖	●	↑
	Teknik Sistemler	HVAC	↑	↑	↓	⊖	●	↑
	Salınım Sönümleyici	Yok	⊖	⊖	⊖	⊖	↓	⊖
ENERJİ ve KULANICI	Enerji Tasarrufu	Yüksek	Aynı ölçekteki yapıdan %25-30 daha enerji verimlidir.					
	Sertifika Sistemi	Yok						
	İç Ortam Kalitesi	İyi						
	Sağlık Koşulları	İyi						
	Kullanıcı Verimliliği	İyi						

↑: Pozitif Etkili ●: Dolaylı Etkili ↓: Negatif Etkili ⊖: Etkisiz

BÖLÜM 5

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Hızla artan nüfus ve kentleşmeye bağlı olarak sınırlı alanda etkin bir yaşam alanı sunabilen yüksek konut yapılarının sayısı giderek artmaktadır. Bu artış, özellikle gelişmekte olan toplumlarda çok daha hızlı gerçekleşmektedir. İlk kez ofis işleviyle ortaya çıkmış olan yüksek yapılar, konut işleviyle kullanıldığında farklı iç ve dış etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkilere göre yapının konut konforuna uygun iç ortam kalitesini sağlaması, sürekli kullanılan bu yapıların, kullanıcı sağlığının olumsuz etkilenmemesi açısından oldukça önemlidir. Yapının konumu, tasarımı, iç mekânlarında kullanılan kaplama malzemeleri ve dış cephe özellikleri ile kullanılan malzemeler, mekanik sistemi ve kullanıcı tercihleri yapının iç ortam kalitesini belirleyen önemli faktörlerdir. İç ortam kalitesini geliştirmeye yönelik her iyileştirme hareketi yapının enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Az katlı yapılardan çok daha fazla enerji tüketen yüksek yapıların enerji verimli tasarımı, yapının hem çevresel hem bireysel sürdürülebilirliği için gereklidir. Çünkü yapı sektörünün toplam enerji tüketimindeki payının %30-40 olduğu düşünüldüğünde yüksek konut yapı sayısındaki artış bu oranın daha da artmasına neden olabilmektedir.

Türkiye'de yüksek yapıların gelişimi değerlendirildiğinde bu yapıların ağırlıklı olarak konut işleviyle kullanıldığı ve sayılarının sürekli arttığı gözlemlenmektedir. Birincil enerji kaynaklarının temini konusunda dışa bağımlı olan Türkiye'de bu yapıların enerji verimli tasarımları ülkenin enerji tasarrufuna da katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda Türkiye'nin en yüksek konut yapısı olan Sapphire Residence Tower'ın iç ortam kalitesi ve kullanıcı konforuna bağlı enerji tüketim verileri analiz edilmiştir. Sonuç olarak çalışmada yapılan kapsamlı literatür incelemesi, enerji tüketim hesaplaması ve analizleri ile kullanıcı görüşleri doğrultusunda elde edilen tüm bulguların değerlendirilmesi ışığında

yapının iç ortam kalitesi, kullanıcı konforu ve enerji verimliliğiyle ilgili aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

İdeal bir iç ortam kalitesini elde etmede en etkili faktörlerden biri yapı kabuğu tasarımıdır. Yapı kabuğunun özelliğine göre yapının ısıl, iç hava, akustik, aydınlatma ve koku kalitesi doğrudan etkilenirken ortam titreşim kalitesi dolaylı olarak etkilenmektedir. Yüksek yapıların sahip oldukları dış yüzey alanının fazlalığı bu yapılar için yapı kabuğu tasarımının önemini arttırmaktadır. Bu tasarıma bağlı olarak yapının işlevine yönelik gerekli iç ortam kalitesi sağlanırken yapının harcaması gereken enerji de buna bağlı olarak azalmakta ya da artmaktadır.

Sapphire Residence Tower'ın ısıl konfor açısından benzetim programı yardımıyla yapılan PMV ve PPD analizi sonucu ASHRAE-55'e göre konfor koşulları için gerekli olan sınır değerler içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Bu sayısal değerler sırasıyla -0,46 ve %9,47 olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda yapının mevcut ısıl konfor kalitesi kullanıcı sağlığına ve konforuna uygundur. Yapı kabuğunun termal özelliklerine ve tasarımına bağlı olarak kış döneminde yapının ısıtılması için gereken enerji 65,8 kWh/m^2 iken soğutma için harcanan enerji tüketimi ise 17 kWh/m^2'dir. Bu değerlere göre yapı diğer yüksek konut yapılarına göre %30 daha az enerji tüketmektedir. Ayrıca yapının mevcut ısıtma enerji tüketim değeri düşük enerjili yapı sınıfına yakın olduğu görülmektedir. Yapı kabuğunun termal özellikleri dikkate alındığında saydamlık oranı %71 olan yapının bu yüzeylerinin U-değeri 1,1 W/m^2K olan ısı camlardan oluşmaktadır. Fakat gelişen teknoloji sonucu üretilen yeni camların U-değeri daha düşüktür. Aynı tasarım girdilerine göre yeni üretilecek yüksek konutlarda enerji tüketim değerlerinin daha da düşük olması mümkündür. Bu bağlamda teknolojinin de yardımıyla pasif yapı derecesinde yapı inşa edilebilir. Buna ek olarak yapının formu gereği hava koridorlu cephe sisteminde iç yüzey ile dış yüzey arasındaki boşluğun konvansiyonel sistemlerden farklı olarak 1 m'nin üzerinde olması da cephenin performansını olumsuz yönde etkilemiştir.

Yapının kontrollü olarak doğal havalandırma olanağına sahip olması iç hava ve koku kalitesini arttırıcı etkiye sahiptir. Fakat konut işleviyle kullanılan yapıda kullanıcı tercihlerinin çok değişken olması ve mevcut doğal havalandırmanın merkezi bina otomasyon sistemleriyle kontrol edilmesi gibi nedenler iç hava ve koku kalitesinin tüm kullanıcılara uygun olmasını kısıtlamaktadır. Buna rağmen doğal havalandırma hem iç hava ve koku kalitesi hem de ısıl konfor kalitesi açısından olumlu etkiler göstermektedir.

Yapının her üç katta bir tekrar eden kat bahçeleri ise, alt kotta yer alan bir dairedeki iç ortam kirletici kaynağının diğer daireleri de olumsuz etkilemesine neden olabilmektedir. Doğal havalandırmanın en önemli avantajlarından biriyse yapının soğutma yükünden tasarruf etmesine yardımcı olmasıdır.

Akustik açıdan hava koridorlu cephe yalıtım göreviyle dış ortam gürültüsünü azaltmaktadır. Yapı içerisinde kullanılan mekanik sistemler ve bulundukları mekânlarda da gerekli ses yalıtımı önlemleri alınmıştır. Ayrıca komşu birimler arasındaki ortak duvarların çift duvar şeklinde üretilmesi de iç ortam gürültüsünden olumsuz etkilenmeyi önlemektedir. Üst üste 2 ya da 3 farklı birimin bir araya geldiği ortak kat bahçeleri ise akustik konforu düşürmektedir.

Artan yüksek saydamlık oranı sebebiyle yapının güneş kontrol elemanlarına olan ihtiyacı da giderek artmaktadır. Tek başına hareketli stor kullanımı yeterli aydınlatma konforunu sağlayamamaktadır. Ayrıca yapının yükseldikçe daralan formu nedeniyle oluşan farklı derinliklerdeki kat bahçeleri özellikle alt katlarda günışığından yararlanmayı zorlaştırmaktadır. Bu durum yapının aydınlatma için harcayacağı enerjiyi arttırmaktadır.

Yapının betonarme perde çerçeve olan taşıyıcı sistemine bağlı yapı kütlesinin fazla oluşu ve narinlik oranın düşük olması nedeniyle dış çevresel koşullara bağlı olarak yapıda ortam titreşimi oluşmamaktadır. Bu bağlamda yapı, yüksek yapı kullanıcıları için çok önemli olan ortam titreşimi açısından oldukça konforludur.

Değerlendirmeler sonucunda Sapphire Residence Tower'ın iç ortam kalitesi parametrelerine göre kullanıcılarına konforlu ve sağlıklı bir ortam sunduğu belirlenmiştir.

Yapı kabuğunun hava koridorlu olarak tasarlanması; katmanlı yapısıyla ısıl konforun, doğal havalandırma olanağıyla temiz iç hava ve koku kalitesinin, ses yalıtımı özelliğiyle akustik konforun, güneş kontrol elemanlarıyla aydınlatma konforunun ve kontrollü havalandırmayla ideal ortam titreşim konforunun elde edilebilmesine yardımcı olduğu görülmüştür. Fakat cephenin iç hava kalitesi, aydınlatma ve koku kalitesi açısından yukarıda da belirtildiği üzere bazı dezavantajları da mevcuttur.

Tüm bu özellikleriyle İstanbul'un merkezi ticaret alanı olan 4. Levent'te bulunan konut ağırlıklı karma işlevli yapıda, düşük enerji tüketimine sahip sistemlerin kullanılmasına rağmen, yapı işletim süresince yapay sistemlere ihtiyaç duymaya devam edecektir. Yapının enerji verimliliğini arttırıcı kendi enerjisini üreten enerji etkin/pasif sistemlerle tasarlanması yapıyı daha sürdürülebilir yapabilirdi. Yenilenemeyen enerji

kaynaklarına bağlı yapı üretimi hem çevresel hem de ekonomik açıdan olumsuz etkilere sahiptir. Gelişen teknolojileri tasarımlarına dâhil edebilen yüksek yapılar için kendi enerjisini üretebildiği tasarımların yapılması ve çevreye olan zararının minimuma indirilmesi bu bağlamda oldukça önemlidir. Fakat bir yapının yüksek olması bu yapının iyi tasarlandığını ya da diğer yapılardan üstün olduğu anlamına gelmediğinin altı çizilmesi gerekmektedir [178]. Sonuç olarak, Sapphire Residence Tower iç ortam kalitesi ve kullanıcı konforu ile enerji tüketimi açısından olumlu görülmektedir.

Her geçen gün sayısı ve yoğunluğu artan yüksek konut yapılarında bu ve benzeri çalışmaların yapılması yapı kullanıcıların sağlığını ve konforunu etkilediği için çok önemlidir. Bu çalışmanın dışında yüksek konut yapılarına yönelik çalışmaların sayısı da artmalıdır. Bu çalışmadaki sonuçlardan yararlanarak konut işlevindeki ve aynı iç ortam kalitesi parametrelerine göre farklı özellikte yapı kabuğuna sahip olan diğer yüksek yapılarda yapı kabuğunun enerji tüketimine etkisi karşılaştırmalı olarak incelenebilir. Ayrıca benzetim programı ve kullanıcı görüşleri sonucuna ek olarak yapı içerisinde mevcut koşulların yerinde ölçümlerle değerlendirilmesiyle; mevcut yapı durumu, öngörülen durum ve algılanan durumlar arasında bağlantı kurulabilir. Özel alanlar olarak değerlendirilen konut yapılarında tüm kullanıcılara yönelik anket uygulaması yapmak kolay olmamaktadır. Fakat yapının iç ortam kalitesi algısını belirlemede tüm yapı sakinlerini içeren bir anket uygulaması yapmakla iç ortam kalitesi algısının daha sağlıklı sonuçlar vermesi mümkündür. Bu öneriler doğrultusunda yapılacak olan yeni çalışmalarla yeni yüksek konut yapı tasarımına yön verecek kullanıcı sağlığına uygun, ideal iç ortam kalitesine sahip, enerji verimli ve sürdürülebilir yapıların sayısı da artacaktır.

KAYNAKLAR

[1] A. AKMAN, ***İnsan Sağlığı, Sağlıklı Yapı ve Yapı Biyolojisi***, Yapı Dergisi, 279, 89-92, 2005.

[2] K. HESS-KOSA, ***Indoor Air Quality; The Latest Sampling and Analytical Methods***, CRC Press, USA, 2011.

[3] W. J. Fisk ve A. H. Rosenfeld, ***Potential Nationwide Improvements in Productivity and Health from Better Indoor Environments***, Proceedings of the 1998 ACEEE Summer Study on Energy and Efficiency in Buildings, Pacific Grove, CA, 1998.

[4] A. SEV ve A. ÖZGEN, ***Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma,*** Yapı Dergisi, 262, 92-99, 2003.

[5] H. GÜL, Ö. A. Halim İŞSEVER ve G. GÜNGÖR, ***Occupational and Environmental Risk Factors for the Sick Building Syndrome in Modern Offices in Istanbul: A Cross Sectional Study***, Indoor and Built Environment, 16 (1), 47-54, 2007.

[6] C. S. LING, M. H. AHMAD ve D. R. OSSEN, ***The Effect of Geometric Shape and Building Orientation on Minimizing Solar Insolation on High-Rise Buildings***, Journal of Construction in Developing Countries, 12, 1, 2007.

[7] D. ETHERIDGE ve B. FORD, ***Natural Ventilation of Tall buildings – Options and Limitations***, CTBUH 8th World Congress, Dubai, 2008.

[8] J. H. K. LAI ve F. W. H. YIK, ***Perception Of Importance And Performance Of The Indoor Environmental Quality Of High-Rise Residential Buildings***, Building and Environment, 44, 352-360, 2009.

[9] A. TIKIR, ***İstanbul'da Mevcut Bir Konutun Enerji Etkin Yenilenmesi ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma***, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009.

[10] M. INDRAGANTI ve K. D. RAO, ***Effects of Age, Gender, Economic Group and Tenure on Thermal Comfort: A Field Study in Residential Buildings in Hot and Dry Climate Seasonal Variations,*** Energy and Buildings, 42, 273-281, 2010.

[11] S. P. CORGNATI, E. FABRIZIO, D. RAIMONDO ve M. FILIPPI, ***Categories Of Indoor Environmental Quality And Building Energy Demand For Heating And Cooling***, Build Simulation Journal, 4, 2, 97-105, 2011.

[12] G. ÇAKIR, ***Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Yüksek Yapıların İrdelenmesi***, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2011.

[13] M. KALAFAT, ***İstanbul'daki Yüksek Binalarda Akıllı Cephe Sistemleri Performansının Enerji Etkinliği ve Kullanıcı Memnuniyeti Kapsamında***

Değerlendirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2011.

[14] A. S. ÖRKMEZ, ***Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Isıl Konforun Değerlendirilmesi***, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.

[15] G. SÜT, ***Türkiye Derece Gün Bölgelerinde Mevcut Çok Katlı Konut Binalarının Dış Kabuğunda Yapılacak Enerji Etkin Yenileme Stratejileri***, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2013.

[16] S. DANIK, ***Yüksek Binalarda Çift Kabuklu Cepheler Aracılığı ile Doğal Havalandırma***, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2014.

[17] Z. S. IŞIK, ***Yüksek Yapılarda Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri ile Cephe Sistemlerinin İlişkilendirilmesi ve Uygulama Örnekleri***, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2014.

[18] A. S. HASSAN ve N. T. AL-ASHWAL, ***Impact Of Building Envelope Modification On Energy Performance Of High-Rise Apartments In Kuala Lumpur, Malaysia,*** International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, 91-105, 2015.

[19] T. K. LEEA ve J. T. KIM, ***Residents' responses on indoor environment quality and energy use in apartments***, Energy and Buildings, 98, 34–38, 2015.

[20] S. MIRRAHIMI, M. F. MOHAMED, L. C. HAW, N. L. N. IBRAHIM, W. F. M. YUSOFF ve A. AFLAKI, ***The Effect Of Building Envelope On The Thermal Comfort And Energy Saving For High-Rise Buildings In Hot–Humid Climate***, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53, 1508-1519, 2016.

[21] B. DURU, ***Gökdelenler ve Kent***, Prof. Dr. Cevat Geray'a Armağan, Mülkiyeliler Birliği Yayınları, 331 – 362, Ankara, 2001.

[22] A. SEV, ***Türkiye'de ve Dünyadaki Yüksek Binaların Mimari Tasarım ve Taşıyıcı Sistem Açısından Analizi***, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Cilt-1, 2001.

[23] F. G. KARAMAHMUT, ***Yüksek Yapılarda Gelişen Teknolojik Etkiler ve Projelendirme Sistemleri,*** Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.

[24] http://global.britannica.com/technology/high-rise-building. [Erişim Tarihi: 02/01/2016].

[25] F. D. K. YARANGÜMELİ, ***Amerikan Kültüründe Gökdelen, New York City'nin Sembolik ve Varoluşsal Anlamı***, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2006.

[26] I. ABALOS ve J. HERREROS, ***Tower and Office; Modernist Theory to Contemporary Practice***, The MIT Press, London, 2003.

[27] H. R. HITCHCOCK, ***Architecture: Nineteenth and Twentieth Centuries***, New York: Penguin Books, 1977.

[28] A. L. HUXTABLE, ***The Tall Building Artistically Reconsidered: The Search for a Skyscraper Style***, University of California Press, 1984.

[29] T. A. P. V. LEEUWEN, ***The Skyward Trend of Thought: The Metaphysics of the American Skyscraper***, MIT Press, USA, 1988.

[30] L. S. BEEDLE ve D. B. RICE, ***Structural Systems for Tall Buildings***, Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee 3, McGraw-Hill, Inc., USA, 1995.

[31] M. H. GÜNEL ve H. E. ILGIN, ***Tall Buildings Structural Systems and Aerodynamic Forms,*** Routledge, New York, 2014.

[32] D. W. FALCONER ve L. S. BEEDLE, ***Earthquake Resistance Of High-Rise Systems – Classification Of Tall Building Systems***, Fritz Engineering Laboratory Report, 442, 3, 1984.

[33] M. TAPAN, ***Gökdelen Yapımıyla İlgili Amaç Sistemi Üzerine***, Çok Katlı Yapılar Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 91-98, İzmir, 1983.

[34] B.N.B. CODE, ***Housing and Building Research Institute***, Bangladesh Standards and Testing Institution, Chapter 2, 1-4, Bangladesh, 2006.

[35] http://www.slideshare.net/liza00/highrise-lecture. [Erişim Tarihi: 02/01/2016].

[36] K. YEANG, ***The Skyscraper Bioclimatically Considered***, Academic Editions, Londra, 1995.

[37] Ç. E. DEMİREL, ***Yüksek Binalarda Kamu Kontrolü ve İstanbul İçin Öneriler***, İTÜ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1996.

[38] ***İstanbul İmar Yönetmeliği***, 2007.

[39] ***İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği***, Taslak 4, 2008.

[40] ***İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği***, 2003.

[41] ***Bursa Büyükşehir İmar Yönetmeliği***, 2012.

[42] ***Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik***, 2007.

[43] CTBUH, ***Criteria for the Defining and Measuring of Tall Buildings***, 2015. http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/Criteria/tabid/446/language/en-US/Default.aspx. [Erişim Tarihi: 02/01/2016].

[44] B. S. SMITH ve A. COULL, ***Tall Building Structures: Analysis and Design***, Wiley-Interscience, Kanada, 1991.

[45] UN, ***World Urbanization Prospects***, Department of Economic and Social Affairs, New York, 2014.

[46] J. M. S. D. VALENTE, ***Tall Buildings and Elevators, Historical Evolution of Vertical Communication Systems***, Instituto Superior Técnico, MSc. Thesis, 2012.

[47] G. CRAIGHEAD, ***High-Rise Security and Fire Life Safety***, Butterworth-Heinemann, USA, 2009.

[48] BTTMANN/CORBIS Fotoğraf Arşivi.

[49] http://daytoninmanhattan.blogspot.com.tr/2011/11/where-mary-todd-lincoln-shopped-for.html. [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[50] A. ÖZGEN ve A. SEV, ***Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler***, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.

[51] T. LESLI, ***The Monadnock Building, Technically Considered***, CTBUH Journal, Issue IV, 26-31, 2013.

[52] Curt TEICH Fotoğraf Arşivi.

[53] Eliezer APPLETON Fotoğraf Arşivi.

[54] N. ATASOY, ***Yüksek Yapılarda Güncel Tasarım Yaklaşımları,*** Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2014.

[55] S. AYTIŞ, ***Yüksek Yapıların Gelişimine Toplu Bir Bakış***, Yüksek Binalar I. Ulusal Sempozyumu, İTÜ Mimarlık Fakültesi, 1989.

[56] http://architizer.com/blog/this-infographic-shows-that-skyscrapers-predict-financial-crisis/. [Erişim Tarihi: 04/01/2016].

[57] O. BÜYÜKÖZTÜRK ve O. GÜNEŞ, ***High-Rise Buildings: Evolution and Innovations***, CIB2004 World Building Congress, Toronto, Canada, 2004.

[58] D. TRABUCCO, ***Historical evolution of the service core***, CTBUH Journal: Tall Buildings Design, Construction and Operation, 36 (2/2), 2843-2852, 2009.

[59] C. WILLIS, ***Form Follows Finance***, Princeton Architectural Press, New York, 1995.

[60] M. M. ALİ ve K. S. MOON, ***Structural developments in tall buildings: current trends and future prospects***, Architectural Science Review 50, 3, 205-223, 2007.

[61] A. M. M. ve P. ARMSTRONG, ***Overview of Sustainable Design Factors in High-Rise Buildings***, Proceedings of the CTBUH 8th World Congress, Dubai, 2008.

[62] M. ALI, ***The Skyscraper: Epitome of Human Aspirations***, CTBUH 7th World Congress, New York, 2005.

[63] http://www.emporis.com/buildings/107710/mertim-tower-mersin-turkey. [Erişim Tarihi: 04/01/2016].

[64] CTBUH, ***Tall Buildings in Numbers, The Tallest Buildings in the World: The Past, Present and Future***, CTBUH Journal, Issue II, 40-41, 2008.

[65] J. GABEL, M. CARVER ve M. GEROMETTA, ***CTBUH Year in Review: Tall Trends of 2015, and Forecasts for 2016***, The Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 2015.

[66] CTBUH, ***Tall & Urban - An Analysis of Global Population and Tall Buildings***, 2011.

[67] CTBUH, ***Tall Buildings in Numbers, Tall Buildings, Structural Systems and Materials,*** CTBUH Journal, Issue II, 40-41, 2010.

[68] A. SEV ve A. ÖZGEN, ***Innovations in Tall Building Construction in Turkey From Past to Present,*** CIB W065/055 Commissions: Transformation through Construction, Edinburgh, 2008.

[69] https://www.xing.com/communities/posts/buetuen-yapi-stogu-icindeki-yuezde-5-lik-celik-kullanimini-yuezde-10-lara-ulastirmak-1006981416. [Erişim Tarihi: 11/12/2016].

[70] G. MARTIN ve J. RITZ, ***Skyscrapers: visions of strength***, Technology and Engineering Teacher, 16-22, 2015.

[71] http://ritztower.com/enlarge4.htm. [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[72] Marshall GEROMETTA Fotoğraf Arşivi.

[73] E. SAKINÇ ve M. Ş. SÖZEN, ***The Effect Of Tall Buıldıngs On Solar Access Of The Envıronment, İstanbul Levent As Case***, METU JFA, 29 (1), 95-106, 2012.

[74] http://www.healthyheating.com/Defintion_of_indoor_environmental_quality.htm#.WE7fJPmLRPZ. [Erişim Tarihi: 12/12/2016].

[75] N. WERNER, ***High Rise Buildings and Energy. Another Kind of Bank´s Secret***, 15/07/2008. http://cartografareilpresente.org/en/article256. [Erişim Tarihi: 12 27 2016].

[76] https://www.ovoenergy.com/guides/energy-guides/how-much-heating-energy-do-you-use.html. [Erişim Tarihi: 27/12/2016].

[77] M. E. ÇIRPI ve A. SEV, ***Geleceğin Sürdürülebilir Yüksek Yapıları İçin Teknoloji Transferi***, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Ankara, 2015.

[78] ***ASHRAE - 62, Ventilation For Indoor Air Quality***, 2013.

[79] P. SIMMONDS, ***ASHRAE Design Guide for Tall, Supertall, and Megatall Building Systems***, W. Stephen Comstock, USA, 2015.

[80] ***ASHRAE Handbook of Fundamentals***, 2013.

[81] ***ASHRAE - 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy***, 2013.

[82] ***ISO 7730, Ergonomics of the Thermal Environment***, 2005.

[83] M. BESSOUDO, ***Building Façades and Thermal Comfort***, VDM Verlag Dr. Müller, USA, 2008.

[84] K. PARSONS, ***Human Thermal Environments,*** CRC Press, USA, 2002.

[85] T. NIKOLAOU, G. STAVRAKAKI, D. KOLOKOTSA, C. MUNTEANU VE A. APOSTOLOU, ***Managing Indoor Environments and Energy in Buildings with Integrated Intelligent Systems***, Springer, Switzerland, 2015.

[86] P. O. FANGER, ***Thermal Comfort***, McGraw-Hill Book Co., New-York, 1973.

[87] C. S. LING, M. H. AHMAD ve D. R. OSSEN, ***The Effect of Geometric Shape and Building Orientation on Minimizing Solar Insolation on High-Rise Buildings***, Journal of Construction in Developing Countries, 2 (1), 2007.

[88] A. S. ÖRKMEZ ve İ. ÇETİNER, ***Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin İç Mekân Isıl Konforuna Etkisi***, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Bursa, 2012.

[89] H. POIRAZIS, ***Double Skin Façades for Office Buildings – Literature Review***, Report EBD-R-04/3, Lund University, 2004.

[90] ***Indoor Air Quality and Its Impacts on Man; Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings***, Report No-11, EUR 14449 EN, European Collaborative Action, Brussels, Luxembourg, 1992.

[91] M. AKGÜL, ***Yapılarda Huzur Kriterlerinin İncelemesi***, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

[92] E. GÜRDAL, ***Yüksek Binalar için Isıtma, Havalandırma, Klima Sistemleri ve Enerji Tasarrufu*** Yüksek Binalar I. Ulusal Sempozyumu, İstanbul, 1989.

[93] K. YEANG, ***Ecodesign: A Monuel for Ecological Design***, Chichester: Willey-Academy, 2006.

[94] V. FABI, R. V. ANDERSEN, S. P. CORGNATI ve W. OLESEN, ***Occupants' Window Opening Behaviour, A Literature Review of Factors Influencing Occupant Behaviour and Models***, Building and Environment, 58, 188-198, 2012.

[95] http://www.dailymail.co.uk/health/article-2328400/The-secret-long-healthy-life-A-HIGH-rise-flat-People-live-eighth-floor-22-likely-die-early.html#ixzz2ZqXPUBe9. [Erişim Tarihi: 21/12/2016].

[96] http://www.sozcu.com.tr/2016/saglik/3-kattan-daha-asagida-oturanlarda-kanser-tehlikesi-1506948/. [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[97] F. Ş. SEZER, ***Giydirme Cephe Sistemi Kullanıcıların Sistemin Konfor Koşullarına İlişkin Görüşlerini İçeren Bir Anket Çalışması ve Değerlendirmesi***, 1.Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İstanbul, 2004.

[98] http://www.wbdg.org/systems-specifications/building-envelope-design-guide/building-envelope-design-guide-introduction. [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[99] ***ISO 16283-3 Acoustics - Field Measurement Of Sound Insulation In Buildings and Of Building Elements,*** 2016.

[100] ***Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği***, 2010. http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100604-5.htm. [Erişim Tarihi: 21/12/2016].

[101] G. ORAL, A. YENER ve N. BAYAZİT, ***Building Envelope Design With The Objective To Ensure Thermal, Visual And Acoustic Comfort Conditions,*** Building and Environment, 39, 281-287, 2004.

[102] N. GÜZEL ve A. SÖNMEZ, ***Giydirme Cephelerin Performans Özellikleri***, Ege Mimarlık, 44, 12-17, 2002.

[103] V. HUCKEMANN, É. B. LEÃO ve M. LEÃO, ***Acoustic comfort in office buildings with double skin glass façades***, Bauphysik, 31(5), 305-312, 2009.

[104] T. İNAN ve T. BASARAN, ***Çift Cidarlı Cepheler Üzerine Bir Araştırma***, Megaron, 9(2), 132-142, 2014.

[105] http://www.vibrationdata.com/tutorials2/m206content.pdf [Erişim Tarihi: 21/12/2016].

[106] Z. T. KAZANASMAZ, ***Binaların Doğal Aydınlatma Performanslarının Değerlendirilmesi***, EMO V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, 2009.

[107] ***The Lighting Handbook Reference and Application***, IESNA / Illuminating Engineering Society, 2011.

[108] Ö. SÜMENGEN ve A. K. YENER, ***Konutlarda Aydınlatma Enerjisi Performansı ve Görsel Konfor Koşulları***, EMO V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, 2009.

[109] D. ARONS, ***Properties and Applications of Double-Skin Building Facades***, MIT, Master Thesis, 2000.

[110] David SUNDBERG Fotoğraf Arşivi, 2014.

[111] P. XUE, C. MAK ve H. CHEUNG, ***The Effects Of Daylighting And Human Behavior On Luminous Comfort In Residential Buildings***, Building and Environment, 81, 51-59, 2014.

[112] S. TOZAN, ***Yüksek Binalarda Rüzgar Etkisi ve Konfor Şartlarının Çeşitli Yönetmeliklere Göre İncelenmesi***, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.

[113] M. SARKISIAN, ***Designing Tall Buildings Structure As Architecture***, Routledge, New-York, 2012.

[114] P. MENDIS, T. NGO, N. HARITOS, A. HIRO, B. SAMALI ve J. CHEUNG, ***Wind Loading on Tall Buildings***, Electronic Journal of Structural Engineering, 41-54, 2007.

[115] ***Okullarda İç Çevre Kalitesi Bileşeni Koku***, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İzmir, 2015.

[116] https://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/chemicalsodors.html. [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[117] T. KIM, B.Y. PARK ve C. H. CHEONG, ***Ventilation Systems to Prevent Food Odour Spread in High-rise Residential Buildings***, Indoor and Built Environment, 1-13, 2011.

[118] https://www.cdc.gov/niosh/pdfs/sec_2.pdf. [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[119] ***Sustainable Energy Regulation And Policymaking Training Manual***, http://africa-toolkit.reeep.org/modules/Module18.pdf. [Erişim Tarihi: 30/12/2016].

[120] http://www.kyotherm.com/en/renewable-heat. [Erişim Tarihi: 30/12/2016].

[121] https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings [Erişim Tarihi: 30/12/2016].

[122] ***Energy Effıcıency Market Report 2016***, IEA - Internatıonal Energy Agency, 2016.

[123] P. WAIDE, ***Hıgh-Rıse Refurbıshment***, IEA - Internatıonal Energy Agency, 2006.

[124] P. RICKWOOD, G. GLAZEBROOK ve G. SEARLE, ***Urban Structure And Energy- A Review***, Urban Policy and Research – 26 (1), 57-81, 2008.

[125] G. MANİOĞLU ve Z. YILMAZ, ***Energy Efficient Design Strategies in the Hot Dry Area of Turkey***, Building and Environment, 43, 1301-1309, 2008.

[126] EUMEPS, ***Low and Net Zero Energy Buildings with EPS Insulation***, 2011.

[127] M. SCHWEIKER, ***Occupant Behaviour and The Related Reference Levels for Heating and Cooling***, PhD dissertation, Tokyo City University, 2010.

[128] ***Modernising Building Energy Codes***, IEA - International Energy Agency, 2013.

[129] EUMEPS, ***Sustainable Construction with EPS Insulation***, 2011.

[130] E. Union, ***Energy Performance of Buildings Regulations***, 2012.

[131] http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/legislation/framework-legislation-in-99-countries/. [Erişim Tarihi: 30/12/2016].

[132] E. TURHAN, S. C. MAZLUM, Ü. ŞAHİN, A. H. ŞORMAN ve A. C. GÜNDOĞAN, ***Beyond special circumstances: climate change policy in Turkey 1992–2015***, WIREs Clim Change - 7, 448–460, 2016.

[133] http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Turkey/1/The_INDC_of_TURKEY_v.15.19.30.pdf. [Erişim Tarihi: 30/12/2016].

[134] http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/legislation/countries/turkey/. [Erişim Tarihi: 30/12/2016].

[135] A. AVERCHENKOVA ve S. MATIKAINEN, ***Assessing the consistency of national mitigation actions in the G20 with the Paris Agreement***, The Centre for Climate Change Economics and Policy - CCCEP, 2016.

[136] S. NARİN, ***Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği***, Antalya, 2012.

[137] S. ROAF, D. CRICHTON ve F. NICOL, ***Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide***, Architectural Press, Oxford, 2005.

[138] P. LOTFABADI, ***High-rise buildings and environmental factors, Renewable and Sustainable Energy Reviews***, 38, 285-295, 2014.

[139] P. OLDFIELD, D. TRABUCCO ve A. WOOD, ***Five Energy Generations of Tall Buildings: An Historical Analysis of Energy Consumption in High-Rise Buildings***, The Journal of Architecture,14 (5), 591-613, 2009.

[140] CTBUH, ***Tall Buildings in Numbers, An Overview of Historical Factors Affecting Tall Building Energy Consumption,*** CTBUH Journal, Issue III, 41-42, 2008.

[141] https://www.ovoenergy.com/guides/energy-guides/how-much-heating-energy-do-you-use.html. [Erişim Tarihi: 30/12/2016].

[142] P. SIMMONDS, ***The New ASHRAE/CTBUH Design Guide for Tall, Megatall and Supertall Building Systems***, CTBUH 2015 New York Conference, New-York, 2015.

[143] İ. ÇETİNER, ***Çift Kabuk Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım***, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2002.

[144] M. ALI ve P. ARMSTRONG, ***Overview of Sustainable Design Factors in High-Rise Buildings***, CTBUH 8th World Congress, Dubai, 2008.

[145] http://www.worldarchitecturenews.com/project/2006/412/wilkinson-eyre-architects/brighton-marina-in-brighton.html?q=brighton%20marina. [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[146] https://www.google.com.tr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjghOmtr5rRAhUDtBQKHdbbCEUQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.claremontam.com%2Fprojects%2Fbrighton-marina-101%2F&psig=AFQjCNHSNh7w2Z51HP9Rt_sLEK9IuI6XAA&ust=1483134112. [Erişim Tarihi: 30/12/2016].

[147] http://www.xprize.org/news/most-energy-efficient-skyscraper-ever. [Erişim Tarihi: 25/12/2016].

[148] http://www.handelarchitects.com/projects/project-main/cornell-res-main.html. [Erişim Tarihi: 25/12/2016].

[149] S. WATTS ve D. LANGDON, ***Tall Buildings in Numbers, The Economics of High-rise***, CTBUH Journal, Issue III, 44-45, 2010.

[150] T. K. LEE ve J. T. KIM, ***Residents' Responses On Indoor Environment Quality And Energy Use In Apartments***, Energy and Buildings, 98, 34-38, 2015.

[151] ***Indoor Air Facts No. 4 (revised) Sick Building Syndrome: Indoor Air Quality,*** U.E.P. Agency, 2010.

[152] A. HEDGE, ***Addressing the psychological aspects of IAQ and SBS***,lst International IAQ Symposium, Urumqi, China, 1996.

[153] F. UMAROĞULLARI, ***Yapı Biyolojisi Dersi Yayınlanmamış Ders Notları***, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Bahar 2015.

[154] ***Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği***, 2009.

[155] C. J. KIBERT, ***Sustainable Construction; Green Building Design and Delivery***, John Wiley & Sons, USA, 2008.

[156] W. J. FISK, D. BLACK ve G. BRUNNER, ***Benefits and costs of improved IEQ in US offices***, Indoor Air, 21(5), 357-367, 2011.

[157] D. AKAL, ***İç Ortam Hava Kirliliği ve Çalışanlara Olumsuz Etkileri***, ÇSGB Çalışma Dünyası Dergisi - 1(1), 112-119, 2013.

[158] Fatih ŞAHİNER Fotoğraf Arşivi, 2014.

[159] Dinçer AYDIN Fotoğraf Arşivi, 2016.

[160] http://www.tabanlioglu.com/project/sapphire/. [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[161] Helene BINET Fotoğraf Arşivi.

[162] A. WOOD, ***Best Tall Buildings 2011***, CTBUH in conjunction with IIT and Routledge, Taylor and Francis Group, Chicago, 2011.

[163] http://gezginharitaci.blogspot.com.tr/2013/04/istanbul-sapphire.html [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[164] E. GÜLAKAN, ***Yüksek Yapılarda Uygulanan Yapım Teknolojilerinin İrdelenmesi ve Sorunların Ortaya Konması,*** Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2014.

[165] M. ŞAHİN, ***Yüksek Yapılar ve Kamusal Alan İlişkisi: Büyükdere Caddesi Örneği***, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

[166] N. DEMİR, ***Yüksek Yapılar ve Sürdürülebilir Enerji***, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2011.

[167] http://v2.arkiv.com.tr/p9568-istanbul-sapphire.html [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[168] http://www.mimdap.org/?p=82563 [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[169] M. GÜLERYÜZ ve N. DOSTOĞLU, ***Yüksek Binalar ve Sürdürülebilir Mimarlık: Çelişkiler, Beklentiler***, Yapı Dergisi, 368, 74-76, 2012.

[170] Emre DORTER Fotoğraf Arşivi.

[171] https://skyscrapercenter.com/building/sapphire-tower/748. [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[172] Sıla DANIK Fotoğraf Arşivi, 2014.

[173] S. PETE ve W. MCLEAN, ***Mimarlık Teknolojisine Giriş***, YEM, İstanbul, 2014.

[174] https://www.designbuilder.co.uk/ [Erişim Tarihi: 24/12/2016].

[175] A. TIKIR, ***İstanbul'da Mevcut Bir Konutun Dış Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesi ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma***, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009.

[176] D. CRAWLEY, R. STRAND, C. PEDERSEN, R. LIESEN, D. FISHER, L. LAWRIE, F. WINKELMANN, W. BUHL ve J. HUANG, ***EnergyPlus: A New-Generation Energy Analysis and Load Calculation Engine for Building Design***, ACSA Technology Conference, 2000.

[177] https://www.cmhc-schl.gc.ca/publications/en/rh-pr/tech/tech01-142.htm [Erişim Tarihi: 30/12/2016].

[178] T. SARI, ***Yüksek Bina Tasarımında Katı Strüktürlerden Sürdürülebilir Yapılara: İstanbul'da Üç Yapısal Yaklaşım Süreci***, V. Türkiye Lisansüstü Çalışmaları Kongresi, Isparta, 2016.

EK-A

SAPPHIRE RESIDENCE TOWER AYLIK ENERJİ TÜKETİM VERİLERİ

AYLAR	İÇ ORTAM SICAKLIK KOŞULARI				ENERJİ TÜKETİMİ			
	Dış Ortam Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Radyal Sıcaklık	Operatif Sıcaklık	Elektrikli Cihazlar	Aydınlatma	Isıtma (Doğalgaz)	Soğutma (Elektrik)
	°C	°C	°C	°C	Wh/m²	Wh/m²	Wh/m²	Wh/m²
Ocak	05,7	16,9	18,0	17,5	7.390,14	4.107,04	17.335,02	0
Şubat	04,8	17,1	18,2	17,7	6.674,96	3.710,61	18.123,58	1,17
Mart	07,2	17,6	19,5	18,5	7.390,14	4.099,12	11.376,91	1,21
Nisan	12,2	20,2	22,9	21,6	7.151,75	3.964,33	2.344,67	21,27
Mayıs	16,7	23,1	26,4	24,7	7.390,14	4.114,97	210,38	468,99
Haziran	21,6	26,0	29,5	27,8	7.151,75	3.964,33	0	2.179,93
Temmuz	24,1	27,5	31,3	29,4	7.390,14	4.114,97	0	5.829,89
Ağustos	24,2	27,5	31,2	29,3	7.390,14	4.107,04	0	6.857,22
Eylül	20,8	25,4	28,8	27,1	7.151,75	3.972,26	8,19	1.663,42
Ekim	16,4	22,6	25,3	24,0	7.390,14	4.114,97	249,33	60,31
Kasım	11,3	19,3	21,3	20,3	7.151,75	3.972,26	4.228,69	1,50
Aralık	07,8	17,3	18,4	17,8	7.390,14	4.091,19	11.926,79	0
TOPLAM					**87.012,95**	**48.333,13**	**65.803,69**	**17.083,79**

EK-B

İÇ ORTAM KALİTESİNİ BELİRLEMEYE YÖNELİK GÖRÜŞME SORULARI

A- KİŞİSEL BİLGİLER					
Yaşınız	20 ve Altı	21 – 30	31 – 40	41 – 50	50 ve Üzeri
	☐	☐	☐	☐	☐
Cinsiyetiniz	Kadın	☐		Erkek	☐
Eğitim Durumunuz	İlköğretim	Ortaöğretim	Yükseköğretim	Yüksek Lisans	Doktora
	☐	☐	☐	☐	☐
Sigara Kullanım Durumunuz	Kullanıyorum	☐		Kullanmıyorum	☐
B- YAŞAM ALANI BİLGİLERİ					
Binadaki Yaşam Süreniz	1 Yıl	2 Yıl	3 Yıl	4 Yıl	5 Yıl ve Üzeri
	☐	☐	☐	☐	☐
Evinizde Geçirdiğiniz Süre	1 – 4 Saat	5 – 8 Saat	9 – 12 Saat	13 – 16 Saat	16 Saat Üzeri
	☐	☐	☐	☐	☐
Dairenizin Bulunduğu Kat	** Dairenizin bulunduğu kat numarasını sayı ile belirtiniz.*				
Daire Tipiniz	1+1	2+1	3+1	4+1	5+1 – 6+1
	☐	☐	☐	☐	☐
Daire Kullanıcı Sayısı	1 Kişi	2 Kişi	3 Kişi	4 Kişi	5 Kişi ve Üzeri
	☐	☐	☐	☐	☐
Dairenizin Durumu	Kiralık	☐		Daire Sahibi	☐
C- İÇ ORTAM KALİTESİ BİLGİLERİ					
1- Isıl Konfor Durumu					
1.a. Dairenizdeki mevsimsel sıcaklıktan memnun musunuz?					
Evet			Kararsızım		Hayır
☐			☐		☐
1.b. Dairenizdeki iç ortam sıcaklığını nasıl hissediyorsunuz?					
Çok Soğuk -3	Soğuk -2	Biraz Soğuk -1	Normal 0	Biraz Sıcak +1	Sıcak +2	Çok Sıcak +3
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1.c. İç ortam sıcaklığının nasıl olmasını isterdiniz?					
Daha Soğuk			Aynı			Daha Sıcak
☐			☐			☐
2.a. Dairenizdeki nem miktarından memnun musunuz?					
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
2.b. Dairenizdeki iç ortam nemini nasıl hissediyorsunuz?					
Çok Kuru -3	Kuru -2	Biraz Kuru -1	Normal 0	Biraz Nemli +1	Nemli +2	Çok Nemli +3
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2.c. İç ortam neminin nasıl olmasını isterdiniz?					
Daha Kuru			Aynı			Daha Nemli
☐			☐			☐
3.a. Dairenizdeki iç ortam hava hareketinden (hızından) memnun musunuz?					
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
3.b. Dairenizdeki iç ortam hava hareketini nasıl hissediyorsunuz?					
Çok Yavaş -3	Yavaş -2	Biraz Yavaş -1	Normal 0	Biraz Hızlı +1	Hızlı +2	Çok Hızlı +3
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3.c. İç ortam hava hareketinin nasıl olmasını isterdiniz?					
Daha Yavaş			Aynı			Daha Hızlı
☐			☐			☐

2- İç Hava Kalitesi Durumu						
4.a. Dairenizdeki iç hava kalitesi (hava temizliği) memnun musunuz?						
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
4.b. Dairenizdeki iç hava kalitesini nasıl hissediyorsunuz?						
Çok Kötü -3	Kötü -2	Biraz Kötü -1	Normal 0	Biraz İyi +1	İyi +2	Çok İyi +3
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5.a. Yapay olarak iklimlendirilmiş (klimalı) ortam sizi olumsuz etkiler mi?						
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
5.b. Dairenizdeki doğal havalandırma koşulları yeterli mi?						
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
5.c. Dairenizin açılır pencereye sahip olmasını ister miydiniz?						
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
3- Aydınlatma Durumu						
6.a. Dairenizin doğal aydınlatma seviyesinden memnun musunuz?						
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
6.b. Dairenizin doğal aydınlatma seviyesini nasıl hissediyorsunuz?						
Çok Karanlık -3	Karanlık -2	Biraz Karanlık -1	Normal 0	Biraz Aydınlık +1	Aydınlık +2	Çok Aydınlık +3
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
6.c. Doğal aydınlatmanın nasıl olmasını isterdiniz?						
Daha Karanlık			Aynı			Daha Aydınlık
☐			☐			☐
7.a. Güneş ışınları iç ortamda rahatsızlığa neden oluyor mu?						
Oluyor			Kararsızım			Olmuyor
☐			☐			☐
7.b. Dış cephede bulunan mevcut güneş kontrol elemanları yeterli mi?						
Yeterli			Kararsızım			Yetersiz
☐			☐			☐
4- Akustik Durum						
8.a. Daireniz iç ortam akustik konforundan memnun musunuz?						
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
8.b. Dairenizin iç ortam akustik konforunu nasıl hissediyorsunuz?						
Çok Gürültülü -3	Gürültülü -2	Biraz Gürültülü -1	Normal 0	Biraz Sessiz +1	Sessiz +2	Çok Sessiz +3
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
8.c. İç ortam akustik konforunun nasıl olmasını isterdiniz?						
Daha Sesli			Aynı			Daha Sessiz
☐			☐			☐
8.d. İç ortamda bulunan mekanik sistem (havalandırma, asansör vb.) gürültülerinden olumsuz etkileniyor musunuz?						
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
9.a. Dış ortamdan gelen gürültüleri daire içinde hissediyor musunuz?						
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
9.b. Dış ortamdan gelen gürültüler sizi olumsuz etkiler mi?						
Evet			Kararsızım			Hayır
☐			☐			☐
5- Ortam Titreşimi Durumu						

10.a. Kuvvetli fırtına ve rüzgâra bağlı olarak yapı hareketini hissediyor musunuz?		
Evet	Kararsızım	Hayır
☐	☐	☐
10.b. Yapı içerisindeki titreşim ve hareketler konforunuzu olumsuz etkiliyor mu?		
Evet	Kararsızım	Hayır
☐	☐	☐
6- Koku Durumu		
11.a. Dairenizdeki iç ortam koku durumundan memnun musunuz?		
Evet	Kararsızım	Hayır
☐	☐	☐
11.b. Dairenizdeki iç ortam kokuları sizi olumsuz etkiliyor mu?		
Evet	Kararsızım	Hayır
☐	☐	☐
D- KULLANICI KONFORU ve MEMNUNİYETİ BİLGİLERİ		
12. Dairenizin iç ortam kalitesini nasıl buluyorsunuz?		
Çok Konforsuz -3	Konforsuz -2	Biraz Konforsuz -1
☐	☐	☐
13. İç ortam kalitesi sizin performansınızı ve verimliliğinizi etkiliyor mu?		
Evet	Kararsızım	Hayır
☐	☐	☐
14. İç ortam kalitesinin sizin performansınız ve verimliliğinize etkisi nedir?		
Verimliliğimi Arttırıyor	Etkisiz	Verimliliğimi Azaltıyor
☐	☐	☐
15. Mevcut iç ortam konfor koşullarından memnun musunuz?		
Evet	Kararsızım	Hayır
☐	☐	☐
İç ortam kalitesi ve memnuniyetiniz için öneriniz var mı?		
Evet	** Cevabınız "Evet" ise aşağıya önerilerinizi kısaca yazabilirsiniz.*	Hayır
☐		☐

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Dinçer AYDIN

Doğum Tarihi ve Yeri : 25.04.1990 – Zonguldak

Yabancı Dili : İngilizce, Almanca

E-posta : dinceraydin@trakya.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı	Trakya Üniversitesi	2017
Lisans	Mimarlık	Yeditepe Üniversitesi	2013
Lise	Fen Bilimleri	Zonguldak İMKB Anadolu Öğretmen Lisesi	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görev
2015-Devam	Trakya Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2013-2015	Yeditepe Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2013	Akalın Mimarlık	Mimar