T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK KATLI YAPI TASARIMINDA RÜZGAR FAKTÖRÜNÜN YAYA KONFORUNA ETKİSİ

Gaye Naciye KOYUNCU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimari Tasarım Anabilim Dalı

Mimari Tasarım Programı

Danışman

Doç. Dr. Yasemen SAY ÖZER

Temmuz, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK KATLI YAPI TASARIMINDA RÜZGAR FAKTÖRÜNÜN YAYA KONFORUNA ETKİSİ

Gaye Naciye KOYUNCU tarafından hazırlanan tez çalışması 26.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimari Tasarım Anabilim Dalı, Mimari Tasarım Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Yasemen SAY ÖZER

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Yasemen SAY ÖZER, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Aziz Rıdvan KUTLUTAN , Üye
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Yasemen SAY ÖZER sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Yüksek Katlı Yapı Tasarımında Rüzgar Faktörünün Yaya Konforuna Etkisi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Gaye Naciye KOYUNCU

İmza

Aileme…

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, akademik birikimi ve tecrübesinin yanı sıra örnek aldığım hayat duruşu ve olumlu yaklaşımlarıyla ilerleyebilmem için her zaman yol gösteren ve bu tezin hazırlanmasına katkı sağlayan danışmanım Doç.Dr. Yasemen Say Özer'e içtenlikle teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora tezi çalışması olarak ortaya çıkan Archidynamics yazılımının geliştiricisi İlker Karadağ'a, programın bu çalışmada kullanılması konusunda vermiş olduğu izin ve ilerleyen süreçlerde analizlerdeki teknik desteği için teşekkürlerimi iletirim.

Hayatımdan sevgiyi eksik etmedikleri, kendimi gerçekleştirebilmeme fırsat verdikleri ve her zaman özveriyle çabaladıkları için; çocukları olmaktan gurur duyduğum ve ebeveynlerim oldukları için kendimi hep şanslı hissettiğim; annem Şengül Koyuncu'ya ve babam Bülent Koyuncu'ya; her koşulda desteğini esirgemeyen kardeşim Özge Koyuncu'ya yürekten teşekkür ederim.

Gaye Naciye KOYUNCU

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ VIII

TABLO LİSTESİ XIV

ÖZET XV

ABSTRACT XVII

1 Giriş 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 3

1.3 Hipotez 4

2 Yüksek Katlı Yapılar 5

2.1 Yüksek Katlı Yapı Tanımı 5

2.2 Yüksek Katlı Yapı Düşüncesinin Gelişimi 9

2.3 Yüksek Katlı Yapı Tasarımının Tarihçesi 14

2.3.1 Teknolojik Gelişmeler 14

2.3.2 Kentsel Bağlam 21

2.3.3 İşlev Değişimi 24

2.3.4 Mimari Akımlara Etkisi 26

2.3.5 Farklı Coğrafyalarda Yaygınlaşma 31

2.4 Yüksek Katlı Yapı Tasarımını Etkileyen Faktörler 36

2.4.1 Topoğrafya ve Jeolojik Yapı 37

2.4.2 Konum 40

2.4.3 Form 47

2.4.4 İşlev 53

2.4.5 Fiziksel Ortam : Isı ve Rüzgar 61

3 Yüksek Katlı Yapı Tasarımı-Rüzgar İlişkisi 65
3.1 Rüzgarın Yüksek Katlı Yapılar Üzerinde Yarattığı Etki 66
3.2 Yüksek Katlı Yapılarda Rüzgar Testleri 70
3.3 Yüksek Katlı Yapıların Rüzgar ile Etkileşimleri 80
3.3.1 Yapı Formu - Köşe Etkisi (Corner Effect) – Girdap Etkisi (Wake Effect) 81
3.3.2 Aşağı Akım Etkisi (Downwash Effect) - Geçit Etkisi (Breezeway Effect) 83
3.3.3 Sıra Etkisi (Row Effect) ve Kademelenme Etkisi (Stepping Effect) .. 85
3.3.4 Kümülatif Etki 87
3.3.5 Çapraz Konumlu Yapılar 88
3.3.6 Kanallaşma (Channeling) - Tünelleşme(Funneling) – Darboğaz Etkisi (Venturi Effect) 89
3.3.7 Avlu Etkisi (Courtyard Effect) 92
3.4 Rüzgar Etkilerini Azaltmaya Yönelik Tasarım Önlemleri 93
3.5 Rüzgar ve Yaya Konforu Kriteri İlişkisi 102
4 Alan Çalışması : Emaar AVM – Residence Projesi ve İstanbul Anadolu Yakası Rüzgar Verileri 110
4.1 İstanbul Anadolu Yakası Rüzgar Verileri 110
4.2 Emaar AVM – Residence Proje Bilgileri 115
4.2.1 Yaya ve Araç Girişleri 119
4.2.2 Zemin Kat ve Teras Katı Kullanımı 125
4.2.3 Avlu ve Meydanlar 132
4.3 Emaar AVM – Residence Projesinde Rüzgar ve Yaya Konforu Açısından Mevcut Durum ve Değerlendirme 138
5 Sonuç 147
Kaynakça 149

Tezden Üretilmiş Yayınlar 162

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Yüksek katlı yapı tanımının bağlama göre değişimi 6
Şekil 2.2 CTBUH' a göre yüksek yapı sınıflandırması[5] 8
Şekil 2.3 Kerloas menhiri, Fransa[11] 9
Şekil 2.4 Babil Kulesi [8] 9
Şekil 2.5 Ulm Katedrali, Almanya [15] 10
Şekil 2.6 Yakushi-ji Pagodası, Japonya [69] 10
Şekil 2.7 Le Corbusier'in yüksek katlı yapılar içeren kent planı önerisi: Ville Radieuse [67] 12
Şekil 2.8 CTBUH yıllara göre tamamlanan yüksek katlı yapı inşası [49] 13
Şekil 2.9 Monadnock Binası, Chicago [99] 15
Şekil 2.10 Home Insurance Building, Chicago [95] 15
Şekil 2.11 Equitable Life Insurance Company Binası, Newyork [100] 16
Şekil 2.12 Masonic Temple Building, Chicago [91] 16
Şekil 2.13 Auditorium Building [34] ve kesiti [123] 17
Şekil 2.14 Singer Building [18] 17
Şekil 2.15 Woolworth Building [108] 17
Şekil 2.16 John Hancock Center [28] 18
Şekil 2.17 World Trade Center [55] 18
Şekil 2.18 Sears Tower [41] 19
Şekil 2.19 US Steel Binası [26] 19
Şekil 2.20 Chrysler Binası [23] ve kat planları [122] 20
Şekil 2.21 Empire State Binası [22] ve kat planları [131] 20
Şekil 2.22 Filatiron Building [84] 21
Şekil 2.23 Equitable Building ve bulunduğu parseldeki yükselme şekli [110], [140] 22
Şekil 2.24 Rockefeller Center [37], [130] 23
Şekil 2.25 Citycorp Center'ın kentle bileşen sosyal alanları [57] 23
Şekil 2.26 Tribune Building [52] 24
Şekil 2.27 Western Union Building [51] 24
Şekil 2.28 Lake Shore Drive Apartmanları [68] ve planları [132] 25
Şekil 2.29 John Hancock Center 'da sosyal yaşam [50] 25

Şekil 2.30 Wainwright Binası [80] 26
Şekil 2.31 Lerroy Buffington Binası [112] 26
Şekil 2.32 Reliance Binası [17] 27
Şekil 2.33 Fisher Building [35] 27
Şekil 2.34 Knights of Colombus Building [58] 28
Şekil 2.35 Marina City [56] 28
Şekil 2.36 Seagram Building [65] 29
Şekil 2.37 Citycorp Center [66] 29
Şekil 2.38 Sony Building [76] ve tonozlu girişi [138] 30
Şekil 2.39 1930'lara kadar yüksek katlı yapı inşaası ve yüksek katlı yapı inşasını etkileyen faktörler [73] 30
Şekil 2.40 Avrupa'daki ilk yüksek katlı yapılar 33
Şekil 2.41 Asya'daki yüksek katlı yapılar 34
Şekil 2.42 Yüksek katlı yapılarda yükseklik değişiminin tarihsel gelişimi 35
Şekil 2.43 Commerzbank Tower'da [24] zemin güçlendirme çalışmaları [138] 37
Şekil 2.44 Yüksek katlı yapıların tepe ve vadiye yerleşimi [6] 38
Şekil 2.45 Los Angeles'taki gökdelenlerin topografya üzerindeki yerleşimi [70] .. 39
Şekil 2.46 Yüksek katlı yapıların İstanbul silüetine etkisi [104] 39
Şekil 2.47 Yüksek katlı yapının kent merkezinde konumlandırılması [6] 40
Şekil 2.48 Bank Of China yapısı [38] ve Hong Kong silüetine etkisi [125] 41
Şekil 2.49 Burj Khalifa'nın gölgesinin etkilediği alan [106] 42
Şekil 2.50 İzmir'de yüksek katlı yapıların deniz kıyısına konumlandırılması [121] 43
Şekil 2.51 İstanbul Maslak bölgesinde yüksek katlı yapılar nedeniyle yaşanan trafik sorunu [145] 44
Şekil 2.52 Kent dışında konumlandırılan yüksek katlı yapılar [6] 45
Şekil 2.53 Paris, Le defence bölgesindeki yüksek katlı yapılar [63], [134] 46
Şekil 2.54 Tokyo'daki yüksek katlı yapılar [98] 47
Şekil 2.55 Jin Mao Tower[81] , Sears Tower [136], Petrona İkiz Kuleleri [31] kütleleri 48
Şekil 2.56 Yüksek katlı yapı giriş bölümlerinin bir Newyork sokağından görünümü [101] 49
Şekil 2.57 Tomorrow Square [87], The Trump Building [137], Baiyoke Tower II [144] bitiş bölümleri 49
Şekil 2.58 Yüksek katlı yapı formları [120] 50

Şekil 2.59 Yüksek katlı yapı formu örnekleri 50
Şekil 2.60 Yüksek katlı yapılarda temel geometrik şekillerden oluşturulabilecek plan geometrileri [120] 51
Şekil 2.61 Yüksek katlı yapılara ait plan geometrisi örnekleri [114] 51
Şekil 2.62 Trans Amerikan Binası, piramidal formuyla San Francisco'da referans noktası oluşturması [102] 52
Şekil 2.63 Empire State Binası'nın tasarımıyla New York'ta referans noktası oluşturması [103] 53
Şekil 2.64 Sadece ofis işlevli en yüksek ilk 5 yapı 55
Şekil 2.65 Sadece konut işlevli en yüksek ilk 5 yapı 56
Şekil 2.66 Sadece otel işlevli en yüksek ilk 5 yapı 57
Şekil 2.67 İşlevlerine göre yüksek katlı yapılar 59
Şekil 2.68 Chrysler [97] ve Sears [133] firmalarını yeni merkezleri 60
Şekil 2.69 Temel hava akımları [4] 62
Şekil 2.70 Kentte rüzgar oluşumu[2] 63
Şekil 2.71 Atmosferik sınır tabakasının yüzey pürüzlülüğüne göre değişimi [42] 64
Şekil 3.1 Yüksek katlı yapıya etkiyen rüzgarın neden olduğu titreşimler ve girdap kopmaları [118] 66
Şekil 3.2 Rüzgar akışının 2 boyutlu hali: çapraz rüzgar ve paralel rüzgar [116] .. 65
Şekil 3.3 Yüksek katlı yapı çevresinde oluşan basınç bölgeleri ve hava akımları [4] 69
Şekil 3.4 Dünya Ticaret Merkezinin Rüzgar Testi, (Colorado Eyalet Üniversitesi arşivleri) tasarımcılar ve mühendisler (soldan sağa): A.G. Davenport, M. Yamasaki, M. Levy, J.Beceri, J.E. Cermak ve L.E. Robertson[42] 71
Şekil 3.5 Rüzgar tüneli testi ve statik yüksek katlı yapı modeli 71
Şekil 3.6 CFD programlarından alınan veriler ve rüzgar akışı [43] 72
Şekil 3.7 CFD modellemesi ile Zorlu Center'ın yaya seviyesinde konfor analizi [59] 72
Şekil 3.8 Yüksek katlı yapıların konumlandırılmasında mevcut durum ve optimize edilmiş durum [129] 73
Şekil 3.9 Rüzgarın form ve açık alan tasarımı üzerindeki etkisi için oluşturulan alternatifler ve analizleri [1] 74
Şekil 3.10 Burj Khalifa tasarımında rüzgar tüneli içerisinde yapılan çalışmalar ve etkiyen rüzgar yönlerinin denenmesi [82] 75
Şekil 3.11 Rüzgar tüneli testleri [92] ve Burj Khalifa'nin optimize edilmiş rüzgar davranışı [141] 75

Şekil 3.12 Grand Arch'da rüzgardan korunmak için tasarlanan tente [36] 76
Şekil 3.13 Bridgewater Place Yapısı ve çevre yollarda rüzgara karşı alınan önlemler [109] 77
Şekil 3.14 Filatiron Building'in neden olduğu rüzgarı gösteren kartpostal [53] ve video görüntüsü [127] 78
Şekil 3.15 John Hancock Center'ın rüzgara karşı hatalı dizayn edilen cam panellerinin değişimi[64] 79
Şekil 3.16 John Hancock Center için New York Times 'ta çıkan haber [78] 79
Şekil 3.17 Yapı etrafındaki esinti alanları [117], [139] 80
Şekil 3.18 Çokgen ve dairesel formlu yapıların rüzgar davranışı [9] 81
Şekil 3.19 Yapı formu(a), köşe etkisi(b) ve girdap etkisi(c) [2] 82
Şekil 3.20 Aşağı akım ve geçit etkisi [2] 83
Şekil 3.21 Pearl River Tower [27], rüzgar tirbünleri ve rüzgar akışı [128] 84
Şekil 3.22 Sıra etkisi [2] 85
Şekil 3.23 Kademelenme etkisi [93] 86
Şekil 3.24 Kümülatif etki [2] 87
Şekil 3.25 Çapraz konumlu yapılar [2] 88
Şekil 3.26 Çapraz konumlu yapılar [93] 88
Şekil 3.27 Karşılıklı sıralanmış yapılar ve oluşan koridorda kanallaşma etkisi [93] 89
Şekil 3.28 Tünelleşme etkisi [93] 90
Şekil 3.29 Fizikte venturi etkisi [45] 90
Şekil 3.30 Kanallaşma(a), tünelleşme(b), darboğaz etkisi(c) [2] 91
Şekil 3.31 Avlu etkisi [93] 92
Şekil 3.32 Avlularda rüzgarın etkisi [2] 93
Şekil 3.33 Aşağı akım etkisini azaltan podyum tasarımı [2] 94
Şekil 3.34 Heart Tower [146] ve 98-Storey Yonge Street Tower [105] podyumları 95
Şekil 3.35 Aşağı akım etkisini ve kanopi tasarımları [93] 96
Şekil 3.36 Kanopi ve yapı formundaki boşluğun birlikte kullanımı [93] 96
Şekil 3.37 Arkadın aşağı akım üzerine etkisi ve rüzgarın arkad içerisinde hızlanması [93] 97
Şekil 3.38 Girişlerde yapılan geri çekilmeler ile aşağı akım etkisinin azaltılması [2] 98

Şekil 3.39 Yaya konforu açısından girişlerde yapılmaması gereken geri çekilmeler [9] 99

Şekil 3.40 Pasajlardaki rüzgar hareketi ve alınabilecek tedbirler [93] 100

Şekil 3.41 Aşağı akım etkisini azaltan balkon tasarımı [93] 100

Şekil 3.42 Bitkilerin rüzgar kırıcı özellik göstermesi [124] 101

Şekil 3.43 Wellington Museum Hotel yapısı köşelerindeki hızlanmış rüzgar bölgelerinden yayaları uzaklaştıran duvar [62] 101

Şekil 3.44 Rüzgarın yaya üzerindeki mekanik etkileri [48] 102

Şekil 3.45 Farklı araştırmacıların farklı konfor kriterlerinin karşılaştırılması [126] 108

Şekil 4.1 Kadiköy Rıhtım İstasyonu hakim rüzgar yönü ve yıllık rüzgar gülü diyagramı 111

Şekil 4.2 Kadiköy Rıhtım İstasyonu aylara göre hakim rüzgar yönleri ve rüzgar gülü diyagramları 114

Şekil 4.3 Emaar Avm- Residence Projesi 115

Şekil 4.4 Emaar Avm- Residence Projesi blokları 116

Şekil 4.5 Emaar Avm- Residence Projesi konumu ve ölçüm istasyonu konumu [88] 117

Şekil 4.6 Emaar Avm- Residence Projesi konumu ve çevredeki ulaşım aksları 117

Şekil 4.7 Kent dokusu içerisinde Emaar Avm- Residence projesi [61] 118

Şekil 4.8 Emaar Avm-Residence araç girişleri 120

Şekil 4.9 Emaar Avm-Residence yaya girişleri 122

Şekil 4.10 Emaar Avm-Residence zemin kotundan yaya girişleri-1-2-3 (G.N.Koyuncu Arşivi) 123

Şekil 4.11 Emaar Avm-Residence teras kotundan yaya girişleri-4-5-6 (G.N.Koyuncu Arşivi) 124

Şekil 4.12 Emaar Avm-Residence zemin kat ve teras katı fonksiyonları 127

Şekil 4.13 Emaar Avm-Residence zemin kat ve teras katı kullanıcı yoğunlukları 128

Şekil 4.14 Emaar Avm-Residence zemin katı [40] 129

Şekil 4.15 Emaar Avm- Residence teras katı (G.N.Koyuncu Arşivi) 129

Şekil 4.16 Emaar Avm- Residence zemin katı sokaklarında ve The Square Meydanı çevresinde zaman geçiren yayaların gece ve gündüz saatlerindeki gezinme ve kısa süreli oturma faaliyeti (G.N.Koyuncu Arşivi) 130

Şekil 4.17 Emaar Avm- Residence teras katında zaman geçiren yayaların gece ve gündüz saatlerindeki uzun süreli oturma faaliyeti (G.N.Koyuncu Arşivi) 131

Şekil 4.18 Emaar Avm- Residence zemin kotu, zemin altı kotu ve teras kotundaki meydan ve avlular....134

Şekil 4.19 Emaar Avm- Residence avludan geçen kesit ve kotlar....135

Şekil 4.20 Emaar Avm- Residence zemin kotundaki meydanlar 1-2-3 ve teras kotundaki meydan 4 (G.N.Koyuncu Arşivi) 136

Şekil 4.21 Emaar Avm- Residence The Square Meydanı ve avludaki kullanıcı yoğunluğu (G.N.Koyuncu Arşivi)....137

Şekil 4.22 Hakim rüzgar yönüne göre Archidynamics programı içerisindeki rüzgar tüneline yerleştirilen Emaar Avm-Residence modeli ve yakın çevresi.138

Şekil 4.23 Libadiye Caddesi ve Ayazma Caddesindeki rüzgar hızları 139

Şekil 4.24 Emaar Avm-Residence yapılarının hakim rüzgara göre konumları ve hakim rüzgarla temas eden yüzeyleri....140

Şekil 4.25 Teras kotundaki rüzgar hızları ve oluşan etkiler 142

Şekil 4.26 Teras kotundan ayrılan rüzgarın zemin kotu üstünde yarattığı türbülanslı akımlar....142

Şekil 4.27 Teras kotundan ayrılırken hızlanan hava akımı....143

Şekil 4.28 Zemin kotundaki yayaları etkileyen hava akımları....145

Şekil 4.29 Zemin altı kottaki avluya etki etmeyen rüzgar....146

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Strüktür tasarım ilkelerine göre yüksek katlı yapı tanımlamaları 7
Tablo 2.2 CTBUH'un yayınladığı en yüksek 10 yapı ve konumu 31
Tablo 2.3 2019 itibariyle tek işlevli en yüksek ilk 5 yapı 54
Tablo 3.1 Rüzgar hızını görsel etkilerle belirleyen Beaufort skalası [48], [135] .103
Tablo 3.2 Davenport'un yaya konforu kriteri 104
Tablo 3.3 Penwarden'in konfor kriteri çalışması 105
Tablo 3.4 Lawson'ın konfor kriteri çalışması (1973) 106
Tablo 3.5 Lawson'ın konfor kriteri çalışması (1975) 107
Tablo 3.6 Melbourne'un konfor kriteri çalışması 108
Tablo 3.7 NEN-8100 yaya konfor kriteri [115], [135], [143] 109
Tablo 4.1 1930 -2018 yılları arası Kadıköy Rıhtım İstasyonu hakim rüzgar yönü ve esme yüzdesi 112
Tablo 4.2 1930 -2018 yılları arası Kadıköy Rıhtım İstasyonu yönlere göre rüzgar esme sayısı. 113
Tablo 4.3 Emaar AVM-Residence Projesinde yer alan yapılar 116

ÖZET

Yüksek Katlı Yapı Tasarımında Rüzgar Faktörünün Yaya Konforuna Etkisi

Gaye Naciye KOYUNCU

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Yasemen Say ÖZER

Günümüzde artan nüfus yoğunluğu, yükselen arazi değerleri ve her geçen gün gelişen malzeme ve yapım teknolojisi nedenleriyle yüksek katlı yapı inşaasında artış görülmektedir. Cephe tasarımları ve formlarıyla, simgesel özellik gösteren yüksek katlı yapılar, çözümlenmesi gereken yapısal, mekanik ve tasarımsal sorunlar içeren kompleks yapılardır.

Yapı ve rüzgar ilişkisinde, karşılıklı etkileşim söz konusudur. Rüzgarın yapıya olan etkisi, yapı yükseldikçe artmaktadır. Dolayısıyla rüzgar, yapı formu, strüktür ve cephe tasarımında belirgin bir tasarım problemi haline gelmektedir. Diğer taraftan rüzgar, strüktüre ve cepheye etkiyen yük olarak, mühendislik hesaplamalarına da konu olmaktadır. Bu sebeple, mimari tasarım ve mühendislik olarak detaylı çalışmaların ürünü olan yüksek katlı yapıların tasarım kararlarının ilk aşamalarında rüzgarla olan ilişkisi ele alınmalıdır.

Yapının rüzgara olan etkileri çevresel rüzgarın davranışını değiştirme yönündedir. Bu bağlamda özellikle yaya konforu açısından, yüksek yapı ve yapı grupları çevresinde oluşan rüzgar, önemli bir unsur haline gelmektedir. Yapı çevresindeki rüzgarın hızı ve esme sıklığına bağlı olarak konfor kriterleri belirlenmekte ve bu

kriterler göz önünde bulundurularak yaya seviyesindeki rüzgarın düzenlenmesi gerekmektedir. Yapının tasarım aşamalarında, yayaların zemin kat kullanımında karşılaştıkları yaya seviyesindeki rüzgara ait veriler kontrol edilerek konforlu alanlar yaratılması yönünde gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Yüksek katlı yapı çevresinde bulunan yayanın güvenliğinin ve konforunun sağlanabilmesi, yüksek katlı yapı tasarımının bir unsuru olarak ele alınmalıdır.

Çalışmada yüksek katlı yapı kavramı irdelenerek, rüzgar ve yapı tasarımı arasındaki ilişkilerden biri olan yaya konforunun incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda İstanbul'da Libadiye Caddesi üzerinde bulunan ve İstanbul'un 5. en yüksek yapısı olan Emaar Square The Address Hotel & Residences yapısını da içinde bulundurulan, Emaar Alışveriş Merkezi-Residence Projesi üstünde çalışılarak, parçacık tabanlı akışkanlar analizi yöntemiyle, yaya konforu açısından mevcut durum ortaya konulmuştur. Analizler için ön tasarım aşamasında mimarların yapı-rüzgar etkileşimi hakkındaki ilk verileri alabileceği, gerçek zamanlı çalışan ve diğer akışkanlar analizi yapan programlardan farklı olarak çözüm ağına (mesh) ihtiyaç duymayan bir algoritma yazılımı olan Archidynamics [147] programı kullanılmıştır. Rüzgar verisi olarak, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler doğrultusunda Kadıköy-Rıhtım İstasyonu'nun 1930-2018 yılları arasındaki ölçümleri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek katlı yapı, rüzgar, yaya konforu, konfor kriteri

ABSTRACT

Effect of Wind Factor on Pedestrian Comfort in High-Rise Building

Gaye Naciye KOYUNCU

Department of Architecture

Post Graduate Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Yasemen Say ÖZER

Nowadays, there is an increase in the construction of high-rise buildings due to the increasing population density, rising land values and the materials and construction technology which are developing day by day. High-rise buildings have symbolic features with facade designs and forms, that are complex structures with structural, mechanical and design problems that need to be solved.

There is interaction between structure and wind. The effect of wind on the structure increases as the structure increases. Therefore, wind becomes a significant design problem in building form, structure and facade design. On the other hand, wind, as a load on the structure and the facade, is also subject to engineering calculations. For this reason, the design of high-rise buildings, which are the products of architectural design and engineering, should be considered in the early stages of the design decisions.

The effects of the structure on the wind are changing the behavior of the environmental wind. In this context, especially in terms of pedestrian comfort, the wind formed around the high building and the building groups becomes an important element. Comfort criteria are determined depending on the wind speed

and frequency of blowing. Taking the comfort criteria into account, it may be necessary to arrange the wind at the pedestrian level. During the design stages of the building, necessary arrangements should be made to create comfortable spaces by controlling the pedestrian-level wind data encountered by pedestrians on the ground floor. The safety and comfort of the pedestrian in the vicinity of the high-rise building should be considered as an element of the high-rise building design. In this study, it is aimed to examine pedestrian comfort, which is one of the relations between wind and high-rise building design. In this context, Emaar Shopping Center-Residence Project which is located on Libadiye Street in Istanbul and which is includes the 5th highest building of Istanbul : Emaar Square The Address Hotel & Residences are examined and it has been developed for pedestrian comfort by particle based fluid analysis method. The situation has been put forward. In the preliminary design stage for analysis, Archidynamics [143], an algorithm software that does not require mesh, unlike other fluid analysis programs, is used which can be used to obtain the first data on the building and wind interaction for the architects. According to the data obtained from the General Directorate of Meteorology, the measurements of Kadıköy-Rıhtım Station between the years 1930-2018 were used as wind data.

Keywords: High-rise building, wind, pedestrian comfort, comfort criteria

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Yüksek katlı yapı ve rüzgar arasındaki ilişkilerden biri olan yaya konforuyla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, kullanıcısı yoğun olan alışveriş merkezlerinin ve toplu konut alanlarının incelendiği görülmüştür. Örneğin, İstanbul'da yer alan Zorlu Alışveriş Merkezi için hesaplamalı akışkanlar analizi yöntemiyle yaya konforu testi yapılarak açık alanlardaki yayalara etkiyen rüzgar hızı tespit edilmeye çalışılmış ve rüzgar kesiciler ile ilgili önerilerde bulunulmuştur [59]. Benzer şekilde Piyalepaşa Konakları toplu konut projesi için rüzgar tüneli testiyle, yüksek katlı yapı blokları arasında kalan ortak kullanım alanlarının konforunun belirlenmesi ve konforsuz alanlara ait peyzaj öneri çalışmaları yapılmıştır [148]. Çalışmada, bu örneklerden yola çıkılarak alışveriş merkezi işleviyle yoğun kullanıcısı olan ve rüzgarla ilgili sorunları bulunduğu düşünülen Emaar Avm – Residence Projesi incelenmiştir. Emaar Alışveriş Merkezi yapıları arasındaki açık alanda kişisel olarak tecrübe edilen bir konserde, yoğun rüzgardan dolayı sesin dağılması ve konforsuzluk sebebiyle konser alanındaki birçok insanın rahatsız olduğu görülmüştür. Yapılan literatür çalışmalarında da alanla ilgili veriye ulaşılmamıştır.

Yüksek katlı yapı tasarımının ilk aşamalarında herhangi bir ön işleme aşamasına gerek olmaksızın rüzgarla ilişkili ilk verilerin sağlanabilmesi, tasarıma hızlı ve etkili bir müdahale yapılabilmesini olanak sağlamaktadır. Öncelikle rüzgar testleri ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Rüzgarın yüksek katlı yapı ve çevresi üzerindeki etkileri incelenirken bilinen 2 tür yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan biri rüzgar tüneli testleri, diğeri ise hesaplamalı akışkanlar mekaniği esaslı simülasyon programlarıdır. Rüzgar tüneli testlerinde model yapma zorunluluğu bulunup uzun bir hazırlık süreci gerektirmektedir. Yapılan formsal değişikliklerin ve rüzgara dair görülen sorunların düzenlenerek tekrar denenmesi ve sonuç alınması, uzun süreçlere mal olmaktadır. Hesaplamalı akışkanlar mekaniği programları ise,

mühendislik temelli birçok unsurun girdi olarak programa işlenmesi gerektiğinden, mimarlar için uygun bir çalışma ortamı sağlayamamaktadır. Uzun süren analiz sonuçlarının doğruluğunun kontrol edilmesi ise yine bir rüzgar testi modeliyle olmaktadır. İlk tasarım aşamalarında, tasarım değiştikçe hızlıca ilk izlenim alınabilecek bir program gereksinimi ortaya atılmıştır. Çalışmada, rüzgar-yapı etkileşiminin ön tasarım aşamasında tahminine yönelik bir simülasyon olan, 2019 yılı itibariyle geliştirilmiş Archidynamics programıyla sonuçlar alınmıştır [147]. Archidynamics yazılımında, rüzgar yapı ilişkisi kontrol altında tutularak tasarımda ilerlenebilmesi hedeflenmiştir.

Programda, oluşturulan kütlenin rüzgarla olan ilk verilerinin alınması için, yakın çevresiyle birlikte yapılan yüksek katlı yapı modelinin, program içine alınması ve gerçek zamanlı olarak çalışan rüzgar tüneli benzeri simülasyon alanı içine hakim rüzgar yönü açısında konumlandırılması gerekmektedir. Kütle modelinin sürekli dinamik olarak değiştiği durumlarda, Archidynamics diğer yazılımların gerektirdiği ön işleme aşamasına ihtiyaç duymadığından, anlık olarak sonuçları görebilmeyi ve tasarıma müdahale edebilmeyi sağlamaktadır.

Rüzgar verileri, dilekçeyle gerçekleşen talebimiz üzerine Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ve Meteoroloji Genel Müdürülüğü (MGM) arasında yapılan resmi yazışmalar sonucunda alınmıştır. Metereoloji Genel Müdürlüğün'nden 2017, 2018 ve 2019 yıllarına ait İstanbul Anadolu yakasının aylara göre rüzgar hızı, aylara göre rüzgar esme yönü, aylara göre rüzgar gülü diyagramları verileri talep edilmiştir. MGM'den Kadıköy Rıhtım, Göztepe, Sabiha Gökçen Havalimanı, Kartal ve Samandıra'daki ölçüm istasyonların ait verilere ulaşılabilmiştir. Tez kapsamında, sağlanan verilerin 1930-2018 yılları arasındaki uzun bir süreyi kapsaması ve incelenecek bölgeye olan yakınlığı sebebiyle Kadıköy Rıhtım istasyonunun verileri kullanılmıştır.

Literatür taraması sırasında rüzgar ve yüksek katlı yapı konularını içeren kitaplara ulaşıldığında, kaynakların mühendislik hesaplamalarını temel alan bir şekilde rüzgarın yapı üzerinde oluşturduğu kuvvetler üzerinde durulduğu görülmüştür. Ancak Tom Lawson'un Building Aerodynamics [7] kitabında, yazarın bölüm tanıtımlarını mimarlar ve mühendisler için uygun olarak kategorize ettiği görülmüş;

mimari tasarımda rüzgar ile alınabilecek önlemlere değinilmiştir. Burada Lawson'un yaya konforu kriteri de açıklanmaktadır. Benzer şekilde Taranath'ın Structural Analysis and Design of Tall Buildings [9] kitabı da yapı ve rüzgar ilişkilerini matematiksel formüllerle ele alırken, ilgili kısımlarda yüksek katlı yapı ve tasarım ilişkisini açıklamakta ve diyagramlarla konuyu desteklemektedir.

Kaynakçada görülen birçok tezden, çoğunlukla yüksek katlı yapı tanımı, tarihçesi, yüksek katlı yapıların ortaya çıkışının altında yapan ekonomik ve düşüncesel altyapı ve yüksek katlı yapıların genel tasarım kriterleri noktasında faydanılmıştır. Yapı ve rüzgar etkileşimde yaya seviyesindeki rüzgarın CFD analiziyle ölçüldüğü [2] [149] tez çalışmaları incelenmiştir. Ayrıca yurtiçi ve yurtdışında rüzgar tüneliyle ticari olarak yapılan yaya konforu testlerine [75] [148] [59] ulaşılmıştır.

Çalışmada bahsedilen yüksek katlı yapıların tanımı ve tasarım kriterleri ile "ilk" olarak kabul edilen yüksek katlı yapılar mimarların ve mimarlık eleştirmenlerinin bakış açılarıyla birlikte verilmiş, bu bölümler çeşitli araştırmacıların dergi makaleleri, sempozyum ve konferans bildirileriyle desteklenmiştir. Yaya konforu konusunda da farklı öngörüleri olan farklı araştırmacıların makalelerine [119] [113] [48] [150] ve bu çalışmaların karşılaştırıldığı yayınlara [126] ulaşılmıştır .

Rüzgar ve yapı etkileşimi konusunda, rüzgarın tasarım sorunu olarak ele alınıp tasarımcılara ön bir bakış açısı sağlaması yönüyle oluşturulan yayınlar kısıtlı kalmaktadır. Bu noktada ulaşılan Bennet'in Wind Design Guide [93] çalışması rüzgar ve yapı arasındaki etkileşimleri neden-sonuç ilişkileriyle açıklamaktadır. Fleming'in Buildings and Wind [2] çalışması ise bu etkilerin görselleştirilmesini sağlamıştır.

1.2 Tezin Amacı

Yüksek katlı yapıların tasarımlarında birçok unsur ile birlikte rüzgar önemli bir tasarım girdisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüzeydeki yapıların ve bitki örtüsünün etkisiyle değişen rüzgar hızı, yükseklik arttıkça doğru orantılı olarak arttığından, yapıya etkiyen rüzgar da yapının yüksekliği arttıkça artmaktadır. Kent dokusu içerisindeki yüksek katlı yapılar, kütleleriyle çevredeki rüzgara yön vermekte ve karakteristiğini değiştirmektedir. Yüksek katlı bir yapı, bulunduğu

bölgenin mikroklimasında değişiklik yaratabilecek etkiye sahiptir. Çevre yapıların ve yayaların etkilendiği rüzgarı değiştirip, yapıların ve yayaların konforlarını olumlu ya da olumsuz olarak etkiyebilir.

Çalışmada, yüksek katlı bir yapının tasarımıyla yaya konforuna olumlu olarak etki edebilmesi için göz önünde bulundurulması gereken unsurlar ele alınmıştır. Bu kapsamda, yüksek katlı bir yapıya etkiyen rüzgarlar ve yapının bu rüzgarlarla olan etkileşimleri ele alınarak, yüksek katlı yapı çevresindeki açık alanlardaki yaya konforunun göz önünde bulundurulmasının önemine değinilmeye çalışılmıştır. Rüzgarın tasarım girdisi olarak yeterince ele alınmadığı çalışmalarda yayaların hayatını riske atacak kadar ileri düzeylerde sorunlar ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu sebeple, rüzgar ile ilgili tasarım kararları yapının tasarım sürecinin ilk aşamalarından itibaren kontrol edilmelidir.

Çalışmanın amacı, yüksek katlı yapı ve rüzgar ilişkilerini konusuna değinerek, tasarımlarda pratik ve hızlı olarak rüzgar ilişkilerinin simülasyonlar aracılığıyla kontrol edilmesi ve yaya konforunun yüksek katlı yapı tasarımları sayesinde arttırılmasını sağlamaktır.

1.3 Hipotez

Yüksek katlı yapıların çevredeki rüzgar karakteristiliğini değiştirerek, yaya konforunu etkilediği bilinen bir olgudur. Tez kapsamında ele alınan hipotez; tasarımcının, tasarımının rüzgar ile olan etkileşimlerine hakim olarak, yüksek katlı yapının tasarımında yapılacak değişiklikler ile yaya konforunun arttırılmasına katkıda bulunmasını sağlamaktır. Bu kapsamda Emaar Alışveriş Merkezi bünyesindeki yapıların rüzgar ile etkileşimleri incelenerek tasarım kararları ve rüzgar davranışı arasında ilişkiler kurulmuş ve yaya konforuna etkisi üzerinde çalışılmıştır.

2
Yüksek Katlı Yapılar

Yüksek katlı yapılar, günümüzde kentleşmenin bir ihtiyacı olduğundan ya da gücün ve iktidarın sembolü olarak birçok ülkede karşımıza çıkmaktadır. Bu noktada yüksek yapı inşaaları evrenselleşmiş olsa da, yüksek yapı tanımı konusunda ortak bir değerlendirme söz konusu değildir. Yüksek katlı yapı düşüncesinin gelişmesi sırasında da benzer bir tutum sergilenerek, dönemin mimarları ve tasarımcıları arasında farklı bakış açıları ortaya atılmış, yapıların inşaasının getirdiği maliyetler ve sağladığı faydalar farklı açılardan ele alınarak karşılaştırılmıştır. Ancak yüksek katlı yapı tasarımın tarihçesine bakıldığında, geliştirilen düşüncelerden daha çok ekonomik ve teknolojik gelişmelerin etkili olduğunu söylemek mümkündür. Yüksek katlı yapı inşaaları ekonominin ve savaşların olduğu dönemde durgunluk dönemine girerken, teknolojik gelişmelerle birlikte ise ivmelenerek sayıca atmaya başlamıştır. Yüksek katlı yapılar, kompleks yapıda olduğundan tasarımları yapılırken topografya, jeolojik yapı, konum, kentsel bağlam, form, işlev, rüzgar gibi birçok unsura da dikkat edilmesi gerekmektedir.

2.1 Yüksek Katlı Yapı Tanımı

Geçmişte yüksek katlı bina tanımlamaları genellikle yapı yüksekliği ele alınarak oluşturulmuştur. Ülkelere göre farklı kriterlere göre belirlenen yüksek katlı yapı tanımlamaları görülmektedir. Geçmişten günümüze geçen süreç içerisinde teknolojik gelişmelerle birlikte hem malzeme hem de yapım tekniği açısında değişimler olmaktadır. Bu sebeple yüksek yapı kavramı her geçen gün evrilen ve değişen bir olgudur. Ayrıca bağlam içerisinde diğer yapılarla kıyaslanarak da yüksek yapı kavramının değişkenlik göstermesi mümkündür. Bu nedenlerle evrenselleşmiş bir yüksek yapı kavramından söz etmek mümkün olmamaktadır (Şekil 2.1).



Newyork [30]



İstanbul, Maslak [44]

Şekil 2.1 Yüksek katlı yapı tanımının bağlama göre değişimi

Temelleri 1969'da atılmak üzere, 1976'da yüksek yapılarla ilgili araştırmacılara uluslarası bir bilgilendirme platformu sağlayan The Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) kurulmuştur [5]. CTBUH, Yüksek yapı tanımlamasında New York'ta itfaiyecilerin yapı içerisine girmeden ulaşabildiği maksimum yüksekliği referans almıştır. Buna göre 10 kat ve üzeri binalar yüksek bina olarak tanımlanmaktadır [6].

Ülkelere göre yüksek yapı tanımlamaları, kat adedi veya yapı yüksekliği ile oluşturulmuştur. Almanya yönetmeliklerine göre yapı yüksekliği 22 metre ve üzerindeki yapılar, yüksek yapı olarak kabul edilmektedir. 60 kattan yüksek yapılar ise gökdelen olarak adlandırılmaktadır. ABD için ise, kat adedi 5'ten fazla yapılarda asansör koyulma zorunluluğu bulunmaktadır ve bu binalar yüksek yapı sınıfındadır. Yapı yüksekliğinin 150 metreyi aşması durumunda ise gökdelen olarak nitelendirilmektedir [6]. 300 metrenin üzerindeki yapılara da super gökdelen denilmektedir [151]. Türkiye'de ise, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı[1]'nın 1985'te yayınladığı Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği'ne göre 10 kat veya daha yüksek olan yapılar yüksek katlı bina olarak tanımlanmaktadır [153]. 1996'da yayınlanan İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliğinde ise, yüksek yapılar şöyle

[1] Günümüzde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ismiyle hizmet vermektedir: Bayındırlık ve İskân Bakanlığı ile Çevre ve Orman Bakanlığı'nın çevre kanadının birleştirilmesiyle, 04.07.2011 tarihli ve 27984 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 644 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı kurulmuştur[152]"Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Tarihçesi." https://csb.gov.tr/tarihcemiz-i-7012 (accessed Mayıs, 2019). .

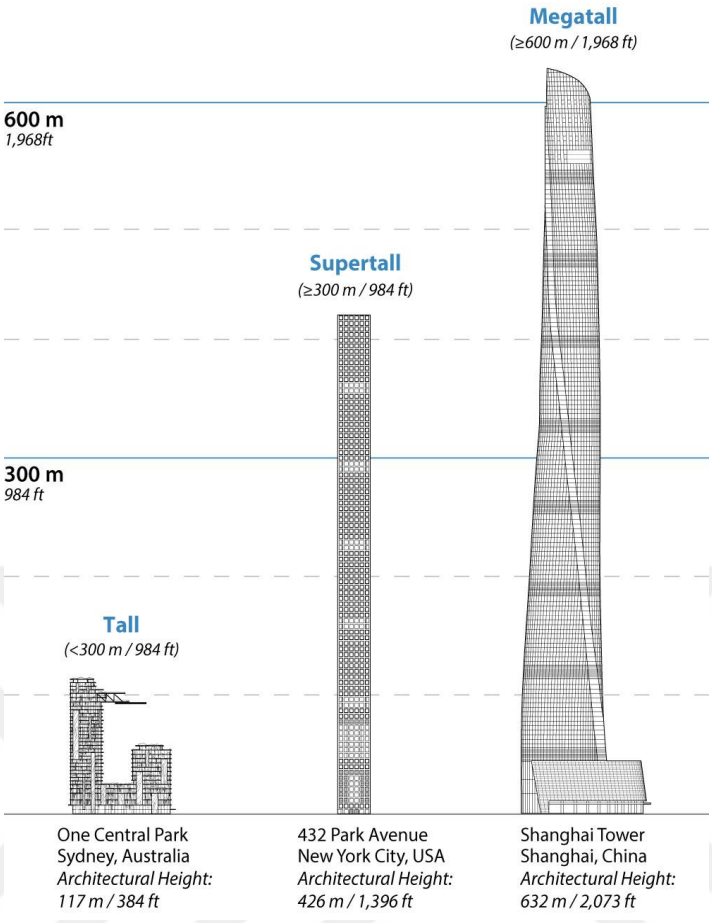
tanımlanmaktadır: “ 2.01 - Yüksek yapılar: Yüksek yapı, genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, kent dokusu ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen bir yapı (bina) türüdür. Son kat tavan döşeme kotu 30.80 metreyi ve/veya bodrum kat dahil olmak üzere toplam kat adedi 13'ü aşan (13. kat hariç) yapılar yüksek yapı olarak kabul edilir” [154].

1989 yılında İstanbul’un Geleceği ve Gökdelenler panelinde Altan Öke’nin konuşmasında ise yüksek yapılar için sınıflandırmalar yapılmıştır. 1. Kategori : 8-12 katlı, yaygın olarak bulunan yapılardır. 2. Kategori : 12-25 katlı, 3. Kategori: 25-55 katlı ve yapımı farklılaşmaya başlayan yapılardır. 4. Kategori: 55-75 katlı, 5. Kategori ise 75 kat ve üzerindeki super gökdelen yapılarıdır. 3. Kategoriden itibaren yüksek yapılara ise gökdelen tanımlaması uygun görülmüştür [155] [117].

Tablo 2.1 Strüktür Tasarım İlkelerine göre Yüksek Bina Tanımlamaları
([156], [157], [158] numaralı kaynaklardan, yazar tarafından üretilmiştir.)

Ülke / Kuruluş	Yönetmelik	Yapı Yüksekliği
ABD	ASCE-7-10	50 m
Türkiye	Bina Deprem Yönetmeliği-2019	70 m
CTBUH	CTBUH Yükseklik Kriterleri	50 m ve 14 kat

Günümüzde geçerli olan yüksek bina tanımlamalarını, yapısal ve strüktürel tasarım ilkelerinin belirlediği görülmektedir. ABD Yönetmeliği ASCE 7-10’ a göre yüksekliği 50 m üzerindeki yapılar, CTBUH’a göre 14 kattan fazla veya 50 m’den yüksek yapılar, yüksek bina olarak tanımlanmaktadır (Tablo 2.1). CTBUH; yapı yüksekliği 300 m’den fazla olan yapıları “süper yüksek”, 600 m’den fazla olan yapıları ise “mega yüksek” olarak kabul etmektedir [156] (Şekil 2.2). 1 Ocak 2019’dan itibaren geçerli olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne göre ise yüksekliği 70 m’nin üzerindeki yapılar yüksek yapı kabul edilip, bu yapıların strüktürlerine yönelik ayrıntılı tasarım ilkeleri öngörülmektedir [157].



Şekil 2.2 CTBUH' a göre yüksek yapı sınıflandırması [5]

1970'lerden günümüze kadar gelen süreçte, farklı açılarla ele alınmış bir çok yüksek yapı tanımları bulunmaktadır. Bu tanımların kapsayıcılık açısından yetersiz kaldığı görülmektedir. Yükseklik algısı, bağlam ile değişebilmektedir; önceden yüksek katlı olarak adlandırılan yapılar zaman içerisinde sıradan yapılara dönüşebilmektedir. Teknolojik gelişmelerin sağladığı avantajlarla da yükseklik algısında değişiklikler olmaktadır. Sonuç olarak yüksek katlı yapılar, "Yakın ve uzak çevresini fiziksel çevre, kent dokusu, her türlü kentsel altyapı yönünden etkileyen, yapım, üretim yöntemlerinde ve taşıyıcı sistem kurgusunda geleneksel yöntemlere göre farklılaşmaların olduğu bir yapı türü olan çok katlı yüksek binalar; insanların yaşama, çalışma v.b. ihtiyaçlarını karşılayan, ulaştığı yükseklikten dolayı tasarım, uygulama ve işletme aşamalarında ileri teknoloji ve bilgi birikimi gerektiren binalardır" [6].

2.2 Yüksek Katlı Yapı Düşüncesinin Gelişimi

İnsanlığın yüksekliğe atfettiği anlamlar zaman içesinde değişmekle birlikte her zaman diliminde bir "güç" ile ilişkilendirilmiştir. Geçmişte Tanrı'nın gücü olarak dini bir sembol olarak; günümüzde ise ekonomik gücün göstergesi olarak yüksek katlı yapılarda karşımıza çıkmaktadır.

İnsanoğlu antik çağda doğaya karşı üstünlüğünü göstermek için 10-12 metre yükseklikte menhirler dikmiştir. Bu menhirler, aslında mezar taşı olup yapı özelliği göstermemesine karşın egemenlik ve yükseklik ilişkisinin antik çağlara kadar dayandığının kanıtı niteliğindedir (Şekil 2.3). İnsanlık tarihinin ilk önemli inşaalarından olan, M.Ö 2600'de Mısır'da inşa edilen Keops Piramidi ise, 138 metrelik yüksekliği ile yapı özelliği gösteren ilk yüksek katlı yapıdır. Piramitler, görkemli görüntüleri ve yükseklikleriyle firavunun gücünü kanıtlamaktadır. M.Ö 600' de yapılan 90 m yüksekliğindeki Babil Kulesi ise yalnızca en üst katından Tanrı'nın görülebileceği düşünülen bir mabettir [159] (Şekil 2.4). Babil Kulesi, Hz.Nuh'un oğulları tarafından Tanrı'nın oturduğu kata ulaşmak için yapılır. Tevrata göre Tanrı, insanların bu kendi beğenmişliğine kızarak onları cezalandırır. Yükseklik algısı Babil Kulesi'nde, insanın kusurlu düşüncesini, Tanrı'nın ise kusursuzluğunu anlatan bir unsur olarak ele alınmıştır [8].



Şekil 2.3 Kerloas Menhiri, Fransa [11]



Şekil 2.4 Babil Kulesi [8]

Yüksek yapı düşüncesi, Ortaçağ'da da egemenlikle ilgili bir tutum olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu dönemde de gücü sembolize eden yüksek duvarlı kaleler, aristokrat sınıfın ezici gücünü gösteren şatolar, yönetimin egemenliğini vurgulayan zafer anıtları inşa ettirilmiştir. Tarih boyunca yapılan saat kuleleri, yangın kuleleri, deniz fenerleri ise izleme ve görülebilme amacına hizmet eden yüksek katlı yapılara örnek olarak verilebilir [160]. Çevresindeki yapılardan ayırt edilip uzaktan görülebilmesi veya üzerinden daha uzakların görülebilmesi için yüksek inşaa edilen bu yapılarda, yükseklik kavramının işlev ile ilişkilendirildiği görülmektedir. Bu yapılarda yükseklik, aslında işlevin bir gerekliliğidir.

Roma İmparatorluğu'nun çökmesiyle birlikte yüksek katlı yapılar da kaybolmaya başlamıştır. Bu dönemden sonra kilise mimarisinde de farklılaşmalar görülür. 12. yüzyılda Tanrı'ya yakın olma düşüncesi, yapıların yükselerek göğe yaklaşmasına neden olmuştur. Gotik mimarinin de yaygınlaşmasıyla göğe uzanan, sivri formları olan katedraller yapılmıştır [161]. 1890-1908 tarihleri arasında en yüksek yapı olan ve halen en yüksek kilise ünvanına sahip Ulm Katedrali'nde yalnızca tuğla kullanılarak 162 metre yüksekliğe ulaşılmıştır [162] (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Ulm Katedrali, Almanya [15]



Şekil 2.6 Yakushi-ji Pagodası, Japonya [69]

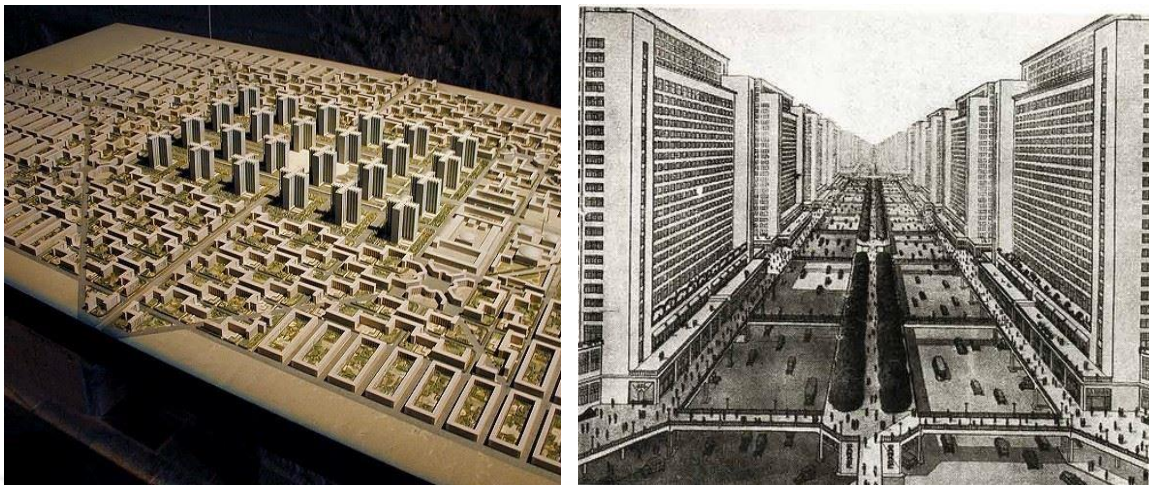
Doğu'da ise dini bir anlam ile şekillenen yüksek katlı yapı örneği olarak pagodaları göstermek mümkündür. 600'lü yıllarda Nara'da yapılan 34 metre yüksekliğindeki , Yakushi-ji Pagodası, bir budist tapınağı olup günümüzde hala dini önemini korumaktadır. Ortadoğu'da inşaa edilen camilerin minareleri de yüksekliğin dini bir sembol olarak kullanmasına örnektir [163] [164](Şekil 2.6).

19. ve 20. Yüzyılda, endüstri devriminin getirdiği etkilerle kentler değişmeye başlamıştır. Düzenden yoksun ve sağlıksız gelişen kentler, çağın gereksinimlerine cevap veremez hale gelmiştir. Bu durumda tasarımcılar ve kent plancıları, kendi bakış açıları çerçevesinde bu sorunlara çözüm arayan kent modelleri önererek yeni toplumsal düzenler oluşturmuştur. Kentlerin yeni çağa ayak uydurması gerektiği yönünde hemfikir olunmasına karşın, bu düzenlemenin nasıl sağlanacağı konusunda dönemin tasarımcıları ortak bir düşüncede buluşamamıştır .

Kentlerin değişmeye başlamasıyla, dikey veya yatay büyüme konusunda karşıt fikirler ortaya atılarak, tasarımcılar ve kent plancıları tarafından farklı kent planları önerilmiştir. Örneğin, Frank Lloyd Wright, bireyselciliği savunan tavrıyla farklı karakterdeki insanların aynı yapı içerisine hapsedilmemesi gerektiğini söyleyerek, yüksek katlı yapılara şiddetle karşı çıkar. Wright'a göre yüksek yapılar, insanların yaşam alanlarını, benliklerini, demokrasiyi işgal eder. Wright yapıların zemin ile uyumlu ve bireye özgü tasarlanması gerektiğini söyler. Wright, "Bütün gökdelenler aynı şeye dönüştü… Uğulduyor, duman çıkarıyor, hava gemilerine iskele oluyor, bayrak dalgalandırıyor ya da sadece bunların hevesindeler ve buna rağmen hepsi birbirine her yönüyle benziyor. Başka her tür anlamdan uzak… artık şaşırtıcı ya da eğlendirici değiller…" diyerek aynı zamanda yüksek katlı yapı tasarımlarını da özgünlükten uzak ve mekanikleşmiş bulmaktadır [165].

Bauer, yüksek katlı yapılara maliyetinin çok, mahremiyetin az olması ve iyi ışık alamamasından dolayı karşı çıkmaktadır. Bauer'in mimari bakış açısında aktivist kimliğinin izlerini görmek mümkündür. Bu sebeple yoksul insanlara konut sağlamayı öncelikli olarak ele almıştır. İnsanı ve ihtiyaçlarını temel alan tasarımları değerli görmektedir. Bauer'e göre mimarlar, kariyerlerine bir kilometre taşı eklemek uğruna; basit, sağlıklı ve ucuz yapılardan vazgeçmemelidir. Onun için

yüksek katlı yapılar ise insani olan herşeyden uzaktır. İnsanları mekanikleştirip, yoğun bir çevre dokusu yaratarak mahremiyeti öldürmektedir [165].

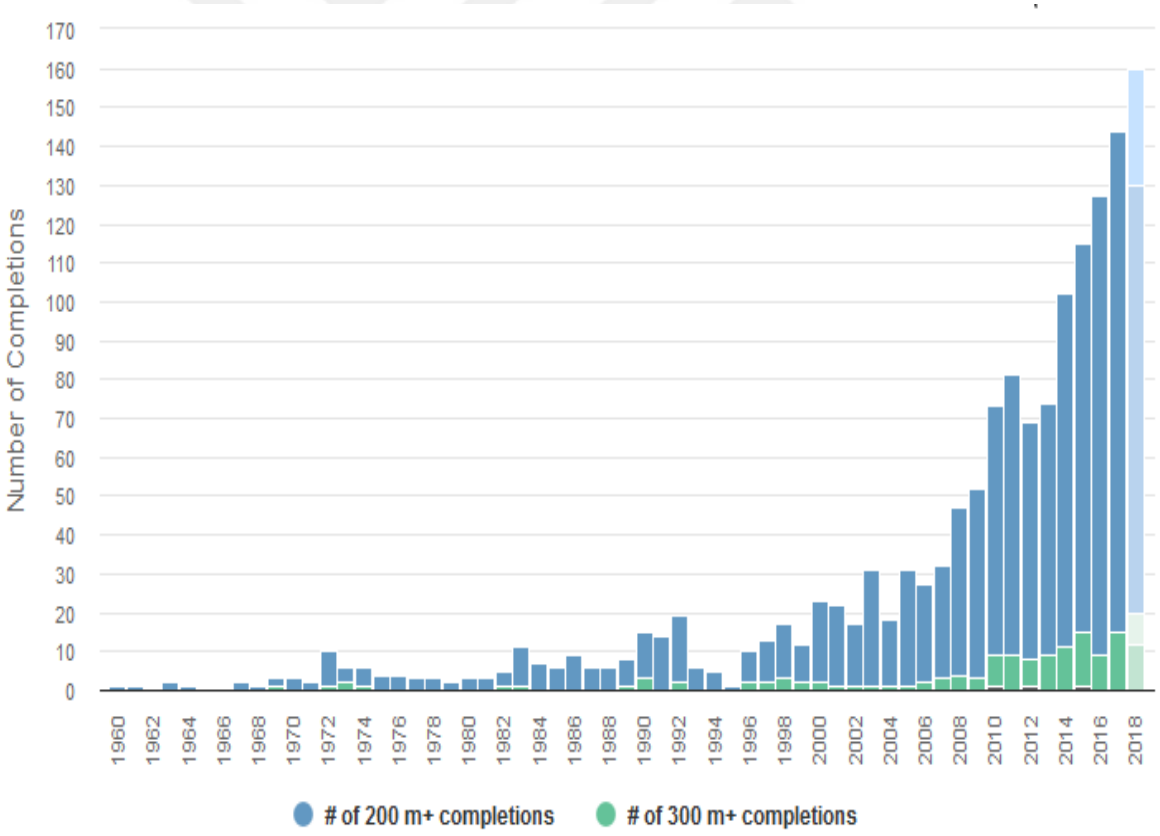


Şekil 2.7 Le Corbusier'in yüksek katlı yapılar içeren kent planı önerisi: Ville Radieuse [67]

Kentleri dikey büyümesi gerektiğini savunan karşıt düşünceler ise yüksek yapılara daha ılımlı bakmaktadır. Örneğin Le Corbusier, Wright 'in aksine, sanayileşen dünyada tasarımların bireye yönelik yapılamayacağını ve üretimlerin endüstrileşmesi gerektiğini savunur. Dikey mimarinin kentlerde araziden tasarruf sağlayarak yeşil alana imkan tanıdığını ve ev-iş arası mesafeyi kısalttığını söyler. Böylece metrekare başına düşen insan sayısı, tasarımcıların kontrolünde artmış olmaktadır. Le Corbusier'in Ville Contemporaine, Ville Radieuse (Şekil 2.7) , Charte d'Athènes isimli kent planlama önerilerinde de yüksek yapılar, endüstriyel verim ve işlevsel kent kavramlarıyla özdeşleştirilmiştir. Ville Radieuse önerisinde Le Corbusier, ızgara planda yerleştirilen 17 katlı apartman blokları tasarlamıştır. Mahremiyet için bloklar arasındaki mesafeleri geniş tutarak, her yapıya bir iç avlu önermiştir. Bloklar arasında kalan bölgeleri ise yeşil alan ve otopark olarak düşünmüştür. Ancak Le Corbusier'in kent planlama önerileri, Camillo Sitte tarafından insan ölçeğinden uzak olduğu yönünde eleştirilir. Catherine Bauer ise Le Corbusier'in dikey kentleşme önerilerinin insan ruhuna dokunmadığını düşünmektedir. Le Corbusier'in önerileri için ortak kanı, insani gereksinimlerden uzak olması yönündedir [165].

Kentlerin sağlıksız gelişmesiyle birlikte ortaya çıkan farklı bakış açıları değerlendirildiğinde; Le Corbusier, Mies van der Rohe ve Louis Sullivan, yüksek katlı yapıları çağın gerekliliği olarak görürken; Bauer, Wright ve Saarinen'e göre yüksek katlı yapılardan kaçınılması gerekmektedir [165].

Günümüzde yüksek katlı yapılar, kentlerde merkezileşme sağlayıp daha çok açık alana imkan verir. Teoride, kentin çapını küçülterek ulaşımı rahatlatması ve zamandan tasarruf ettirmesi beklenirken, reelde ancak altyapıya getirdikleri yüklerin ve ulaşım ağının iyi planlanmasıyla bu olumlu etkiden faydalanılabilir. Ayrıca yükseklik ve güç algısı günümüzde de hüküm sürdüğünden, yüksek katlı yapılar refah bir topluma da işaret etmektedir. Diğer taraftan bakıldığında yüksek katlı yapılar insan ölçeğinden uzak, mahremiyeti azaltan pahalı yapılardır. Tüm negatif ve pozitif unsurlarıyla birlikte, Dünya üzerinde yüksek katlı yapı inşasına artarak devam edildiğini söylemek mümkündür (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 CTBUH yıllara göre tamamlanan yüksek katlı yapı inşası [49]

2.3 Yüksek Katlı Yapı Tasarımının Tarihçesi

İnsanoğlunun yükselme arzusu, tarihin her döneminde karşımıza çıkmaktadır. Gerçekleşen teknolojik gelişmelerle birlikte yükseklik algısı hem değişmiş hem de daha kolay ulaşılabilir olmuştur. Dökme demirin bulunması, yapılarda çeliğin kullanılmaya başlanması, hidroforun icadı ve asansörün keşfi gibi gelişmelerle yüksek katlı yapı inşası kolaylaşmıştır [151].

Teknolojik gelişmelerin verdiği imkanların kullanılmasıyla, yüksek yapı inşaatlarına ilk olarak 19.yy'da ABD'de başlanmıştır. Hızla yükseklikleri artan yapılar, 19. Yy başlarında 40 kata ulaşırken, 20.yy'a gelindiğinde ise 50 katı geçmiştir. 1930'larda 100 katlı yüksek katlı yapılar görülmektedir. ABD'de savaşlar ve ekonomik krizler nedeniyle oldukça maliyetli olan yüksek yapı inşaasına dönem dönem ara verilmiş olsa da, tümüyle vazgeçmek mümkün olmamıştır. 1980'lerde ise Asya ve Uzak Doğu da yüksek katlı yapılar inşaa edilmeye başlanmıştır [151].

2.3.1 Teknolojik Gelişmeler

Teknolojik gelişmelerin yüksek katlı yapılara etkisi iki konu altında incelenebilir. Bunlardan ilki, malzeme teknolojisinin gelişmesiyle ortaya çıkan farklı yapım sistemlerinin oluşmasıdır. Çelik üretiminin mükemmelleştirilmesiyle çeliğin strüktürel olarak kullanılması, porland çimentosunun çelikle birlikte kullanılabileceğinin keşfedilmesi ve yapı çekirdeklerinde tübüler sistem kullanılarak yapım maliyetlerinin azaltılması şeklinde sıralanabilir. İkinci olarak ise teknolojiyle birlikte asansör, hidrofor, iklimlendirme, aydınlatma sistemlerinin gelişmesiyle yüksek katlı yapılarda konfor şartlarının artırılması ve yapılarının yükselmesinin önünün açılması şeklindedir. Birbirine paralel gerçekleşen bu iki konu, birlikte ele alınmıştır [165].

19.yy'da yığma sistem ile inşa edilebilecek yüksek katlı yapı sınırlarına 1891'de Chicago'da inşa edilen 17 katlı Monadnock Binası'yla ulaşılmıştır (Şekil 2.9). Yığma sistem ile inşaa edilen yapılarda yapının yüksekliği, ağırlığını taşıyacak duvarların kalınlığı ile doğrudan bağlantılıydı. Bu sebeple Monadnock Binası'nın, 64 metrelik yapı kütlesinin ağırlığının taşınabilmesi için, zemin kat duvarlarının 180 cm kalınlığında yapılması gerekmiştir [166].



Şekil 2.9 Monadnock Binası, Chicago [99]



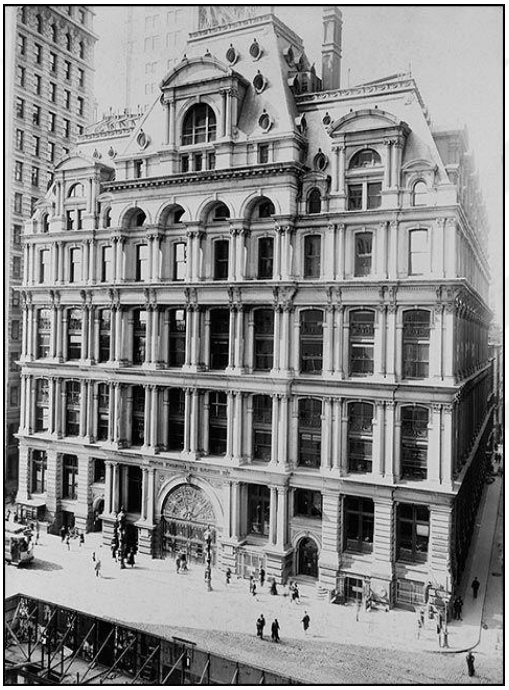
Şekil 2.10 Home Insurance Building, Chicago [95]

1800'lerde dökme demirin strüktürel olarak kullanılması ve endüstri devrimiyle çelik üretiminin iyileştirilmesi, yapıların yükselmesine olanak sağlayan başka bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu imkanlar sayesinde 1885'te William Le Baron Jenney, Chigo'da çelik çerçeveli Home Insurance Building'i tasarlamıştır. 11 katlı Home Insurance Building, mimaride önemli bir kilometre taşıdır. Ayrıca CTBUH'a göre dünyanın ilk gökdeleni olarak kabul edilmektedir [167] (Şekil 2.10). 1931'de yıkılan Home Insurance Building'in yapımında dönemindeki yapılardan farklı olarak yeni teknolojilerden faydalanılmıştır ve yanmayan ürünler, asansör, elektrikli aydınlatmalar kullanılmıştır [168].

Strüktürel sistemler, yüksek katlı yapıları taşıyabilecek kadar gelişmesine rağmen, yapılar yükseldikçe katlara ulaşmanın zorlaşması, katların ticari açıdan değerini düşürmektedir. Bu problemin çözümü için 1853'te Mühendis Elisa Otis ilk güvenlikli asansörü tasarlamış ve ve yapıların yükselebilmesinin önü açılmıştır. Broadway'de 5 katlı bir yapıya monte edilen asansör, halatların kopmasına karşı boşlukta düşmemektedir [169]. Asansörün icadıyla birlikte 45 metre yükseklikteki yapılar erişilebilir hale gelmiştir [151].

Asansörün sağladığı teknolojik imkanlardan ilk olarak 1870'de, New York'taki Equitable Life Insurance Company Binası'nda faydalanılmıştır. Yapıda strüktür olarak demir çerçeveli sistem kullanılmıştır. Mimari elestirmeni Winston Weisman'a göre, demir çerçeve sistem ve asansörün birlikte kulllanılmasından dolayı ilk gökdelen olarak adlandırılmıştır [168] (Şekil 2.11).

Mimarlık tarihçisi Francisco Mujika'ya göre ise ilk yüksek yapı 1892'de inşa edilen 20 katlı Masonic Temple Building'tir. Yapıda, Equitable Life Insurance Company Binası'ndan farklı olarak çelik iskelet kullanılmış, yine bu yapı içine de asansör yerleştirilmiştir [168] (Şekil 2.12).



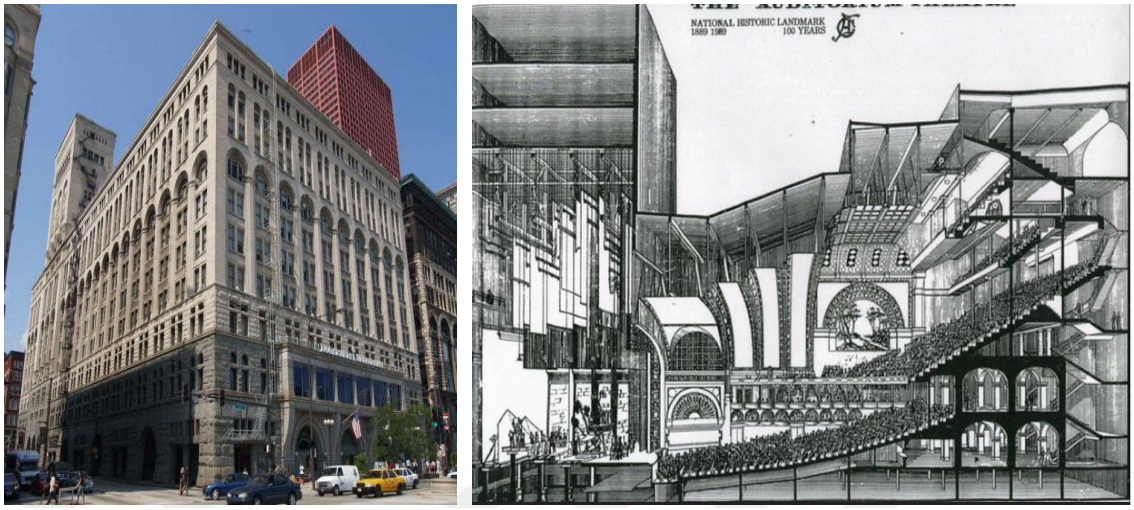
Şekil 2.11 Equitable Life Insurance Company Binası, Newyork [100]



Şekil 2.12 Masonic Temple Building, Chicago [91]

Bir diğer teknolojik gelişme olan havalandırma sistemi, ilk olarak 1889'da Chicago'da tamamlanan, Adler ve Sullivan tasarımı Auditorium Building'te kullanılmıştır. 82 metre yükseklikteki tiyatro yapısında basit bir yapay havalandırma düzeneği kurulmuştur [151]. Isınma için, alt katlara çöken soğuk hava spreyler ile nemlendirilip, sıcak radyatörlerden geçirilmekte ve tiyatro içinde sirkülasyonu sağlanmaktadır. Soğutma için ise, günlük 15 ton tüketilen buz

kütleleri, tuzlanıp büyük kaplara yerleştirilmekte ve hava akımı bu kapların arasından geçirilmektedir [170] (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Auditorium Building [34] ve kesiti [123]

1890'lara kadar, çeliğin ve porland çimentosunun birlikte kullanıldığı yapılar tasarlanmamıştır. 20. yy başlarında ise iki malzemenin birlikte kullanılmasıyla betonarme iskeletli yüksek katlı yapılar inşaa edilmeye başlamıştır. 1906'da Ernest Flagg, 47 katlı Singer Binası'nda betonarme iskelet kullanmıştır (Şekil 2.14). Singer Binası, Ulm Katedraili ve Keops Piramidini yükseklik olarak geçebilen ilk yapıdır. Singer Binası'ndan sonra ise Cass Gilbert tasarımı 60 katlı Woolworth Building, bir taban üzerinde yükselen kule formuyla dikkat çeken dönemin önemli yapılarındandır [163] (Şekil 2.15).



Şekil 2.14 Singer Building [18]



Şekil 2.15 Woolworth Building [108]

1. Dünya Savaşı'ndan sonra, 1930'larda tekrar gündeme gelen yüksek katlı yapı inşaatlarına, William Van Allen'in tasarladığı 77 katlı Chrysler Binası ile devam edilmiştir. Çelik çerçeveli yapıda, 30 adet asansör bulunmaktadır. Yapı bitiş tasarımı, gece aydınlatması ve Art Deco süslemeleriyle Newyork silüetinde dikkat çekici bir etki yaratmıştır. Ancak Empire State Binası'nın inşaasının tamamlanmasıyla, Chrysler Binası sadece 1 yıl Dünya'nın en yüksek yapısı ünvanını elinde tutabilmiştir (Şekil 2.20) [155, 163]. 102 katlı Empire State Binası'nın inşaası 18 ay gibi oldukça kısa bir zaman sürmüştür. Shreve, Lamb ve Harmon'un tasarladığı yapı, 381 metrelik yüksekliği ile 40 yıldan fazla bir süre Dünya'nın en yüksek yapısı olarak kalmıştır. (Şekil 2.21) Her iki yapı da Newyork 'taki yüksek katlı yapılar için 1916'da oluşturulan yönetmelikteki geri çekilme kurallarına uygun olarak inşa edilmiştir [151] [163].

2. Dünya Savaşı'nın sonrası dönemde yapı içi iklimlendirme sistemlerinin geliştirilmesi ve aydınlatma sistemlerindeki değişiklikler ile katlardaki faydalı kullanım alanı arttırılarak yüksek katlı yapı inşaasının önü açılmıştır. Dönemin mimari Mies van De Rohe'nin de etkisiyle, daha basit formlar ve prizmatik yapılar inşaa edilmiştir [151] [163].



Şekil 2.16 John Hancock Center [28]



Şekil 2.17 World Trade Center [55]



Şekil 2.18 Sears Tower [41]

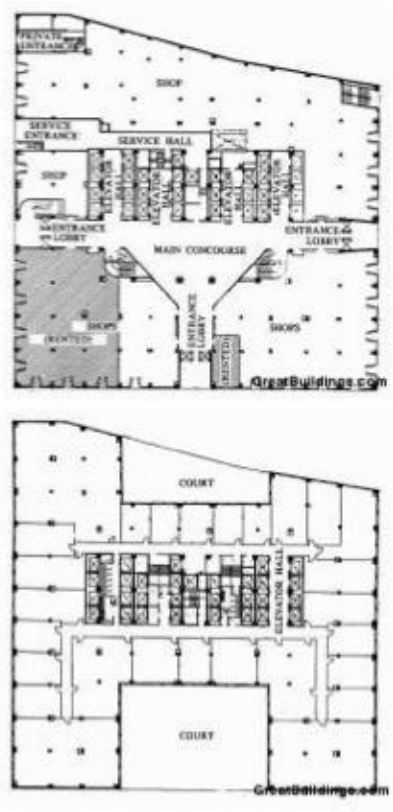


Şekil 2.19 US Steel Binası [26]

1960'larda tübüler sistemin kullanılmasıyla yüksek katlı yapılarda yeni bir döneme girilmiştir. Bir taraftan komple cam yüzeyler oluşturulmaya başlanmış, bir taraftan betonarme iskeletler cephede belirgin olmaya başlamıştır. Tübüler sistem ile ise taşıyıcı sistemin ucuzlatılması mümkün olmuş ve süper yüksek binalar için ilk adım atılmıştır. 1969'da tübüler sistemle inşaa edilen 100 katlı John Hancock Center ile hem yapım maliyetlerinin düşürülmüş hem de yükseklik rekoru kırılmıştır. Aynı zamanda yapının taşıyıcı sistemindeki çelik çaprazlar cephesine de yansıtılmıştır [151] [163] (Şekil 2.16).

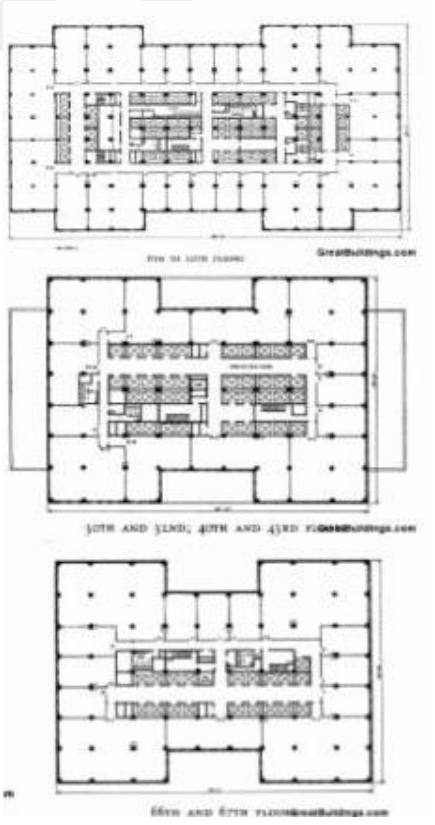
Süper yüksek binalar döneminde, tübüler sistemin avantajları ile ard arda yükselik rekorları kırılmıştır. Önce 1973 yılında yapılan World Trade Center İkiz Kuleleri, 40 yıldır yükseklik rekorunu elinde bulunduran Empire State Binası'nın en yüksek yapı ünvanını elinden almıştır. (Şekil 2.17). Ardından 1974' de Chicago'da yapılan 110 katlı Sears Tower ise yeni bir yükseklik rekoru kırarak 442 m yüksekliğe ulaşmıştır. Bu yıllarda yapım maliyeterinin de düşmesiyle, yüksek katlı yapı inşa ettirme konusunda firmalar da, birbiriyle yarışmaya başlamıştır (Şekil 2.18). Bu dönemde inşaa edilen United States Steel Corporation firmasının sahip olduğu ve 1972'de tamamlanan 52 katlı US Steel binası, çeliğin estetik ve strüktürel özelliklerini gözler önüne sermektedir [151] [163] (Şekil 2.19).





Şekil 2.20 Chrysler Binası [23] ve kat planları [122]

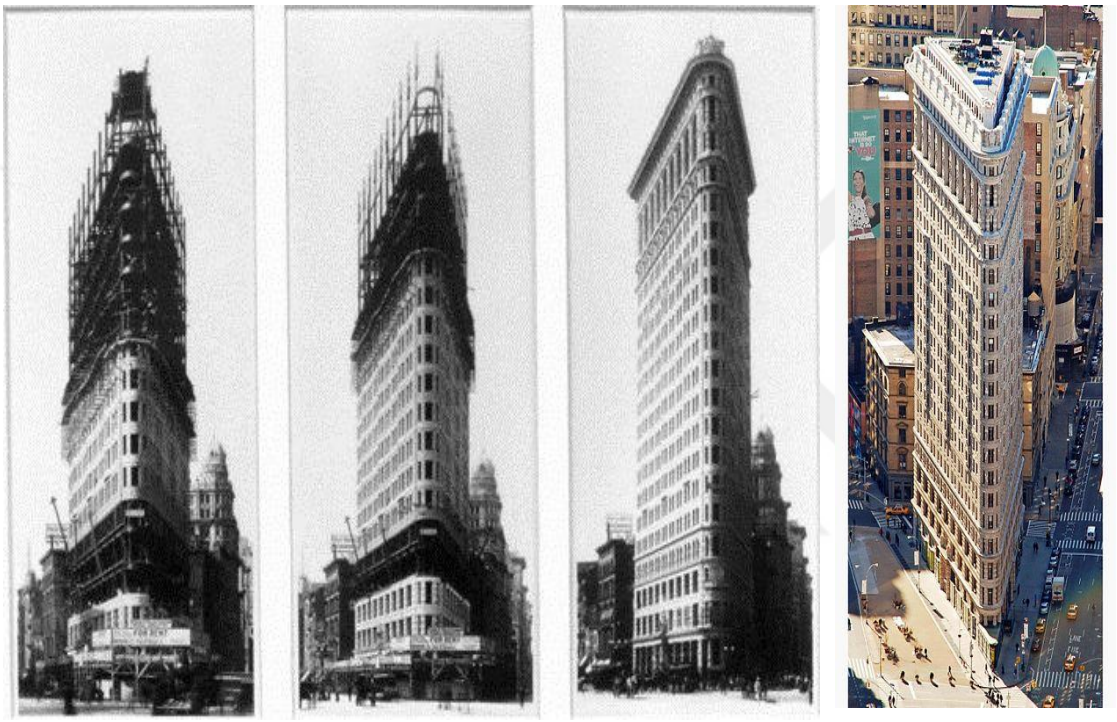




Şekil 2.21 Empire State Binası [22] ve kat planları [131]

2.3.2 Kentsel Bağlam

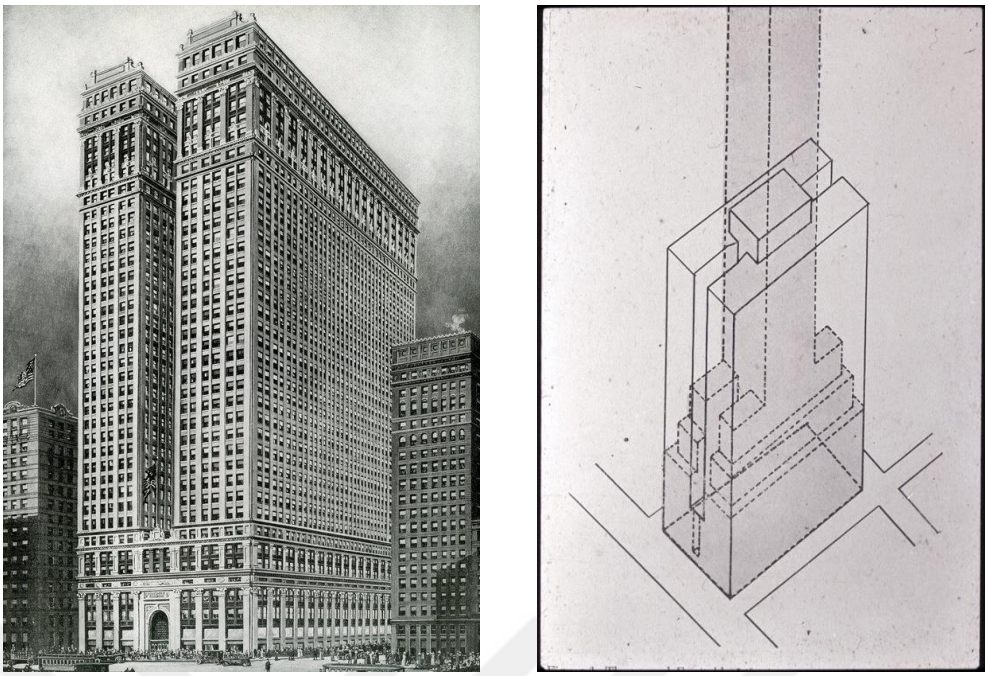
20. yy' a kadar inşa edilen tüm gökdelenlerin dikdörtgen planlı olduğunu söylemek mümkündür. 1902'de Burnham tarafından tasarlanan Flatiron Building'in ise kentsel konumu nedeniyle üçgen planlı yapılmak durumunda kalınmıştır. New York'ta inşa edilen 22 katlı bu yapıyla, yüksek katlı yapı tasarımındaki dikdörtgen plan algısı kırılmıştır. Flatiron (Füller) Building, günümüzde de Newyork'un önemli bir yapısı olma özelliğini sürdürmektedir [151] (Şekil 2.22).



Şekil 2.22 Filatiron Building [84]

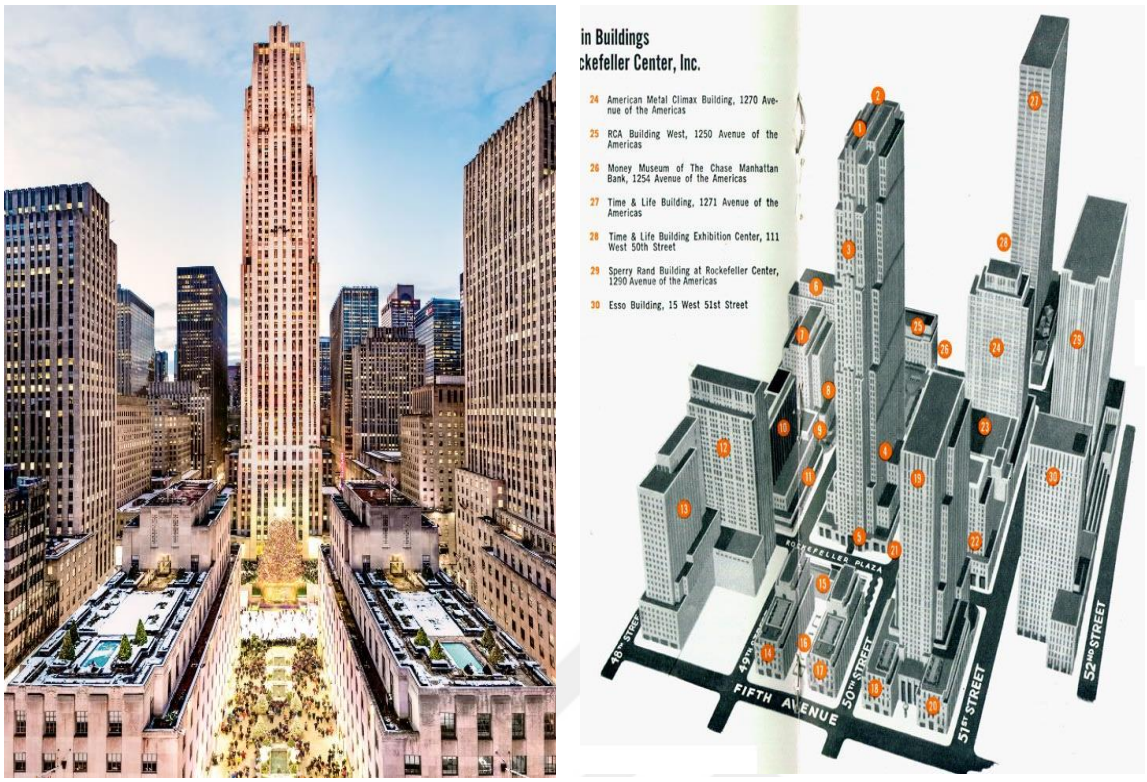
1915'te Newyork'ta bulunduğu arsanın tümünü kapsayacak şekilde tasarlanan Equitable Building, çevrede bulunan yapıların ışık ve hava almasına engel olmuştur. Bu durumun önüne geçilebilmesi için, 1916'da ABD'nin ilk zoning yönetmeliği oluşturulmuştur. Buna göre yüksek katlı yapılar, cadde genişliklerine göre geri çekilecektir (set back sistemi) [171] (Şekil 2.23).

1. Dünya Savaşı sırasında yüksek katlı yapı inşaasına ara verilmiştir. Ancak ekonomik krizin etkilerinin hafiflemesi ve savaşın bitmesiyle birlikte, yüksek yapı inşaalarının ivmelenerek devam ettiği görülmektedir. 1920'lerde, yüksekliği 40 katı bulan yüksek katlı yapı inşaaları yapılmıştır [151] [163] (Tablo 2.2).



Şekil 2.23 Equitable Building ve bulunduğu parseldeki yükselme şekli [110], [140]

1930'larda, savaş sonrası yaşanan ekonomik kriz nedeniyle Empire State Binası'nın bazı katlarının kiralanması mümkün olmamıştır. Yapı yükseldikçe artan taşıyıcı sistem ağırlığı, asansör sayısı ve yapım maliyeti, rantın da düşmüş olmasıyla karşılanamamış ve yapı ekonomik bir başarısızlığa uğramıştır. Bu durum yapı yüksekliğinini bir noktadan sonra kayda değer bir unsur sağlamadığının anlaşılmasına olanak vermiştir. Daha çok yükselmek yerine, çevre düzenlemesi ve ticari açıdan daha etkin tasarımlar ön plana çıkmaya başlamıştır. Böylece yüksek katlı yapı inşaasında kentsel sorumluluk bilinci ele alınmaya başlamıştır. 1940'ta inşa edilen Rockefeller Center, alçak yapılardan meydana gelen bir kompleks olarak, bu konuda atılmış önemli bir adımdır (Şekil 2.24). Citycorp Center'a ise cadde seviyesinde toplanma alanı, restoran, alışveriş alanları düzenlenerek kente entegre, sosyal bir gökdelen fikri ortaya çıkmıştır [151] [163] (Şekil 2.25).



Şekil 2.24 Rockefeller Center [37] [130]



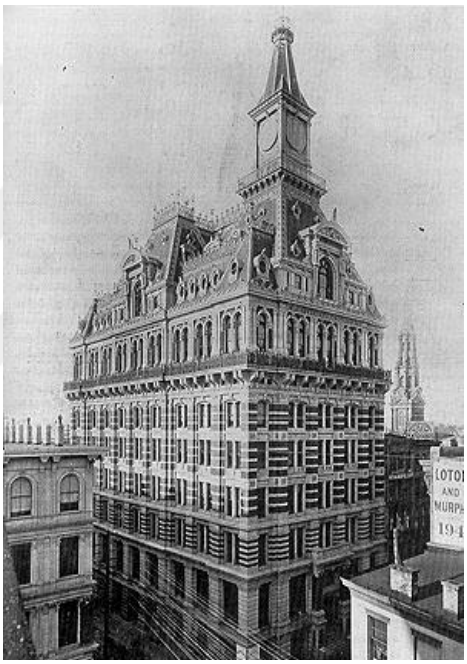
Şekil 2.25 Citycorp Center'ın kentle bileşen sosyal alanları [57]

2.3.3 İşlev Değişimi

1870'lere kadar mimari çevrelerde yüksek katlı yapı tanımı, yapının teknolojik gelişmeleri kullanması üzerinden yapılmaktaydı. Mimari eleştirmen Montgomery Schuyler ise, ilk gökdelen kabulünü, yapının teknoloji kullanımının yanında ofis işlevi içermesine göre yapmaktadır. Montgomery Schuyler'e göre ilk yüksek katlı yapılar, 1875'te eş zamanlı olarak Newyork'ta tamamlanan Tribune Building ve Western Union Building ofis binalarıdır. Schuyler, yapıları asansör kullanımının gerçekleştiği ilk ofis binaları olması yönüyle ele almıştır [168] (Şekil 2.26), (Şekil 2.27).



Şekil 2.26 Tribune Building [52]



Şekil 2.27 Western Union Building [51]

20. yy ortalarına kadar Chicago ve Newyork'ta yoğunlaşan yüksek katlı yapı inşaatları, ofis işlevleriyle öne çıkmaktadır. 2. Dünya Savaşı'nın yaşandığı sırada ise ekonomik krizin derinleşmesiyle, yüksek katlı yapı inşaasında durgunluk gözlenmektedir. Savaş sonrası yaşanan nüfus patlamasıyla birlikte ise, yüksek katlı yapı inşaası konut işlevine de sıçramıştır. 1952'de Mies Van Der Rohe'nin Lake Shore Drive Apartmanları, konut işlevindeki yüksek katlı yapı örneklerinin ilklerindendir. Lake Shore Drive Apartmanları , form olarak tabandan çatısına kadar aynı geometride devam etmektedir. Bu dönemde hem konut hem ofis işlevli yüksek

katlı yapılarda basit formlara yönelinmesinde ekonomik krizin de etkilerinin olduğunu söylemek mümkündür [151] [163] (Şekil 2.28).

1960'lara kadar sadece ofis ve sonrasında konut işleviyle karşımıza çıkan yüksek katlı yapılar, John Hancock Center ile sosyal odakları da olan kompleks işlevli yapılara dönüşmeye başlamıştır. Yapının Chicago silüetindeki yeri de oldukça önemlidir. (Şekil 2.29). 1970-1980 arasında ise sosyal gökdelen kavramı karşımıza çıkmaya başlamıştır [151] [163].



Şekil 2.28 Lake Shore Drive Apartmanları [68] ve planları [132]



Şekil 2.29 John Hancock Center 'da sosyal yaşam [50]

2.3.4 Mimari Akımlara Etkisi

Yüksek katlı yapı tasarımlarının ilk olarak, 1880-1910 yıllarında ortaya çıkan Chicago Okulu akımından etkilediğini söylemek mümkündür. Metal konstrüksiyonu ve modern teknikleri savunan akım, tasarımlarda işlevi ön planda tutar. Cephede iskeletle birlikte düşeysellik vurgulanır, pencere boşlukları tekrarlanır. Bu dönemde mevcut yapılar yıkılarak, yerlerine daha yüksek ve büyük yapılar yapılır [172].

Chicago Okulu'nun en önemli mimarlarından Louis H. Sullivan, yüksek binaların yüksekliğinin düşey elemanlarla vurgulanması gerektiğini söyleyerek yeni bir mimari dil ortaya atar. Bu tutumla, yapıların üstüste katlar koyarak yükselmesi düşüncesinden uzaklaşıldığı görülür. Ayrıca Sullivan, insan anatomisinden yola çıkarak yapıyı kaide, gövde ve başlık olarak bölümlere ayırmaktadır. Kaide bölümü girişi, gövde bölümü yükseklik vurgusunu, başlık ise güçlü bir bitişi sağlamaktadır. Sullivan'ın ortaya attığı öneriler, 2. Dünya Savaşı sonuna kadar inşaa edilen yüksek katlı yapılarda görülmeye devam etmiştir. Sullivan ise düşüncelerini 1890'da tasarladığı 11 katlı Wainwright Binası'yla gerçeğe dönüştürmüştür [173] (Şekil 2.30).

Sullivan'ın ilkeleriyle 1888'de Lerroy Buffington, 28 katlı bir iş merkezi tasarlamıştır. Lerroy Buffington'ın binası kule biçimli ilk yüksek katlı yapılardandır [173] (Şekil 2.31).



Şekil 2.30 Wainwright Binası [80]

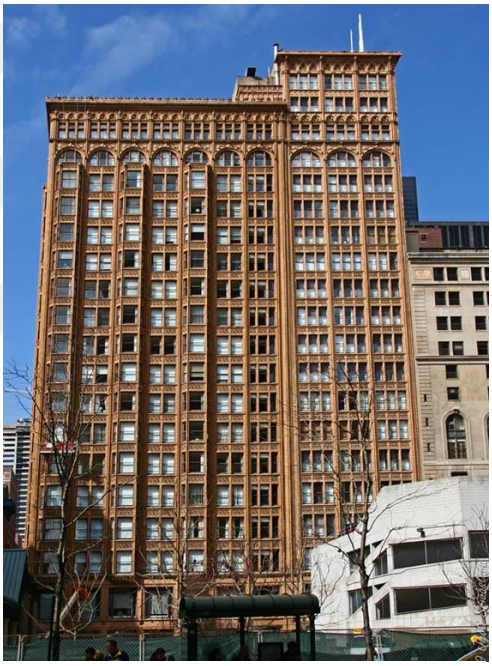


Şekil 2.31 Lerroy Buffington Binası [112]

20. yy'a yaklaşırken, Chicago gökdelenlerinde göze çarpan sınırlı estetik anlayış ve cephe modellerine Beaux Art akımının da etkisiyle, gotik ve rönesans motifleri eklenmeye başlanmıştır. Bu dönemde hem estetik kaygılar hem de yangından korunmak amacıyla çelik strüktürlerin üzeri tuğla gibi malzemelerle kaplanmıştır. 1894'te Burnham ve Root tarafından yapılan 14 katlı Reliance Building, cam cephesi, yapım tekniği ve özgün süslemeleriyle döneminin ötesinde bir özellik göstermektedir (Şekil 2.32). 20. yy başlarında ise yüksek katlı yapılarda eklektik unsurlar yer almaya başlamıştır. Geçmişe yönelen yüksek yapı tasarım anlayışında, farklı dönemlerden unsurlar biraraya getirilmiştir [163]. 1896'da Burnham'ın tasarladığı 20 katlı Fisher Building bu yapıların öncülerindendir (Şekil 2.33).



Şekil 2.32 Reliance Binası [17]



Şekil 2.33 Fisher Building [35]

Yüksek katlı yapı tasarımındaki eklektik anlayış, 1920'li yıllarda yerini Art-Deco tarza bırakır. Bu dönemde yapılarda narinlik artmış, Sullivan'ın 3 bölümlük önerisi antik sütunlarla sembolize edilmeye başlanmıştır [173].

1960'larda brutalist akımdan etkilenen yüksek katlı yapılar yapılmıştır. New Haven'de inşaa edilen Knights of Colombus Building'te, Roche ve Dinklos merdiven ve asansörleri yapının köşelerindeki 4 silindirik kolon içerisine almıştır. Bu kolonlar aynı zamanda yapının da taşıyıcısı fonksiyonundadır. Knights of Colombus

Building'te bu silindirik form baskın olarak göze çarpmaktadır (Şekil 2.34). Silindirik formuyla dikkat çeken bir diğer yapı ise 1967'de Chicago'da tamamlanan Bertrand Goldberg tasarımı 60 katlı rezidans yapısı, Marina City'dir [151] [163] (Şekil 2.35).



Şekil 2.34 Knights of Colombus Building [58]



Şekil 2.35 Marina City [56]

Formun işlevi izlemesi ilkesine dayanan modern mimarinin ortaya atılmasıyla birlikte yüksek katlı yapılarda uluslararası bir stil arayışına girilmiştir. Mies Van der Rohe'nin öncülüğünü yaptığı bu akımda, basit formlu modern cam yapılar karşımıza çıkmaktadır [151] [163].

1958'te Mies Van der Rohe ve Philip Johnson'un tasarladığı 38 katlı Seagram Building, basit bir cam prizma görünümüyle modern yaklaşıma örnektir. Yapının formunda, Sullivan'ın yüksek katlı yapılar için önerdiği kaide, gövde ve başlık bölümleri anlayışından uzaklaşıldığı görülmektedir (Şekil 2.36). Mies Van der Rohe'nin modernist tavrı ve "az çoktur" anlayışı, bu dönemde inşaa edilen diğer yüksek katlı yapılarda da hakim olmuştur. Tüm dünyada benzer formalarla üretilen

yapılar, “manhattanlaşma” kavramını ortaya çıkarmıştır. Ayrıca yüksek katlı yapı tasarımlarında cam kullanımı yaygınlaşmıştır [151] [163].

Ardından 1974’ de Chicago’da yapılan 110 katlı Sears Tower ise, farklı yükseklikteki kare tüplerin biraraya getirilmesiyle oluşturulan formuyla, Mies Van der Rohe’nin prizmatik yapı anlayışını kısmen reddeden hareketli bir kütleye sahiptir (Şekil 2.18).



Şekil 2.36 Seagram Building [65]



Şekil 2.37 Citycorp Center [66]

Mies Van der Rohe’nin modernist tutumu ve prizmatik kütle anlayışından sonra, rasyonalizmin de yumuşamasıyla Sullivan’ın 3 bölümden oluşan önerisi yüksek yapı tasarımlarında tekrar gündeme gelmiştir. 1980 yılından sonra yüksek yapılarda Post-Modernist bir yaklaşım öne çıkmaktadır [151] [163].

1977’de inşaa edilen 59 katlı Citycorp Center’da Stubbins ve Roth, vurgulu bir kaide ve giriş bölümü tasarlamıştır. Çatı ise belirgin olarak kırılıp bitirilen başlık bölümünden oluşmaktadır. Citycorp Center’in bu farklılıklarıyla, bulunduğu dönemde Newyork’taki yüksek katlı diğer yapılardan ayrılmaktadır (Şekil 2.37).

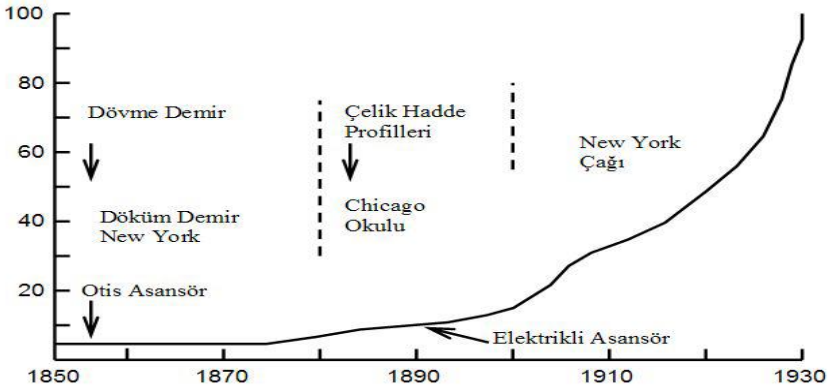


Şekil 2.38 Sony Building [76] ve tonozlu girişi [138]

Yüksek katlı yapıların post modernist tutumla ele alınmasında öncü olan Philip Johnson, 37 katlı ofis binası olan Sony Building'te tonozlu bir giriş tercih etmiştir. Otomobil ızgarasından esinlenilen yapı formunda, şirketin ihtişamına vurgu yapılmak istendiği belirtilmiştir. Kaide, gövde ve başlık ayırt edilebilmektedir. Bu post modernist yaklaşımlar, 1980'lerden itibaren inşa edilen yüksek katlı yapılarda da görülmeye devam edilecektir [151] [163] (Şekil 2.38).

Teknolojik gelişmeler ve mimari akımların etkisiyle gerçekleşen yüksek katlı yapı inşaatları Şekil 2.39'de gösterilmiştir.

2.3.5



Şekil 2.39 1930'lara kadar yüksek katlı yapı inşaası ve yüksek katlı yapı inşasını etkileyen faktörler [73]

Farklı Coğrafyalarda Yaygınlaşma

Yüksek katlı yapı inşaası sadece ABD'de yaygınlaşmamış, 1960'lardan itibaren Avrupa'da da görülmeye başlanmıştır. Ancak Avrupa'da yüksek yapı inşaalarının Amerika'da olduğu gibi bir yükseklik yarışı haline dönüştüğünü söylemek mümkün değildir. 1980'lerden itibaren ise Asya ve Uzak Doğu da yüksek katlı yapılar inşaa edilmiş ve yükseklik yarışı bu bölgelere sıçramıştır [151] [163]. 2019 itibariyle CTBUH'un yayınladığı en yüksek binalar listesindeki yapıların birçoğu Asya ve Uzak Doğu'da yer almaktadır [5](Tablo 2.3). Günümüzde farklı coğrafyalarda farklı koşullarda inşaa edilen yüksek katlı yapılar, kendilerine has mimari formları olan ve özel tasarlanmış taşıyıcı sistemler içeren yapılardır [163].

Tablo 2.2 CTBUH'un yayınladığı en yüksek 10 yapı ve konumu
([5] numaralı kaynaktan, yazar tarafından üretilmiştir.)

	Yüksek Katlı Yapı	Bulunduğu Kent-Ülke	Yükseklik (m)	Kat Sayısı	Tamamlandığı Yıl	İşlev
1	Burj Khalifa	Dubai Arap Emirliği	828	163	2010	ofis-konut-otel
2	Shanghai Tower	Shanghai Çin	632	128	2015	otel-ofis
3	Makkah Royal Clock Tower	Mekke Suudi Arabistan	601	120	2012	Saat kulesi - otel
4	Ping An Finance Center	Shenzhen Çin	599.1	115	2017	ofis-konut-otel
5	Lotte World Tower	Seoul Güney Kore	554.5	123	2017	ofis-konut-otel-ticari
6	One World Trade Center	New York ABD	541.3	94	2014	ofis
7	Guangzhou CTF Finance Centre	Guangzhou Çin	530	111	2016	ofis-konut-otel
8	CITIC Tower	Beijing Çin	527.7	109	2018	ofis
9	TAIPEI 101	Taipei Tayvan	508	101	2004	ofis
10	Shanghai World Financial Center	Shanghai Çin	492	101	2008	otel-ofis

1960'larda Avrupa'da yapılan ilk örnekler, İtalya'da Pireli, Galfa ve Velasca Binaları; İngiltere'deki Vickers Binası, Almanya'daki Mannesmann Hochhaus Binası ve Fransa'daki Montparnasse Binası'dır. Avrupa kentlerinde yüksek katlı yapılar, kentin tarihi dokusuyla uyuşmadığından kabul görmemişlerdir. Örneğin Fransız halkı, 1972'de tamamlanan 229 m yüksekliğindeki Montparnasse Binası için, alaycı olarak en güzel Paris manzarasının çatısından gözlemlendiğini söyler. Çünkü Paris manzarasında bu yapının görülmediği tek nokta burasıdır. Paris halkının bu yergi içeren tutumu, daha önce 1887'de inşaa edilen Eyfel kulesi inşaasında da açığa çıkmıştır. Fransız düşünür Guy De Maupassant, Eyfel kulesini görmemek için Eyfel Kulesine çıktığını söylemiştir. Bu sebeplerle yüksek katlı yapı inşaaları daha çok tarihi dokusu 2. Dünya Savaşı nedeniyle tahrip olan Frankfurt gibi kentlerde görülmeye başlanmıştır [174] (Şekil 2.40).

21. yy başlangıcıyla yüksek katlı yapı inşaaları, Uzak Doğu ülkelerinde (özellikle Hong Kong, Japonya, Güney Kore, Singapur, Malezya, Çin), Avustralya'da ve Orta Doğu ülkelerinde bir yarış halini almıştır. Uzak Doğu'daki ilk örnekler, 1968'de Tokyo'da inşaa edilen 230 metre yüksekliğindeki Shinjuku Mitsu, 1988'de Hong Kong'da I.M Pei tasarımı 367 metre yükseklikteki Bank Of China ve aynı yıl Tokyo'da Kenzo Tange'nin tasarladığı Tokyo City Hall Complex'tir. Malezya'da 1998'de yapılan Cesar Pelli tasarımı 452 metre yükseklikteki Petronas Tower ise 1999-2004 yılları arasında ABD'deki rakiplerini geçerek en yüksek yapı ünvanına sahip olmuştur. Petronas Tower en yüksek yapı ünvanını alan ABD dışındaki ilk yapıdır. Bu ünvan daha sonra yine Uzak Doğu'da kalarak, Tayvan'da inşaa edilen 509 metrelik Taipei 101 Kulesine geçmiştir [174] (Şekil 2.42). 2019 itibariyle en yüksek yapı olan 828 metre yüksekliğindeki Burj Khalifa ise Birleşik Arap Emirliklerinde yer almaktadır [5] (Şekil 2.41).

ABD ise yeni yüksek katlı yapı projeleri olan World Trade Center, Freedom Tower, Chicago Spire ile en yüksek yapı ünvanının yeniden kendi kıtasına taşımaya hazırlanmaktadır [174].



Pirelli Binası, İtalya [24]



Galfa Tower, İtalya [21]



Valesca Tower, İtalya [19]



Vickers Tower, İngiltere [88]



Mannesmann Hochhaus, Almanya [46]



Montparnasse Binası, Fransa [29]

Şekil 2.40 Avrupa'daki ilk yüksek katlı yapılar



Shinjuku Mitsui, Japonya [25]



Bank Of China, Çin [39]



Tokyo City Hall Complex, Japonya [60]



Petronas Tower, Malezya [31]

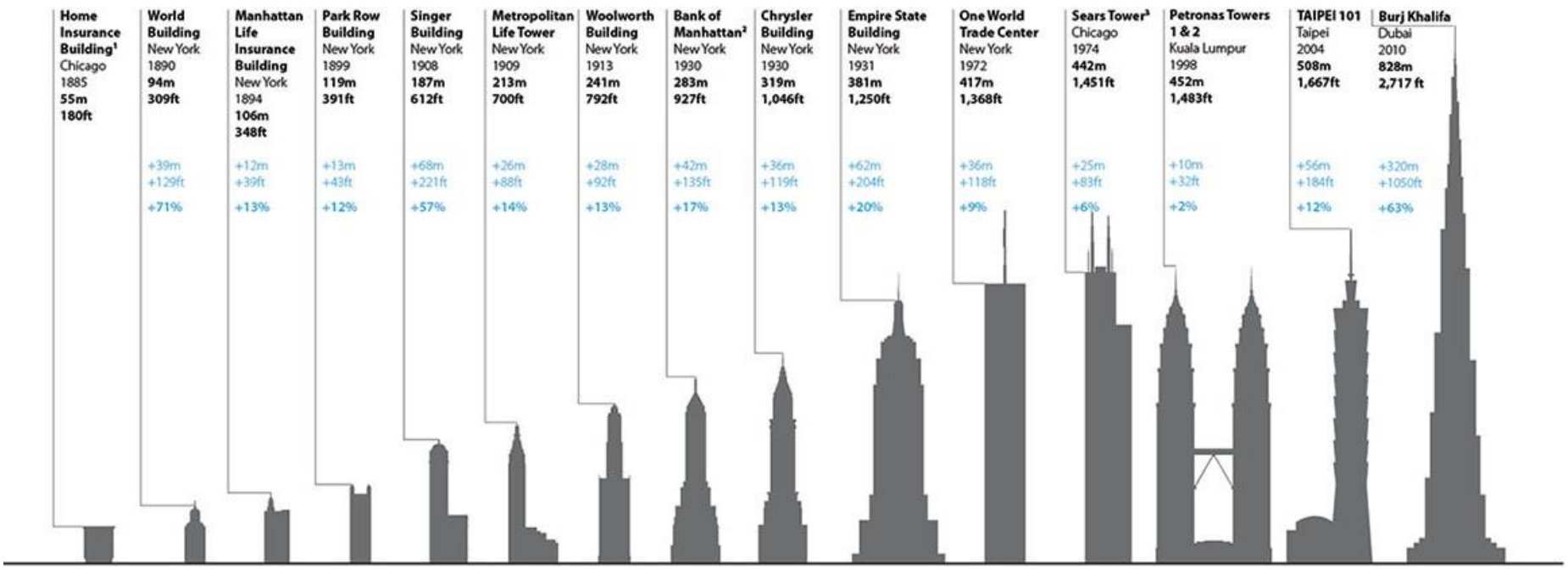


Taipei 101, Tayvan [33]



Burj Khalifa, Arap Emirliği [90]

Şekil 2.41 Asya'daki yüksek katlı yapılar



Şekil 2.42 Yüksek katlı yapılarda yükseklik değişiminin tarihsel gelişimi [54]

2.4 Yüksek Katlı Yapı Tasarımını Etkileyen Faktörler

Yüksek katlı yapılar, birçok tasarım girdisi bulunan kompleks yapılardır. Kendilerine has çözümlenmesi gereken sorunları bulunmaktadır. Bunun yanında varoluşlarıyla da kent içerisinde çeşitli sorunlar yaratabilmektedir.

Yüksek katlı yapı inşaasında birçok disiplin birarada çalışmaktadır. Bu disiplinler yapının olabilecek en iyi tasarıma ve kentsel değere sahip olabilmesi için birbiriyle uyum içinde olmak durumundadır. İnşaa edilecek yüksek katlı yapının bulunduğu konumun jeolojik yapısı ve topografyayla bütünleşmesi, yapının tasarımında göz önünde bulundurulması gereken etkenlerdendir.

Kent içindeki konumu ise altyapı ve ulaşım ağıyla birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca konumun silüete ve çevre yapıların hava - güneş almasına etkisi vardır. Tarihi çevrelerde ise yüksek katlı yapı inşaasıyla ilgili çeşitli sınırlar bulunmaktadır.

Yüksek katlı yapılarda form, estetik haz ve simgesel özellik ile bağdaştırılmaktadır. Geçmişten günümüze formun bölümleri değişerek ve gelişerek gelmiş, farklı mimari tasarım akımlarından etkilenmiştir. Yüksek katlı yapılarda form oluşumunda plan geometrilerinden yola çıkılabilmektedir. Formun farklılığı kent içerisinde referans noktası oluşturulmasını sağlamaktadır.

Yüksek katlı yapılar, tek işlevli ve çok işlevli olarak ayrılmaktadır. Geçmişte ofis işleviyle tek katlı olarak karşımıza çıkan bu yapılar, kent içerisinde yaşanılan sosyal sorunlar ile çok işlevli hale getirilmiştir. Yüksek katlı yapılar içerdiği tasarım kararlarıyla, tüm yapı tasarımlarında gözetilmesi gereken kullanıcı gereksinimlerinin karşılanması noktasına da cevap verebilmelidir.

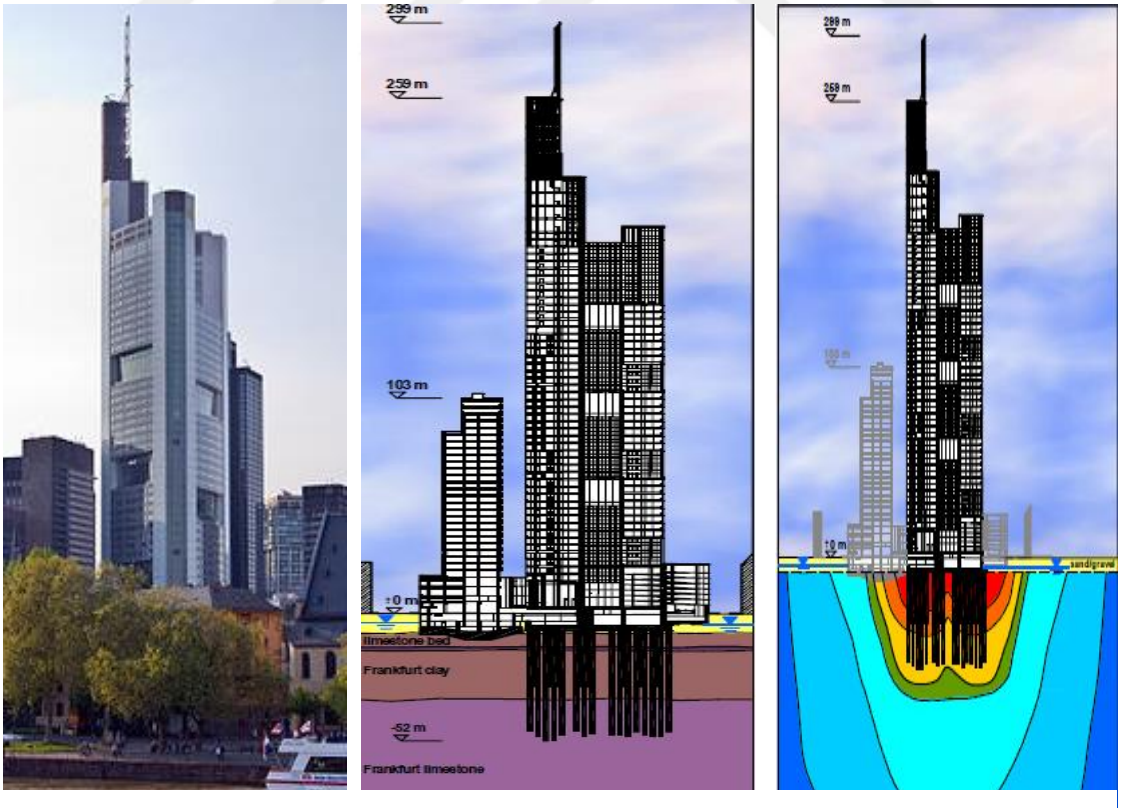
Rüzgar yüksek katlı yapı tasarımlarını kısıtlayan önemi bir unsurdur. Doğası gereği rüzgar, yapı üzerinde çeşitli yükler oluşturarak, yapıyı etkilemektedir. Yükseklikle ve yüzeyin pürüzlülüğü etkisiyle rüzgarın hızı değişmektedir. Rüzgarın yüksek katlı bir yapı üzerine etkisi, kullanıcılarını doğrudan etkiyen titreşim ve sallanım problemlerine neden olabilmektedir. Yapıya etkisinin yanı sıra, yapının çevresinde de basınç alanları oluşturup, rüzgar akışını değiştirebilmekte ve çevredeki yapıları ve yayaları etkilemektedir. Yüksek katlı bir yapının rüzgar davranışlarının ve çevreye etkisinin tespiti için rüzgar testleri uygulanmaktadır. Rüzgarla ilgili

çalışmaların yeterince yapılmadığı yüksek katlı yapılarda ise salınım, cephe malzemelerinin yapıdan ayrılması, çevredeki rüzgar hızının artması gibi problemler ortaya çıkmaktadır.

2.4.1 Topoğrafya ve Jeolojik Yapı

Yapı tasarımlarında, yapının bulunduğu bölgenin doğal koşulları önemli bir tasarım girdisidir. Yüksek katlı yapı tasarımlarında da jeolojik yapı, topoğrafya, bitki örtüsü ve iklim verilerinin dikkate alınması gerekmektedir [6].

Arazinin jeolojik yapısı, kent içerisindeki yapıların yerleşimini, konumunu ve kentin büyüklüğünü etkilemektedir. Kent içerisinde yüksek katlı yapıların bulunduğu bölgelerde ise zeminin güvenirliliği önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüksek katlı yapının tüm sistem yükü, zemine küçük bir yüzeyden aktrılmaktadır. Zeminin bu kuvvetlere dayanabilmesi, yüksek katlı yapının yapım maliyetlerini düşürmektedir. Aksi durumda, zeminin yapı ağırlığını taşıyabilir hale getirilmesi için çeşitli teknik uygulamalar yapılması gerekecektir. Bu da yüksek katlı yapı inşaalarında aranan rantın azalmasına neden olacaktır [6].

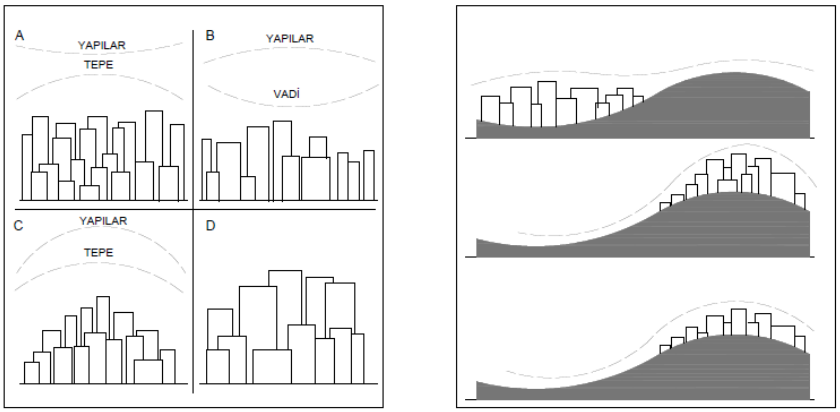


Şekil 2.43 Commerzbank Tower'da [20] zemin güçlendirme çalışmaları [142]

Prof. Gündüz Özdeş'in görüşüne göre, yüksek katlı yapıların New York'ta yoğun olarak inşaa edilmesinin önemli sebeplerinden biri de çok sağlam granit bir zemininin olmasıdır. Bu durum yüksek yapıların inşaatını kolaylaştırmıştır [6].

Yüksek katlı yapı inşaalarında zeminin iyileştirilmesi yapım maliyetlerini arttırsa da, Almanya'nın en yüksek binası olan Foster&Partners tasarımı Commerzbank Tower'da, bulunduğu arazinin jeolojik yapısı nedeniyle zemin güçlendirilmesi gerekmiştir. Yapıda radye temel altına kazıklar inşa edilmiştir. Aynı zamanda bu kazıklar sayesinde ısı transferi yapılarak, yer altı enerjilerinden faydalanılması da söz konusudur [142] (Şekil 2.43).

Bir diğer taraftan, zeminin özellikleri, yapının taşıyıcı sisteminin belirlenmesinde de önemli rol oynamaktadır. Örneğin, görece olarak zayıf bir zeminde, ölü yükü fazla olan betonarme yerine, ölü yük açısından daha hafif olan çelik strüktür tercih edilmektedir. Taşıyıcı sistemdeki değişiklikler ile birlikte yüksek katlı yapı tasarımı da değişikliğe uğrayabilmektedir.



Şekil 2.44 Yüksek katlı yapıların tepe ve vadiye yerleşimi [6]

Topoğrafya verisi ise kentin karakteri üzerine etki eden ve silüetini değiştiren özellik göstermektedir. Yüksek katlı yapıları da içine alan kent planlamasında, yüksek katlı yapıların algılanması, kentsel mekan oluşturması ve kent silüetine etkisi; bulundukları bölgenin topografyasıyla doğrudan bağlantılıdır. Topografyasında tepeler ve vadiler olan bir kentte, yüksek katlı yapının konumlanırıldığı bölge, tepenin etkisini vurgulayabilir ya da azaltabilir. Benzer şekilde vadi içinde konumlandırılması ise kentte yatay bir silüet yaratılmasına neden olur. Hareketsiz ve yatay kent silüeti istenmeyen bir durumdur (Şekil 2.44)

(Şekil 2.45). Örneğin, İstanbul Boğazı'dan geçilirken izlenebilen yapılar ve tarihi doku, topografyanın bir getirisidir. Ancak yüksek katlı yapılar, İstanbul'da silüeti bozan bir etki yapmıştır [6] (Şekil 2.46).



Şekil 2.45 Los Angeles'taki gökdelenlerin topografya üzerindeki yerleşimi [70]



Şekil 2.46 Yüksek katlı yapıların İstanbul silüetine etkisi [104]

Topografyadaki tepeler ve vadiler, iklimsel konforu ve yapının rüzgarla olan ilişkisini de etkiler. Tepelerin güneşe bakan yüzü ya da güneşten korunan yüzü, yüksek katlı yapı tasarımında iklimsel bir girdi olmaktadır. Yapıyı rüzgarın, yağmurun, güneşin zararlı etkilerinden koruyabilmek için yönlendirmenin doğru yapılması gerekmektedir. Yanlış yön seçimi yapının aşırı ısınmasına ya da ısınamamasına neden olabilir [166].

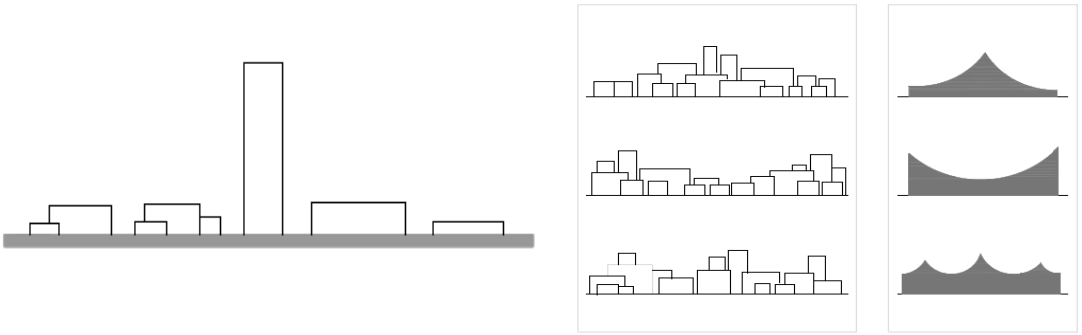
Yüksek katlı yapının inşaa edilmesi planlanan arazideki eğimin çok olması ise uygun bir inşaa alanı olmadığını göstermektedir. Yine yapım maliyetleri açısından, az eğimli ya da düz araziler tercih edilmelidir [6].

2.4.2 Konum

Yüksek katlı yapıların bulundukları kentte konumlandırılmasında çeşitli ekonomik, politik ve yasal kararlar söz konusudur. Kimi zaman kent merkezlerinde, kimi zaman ise kent dışında yer alan ve yükseklikleriyle dikkat çeken bu yapılar, kent için farklı etkiler yaratırlar.

- **Kent içinde konumlandırma:**

Kent merkezleri içinde konumlandırılan yüksek katlı yapılar, görsel etki açısından kentteki benzer yükseklikteki yapılardan ayrılacağından monotonluğu bozan bir etki yapar. Kent silüetini de etkileyen bu tutum, hem yapının kenti simgesi haline dönüşmesine sağlar hem de silüette kalıcı bir iz bırakır [6] (Şekil 2.47).



Şekil 2.47 Yüksek katlı yapının kent merkezinde konumlandırılması [6]

Kentin imajı, içinde barındırdığı yüksek katlı yapının tasarım anlayışından etkilenir. Böylece kentler, barındırdıkları yüksek katlı yapılar ile hatırlanmaya ve anılmaya

başlar. Örneğin Hong Kong'taki Bank of China, yüksek yapıların yoğun olarak bulunduğu bir bölgede olmasına rağmen silüette baskın bir etki göstermektedir. Yapının, diğer yapılardan ayrılan bir kütlesi vardır. Diğer yapılar, Bank Of China'ya fon yaratmaktadır. Yapının silüetten kaldırıldığı düşünüldüğünde, basit ve sıradan ve görüntü elde edileceği düşünülmektedir. Bu sebeple denizden silüeti kolayca algılanabilen Hong Kong'un simgesi olmuş durumdadır [6] (Şekil 2.48).



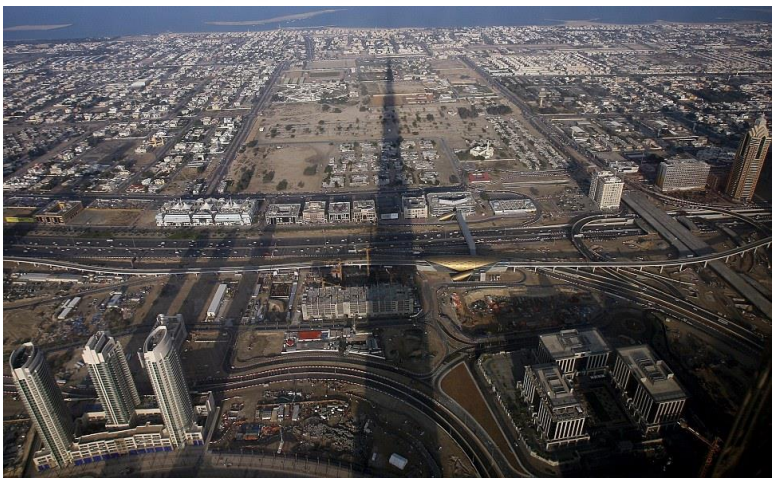
Şekil 2.48 Bank Of China yapısı [38], ve Hong Kong silüetine etkisi [125]

Yüksek katlı yapılar , kent içinde referans noktaları oluşturur. Zaman içeriside kent içinde yaşayan insanların, yapıyı algılamasında ve yer-yön hissiyatında önemli bir unsur haline gelmeye başlar. Giritlioğlu, kentteki yüksek katlı yapıların insanlar için referans noktası olmasıyla ilgili şunlar söylemektedir: "Şehir dokusu içinde sivrilen yüksek dominant ögeler, şehirliye veya şehir ziyaretçisine yön belirlemede yardımcı olur. Ayrıca bu dominant ögelere bağlı olarak belirli şehirsel bölgelerin yeri tarif edilebilir. Şehirsel mekan içinde yabancı bir insanın rahat ve kaybolma korkusuna kapılmadan dolaşmasında ve diğer ögelerin algılanmasında bu tür yapıların önemi yadsınamaz [6]".

Tarihi kentlerde ise geçmişten gelen bir birikimle entegre olmaya çalışan yüksek katlı yapılar için daha çok tasarım girdisi bulunmaktadır. Kendilerine ait kimlikleri olan İstanbul, Paris, Roma ve Venedik gibi kentler, tarihsel süreç içerisinde yavaş

yavaş oluşmuştur. Bu kentlerdeki tarih, mimarlık ve kentleşme hareketleri, kentinin kimliğini oluşuran ve bunun sürekliliğini sağlayan unsurlardır. Tarihi çevrelerde yüksek katlı yapı inşaasında, tarihsel verilere, tarihi yapılara ve tarihi silüete dikkat edilerek tasarımlara yön verilmelidir. Birçok Avrupa kentinde ise, tarihi dokunun korunması adına yüksek katlı yapıların kent içinde yerleştirilmesi yasaklanmıştır [6]. Yüksek katlı yapılar için verilen yerleşme kararları, tarihi dokusu olan kentlerde bir denge yaratmıştır. Kentsel mekanların yaratılması ve kentin insan ölçeğinde tutulması gibi getirileri olmuştur [166].

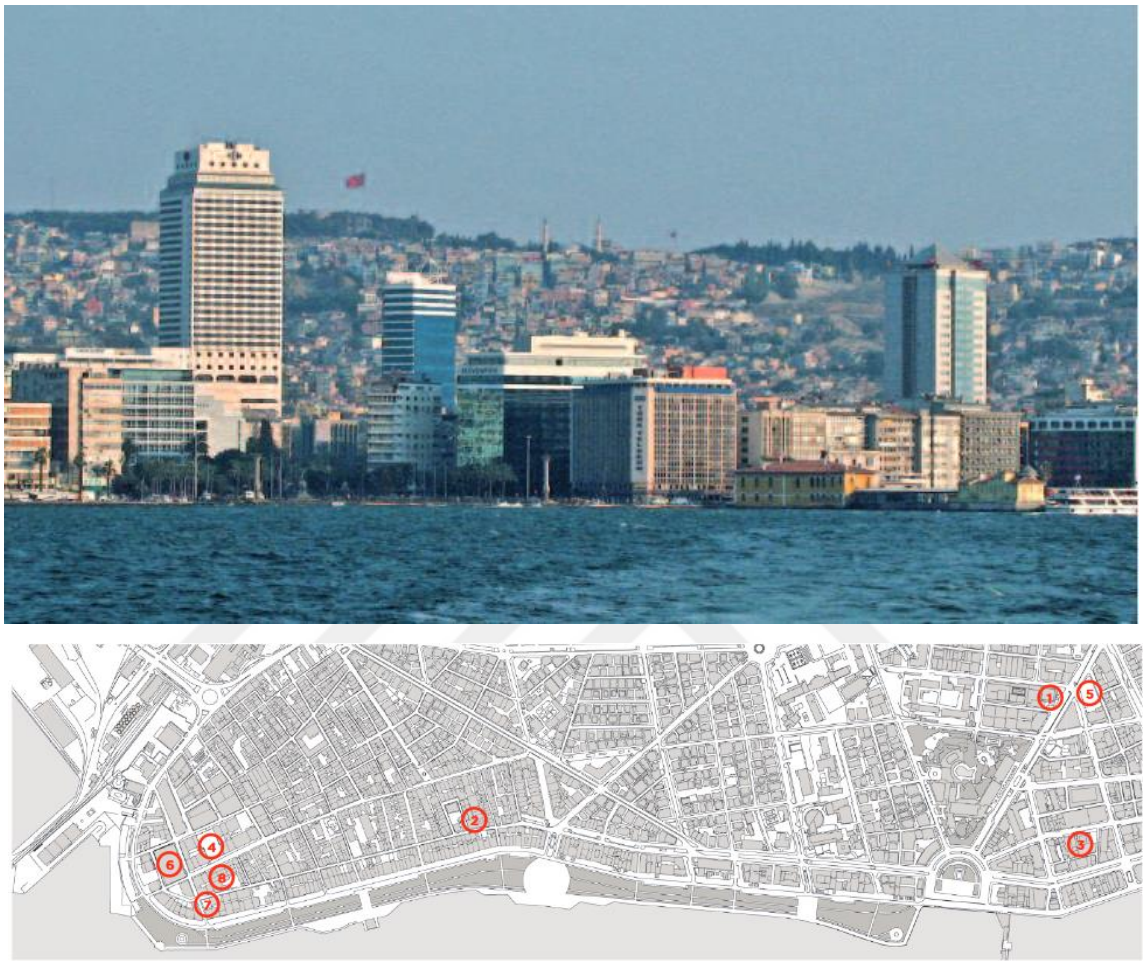
Diğer taraftan kent içinde yer alan yüksek katlı yapılar çevresi için çeşitli sorunlara da neden olabilir. Yüksek ve iri kütleleriyle yüksek katlı yapılar, çevre yapıların güneş almasını ve rüzgarını etkileyerek, bölgesel düzeyde iklim şartlarını değiştirebilir. 21. yy başlarında 20 katlı blokların, dar ve karanlık sokaklar bırakılarak ardı ardına yerleştirilmesiyle ortaya çıkan doğrudan güneş alabilme ve temiz hava sorunu, süreç içerisinde güneşe ve temiz havaya ulaşımın öneminin kavranmasıyla tasarım girdisi haline dönüşmüştür. Az alana çok kullanıcı yerleştirilmesinden kaçınılarak, nitelikli mekanların önemi kavranmıştır [6] (Şekil 2.49).



Şekil 2.49 Burj Khalifa'nın gölgesinin etkilediği alan [106]

Richard Rogers, Şangay Master planında tüm yapıların yeterli ışık ve hava alabildiğinden emin olmak için, yüksek katlı blokları kente yerleştirip denemeler yapmıştır. Diğer yapıların yazın,kışın, günün her saati ışık alabilmesi sağlanmaya çalışılmıştır [175]. Japonya'da ise yüksek katlı yapı inşaa edilirken, çevredeki

yapıların güneş ışığı hakkını kısıtlaması nedeniyle komşu yapılara bir bedel ödemek zorundadır. Bu karara gerekçe olarak ise çevre yapıların gölgede kalarak ısıtma masraflarının artması gösterilmektedir. Tek sefer olarak ödenen bu bedel, caydırıcı nitelikte olabilmektedir [176].



Şekil 2.50 İzmir'de yüksek katlı yapıların deniz kıyısına konumlandırılması [121]

Kent içerisinde denize yakın olan bölgelerde yüksek katlı yapıların konumlanması arkada diğer yapıların iklimsel olarak deniz etkisinden faydalanamamasına ve denizle olan görsel iletişimin kesilmesine neden olmaktadır.

Bir deniz kenti olan İzmir'de inşaa edilen yüksek katlı yapıların, daha çok deniz kıyısında konumlandırıldığı görülmektedir. Bu yapıların kent üzerindeki çeşitli olumsuz etkileri olmuştur. Bu sebeple deniz kıyısında inşaa edilen bir çok yüksek katlı yapı ile ilgili, kamu yararını zedelediği görüşü vardır ve yasal süreçlere başvurulmuştur [121] (Şekil 2.50).

Yüksek katlı yapılar, tek başlarına kalabalık bir nüfusa hizmet ettiklerinden, altyapıya da önemli yükler bindirirler. Kanalizasyon, su dağıtımı, elektrik kullanımı gibi temel altyapı ögelerinin iyi planlanmamış olması, yüksek katlı yapı inşaasıyla birlikte bulunduğu konumdaki tüm altyapı sistemlerinde sorunlar yaşanmasına neden olacaktır. Örneğin İstanbul'da Levent, Mecidiyeköy ve Yıldız'da yüksek katlı yapılar inşaa edilmeye başlandığı dönemde içme suyu ve kanalizasyon sistemlerindeki mevcut problemler şiddetlenerek artış göstermiştir [177].

Yüksek katlı yapılardaki kalabalık nüfusun ulaşıma getirdiği yük ise, kent içinde trafik karmaşasını tetikleyecektir. Bu sebeplerle, yüksek katlı yapı inşaasına karar verilen bölgelerdeki ulaşım ve altyapı analizleri, yapı tasarımında önemli girdiler olmaktadır. Yapının kent ile bütünleşirken, kente yük olmaması konusu tasarım girdisi olarak ele alınmalıdır [6] (Şekil 2.51).



Şekil 2.51 İstanbul Maslak bölgesinde yüksek katlı yapılar nedeniyle yaşanan trafik sorunu [145]

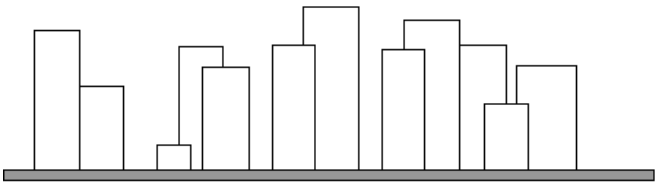
Yüksek katlı yapılarda konum ve boyut nedeniyle ortaya çıkan sorunların sebebi, daha çok ülke ekonomisi ve imar planlarıyla ilişkilidir. Bu durumda mimari tasarım kararı alınırken yapının çevreye olan olumsuz etkisinin en aza indirilmesi hedeflenmelidir. Vaziyet planları üzerinde, kent için olumlu etkiler yaratılarak yapının mimari değeri arttırılmalıdır. Yapı kentsel bağlamı içerisinde ele

alınmalıdır. Yüksek katlı yapının kent içindeki önemi, bulunduğu çevreye gösterdiği saygıyla doğrudan bağlantılıdır [178].

Prof. Dr. Altan Öke ise yüksek katlı yapılardaki konum seçimini objektif ve subjektif etkenler olarak 2 başlığa almaktadır. Objektif etkenler; kentin faaliyet örüntüsü, ulaşım sistemi, jeolojik durum, güneş hareketleri, meteroloji, yapının görünüşlerinin kente entegre olup olmaması olarak sıralanmıştır. Yüksek katlı yapıların ofis işleviyle birarada bulunduğu bölgelerde iş saatleri dışında yaşanan sosyal çöküntü de objektif etkenlerden biri olarak kabul edilmiştir. Subjektif etkenler olarak ise, kent imajı ve kent silüeti örnek olarak verilmiştir. Yüksek katlı yapıların kent silüetini etkilemesinin negatif ya da pozitif olarak değerlendirilmesi yönünde farklı düşünceler vardır. Bir taraftan tarihi kent silüeti korunmak istenirken, diğer taraftan silüet tarih boyunca değişen bir fotoğraf olarak ele alınmaktadır. Toplumun değerleri değiştikçe, kentin de silüetinin değişebileceği söylenmektedir [179].

- **Kent dışında konumlandırma:**

Yüksek katlı yapıların kent dışında inşaa edilmesi durumunda ise bir hiyerarşik düzene ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece bu bölgelerde monotonluktan kaçınmak mümkün olabilir. (Şekil 2.52)

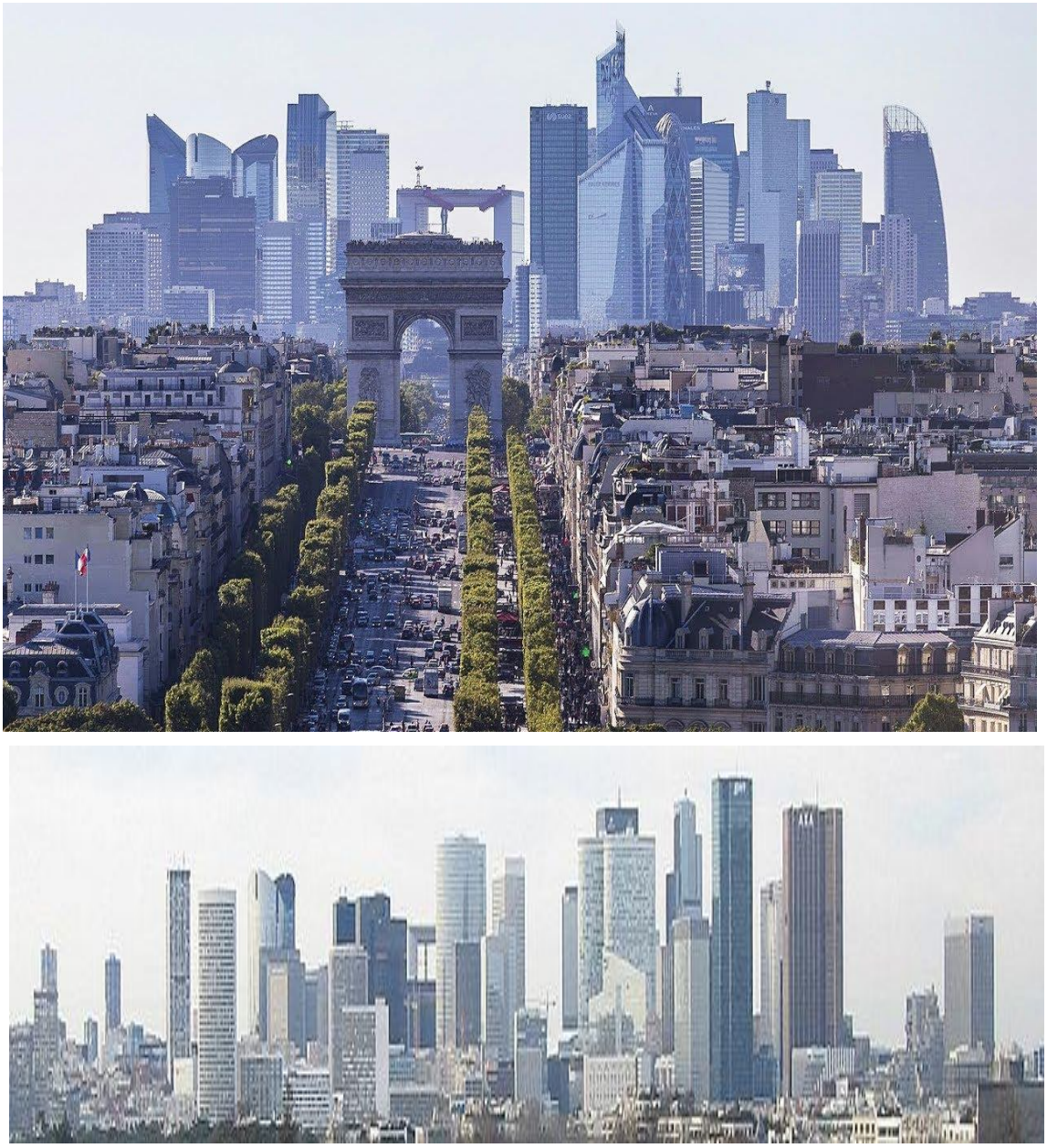


Şekil 2.52 Kent dışında konumlandırılan yüksek katlı yapılar [6]

Yüksek katlı yapıların kent dışında konumlandırılması, daha çok tarihi kentlerde görülen bir tutumdur. Kent dokusunun korunması amacıyla, yüksek katlı yapılar için kentin dışında ayrı merkezler önerilmektedir. 1960-1970 yılları arasındaki süreçte oluşan bu durum, kent içerisinde yüksek katlı yapı inşaasını yasaklamıştır. 1976'da Paris'te kent konseyi tarafından yapı yüksekliklerine sınır getirilen kurallar konulmuştur. Yüksek katlı yapılmak istenen yapılar için, kent çeperindeki Le Defense Bölgesi önerilmiştir. Londra Kent konseyi de benzer bir yaklaşımla, kent içindeki yüksek katlı yapıların gerekliliğini sorgulamıştır. Yüksek katlı yapının

silüete ve çevre yapılara etkisinin sorgulanmasının gerektiğini vurgulayan ilkeler ortaya atmıştır [6] (Şekil 2.53).

Tokyo'da ise yüksek katlı yapıların kent dışına alınmasındaki en önemli etken, ekonominin güçlenmesiyle değişen kentte mevcut yapıların yetersiz kalmasıdır. Kent dışında ikincil merkezler oluşturularak yüksek katlı yapılar bu bölgelerde inşaa edilmiştir. Böylece kent yoğunluğunda da azalma meydana gelmiştir [6] (Şekil 2.54).



Şekil 2.53 Paris Le Defence bölgesindeki yüksek katlı yapılar [63] [134]



Şekil 2.54 Tokyo'daki yüksek katlı yapılar [98]

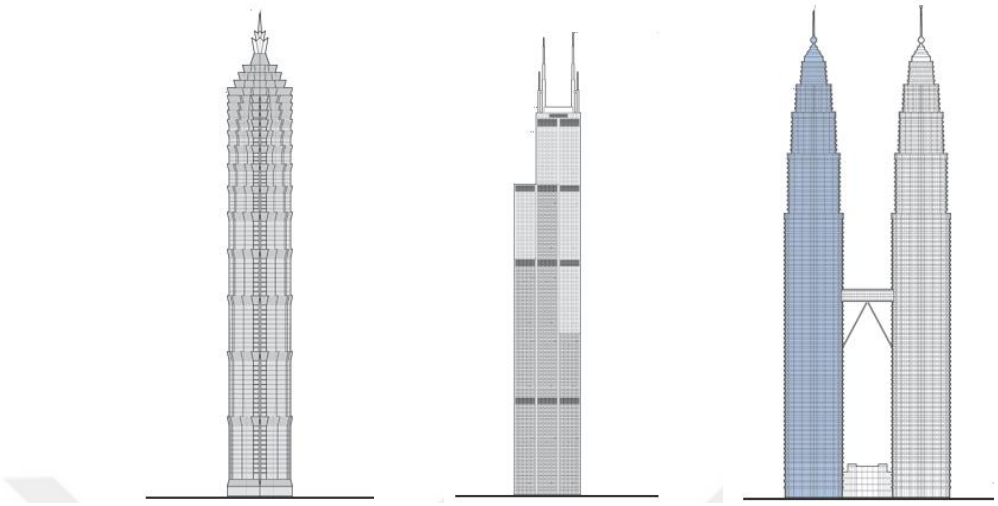
2.4.3 Form

Yüksek katlı bir yapının estetik değeri, bulunduğu zaman dilimi ve çevre şartlarıyla kişinin nesnel olarak algıladığı bir unsurdur. Bu estetik değere strüktürel bir form bulmak ve bunu bilimsel olarak ifade edebilmek zor bir süreçtir. Mimari kararlar alınırken oluşturulan strüktürel form, aynı zamanda en fonksiyonel ve en estetik olan olmalıdır. Tüm şartların optimize edilmesiyle yüksek katlı yapının hayat bulduğu form, yapının çevresine sunabileceği bir estetik haz unsurudur [180].

Yüksek katlı yapılardaki form arayışlarında geçmişte mimari akımlar, günün teknolojik şartlarının elverdiği yapım sistemleri ve teknik ekipmanlar etkili olmuştur. Günümüzde ise bu kısıtlamaların yüksek katlı yapı tasarımcıları üzerindeki etkileri azaltılmaya çalışılmaktadır. Tasarlanan formun gerçeğe dönüştürülmesi yolunda, yapıya özgü etkin çözümler ve buluşlar ön plana çıkmaktadır. Yüksek katlı yapı formlarındaki sınırları kaldıran bu tutum, mühendislik ve teknolojik olarak gelişmelere de olanak vermektedir.

Yüksek katlı yapı tasarımlarında formun ifadesinde tasarımcının hedeflediği etkiyi; yapının oranları, mimari stili, cephe özellikleri, sade veya süslemeli oluşu, plan geometrisi ve mekanların birbiriyle olan ilişkisi değiştirmektedir. Form tek parça olarak yükselirken noktasal, parçalı olarak yükselirken ise çizgisel bir etki bırakır.

Yüksek katlı yapılar kimi zaman ise 2 eş kulenin yükselmesi şekilde karşımıza çıkmaktadır [6] (Şekil 2.55).



Şekil 2.55 Jin Mao Tower [81] , Sears Tower [136], Petrona İkiz Kuleleri [31] kütleleri

Yüksek katlı yapılarda kütle formlarını giriş, gövde ve bitiş olarak bölümlere ayırabiliriz. Bu bölümlerin yapı formunda baskın olarak ayırt edilmesi, yapının mimari stiline bağlıdır. Baskın olarak hissedilmese dahi, formda bu bölümler yer almaktadır.

Giriş bölümü yapının ilk 5-8 katını içeren kısımdır. Bu bölüm, yüksek katlı yapının sokaktaki yaya tarafından algılanabildiği bölümdür. Yapı, kent ile olan ilişkisini bu bölüm ile kurar. Kimi zaman bu bölümlerde kente hizmet eden ticari mekanlar da yer alabilir (Şekil 2.56). Gövde bölümü, yapının yükselerek göze çarpan kısmıdır. Yüksek katlı yapının tasarım dilini ve karakterini gösterir. Bu karakter ise kent silüetine etki eden özelliktedir. Aynı zamanda gövde bölümü, giriş bölümlerine göre iklimsel zorluklara daha çok maruz kalmaktadır. Bitiş bölümü ise yapının gökyüzüne attığı imzadır. Çizmek istediği karakteri vurgulayarak etkili bir son yaratır. (Şekil 2.57) Prizmatik yapılarda ise helikopter pisti gibi işleve hizmet edecek şekilde kullanılır [151], [6].

Yüksek katlı yapılarda plan geometrisinden yola çıkılarak da form oluşumu gerçekleşebilmektedir. Plan geometrisi, temel geometrik cisimler ve bunların çeşitli şekillerde biraraya gelmesinden oluşabilmektedir. Bu noktada simetrik bir plan geometrisi yaratılması, yapının denge ve stabilitesi için de önemli bir unsur

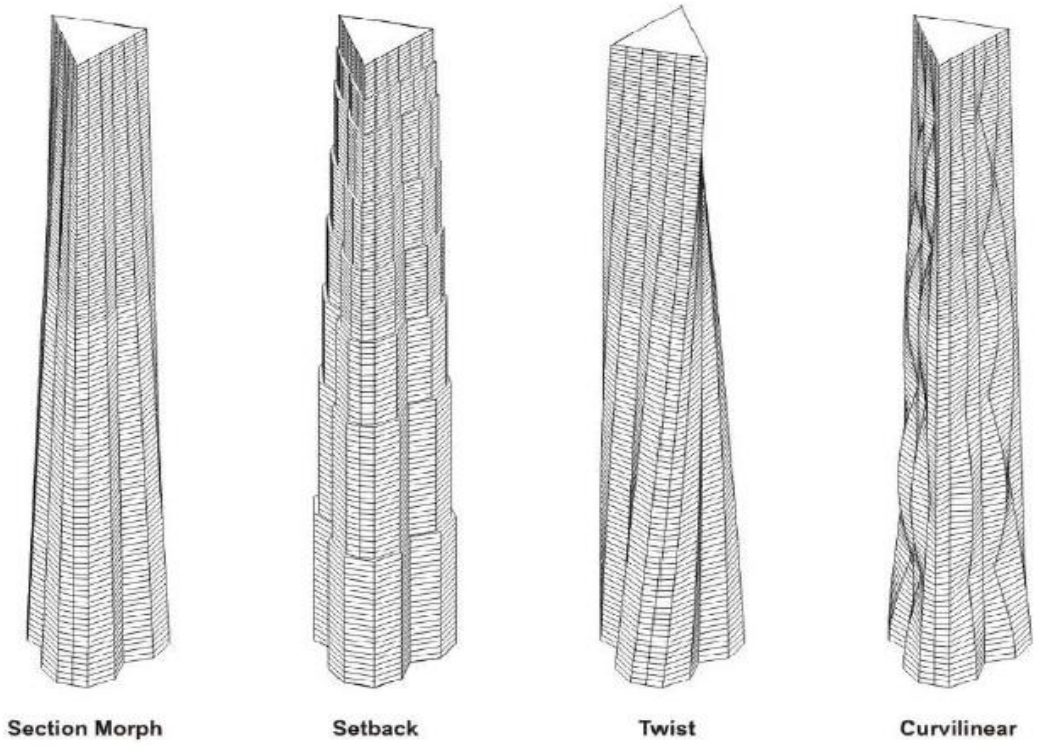
olmaktadır. Giriş ya da bitiş bölümü için karar verilen plan formu üzerinden kütlede daralma, burkulma, geri çekilme, dalgalanmalar yaratılarak yüksek katlı yapı formu oluşturulabilmektedir (Şekil 2.60) (Şekil 2.61). Bu etkiler ile yapının düşey ekseni etrafında 4 ana form meydana gelmektedir. Bunlar yükseldikçe daralan formlar, bir eksen etrafında dönen formlar, eğrisel biçimler ve değişken kesitli formlardır [120] (Şekil 2.58) (Şekil 2.59).



Şekil 2.56 Yüksek katlı yapı giriş bölümlerinin bir Newyork sokağından görünümü [101]



Şekil 2.57 Tomorrow Square [87], The Trump Building [137], Baiyoke Tower II [144] bitiş bölümleri



Şekil 2.58 Yüksek katlı yapı formları [120]



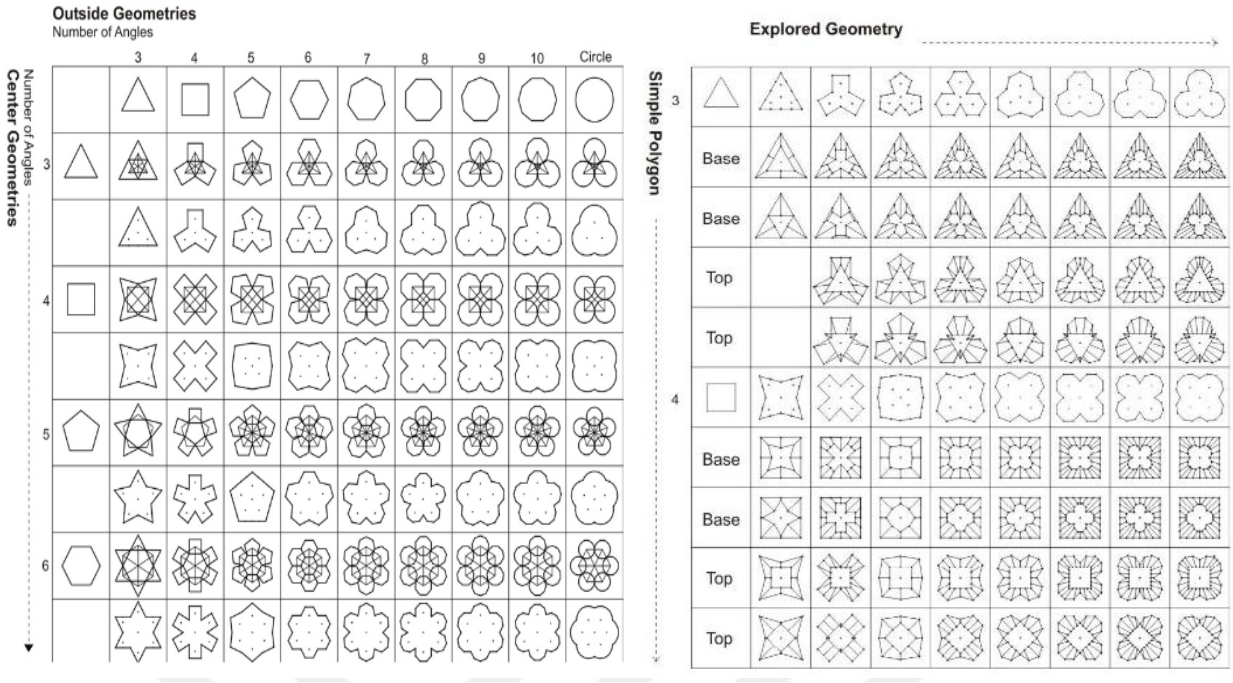
Milenium Tower [79]

Paramount Binası [83]

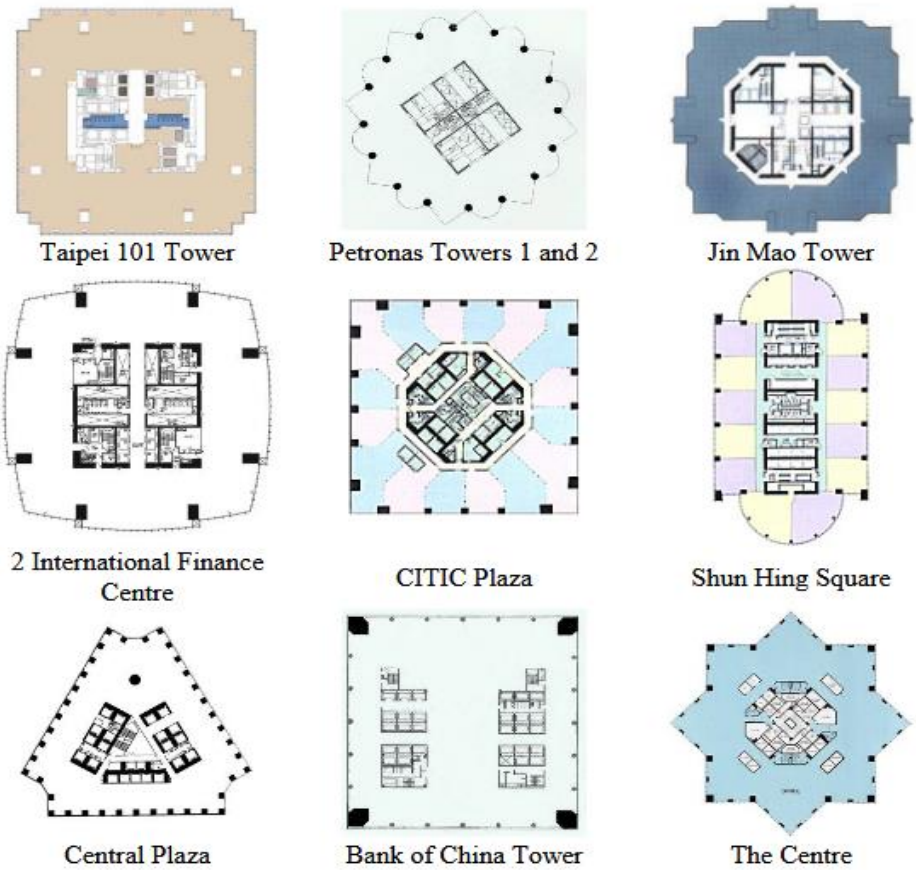
Turning Torso [74]

Capital Gate [72]

Şekil 2.59 Yüksek katlı yapı formu örnekleri



Şekil 2.60 Yüksek katlı yapılarda temel geometrik şekillerden oluşturulabilecek plan geometrileri [120]



Şekil 2.61 Yüksek katlı yapılara ait plan geometrisi örnekleri [114]

Yüksek katlı yapılar kent içinde ele alındığında ise formunda yer alan malzemelerle, yapının kent içinde oluşturmak istediği yargıya hizmet etmektedir. Prizmatik ve narin bir cam kule, silik bir etki bırakarak çevrenin ön plana çıkmasına yardımcı olmaktadır. Masif ve ağır malzemeler kullanılarak oluşturulan formlar ise, kent içine oturmuş ve kendine yer bulmuş olarak baskın bir etki yaratır [6].



Şekil 2.62 Trans Amerikan Binası, piramidal fomuyla San Francisco'da referans noktası oluşturması [102]

Önceki bölümlerde yüksek katlı yapıların, kent içerisinde referans noktası oluşturduğundan bahsedilmiştir. Ancak özellikle New York gibi bir çok yüksek katlı yapının bulunduğu kentlerde, yükseklik ile ayırt edilme sayesinde referans oluşturmak mümkün değildir. Bu durumda yapının tasarımı ve form devreye girerek, kent içinde belirleyici bir nokta oluşturur. Empire State Building'te modernist bir tutumla camdan bir prizma tasarlanmak yerine, diğer yapılardan ayrılan özgün çizgilere yer verilmiştir. Yapının gökyüzüyle buluştuğu kısımlardaki form farklılıkları, kent içinde referans noktası olmasını sağlamıştır (Şekil 2.63). San Francisco'daki Trans Amerikan binası ise, piramidal formuyla referans noktası özelliği göstermektedir. Piramit formu, kesin sınırları ve anlamlı özellikleri olan bir biçimdir. Yapının zeminle olan ilişkisini kuvvetlendirerek, kentteki insanlarda hatırlatıcı bir etki bırakmaktadır [6] (Şekil 2.62).



Şekil 2.63 Empire State Binası'nın tasarımıyla New York'ta referans noktası oluşturması [103]

Yüksek katlı yapılarda formu başka bir yönüyle ele alan Cengiz Bektaş ise "Gökdelende biçim aramak zorlama anlamına geliyor. Çünkü tüm gökdelen planları üç aşağı beş yukarı birbirine benzer. Bu ülkemizde yapılan gökdelenlerde de açıkça görülüyor. Tepelerine kuş kondurulanlar bunu açık açık bağırıyor…" diyerek yüksek katlı yapılarda formun sınırlı olabileceğini dile getirmiştir [181].

2.4.4 İşlev

Yüksek katlı yapılar, geçmişte karşımıza ilk olarak tek işlevli olarak çıkmıştır. Bu işlev ise ofis kullanımıdır. Kalabalıklaşan kentlerle birlikte de yüksek katlı yapılarda konut işlevi görülmüştür. Zaman içerisinde ise yüksek katlı yapılar tek işlevden çok işlevli yapılara dönüştüğü görülmektedir. Örneğin otel, konut ve alışveriş merkezi işlevleri tek yapıda toplanmaya başlanmıştır.

- **Tek işlevli yapılar:**

Yüksek katlı yapıların tek işlevde kullanımı günümüzde de karşımıza çıkan bir tutumdur. İşlevsel olarak yüksek katlı yapı kullanımları için sınıflandırma yapılabilmektedir.. Yüksek katlı yapılar; ofis ve ticari yapıları, konut-otel-yurt gibi konaklama yapıları, endüstri yapıları, otel ve hastane gibi kamu yapıları ve özel amaçlı yapılar olarak kategorilere ayrılmaktadırlar [163].

Ofis ve ticari binalar, ofis işlevi için tasarlanan çalışma mekanlarıyla birlikte giriş katlarında da ticari yapılar ve bunların işlevlerine hizmet eden depo vb. mekanları da içermektedir. İnşaa edilen yüksek katlı yapıların büyük çoğunluğu ofis işleviyle karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2.64). Konaklama yapılarında ise otel işleviyle kullanım yaygın olarak görülmektedir. (Şekil 2.66) Günümüzde sadece konut olarak kullanılan yüksek katlı yapıya rastlanmamaktadır. (Şekil 2.65) Endüstriyel amaçlarla tasarlanan yüksek katlı yapıların ise Hong Kong'ta örnekleri bulunmaktadır. Bu yapılar geçmişte fabrika olarak inşaa edilmiş olup, depo ve imalathane yapılan mekanları da içermektedir. Kamu yapılarında ise yüksek katlı yapılar, üniversite, hastane ve hükümet binası olarak karşımıza çıkmaktadır. Özel amaçlarla yapılan yüksek katlı yapılara örnek olarak ise otopark yapıları, havaalanı terminal binaları gösterilebilir [163] (Tablo 2.3). Bu noktada verilen örneklerde yükseklik algısının kent içindeki bağlamla ilişkisinin de etkisinin bulunduğu göz ardı edilmemelidir.

Tablo 2.3 2019 itibariyle tek işlevli en yüksek ilk 5 yapı
([111] numaralı kaynaktan, yazar tarafından üretilmiştir.)

İŞLEV	SIRALAMA	YAPI	YÜKSEKLİK (M)	YAPIM YILI
OFİS	1	Ping An Finance Center	599.1	2017
	2	One World Trade Center	541.3	2014
	3	CITIC Tower	527.7	2018
	4	TAIPEI 101	508	2004
	5	Lakhta Center	462	2019
KONUT	1	111 West 57th Street	435.3	2020
	2	432 Park Avenue	425.7	2015
	3	Princess Tower	413.4	2012
	4	23 Marina	392.4	2012
	5	Burj Mohammed Bin Rashid	381.2	2014
OTEL	1	Gevora Hotel	356.3	2017
	2	JW Marriott Marquis Hotel Dubai	355.4	2013
	3	SLS Dubai	336	2020
	4	Rose Rayhaan by Rotana	333	2007
	5	Burj Al Arab	321	1999



Ping An Finance Center [96]



One World Trade Center [89]



Citic Tower [71]



Taipei 101 [3]



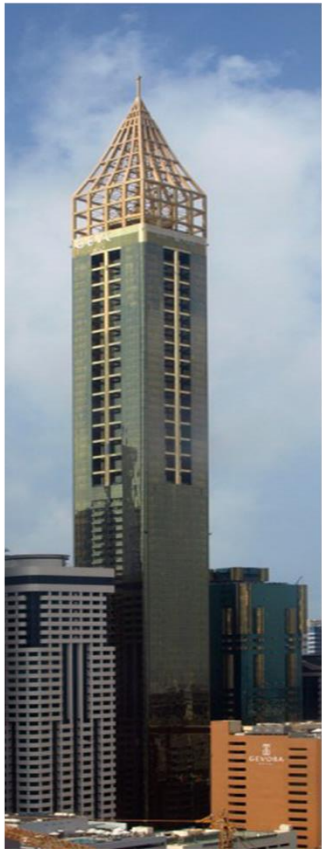
Lakhta Center [77]

Şekil 2.64 Sadece ofis işlevli en yüksek ilk 5 yapı



111 West 57th Street [85] | 432 Park Avenue [16] | Princess Tower [14] | 23 Marina [10] | Burj Mohammed Bin Rashid [94]

Şekil 2.65 Sadece konut işlevli en yüksek ilk 5 yapı



Gevora Hotel [13]



JW Marriott Marquis Hotel Dubai [47]



Rose Rayhaan by Rotana [32]



Burj Al Arab [12]



SLS Dubai [107]

Şekil 2.66 Sadece otel işlevli en yüksek ilk 5 yapı

- **Karma işlevli yapılar:**

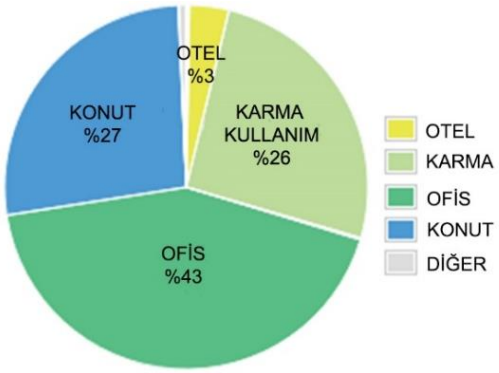
20. yy başında kentlerde işlevler, bölgesellik ilkesiyle kentin ayrı parçalarında yer almaktadır. Kent merkezlerinde yüksek katlı yapılar, kent dışında ise konut alanları oluşturulmuştur. Ancak bu durum ulaşımla ilgili sıkıntıları da beraberinde getirmiştir. Yüksek katlı yapılarda çalışan insanlar, her gün konut bölgelerinden çalışma bölgelerine hareket etmek durumunda kaldığından trafik sorunu oluşmuştur. Ayrıca tek bir araç için hem konut hem de çalışma bölgesinde otopark alanı ayırmak gerekmiştir. Çalışma saatleri bitiminde ise kent merkezleri, ıssız ve tenha bir hale dönüşmektedir [6].

Kentlerde işlevlerin bölgesel olarak ayrılmasıyla oluşan problemlerin çözümü için ise kent merkezlerinde ofis, konut ve ticari işlevlerin birarada yer alması önerisi getirilmiştir. Aynı kentsel bölgede yaşamak ve çalışmak, kentler için kabul gören bir yaklaşım olmuştur [155].

Yaşanılan, eğlenilen ve alışveriş yapılabilen karma işlevli yüksek katlı yapıların sağladığı birçok olanaktan söz etmek mümkündür. Yalnızca çalışma saatlerin aktif kullanılan yüksek katlı yapılar yerine, günün her saati kullanıcısı olan yapılar ekonomik ve sosyal olarak daha uygundur. Çünkü yüksek katlı bir yapıya tek fonksiyon yüklenmesi, kullanıcılarının çevreyle sınırlı bir etkileşimde olmasına neden olur. Karma işlevlerin oluşturulması ise sosyal bir canlı olan insan için daha çok etkileşim demektir. Aynı zamanda işlevlerin planda dağıtılması yerine yüksek katlı bir yapının kesit düzleminde çözümlenmesi, etkin arazi kullanımı sağlayarak yapım maliyetlerini düşürmektedir [182]. Yapının ekonomik sürdürülebilirliği açısından da getirisi düşük ancak işletme maliyetleri yüksek olan sosyal konut, kültür ve spor tesisi gibi yapıların karma işlevlerde yer alması, ortalama bir kar getirisi oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Böylece hem sosyal ihtiyaçlar karşılanmakta hem de ekonomik bir kazanç elde edilmektedir [179].

Tasarlanan her yapıda olduğu gibi yüksek katlı yapı tasarımlarında da kullanıcı gereksinimleri, önemli tasarım girdileridir. Karma işlevlerde, işlevler için ayrılacak bölgelerin uygun olarak seçilmesi ve mekanların doğru oranlarda belirlenmesi

gerekmektedir. İşlevlerin farklılaştığı yapılarda bunu sağlamak, tek işlevli yapılara göre daha kompleks bir hal almaktadır [6].



Şekil 2.67 İşlevlerine göre yüksek katlı yapılar
([111] nolu kaynaktan yazar tarafından çevrilmiştir.)

Sonuç olarak ise yüksek katlı yapılarda tek işlevli ve karma işlevli kullanımlar göz önünde tutulduğunda, karma işlevli kullanımların azınlıkta kaldığı görülmektedir. Ancak 2019 itibariyle yüksek katlı ilk 10 yapından 7'si karma işlevlidir (Tablo 2.2) Ofis kullanımı ise tek işlevli yüksek katlı yapılarda en yaygın olan kullanım şeklidir (Şekil 2.67).

Bir yapının ortaya çıkmasına neden olan olgu, gereksinim ve ona bağlı işlevdir. Tür olarak yapının tamamını, türe ait mekanların kurgusu ve ögeleri kullanıcı gereksinimlerini yerine getirmek amacıyla tasarlanır. Toplumların gelişmesiyle birlikte ise kullanıcı gereksinimleri değişir ve karmaşıklaşır. Farklı işlevlerde yapılara, giderek değişen yapı programlarına ve mekan kurgusuna ihtiyaç duyulur. Tasarlanan yapıların, bu gereksinimlerin tamamını karşılaması gerekir [183] Yüksek katlı yapılarda da kullanıcı gereksinimlerinin karşılanması işlevin bir gerekliliğidir.

Yüksek katlı yapılarda kullanıcılar sosyal, fiziksel ve psikolojik gereksinimlerinin sağlanabilmesi için en temel olarak temiz hava ve gün ışığından faydalanılabilmelidir. Ayrıca kullanıcılar atmosfer ile görsel temas halinde bulunup dış mekan hakkında gözlem yapabilmelidir. Michael Brill tarafından yapılan araştırmada, ofis işlevi barındıran yüksek katlı binalarda çalışanların performanslarının yüksek katlı yapı tasarımıyla ilişkili olduğu saptanmıştır. Buna

göre çalışanların motivasyonu, kişi başına düşen çalışma alanı ve bunun mahremiyeti; çalışanların mekan içine yerleşimi; ortam ısısı, hava kalitesi ve aydınlığı; pencere tasarımları gibi unsurlardan doğrudan etkilenmektedir. Lucille Nahemow da, konut işlevi olan yüksek katlı yapılarda yaşayan yaşlıların günlük ihtiyaçlarını karşılamak için dışarı çıkmakta zorlandığını ortaya atmıştır. Yaşlılar asansör sistemlerini de yetersiz bulduklarından yapı bünyesinde bir market bulunmasını istemişlerdir. Edmonson ise çok katlı otopark kullanıcılarıyla yaptığı araştırmada, tasarımcıların otopark yapılarına yeterince önem vermediklerini düşündüklerini söylemişlerdir [6].

Yüksek katlı yapılardaki kullanıcı gereksinimlerine cevap veren tasarımlar oluşturabilmek konusu, yapının mimarının hedeflediği bir unsurdur. Ancak günümüzde endüstri çağından bilgi çağına doğru bir geçiş söz konusudur. Bilgi çağıyla birlikte insanların yüksek katlı yapılara kapatılarak çalışılması ve bunun için ofis yapıları tasarlanması gerekmemektedir. Yüksek katlı yapıların sağladığı, çalışanların birarada bulunma ve birlikte çalışma, hiyerarşik denetleme gibi avantajlar, iletişim sistemlerde sağlanan gelişmeler ile ortadan kalkmaya başlamıştır. Böylece firmaların kent içerisindeki yüksek katlı bir yapıda bulunmasına gerek kalmamıştır. Örneğin Chrysler firması merkezini Newyork'taki Chrysler Binası'ndan yeşil peyzajıyla göze çarpan Detroit'e taşımıştır. Sears firması da benzer bir şekilde Sears Tower'dan ayrılıp, Chicago Banliyösüne geçiş yapmıştır [174]. Bu tutumlardan yola çıkarak çağ değişimiyle birlikte çalışma anlayışında meydana gelen değişimin, yüksek katlı yapılarda ofis fonksiyonunu azaltabileceğini söylemek mümkündür. Temel kullanıcı gereksinimlerini daha etkin sağlayabilen, görece alçak katlı komplekslere doğru bir yönelim söz konusudur (Şekil 2.68). [97]



Şekil 2.68 Chrysler [97] ve Sears [133] Firmalarını yeni merkezleri

2.4.5 Fiziksel Ortam : Isı ve Rüzgar

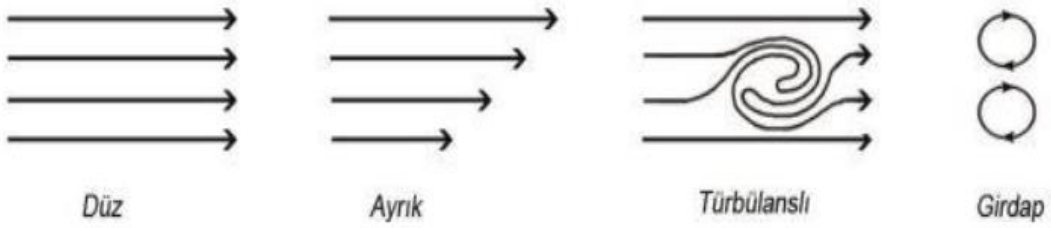
Tasarlanan tüm yapılar gibi yüksek katlı yapıların da temel fonksiyonlarından biri bulunduğu çevredeki fiziksel koşullardan kullanıcılarını izole etmektir. Yapı kabukları, yapıların bu fonksiyonu yerine getirmesini sağlayan yapısal bir faktör olarak, dışarıdaki atmosfer koşullarından içeriye doğru olan ısı transferine karşı bir direnç göstermektedir [4]. Yapı kabuğunun ısısal bu direnci, cephedeki malzemelerin ısı iletkenlik katsayılarına ve kalınlıklarına bağlı olarak değişmektedir. Isı iletkenlik katsayısı düşük, kalınlıkları fazla olan malzemelerin ısısal dirençleri de yüksek olmakta ve ısı yalıtımı sağlamaktadır. Isı iletim katsayısı ise malzemenin gözenekliliğiyle ilişkili olarak büyüklük, dağılım ve nem miktarına göre değişkenlik göstermektedir. Gözenekler, içine hapsettikleri hava ile ısı yalıtımı yapmaktadır [184]. Yüksek katlı yapının dış ortamdaki ısı ve nem ile olan ilişkisi, yapının kullanıcılarının konforunu doğrudan etkilemektedir. Aynı zamanda yapının ısıya bağlı olarak zarar görmesine de neden olabilmektedir. Tüm bunların yanında yüksek katlı yapının iklimlendirilmesindeki enerji tüketiminde de önemli oranlarda değişikliğe yol açabilmektedir. Bu sebeple yüksek katlı yapılarda malzeme seçimi ve yapının dış çevre koşullarıyla olan ilişkisi önemli bir unsur haline gelmektedir [185].

20. yy da yüksek katlı yapı cephelerinde sıklıkla tercih edilen bir malzeme olan cam, hem yapının kendisi hem de bulunduğu çevre için çeşitli sorunlara yol açmaktadır. 1970'lerden itibaren World Meteorological Organization, cam cepheli yüksek katlı yapıları inceleyerek ve iklim tiplerini de dikkate alarak yüksek katlı yapıların cam ile kaplanmasının uygun olmadığını belirtmiştir. 2014'te Urban Green Council in New York'un yayınladığı bir raporda ise cam kaplı binaların orta çağdaki yarı ahşap evlere eşdeğer yalıtım değerlerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Cam teknolojisiyle ilgili gelişmeler bu çalışmaların ortaya sürdüğü unsurları bir miktar değiştirmiş olsa da, günümüze kadar gelen bu süreçte yüksek katlı yapı cephelerinde cam kullanımında azalma olduğunu söylemek mümkün değildir. Yüksek katlı yapılardaki cam cepheler, yapının kendisiyle ilgili yalıtım sorunları ortaya çıkarırken kentsel anlamda ısı adaları oluşmasına ve sıcaklığın kent içerisinde artmasına da yol açmaktadır. Cephedeki camlardan yansıyan güneş ışınları, yüksek katlı yapı tarafından çevre yapılara yönlendirilmekte ve sıcaklığın artmasına neden

olmaktadır. Diğer taraftan cam cephelerin ısıyla ilgili tüm sorunlarına karşın, yüksek katlı yapılarda estetik görünüm sağladığını ve kent içerisinde prestijli bir peyzaj oluşturduğu söylenebilir [186].

Yüksek katlı yapılar, kentteki ısısal verileri etkileyebildiği gibi, doğal olmayan bir yükselti olarak rüzgar davranışı ve rüzgarı yönlendirmesi ile kent içerisinde diğer yapıların konforunu da etkileyen bir unsurdur. Yüksek katlı yapıların ısı adaları oluşturması ya da rüzgarı yönlendirmesi gibi kent içerisinde yarattıkları mikro iklimsel değişiklikler, kent meteorolojisi kavramı altında incelenerek irdelenmektedir [186].

Basınç farkına bağlı olarak, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru oluşan yatay hava hareketlerine rüzgar denir. Rüzgar, sıcaklıktaki ve basınçtaki farklılıklardan oluşan doğal konveksiyon yolu ile oluşur. 4 temel hava akımı vardır. Bunlar; düzgün (laminer), ayrık, türbülanslı ve girdap akımlarıdır [4]. (Şekil 2.52)

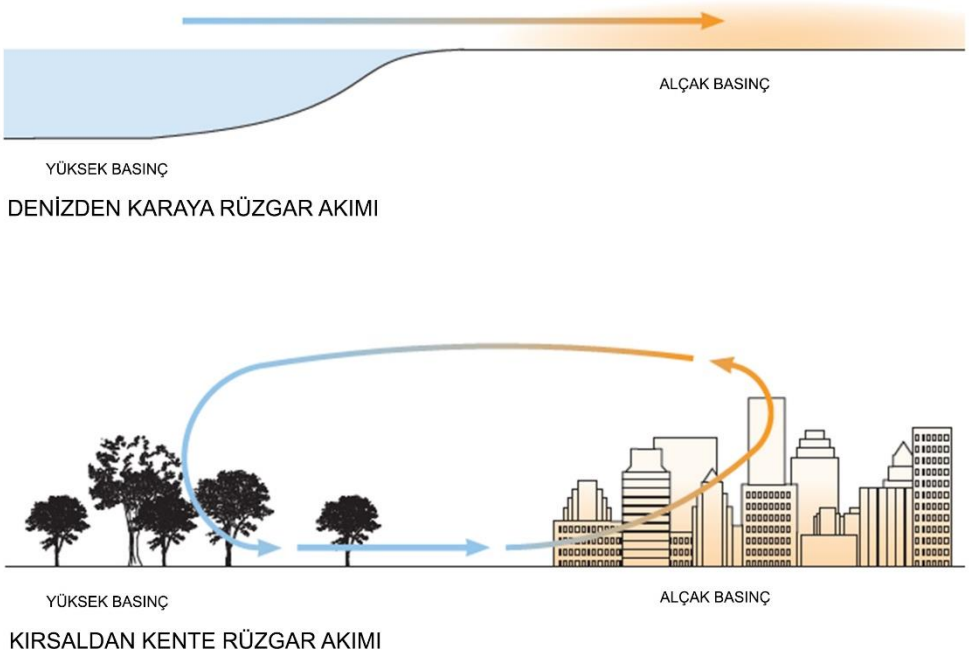


Şekil 2.69 Temel hava akımları [4]

Yeryüzündeki oluşumların ısı iletkenlikleri, havanın farklı basınç alanları oluşturmasına neden olur. Basınç alanlarındaki farklılıklar ise havanın hareketlenmesiyle rüzgarı ortaya çıkartır. Örneğin deniz suyu topraktan daha geç ısınır. Bu durumda toprağın üzerinde sıcak hava yükselip alçak bir basınç alanı oluştururken, denizin üzerinde soğuk bir hava bulunarak yüksek basınç alanı yaratır. Böylece hava deniz üzerinden karaya doğru hareket ederek rüzgar oluşturur. Benzer bir şekilde, kentsel ve kırsal alanlardaki sıcaklık farkı da rüzgar oluşumuna neden olmaktadır. Yüksek katlı yapıları da içinde bulunduran bir kentte, yapıların ve asfaltın ısı iletkenliği, kırsal alandaki toprak ve bitki örtüsünün ısı iletkenliğinden çok daha fazladır. Bu durum kentlerin güneşten daha fazla ısı emerek, daha sıcak olmasına neden olur. Kent üzerinde ısınan hava ise yükselerek

bir alçak basınç alanı oluşturur. Hava, kırsaldaki yüksek basınç alanından kente doğru hareket ederek, kırsaldan kente bir rüzgara neden olur [187] (Şekil 2.69).

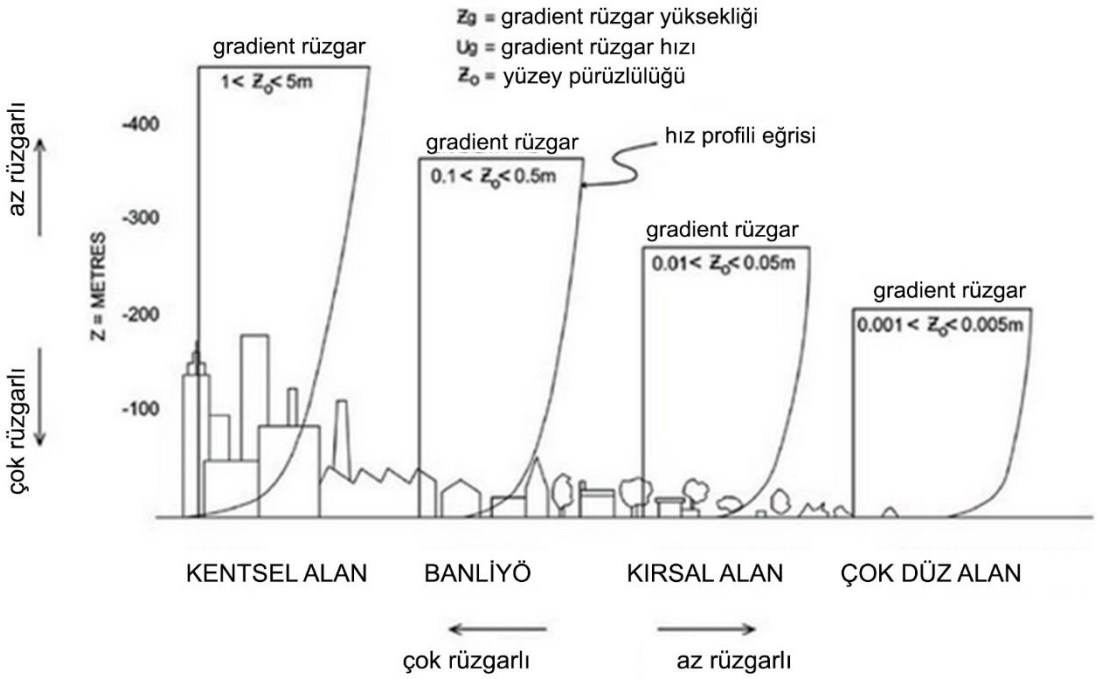
Kent içerisindeki tüm yapılar, yayalar ve kente dair tüm unsurlar bu rüzgarlardan hem kendileri etkilenir, hem de diğer unsurların etkilenip etkilenmemesi yönünde rüzgara şekil verir. Rüzgar kent içinde hızlanabilir, yavaşlayabilir ya da türbülanslar oluşturarak kentteki insanların konforlarını etkileyebilir (Şekil 2.70).



Şekil 2.70 Kentte rüzgar oluşumu [2]

Oluşan rüzgar, zeminin özelliklerinden ve pürüzlülüğünden etkilenmektedir. Zeminde yapı, bitki örtüsü gibi engeller, zemin pürüzlülüğü olarak nitelendirilmektedir. Zemin pürüzlülüğünün artması, rüzgarın hızını azaltmaktadır. Belirli bir yükseklikten sonra ise zeminin özellikleri rüzgarın hızını etkileyememektedir. Bu yüksekliğe gradyan yükseklik, hızın değişmediği bu bölüme ise atmosferik sınır tabakası denir. Ortalama rüzgar hızı; gradyan yükseklik, sınır tabakası grafiğinin eğriliği ve yüzey özellikleriyle doğrudan ilişkilidir [178] [188].

Yeryüzüne yakın yerlerde rüzgar daha yavaşken, yüksekliğin artmasıyla rüzgar hızı da artmaktadır. Örneğin yüksek katlı yapıların olduğu bir zeminde yüksekliği açısından rüzgar hızı değişimi Şekil 2.71'de gösterilmektedir. Bu şekilde gösterildiği gibi, yüksek pürüzlülüğü olan ve yüksek katlı yapılar içeren kentler ya da yüksek ağaçları olan ormanlarda atmosferik sınır tabakası ile düşük zemin pürüzlülüğü olan düz bir alandaki atmosferik sınır tabakası tamamen farklıdır. Yüksekliğe bağlı rüzgar hızı değişimi, yerin pürüzlülüğüne bağlı olarak, yerin 100-1000 m üstünde maksimum değerine ulaşan parabolik bir eğri şeklinde seyreder [188].



Şekil 2.71 Atmosferik sınır tabakasının yüzey pürüzlülüğüne göre değişimi [42]

Rüzgar, yüksek katlı yapıların bulunduğu alanlarda gürültü açısından konforsuz durumların oluşmasına da neden olabilmektedir. Bu durum balkon , teras gibi yarı açık ve açık alanların etkin olarak kullanılamaması, doğal havalandırma sağlamak için pencerelerin açılamaması, yapı içinde ve yapı dışında gürültü kirliliği nedeniyle fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklar gibi sonuçlara neden olmaktadır. Ayrıca yüksek katlı yapıların, konumlanmasına bağlı olarak ses dalgaları için yansıtıcı özellik gösteremesi ve kent içerisindeki gürültünün artmasına da neden olabileceğini söylemek de mümkündür [189].

3
Yüksek Katlı Yapı Tasarımı-Rüzgar İlişkisi

Yüksek katlı yapıların rüzgar ile olan ilişkisinde karşılıklı bir etkileşim vardır. Rüzgarın yapı üzerinde yarattığı yatay etkiler ve kuvvetlerin yanı sıra, yapının da çevresel rüzgar üzerinde yarattığı yönlendirmeler bulunmaktadır.

Yüksek katlı yapıların rüzgar ile olan karşılıklı etkileşimleri, yönetmelikler ile sınırlar altına alınmaya çalışılmıştır. 1980'lerde Avrupa'da, 1990'larda ise ABD'de yüksek katlı yapılarda rüzgar hesaplamalarıyla ilgili yönetmelikler oluşturulmuştur. Ülkemizde ise bu konuda yayınlanan ilk yönetmelik 1987'de Türk Standartları Enstitüsü tarafından oluşturulan TS-498'tür [190].

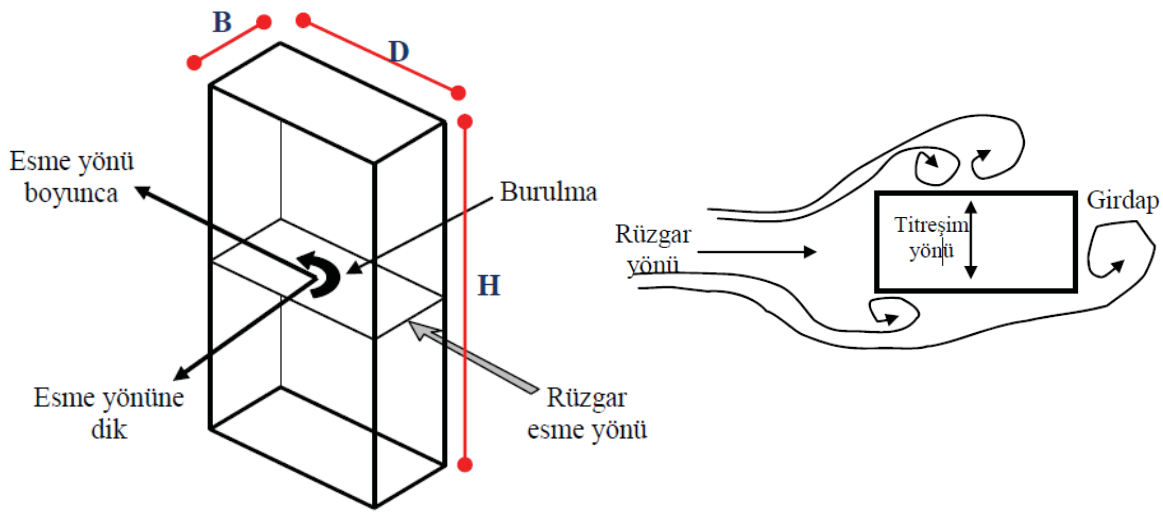
Günümüzde geçerli rüzgarın yapı üzerine etkilerinin strüktür tasarımı yönünden ele alan yönetmelikler: American Society of Civil Engineers tarafından yayınlanan "ASCE 7-05" ve Avrupa birliği ülkelerinde kullanılan "Eurocode 1-4" tür. Rüzgar yüküne dair çeşitli hesaplama yöntemleri içeren bu yönetmeliklerde, sadece silindir ve dikdörtgen plan kesitli ve 200 metre altındaki yapılarla igili hesap yöntemleri bulunmaktadır. Ayrıca yapıların kent ve çevresiyle olan bağlamından kaynaklanan etkileşimler de ihmal edilmektedir. Yüksek katlı yapıların bu yönetmeliklerde açıklanan şartlar ile rüzgar etkileşiminin hesaplanamadığı, farklı plan kesitlerinde ve 200 m üzeri olması durumunda ise rüzgar tüneli testleri yapılması zorunlu tutulmuştur [191].

Ülkemizde ise yayınlanan TS-498'te rüzgar yükleri ve basınçlarıyla ilgili yüzeysel hesap yöntemleri ortaya konulmuştur. ABD ve AB ülkelerinde bu yönetmelikler birçok kez değişmiş ve iyileştirilmişken, ülkemizde uzun yıllardır değişikliğe uğramamıştır [191]. İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Boğaziçi Üniversitesi-Kandilli rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı tarafından 2009'da yayınlanan "İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliği [192]" ile yüksek katlı yapıların rüzgar etkileşimleriyle ilgili detaylı bir çalışma

ortaya konmuş ve yönetmeliklerden kaynaklanan açıklar tamamlanmaya çalışılmıştır [129].

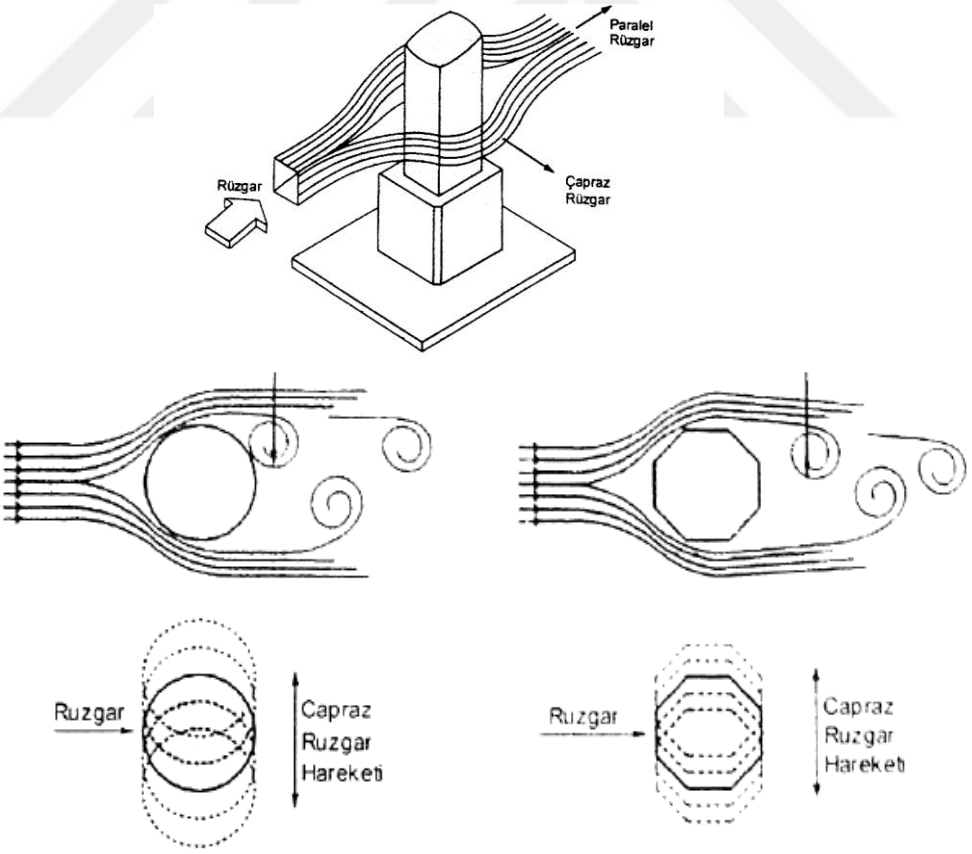
3.1 Rüzgarın Yüksek Katlı Yapılar Üzerinde Yarattığı Etki

Geçmişte yapılan yığma taş duvarlı yüksek katlı yapılar, dış duvarların ağırlığı nedeniyle rüzgardan etkilenmemiştir. Ancak yüksek katlı yapılar strüktürel olarak hafiflemeye başlayınca rüzgarın yatay etkisi, yüksek katlı yapı tasarımının esas problemi haline gelmeye başlamıştır. Rüzgarın yüksek katlı yapılar üzerindeki etkisi, taşıyıcı sistemine, yapının bulunduğu çevredeki topoğrafya özelliklerine, çevredeki yapıların konumlanmasına göre değişiklik gösterebilmektedir [168]. Rüzgarın yüksek katlı yapı üzerinde mimariyi ve statiği zorlayan etkisi, yapı tasarımında birçok problemi beraberinde getirmiştir. Örneğin rüzgar etkisi, yapının yüksekliği ile doğrudan ilişkilidir. Yapı yüksekliği arttıkça, yapıya etkiyen rüzgar da artmaktadır. Rüzgarın sadece statik etkisi bile, yapı yüksekliğinin karesi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu da yapının sağlamlığını önemli boyutlarda değiştiren tasarım girdilerine neden olmaktadır. Örneğin 1940'larda 60 metre olarak inşa edilen bir yüksek katlı yapı, 1970'lerde 300 metre olarak inşa edilen bir yüksek katlı yapıdan, yükseklik oranının (300/60) karesi olarak 25 kat daha sağlam olmalıdır [9].



Şekil 3.1 Yüksek katlı yapıya etkiyen rüzgarın neden olduğu titreşimler ve girdap kopmaları [118]

Rüzgarın yüksek katlı yapılara etkisi hem statik hem de dinamik olarak ele alınmaktadır. Çünkü rüzgar hızı ve yönü zaman göre değişen karmaşık bir doğa olayıdır. Ortalama rüzgar hızı, statik bir özellik gösterirken; türbülanslar aniden oluşturdukları çarpma etkisiyle dinamik bir yapı gösterir. Toplam rüzgar hızı ise bu iki bileşenin toplamı olarak ifade edilir. Rüzgar, yapıda titreşimler oluşturarak kullanıcı konforunu ve yapı strüktürünü etkiler. Bir yüksek katlı yapıya etkiyen rüzgar, esme yönü doğrultusunda, esme yönüne dik doğrultuda ve burulma olarak titreşimler yaratır. Rüzgar esme yönü boyunca olan titreşimler, binaya ön ve arka yüzeyinden etkiyen rüzgar kuvveti ile oluşurlar. Rüzgar esme yönüne dik yönde olan titreşimler, yapının her iki kenarına etkiyen değişken yapıdaki rüzgar sebebiyle oluşur. Burulma ise, yapıya etkiyen rüzgarin yapı üzerindeki basınç dağılımının düzensizliği sonucu ortaya çıkar. Hem burulma, hem de rüzgar yönüne dik gerçekleşen titreşimler, genellikle yapının yan yüzeylerine etkiyen girdap kopmaları yaratmaktadır [118] (Şekil 3.1).

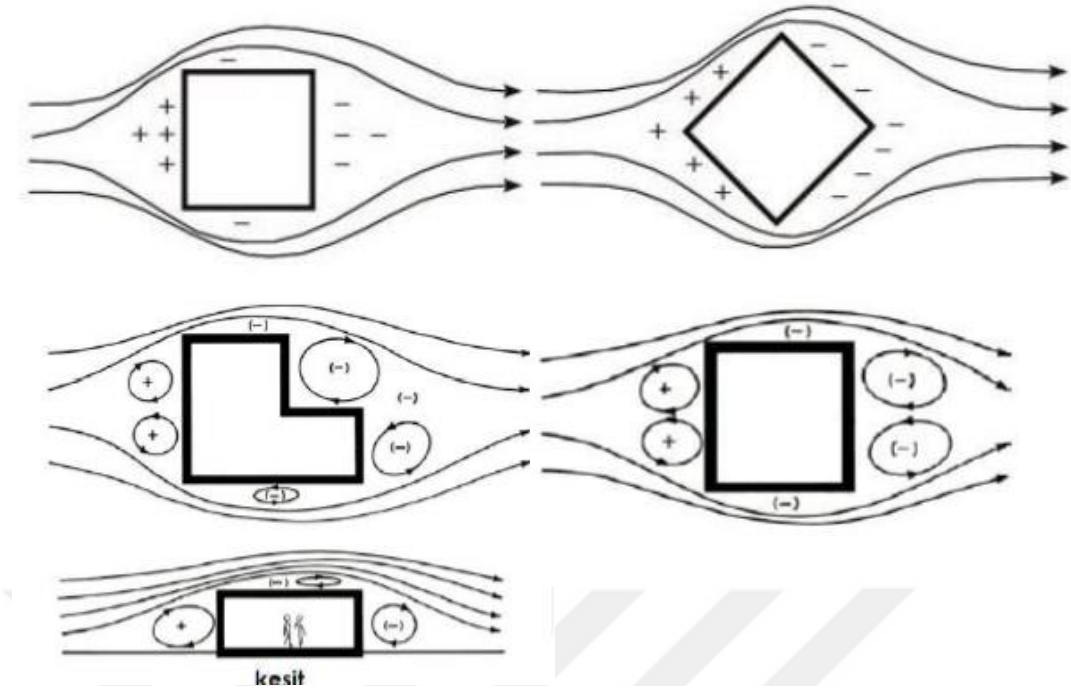


Şekil 3.2 Rüzgar akışının 2 boyutlu hali: çapraz rüzgar ve paralel rüzgar [116]

Rüzgarın yapıya etkiyen kuvvetleri , üç dik düzlemde de etkilidir. Ancak rüzgarın 3. boyuttaki kaldırma kuvveti dikkate alınmayarak rüzgar 2 boyutlu olarak kabul edilir. Yapılarda sürüklenme etkisini, esme yönü boyunca etkiyen paralel rüzgarlar yaratır. Taşıyıcı sistemi de etkileyen en baskın rüzgar karakteri, paralel rüzgarlardır. Çapraz rüzgarlar ise paralel rüzgara dik olan rüzgarlardır ve yapıda salınım ve sarsıntılara neden olur. Kullanıcı konforuyla doğrudan ilişkili olması nedeniyle çapraz rüzgarlar, dikkate alınması gereken diğer en önemli rüzgar unsurudur [9] (Şekil 3.2)

Yüksek katlı yapı tasarımında rüzgarın etkileri, deprem yükleri kadar önemli bir tasarım girdisi haline dönüşmektedir. Bu etkiler, sürükleme, titreşim, yer değiştirme, eğilme, basınç ve çekme, burulma, türbülans, çapraz rüzgarın yarattığı sarsıntılar, girdaplar nedeniyle oluşan yükler, çevreki diğer yüksek katlı yapılar nedeniyle oluşan kuyruk çarpması etkisi olarak sıralanabilir. Tüm bu koşullar dikkate alınmadan inşaa edilen bir yüksek katlı yapı, yüksekliğine ve narinliğine de bağlı olarak rezonansa girip yıkılabilir ya da kullanıcıları için konforsuz bir yapıya dönüşebilir [193]. Yüksek katlı yapının rüzgar ile yaptığı salınım, kapıların sallanmasına, duvara asılı tabloların ekseninden kaymasına, kitaplıktaki kitaplıkların düşmesine ve sürekli bir rüzgar ıslığı duyulmasına sebep olur. Yapının kullanıcısı, sürekli hareket ediyormuş hissine kapılır ve tüm bunlar ciddi psikolojik rahatsızlıklara sebebiyet verebilir [9].

Rüzgarın yüksek katlı bir yapıya temas etmesi, yapı çevresinde negatif ve pozitif basınç alanları oluşturup, rüzgarın karakteristiğini değiştirir. Rüzgarın çarpmasıyla yüksek katlı yapı cephesinde türbülanslı bir akım meydana gelir ve pozitif basınç alanı oluşur. Yapıya temas eden hava molekülleri yapı cephesinde birikip, yüzey boyunca ilerleyerek yönlerini değiştirir. Hava molekülleri ön yüzeyden kopunca yan yüzeyler üzerinde hareketine devam edip, arka cephede iz bölgeleri oluştururlar. Yüksek katlı yapının arka cephesinde ise çekme etkisiyle bir negatif basınç alanı oluşur. Hava moleküllerinin birbirinden farklı olması ise bu hareketin düzensiz olmasına ve türbülans ile girdap akımlarının oluşmasına neden olmaktadır [194] (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Yüksek katlı yapı çevresinde oluşan basınç bölgeleri ve hava akımları [4]

Yapının konumlandırılması ve rüzgara doğrudan maruz kalan yüksek katlı yapı yüzeyinin seçimi, yapıya etkiyen rüzgarın etkilerini şiddetlendirebilir. Yüksek katlı yapının cephesine çarpan rüzgar, bir itme etkisi oluşturarak yan cephelere doğru yol alır. Esmeye devam eden hızlı rüzgar ile birleşerek, rüzgara doğrudan maruz kalmayan cephelerde bir emme basıncı oluşturur. Bu durum yüksek katlı yapı çevresinde dinamik rüzgar kuvvetleri, yani türbülanslar oluşturur. Yapı konumlandırılırken, rüzgarın yüksek katlı yapı cephesine dik olarak çarpması sağlanırsa; diğer cephelerde oluşan emme basıncı, itme basıncından daha büyük bir değer olmayacaktır. Ancak rüzgarın yüksek katlı yapı cephesine açılı gelmesi durumunda, diğer cephelerdeki emme basınç kuvveti , itme basıncının 2 katından daha büyük bir değer olacaktır [195].

Yüksek katlı yapıların konumları belirlenirken dikkat edilmesi gereken diğer unsur ise çevredeki diğer yüksek katlı yapılardır. Birbirine yakın konumlanan 2 farklı yüksek katlı yapı, rüzgarın hızını ve akışını değiştirerek birbirleri üzerlerine ek yükler bindirmektedir. Buna rüzgar kuyruğu denir. Yükselik/ genişlik oranı 4'ten büyük iki yapı birbirini kapatacak şekilde konumlandırılmışsa; rüzgara doğrudan maruz kalan yüksek katlı yapı, korunaklı durumda kalan yüksek katlı yapı üzerine

ek türbülanslar yaratır. Rüzgara göre korunaklı kalan yapının bu etkileri karşılayabilmesi gerekir [196].

3.2 Yüksek Katlı Yapılarda Rüzgar Testleri

Rüzgar ile ilgili yönetmelikler, prizmatik formlu yapılardaki statik rüzgar yüklerini ele almaktadır. Rüzgarın dinamik etkilerinin de incelenebilmesi için rüzgar tüneli deneyleri yapılmakta ya da akışkanlar mekaniği analizleri yapan simülasyonlar kullanılmaktadır [197].

Rüzgar tüneli testleri; yüksek katlı yapının genel ve yapısal davranışını belirlenmesi, titreşim sınırlarının belirlenmesiyle yüksek katlı yapıdaki kullanıcıları konfor şartlarının araştırılması, yüksek katlı yapının çevre rüzgarlar üzerinde yarattığı değişiklikler ve yönlendirmelerle oluşan akımların çevredeki yayalar üzerine etkisi, cepheye etkiyen rüzgar basınçları ve cephe kaplamasının belirlenmesi konularında tasarımcılara ve mühendislere yardımcı olur. Standartlara uygun ilk rüzgar tüneli 1960'ların başında Alan G.Davenport tarafında Western Ontario Üniversitesi'nde yapılmıştır [156].

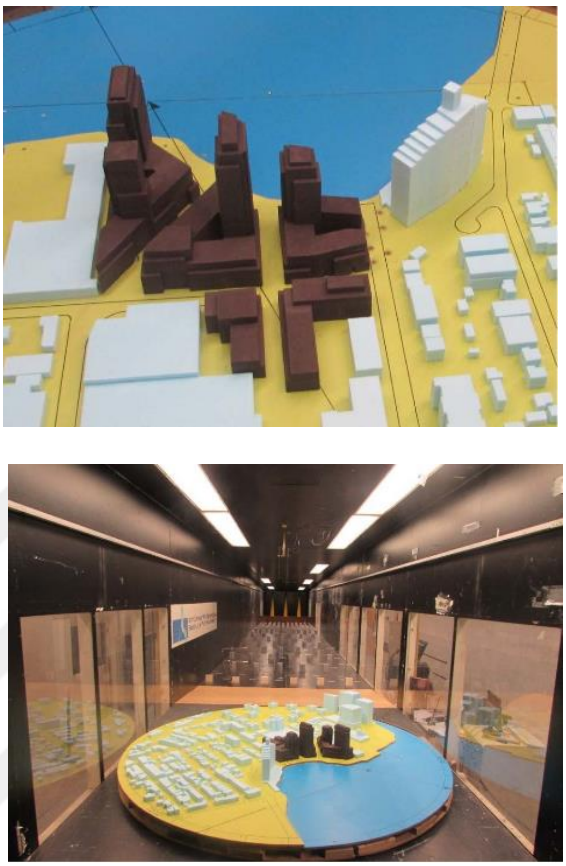
Rüzgar tüneli deneyinde, yüksek katlı yapının çevresiyle birlikte 1:500 veya 1:300 ölçekli olarak modeli yapılır. Yüksek katlı yapı modeli üzerine ve çevresine, çeşitli alıcılar yerleştirilir ve farklı açılardan rüzgar uygulanarak test edilir. Yüksek katlı yapı üzerinde rüzgarın oluşturduğu basınç ve çevredeki rüzgar hızı ölçümlenir. Böylece yüksek katlı yapının rüzgar etkisi altındaki davranışı incelenir. Aynı zamanda çevrede yarattığı rüzgar verileriyleriyle de, yaya konforuna ait düzenlemeler yapılabilir. Ileri düzey analizlerde ise model statik değil aeroelastik[2] yapılarak, rüzgar tüneli testine başvurulur. Rüzgar tünelinde yapılan testin verileri, hesaplamalı akışkanlar mekaniği analizinin verilerine göre daha güvenilir olmaktadır. Çünkü günümüzde gelişen bilgisayar teknolojilerine rağmen, hesap hacminin büyüklüğü analizlerde sorun yaratmaktadır [199] (Şekil 3.4) (Şekil 3.5). 1940'ta mühendislik hesaplarında yapılan hatalar sonucu rüzgar ile rezonansa girip

[2] Aerolastik : Katı ancak esnek olup, bir akışkanın (hava) oluşturduğu yapısal, aerodinamik ve ataletsel kuvvetlerinden etkilenebilen cisim [198] "Aeroelastite." https://tr.wikipedia.org/wiki/Aeroelastisite (accessed Mayıs, 2019).

yıkılan Tacoma Köprüsü'nden edinilen tecrübeyle de, rüzgar tüneli testlerinin köprüler için standartlaştırılmasına karar verilmiştir [200].



Şekil 3.4 Dünya Ticaret Merkezinin Rüzgar Testi, (Colorado Eyalet Üniversitesi arşivleri). Tasarımcılar ve mühendisler (soldan sağa): A.G. Davenport, M. Yamasaki, M. Levy, J.Beceri, J.E. Cermak ve L.E. Robertson

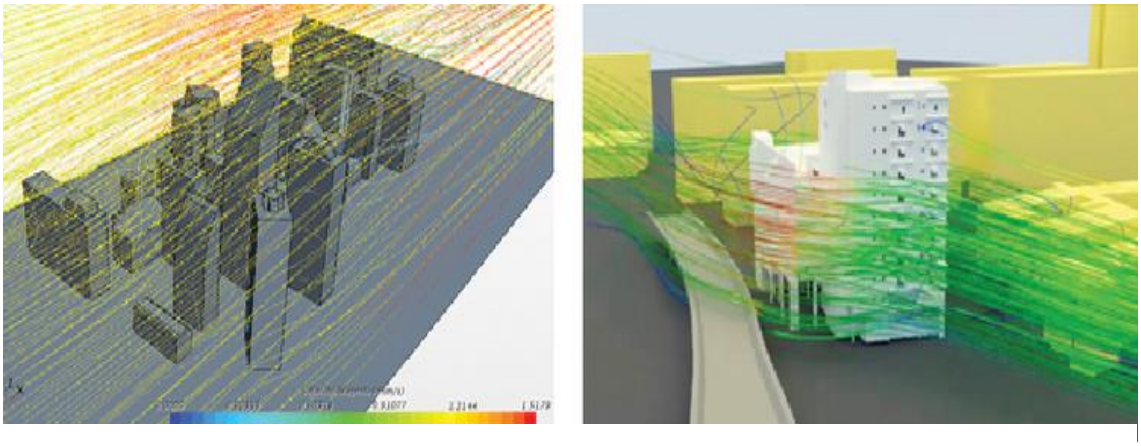


Şekil 3.5 Rüzgar Tüneli Testi ve statik yüksek katlı yapı modeli

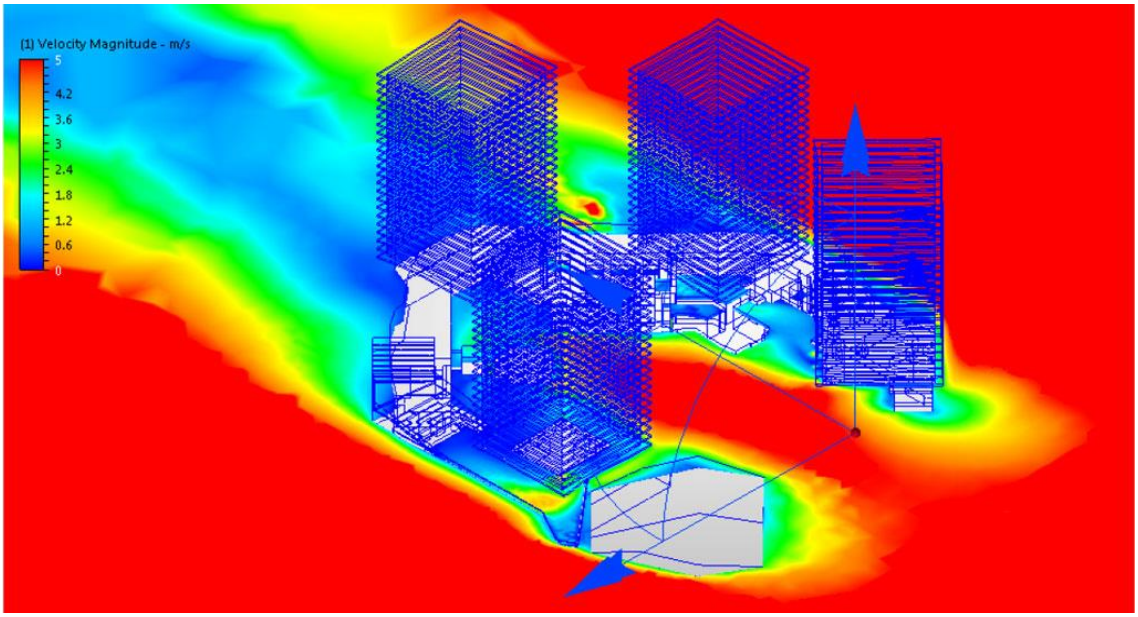
Hesaplamalı akışkanlar mekaniği ile işleyen programlar ile yüksek katlı bir yapının rüzgar ile olan ilişkilerini incelemek mümkündür. Bu programlarda sayısal yöntemler ile yapılan rüzgar analizi, rüzgar tüneli testlerine göre daha ucuz ve daha pratiktir. Bu sebeple günümüzde sıkça başvurulan bir yöntemdir. Simülasyonlar sayesinde rüzgar akışının yüksek katlı yapı çevresinde dağılımını görsel olarak inceleyebilmek mümkün olur. Tasarım aşamasındaki yüksek katlı yapının formunun değişmesiyle analiz kolayca tekrarlanabilir ve sonuçlar karşılaştırılabilir. Kısa sürede birçok farklı alternatifin analizleri yapılarak en uygun olanı seçilebilir [201].

Hesaplamalı akışkanlar mekaniği programları (CFD programları); ön işleme, işleme ve son işleme olarak 3 aşamadan oluşur. Ön işleme aşamasında yüksek katlı yapı ve yakın çevresinin modeli yapılır. Bu model CFD programına aktarılıp, program

tarafından uygun parçalara ayrılır (meshing). Problem alanı, sınırları ve sınır koşulları, başlangıç koşulları, hızları, yönleri, hava özellikleri, seçilen türbülans modeli gibi kriterler analizci tarafından programa girilir ya da program içinden seçilir. 2. aşama olan işleme aşamasında tüm bu kriterlere göre analiz gerçekleştirilir. Bu aşamada bilgisayarlar tarafından bir çok denklem çözülür. Oluşturulan mesh'e göre işleme aşaması oldukça uzun sürebilir. Ayrıca analiz sonucunun güvenirliği de bu mesh oluşturulurken gösterilen hassasiyete bağlıdır. 3. aşama olan son işleme ise analiz sonucunu sayısal ve görsel olarak sunulduğu bölümdür. Analizcinin talep ettiği verilere ulaştığı kısımdır [149] (Şekil 3.6) (Şekil 3.7) .



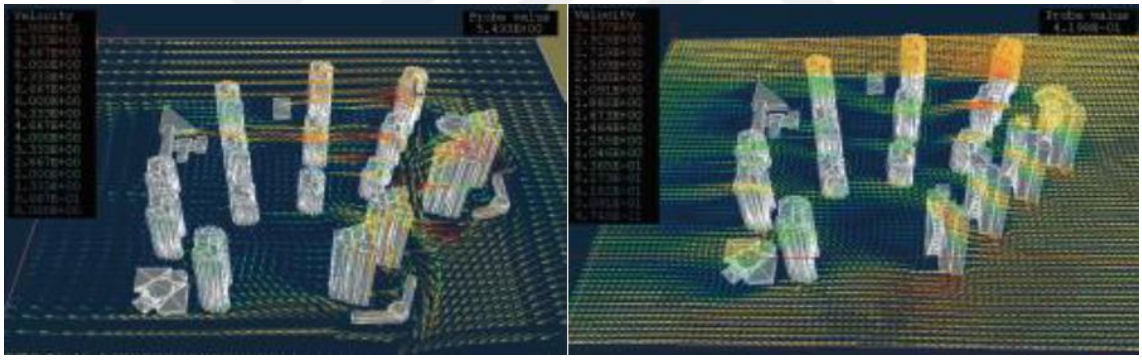
Şekil 3.6 CFD programlarından alınan veriler ve rüzgar akışı [43]



Şekil 3.7 CFD modellemesi ile Zorlu Center'ın yaya seviyesinde konfor analizi [59]

Rüzgar testleri, hem rüzgar tüneli hem de CFD simülasyonları olarak, rüzgar etkisinin yüksek katlı yapı ve çevresine etkilerinin belirlenmesi amacıyla birçok tasarım sürecinde kullanılmıştır. Yapıların vaziyet planı içerisinde konumlarının belirlenmesi, yapı formlarının oluşturulması ve rüzgarı karşılama açılarının değiştirilerek yüksek katlı yapılardaki strüktürel maliyetlerin düşürülmesi için rüzgar analizlerinden faydalanılmaktadır.

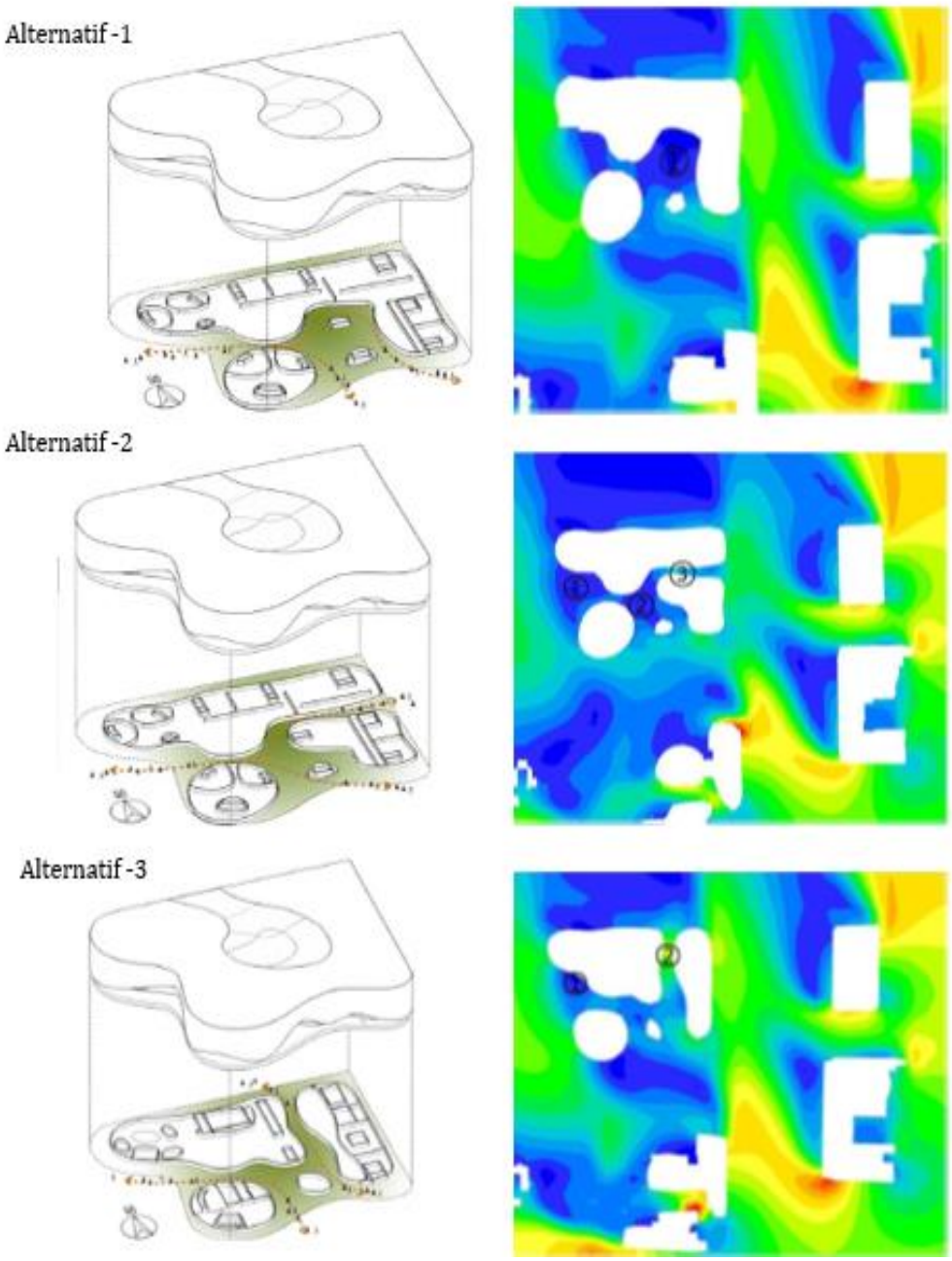
2006 yılında Pekin'de yapılan bir çalışmada, yüksek katlı 4 bloktan oluşan bir projede yaya konforunun belirlenmesi ve havalandırma maliyetlerinin düşürülmesi açısından CFD analizi yapılmıştır. Projede vaziyet yerleşiminin ilk durumunda yapılan analizde yüksek katlı yapılar çevresinde girdaplar oluştuğu gözlemlenmiştir. Bunun üzerine vaziyet yerleşiminde değişikliğe gidilerek, rüzgar hareketlerinin daha düzenli olduğu bir alternatif üzerinde yoğunlaşılmıştır. Böylece hem yaya konforu sağlanmış hem de doğal havalandırmadan faydalanılarak havalandırma maliyetleri düşürülmüştür [129] (Şekil 3.8).



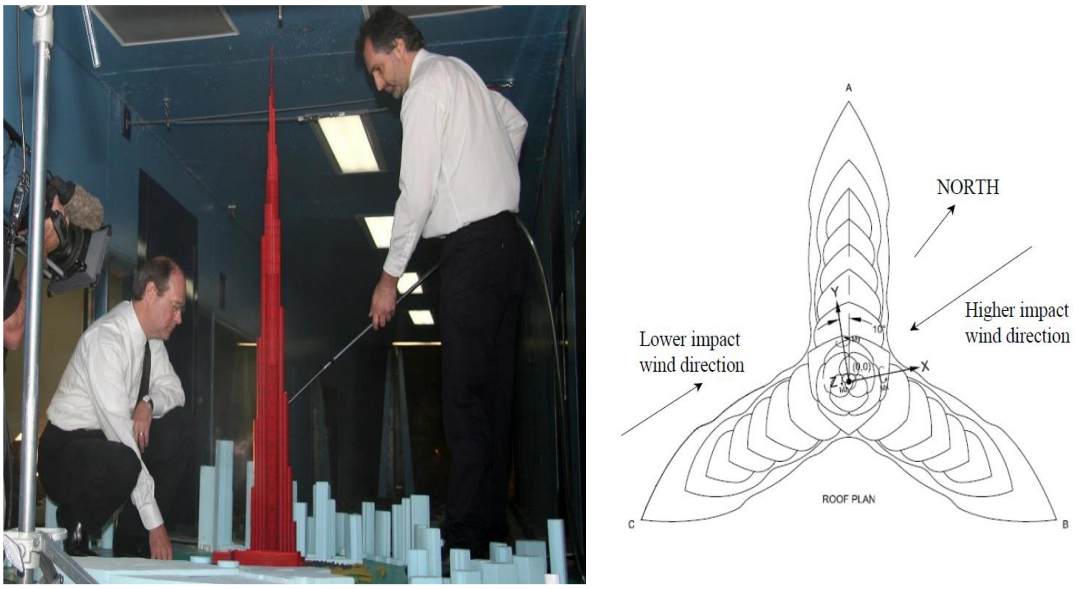
Şekil 3.8 Yüksek katlı yapıların konumlandırılmasında mevcut durum ve optimize edilmiş durum [129]

2015 yılında Çin'de yapılan bir karma işlevli projede ise yeşil yapı ilkeleri gözetilerek doğal havalandırmanın sağlanması ve açık alanlardaki yaya konforunun arttırılması için yapı formuna karar verilirken rüzgar analizlerine başvurulmuştur. Yüksek nem ve sıcaklık ortalaması olan Guangzhou'da inşaa edilmesi planlanan proje, sergi ve gösteri merkeziyle birçok kullanıcıya hitap etmeyi hedeflemiştir. Bu sebeple açık alanlardaki kullanıcının konforu ön planda tutulmuştur. 3 farklı yapı formuyla plan geometrisi ve farklı açık alan alternatifleri ele alınmıştır. 1. Alternatifte L formlu bir kütle göze çarpmaktadır. 2. alternatifte ise L formu

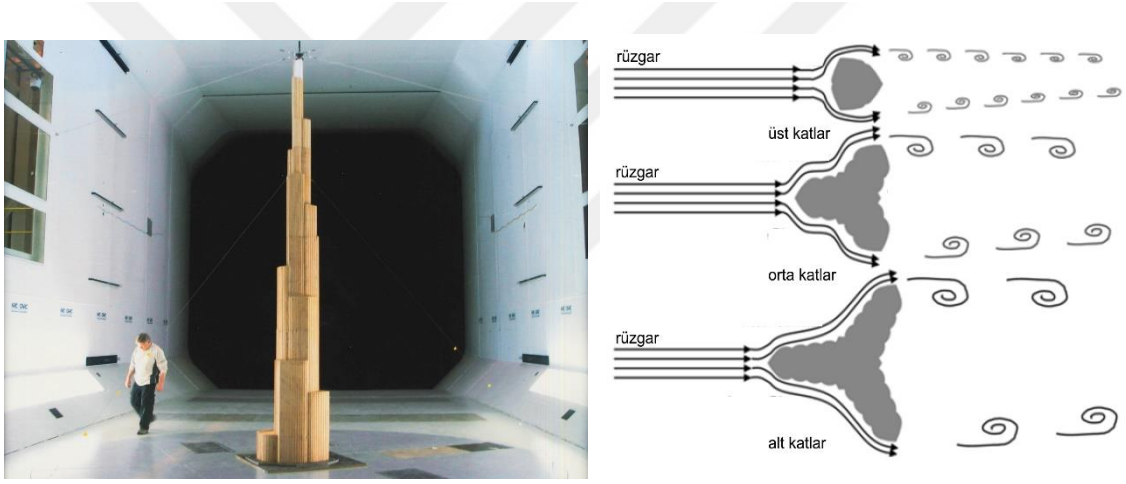
dağıtılarak birbirine dik iki I formuna dönüşmüştür. 3. alternatif ise açık alanlar azaltılıp, proje alanının yatayda daha çok kullanıldığı bir form tercih edilmiştir. Yapılan analizlerde 1. alternatifte rüzgarın sıcak havayı ve nemi dağıtmadığı, 2. alternatifte ise belli bölgelerde dağıttığı tespit edilmiştir. 3. alternatif ise hem rüzgarın hızının arttığı ve böylece sıcaklıkla nemin etkisinin azaltıldığı, hem de rüzgar akımının rahatsız edici girdap ve türbülans oluşturmaması nedeniyle en uygun seçenek olarak belirlenmiştir [1] (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Rüzgarın form ve açık alan tasarımı üzerindeki etkisi için oluşturulan alternatifler ve analizleri [1]



Şekil 3.10 Burj Khalifa tasarımında rüzgar tüneli içerisinde yapılan çalışmalar ve etkiyen rüzgar yönlerinin denenmesi [82]



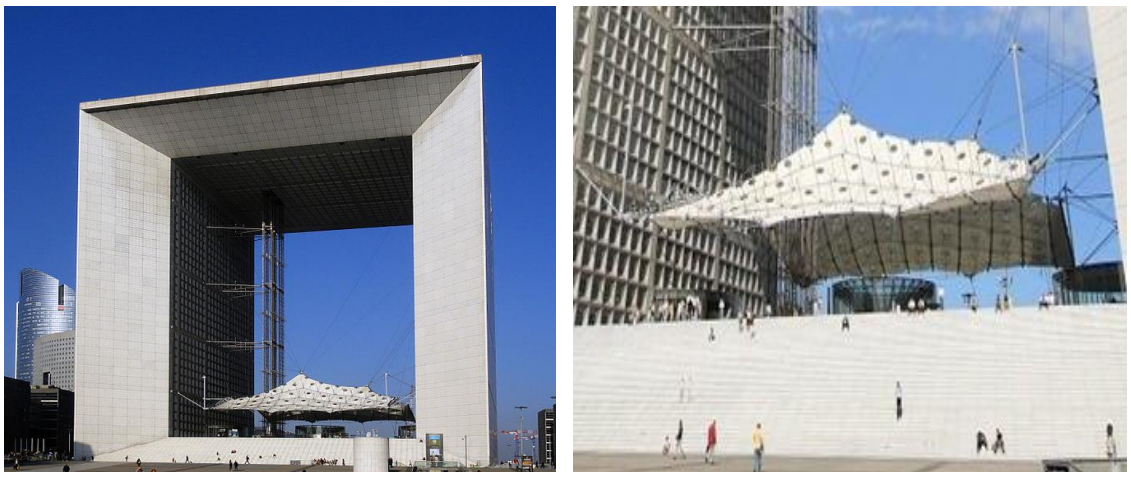
Şekil 3.11 Rüzgar tüneli testleri [92] ve Burj Khalifa'nin optimize edilmiş rüzgar davranışı [141]

2019 itibariyle Dünya'nın en yüksek yapısı ünvanını elinde bulunduran Burj Khalifa'nin tasarımında ise rüzgarın etkileri tasarımın ilk aşamlarından itibaren göz önünde bulundurulmuştur. SOM tarafından tasarlanan yapının strüktür tasarımcılarından William Baker, tasarım süreciyle ilgili "Neredeyse tüm tasarımı rüzgar tüneli içerisindeki çalışmalarda yaptık" demiştir. Baker ayrıca, çok küçük değişikliler ile yapı üzerine etkiyen rüzgarın önemli oranlarda değiştiğini gördüklerinde oldukça şaşırdıklarını söylemiştir. Yapının rüzgar mühendisliğini yapan RWDI ekibi, SOM un taslakları üzerinden 1:500 ölçekli bir model yapıp 1140 basınç noktası ölçümüyle yapıyla ilgili ilk verileri ortaya koymuştur. Daha sonra

birlikte çalışan mühendis ekibi ve mimari ekip, bu yükleri optimize etmeye çalışmıştır. Tüm bu çalışmaların sonucunda ise Burj Khalifa'nin mevcut durumundan 120 derece çevrilerek konumlandırılmasına karar verilmiştir. Bu karar, strüktür maliyetlerini de %32 gibi oldukça önemli bir oranda azaltmıştır [141] [202] [82] (Şekil 3.10) (Şekil 3.11).

Rüzgar testleri tasarım aşamasında kullanıldığı gibi, mevcut bir yapının çevresindeki hava akımlarının belirlenmesinde de kullanılabilir. Bu durumda oluşan girdapların ve türbülansların etkisini azaltacak önlemler alınarak yaya konforuna katkı sağlanır. Yoğun bitkilendirme ya da tente gibi uygulamalar, rüzgarın hızını ve karakteristiğini değiştirerek rüzgar açısından daha konforlu alanlar yaratılmasını sağlar.

Fransız Devrimin 200. Yılı anısına yapılan Paris'teki Grand Arch yapısı, bir mimari tasarım yarışması sonucu inşaa edilmiştir. 2 ofis yapısı ve üzerinde müzeden oluşan yapının kütle formunda, orta kısım tamamiyle boştur. Tasarım aşamasında rüzgarın yapılar arasında tünel etkisi yaratmasından dolayı rahatsız edici hava akımdan korunmaya çalışılmıştır. Ancak bu durum yüksek katlı yapı üzerinde direkt bir tasarım değişikliği olarak değil, yapıların oluşturduğu meydanda ek bir tente kullanılarak sağlanmıştır. Tente, yapının içerisinde bir bulut gibi gözükerek ilgi çekmektedir [203]. Çelik kablolarla yapıya tuturulan beyaz plastik panellerden oluşan tente, rüzgar korumasının yanında, oluşan kemerin dev oranlarını insan ölçeğine indirmeye de yardımcı olmaktadır [204] (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Grand Arch'da rüzgardan korunmak için tasarlanan tente [36]

Rüzgara ait tasarım kararları ve analizleri iyi yapılmamış yüksek katlı yapılar, hem çevredeki insanlar için hem de kullanıcıları için önemli tehditler oluşturmaktadır. Yüksek katlı yapıların yönlendirdiği rüzgarlar, araçların ve yayaların hareketini zorlaştırarak ölümlü kazalara yol açabilmektedir. Başka bir yönden ise şiddetli rüzgar altında yapının cephe elemanlarında kopmalar yaşanıp, parçalar yayaların üzerine düşebilir ya da yapının kullanıcılarına zarar verebilir. Rüzgar, yüksek katlı yapı kullanıcısının balkonları kullanmasını ya da odalardaki pencereleri açmasını da engelleyebilir.



Şekil 3.13 Bridgewater Place Yapısı ve çevre yollarda rüzgara karşı alınan önlemler [109]

İngiltere'deki Bridgewater Place, katil yapı olarak anılmaktadır. Yapının inşa edimesiyle birlikte çevredeki rüzgar hızı oldukça artış göstermiştir. Yapının geniş cephesine çarpan rüzgar, aşağı akım etkisiyle hızlanarak yaya seviyesine inmektedir. Bu rüzgar yayaların yürümesini zorlaştırıp, araçların hakimiyetlerini kaybettirecek kadar etkili olmaya başlamıştır. Bu sebeple yapı çevresinde rüzgara bağlı çeşitli şekillerde gerçekleşen birçok yaralanma vakası tespit edilmiştir. Ancak bunlardan en çarpıcı olanı, bir kamyonetin hakimiyetini kaybederek bir yayaya çarpmasıdır. Yaya kazada hayatını kaybetmiştir. Kamyonet sürücüsü ise aracın oldukça yavaş gittiği halde bir balon gibi havalandığından bahsetmiştir. Yapılan adli tespitler, bu iddianın doğru olabileceğini kanıtlamıştır. Bu sebeple Bridgewater Place'da rüzgara karşı önlem alınması yönünde çalışmalar başlatılmıştır ve

45km/sa üzerindeki rüzgar hızlarında çevredeki yolların kapatılması önerilmiştir [205] (Şekil 3.13).

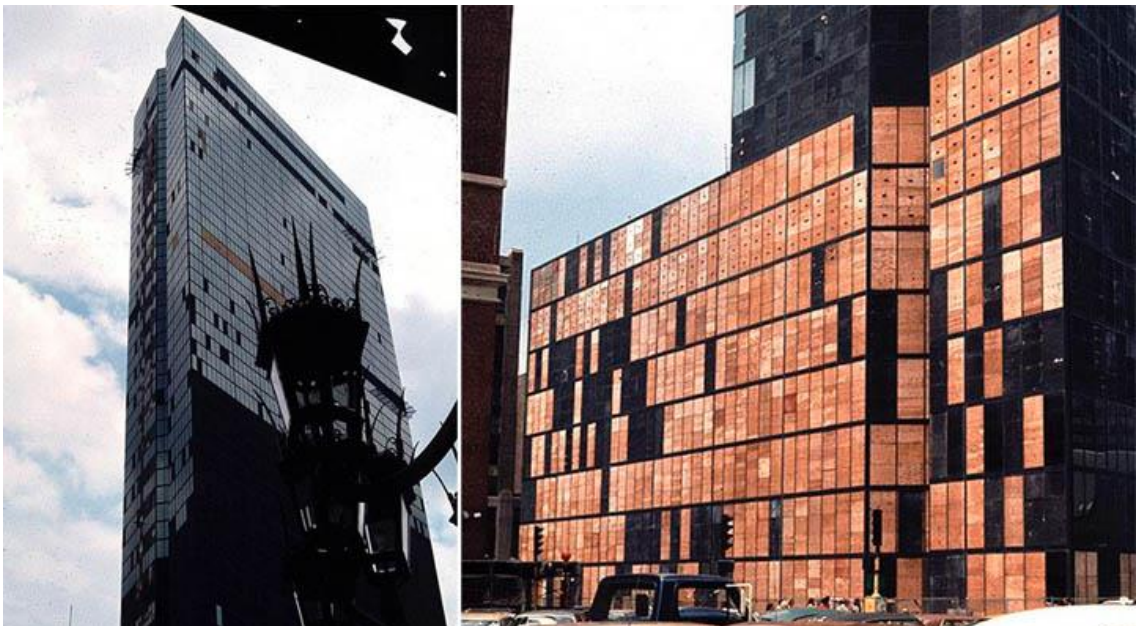


Şekil 3.14 Filatiron Building'in neden olduğu rüzgarı gösteren kartpostal [53] ve video görüntüsü [127]

Benzer bir durum da üçgen plan geometrisiyle New York' un sembollerinden biri haline gelen Filatiron Building için gerçekleşmiştir. Filatiron, gemi burnu gibi rüzgarı 2 yanındaki caddeye hızlandırarak dağıtmaktadır. Bu durum 1903'te bir çocuğun, şiddetli rüzgar akımında kaldırımdan yola düşmesine neden olmuştur ve çocuk hayatını kaybetmiştir. Çevredeki dükkanlar ise rüzgardan camlarının kırıldığı gerekçesiyle Filatiron Building'e dava açmıştır [206]. American Mutoscope and Biograph Company tarafından yayınlanan, 2 Kasım 1903 yılına ait Filatiron Building çevresindeki yayalara etkiyen şiddetli rüzgarı gösteren bir video kaydı bulunmaktadır [127] . Filatiron Building'in rüzgarın hızını arttırması, kartpostallara konu olup, yapının turistik bir özelliği haline de dönüşmüştür (Şekil 3.14).

Rüzgar analizleri ve değerlendirmeleri hatalı olan bir diğer yapı ise Boston'daki John Hancock Tower'dır. Yüksek katlı yapının inşaası sırasında, şiddetli rüzgarlar nedeniyle her biri 200 kilo olan cam paneller cepheden ayrılarak patlamaya başlamıştır. Çünkü yapının pencere tasarımı, maruz kaldığı rüzgara uygun olarak dizayn edilmemiştir. Bu sebeple yapının açılışı 5 yıl ertelenmek durumunda

kalınmış ve büyük ekonomik kayıplar yaşanmıştır. Yapının açılmasıyla birlikte ise başka bir problemle karşılaşılmıştır. Hancock Tower, tehlikeli bir şekilde sallanmaktaydı ve bu durum bölme duvarların çatlamasına neden olmaktaydı. Bu sorunların önüne geçmek için, yapının taşıyıcı sisteminde iç güçlendirmeler yapılmıştır [207]. John Hancock Tower'ın cam panellerinin değişmesi sırasında cephelerin plywood plaklar ile kapatılması nedeniyle, yapı basında ve halk arasında alaycı bir şekilde "Playwood Palace" olarak anılmaya başlanmıştır [50] (Şekil 3.15) (Şekil 3.16) .



Şekil 3.15 John Hancock Center'ın rüzgara karşı hatalı tasarlanan cam panellerinin değişimi [64]



ARCHITECTURE/DESIGN

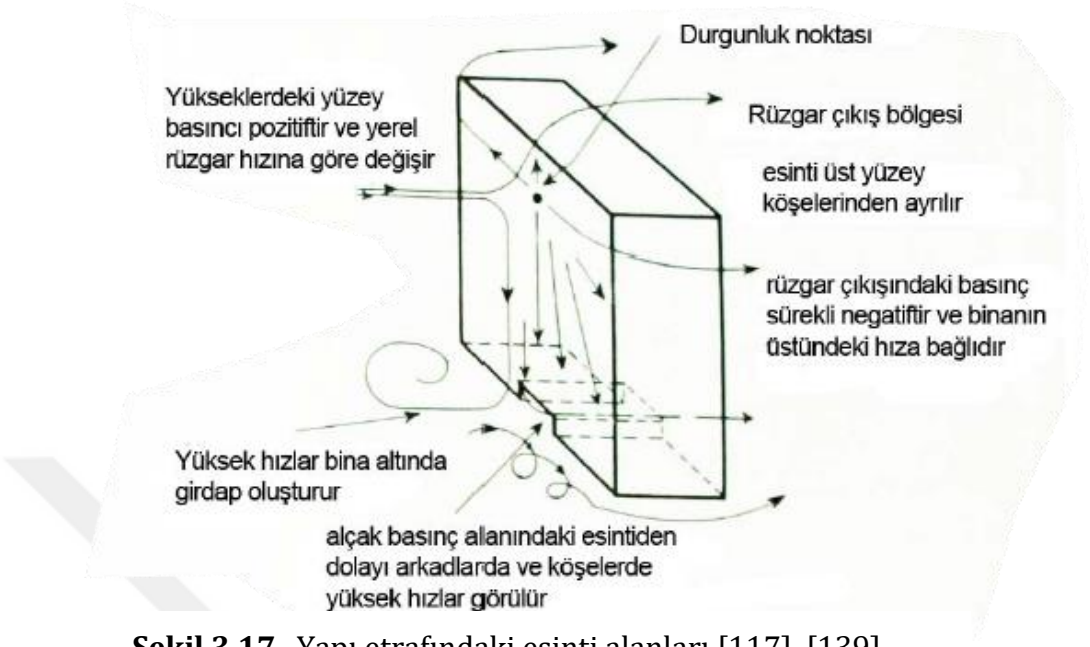
ARCHITECTURE VIEW / Paul Goldberger

A Novel Design And Its Rescue From Near Disaster

At one point it was feared that Boston's Hancock Tower might topple over.

Şekil 3.16 John Hancock Center için New York Times 'ta çıkan haber [78]

3.3 Yüksek Katlı Yapıların Rüzgar ile Etkileşimleri



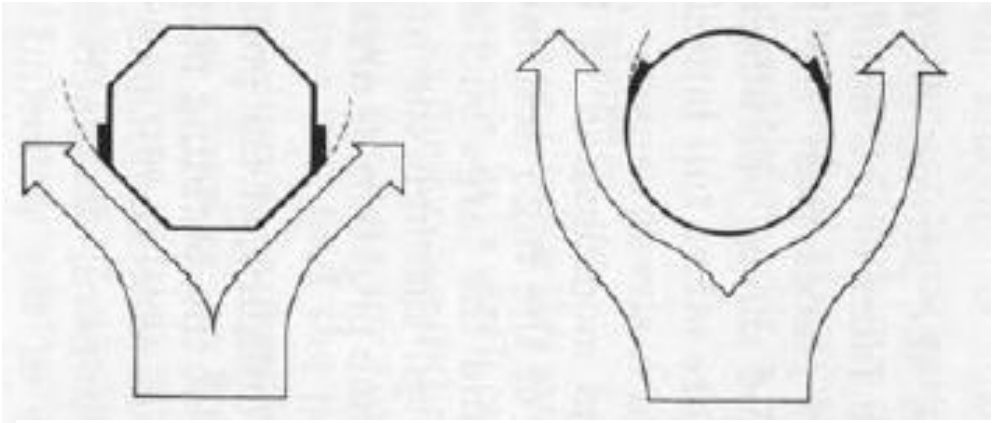
Şekil 3.17 Yapı etrafındaki esinti alanları [117], [139]

Yüksek katlı yapı tasarımlarında ele alınan yükler, hareketsiz veya yavaş hareket eden türdedir. Fakat rüzgar yatay bir yük olarak hızı, şiddeti ve yönü ansızın değişen özellik gösterir [117]. Bu sebeple genel olarak bir kütle ile karşılaşan hava akımının davranışının bilinmesi ve yapı etrafındaki esinti alanlarının saptanması önemli bir unsurdur. Yüksek katlı yapıyla karşılaşan hava akımı, 3 yöne doğru hareket eder. Izlediği yollardan biri, çaptığı noktadan yapının üstüne doğru yönlenerek yapının üzerinden arka cephesine doğru yaptığı harekettir. Diğer yol, çarptığı noktadan yapının yan cephelerine doğru yönlenip, yan cephelerini yalayarak arka cephesinden çıkmasıdır. Bu yolu izleyen rüzgar, yapı köşelerinde hızlanarak çıkış noktasında alçak basınç alanı oluşturur. Rüzgarın izlediği 3. yol ise çarptığı cepheyi yalayarak aşağıya doğru bir akım oluşturmak yönündedir. Bu akım, yapının yaya seviyesindeki alanlarında rahatsız edici türbülanslar oluşturur. Ayrıca yapı formunda bulunan boşluklar, alçak basınç alanları olduğundan, bu bölgelerden hızlanarak geçer ve hava akımı oluşturur [139] (Şekil 3.17). Yüksek katlı yapılar ve rüzgarın etkileşimi: yapı formu, köşe, girdap, aşağı akım, sıra, avlu etkisi, kümülatif etki, yapı konumlarına bağlı olarak kanallaşma, tünelleşme, darboğaz etkisi ve çapraz konumlu yapılara etkileri olarak sıralanabilir.

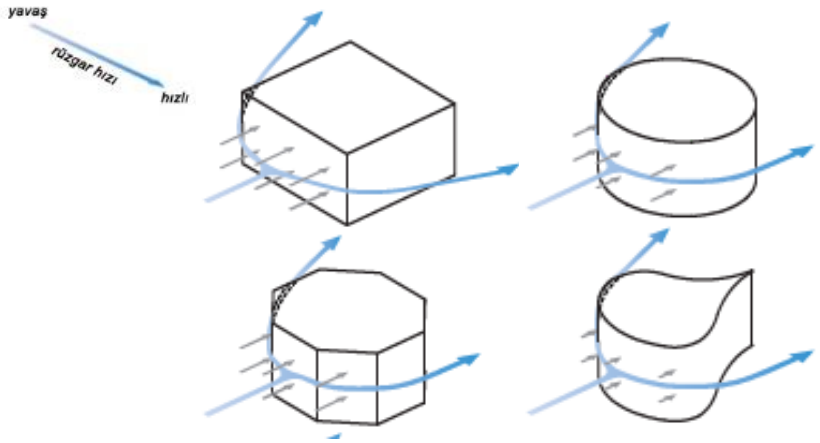
3.3.1 Yapı Formu - Köşe Etkisi (Corner Effect) – Girdap Etkisi (Wake Effect)

Yüksek katlı yapılardaki plan geometrisinin seçimi, rüzgarın etkilerini önemli ölçülerde değiştirebilmektedir. Örneğin rüzgar, kare formlu bir yüksek katlı yapının yüzeyine daha çok etki etmekte ve rüzgar yükü oluşturmaktadır. Formun daireye yaklaşması hali basamak basamak incelenir ise; dikdörtgen plan geometrisine sahip bir yapıya göre rüzgar yükü; altıgen ve sekizgen planlı bir yüksek katlı yapıya göre %20, dairesel ve elipse yakın plan geometrilerinde ise %40 azaltılabilmektedir. Çünkü rüzgar yüksek katlı yapı köşelerinde çarpma etkisi yapar iken, dairesel formalarda ise daha yumuşak tepkiler vererek yüzeyi yalayarak uzaklaşmaktadır. Dairesel formun rüzgar açısından yarattığı dezavantaj ise, rüzgarın yüksek katlı cephesinden ayrıldığı noktadaki cephe kaplamalarında yarattığı etkide meydana gelen artıştır [120] (Şekil 3.18) (Şekil 3.19-a).

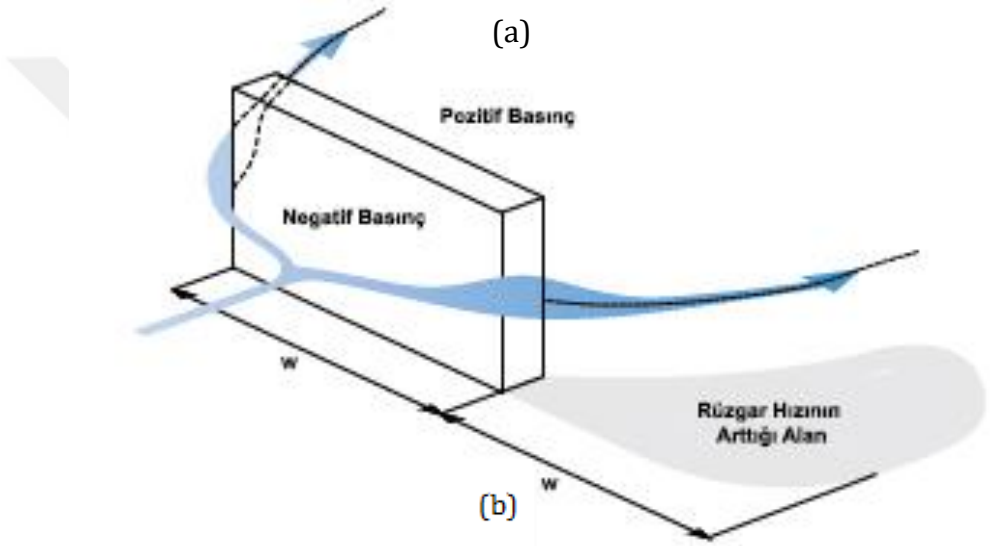
Rüzgarın çarptığı yüzeyde köşe bulunmaması yapıya etkiyen rüzgar yükünü azaltma etkisinin yanı sıra, yüksek katlı yapının formuyla akışına yön verdiği rüzgarın da yaya üzerindeki etkilerini azaltmaktadır. Yapı çevresinde, rüzgardan korunaklı bölgelerde oluşan negatif basınç bölgelerinde türbülanslar oluştuğu bilinmektedir. Dairesel formlar, bu türbülansların etkilerinin azalmasına yardımcı olmaktadır [2].



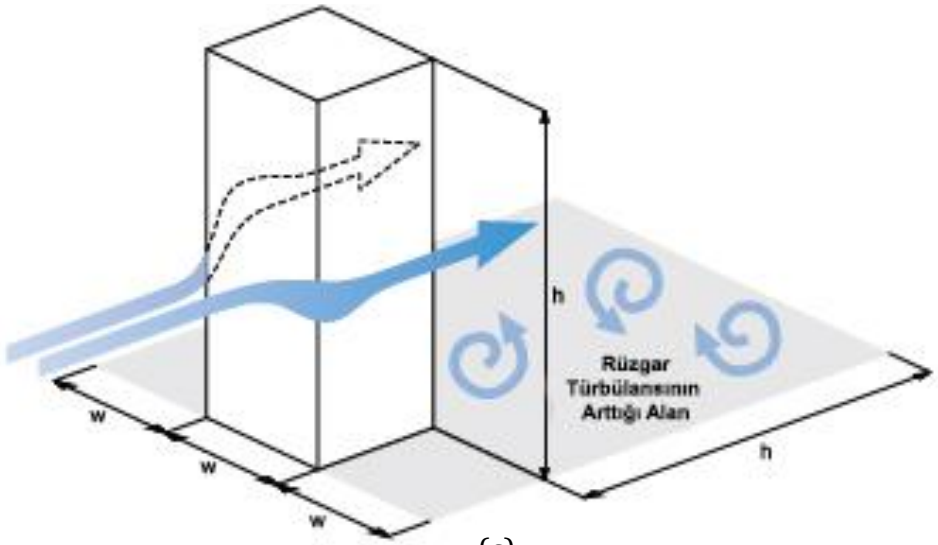
Şekil 3.18 Çokgen ve dairesel formlu yapıların rüzgar davranışı [9]



(a)



(b)



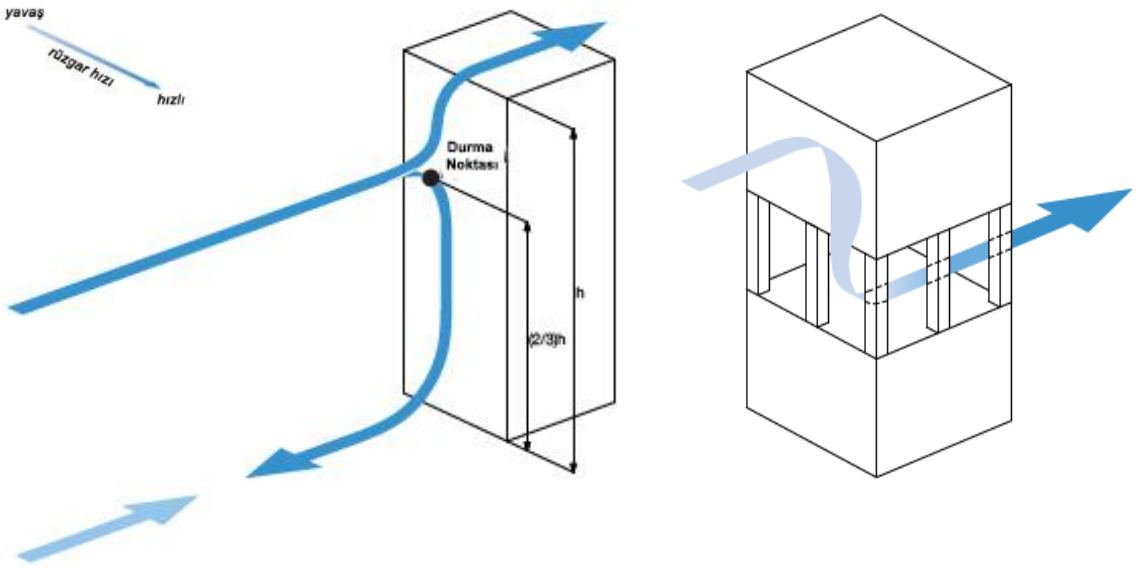
(c)

Şekil 3.19 Yapı formu(a), köşe etkisi (b) ve girdap etkisi (c) [2]

Yüksek katlı bir yapının kare ve dikdörtgen gibi köşeli olması durumunda; ön cephedeki yüksek basınç alanından, rüzgara göre daha korunaklı olan yan ve arka cephelerdeki alçak basınç alanına geçen hava akımı hızlanmaktadır. Buna köşe etkisi denilmektedir. Yapının genişliğine eşit mesafedeki bir alanda rüzgar hızları artış göstermektedir. Bu etkinin azaltılabilmesi için, bahsedilen alana başka yapılar inşaa edilebilir ya da gözenekli rüzgar koruyucular veya yoğun bitkilendirme çalışmaları yapılarak yüksek katlı yapı çevresindeki yayaların konforuna katkıda bulunulabilir [93] (Şekil 3.19-b).

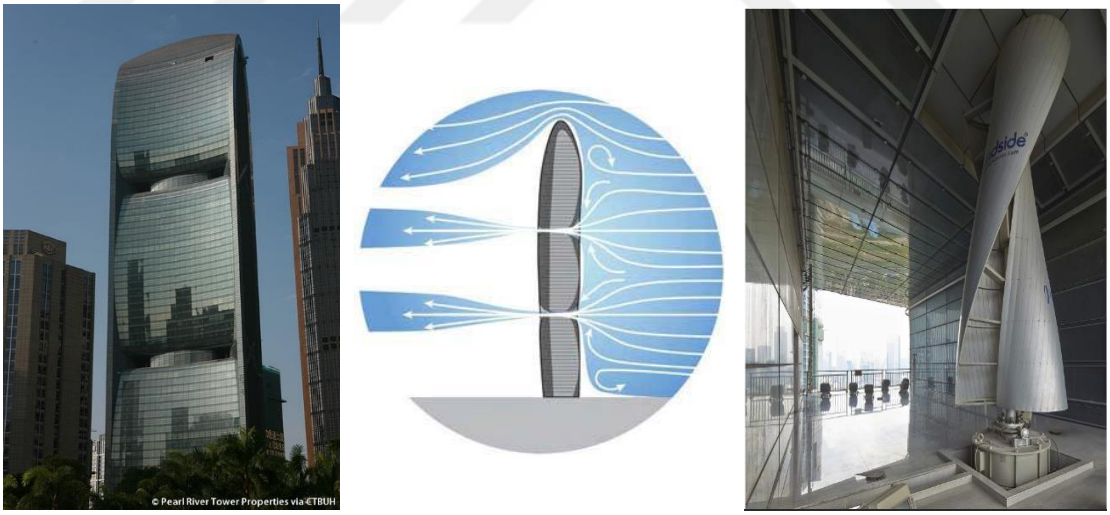
Girdap etkisi, yüksek katlı yapının cephesine çarpan ve yeryüzüne yönlenen rüzgar ve köşe etkisinin birleşimi sonucunda meydana gelmektedir. Oluşan türbülanslı hava akımı, yapı çevresinde girdap etkisi altında kalan bir alan oluşur. Bu alan yapının yüksekliği ve genişliğiyle doğrudan bağlantılıdır. Örneğin 16 katlı bir yapı girdap etkisiyle yaya konforu üzerinde %40 oranında olumsuz etki yaratırken, daha yüksek olan 30 katlı bir yapı %120 oranında konforsuz şartlara neden olmaktadır. Yapının genişliğinin girdap alanına etkisi ise daha çarpıcı olmaktadır. Yatay bir blok halinde inşaa edilen yapılarda, girdap etkisi yapı arkasında yapı yüksekliğinin 2 katı, yapı yan cephelerinde de yapının genişliğinin 2 katı bir alana kadar ulaşabilmektedir [93] (Şekil 3.19-c).

3.3.2 Aşağı Akım Etkisi (Downwash Effect) - Geçit Etkisi (Breezeway Effect)



Şekil 3.20 Aşağı akım ve geçit etkisi [2]

Önceki bölümlerde açıklandığı gibi rüzgar hızı, yükseklikle birlikte artış göstermektedir. Bu sebeple yüksek katlı bir yapının bitiş bölümlerinde rüzgar hızı, giriş bölümlerindekinden daha fazladır. Bu durum yapının bitiş bölümlerinde pozitif basın yaratırken, giriş bölümlerinde ise negatif basınç yaratmaktadır. Hava, pozitif basınçtan negatif basınca doğru hareket etme isteğinde olduğundan, rüzgar yapının cephesini yalarak yapı yüzeyinden yeryüzüne doğru hareket etmektedir. Bu durum, aşağı akım etkisi olarak bilinmektedir. Bu hava akımının özellikle yaya konforu üzerinde olumsuz bir etkisi vardır. Hakim rüzgar yönündeki cephelerin geniş ve yüksek olması, aşağı akım etkisini tetikleyen bir özellik göstermektedir. Aynı zamanda yapının üzerindeki rüzgar yükünü de arttırmaktadır. Hakim rüzgar yönünde geniş cephesi olan 5 katlı bir yapının yarattığı aşağı akım etkisinin yaya konforunu %20 oranında, 16 katlı yapının %50 oranında, 35 katlı yapının ise %120 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Bu sebeple yüksek katlı yapı tasarımlarında hakim rüzgar yönündeki cepheler mümkün olabildiğince küçük tutulmalıdır. Geniş cepheler rüzgara paralel olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Sonuç olarak aşağı akım etkisi, yüksek katlı yapı ve rüzgar ilişkisinde en çok gözlemlenen etkilerden biridir ve yaya konforunu önemli ölçüde değiştirmektedir [93] (Şekil 3.20).



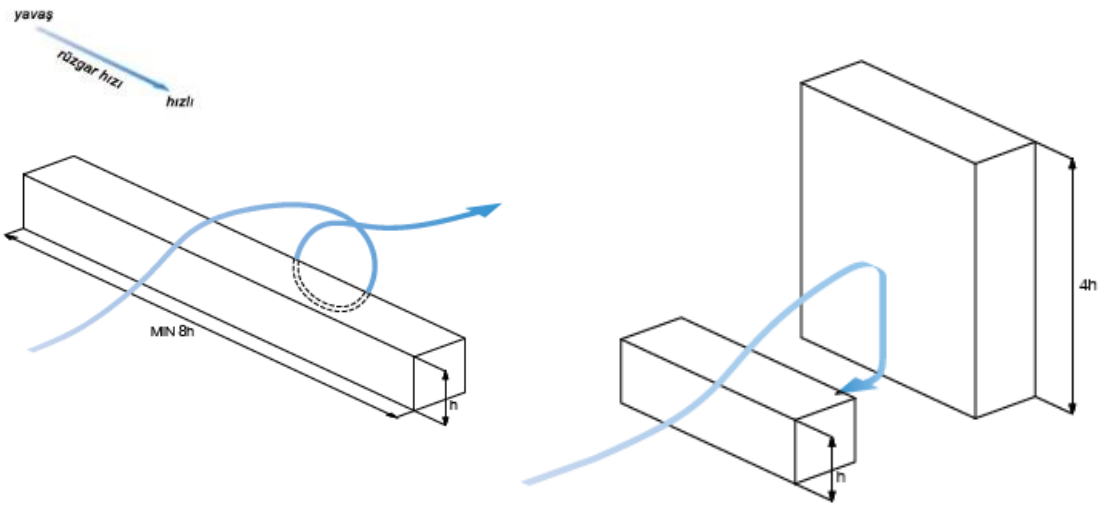
Şekil 3.21 Pearl River Tower [27] , rüzgar tirbünleri ve rüzgar akışı [128]

Rüzgarın yüksek katlı yapı cephesindeki aşağı akım etkisi, yüksek katlı yapı formunda boşluklar bulunması durumunda kesintiye uğramaktadır. Bu durumda geçit etkisi ortaya çıkmakta ve rüzgar, yapı yüzeyinden yer seviyesinde ilerlerken, bir geçit gibi davranan boşluğun içerinden geçerek hızlanmaktadır. Aşağı akım etkisi

bu yönlendirmeyle yaya seviyesine inip türbülanslar yaratmadan yapının arka cephesine ulaşmaktadır [93] (Şekil 3.21). Yüksek katlı yapı tasarımlarında yaratılan bu tür boşluklarda rüzgarın hızlanmasından da yararlanılarak enerji üreten rüzgar tirbünleri monte edilebilmesi yönünde projeler geliştirilmektedir. 2013'te Guangzhou'da inşa edilen Pearl River Tower'da hakim rüzgar yönünde yer alan geniş cephe 3 bölüme ayrılmış ve oluşan boşluklara rüzgar türbinleri yerleştirilmiştir. Böylece hem yapının kendi enerjisini üretmesi sağlanmış, hem de rüzgar yükleri azaltılmıştır [117].

3.3.3 Sıra Etkisi (Row Effect) ve Kademelenme Etkisi (Stepping Effect)

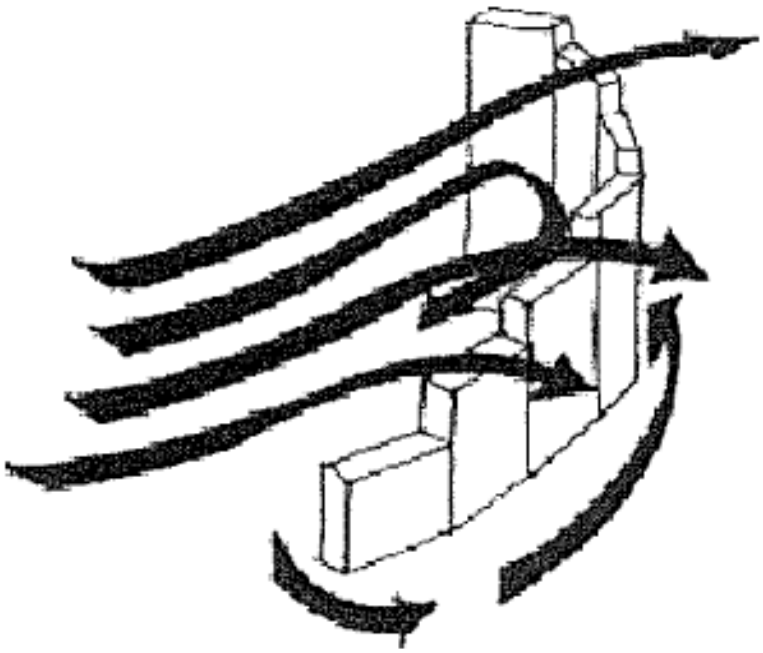
Geniş cephesi hakim rüzgar yönünde olan yatay bloklar, rüzgarın karakteristiğini değiştirmektedir. Rüzgar, yapının ön cephesinden yükselip türbülanslar yaparak, yatay bloğun arka cephesine doğru hızla düşme eğilimi göstermektedir. Rüzgarın bu davranışına sıra etkisi denilmektedir. Yüksekliğinin genişliğine oranı 8 ve üzeri olan yapılarda görülen bu durum, yaya konforunı olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin genişlik/yükseklik oranı 8 olan bir yatay yapı bloğunda, sıra etkisinin yaya konforunu %40 oranında olumsuz etkilediği saptanmıştır. Yatay blok parçalı bir kütleye dönüştürülüp, bloklar arasına yapı yüksekliğinin 2 katı mesafeler bırakıldığında ise bu etki %30 oranlarında yaya konforunu olumsuz etkilemektedir. Bu örnekte görüldüğü gibi kütlenin parçalanması, sıra etkisinin azalmasını sağlamaktadır [93] (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Sıra Etkisi [2]

Yatay bloğun arkasında, bir yüksek katlı yapı bulunması durumunda ise yaya konforuna etkiyen rüzgar, olumsuz yönde ve önemli miktarda artış göstermektedir. Çünkü yatay bloğun üzerinden arka cepheye hızlanarak inen rüzgar, aynı zamanda yüksek katlı yapı cephesinde meydana gelen aşağı akım etkisiyle de birleşir. Tek başına aşağı akım etkisinin bile yaya konforu için yarattığı olumsuzluklar önemli oranlarda iken (Bölüm 3.3.2'de açıklanmıştır.), sıra etkisiyle birleşmesiyle yaya konforuna olan olumsuz etkide artış gözlenir. Yüksek katlı bir yapının önünde ve hakim rüzgar yönünde inşaa edilen 5 katlı bir yatay blok, yaya konforunu %80 oranında azaltmakta, girdap etkisini ise %100 oranında arttırmaktadır [93]. Sonuç olarak görece olarak yapı yüksekliği daha düşük olan yatay bloklar da rüzgar üzerindeki etkileriyle yaya konforunu değiştirebilmekte ve yüksek katlı yapıya etkiyen rüzgara etki edebilmektedir.

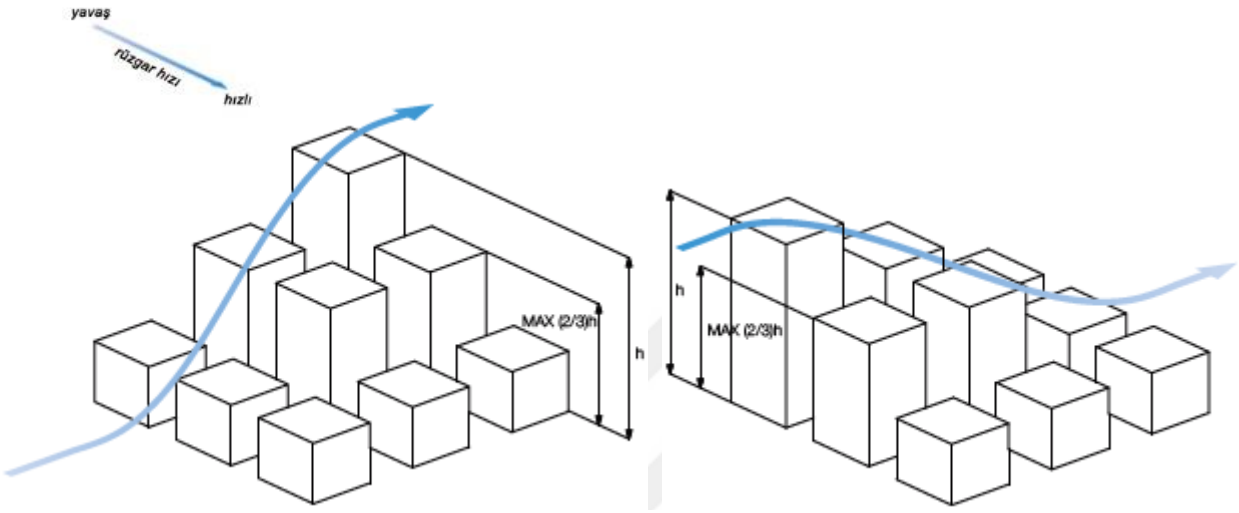
Farklı yükseklikte yanyana gelen birçok yatay blokta ise, yapıların arkasında bir rüzgar akımı oluşmaktadır. Çünkü yapıların farklı yüksekliklerde olması, yapıların rüzgar almayan cephelerinde farklı değerlerde negatif basınç alanları yaratmaktadır. Bu negatif basınç alanlarından birbirlerine göre en kuvvetli olandan en düşük olana doğru bir hava hareketi oluşmaktadır. Yatay blokların kademeli olarak yükselip alçalması nedeniyle oluşan bu duruma kademelenme etkisi denilmektedir [93] (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Kademelenme Etkisi [93]

3.3.4 Kümülatif Etki

Yüksek katlı yapılar genellikle kentin belirli bölgelerinde ve birarada bulunmaktadır. Yapıların rüzgar ile olan birebir ilişkilerinin yanı sıra, yanyana bulunmalarının getirdiği etkiler de bulunmaktadır. Tasarlanan tüm yapılar gibi yüksek katlı yapılar da bağlamından ayrı düşünülemez.

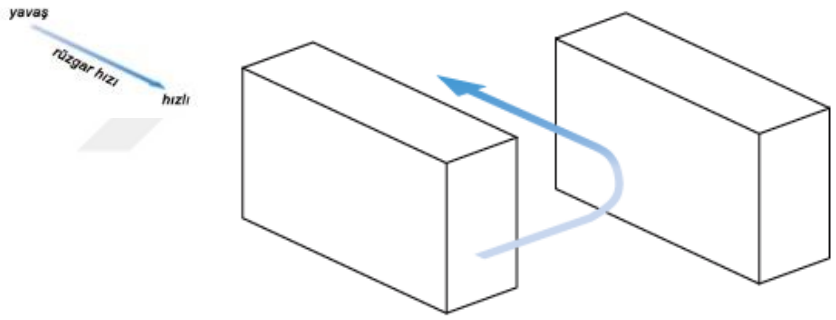


Şekil 3.24 Kümülatif etki [2]

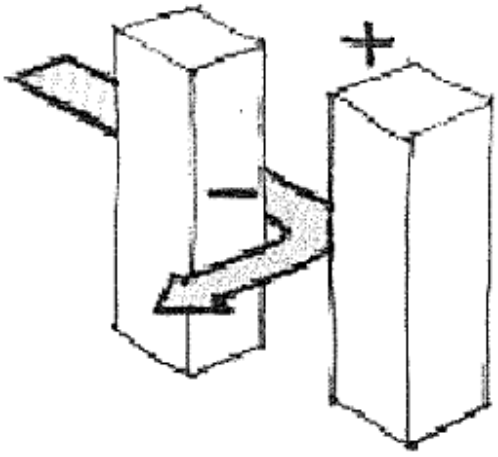
Yapı cephesine çarpan rüzgar, yapının ve konumunun özelliklerine göre bir tepki vererek hareket etmektedir. Ancak formdan bağımsız olarak birbiri ardına alçaktan yükseğe ya da yüksekten alçağa sıralanan yapılar, rüzgar üzerinde kümülatif bir etki yaratmaktadır. Kademeli olarak yükselen bu yapılarda kümülatif etkinin görülmesi için, baskın yükseklikteki yapının, çevredeki diğer yapılardan 1/3 oranında daha yüksek olması gerekmektedir. Çünkü birbiri ardına yükselerek giden yapıların bulunduğu bir yapı grubunda, bir önceki yapının yarattığı rüzgar etkisi bir sonraki yapıda artarak ilerlermektedir. Rüzgar yapılar arasında toplanıp birleşerek, zincirleme olarak etkilenmektedir. Bu durum ise rüzgar hızında önemli artışlar meydana getirmektedir. Kümülatif etki yüksekten alçağa sıralanan yapılarda da benzer şekilde görülmektedir. Ancak yapıların hakim rüzgar yönünde yüksekten alçağa gelecek şekilde sıralanması durumunda, alçaktan yükseğe sıralandığı duruma zıt olarak, rüzgar hızı azalarak akışına devam etmektedir [93] (Şekil 3.24).

3.3.5 Çapraz Konumlu Yapılar

Kent içerisinde çapraz olarak yerleştirilmiş yüksek katlı yapıların birbiri üzerinde etkisi bulunmaktadır. Rüzgarın yönü ve hızına göre yapılardan biri diğerine etkiyen rüzgarı azaltarak daha korunaklı bir alanda kalmasını sağlar. Diğer yapı ise hava akımına daha çok maruz kalarak, rüzgar ile daha çok etkileşime girer. Rüzgar ile doğrudan etkileşim altında olan yüksek katlı yapı çevresinde pozitif basınç alanı oluşurken, rüzgara göre korunaklı kalan yapının çevresinde negatif basınç alanı oluşur. Yapıların çevresinde meydana gelen basınç farkı, hava akımına neden olur ve rüzgar 2 yapı arasında hızlanarak yaya konforunu olumsuz etkiler. Yapıların birbirine göre konumlarından dolayı ortaya çıkacak rüzgarların belirlenmesi, zorlu bir durumdur. Belirli bir kuralla veya en boy oranıyla kontrol altında tutulması mümkün olamamaktadır. Bu sebeple her yüksek katlı yapı ve çevresinde çapraz konumda bulunan yapılar için ayrı ayrı sonuçlar ortaya çıkmaktadır [93] (Şekil 3.25) (Şekil 3.26).



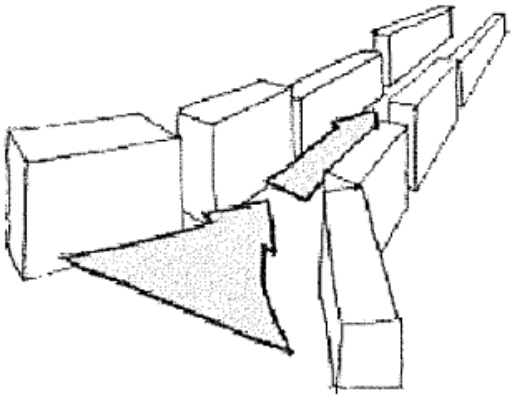
Şekil 3.25 Çapraz konumlu yapılar [2]



Şekil 3.26 Çapraz konumlu yapılar [93]

3.3.6 Kanallaşma (Channeling) - Tünelleşme(Funneling) – Darboğaz Etkisi (Venturi Effect)

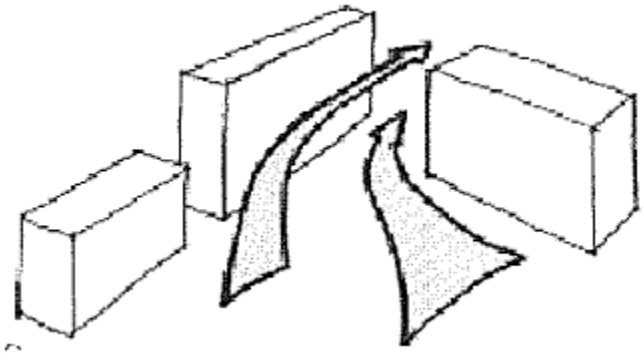
Birbirine paralel olarak konumlandırılmış yatay bloklarda ya da kent içerisinde bir sokak etrafına karşılıklı yerleştirilmiş yapılar arasında bir koridor oluşmaktadır. Bu koridor hakim rüzgar yönünde olmadığında rüzgar açısından etkisiz olmakla birlikte, koridorun hakim rüzgar yönünde olması durumunda yapılar arasındaki hava akımını tetikleyici etki göstermektedir. Bu durumda yapılar arasındaki rüzgar hızı artarak, yaya konforunu olumsuz etkileyen bir hale gelebilmektedir. Çevreki yapıların arasında az boşluk bulunması ya da yapıların karşılıklı olarak birbirine yakın olup koridoru daralttığı durumlar ise kanal etkisini daha çok güçlendirmekte ve etkilerini daha çok hissettirmektedir. Genellikle karşılıklı sıralanmış yapıların arasındaki boşluğun, yapı yüksekliğinin 3 katı olarak tutulması kanallaşma etkisini azaltırken, koridorun yönünün belirli yerlerde keskin olarak değiştirilmesi de bu durumu ortadan kaldırabilmektedir [93] (Şekil 3.27) (Şekil 3.30-a).



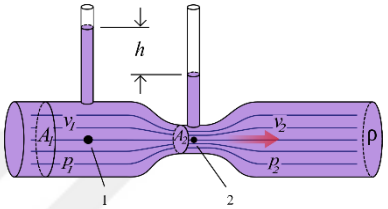
Şekil 3.27 Karşılıklı sıralanmış yapılar ve oluşan koridorda kanallaşma etkisi [93]

Kanallaşma etkisi altındaki bir koridorda, bir veya birkaç yapının koridorun çizgisel etkisini bozacak şekilde konumlandırılarak, koridorun sonunda bir şişe ağzı gibi daraltma yaratmaları durumunda tünelleşme etkisi oluşmaktadır. Koridordaki bu daralmayı meydana getiren yapılar, yatay bloklar (genişlik/yükseklik oranı 20'nin üzerinde) ya da birbirine çok yakın konumlandırılmış benzer yükseklikteki yapılar olabilmektdir. Bu durumda rüzgarın yaya konforu üzerinde yarattığı olumsuz etki

de artış göstermektedir. Çünkü tünelleşme etkisinin, yaya konforu üzerindeki olumsuz etkisi çevredeki yapıların boyutlarıyla doğrudan bağlantılıdır. Örneğin, 8-10 katlı bir yapılardan oluşan bir tünelleşmede, yaya konforu %30 oranında olumsuz etkilenirken; 18 katlı bir yapılardan oluşan tünelleşmede %60 oranında olumsuz etki saptanmıştır. Yaya konforuna olumsuz etkiyen rüzgarın en şiddetli olduğu yer ise koridorun sonunda tünelleşmenin yani daralmanın gerçekleştiği bölgedir [93] (Şekil 3.28) (Şekil 3.30-b).



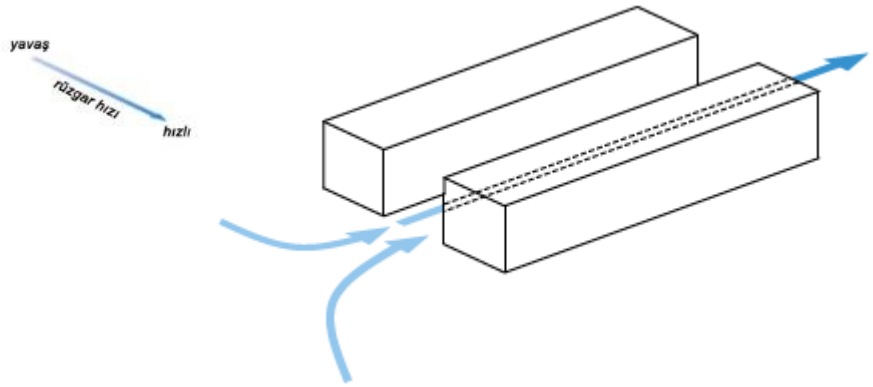
Şekil 3.28 Tünelleşme etkisi [93]



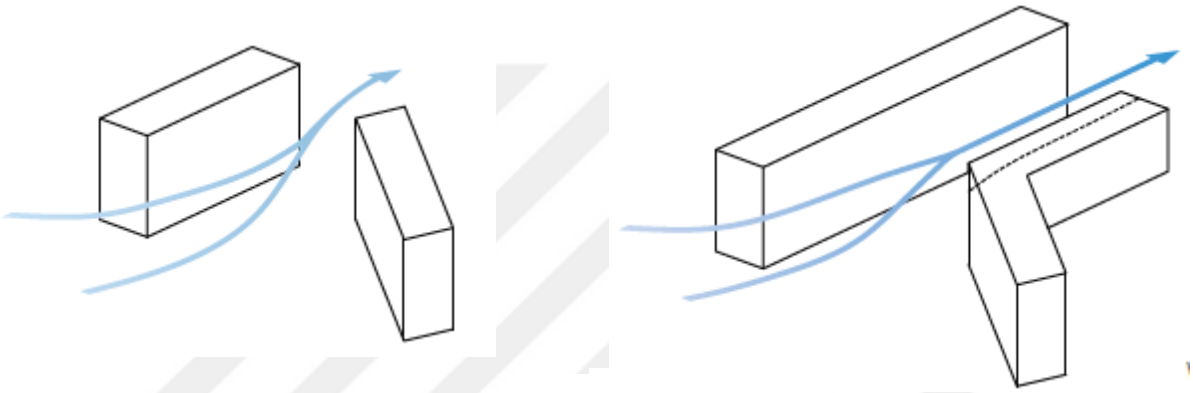
Şekil 3.29 Fizikte Venturi Etkisi [45]

Bir koridorda öncelikle daralma meydana gelir ve tünelleşme etkisi oluşur, ardından da yine bir koridor devam ederse, bu durumda darboğaz etkisi denilen çok daha şiddetli bir etki ortaya çıkmaktadır. Çünkü rüzgar, daralmanın gerçekleştiği bölgede yukarıdaki paragrafta açıklandığı gibi hızlanıp yaya konforunu olumsuz etkiler hale gelmiştir. Tünelleşmenin ardından tekrar bir koridor ile karşılaşan rüzgar, daha da hızlanarak koridorun sonunda maximum hızına ulaşmaktadır. Venturi etkisi altındaki alanda, 5 kat yüksekliğindeki bir yapının etkilediği rüzgar bile, yaya konforunu %100 oranında olumsuz etkileyecek şekilde hızlanmaktadır [93] (Şekil 3.29-c). Darboğaz etkisi (Venturi etkisi[3]), aslında fiziğin temel prensiplerinin yapılar arasında oluşan koridorda işlemesi sonucu oluşmaktadır (Şekil 3.29).

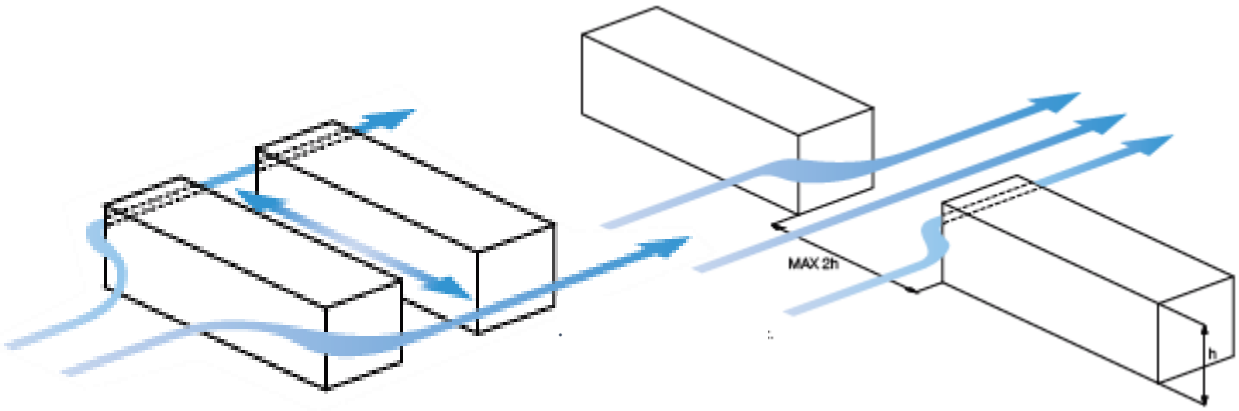
[3] Venturi etkisi: Bir akışkanın hızı arttıkça, basıncı düşer. Akışkan, bir borunun daraltılmış bir bölümünden geçirilir ise akışkan basıncı azalır, hızı ise artar. Venturi etkisi, bir İtalyan fizikçisi olan Giovanni Battista Venturi'den (1746-1822) sonra adlandırılmıştır [45] "Venturi Etkisi." https://en.wikipedia.org/wiki/Venturi_effect (accessed Mayıs, 2019).



(a)



(b)

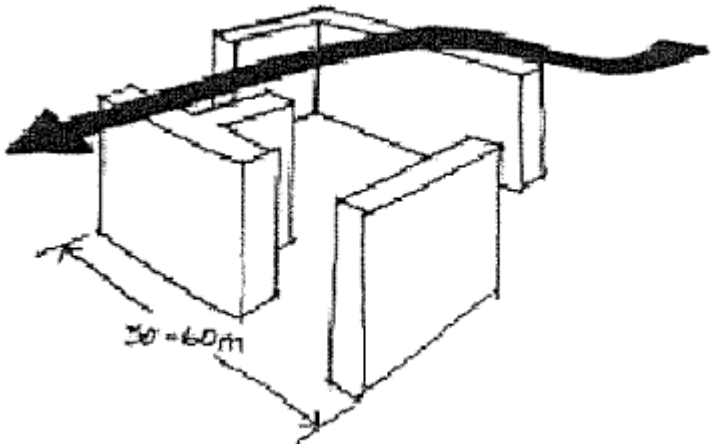


(c)

Şekil 3.30 Kanallaşma(a) - Tünelleşme(b) – Darboğaz Etkisi(c) [2]

3.3.7 Avlu Etkisi (Courtyard Effect)

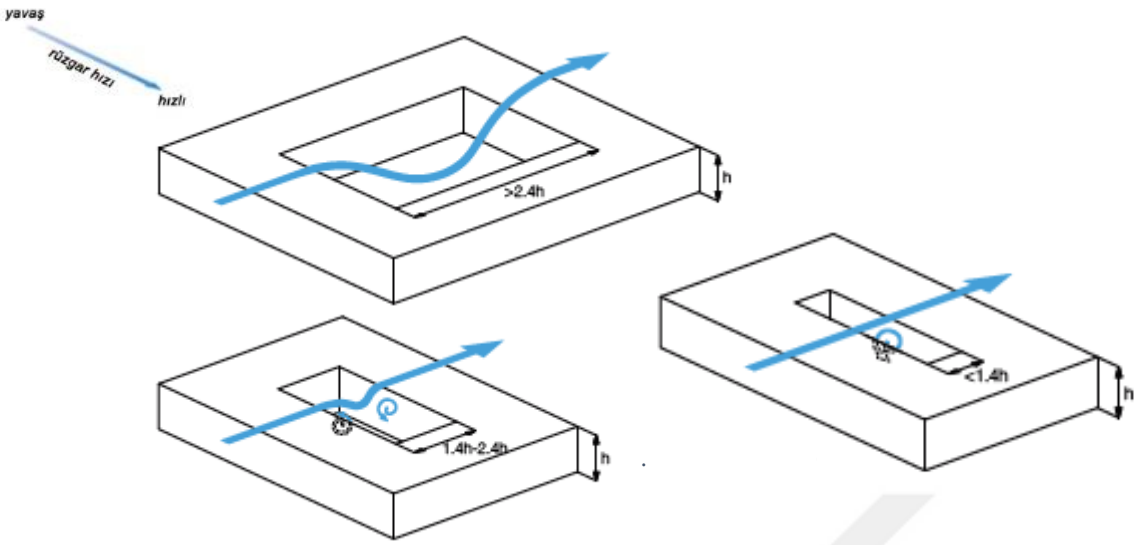
Yapılar içerisinde bulunan avlular ya da yapı grupları arasında kalan avlu niteliği gösteren boşluklar, rüzgar açısından kendi mikro iklimlerini yaratabilmektedirler. Bu noktada bir mekanın avlu özelliği gösterebilmesi için, bu mekana açılan boşlukların, mekanın toplam çevresinin maksimum %25'i kadar olması gerektiği belirtilmektedir. Her avlunun özgün boyutları ve alanı nedeniyle kendine has bir rüzgar etkileşimi bulunmaktadır. Avlunun tasarımına bağlı olarak, rüzgar bu avlu içerisine girebilir ya da yapıların üzerinden ilerleyerek avluya etki etmeyebilir. Bu durum avluyu oluşturan yapıların yüksekliklerine, avluya ulaşılan açıklığın yönüyle hakim rüzgar yönünün ilişkisine ve avlunu kapladığı alana bağlı olarak değişmektedir. Örneğin 50-60 metrelik bir çap içerisinde bulunan 4 katlı yapı bloklarının oluşturdukları avluda, rüzgar yapıların üzerinden geçerek avluya etki etmemektedir. Bu durumda avlu, rüzgara göre korunaklı kalmaktadır. Bu durum bölgenin iklimsel koşullarına göre yaya konforunu olumlu ya da olumsuz etkileyebilir [93] (Şekil 3.31).



Şekil 3.31 Avlu Etkisi [93]

Avluyu oluşturan yapıların yüksekliği ve avlunun alanı birbiriyle doğrudan ilişki halindedir. Avlunun genişliğinin, avluyu çevreleyen yapı yüksekliğinin 1.4 katı olduğu durumda, rüzgar avluya etki etmemektedir. Bu katsayı 1.4 -2.4 arasında olduğunda, rüzgarın avluya bir miktar etki ettiği gözlenmiştir. Avlunun genişliğinin yapı yüksekliğinin 2.4 katı olduğu durumda ise rüzgar avluya tam anlamıyla nüfus

edebilmektedir (Şekil 3.32). Avluya ulaşan açıklığın yönünün hakim rüzgar yönünde olması ise avludaki hava akımlarını değiştiren etkiye sahiptir [2].



Şekil 3.32 Avlularda rüzgarın etkisi [2]

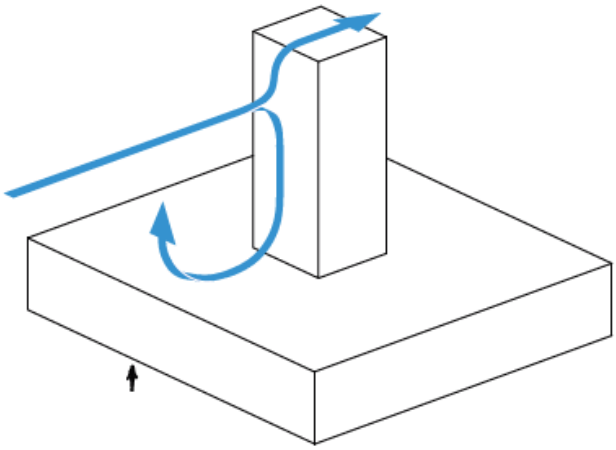
3.4 Rüzgar Etkilerini Azaltmaya Yönelik Tasarım Önlemleri

Yüksek katlı yapı tasarımlarında rüzgarın yaya konforuna olan etkilerini kontrol altında tutabilmek ve yapıların neden olduğu rüzgar karakteristiği ile hızındaki değişmelere müdahale edebilmek, yapının tasarımcısı açısından mümkün bir olgudur. Yüksek katlı yapı tasarlanırken yaya konforunun dikkate alınması, yapılar üzerinde tasarımsal olarak bir takım tedbirleri de beraberinde getirmektedir.

Önceki bölümlerde aşağı akım etkisinin yüksek katlı yapılarda yaya konforunu en çok etkileyen etkilerden biri olduğundan bahsedilmiştir. Bu etkinin olumsuz yönlerini en aza indirmek için ortaya çıkan tasarımsal önlemler bulunmaktadır. Bunlar; yüksek katlı yapı altına podyum[4] tasarımı, zemin katta geniş giriş saçakları ve kanopi oluşturulması, yarı açık kanopi gibi alanlar tasarlanması, girişin geriye çekilmesi ya da cepheden yaya seviyesine inen rüzgarın hızını azaltmaya yönelik yapıda cephe boyunca balkon tasarımı gibi önlemlerdir.

[4] Podyum: Yüksek katlı yapı altındaki yatay kütle [146] "Fotoğraf - Heart Tower." https://www.skyscraperdictionary.com/?project=podium (accessed Mayıs, 2019).

Yüksek katlı yapıların giriş bölümlerinde oluşturulan podyum yapıları, aşağı akım etkisiyle cephede hızlanan rüzgarın yere çarpmasına engel olduğundan, yaya konforu için olumlu sonuçlar vermektedir. Çünkü podyum yapısı, aşağı akım etkisiyle yüksek katlı yapının üstünden yeryüzüne doğru gelen rüzgarın büyük kısmını saptırmakta ve yayalardan uzaklaştırmaktadır. Podyum tasarımlarında yaya konforuna olumlu sonuç verdiği bilinen, podyum yüksekliği ve yapının yüksekliği arasında saptanmış bir oran bulunmamaktadır. Ancak yapılan rüzgar tüneli testlerinde yüksek katlı yapı yüksekliğinin %15-60'ı arasındaki podyum yüksekliğinin, aşağı akım etkisini azalttığı görülmüştür. Ancak podyumun rüzgar hızının düşürülebilmesi için yapının yüksekliğine bakılmaksızın, minimum 3 kat olarak tasarlanması gerekmektedir. Podyumun genişliği ise hem çevre koşullarına bağlıdır hem de yüksek katlı yapının hakim rüzgar yönündeki cephe alanı arttıkça artmalıdır. Örneğin, yüksek katlı yapı cephesi boyunca devam eden ortalama 6 metre genişliğinde bir podyum, aşağı akım etkisini azaltabilmektedir. Ancak 3 metre genişliğinde bir podyumu rüzgar kolaylıkla aşabilmekte ve rüzgarın yaya konforuna olan olumsuz etkisi devam etmektedir. Bu noktada sonuç alınabilmesi için podyumların geniş tutulması gerekmektedir. Podyum tasarımında, dikkat edilmesi gereken diğer unsur ise, oluşturulan podyum yapısının çevre yapıların yönlendirdiği rüzgarlar nedeniyle kendi cephesi üzerinde aşağı akım etkisi ve köşe etkisi oluşturmamasıdır. Ayrıca yüksek katlı yapının bir bölümü olmadığı halde, yapının çevresinde bulunan görece alçak yapılar da yüksek katlı yapı için podyum etkisi yaratarak yapı cephesindeki rüzgarı yaya seviyesinden uzaklaştırabilmektedir [93] (Şekil 3.33) (Şekil 3.34).

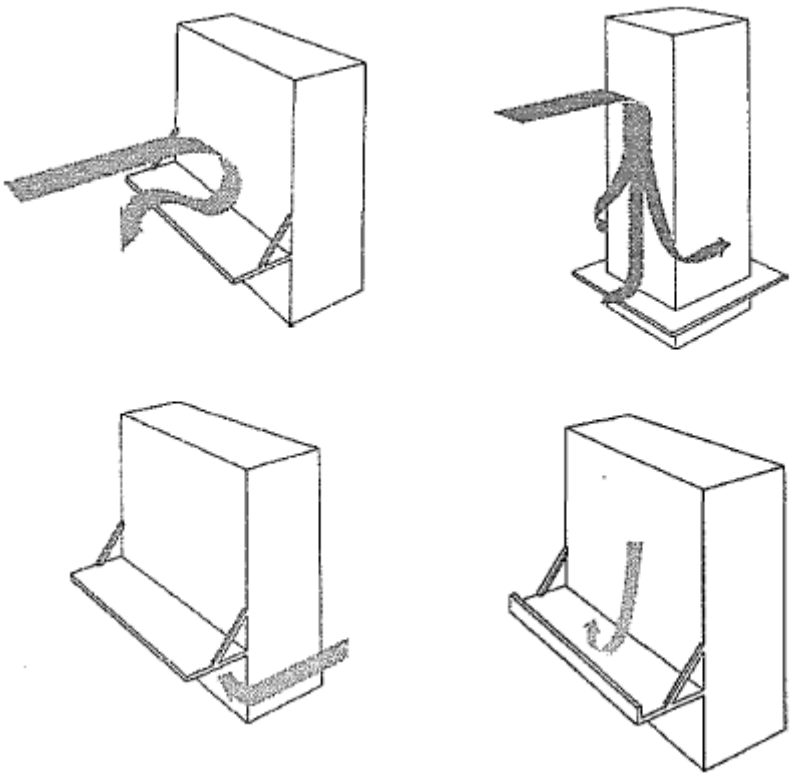


Şekil 3.33 Aşağı akım etkisini azaltan podyum tasarımı [2]

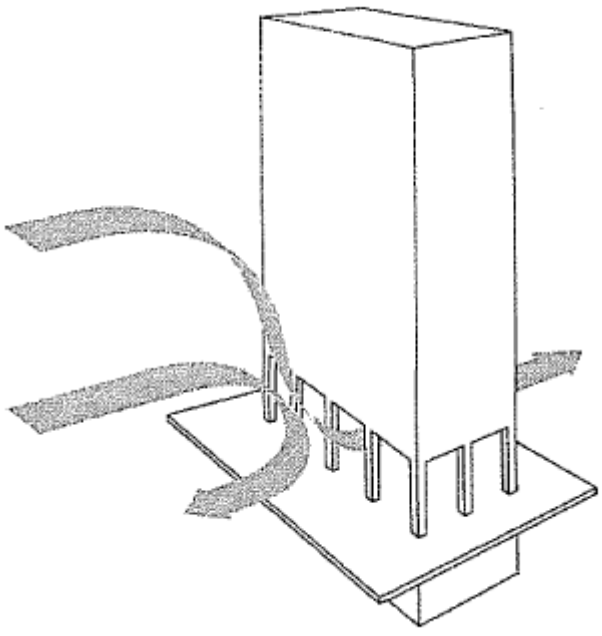


Şekil 3.34 Heart Tower [206] ve 98-Storey Yonge Street Tower [105] podyumları

Aşağı akım etkisini azaltan bir diğer önlem; yaya seviyesinde kanopi, giriş saçakları, gölgelikler oluşturmaktır. Bu önlemler, aşağı akım etkisindeki rüzgarın yere çarparak türbülanslar oluşturmasına engel olur, aynı zamanda rüzgarın hızını düşürür. Ancak kanopilerden yön değiştiren rüzgar, köşe etkisini tetikleyecek şekilde davranabilir. Kanopi tasarımlarında dikat edilmesi gereken unsur, kanopilerin hakim rüzgar yönünde yerleştirilmesi durumunda faydalı olacağıdır. Hakim rüzgar yönüne paralel yerleştirilen kanopilerin, aşağı akım etkisini azaltması mümkün olamamaktadır. Yaya konforuna olumlu etkilemesi için, kanopilerin bir bütün olarak yapı cephesi boyunca ilerlemesi gerekmektedir. Sadece girişlerin ve kapıların olduğu bölümlerde kısmi olarak kanopi tasarlanması durumunda, kanopiler arasında başka rüzgar akımları oluşmakta ve yaya konforuna katkı sağlayamamaktadır. Bu durumda bağlantısız ve kısmi olarak yapılan kanopiler sadece yağmur ve güneş koruması sağlamaktadır. Podyumların genişlikleri gibi, kanopilerin genişliklerinin de aşağı akım ile gelen hızlanmış rüzgarın kanopi üzerinden geçmemesi için dikkatli belirlenmesi gerekir. Örneğin 4-6 metre genişliğindeki bir kanopinin yaya konforuna sağladığı fayda, 2 metrelik bir kanopiden çok daha fazla olacaktır. Yapılan rüzgar tüneli testlerinde, kanopilerin, aşağı akım bölümünde açıklanan (Şekil 3.20) yüksek katlı yapı formunda bırakılan bir boşlukla birlikte tasarlanması durumunda ise, aşağı akıma etkisindeki rüzgarın önlenmesinde çok daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür [93] (Şekil 3.35) (Şekil 3.36).

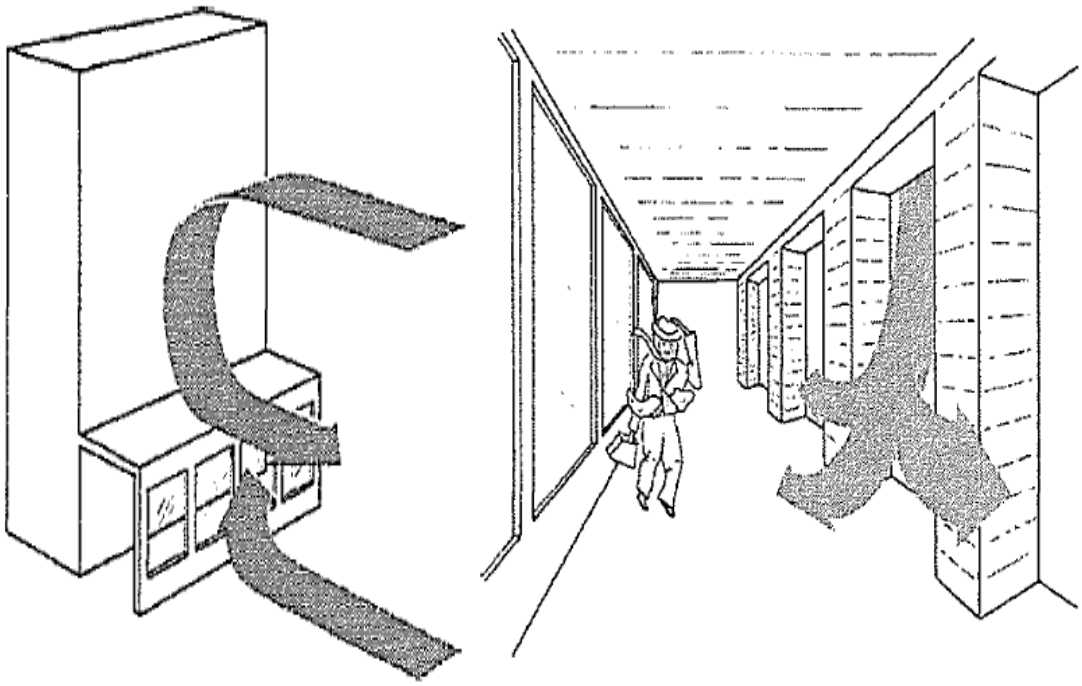


Şekil 3.35 Aşağı akım etkisini ve kanopi tasarımları [93]



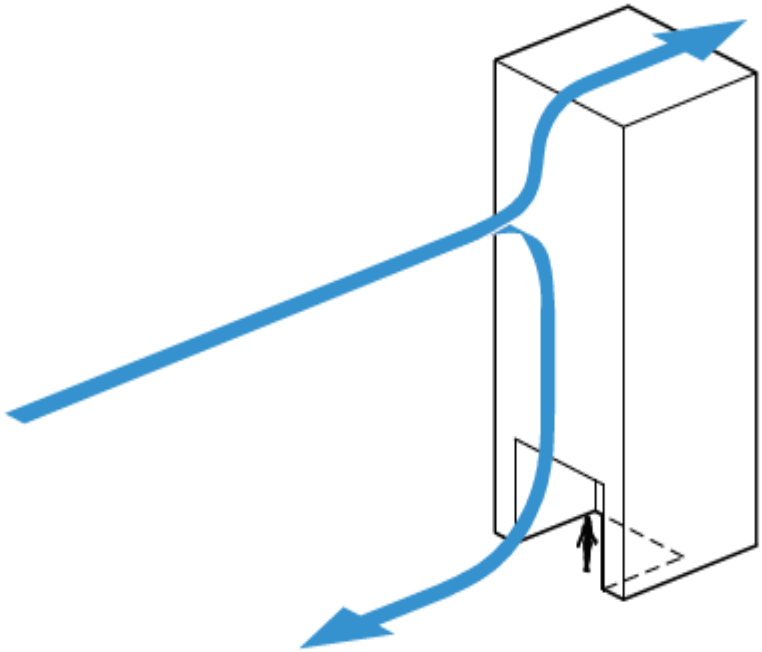
Şekil 3.36 Kanopi ve yapı formundaki boşluğun birlikte kullanımı [93]

Rüzgardan korunmak amacıyla yapılan kanopi tasarımlarının farklılaştırılıp, sıralı kolonlar ile desteklenmesi durumunda ise arkadlar meydana gelmektedir. Günümüzde arkadlar, vitrinlerin bulunduğu çarşılı geçitler olarak kullanılmaktadır. Ancak arkadlarda hava akımı, kanopilerden çok daha karmaşık hareket etmektedir. Arkad dışındaki pozitif basınç alanından, arkad içinde oluşan negatif basınç alanı doğru rüzgar hızlanarak hareket etmektedir. Yaya konforunu artırmaya yönelik yapılan arkadlar, bu noktada iyi tasarlanmadıkları durumlarda, yaya konforunu olumsuz etkileyen bir unsura dönüşmektedir. Arkadlar tasarlanırken, hızlanan rüzgardan korunmak için kolonlar arasının kapatılması ve sadece giriş-çıkış noktalarında açıklık bırakılması gerekmektedir. Çünkü arkad içine giren hızlanmış rüzgar köşe etkisini de tetikleyebilemektedir. Ayrıca arkadın giriş ve çıkış yönlerinin hakim rüzgar yönünde olması, arkadın kullanımının mevsimlere bağlı olarak yaya konforunda oluşturduğu etkiyi değiştirmektedir [93] . Sıcak iklimlerde arkadın rüzgar yönünde tasarlanması ve arkad içine rüzgar alınması yaya konforu açısından faydalı olabilirken, soğuk iklimlerde arkadın rüzgardan olabildiğince korunması için hakim rüzgar yönüne paralel inşa edilmesi gerekir. (Şekil 3.37)

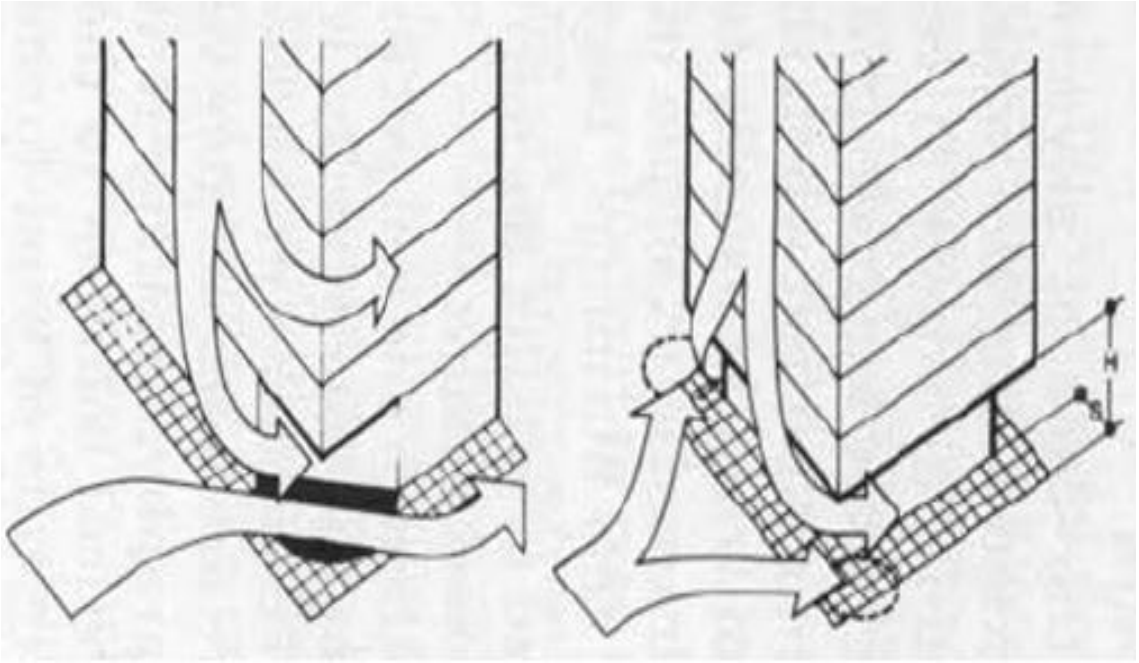


Şekil 3.37 Arkadın aşağı akım üzerine etkisi ve rüzgarın arkad içerisinde hızlanması [93]

Yüksek katlı yapı tasarımının, aşağı akım etkisine yönelik podyum, kanopi ya da arkad oluşturulmasına uygun olmadığı durumlarda ise girişlerin geriye çekilmesi ile yapı cephesinden ayrılıp yere çarpan rüzgardan korunmaya çalışılmaktadır. Yapının kendi formunda yapılan bir hareket ile yayalar için güvenli bir alan oluşturulması, ekstra bir üretime gerek olmaması nedeniyle ekonomik bir yöntem olarak görülmektedir. Ancak girişlerin geri çekilmesi ile rüzgardan korunmak her zaman etkili sonuçlar vermeyebilir. Geri çekilmenin genişliğine ve yükseklikliğine, bölgenin rüzgar karakteristliğine bağlı olarak geri çekilmelerin yaya konforuna olan etkisi değişiklik gösterebilmektedir. Minimum 3 metrelik bir geri çekilmenin yaya konforuna etkisi olmaktadır. 3 metreden daha az derinlikte yapılan geri çekilmelerin rüzgara olan etkisi oldukça sınırlıdır. Ayrıca geri çekilmelerin yapıldığı yönlerin, aynı arkad ve podyum tasarımlarında olduğu gibi, rüzgar yönüne dik olması gerekmektedir. Hakim rüzgar yönüne paralel yapılan bir geri çekilme, yaya seviyesinde yapı altında bir kanallaşma yaratıp hem rüzgar hızını arttırır hem de köşe etkisini tetikler. Yüksek katlı yapıların köşelerinde yapılan girişlerde olan geri çekilmeler ise kaçınılması gereken durumlardan biridir. Çünkü bu girişlerdeki geri çekilmeler, köşe etkisinin daha çok şiddetlenmesine neden olur [93] (Şekil 3.38) (Şekil 3.39).

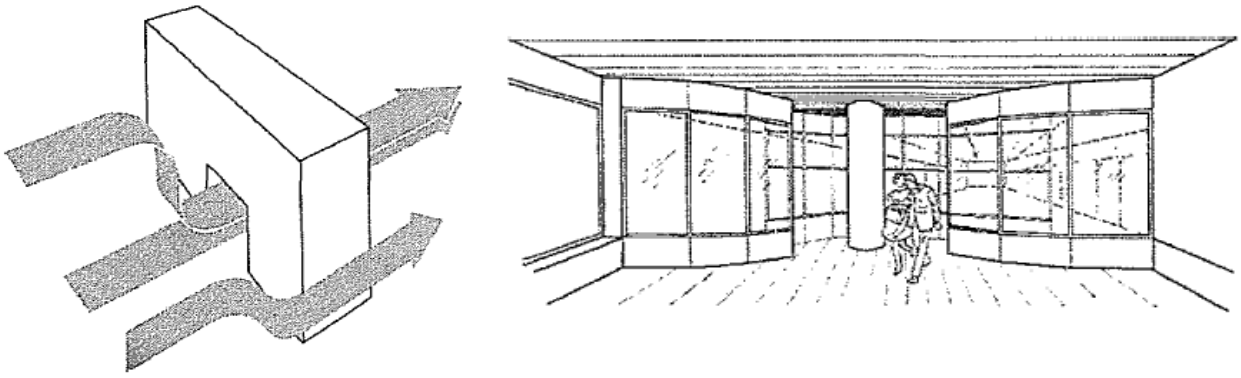


Şekil 3.38 Girişlerde yapılan geri çekilmeler ile aşağı akım etkisinin azaltılması [2]



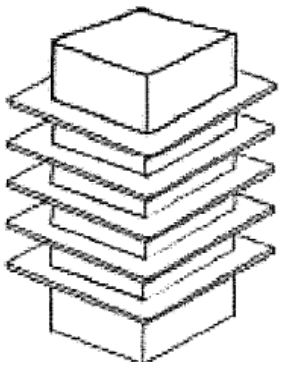
Şekil 3.39 Yaya konforu açısından girişlerde yapılmaması gereken geri çekilmeler [9]

Mimari tasarım unsuru olarak yapı girişlerinin önemi tüm tasarımcılar ve mimarlar için bilinen bir olgudur. Yapının çevresi ve kent ile olan ilişkisi yapı girişlerinden sağlanmaktadır. Bu noktada tasarımcı tarafından yüksek katlı yapıdaki girişlerin, pasajların içerisinden tasarlanması tercih edilebilir. Bu durumda yapı boyunca devam eden bir pasaj oluşturularak, giriş kapıları bu pasaj içerisine konumlandırılır. Pasajın hakim rüzgar yönünde olması durumunda, rüzgar pasaj içerisinde hızlanarak yapılarda kapıların açılmasını zorlaştıran bir etki gösterir. Hızlanan rüzgar pasaj içersindeki yaya konforunu da olumsuz etkiler. Aynı zamanda aşağı akım ekisiyle gelen rüzgar ile birleşerek, pasajlarda rüzgar açısından konforsuz durumlara neden olur. Aşağı akım etkisiyle 7 katlı bir yapının giriş pasajındaki yaya konforu %20, 16 katlı bir yapının giriş pasajındaki yaya konforu % 50 oranında olumsuz etkilenir. Sonuç olarak pasajlar konusunda en çok dikkat edilmesi gereken nokta, hakim rüzgar yönünde inşa edilmemeleridir. Hakim rüzgar yönünde bulunmasının engellenemediği durumlarda ise cam bir duvar ile pasaj girişinin kapatılarak, pasajın bir giriş koridoruna dönüştürülmesi sağlanmalıdır [93] (Şekil 3.40).



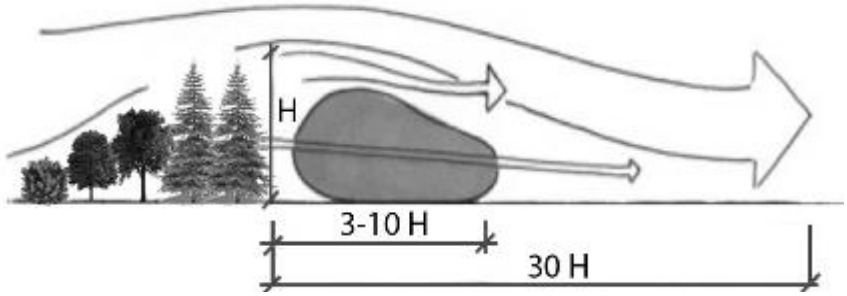
Şekil 3.40 Pasajlardaki rüzgar hareketi ve alınabilecek tedbirler [93]

Aşağı akım etkisinin yaya konforuna üzerinde yarattığı olumsuz etkinin yukarıda bahsedilen podyum, kanopi, arkad tasarımı ya da girişler ve pasajlar ile tasarım açısından çözümlenmemesi halinde, geriye aşağı akım nedeniyle oluşan rüzgarın hızını azaltacak önlemler kalmaktadır. Bu noktada tasarım açısından yapılabilecek müdahale, yapı cephesindeki pürüzlülüğün arttırılması yönünde olmalıdır. Örneğin yapı cephesi boyunca ilerleyen balkonlar, aşağı inen hava akımını kısmi olarak kesintiye uğratarak, rüzgarın hızlanmasına engel olacaktır. Başka bir önlem ise yapı cephesinin parçalanması ve bütünlüğü bozulan cepheyle birlikte rüzgarın da bütünlüğünün bozulmasıdır. Rüzgar tüneliyle yapılan testlerde, yüksek katlı yapı cephesinde yapılan bu manipülasyonların rüzgar hızını % 40'a varan oranlarda değiştirdiği tespit edilmiştir. Ancak yine rüzgarın aşağıya inerken engel üzerinden atlamasına engel olamak için balkon tasarımları ya da cephe hareketleri minimum 3 metre olarak tasarlanmalı ve cephe boyunca kesintisiz devam ettirilmelidir [93] (Şekil 3.41).



Şekil 3.41 Aşağı akım etkisini azaltan balkon tasarımı [93]

Yüksek katlı yapı çevresine yerleştirilmiş çitler, bölmeler, üst örtüler ve yoğun yapılı bitkiler yaya konforunu olumlu etkileyen özellik gösterebilmektedir. Üst örtüler çoğunlukla yağmurdan ve güneşten korunmak amacıyla tasarlanmış olsalar da, rüzgarın karakteristliğini ve hızını değiştirebilmekte, rüzgar kontrolü amacıyla da kullanılabilmektedirler. Başka bir yönden, yapı köşelerinde tasarlanan alçak duvarlar ya da çitler, yayaların köşe etkisiyle ortaya çıkan yüksek hızlı ve türbülanslı rüzgar bölgesinden uzak tutulmasını sağlar ve rüzgar hızını düşürülmesine yardımcı olur. Yapı çevresindeki rüzgarın hızlandığı belirlenen alanlarda kullanılan çitlerin kapladığı alana göre doluluk/boşluk oranının maksimum %50 olması durumunda, bu çitler rüzgar kesici özellik göstermekte, rüzgar kırıcı gibi davranmaktadır. Özellikle gözenekli çitler, rüzgardan koruma yönünden yaya konforuna önemli oranlarda etki etmektedir. Bitkiler ise aynı gözenekli çitler gibi davranmaktadır. Bitkilerin dal yapısı ve kendine özgü formu, rüzgarın hızını azaltan etki gösterebilmektedir. Rüzgar hızının düşürülmesi isteniyor ise, bitki seçiminde yaya seviyesinde sık dalları ve yaprakları bulunan çalılar ve ağaçlar tercih edilmelidir [93] (Şekil 3.42) (Şekil 3.43).



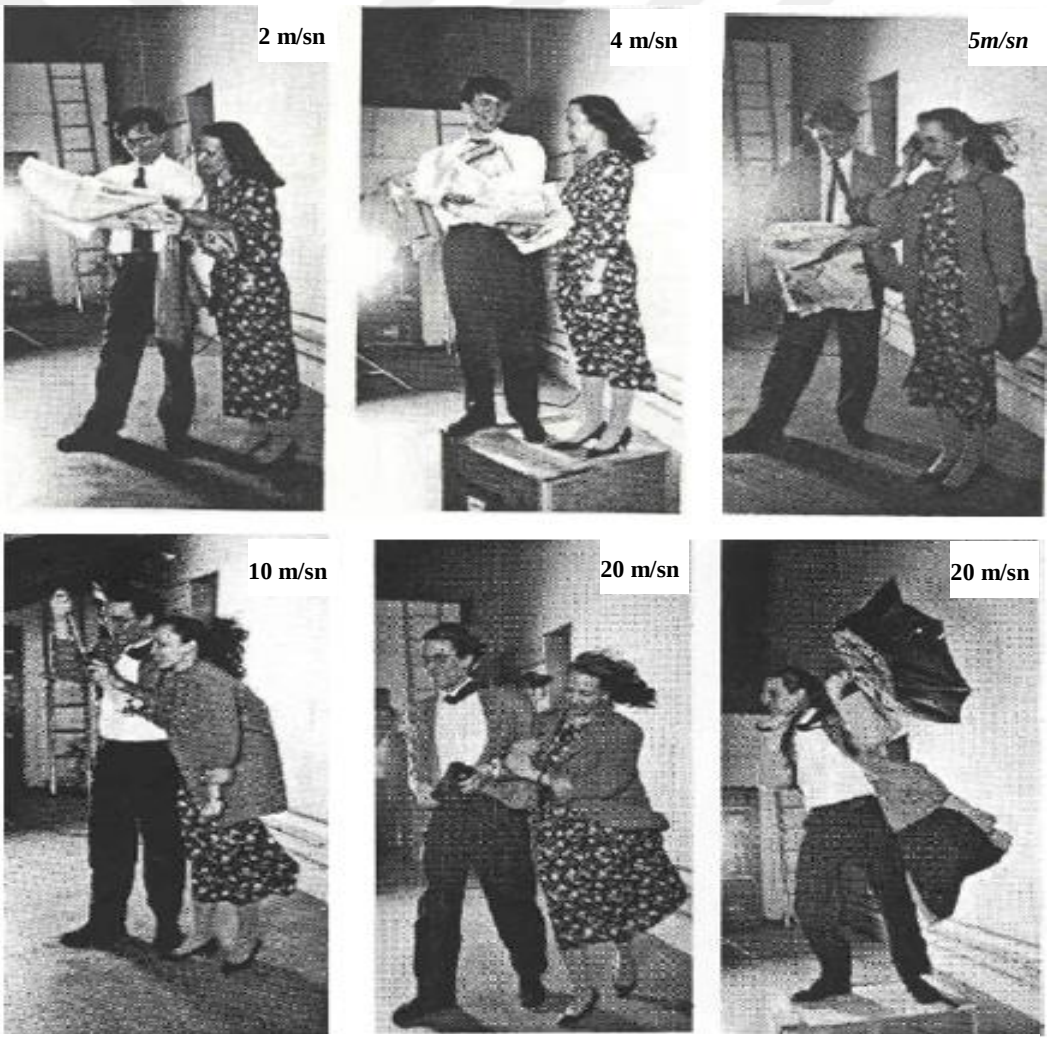
Şekil 3.42 Bitkilerin rüzgar kırıcı özellik göstermesi [124]



Şekil 3.43 Wellington Museum Hotel yapısı köşelerindeki hızlanmış rüzgar bölgelerinden yayaları uzaklaştıran duvar [62]

3.5 Rüzgar ve Yaya Konforu Kriteri İlişkisi

Rüzgar, yüksek katlı yapıların yönlendirmesiyle yapı çevresindeki yayaların konforunu etkileyerek, olumlu ya da olumsuz durumlar ortaya çıkarabilir. Yayaların bulunduğu alandaki kabul edilebilir rüzgar hızları, yayaların bu bölgede geçirdikleri zaman ve bu bölgenin işleviyle doğrudan ilişkilidir. Örneğin yürüyen ya da vitrinlere bakan yayalar, bir restoranın açık bölümünde oturan insanlara göre rüzgara daha fazla tolerans gösterebilir. Rüzgar hızları ve yayaların gösterebileceği toleranslar ile ilgili A.G. Davenport, T.V. Lawson, W.H. Melbourne, A.D. Penwarden tarafından farklı zamanlarda farklı kriterler ortaya koyulmuştur. Yapılan çalışmalarda yayaların çeşitli faaliyetler için açık mekanlardaki konforunu sağlayacak farklı "yaya konfor kriterleri"ne ulaşılmıştır [75] (Şekil 3.44).



Şekil 3.44 Rüzgarın yaya üzerindeki mekanik etkileri [48]

Yüksek katlı yapılar çevresinde hızlanan rüzgarın, insan vücudu üzerinde yarattığı mekanik etkiler ile ilgili ilk çalışmalar Melbourne tarafından oluşturulmuştur. Melbourne, Avusturalya'da eski kent dokusunda bulunan sokaklardaki rüzgar hızlarını incelemiş, kabul edilebilir rüzgar koşulları ve maksimum rüzgar koşulları hakkında irdelemelerde bulunmuştur. Melbourne çalışmalarında kendi kabullerini oluşturmuş ve rüzgarın insanı savrulabileceği basınç değerinin yarısı olan 16 m/sn'yi kabul edilebilir maksimum rüzgar hızı olarak almıştır. Ardından 1972 yılında Davenport, Melbourne'nun bu çalışmalarına dayanarak ve rüzgar hızını görsel olarak belirleyen Beaufort[5] skalasından faydalanarak yaya konfor kriteri tablosu oluşturmuştur [48] [209] (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Rüzgar hızını görsel etkilerle belirleyen Beaufort skalası [48] [135]

Beaufort No	Rüzgarın Tanımı	Hız		Rüzgarın Yaptığı Etki
		m/sn	km/sa	
0	Sakin	0-0.2	1	Duman dikine yükselir.
1	Esinti	0.3-1.5	1-5	Rüzgarın yönü rüzgar hızına göre değil, ancak duman hareketine göre anlaşılır.
2	Hafif Rüzgar	1.6-3.3	6-11	Rüzgar insan teninde hissedilir, yaprakları titreştirir.
3	Tatlı Rüzgar	3.4-5.4	12-19	Bayraklar hafif dalgalanır.
4	Orta Rüzgar	5.5-7.9	20-28	Rüzgar toz ve kağıt parçacıklarını uçurur.
5	Sert Rüzgar	8.0-10.7	29-38	Yapraklı küçük ağaçlar sallanmaya başlar, iç sularda tepeli dalgacıklar oluşur.
6	Kuvvetli Rüzgar	10.8-13.8	39-49	Büyük dallar sallanır, telgraf tellerinde ıslık sesleri işitilir, şemsiye taşımak güçleşir.
7	Fırtınaya Yakın	13.9-17.1	50-61	Bütün ağaçlar sallanır,rüzgara karşı yürümek güçleşir.
8	Fırtına	17.2-20.7	62-74	Rüzgar filizleri kırar,rüzgara karşı yürümek çok zordur.
9	Kuvvetli Fırtına	20.8-24.4	75-88	Zayıf yapılı binalarda hasar meydana gelir. Bacalar yıkılır, kiremitler uçar.
10	Kasırga	24.5-28.4	89-102	Karada nadir olur. Ağaçları kökünden söker, binalarda önemli zararlar yapar.
11	Şiddetli Kasırga	28.5-32.6	103-117	Ender rastlanır ve genişçapta hasara neden olur.
12	Harikeyn (Orkan	>32.6	>117	

[5] Beaufort rüzgar şiddeti skalası: Sir Kaptan Francis Beaufort tarafından bulunmuş olan ve gemicilikte rüzgar ve deniz durumunu görsel etkilere göre belirlemeye çalışan skaladır. Rüzgarların hızı ve şiddeti, Beaufort ölçeğinden yararlanılarak tahmin edilir. Rüzgar hızı ölçen ekipmanların gelişmesine rağmen denizcilik raporlarında halen kullanılmaktadır [208] "Baufort Skalası." https://tr.wikipedia.org/wiki/Beaufort_r%C3%BCzg%C3%A2r_%C5%9Fiddeti_skalas%C4%B1 (accessed Mayıs, 2019).

Davenport oluşturduğu tabloda, yayaların faaliyetleri ve rüzgarın esme sıklıkları arasındaki bağlantıyı incelemiştir. Buna göre rüzgarın yaya konforunu olumsuz etkileyecek şekilde estiği süre toplamı, toplam sürenin %5'ini geçmediği durumlarda, belirlenen faaliyetin yapılması yaya konforu açısından sorun teşkil etmeyecektir. Ancak ortalama rüzgar hızının maksimum değerinin estiği süre oranı %5'i geçtiği durumda ek önlemler alınmalı ya da yayanın faaliyeti değiştirilmelidir [75, 148] [210] (Tablo 3.2). Yayanın faaliyetinin değiştirilmesi, zemin kattaki mekanların işlevlerinin değişmesi anlamına da gelmektedir. Önceden restoran işleviyle uzun zaman geçirilen bir alan olarak planlanmış bir mekanın, rüzgarın olumsuz etkilerinden yayaların korunması amacıyla önünden geçilip gidilen bir mağaza işlevine evrilmesini gerektirmektedir.

Tablo 3.2 Davenport'un yaya konforu kriteri
([75] nolu kaynaktan yazar tarafından çevrilmiştir.)

Sınıflandırma	Yaya Aktivitesi	Max. Rüzgar Hızı Ortalaması (%5 aşılma)
Hızlı yürüyüş	Ana yürüyüş yolundaki yürüyüşler	7.5-10 m/sn
Yavaş yürüyüş	Gezinme, paten kayma	5.5-7.5 m/sn
Kısa zamanlı aktiviteler	Bir meydanda kısa süreli oturma, gezinme, vitrin izleme	3.5-5.5 m/sn
Uzun zamanlı aktiviteler	Restoranın açık bölümünde oturma, açıkhava tiyatrosu izleme, parkta oturma	< 3.5 m/sn

1975'te Penwarden, Lawson ile birlikte Beaufort skalasının geliştirilmiş bir versiyonu olan çalışmasını yayınlamıştır. Penwarden'in tablosu, farklı rüzgar hızlarının yaya üzerindeki etkilerini açıklamaktadır. Davenport'un çalışmasındaki gibi Penwarden de konforsuz süre oranını % 5 olarak baz almıştır. Penwarden'in tablosunda Beaufort No 1-4 arası konforlu, Beaufort No 5 konforsuz, Beaufort No 6-8 artış gösteren rüzgar, Beaufort No 9 tehlikeli olarak tanımlanmıştır [119] [75] (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Penwarden'in konfor kriteri çalışması
([119] nolu kaynaktan yazar tarafından çevrilmiştir.)

Beaufort No	Rüzgar tipi	Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	Etkisi
1	Sakin, çok hafif rüzgar	0-1.5	Sakin, farkedilmeyen hava akımı
2	Hafif rüzgar	1.6-3.3	Rüzgar insan yüzünde hissedilir.
3	Ilımlı rüzgar	3.4-5.4	Saçlar dalgalanır, etekler havalanır.
4	Orta kuvvette rüzgar	5.5-7.9	Tozlar havalanır, toprak kurur, kağıtlar uçar,saçlar karışır.
5	Şiddetli rüzgar	8.0-10.7	Rüzgarın gücü insan vücudunda hissedilir.
6	Güçlü rüzgar	10.8-13.8	Şemsiye kullanımı zorlaşır, saçlar havalanır, sabit yürümek zorlaşır, rüzgar sesi rahatsız eder.
7	Sert rüzgar	13.9-17.1	Yürümek zorlaşır.
8	Fırtına	17.2-20.7	İlerlemeyi engeller, denge kayıpları oluşturur.
9	Güçlü fırtına	20.8-24.4	İnsanlar savrulur.

Lawson 'ın çalışmaları sonucu 1973'te ortaya çıkan yaya konforu kriteri ise Beaufort skalasını temel alan yapı göstermektedir. Lawson, rüzgar hızlarını Beaufort numaralarına göre tanımlayıp, mekanların işlevlerinin bu rüzgar hızına uygunluğunu tolere edilebilir ve kabul edilemez olarak ele almıştır. Aynı zamanda her işlev için farklı bir konforsuz süre oranı tanımlamıştır. Kabul edilebilir alanlar; rüzgarın mekanik etkilerinin hissedilmediği ortamlardır. Tolere edilebilir alanlarda, rüzgar yayaları bazı zamanlarda olumsuz etkilemektedir. Kabul edilemez rüzgar hızları oluşan alanlar ise, yaya konforunu olumsuz etkileyecek hızdaki rüzgarların sıklıkla estiği alanlardır. Lawson tolere edilebilir ve kabul edilemez kriterlerini açıklamak için karşılıklı 2 süpermarketin giriş kapısındaki rüzgar hızını örnek vermektedir. A süpermarketinin girişinin kabul edilemez alanda, B süpermarketinin girişinin tolere edilebilir alanda olması durumunda, A

süpermarketine giden bir müşterinin sıklıkla rahatsız olacağı rüzgarla karşılaşması nedeniyle, rahatsız olacağı rüzgarla karşılaşmama ihtimali olan B süpermarketini tercih edeceğini söyler. Halbuki B süpermarketinde bazı zamanlarda rüzgar hızı kabul edilemez seviyesine bile ulaşmaktadır. Ancak bunun sık sık gerçekleşmemesi, B süpermarketinin girişinin tolere edilebilir olmasını sağlamaktadır [7] [75].

Tablo 3.4 Lawson'ın konfor kriteri çalışması (1973)
([7] nolu kaynaktan yazar tarafından çevrilmiştir.)

Alan	Kabul edilemez	Tolere edilebilir
Yollar ve otoparklar	%6 > B5	%6 > B5
Yapıların çevresi	%2 > B5	%2 > B4
Yaya yolları	%4 > B4	%6 > B3
Yayaları ayakta bulunduğu alanlar	%6 > B3	%6 > B2
Giriş kapıları	%6 > B3	%4 > B2
Oturma alanları	%1 > B3	%4> B2

Tablo 3.4'te görüldüğü gibi, oturma alanları için rüzgarın yarattığı Beaufort 3 nolu etkisinin (Tablo 3.1), konforsuz süre oranının %1'den fazla olması kabul edilemez iken, Beaufort 2 nolu etkisinin konforsuz süre oranının % 4 olması tolere edilebilir. Aynı şekilde yapıların çevresi için baktığımızda, Beaufort 5 nolu olarak derecelendirilen bir rüzgarın esme sıklığına bağlı olarak yarattığı konforsuz süre oranının %2'den fazla olması kabul edilemez iken, Beaufort 4 nolu olarak derecelendirilen rüzgarın konforsuz süre oranının %2 olması tolere edilebilirdir.

Lawson 1975'te, oluşturduğu konfor kriterleri tablosunu sadeleştirmiştir. Çağdaşları Davenport ve Penwarden gibi konforsuz süre oranının %5 olarak alındığı ve buna bağlı olarak rüzgar hızlarını tanımladığı LDDC yaklaşımını ortaya atmıştır. Konfor kriterlerinin yanında güvenlikle ilgili de sorunlara değinen Lawson; yayaların güvenliğini tehlikeye atması nedeniyle, rüzgar hızının yıllık ortalamasının 15m/sn'ye ulaşması durumunda bu bölgelerde ana yürüyüş yolları ve kamunun kullanımına açık alanlar tasarlanmasından kaçınılmasını; 20m/sn'ye ulaşması durumunda ise sadece teras, balkon gibi kötü hava koşullarında daha az kullanılan ve kamusal olmayan mekanların oluşturulmasını önermiştir [7] [75] (Tablo 3.5). .

Tablo 3.5 Lawson'ın konfor kriteri çalışması (1975)
([7] nolu kaynaktan yazar tarafından üretilmiştir.)

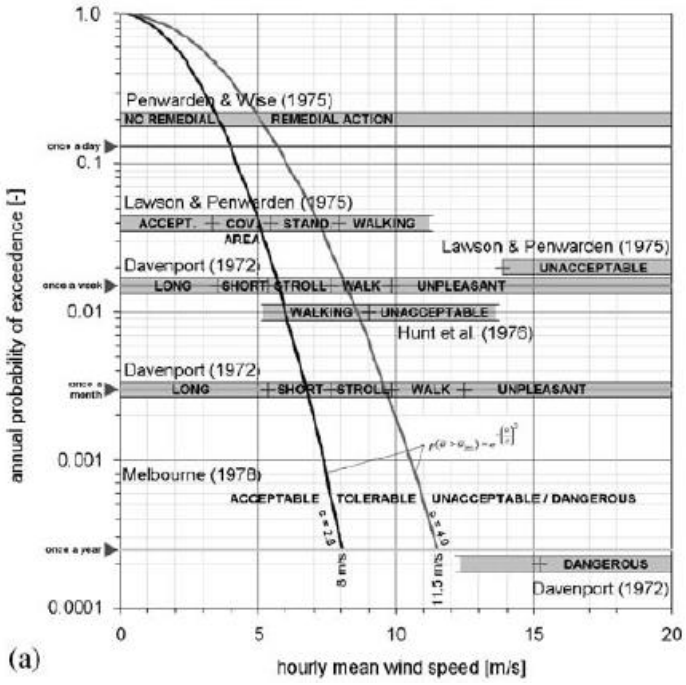
Kriter	Sınıflandırma	Yaya Aktivitesi	Max. Rüzgar Hızı Ortalaması (%5 aşılma)
konfor kriteri	Bir iş için yürüme	A noktasından B noktasına ulaşmak amacıyla yürümek	8-10 m/sn
	Yayanın yürümesi	Yavaş bir gezinti yürümesi	6-8 m/sn
	Ayakta bekleme	Kısa zamanlı olarak bulunma	4-6 m/sn
	Oturma	Uzun zamanlı olarak bulunma	< 4 m/sn
			Yıllık Max. Rüzgar Hızı Ortalaması
güvenlik kriteri	Her hava koşulunda kullanılan mekanlar	Kamusal kullanımı olan alanlar, yapı girişleri, yürüme yolları	15 m/sn
	İyi hava koşullarında kullanılan mekanlar	Özel kullanımı olan alanlar, balkonlar, teraslar	20 m/sn

Rüzgarın yayalar üzerindeki mekanik etkileriyle ilgili çalışan Melbourne ise 1978'de çevresel rüzgarın değerlendirilmesine yönelik bir dizi kriter ortaya atmıştır. Oluşturulan kriterler için, 10-30 derece arasındaki hava sıcaklığında dış ortam koşullarına uygun giyinmiş insanlar baz alınmıştır. Bu kriterlerde yıllık konforsuz süre oranı ve yıllık max. rüzgar hızı ele alınmıştır. Bu sebeple Melbourne'ın kriterleri, diğer araştırmacılar tarafından önerilen kriterlerden daha tutucudur ve güvenli sınırlar içinde kalma eğilimindedir. Çünkü rüzgarın insan üzerinde yaratacağı etkilerin daha şiddetli olacağını düşünmektedir. Melbourne, kent içindeki tüm alanlarda %15'lik türbülans değeri öngörmüştür, ancak yapılan çalışmalar kent içindeki türbülans değerlerinin %20-60 arasında olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu noktada Melbourne'un türbülans değeri yetersiz kalmıştır [75] [113] (Tablo 3.6).

Tablo 3.6 Melbourne'un konfor kriteri çalışması
([113] nolu kaynaktan yazar tarafından üretilmiştir.)

Sınıflandırma	Yaya Aktivitesi	Yıllık Max. Rüzgar Hızı
Güvenlik sınırı	Tamamen kabul edilemez, insanları savurur.	> 23 m/sn
Marjinal sınır	Ana yürüyüş yollarında kabul edilemez	16-23 m/sn
Konforlu yürüme	Ana yürüyüş yollarında kabul edilebilir	13-16 m/sn
Kısa zamanlı bulunma	Yürüme, vitrin inceleme, meydanda kısa süreli oturma için kabul edilebilir	10-13 m/sn
Uzun zamanlı bulunma	Restoranın açık kısmında oturma, açıkhava tiyatrosu izleme için kabul edilebilir.	< 10 m/sn

Davenport, Lawson, Melbourne ve Penwarden'in kriterlerinin bir çok yönü olduğundan, karşılaştırma yapılması zorlu bir durumdur. Şekil 3.45'te adı geçen araştırmacılara ait saatlik ortalama rüzgar hızı ve yıllık konforsuz süre oranlarına bağlı karşılaştırma görülmektedir [126]. Ancak temelinde tüm çalışmaların Beaufort ölçeğini esas alarak, rüzgarın yayalar üzerindeki mekanik etkilerini ve bunların ortaya çıkardığı sorunları ortaya koyduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 3.45 Farklı araştırmacıların farklı konfor kriterlerinin karşılaştırılması [126]

Geçmişte yaya konfor kriterlerindeki farklı araştırmacıların farklı yaklaşımları ve kabulleri standart haline getirilememiş, yukarıda adı geçen isimler haricinde de birçok yaya konfor kriteri ortaya atılmıştır. Bu noktadaki bilimsel açığın kapatılması adına Hollanda Normalizasyon Enstitüsü (NEN); yerel yönetimleri, mimarları, şehir plancılarını, proje yöneticilerini ve rüzgar konusunda çalışma göstermiş bilim adamlarını çağırarak bir çalışma başlatmıştır. Çalışmaya 8 Hollanda kenti, 3 Rüzgar Tirbüni Enstitüsü ve rüzgar ile ilgili birçok kuruluş katkıda bulunmuş ve 2007 yılında NEN-8100 yayınlanmıştır [143]. NEN-8100'de yerden 1.5 metre yukarıdaki saatlik ortalama rüzgar hızının esas alınmıştır. Rüzgar hızı için konfor değeri olarak 5m/sn, güvenlik değeri olarak 15m/sn belirlenmiştir. Farklı aktiviteler için konforsuz süre oranları ise yıllık konfor sınırının aşılma olasılığı değeri olarak A-E arası derecelendirilmiştir. Seçilen faaliyette yaya konforu için, ortalama rüzgar hızı olan 5 m/sn'nin aşılma olasılığının, Tablo 3.7'de verilen aşılma olasılığından küçük olması gerekmektedir. Aynı şekilde tehlike oluşturabilecek durumların önlenmesi için, ortalama rüzgar hızı olan 15 m/sn'nin aşılma olasılığı, Tablo 3.7'deki aşılma olasılığıyla karşılaştırılması gerekmektedir [115].

Tablo 3.7 NEN-8100 yaya konfor kriteri [115] [143] [135]

P (U>5 m/s) < P_{max} olmak üzere; P_{max} Yıllık saat yüzdesi (%)	Derece	Aktivite Düzeyi		
		Hızlı Yürüme	Gezinme	Oturma
< 2.5	A	İyi	İyi	İyi
2.5 – 5	B	İyi	İyi	Tolere Edilebilir
5 – 10	C	İyi	Tolere Edilebilir	Kötü
10 – 20	D	Tolere Edilebilir	Kötü	Kötü
> 20	E	Kötü	Kötü	Kötü

Tehlike İçin;

P (U>15 m/s) < P_{max} olmak üzere; P_{max} Yıllık saat yüzdesi (%)	Bütün Aktivite Düzeyleri İçin Tehlike
≤ 0.3	Risk Limiti
> 0.3	Tehlike

Tablo 3.7'de görüldüğü gibi, rüzgarın, konfor kriteri için sabit olarak alınan 5 m/sn'yi esme sıklığı olarak hangi oranda aştığı önem kazanmaktadır. Örneğin, gezinme faaliyeti için; rüzgarın 5 m/sn'lik hızını, konforsuz süre olarak % 5 oranında aşması iyi (A-B); %5-10 oranında aşması tolere edilebilir (C); %10 oranından fazla aşması ise kötüdür (D-E) .

4

Alan Çalışması : Emaar AVM – Residence Projesi ve İstanbul Anadolu Yakası Rüzgar Verileri

Rüzgarın yüksek katlı yapılar üzerinde oluşturduğu kuvvetler ve yüksek katlı yapıların rüzgar karakteristliğiyle hızına olan etkisi bilinen bir olgudur. Yüksek katlı yapıların yönlendirdiği çevresel rüzgarın yaya konforu üzerinde yaratacağı etki ve bu etkilere yönelik alınabilecek önlemlere önceki bölümlerde değinilmiştir. Bu bölümde, rüzgar ve yapı etkileşimlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan yaya konforu yönünden örnek bir yapı grubu incelenmiştir. Alan çalışması için seçilen yüksek katlı yapı grubunun zemin kat kullanımındaki işlevi, yoğun yaya kullanımı öngörülen bir alışveriş merkezidir. Projedeki yüksek katlı yapıların yönlendirdiği rüzgarların, zemin kat kullanımına yaya konforu yönünden etkisi irdelenmiş, mevcut durum ortaya koyulmuştur. Mevcut durumun saptanmasında İstanbul Anadolu yakasındaki hakim rüzgar yönü ve hızı kullanımıştır.

4.1 İstanbul Anadolu Yakası Rüzgar Verileri

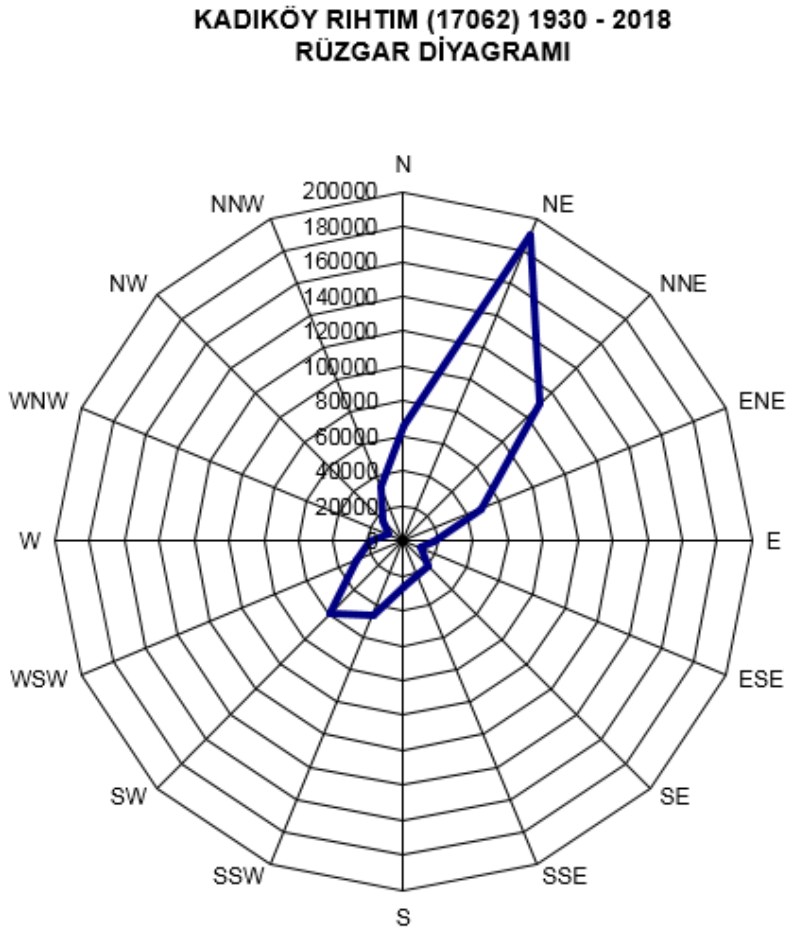
Kadıköy Rıhtım İstasyonu'ndan elde edilen verilere göre[6] bölgede maksimum hızda esen rüzgar yönleri farklılık göstermekle birlikte hakim rüzgar yönü kuzey doğu (NE) yani poyrazdır. Tüm aylarda kuzey doğu rüzgarı yaklaşık yüzde %20 ve üzerinde esme sıklığındadır. Poyraz, kışın kar ve soğuk getirirken yazın serinlemeye yardımcı olur. Sıcak yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos), %26-34 arasında poyraz eserken, kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat) ise poyraz yaklaşık %20 oranında esmektedir. Yıllık olarak ise %24 oranında poyraz rüzgarına maruz kalınmaktadır. Aylık rüzgar hızı ise yaz aylarında 2.2 – 2.5 m/sn iken kış aylarında belirgin bir şiddetlenme göstermeyerek yine 2.5–2.6 m/sn arasında seyretmektedir. Yıllık ortalama rüzgar hızı 2.3 m/sn olarak ölçülmüştür (Tablo 4.1). Yaz ve kış

[6] Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık bölümüne yapılan dilekçeli başvuru üzerine, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından 09.05.2019 tarih ve E.1905090229 sayılı yazısıyla T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden talep edilerek sağlanmıştır.

verileri arasında yön, esme sıklığı ve hız olarak önemli değişiklikler olmadığından, analizler mevsimden bağımsız olarak yapılmıştır.

Rüzgarın aylık olarak esme sayısı baz alınarak rüzgar gülü diyagramları oluşturulabilmektedir. MGM 'den gelen uzun dönem bülten raporları incelenerek, rüzgarın aylara ait farklı yönlerdeki esme sayılarına ulaşılmıştır (Tablo 4.2). Oluşturulan rüzgar gülleri ve rüzgarın yaptığı yön değişimleri aylık rüzgar gülü diyagramlarında görülebilmektedir (Şekil 4.2). Yıllık rüzgar gülü diyagramı ise Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Rüzgar gülü diyagramlarından ve alınan verilerden okunulan sonuçlar ile tez kapsamında Emaar AVM-Residence Projesine ait analizler, hakim rüzgar yönü Kuzeydoğu (NE) olarak yapılmıştır.



Şekil 4.1 Kadıköy Rıhtım İstasyonu hakim rüzgar yönü ve yıllık rüzgar gülü diyagramı

(Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilerle, yazar tarafından üretilmiştir.)

Tablo 4.1 1930 -2018 yılları arası Kadıköy Rıhtım İstasyonu Hakim Rüzgar Yönü ve Esme Yüzdesi
(Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilerle, yazar tarafından üretilmiştir.)

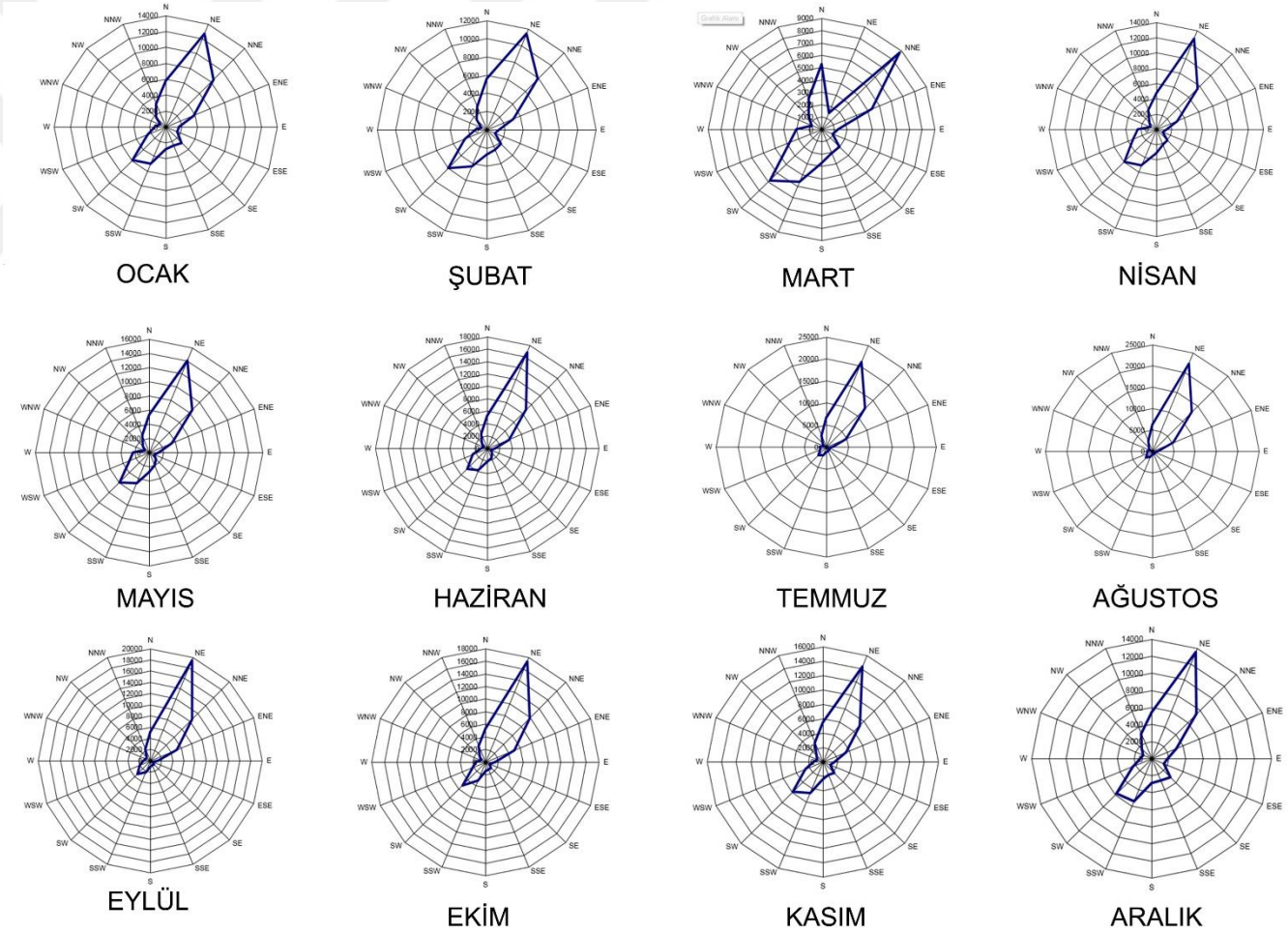
T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü														
UZUN YILLAR RÜZGAR BÜLTENİ 1930 - 2018 **17062 - KADIKÖY RIHTIM Enlem: 40.9883 Boylam: 29.019 Yükseklik: 5.0 m**														
Parametre	**Rasat S. (YIL)**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Aralık**	**YILLIK**
Aylık Ortalama Rüzgar Hızı (m÷sn)	89	2.6	2.6	2.4	2.2	2.1	2.2	2.5	2.5	2.2	2.1	2.2	2.5	2.3
Aylık Maksimum Rüzgar Hızı (m÷sn)	89	27.4	27.4	24.8	21.8	21.0	25.2	27.7	19.7	20.4	23.2	25.8	27.0	27.7
Aylık Maksimum Rüzgar Yönü ve Hızı (m÷sn)	61	NNE 27.4	SW 27.4	SSW 24.8	N 21.8	NNE 21.0	NNE 25.2	NW 27.7	N 19.7	NW 20.4	NNW 23.2	SSW 25.8	N 27.0	NW 27.7
Aylık Maksimum Rüzgarın Kayıt Edildiği Tarih (Gün-Ay-Yıl)	61	09/01/1975 17:19	26/02/1973 09:40	15/03/2013 02:27	11/04/1992 11:30	15/05/1992 15:05	01/06/1990 14:01	20/07/1973 02:44	15/08/1974 06:54	23/09/2014 12:59	17/10/1989 10:38	29/11/1985 03:00	08/12/1991 06:25	20/07/1973 02:44
Aylık Hakim Rüzgar Yönü ve Yüzdesi (%)	89	NE 19.35	NE 19.07	NE 21.51	NE 20.12	NE 21.68	NE 26.55	NE 31.60	NE 33.79	NE 30.85	NE 26.14	NE 22.43	NE 20.59	NE 24.47

Tablo 4.2 1930 -2018 yılları arası Kadıköy Rıhtım İstasyonu Yönlere Göre Rüzgar Esme Sayısı.
(Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilerle, yazar tarafından üretilmiştir.)

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü

UZUN YILLAR RÜZGAR BÜLTENİ 1930 - 2018
17062 - KADIKÖY RIHTIM Enlem: 40.9883 Boylam: 29.019 Yükseklik: 5.0 m

Yön	Rasat S. (YIL)	Aylık Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı												YILLIK
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
N	89	5799	5597	5269	4708	5328	5261	6683	6237	5134	5338	5457	5433	66244
NE	89	12710	11441	14154	12839	14067	16757	20852	22168	19444	17237	14291	13551	189511
NNE	89	8429	7923	8793	7561	8529	8827	12529	13100	10558	9871	7182	7438	110740
ENE	89	3737	3185	4325	2943	3455	3741	4851	5294	5152	4971	3494	3103	48251
E	89	1687	1336	1327	1394	1348	1302	1472	1390	1381	1549	1602	1904	17692
ESE	89	1551	998	948	878	728	590	495	497	612	768	1105	1567	10737
SE	89	2827	2160	1964	2006	1320	1070	935	660	872	1273	2198	3125	20410
SSE	89	2513	2348	2074	2200	1911	1702	971	755	895	1204	1941	2779	21293
S	89	2774	2696	2734	3121	2718	2131	1198	710	1013	1448	2426	2838	25807
SSW	89	4956	4361	4561	5106	4645	3763	1969	1422	2167	3093	4636	5418	46097
SW	89	5879	5973	5844	5966	5943	4610	2548	2064	3292	5153	5866	5767	58905
WSW	89	2465	2587	2779	3309	3011	2558	1428	1385	1997	2086	2604	2426	28635
W	89	1342	1239	1992	2462	2241	1961	1459	1264	1160	1598	1344	1275	19337
WNW	89	793	638	844	839	687	691	630	584	808	782	841	1046	9183
NW	89	1712	1591	1438	1308	1300	1279	1246	1090	947	1284	1307	1608	16110
NNW	89	3130	2807	2719	2717	2637	2613	2847	2697	2288	2743	2897	3122	33217



Şekil 4.2 Kadıköy Rıhtım İstasyonu aylara göre hakim rüzgar yönleri ve rüzgar gülü diyagramları (Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilerle, yazar tarafından üretilmiştir.)

4.2 Emaar AVM – Residence Proje Bilgileri

Emaar Avm-Residence Projesi; 5 yıldızlı bir otel, alışveriş merkezi, ofis bloğu, yatay ve dikey konut bloklarından oluşan kompleks ve çok fonksiyonlu bir yapıdır (Şekil 4.3) İstanbul, Üsküdar'da, Ünalan semtinde ve Libadiye Caddesi üzerinde bulunmaktadır (Şekil 4.5) (Şekil 4.6). Ofis ve konut bölgesinin yapımı 2017'de, otel bölgesinin ise 2019'da tamamlanmıştır (Tablo 4.3). Otel bloğu olan Emaar Square The Address Hotel & Residences Yapısı, Norman Foster tarafından tasarlanmıştır. Diğer blokların ise konsept tasarımı KTGY Architecture+Planning tarafından yapılırken, tasarımı İKİ design Group'a aittir (Şekil 4.4). Karma işlevli bu komplekste en yüksek katlı yapı olan Emaar Square The Address Hotel & Residences, İstanbul'un beşinci , Anadolu yakasının ikinci en yüksek yapısıdır [86].



Şekil 4.3 Emaar Avm- Residence Projesi

Tablo 4.3 Emaar AVM-Residence Projesinde yer alan yapılar
([86] numaralı kaynaktan yazar tarafından üretilmiştir.)

	Yapı İsmi	Yükseklik	Kat adedi	Tamamlanma Yılı	İşlev
1	Emaar Square The Address Hotel & Residences	229.4	50	2019	ticari-otel-konut
2	Emaar Square Heights Residences	157	34	2017	ticari- konut
3	Emaar Square Office Tower	142.1	30	2017	ticari- ofis
4	Emaar Square Residences A	70.2	14	2017	ticari -konut
5	Emaar Square Residences B	69.6	15	2017	ticari -konut
6	Emaar Square Residences D	62.2	14	2017	konut
7	Emaar Square Residences C	69.6[7]	15	2017	ticari -konut



Şekil 4.4 Emaar Avm- Residence Projesi blokları

[7] Belirtilen kaynakta, Emaar Square Residences C Blok'un yapı yüksekliği verilmemiştir. Bu sebeple ilgili alana aynı kat adedindeki Emaar Square Residences B Blok'un yüksekliği yazılmıştır.



Şekil 4.5 Emaar Avm- Residence Projesi Konumu ve Ölçüm İstasyonu Konumu [61]



Şekil 4.6 Emaar Avm- Residence Projesi Konumu ve çevredeki ulaşım aksları (İBB'den alınan yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarıyla yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Emaar Avm – Residence Projesi'nde toplam 48.000 metrekarelik ofis işlevli mekan bulunmaktadır. Projenin başka bir işlevi olarak, 78-645 metrekare arasında değişen 320 adet konut inşaa edilmiştir. 150.000 metrekarelik alışveriş merkezinde ise bir akvaryum ve 490'dan fazla ticari mekan ile 105 restoran bulunmaktadır. Emaar Square The Address Hotel & Residences ise 19600 metrekare mekana sahip otel ve konut fonksiyonu içermektedir [61] .



Şekil 4.7 Kent dokusu içerisinde Emaar Avm- Residence projesi [61]

Emaar Avm- Residence projesinin yapıldığı konum ulaşım olarak oldukça önemli akslar üzerinde bulunmaktadır. Her iki boğaz köprüsüne de ulaşan TEM otoyolu üzerinde ve Avrupa yakasına hızlı geçiş için yapılan Avrasya Tüneli'ne 7 km uzaklıktadır. Konumunun ulaşımla igili elverişli durumu ve proje içerisinde ofis işlevleri için ayrılan alanın metrekare olarak büyüklüğü, projenin ofis işlevi yönünü güçlendirmektedir [211].

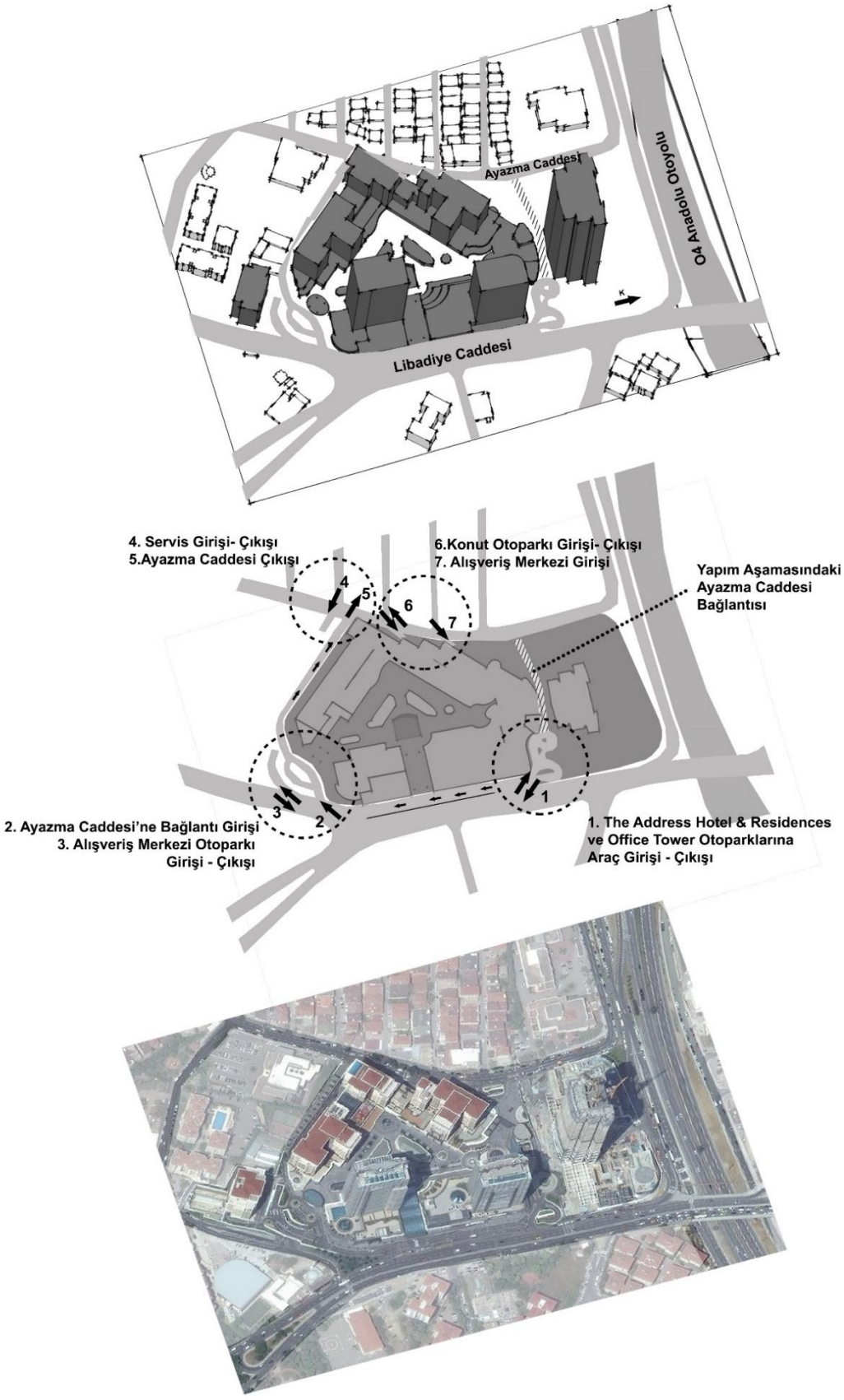
4.2.1 Yaya ve Araç Girişleri

Emaar Avm-Residence Projesi için düzenlenmiş yaya ve araç girişleri Libadiye Caddesi ve Ayazma Caddesi üzerinden verildiği görülmektedir.

D100 otoyolu ve O4 otoyolu arasında kalan Libadiye Caddesi'nde genellikle yoğun bir trafik akışı bulunmaktadır. Bu sebeple araçların, ana giriş olan yaya girişi-1'e rahatça yanaşabilmesi, The Address Hotel & Residences ve Office Tower otoparkından çıkan araçların trafiği aksatmadan Libadiye Caddesi trafiğine dahil olabilmesi, Avm otoparkına giriş çıkış yapabilmesi ve Ayazma Caddesi'ne ulaşan bağlantı yolunu kullanabilmesi amacıyla Libadiye Caddesi üzerinde bölünmüş bir yol yapılmıştır. Şekil 4.8'de görülen 1 numaralı araç girişi, The Address Hotel & Residences ve Office Tower arasından sağlanmıştır ve yapıların yeraltı otoparkına ulaşmaktadır. 1 numaralı araç girişinin The Address Hotel & Residences yapısı önünden devam ettirilip, Ayazma Caddesi'ne bağlanan bir bağlantı yolu planlandığı görülmektedir. Ancak The Address Hotel & Residences yapısının devam eden inşaa çalışmaları nedeniyle Otel ve Avm arasında kalan bölüm trafiğe kapalıdır. Şekil 4.8'deki 3 numaralı giriş ise Heights Residences önünden geçerek bir rampayla yer altı otoparkına ulaşmaktadır. Bu girişten Avm kullanıcılarına ve konut misafir otoparklarına ulaşım sağlanabilmektedir. Ayrıca yaya girişi-2'nin önünde bir cep yaparak, Residence A ve B arkasından geçen ve Ayazma Caddesi'ne bağlanan yola da bu girişten ulaşılabilmektedir (Şekil 4.8).

Ayazma Caddesi trafik yoğunluğu olarak Libadiye Caddesi'nden daha sakindir. Bu sebeple servis girişleri Ayazma Caddesi üzerinden düzenlenmiştir (araç girişi-4). Servis girişi bir tünel gibi düzenlenmiş olup, cadde seviyesinden ayrıldıktan sonra aşağı eğimli bir rampayla çözümlenmiştir. Ayrıca Ayazma Caddesi'nden konut otoparkına doğrudan giriş çıkış da sağlanmıştır (araç girişi-6). Avm otoparkına ulaşan bir giriş de bu cadde üzerinden verilerek aracıyla gelen Avm kullanıcısına alternatif sağlanmıştır (araç girişi-7).

Araçların yayalar ile en çok Libadiye Caddesi üzerindeki yaya girişi-1 ve yaya girişi-2 noktalarında karşılaştıklarını söylemek mümkündür. Ancak Avm'nin ulaşılabilirliği ve tüm kullanıcılara hitap etmesi gerekliliği göz önüne alındığında, bu durumun yarattığı olumlu ve olumsuz yönler tartışmaya açık bir hale gelmektedir.



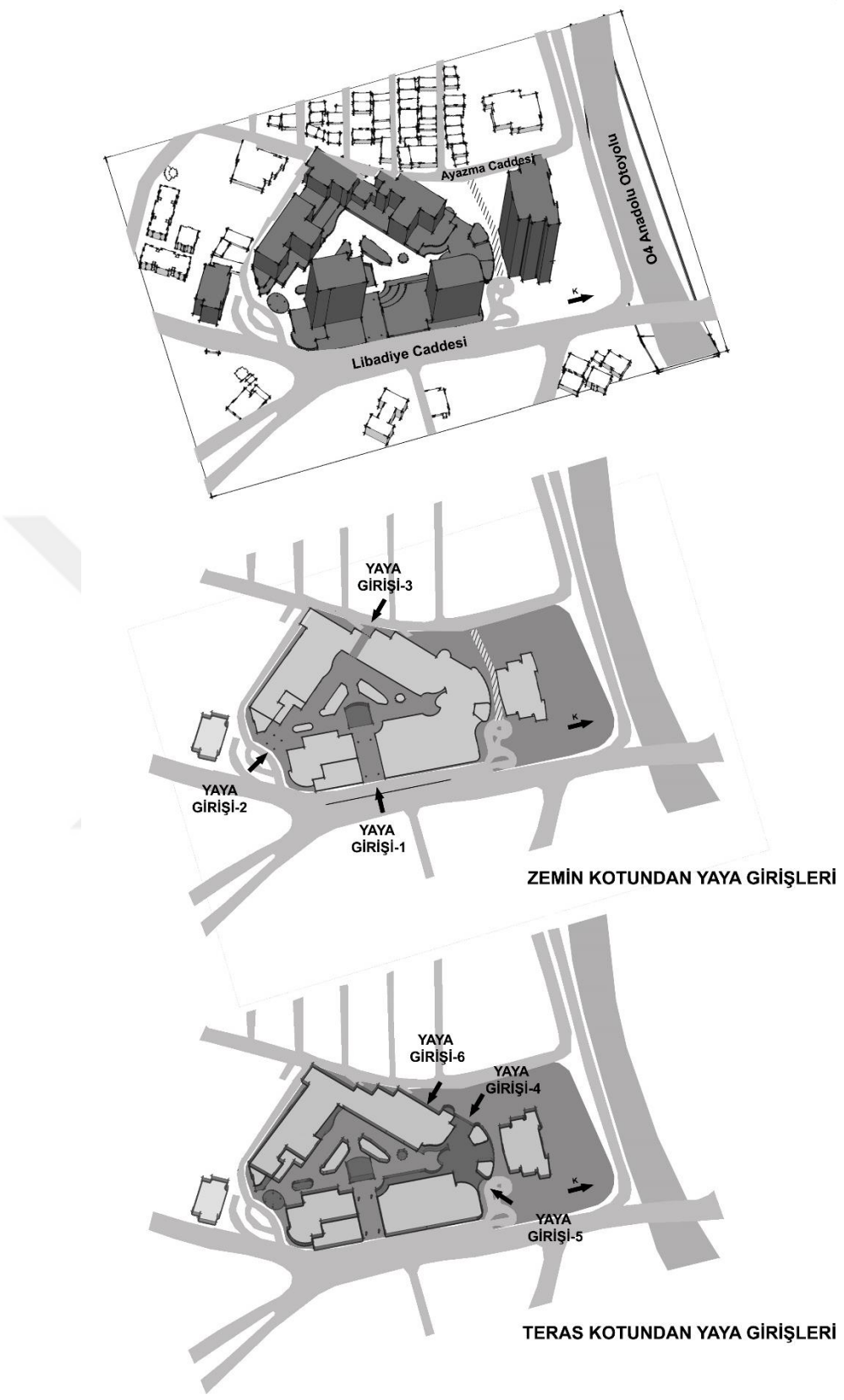
Şekil 4.8 Emaar Avm-Residence araç girişleri
(Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Yaya girişlerinde ise 2 farklı kot kullanımı mevcuttur. Proje alanının eğimli yapısından dolayı The Address Hotel & Residences ve Office Tower tarafındaki girişlerden teras alanına, Heights Residences ve konut blokları tarafındaki girişlerden ise zemin kata ulaşılmaktadır (Şekil 4.9).

Ana giriş olarak tanımlanan yaya girişi-1, Heights Residences ve Office Tower arasından bir üst örtüyle kapatılmış yarı açık bir koridor olarak tasarlanmıştır. Yaya girişi-2, konut bloklarına olan yakınlığı nedeniyle bir lobi bulundurmaktadır. Bu girişe, çevresi cam ile kapatılmış bir hazırlık mekanı yapılmış, gelenlerin iklim koşullarından etkilenmeden bekleyebilmesine imkan verecek bir mekan oluşturulmuştur. Yaya girişi-3 ise, Ayazma Caddesi üzerinden gelen yayaların, Residence B nin zemin katında oluşturulmuş giriş ile Avm içerisine alınmasını sağlamaktadır. Yaya girişi-1,2 ve 3 ile doğrudan zemin kata erişilebilmektedir (Şekil 4.10).

Teras kotundaki yaya girişleri ise Office Tower ve Residence B arasındaki dairesel formlu Galliard Brasserie yapısının sağ ve sol tarafından yapılmaktadır (yaya girişi 4-5) Burada The Address Hotel & Residences yapısının inşaa çalışmaları devam ettiğinden, mevcut durumda girişlerin çıktığı alan oldukça dar bir koridor ile sonlanmaktadır. Çalışmaların tamamlanmasıyla bu girişler otel ve Galliard Brasserie arasında kalan geniş bir meydana açılacak ve otelin Avm ile olan ilişkisine katkıda bulunacaktır. Teras kotundan bir diğer giriş ise Ayazma Caddesi üzerinden oluşturulmuştur (yaya girişi-6). Bu yaya girişi de, Avm kullanıcılarının Residence C yapısının zemin katından geçerek teras kotundaki restoranlara ve zemin kattaki mağazalara ulaşmasını sağlayacaktır (Şekil 4.11).

Genel olarak giriş tasarımlarına ve yaya ile olan ilişkilerine bakıldığında, Avm kullanıcıları için ana giriş olarak olarak yaya girişi-1'in tasarlandığını söylemek mümkündür. Yaya girişi-4 ve 5, Otel ve Avm arasındaki geçirgenliği sağlarken; yaya girişi-2 Residence D'nin Avm ile olan ilişkisine yardımcı olmakta ve daha çok konut bölgesine hizmet etmektedir. Yaya girişi-3 ve 6 ise Ayazma Caddesi üzerinden gelen kullanıcıların, farkı kotlardan alana girişlerine imkan tanımaktadır.



Şekil 4.9 Emaar Avm-Residence yaya girişleri
(Yazar tarafından oluşturulmuştur.)



Şekil 4.10 Emaar Avm-Residence zemin kotundan yaya girişleri-1-2-3
(G.N.Koyuncu Arşivi)



Şekil 4.11 Emaar Avm-Residence teras kotundan yaya girişleri-4-5-6 (G.N.Koyuncu Arşivi)

4.2.2 Zemin Kat ve Teras Katı Kullanımı

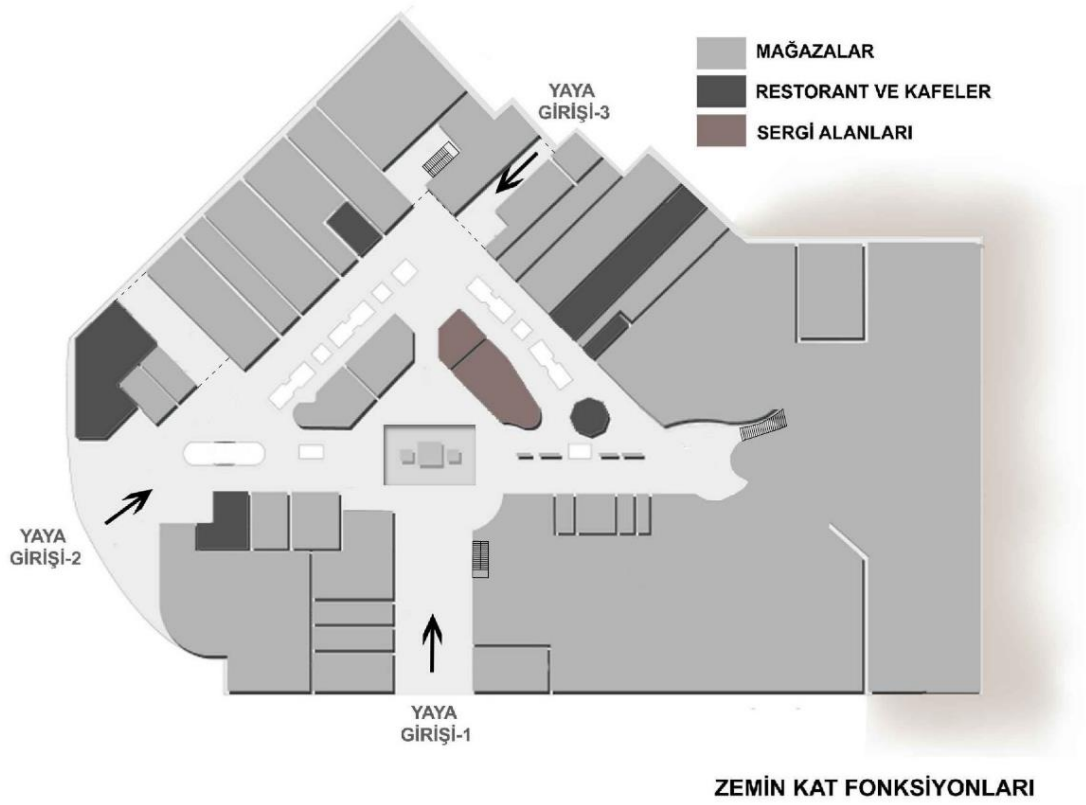
Emaar Avm-Residence Projesi'nin yüksek katlı yapıları, bir podyum ile birleşmektedir. Podyumun üst zemini teras katı olarak, podyumun bulunduğu giriş zemini ise zemin kat olarak kullanılmaktadır. Yüksek katlı yapılar arasındaki bu açık mekanların, Avm kullanıcı tarafından yoğun olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir.

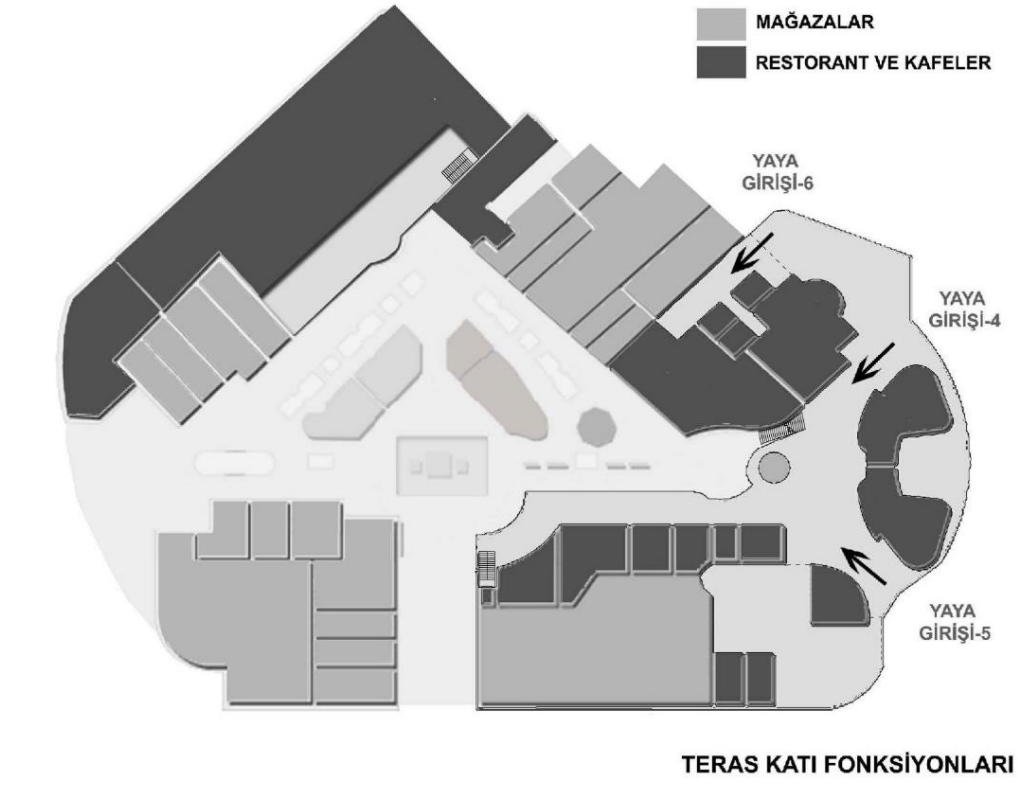
Avm'nin açık alanlarındaki 2 farklı kot kullanımı, zemin kat ve teras katındaki işlevlerin birbirinden ayrılmasını sağlamıştır. Yaya girişi-1,2 ve 3 ile doğrudan ulaşılabilen zemin katta, mağaza işlevi baskın olarak bulunmaktadır (Şekil 4.14). Mağazalar arasında oluşturulan sokaklarda, sokak aksı boyunca devam eden banklar yerleştirilmiş, çalı türevi ve uzun ağaçlar ile bitkilendirme çalışmaları yapılmıştır. Sıcak mevsimlerde ise sokaklara sık aralıklarla uzun boylu yapay bitkiler eklenerek gölge alanların desteklenmesi sağlanmaktadır. Bunun haricinde zemin katta bir gölgelik alanı bulunmamaktadır. Ayrıca zemin kat sokaklarına, alt katların ışık alması için bırakılan ve cam ile örtülmüş ışıklıklar yerleştirilmiştir. Işıklıkların çevresi çalılar ile bitkilendirilmiş ve yayalara kısa süreli oturma sağlayabilecek bir duvar ile çevrelenmiştir. Avlu kısmında ise, zemin katta bulunan yayalara, alt katlarda oluşturulan avlu için yukarıdan bir bakış açısı sağlanmıştır. Avm'nin özel günlere ait süslemeleri de, bu sokaklar üzerinden yapılmakta ve zemin katta oluşturulan bu sokaklar yaya açısından cazip kılınmaya çalışılmaktadır. Zemin kattaki fonksiyonlardan bir diğeri ise sergi alanıdır. Sergi yapısında geçici sergiler düzenlenmekte ve Avm'nin kültürel etkinliklerle olan ilişkisine katkı sağlanmaya çalışılmaktadır. Sergi mekanının çevresinde, zemin katındaki diğer işlevlerden biri olan restorant ve kafe olarak düzenlenmiş mekanlar yoğunlaşmıştır. Bunun haricinde yaya girişi-2 etrafında ve konut bölgesine yakın olarak oluşturulmuş restorant ve kafeler de bulunmaktadır. Ancak zemin katta restorant ve kafeler baskın olarak görülmemekte, sayıca ve alanca üstün olarak mağazalar bulunmaktadır (Şekil 4.12).

Zemin katta, yaya girişi-1'in ve Residence C'nin yanından bir üst kot olan teras kotuna çıkan merdivenler bulunmaktadır. Teras kotunda hakim olarak restorant ve kafe işlevi görülmektedir (Şekil 4.15). Buradaki restoranlar, açık alanda uzun süreli oturma imkanı verebilecek şekilde düzenlenmiştir. Tüm restoranların bir üst örtü

ile güneşin ve rüzgarın etkilerinden müşterilerini korumaya yönelik önlemler aldığı görülmektedir. Teras kotunda restorantların bulunduğu bölgelerde yoğun bitkilendirme çalışmaları da göze çarpmaktadır. Teras kotunda yer alan mağazalar ise genellikle zemin kattaki mağazaların 2. Katı olarak düzenlenmiştir. Bu sebeple girişleri teras kotundan değil zemin kotundan sağlanmaktadır. Teras kotunda yayaların, zemin kotunda olduğu gibi vitrin önünde zaman geçirebileceği ya da gezinerek alışveriş yapabileceği bir durum oluşturulmamıştır. Teras katının, Avm'nin açık alanında bulunmak ve restorant-kafe hizmeti almak isteyen kullanıcıları için oluşturulduğunu söylemek mümkündür (Şekil 4.12).

Rüzgar açısından konfor durumu ele alınırken yayaların faaliyetleri, mekanların işlevleri, yayaların yoğun olarak kullandığı bölgeler ve yayaların bu alanlarda geçirdikleri süreler esas alınmaktadır. Bu doğrultuda, Emaar Avm-Residence 'da yayaların yoğun olarak bulunduğu bölgelere bakıldığında; zemin kat için yoğun kullanım alanı avluya yukarıdan bir bakış sağlayan The Square Meydanı olarak isimlendirilen kısımdır (Şekil 4.13). Burada yayaların genellikle fotoğraf çekmek, dinlemek ve oturmak için kısa süreli bulunduğu görülür. Zemin kattaki sokaklarda ise avlu çevresine kıyasla yoğun bir yaya kullanımı gözlenmemiştir. Burada daha çok sokaklardaki ışıklıkların çevresinde kısa süreli oturan insanlara rastlanmıştır; vitrinleri inceleyerek gezinen yayalar ise oturanlara göre daha azdır. Zemin katta bulunan az sayıda restorant ve kafenin açık havadaki masalarında ise yoğun bir kullanıcı söz konusudur (Şekil 4.16). Teras katında ise restorant ve kafe işlevinin de bir getirisi olarak oldukça yoğun bir şekilde yaya kullanımı vardır (Şekil 4.13). Burada yayalar uzun süreli oturma eylemi gerçekleştirmekte, zemin kattaki yaya hareketliliğini izleyebilmektedir. Teras katında, restorant ve kafelerde zaman geçiren insanların haricinde etrafta gezinen insan sayısı oldukça azdır. Kısa süreli oturma yapılabilecek yaya kullanımına yönelik bank ya da oturma alanı da bulunmadığından teras katında dinlenmek için kısa süreli oturan yayaya rastlanmamıştır (Şekil 4.17). Teras katının ve zemin katın kullanımında gece ve gündüz arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Gündüz oranca daha yoğun olarak kullanılan alanlar, gece de yoğun olarak kullanılmaktadır. Kısaca yayaların yoğun olarak gezindiği, kısa ve uzun süreli oturduğu mekanlar günün her saatinde, Avm içindeki aynı bölgelerdir.





Şekil 4.12 Emaar Avm-Residence zemin kat ve teras katı fonksiyonları (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)



Şekil 4.13 Emaar Avm-Residence zemin kat ve teras katı kullanıcı yoğunlukları (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)



Şekil 4.14 Emaar Avm-Residence zemin katı [40]



Şekil 4.15 Emaar Avm- Residence teras katı (G.N.Koyuncu Arşivi)



Şekil 4.16 Emaar Avm- Residence zemin katı sokaklarında ve The Square Meydanı çevresinde zaman geçiren yayaların gece ve gündüz saatlerindeki gezinme ve kısa süreli oturma faaliyeti (G.N.Koyuncu Arşivi)



Şekil 4.17 Emaar Avm- Residence teras katında zaman geçiren yayaların gece ve gündüz saatlerindeki uzun süreli oturma faaliyeti (G.N.Koyuncu Arşivi)

4.2.3 Avlu ve Meydanlar

Emaar Avm-Residence'da zemin kattaki sokakların başlangıç ve bitişlerinde oluşturulan meydanlar, yaya kullanımı açısından çoğunlukla içerisinden yürünen ve geçilip gidilen bir durumdadır. Bu meydanlarda önemli günlerde etkinlikler düzenlenebilmekte, çocuklar için açık hava oyun alanları oluşturulabilmekte veya meydanlar konser alanları olarak kullanılabilmektedir (meydan-3). Ancak sıradan bir günde yayaların Avm içerisinde gezinirken sokakların kesişimdeki bu meydanlarda kısa süreli oturup, sokakların ve yapıların perspektiflerini izleyerek dinlenebilmesi için gerekli kent mobilyaları yerleştirilmemiş, iklim koşullarından korunaklı alanlar oluşturulmamıştır. Meydanların ortasına ise bir heykelin (meydan-1) ya da alt katların ışık almasını sağlamak için tasarlanan cam kubbeyle örtülü ışıklığın (meydan-2) yerleştirildiği görülmektedir (Şekil 4.18) (Şekil 4.20). Tüm bu olgularla, zemin kattaki meydanların genelikle yayaların sürkülasyonu için oluşturulduğunu söylemek mümkündür.

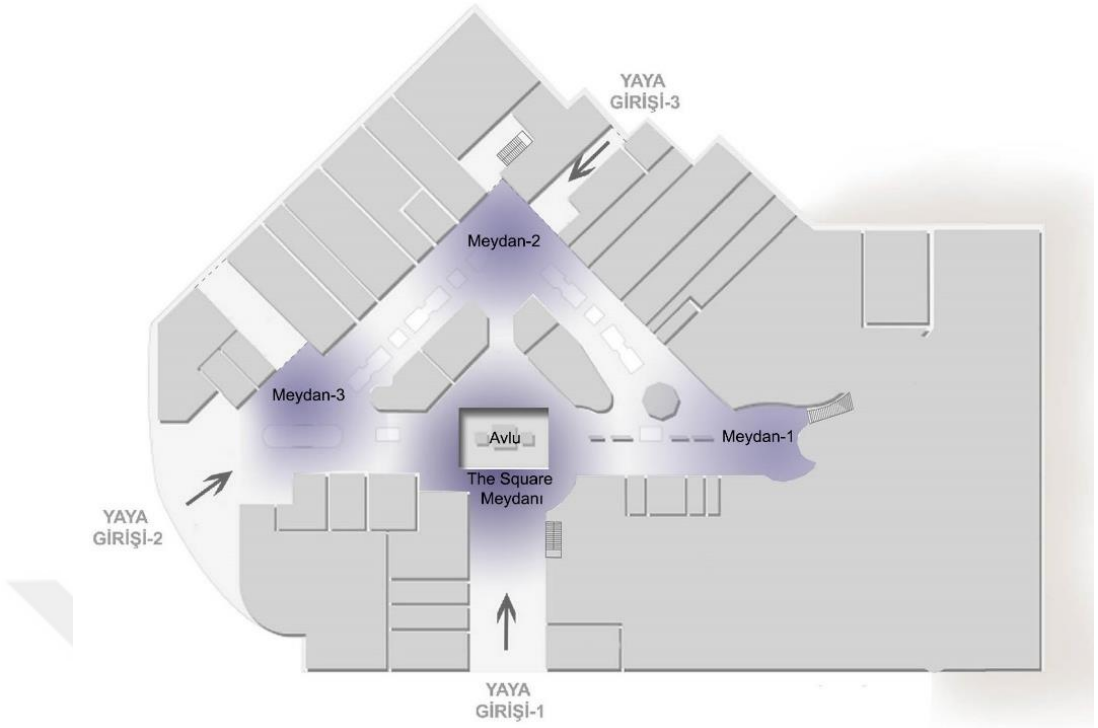
Yaya girişi-1'den Avm'ye girildiğinde kullanıcıları karşılayan, zemin kotun bir alt kot kotunda oluşturulmuş avlu, zemin katta yarattığı boşluk ile bir meydan içerisindeki önemli bir unsur haline dönüşmüş ve çevresinde yayaların yoğun olarak bulunduğu bir alan haline gelmiştir. Avlunun bulunduğu ve The Square olarak adlandırılan bu meydan, projeye de adını vermektedir. The Square Meydanı, zemin kattaki kullanıcıların avluyu yukarıdan izleyebilmesine ve avlu içerisinde yapılan su gösterisini zemin kotundan takip edebilmesine imkan tanımaktadır (Şekil 4.21).

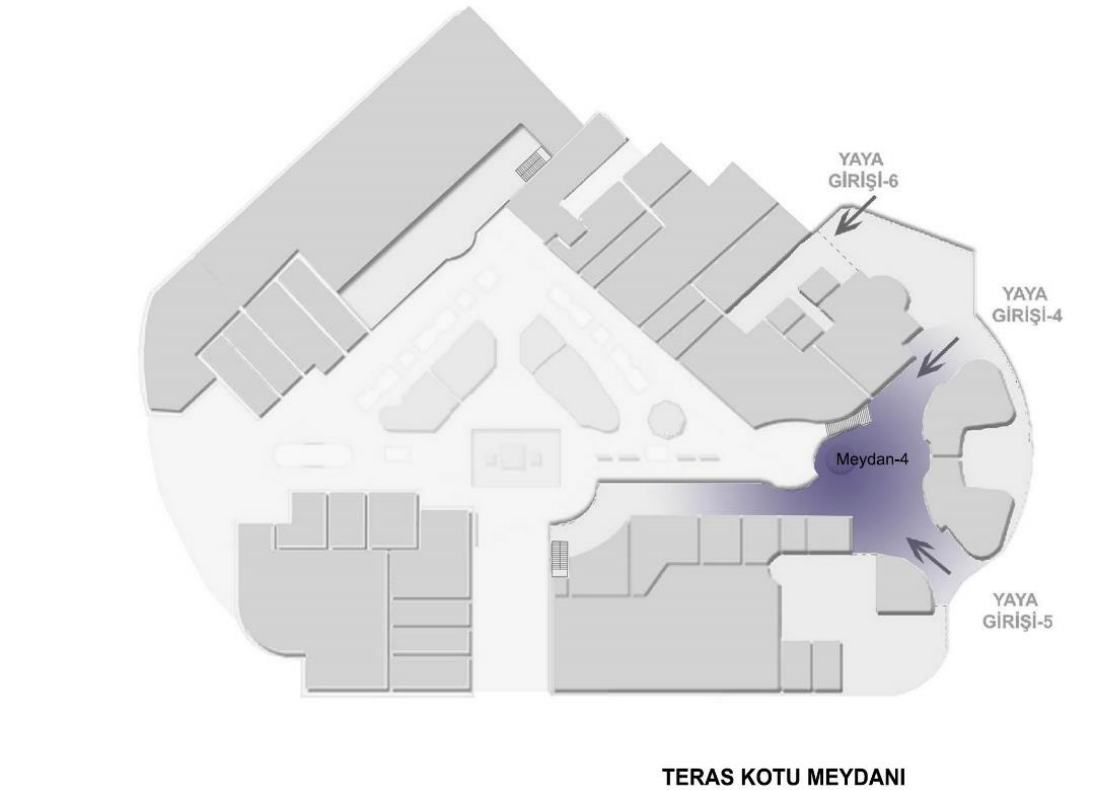
Avm'nin zemin katının altındaki kotu, tamamen kapalı alan olarak yer altında düzenlenmiştir. Bu zemin altındaki kotta avlu ile yaratılan açık alan, hem zemin kat ile ilişkiyi güçlendirmekte hem de kullanıcılara açık havada dinlenebilecek bir ortam fırsatı vermektedir (Şekil 4.19). Kullanıcılar, ana giriş olan yaya girişi-1'den alana girildiğinde ilk olarak karşılaşılan merdivenler ile bu avluya doğrudan ulaşılabilmektedir. Avlu çevresinde oluşturulan mekanlar ise kafe işleviyle öne çıkmaktadır. Avlunun ortasındaki ilgi çekici süs havuzu, burada gerçekleştirilen su gösterileri ve avlunun bir köşesinde yaratılan sigara içme alanıyla avlu bölümü Avm kullanıcılarının yoğun olarak bulunduğu bir alandır. Burada yayaların gezinme ve su gösterileri sırasında kısa süreli bulunma faaliyetini gösterdiğini söylemek

mümkündür. Avlu çevresindeki kafelerde oturan insanlar ise uzun süreli oturma faaliyeti gerçekleştirmektedir. (Şekil 4.21).

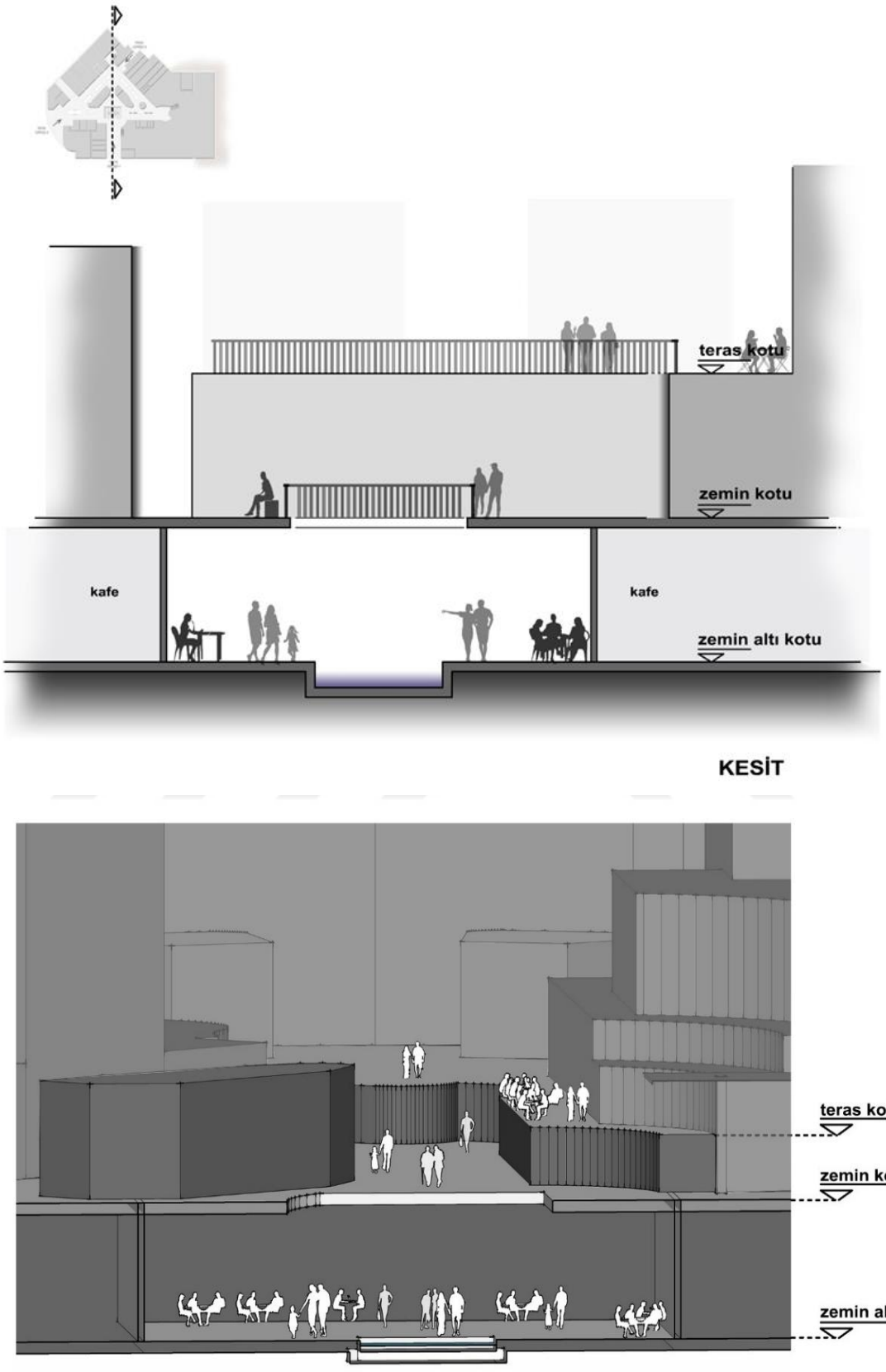
Teras kotu ise, çevresinde kafelerin ve restoranların bulunduğu bir meydan etrafında şekillenmiştir. Bu kotta ortasında katlı bir süs havuzu bulunan bir meydan ve dairesel olarak çevresine yerleştirilmiş kafe ve restorantlar bulunmaktadır. Yaya girişi-3 ve 4 'ten Avm içerisine giren yayalar, direkt bu meydan ile karşılanmaktadır. Meydanın iki tarafından devam eden teras katı sokaklarında yine aynı işlevli mekanlar dizilmiştir (Şekil 4.20). Teras kotundaki restorant ve kafelerde uzun süreli oturma faaliyeti gerçekleştiren yayalar, oturdukları konumdan meydanı ve süs havuzunu izleyebilmektedir. Teras kotu sokaklarında bulunan mekanlarda ise hem zemin kattaki yaya hareketliliğini ve sokak perspektifi izlenebilmekte hem de meydandaki havuz görülebilmektedir. Teras kotunda yer alan restorant ve kafelerde uzun süreli oturma faaliyeti gerçekleştiğinden, kullanıcı konforu için rüzgarın bu mekanlara olan etkisi önem kazanmaktadır. Burada yer alan restoranların ve kafelerin tümünde rüzgara yönelik önlemler alındığı görülmektedir. Açılır kapanır tenteler, üst örtüler ve yoğun bitkilendirme ile rüzgarın mekanik olarak kullanıcılar üzerinde yarattığı etkiler azaltılmaya çalışılmıştır. Meydanda, Avm içerisinde gezinen yayalara kısa süreli oturma ve dinlenme imkanı tanıyacak tasarımlara yer verilmediğinden, meydan içerisinde rüzgarı önlemeye yönelik bir çalışma da bulunmamaktadır.

Genel olarak bakıldığında zemin kotundaki meydan-1 ve 2 gezinme faaliyeti sırasında yayaların sirkülasyonunu sağlayan bir meydan işlevi görürken, meydan-3 önemli günlerde konser, oyun alanı gibi aktivitelerin yapıldığı bir alan işlevini görmektedir. The Square Meydanı ise içinde barındırdığı zemin altı kotta bulunan avluyla birlikte Avm'deki yaya kullanımı için önemli bir alandır. Yayalar bu bölümde zemin kotunda kısa süreli oturma, dinlenme, su gösterisi izleme imkanı bulurken, zemin altı kottaki avluda uzun süreli oturabileceği kafelerde zaman geçirebilmektedir. Teras kotundaki meydan-4 ise yaya girişi-4 ve 5'ten gelen yayaların geçtiği, bu kottaki restorant ve kafelerden izlenen ancak içinde kısa süreli oturma faaliyeti gerçekleşmeyen bir alandır.





Şekil 4.18 Emaar Avm- Residence zemin kotu, zemin altı kotu ve teras kotundaki meydan ve avlular
(Yazar tarafından oluşturulmuştur.)



Şekil 4.19 Emaar Avm- Residence avludan geçen kesit ve kotlar
(Yazar tarafından oluşturulmuştur.)









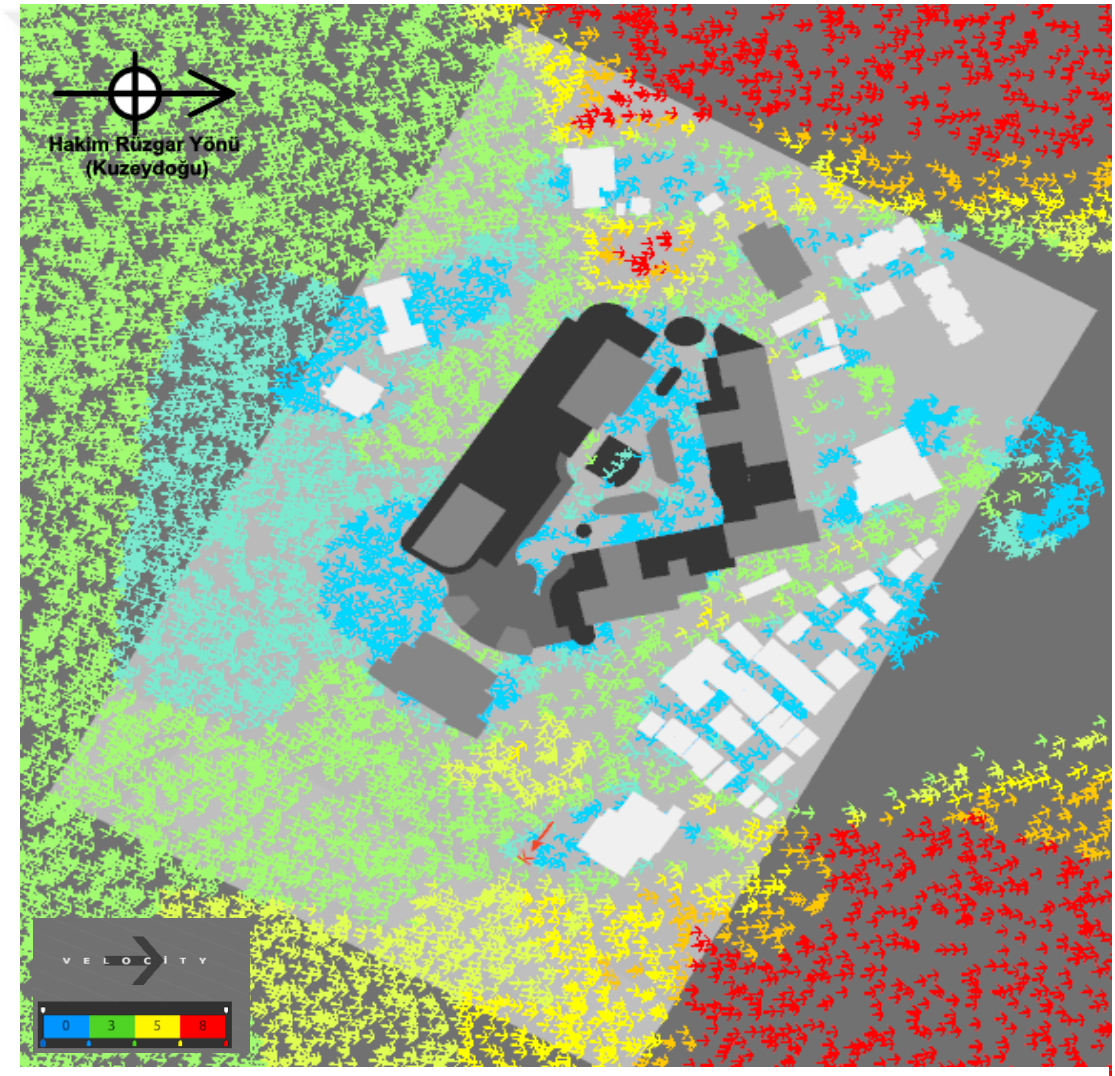
Şekil 4.20 Emaar Avm- Residence zemin kotundaki meydanlar 1-2-3 ve teras kotundaki meydan 4
(G.N.Koyuncu Arşivi)



Şekil 4.21 Emaar Avm- Residence The Square Meydanı ve avludaki kullanıcı yoğunluğu (G.N.Koyuncu Arşivi)

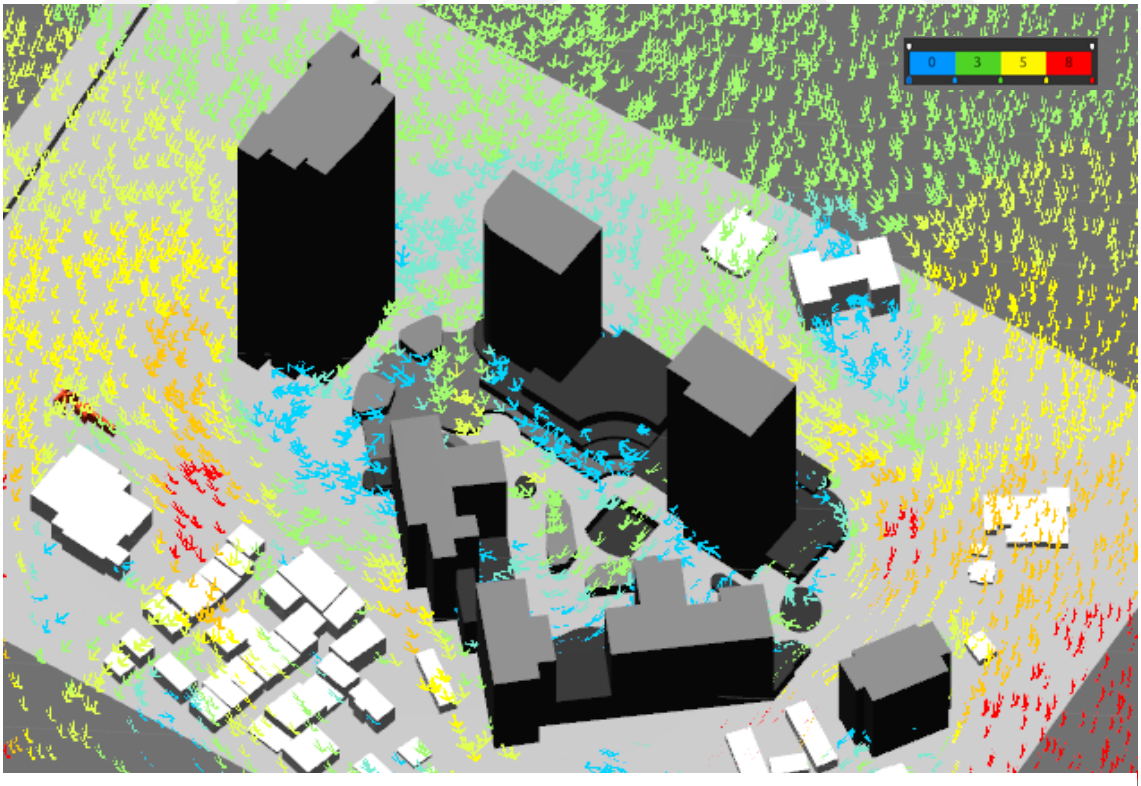
4.3 Emaar AVM – Residence Projesinde Rüzgar ve Yaya Konforu Açısından Mevcut Durum ve Değerlendirme

Emaar Avm-Residence Projesi bünyesindeki yüksek katlı yapılar ve bu yapıların yaya seviyesindeki kullanımının alışveriş merkezi işleviyle yoğun kullanıcı içermesi, yapıların rüzgar ile olan etkileşimlerini önemli bir olgu haline getirmektedir. Avm bölgesinde zemin katta ve teras katındaki rüzgarın mevcut durumunun tespiti için Archidynamics programı ile meterolojik istatistiklerden sağlanan veri kullanılarak, hakim rüzgar yönü Kuzeydoğu (NE) olarak analiz yapılmış ve oluşan hava akımlarıyla ilgili Lawson'ın kriterlerine göre değerlendirmelerde bulunulmuştur. (Şekil 4.22)

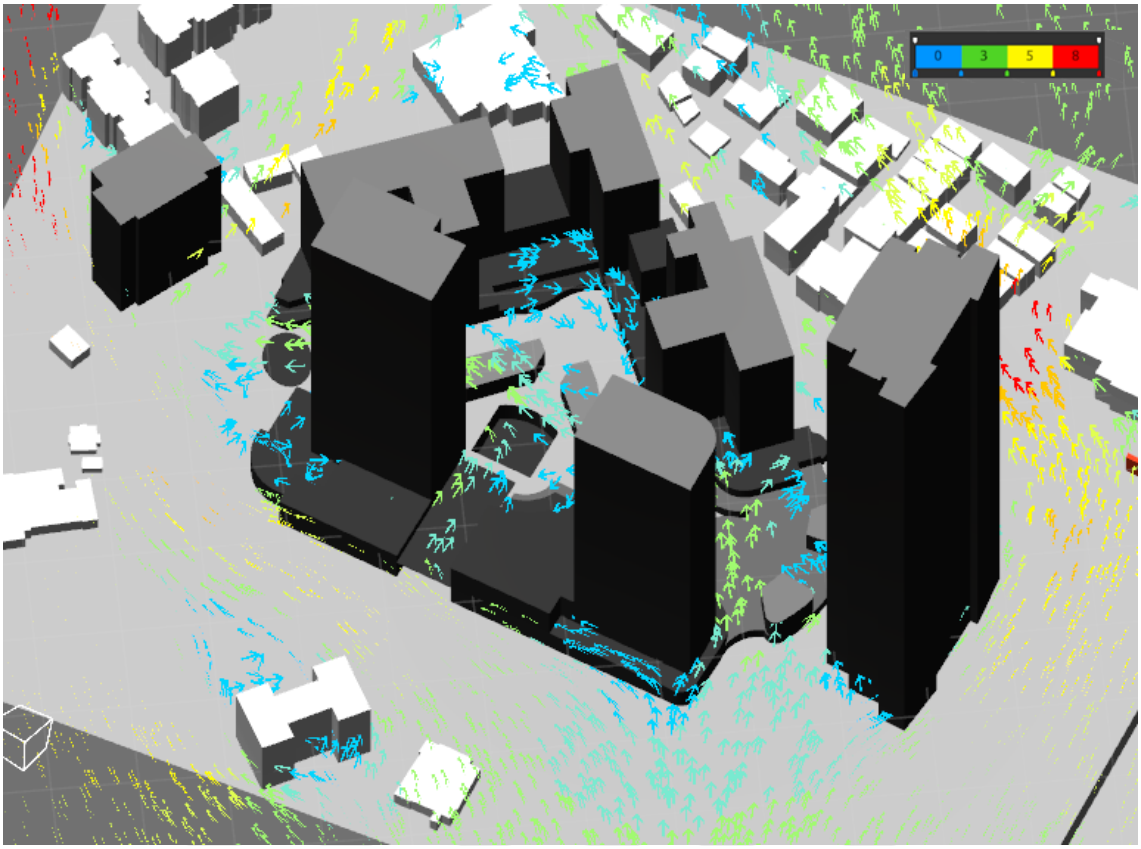


Şekil 4.22 Hakim rüzgar yönüne göre Archidynamics programı içerisindeki rüzgar tüneline yerleştirilen Emaar Avm-Residence modeli ve yakın çevresi

Emaar Avm- Residence projesinin bulunduğu yapı adasına ve çevresindeki rüzgar hareketlerine bakıldığında projedeki yapıların çevredeki hava akımına etki ettiği görülmektedir. Libadiye Caddesi üzerinde, The Address Hotel & Residences yapısı ve Office Tower arasındaki bölgede rüzgarın durgunlaştığı ve rüzgar hızlarının 0-3 m/sn arasına düştüğü sonucuna ulaşılmaktadır. Cadde boyunca ilerlendiğinde rüzgar hızlarında artış meydana gelirken özellikle yapı adasının güneyinde kalan kısımda rüzgar hızı 8m/sn'lere ulaşmaktadır. Ancak bu değerler, rüzgarın mekanik etkileri göz önünde tutulduğunda yavaş bir gezinti yürümesi ya da bir noktadan bir noktaya ulaşmak için hızlı bir yürüme için uygun rüzgar hızlarıdır. Analizlere göre Emaar Avm-Residence yapısının Libadiye Caddesi üzerinde bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesine olumsuz bir etkisi olmamıştır. Ayazma Caddesi üzerinde ise Emaar Avm-Residence yapılarının ve çevredeki yapıların paralel konumlanmasıyla yaya seviyesinde tünelleşme etkisi meydana gelmektedir. Bu noktada hakim rüzgarın hızında ivmelenme meydana gelmektedir ancak analizlerde büyük oranlarda bir artış izlenmemiştir. Bu durumda Ayazma Caddesi'nde bulunan yayalar yürüme faaliyetleri sırasında, 3-5 m/sn arasında, yürümeye engel olmayacak bir rüzgar hızıyla karşılaşmaktadır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 Libadiye Caddesi ve Ayazma Caddesindeki rüzgar hızları



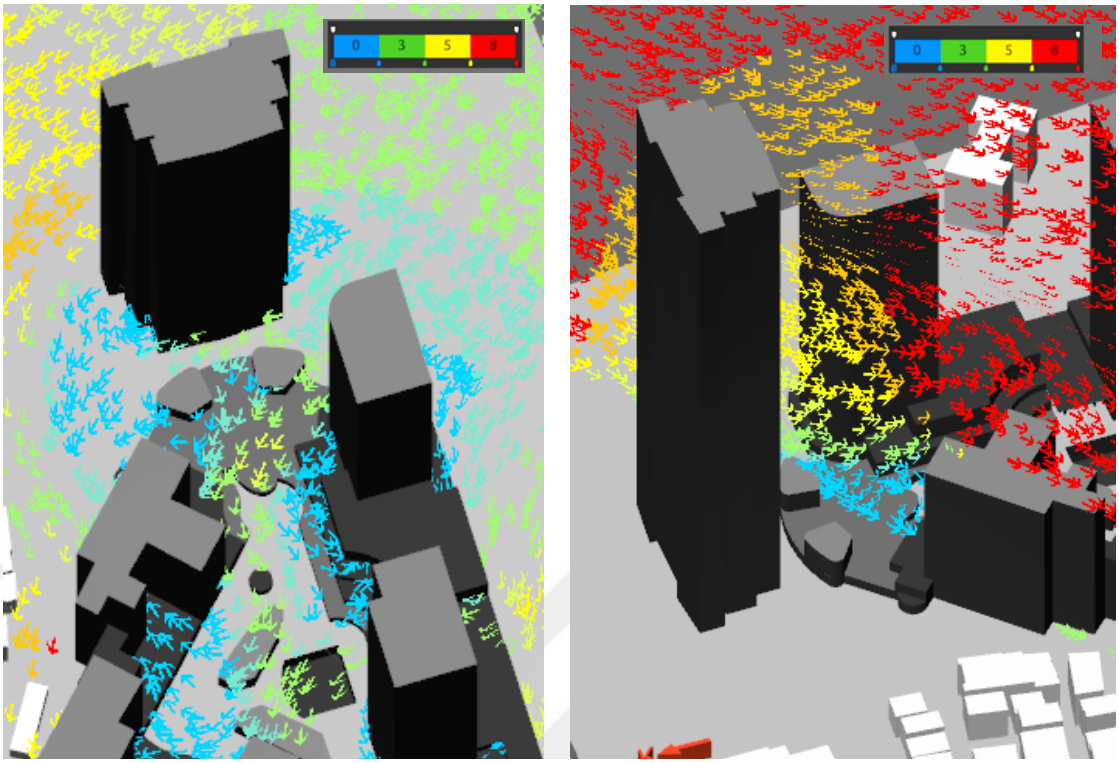
Şekil 4.24 Emaar Avm-Residence yapılarının hakim rüzgara göre konumları ve hakim rüzgarla temas eden yüzeyleri

Emaar Avm- Residence projesi yapıları rüzgara göre yerleşim olarak ele alındığında Office Tower, Heights Residences ve The Address Hotel & Residences yapılarının kuzeydoğu rüzgarını köşeden karşılayacak şekilde yerleştirildiği görülmektedir. Rüzgarın cephelerle açılı olarak birleşmesi, yapıların çevresinde yarattığı farklı seviyedeki basınç alanlarıyla, yapıların üzerindeki rüzgar yükünü arttırıp itme ve emme kuvvetlerini ve titreşimleri çoğaltırken, önlem alınmayan durumlarda yapılardaki kullanıcı konforunu negatif etkileyebilecek bir olgudur. Ancak bu durumun yaya konforu açısından olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. Residence yapıları ise konumları gereği hakim rüzgara karşı daha korunaklı bir alanda kalmaktadır. Bulundukları konum nedeniyle Residence C ve B kuzeydoğu rüzgarını dar cepheleriyle karşılarken, Residence A yapısında rüzgar geniş cepheyle karşılanmaktadır. Hakim rüzgar yönündeki cephenin alanca büyümesi, aşağı akım etkisini kuvvetlendirerek rüzgarın yaya konforuna olan etkilerini negatif yönde değiştirmektedir. Ancak projedeki yüksek katlı yapıların bir podyum ile

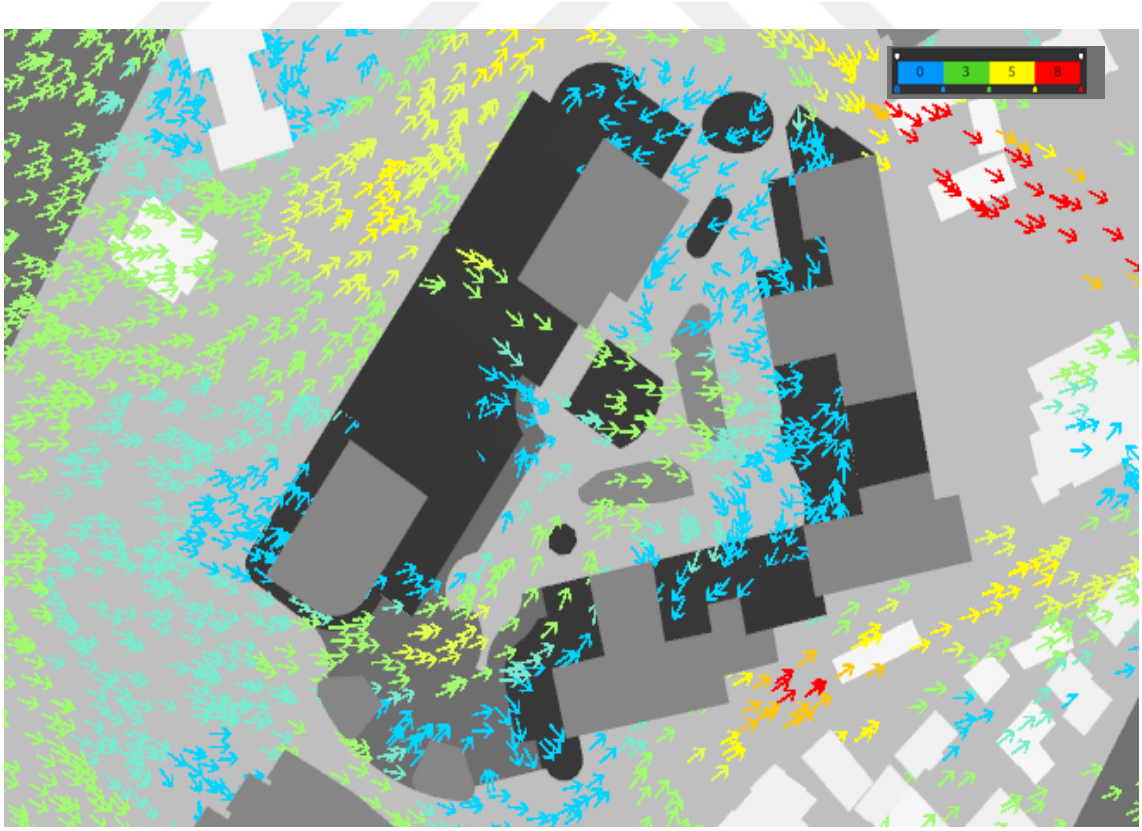
birleştirilmiş olması bu etkileri azaltan bir önlemdir. Yapılan analizlerde Residence A yapısının geniş cephesiyle hakim rüzgar yönünde bulunması durumundan kaynaklı oluşan güçlenmiş bir aşağı akım etkisine rastlanmamıştır. Bu durumun, Residence A yapısının hakim rüzgara göre korunaklı durumda kalmasının neden olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.24).

Archidynamics'ten alınan verilere göre yaya seviyesindeki rüzgar, Emaar Avm-Residence proje alanına; teras kotunda Office Tower ve The Address Hotel & Residences arasındaki boşluktan, zemin kotunda ise yaya girişi-1'den etki etmektedir.

Teras kotundaki hakim rüzgarın yaya kotunda proje alanına ulaştığı noktada yaya girişi-5 bulunmaktadır. Analize göre, geniş bir alandan, 2 yapı arasındaki dar bir alana ulaşan rüzgarın hızında darboğaz etkisiyle bir miktar ivmelenme görülmektedir. Yaya girişi-5'in cam panelleri bu doğrultudaki rüzgara karşı engel görevi görse de, rüzgar yaya girişi-5'in üzerinden atlayarak teras kotundaki restorant ve kafelere etki etmeye devam etmektedir. Yapılan analizlerde bu kottaki rüzgar hızının alana giriş yaptığı koridorda 3 m/sn olduğu, teras kotunun diğer kısımlarına doğru ise hızının düştüğü gözlemlenmiştir. Analizlerden alınan sonuca göre yaya konforu açısından teras kotundaki uzun süreli oturma işlevi için uygun bir ortam sağlandığı söylenebilir. Ayrıca restorantların ve kafelerin açık alanlarının insanlar tarafından sıklıkla tercih edildiği sıcak aylarda, kuzeydoğu yönünden esen bu rüzgarın serinletme etkisiyle de teras kotunda uygun koşulların oluşturulduğundan bahsedilebilir. Ancak buradaki işletmelerin üst örtüler ile hava koşullarına ve rüzgara karşı önlem alındığı görülmüştür. Bu duruma neden olan durumun ise Residence C'nin yan cephesine çarpıp aşağı akım etkisiyle yaya seviyesinde rahatsız edici türbülanslar yaratan rüzgar olduğu gözlenmektedir. Bu noktada rüzgar hızı çok artmasa da oluşan türbülanslar yayaları mekanik olarak olumsuz etkilemektedir (Şekil 4.25) (Şekil 4.26).

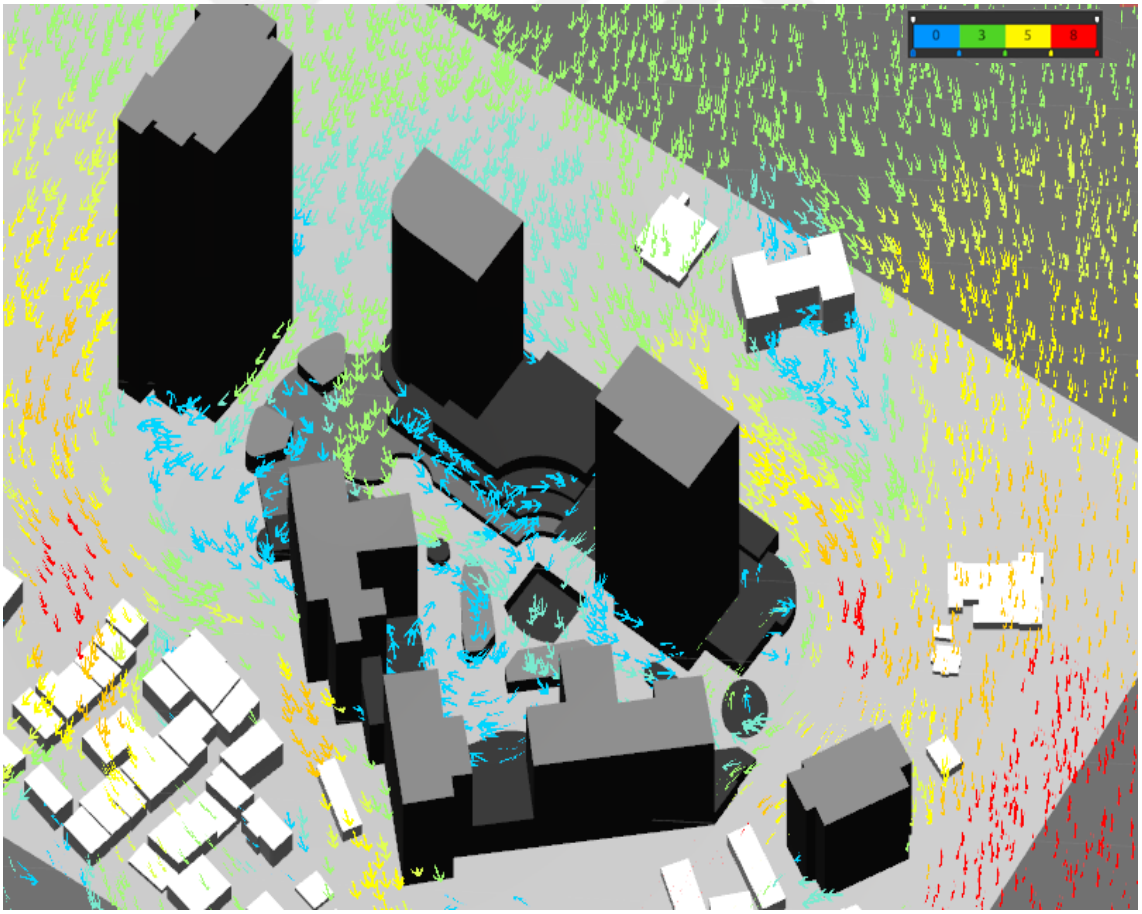


Şekil 4.25 Teras kotundaki rüzgar hızları ve oluşan etkiler



Şekil 4.26 Teras kotundan ayrılan rüzgarın zemin kotu üstünde yarattığı türbülanslı akımlar

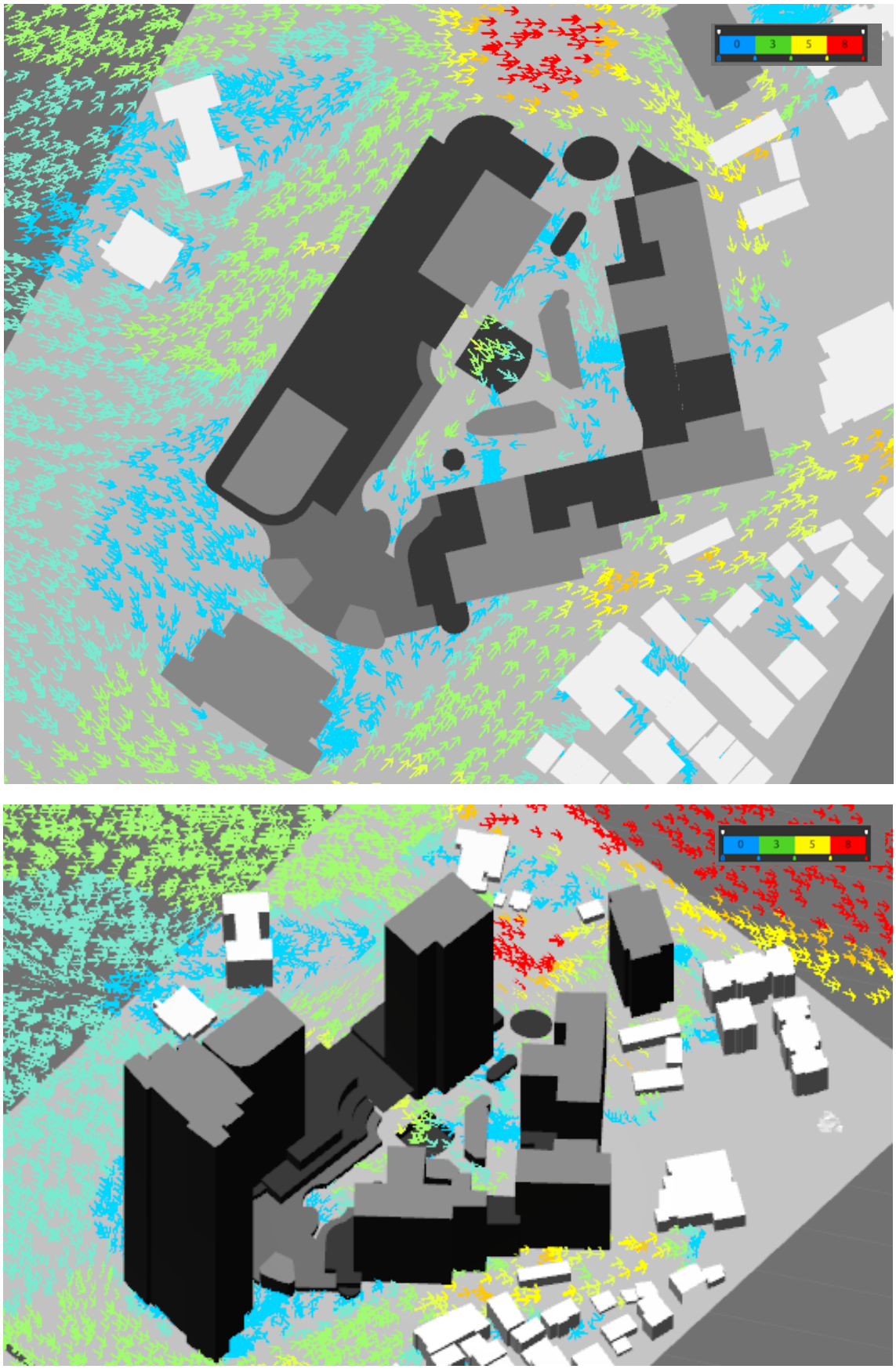
Teras kotunda, meydan-4 üzerinden ilerleyip zemin kotuna geçen hava akımında ise rüzgarın hızlandığı görülmektedir. Aslında rüzgarın The Office Tower'ın yuvarlatılmış köşesinden geçerken ivmelenmesi beklenmeyen bir durumdur. Çünkü yapının formu, köşe akımı etkisinin oluşmasını ve rüzgarın hızlanmasını engeller niteliktedir. Bu noktada analizde gözlemlenebilecek ve rüzgarın hızlanmasını tetikleyecek bir etki bulunmamaktadır. Bu sebeple, teras kotunda düşük hızlı rüzgarın yarattığı yüksek basınç alanı ve Office Tower arkasında oluşan alçak basınç alanı nedeniyle rüzgarın indüklendiği tahmin edilmektedir (Şekil 4.27). Teras katının meydanına çıkan sokağa yerleştirilen kafe ve restorantlarda hakim rüzgar yönünden gelen rüzgarın engellemesi için bir üst örtü bulunmaktadır. Ancak üst örtünün girişinin hakim rüzgarı içine alabilecek şekilde tasarlandığı görülmektedir. Bu durumda sürekli devam eden üst örtü, aşağı akım yönündeki rüzgara karşı iyi bir önlem sağlarken, teras meydanından teras sokağına ulaşan rüzgara karşı zayıf bir tedbir olarak kalmaktadır.



Şekil 4.27 Teras kotundan ayrılırken hızlanan hava akımı

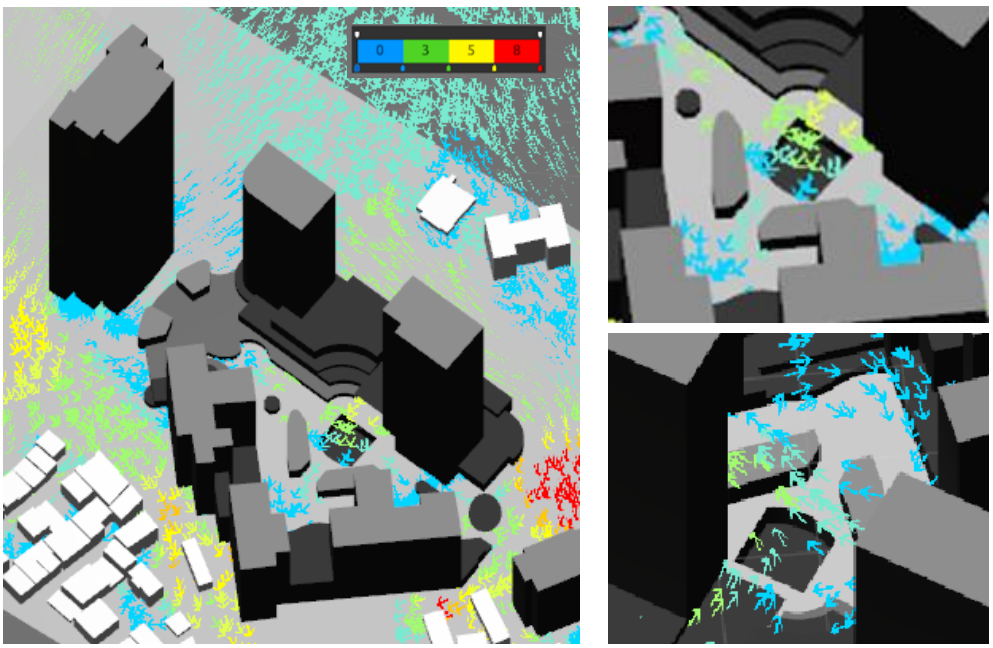
Teras katı meydanından ayrılan rüzgar, zemin kotu üstünde ilerleyerek Residence bloklarının cephelerine çarpmaktadır. Bu noktada hızların düştüğü gözlemlense de zemin kotunda yaya seviyesinin üstünden oluşan türbülanslar yaya konforuna olumsuz bir etkidir.

Zemin kotunda rüzgar yaya seviyesinde proje alanıyla temas ettiği ilk nokta ise yaya girişi-1'dir. Bu girişte rüzgarın alana ulaşmasını engelleyen cam paneller olsa da, hem üst örtüyü aşan rüzgar, hem de Avm girişinden geçen rüzgar The Square Meydanı'nı etkilemektedir. Analizler göre yaya girişi-1'e 5m/sn hız ile ulaşan bir rüzgar, üst örtü altından geçerken 3m/sn hızlara kadar düşmekte ve The Square Meydanı'na geldiğinde daha da yavaşlamaktadır. Bu durumda üst örtünün yaya seviyesindeki rüzgar hızını azaltıcı etki yaptığı görülmektedir. Rüzgarın cephelerinde açılı olarak karşılandığı The Square Meydanı'ndaki mağaza ve sergi yapısı ise hava akımının yan sokaklara yönlendirildiği bir engel görevi görmektedir. Bu yapılara çarpan bir kısım rüzgar, türbülans oluşturup The Square Meydanı'nda kalmaktadır. Analizlerde buradaki rüzgar hızlarının 0-3 m/sn arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Rüzgar hızları bu noktada Avm içinde gezinmek ve kısa süreli oturmak için uygundur. Ancak rüzgarın oldukça hafif bir hava akımı şeklinde seyretmesi, sıcak aylarda açık havada alışveriş yapmak ve gezinmek isteyen kullanıcılar için uygun bir ortam sağlamamaktadır. Hem nemin dağıtılması hem de Kuzeydoğu rüzgarının serinletici etkisinden faydalanılabilmesi için zemin kotta daha güçlü bir rüzgar hareketine ihtiyaç vardır. Bu bölgelerde gölgelik de bulunmaması sıcak aylarda yayaların zemin kotunda gezinmesini zorlaştırmaktadır. Soğuk aylarda ise bu durum, rüzgara göre korunaklı durumda kalan The Square Meydanı'nda kuzeydoğu rüzgarının soğuk etkisinin bulunmaması yönüyle olumlu etki etmektedir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28 Zemin kotundaki yayaları etkileyen hava akımları

The Square Meydanı'ndaki avlu, boyutları nedeniyle zemin kotundaki rüzgardan etkilenmemektedir. Rüzgar, avlunun alanca kapladığı bölüme ve avlunun derinliğine göre etki ettiğinden analizlerde avluya etki eden bir rüzgar akımı gözlenmemiştir. Rüzgar avlunun üzerinden devam ederek, The Square Meydanı içerisinde kalmaktadır. Bu durum zemin altı kotta avlu çevresinde oluşturulan restorant ve kafe işlevli mekanları etkileyen bir olgudur. Yaz aylarında kullanıcıların açık havada uzun süreli oturma faaliyetini gerçekleştirmek için tercih ettikleri avlu çevresindeki mekanlar, kullanıcılarına hakim rüzgar olan kuzeydoğu rüzgarının sağladığı serinletici etkiyi sunamamakta ve havadaki nem dağıtılamamaktadır. Bu bölümde açık havayla temas halinde olunmasına rağmen iklimlendirme yapay olarak sağlanmaktadır. Kış aylarındaysa rüzgarın avlu içine alınmaması avlu çevresindeki kullanıcılara ve yaya konforuna pozitif olarak etki etmektedir. Ancak başka bir açıdan, rüzgarın avlu içinde etkisinin olmaması, avlu içerisinde bulunan havuz ve bu havuzda yapılan su gösterilerinin gerçekleşebilmesi adına gerekli bir durumdur. Rüzgarın avluya temas etmesi halinde, yukarıya doğru ivmelenen suyun yönünün değişmesi ve çevredeki kullanıcıların üzerine yönelmesi olası bir durumdur. Bu yönüyle su gösterilerini izleyen kullanıcıların rahat bir şekilde bu faliyetlerini gerçekleştirebilmeleri için rüzgarın avluya alınmamasının tercih edilmiş olabileceği söylenebilir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29 Zemin altı kottaki avluya etki etmeyen rüzgar

5
Sonuç

Bir yüksek katlı yapı tasarlanırken, rüzgar ile olan tüm ilişkilerinin saptanması ve çözüme ulaştırılması mümkün olmayabilir. Ancak mühendisler ve mimarlar, rüzgarın yapıya ve yapının rüzgara olan etkileri konusunda özenli kararlar almak durumundadır. Çünkü hava akımının karmaşık hareketleri, hem tasarlanan yapıyı hem de çevredeki yayaların konforunu değiştirmektedir. Bu noktada iyi bir tasarım için ihtiyaç duyulan tasarımsal sorumlulukların yerine getirilmesi gerekliliği açıktır. Ancak rüzgar ve yapı etkileşimi konusunda tek bir doğru bulunmamaktadır. Her yüksek katlı yapı, topografyası, konumu, formu, diğer yapılarla etkileşimi ile kendine özgü rüzgar davranışları geliştirmektedir. Tasarımın ilk aşamalarından itibaren yüksek katlı yapıya ait bu verilerle rüzgar etkileşimi kontrol altında tutulmalıdır.

Genel olarak rüzgar ve yapı etkileşimleriyle ilgili; geçmişten gelen deneyimler, rüzgar tüneli testleri ve hesaplamalı akışkan mekaniği ile çalışan simülasyonlar ile saptanan durumlar ve tasarım aşamasında gözönünde tutulabilecek ilk olgular aşağıda sıralanmıştır :

- Yüksek katlı yapılar, yükseklikleri nedeniyle hızlanmış bir rüzgara maruz kalır ve rüzgarın temas ettiği cephelerinde çeşitli rüzgar kuvvetleri ve hava akımları oluşur. Bu durum yapı kullanıcısına ve yaya konforuna olumsuz olarak yansır.
- Dairesel ya da çokgen formdaki yüksek katlı yapıların rüzgar ile olan etkileşimi olumludur ve yaya konforunu da pozitif yönde etkiler.
- Dikdörtgen formlu yüksek katlı yapılarda köşelerin kırılması (pah verilmesi), yapının rüzgar ile olan etkileşimini yumuşatarak yaya konforunu olumlu yönde etkiler.

- Yüksek katlı yapı yüksekliğinin, çevredeki yapı yüksekliklerine yakın tutulması, rüzgar yapı etkileşimi konusunda oluşacak olumsuz etkilerin birçoğundan kurtulmayı sağlar ve yaya konforunu pozitif yönde etkiler. Bu durum sağlanamıyor ise yüksek katlı yapı yüksekliğinin çevredeki yapıların yüksekliğinin 1/3'ünü aşmamasına dikkat edilmelidir. Aksi durumda yüksek katlı yapı, rüzgarın tüm olumsuz etkilerini üzerine almaya başlayacaktır ve rüzgar ile ilgili çözümlenmesi gereken sorunlar artacaktır.
- Yüksek katlı yapının konumlandırılırken geniş cephelerinin hakim rüzgar yönünde tasarlanmaması gerekmektedir. Rüzgar ile temas eden alan arttıkça, rüzgardan dolayı oluşan sorunlar da artacaktır.
- Yüksek katlı yapı üzerindeki pürüzlülüğün arttırılması, cephede rüzgarın hızlanmasını engelleyecek balkonlar ya da kütle hareketleri tasarlanması, yaya konforunu olumlu yönde etkileyecektir.
- Hakim rüzgar yönünde tasarlanmış kanopiler, giriş saçakları, pasajlar rüzgar açısından yaya konforunu olumlu etkileyen yapılardır.
- Yüksek katlı yapıların giriş bölümlerinde oluşturulacak podyum yapıları, rüzgarın yere ulaşan etkilerini büyük ölçülerde azaltacak ve yaya konforunu olumlu yönde etkileyecektir.
- Yüksek katlı yapı köşelerinde, yaya kullanımın yoğun olacağı öngörülen yürüyüş yolları, yapı girişleri konumlandırılmamalıdır. Yayalar olabildiğince yüksek katlı yapı köşelerinden ve rüzgarın hızlandığı bilinen alanlardan uzak tutulmalıdır.
- %50 boşluklu çitler, yaya seviyesinde bahçe duvarları, üst örtüler, gölgelikler ve yoğun dokulu bitkilerin kullanımı, rüzgar hızının düşürülmesini sağlayacak ve yaya konforunu olumlu etkileyecektir.

Yüksek katlı yapının özgün tasarımının rüzgar ile olan diğer etkileşimleri ve bunlardan ortaya çıkan sorunların çözümleri için ise, yapının kendisine özel rüzgar tüneli testlerinin ya da bilgisayar simülasyonlarının yapılması gerekmektedir.

Kaynakça

[1] W. Guo, X. Liu, and X. Yuan, "A Case Study on Optimization of Building Design Based on CFD Simulation Technology of Wind Environment," *Procedia Engineering*, vol. 121, pp. 225-231, 2015.

[2] S. Fleming, "Buildings and Wind: A Software-Based Design Methodology," University of Waterloo, 2015.

[3] "Fotoğraf - Taipei 101-2." https://www.skyscrapercenter.com/building/taipei-101/117 (accessed.

[4] M. Yücel, "Yüksek Binaların Yakın Çevre Bina Yüzeylerindeki Hava Akışına Etkileri-four Wınds Örneği," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.

[5] " Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) resmi web sitesi." http://ctbuh.org/ (accessed Mart, 2019).

[6] H. Kırkan, "Çok Katlı Yüksek Yapıların Tasarımına Etki Eden Faktörlerin İrdelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2005.

[7] T. Lawson, *Building Aerodynamics*. World Scientific, 2001.

[8] "Babil Kulesi " https://tr.wikipedia.org/wiki/Babil_Kulesi (accessed Mayıs, 2019).

[9] B. S. Taranath, *Structural analysis and design of tall buildings*. MC Graw-Hill Book Company, 1988.

[10] "Fotoğraf - 23 Marina " https://www.skyscrapercenter.com/building/23-marina/247 (accessed Mayıs, 2019).

[11] "Fotoğraf - Menhir " https://tr.wikipedia.org/wiki/Menhir (accessed Mart, 2019).

[12] "Fotoğraf - Burj Al Arab." https://www.skyscrapercenter.com/building/burj-al-arab/402 (accessed Mayıs, 2019).

[13] "Fotoğraf - Gevora Hotel " https://www.skyscrapercenter.com/building/gevora-hotel/348 (accessed Mayıs, 2019).

[14] "Fotoğraf - Princess Tower." https://www.skyscrapercenter.com/building/princess-tower/206 (accessed Mayıs, 2019).

[15] "Fotoğraf - Ulm Katedrali." https://tr.wikipedia.org/wiki/Ulm_Katedrali (accessed Mayıs, 2019).

[16] "Fotoğraf- 432 Park Avenue." https://www.skyscrapercenter.com/building/432-park-avenue/13227 (accessed Mayıs, 2019).

[17] "Fotoğraf - Reliance Building." https://en.wikipedia.org/wiki/Reliance_Building (accessed Mayıs, 2019).

[18] "Fotoğraf - Singer Binası." https://goktugbeser.com/yuksek-binalarin-tarihcesi/ (accessed Mayıs, 2019).

[19] "Fotoğraf - Valesca Building." https://tr.pinterest.com/pin/469429961134627015/?lp=true (accessed Mayıs, 2019).

[20] "Fotoğraf - Commerzbank Tower " https://en.wikipedia.org/wiki/Commerzbank_Tower (accessed Mayıs, 2019).

[21] "Fotoğraf - Galfa Tower." http://colabradio.mit.edu/macao-milan-trying-to-make-goods-commons/ (accessed Mayıs, 2019).

[22] "Fotoğraf - Empire State Binası " https://www.arkitektuel.com/empire-state-binasi/ (accessed Mayıs, 2019).

[23] "Fotoğraf - Chrysler Binası " https://tr.pinterest.com/pin/121034308709211497/?lp=true (accessed Mayıs, 2019).

[24] "Fotoğraf - Pirelli Building." https://www.milanoweekend.it/articoli/60-anni-palazzo-pirelli/ (accessed Mayıs, 2019).

[25] "Fotoğraf - Shinjuku Mitsui Building." https://en.wikipedia.org/wiki/Shinjuku_Mitsui_Building (accessed Mayıs, 2019).

[26] "Fotoğraf - US Steel Binası." http://www.skyscrapercenter.com/building/one-liberty-plaza/1161 (accessed Mayıs, 2019).

[27] "Fotoğraf - Pearl River Tower " http://www.skyscrapercenter.com/building/pearl-river-tower/454 (accessed Mayıs, 2019).

[28] "Fotoğraf - John Hancock Center." https://www.slideshare.net/PinkDomino/john-hancock-center (accessed Mayıs, 2019).

[29] "Fotoğraf - Montparnasse Binası." http://www.skyscrapercenter.com/building/tour-montparnasse/1487 (accessed Mayıs, 2019).

[30] "Fotoğraf - Newyork." https://www.nationalgeographic.com/travel/destinations/north-america/united-states/new-york/new-york/ (accessed Mart, 2019).

[31] "Fotoğraf - Petronas Tower." https://www.klook.com/en-SG/activity/2750-petronas-twin-towers-kuala-lumpur/ (accessed Mayıs, 2019).

[32] "Fotoğraf - Rose Rayhaan by Rotana " https://www.skyscrapercenter.com/building/rose-rayhaan-by-rotana/369 (accessed Mayıs, 2019).

[33] "Fotoğraf - Taipei 101." https://theculturetrip.com/asia/taiwan/articles/a-brief-history-of-taiwans-taipei-101/ (accessed Mayıs, 2019).

[34] "Fotoğraf - Auditorium Building." http://wikimapia.org/954093/Roosevelt-University-Auditorium-Building (accessed Nisan, 2019).

[35] "Fotoğraf - Fisher Building." http://chicago-architecture-jyoti.blogspot.com/2009/04/fisher-building.html (accessed Mayıs, 2019).

[36] "Fotoğraf - Grande Arche." https://en.wikipedia.org/wiki/Grande_Arche (accessed Mayıs, 2019).

[37] "Fotoğraf - Rockefeller Center " https://www.graymalin.com/products/gray-malin-x-rockefeller-center-tree (accessed Mayıs, 2019).

[38] "Fotoğraf - Bank Of China Binası." http://www.archiexpo.com/prod/josef-gartner/product-58213-1477371.html (accessed Mayıs, 2019).

[39] "Fotoğraf - Bank Of China-2." https://thefinancialanalyst.net/2018/01/15/china-bank-mulls-ripple-crypto-implementation/ (accessed Mayıs, 2019).

[40] "Fotoğraf - Avm Zemin Kat." https://www.karaoglu.com.tr/en/references/emaar-square-mall-residences/ (accessed Mayıs, 2019).

[41] "Fotoğraf - Sears Tower." https://www.chicagobusiness.com/article/20121009/CRED03/121009785/willis-tower-lands-new-tenant (accessed Mayıs, 2019).

[42] L. Cochran and R. Derickson, "Low-rise Buildings and Architectural Aerodynamics," *Architectural Science Review,* vol. 48, no. 3, pp. 265-276, 2005.

[43] "Fotoğraf - Cfd Analizi " http://www.cfdmuhendislik.com/en/services/building-wind-analysis (accessed Mayıs, 2019).

[44] "Fotoğraf - İstanbul Maslak Bölgesi." https://www.projepedia.com/emlak-haberleri/levent-maslak-hatti-10-yilda-15-kat-kazandirdi,5736.html (accessed Mayıs, 2019).

[45] "Venturi Etkisi." https://en.wikipedia.org/wiki/Venturi_effect (accessed Mayıs, 2019).

[46] "Fotoğraf - Mannesmann Hochhaus Binası." https://www.land.nrw/de/ausstellungen-zum-100-geburtstag-von-paul-schneider-von-esleben (accessed Mayıs, 2019).

[47] "Fotoğraf - JW Marriott Marquis Hotel Dubai." https://www.skyscrapercenter.com/building/jw-marriott-marquis-hotel-dubai-tower-1/237 (accessed Mayıs, 2019).

[48] T. Stathopoulos, "Wind and Comfort," in *EUROPEAN & AFRICAN CONFERENCES ON WIND ENGINEERING (EACWE) 5th*, 2009: Citeseer.

[49] "Skyscraper Center - CTBUH resmi web sitesi." www.skyscrapercenter.com/year-in-review/2017 (accessed Mayıs, 2019).

[50] "John Hancock Center." https://en.wikipedia.org/wiki/John_Hancock_Tower (accessed Mayıs, 2019).

[51] "Fotoğraf - Western Union Building." https://tr.pinterest.com/pin/337488565797580094/ (accessed Mayıs, 2019).

[52] "Fotoğraf - Tribune Building." 2019. https://en.wikipedia.org/wiki/New_York_Tribune_Building (accessed Mayıs).

[53] "Fotoğraf - Filatiron Building Kartpostalı." http://ci.columbia.edu/0240s/0242_2/slides/0242_2_100080.html (accessed Mayıs, 2019).

[54] "CTBUH - Yüksek Katlı Yapılarda Yüksekliğin Tarihsel Değişimi." http://www.ctbuh.org/about/measuringtall/ (accessed Mayıs, 2019).

[55] "Fotoğraf - World Trade Center " https://en.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center_(1973%E2%80%932001) (accessed Mayıs, 2019).

[56] "Fotoğraf - Marina City " https://www.archdaily.com/87408/ad-classics-marina-city-bertrand-goldberg/5037e97e28ba0d599b000411-ad-classics-marina-city-bertrand-goldberg-photo (accessed Mayıs, 2019).

[57] "Fotoğraf - Citycrop Center -2 " https://www.bisnow.com/new-york/news/office/nyu-langone-citigroup-complex-lease-boston-properties-85078 (accessed Mayıs, 2019).

[58] "Fotoğraf - Knights of Colombus Building " https://tr.wikipedia.org/wiki/Knights_of_Columbus_Binas%C4%B1 (accessed Mayıs, 2019).

[59] "Fotoğraf - Zorlu Center Cfd Analizi." https://www.erketasarim.com/930-zorlu-center-yaya-seviyesi-konforu-cfd-analizi-tamamlandi/ (accessed Mayıs, 2019).

[60] "Fotoğraf - Tokyo City Hall Complex." http://www.skyscrapercenter.com/building/tokyo-metropolitan-government-building/945 (accessed Mayıs, 2019).

[61] "Emaar Tanıtım Kitapçığı " https://www.emaar.com.tr/public/files/corporate_document_url_tr/B1GNyFeWx-the_address_residence_istanbul.pdf?1503048068952 (accessed Mayıs, 2019).

[62] "Fotoğraf - Wellington Museum Hotel." http://blandforddailyphoto.blogspot.com/2007/07/hotel-de-wheels-44.html (accessed Mayıs, 2019).

[63] "Fotoğraf - Paris Le defence gökdelenleri." https://www.youtube.com/watch?v=07k2fScaL24. (accessed Mayıs, 2019).

[64] "Fotoğraf - John Hancock Center Hatalı cam panelleri." https://buildingfailures.wordpress.com/1973/04/14/1973-john-hancock-tower-boston-massachusetts/ (accessed Mayıs, 2019).

[65] "Fotoğraf - Seagram Building." http://www.skyscrapercenter.com/building/seagram-building/3529 (accessed Mayıs, 2019).

[66] "Fotoğraf - Citycorp Center." https://www.lemessurier.com/citigroup_center (accessed Mayıs, 2019).

[67] "Fotoğraf - Le Courbusier Kent Planı : Ville Radieuse." https://www.arkitektuel.com/ville-radieuse/. (accessed Mart, 2019).

[68] "Fotoğraf - Lake Shore Drive Apartmanları " https://tr.pinterest.com/pin/699254279616208179 (accessed Mayıs, 2019).

[69] "Fotoğraf - Yakushi-ji Pagodası." https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yakushiji_Nara04s3s4500.jpg (accessed Mayıs, 2019).

[70] "Fotoğraf - Los Angeles'taki gökdelenler." https://www.dezeen.com/2017/03/31/los-angeles-2030-skyline-revealed-new-visualisation-visualhouse/ (accessed Mart, 2019).

[71] "Fotoğraf - Citic Tower." https://www.skyscrapercenter.com/building/citic-tower/11116 (accessed Mayıs, 2019).

[72] "Fotoğraf - Capital Gate." https://en.wikipedia.org/wiki/Capital_Gate (accessed Mayıs, 2019).

[73] E. Çoşkun. "Yüksek Binaların Gelişimi ve Tasarım İlkeleri." http://web.iku.edu.tr/~ecoskun/semineryap%C4%B12006.pdf (accessed.

[74] "Fotoğraf - Turning Torso." https://en.wikipedia.org/wiki/Turning_Torso (accessed Mayıs, 2019).

[75] A. I. N. P. L. Winten Pty Ltd, "Pedestrian Wind Enviroment Study," Windtech, 2018.

[76] "Fotoğraf - Sony Building." https://en.wikipedia.org/wiki/550_Madison_Avenue (accessed Mayıs, 2019).

[77] "Fotoğraf - Lakhta Center." https://www.skyscrapercenter.com/building/lakhta-center/12575. (accessed Mayıs, 2019).

[78] "Fotoğraf - New York Times'ta Yayınlanan John Hancock Tower Haberi " https://www.nytimes.com/1988/04/24/arts/architecture-view-a-novel-design-and-its-rescue-from-near-disaster.html? (accessed Mayıs, 2019).

[79] "Fotoğraf - Millenium Tower." https://www.skyscrapercenter.com/building/millennium-tower/33. (accessed Mayıs, 2019).

[80] "Fotoğraf - Wainwright Binası." http://purehistory.org/49-wainwright-building/ (accessed Mayıs, 2019).

[81] "Fotoğraf - Jin Mao Tower." http://www.skyscrapercenter.com/building/jin-mao-tower/189. (accessed Mayıs, 2016).

[82] "RWDI- Burj Khalifa." https://wiryantodotblog.files.wordpress.com/2017/08/05-sudeesh_haki-optimization-of-wind-induced-structural-responses-2.pdf (accessed Mayıs, 2019).

[83] "Fotoğraf - Paramount Building." http://www.skyscrapercenter.com/building/paramount-building/9879 (accessed Mayıs, 2019).

[84] "Fotoğraf - Filatiron Building." https://en.wikipedia.org/wiki/Flatiron_Building. (accessed Mayıs, 2019).

[85] "Fotoğraf - 111 West 57th Street." https://www.skyscrapercenter.com/building/111-west-57th-street/14320 (accessed Mayıs, 2019).

[86] "Emaar Avm Yapıları." https://www.skyscrapercenter.com/complex/410 (accessed Mayıs, 2019).

[87] "Fotoğraf - Tomorrow Square Building." http://www.skyscrapercenter.com/building/tomorrow-square/610 (accessed Mayıs, 2019).

[88] "Fotoğraf - Vicker Tower." https://www.buildington.co.uk/london-sw1/21-24-millbank/millbank-tower/id/531 (accessed Mayıs, 2019).

[89] "Fotoğraf - One World Trade Center." https://www.skyscrapercenter.com/building/one-world-trade-center/98. (accessed Mayıs, 2019).

[90] "Fotoğraf - Burj Khalifa-3." https://pixabay.com/id/photos/burj-menara-pencakar-langit-dubai-2196344/ (accessed Mayıs, 2019).

[91] "Fotoğraf - Masonic Temple Building." https://chicagology.com/goldenage/goldenage026/. (accessed Mayıs, 2019).

[92] "Fotoğraf - Burj Khalifa Rüzgar tüneli testi " https://www.skyscraper.org/EXHIBITIONS/TEN_TOPS/engineering.php. (accessed Mayıs, 2019).

[93] J. Bennet, "Wind Design Guide," Victoria University 2007.

[94] "Fotoğraf - Burj Mohammed Bin Rashid." https://www.skyscrapercenter.com/building/burj-mohammed-bin-rashid/259. (accessed Mayıs, 2019).

[95] " Fotoğraf - Home Insurance Building." https://en.wikipedia.org/wiki/Home_Insurance_Building (accessed Mayıs, 2019).

[96] "Fotoğraf - Ping An Finance Center " http://www.skyscrapercenter.com/building/ping-an-finance-center/54 (accessed Mayıs, 2019).

[97] "Fotoğraf - Daimler Yeni Merkezi." https://www.daikinapplied.com/Daikin_CS_1046_LR_DaimlerChrysler_HQ_Office_Bldg_Case_Study.php (accessed Mayıs, 2019).

[98] "Fotoğraf - Tokyo Gökdelenleri " https://www.architecturaldigest.com/story/how-2020-olympics-will-reshape-tokyos-skyline (accessed Mayıs, 2019).

[99] "Fotoğraf - Monadnock Binası." http://www.architecture.org/learn/resources/buildings-of-chicago/building/monadnock-building/ (accessed Mayıs, 2019).

[100] "Fotoğraf - Equitable Life Insurance Company Binası." https://www.nyc-architecture.com/GON/GON079.htm. (accessed Mayıs, 2019).

[101] "Fotoğraf - New York Sokağı." https://pixabay.com/da/photos/ny-gade-manhattan-nyc-urban-3757026/ (accessed Mayıs, 2016).

[102] "Fotoğraf - Trans Amerikan Building." https://tr.pinterest.com/pin/318700111100188781/ (accessed Mayıs, 2019).

[103] "Fotoğraf - Empire State -2." https://www.potup.com/empire-state-second-biggest-cannabis-market/ (accessed Mayıs, 2019).

[104] "Fotoğraf - İstanbul silüeti " https://www.paraanaliz.com/2016/ekonomi/istanbulda-konut-fiyatlari-5-yil-sonra-ilk-kez-dustu-sert-inis-mi-6541/ (accessed Mayıs, 2019).

[105] "Fotoğraf - 98-Storey Yonge Street Tower." http://urbantoronto.ca/news/2017/03/new-details-emerge-98-storey-yonge-street-tower (accessed Mayıs, 2019).

[106] "Fotoğraf - Burj Khalifa-2." https://www.dailymail.co.uk/news/article-1240280/Burj-Dubai-tallest-building-world-opens-just-months-debt-crisis.html (accessed Mayıs, 2019).

[107] "Fotoğraf - SLS Dubai." https://www.protenders.com/companies/gunal-construction-trade-industry-company/projects/sls-dubai-hotel-residences. (accessed Mayıs, 2019).

[108] "Fotoğraf - Woolworth Building " https://mrej.com/office-building-of-the-week-woolworth-building-nyc/ (accessed Mayıs, 2019).

[109] "Fotoğraf - Bridgewater Place rüzgar önlemleri " http://www.shstructures.com/projects/bridgewater-place-wind-mitigation-scheme-leeds/ (accessed Mayıs, 2019).

[110] "Fotoğraf - Equitable Building." https://www.nytimes.com/2016/07/26/nyregion/new-yorks-first-zoning-resolution-which-brought-order-to-a-chaotic-building-boom-turns-100.html. (accessed Mayıs, 2019).

[111] "Tek İşlevli Yüksek Katlı Binalar." https://www.skyscrapercenter.com/compare-data (accessed Mayıs, 2019).

[112] "Fotoğraf - Lerroy Buffington Binası-2." https://ia800106.us.archive.org/BookReader/BookReaderImages.php?zip=/35/items/inlandarc111218881889chic/inlandarc111218881889chic_jp2.zip&file=inlandarc111218881889chic_jp2/inlandarc111218881889chic_0196.jp2&scale=2&rotate=0. (accessed Mayıs, 2019).

[113] W. Melbourne, "Criteria for Environmental Wind Conditions," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics,* vol. 3, no. 2-3, pp. 241-249, 1978.

[114] P. Ho, "Economics Planning of Super Tall Buildings in Asia Pacific Cities. FIG Working Week 2007, Hong Kong SAR, China," ed, 2007.

[115] S. Reiter, "Assessing Wind Comfort in Urban Planning," *Environment and Planning B: Planning and Design,* vol. 37, no. 5, pp. 857-873, 2010.

[116] O. B. Aysu, "Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemleri," Yüksek Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi 1999.

[117] R. Semizoğlu, "Rüzgar Türbinlerinin Gökdelen Mimarisine Etkisinin Tipolojik İncelenmesi," 2009.

[118] C. Ö. Yiğit, İnal, C. , "Yüksek Bir Binanın Rüzgar Tepkisinin Farklı Sensörler ile Tam Ölçekli İzlenmesi ve Sensör Entegrasyonuna İlişkin Ön Analiz Sonuçları.," *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi,* vol. 1, pp. 30-40, 2011.

[119] T. Lawson, "The Effect of Wind on People in the Vicinity of Buildings," in *4th Int. Conf. on Wind Effects on Buildings and Structures, London, 1975*, 1975: Cambridge University Press.

[120] S. M. Park, M. Elnimeiri, D. C. Sharpe, and R. J. Krawczyk, "Tall building Form Generation by Parametric Design Process," in *Proceedings of the CTBUH 2004 Conference*, 2004.

[121] H. Topal, "Yüksek Yapılar, İzmir'de Yüksek Yapıların Yer Seçimi," *Ege Mimarlık, Ekim,* vol. 2008, pp. 6-9, 2008.

[122] "Fotoğraf - Chrysler Binası Kat Planları." https://kidskunst.info/25/14494-chrysler-building-floor-plan.htm (accessed Mayıs, 2019).

[123] "Fotoğraf - Auditorium Building-2." https://www.auditoriumtheatre.org/the-building/architecture/ (accessed Mayıs, 2019).

[124] N. P. Seçkin, "Environmental Control in Architecture by Landscape Design," *ITU A/Z,* vol. 15, no. 2, 2018.

[125] "Fotoğraf - Hong Kong Silüeti " https://id.wikipedia.org/wiki/Central,_Hong_Kong (accessed Mayıs, 2019).

[126] H. H. Koss, "On Differences and Similarities of Applied Wind Comfort Criteria," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics,* vol. 94, no. 11, pp. 781-797, 2006.

[127] "Filatiron Building Videosu " https://www.youtube.com/watch?v=7DhLmhs0UI4 (accessed Nisan, 2019).

[128] "Fotoğraf - Pearl River Tower rüzgar tirbünleri " https://www.asce.org/uploadedFiles/Technical_Areas/Architectural_Engineering/Content_Pieces/SOM_Chicago_Pearl%20River.pdf (accessed Mayıs, 2019).

[129] Z. Zhai, "Application of Computational Fluid Dynamics in Building Design: Aspects and Trends," *Indoor and built environment,* vol. 15, no. 4, pp. 305-313, 2006.

[130] "Fotoğraf - Rockefeller Center-2." https://tr.pinterest.com/pin/417145984206128905/?lp=true (accessed Mayıs, 2019).

[131] "Fotoğraf - Empire State Binası Kat Planları " https://tr.pinterest.com/pin/823455113094731074/?lp=true (accessed Mayıs, 2019).

[132] "Fotoğraf - Lake Shore Drive Apartmanları 2." http://860880lakeshoredrive.com/flexible-floor-plans/ (accessed Mayıs, 2019).

[133] "Fotoğraf - Sears Yeni Merkezi " https://ronaldsteyn.wordpress.com/sears-com/sears-holdings-corporation/ (accessed Mayıs, 2019).

[134] "Fotoğraf - Paris Le Defence gökdelenleri -2." https://en.wikipedia.org/wiki/File:La_D%C3%A9fense_skyline.jpg (accessed Mayıs, 2019).

[135] G. Z. G. Raşide Çaçan, "Farklı İklim Bölgelerinde Açık Alan Rüzgar Konforu Değerlerinin Belirlenmesi," *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi,* 2013.

[136] "Fotoğraf - Sears Tower- 2." http://www.skyscrapercenter.com/building/willis-tower/169 (accessed Mayıs, 2019).

[137] "Fotoğraf - The Trump Building." https://gawker.com/tag/40-wall-street (accessed Mayıs, 2019).

[138] "Fotoğraf - Sony Building 2." https://www.dezeen.com/2018/12/04/550-madison-snohetta-update-philip-johnson-att-building/ (accessed Mayıs, 2019).

[139] R. Aynsley, W. Melbourne, and B. Vickery, "Architectural Aerodynamics," ed, 1977.

[140] "Fotoğraf - Equitable Building- 2." https://ocw.mit.edu/ans7870/11/11.001j/f01/lectureimages/5/image3.html (accessed Mayıs, 2019).

[141] J. C. Feblowitz, "Confusing The Wind: The Burj Khalifa, Mother Nature, and the Modern Skyscraper.," *Inquiries Journal/Student Pulse,* vol. 2, no. 1, 2010. [Online]. Available: http://www.inquiriesjournal.com/a?id=124.

[142] U. Arslan, "Geotechnical Aspects of the Planning and Construction of High-rise Buildings," *Yapı Zemin,* vol. Kasım pp. 51-62, 2007.

[143] E. Willemsen and J. A. Wisse, "Design for Wind Comfort in The Netherlands: Procedures, Criteria and Open Research Issues," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics,* vol. 95, no. 9-11, pp. 1541-1550, 2007.

[144] "Fotoğraf - Baiyoke Tower II " https://www.emporis.com/images/details/703540/top-top-of-the-south-side (accessed Mayıs, 2016).

[145] "Fotoğraf - Maslak Trafik Sorunu." https://www.sariyerposta.com/yasam/maslakin-trafik-cilesi-bitmiyor-h58589.html (accessed Mayıs, 2019).

[146] "Fotoğraf - Heart Tower." https://www.skyscraperdictionary.com/?project=podium (accessed Mayıs, 2019).

[147] İ. Karadağ and N. Serteser, "Rüzgar-Yapı Etkileşiminin Ön Tasarım Aşamasında Tahminine Yönelik Bir Algoritma," 2019.

[148] "Piyalepaşa Konakları- Rüzgar Tüneli Testi." http://www.piyalepasaliolmak.com/piyalepasa-istanbul-ruzgar-tuneli-testinde/ (accessed Mayıs, 2019).

[149] Ö. Şabanoğlu, "Toplu Konut Yerleşimlerindeki Açık Alanlarda Rüzgarın Kullanıcı Konforuna Etkisinin Analizi Ve Değerlendirilmesi," Yüksek Lisans Tezi Mimari Tasarımda Bilişim Programı, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul 2018.

[150] A. G. Davenport, "An Approach to Human Comfort Criteria for Environmental Wind Conditions," in *Colloquium on building climatology,* 1972.

[151] F. Toprakal, "Yüksek Yapıların Gelişimi ve İstanbul'daki Yüksek Yapıların Tipolojik Analizi," 2008.

[152] "Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Tarihçesi." https://csb.gov.tr/tarihcemiz-i-7012 (accessed Mayıs, 2019).

[153] (1985). *Plansız Alanlar Tip İmar Yönetmeliği*.

[154] (1996). *İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği*.

[155] A. Öke, "Dünya'da ve Türkiye'de Yüksek Binaların Gelişmesi " *Yapı Dergisi,* vol. 89, 1989.

[156] Z. Ö. Celep, A.R, "Yüksek Binaları Yapısal Tasarımı," *İmo Bursa Bülten,* vol. 70, pp. 8-12, 2017.

[157] (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*.

[158] "CTBUH Resmi Sitesi - Yükseklik Kriteri " http://www.ctbuh.org/criteria/. (accessed Mart, 2019).

[159] O. Göçer, "Gökdelenler," *Mimarlık,* vol. 6, pp. 27-32, 1969.

[160] A. T. Yaman, "Yüksek Yapılarda Cephe Gelişimi ve Giydirme Cepheler," 1998.

[161] N. Demir, "Yüksek Yapılar ve Sürdürülebilir Enerji," 2011.

[162] "Ulm Katedrali." https://tr.wikipedia.org/wiki/Ulm_Katedrali (accessed Mayıs, 2019).

[163] A. Sev, "Türkiye'de ve Dünya'da Yüksek Binaların Mimari Tasarım ve Taşıyıcı Sistem Açısından Analizi," Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, İzmir, 2001.

[164] "Yakushi-ji Pagodası." https://tr.wikipedia.org/wiki/Yakushi-ji (accessed Nisan, 2019).

[165] B. İmamoğlu. "Mimarlıkta Dikey ve Yatay Büyüme " https://manifold.press/mimarlikta-dikey-ve-yatay-buyume (accessed Mayıs, 2019).

[166] C. Bal, "Yüksek Bina Yapım Sistemlerinin Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.

[167] S. Aytis, "Yüksek Binaların Yapım Kriterleri ve Bu Kriterlerin İstanbul'dan Dört Örnek Üzerinde Analizi," Doktora Tezi, MSU Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Eser, 1996.

[168] L. Bayır, "Türkiye'de Yüksek Binaların Başlangıç ve Gelişmesi," 1988.

[169] "Elisa Otis, Güvenlikli Asansörün İcadı " http://teoribilim.blogspot.com/2012/08/ilk-asansor-elisha-graves-otis.html. (accessed Mayıs, 2019).

[170] "Auditorium Building." https://www.auditoriumtheatre.org/the-building/architecture/. (accessed Mayıs, 2019).

[171] J. Ellis, "Codes and controls," *Architectural Review,* vol. 1101, p. 79, 1988.

[172] D. Hasol, "Chicago'dan Mimari İzlenimler," *Mimari İzlenimler,* p. 12, 1999.

[173] F. Özer, "Yüksek Yapıların Gelişimine Toplu Bir Bakış," in *Yüksek Binalar 1. Ulusal Sempozyumu*. İstanbul: 8-9, 1989.

[174] H. Begeç, "Yükseklik, Yüksek Olma ve Yüksek Yapıların Gelişimi," *Ege Mimarlık, Ekim,* vol. 2008, pp. 10-15, 2008.

[175] A. Civaroğlu, "Yüksek Yapılar ve İzdüşümleri: Ekonomi, Toplum ve Çevre," *Mimarist Dergisi,* vol. 24, pp. 38-41, 2007.

[176] D. Hasol, "Yüksek, Daha Yüksek, En Yüksek!," *Mimarist Dergisi,* vol. 24, pp. 44-50, 2007.

[177] A. Samsunlu, "Yüksek Binalar ve Altyapı Sorunu " *Tesisat Mühendisliği Dergisi,* vol. 6, 1993.

[178] M. Işık, "Çok Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Etkisi," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.

[179] A. Öke, "Yüksek Binalar ve Problemleri " *Tesisat Mühendisliği Dergisi,* vol. 6, 1993.

[180] M. M. Ali and P. J. Armstrong, *Architecture of Tall Buildings*. McGraw-Hill Companies, 1995.

[181] C. Bektaş, "Gökdelende Biçim Aramak, Zorlamadır.," *Mimarist Dergisi,* vol. 24, p. 65, 2007.

[182] B. Karakaş, "Çok İşlevli Yüksek Binalarda İşlevsel ve Strüktürel Çözümler " *Yüksek Binalar 2. Ulusal Sempozyumu,* pp. 201-208, 1992.

[183] U. İzgi, *Mimarlıkta Süreç: Kavramlar, İlişkiler*. YEM Yayın, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, 1999.

[184] G. Zorer Gedik. (1999) Soğuk İklim Bölgesinde Yalıtımlı Yapı Kabuğu Kesitlerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi: Erzurum Örneği,. *Yapıda Yalıtım Konferansı Bildiriler Kitabı*. 145-151.

[185] H. Güler, Filiz Şenkal Sezer, Sedat Ülkü, "Binalarda yapı fiziği problemleri: Bursa'da Bir kamu kurumu örneği," *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,* vol. 15, no. 2, pp. 54-55, 2010.

[186] A. Köse. "Gökdelenler İklimi Ne Kadar Etkiliyor? Şehir Isı Adası Etkisi." https://www.meteoroloji.org.tr/gokdelenler-iklimi-ne-kadar-etkiliyor-sehir-isi-ada-etkisi (accessed.

[187] M. Krautheim, R. Pasel, S. Pfeiffer, and J. Schultz-Granberg, *City and wind: Climate as an Architectural Instrument*. Dom Publishers, 2014.

[188] D. G. C. D. Al Katsaprakakis, "Wind Energy," *Comprehensive Renewable Energy,* 2012.

[189] G. Z. G. Fatih Kiraz, Neşe Yüğrük Akdağ, Raşide Çaçan, Bekir Şener "Toplu Konut Yerleşimlerinde, Rüzgar ve Gürültü Açısından Uygun Kullanım Alanlarının Belirlenmesi," *1. Ulusal Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi* 2014.

[190] C. Özlek, "Asce 7-10, Eurocode 1-4 Ve Ts 498 Yönetmelikleri Kullanılarak Yapılara Etki Eden Rüzgar Yüklerinin Karşılaştırılması," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.

[191] K. Özgür, B. KAYIŞOĞLU, S. N. SHOJAEE, and U. Oğuz, "Yüksek Binalarda Rüzgar Etkilerinin Rüzgar Tüneli Deneyleriyle Tespiti," *Teknik Dergi,* vol. 23, no. 114, pp. 6163-6186, 2012.

[192] (2009). *İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliği*.

[193] Şafak E., "Yüksek Yapılardaki Rüzgar Yüklerinin Hesabı," *İMO Türkiye Mühendislik Haberleri,* vol. 471, no. 1, pp. 27-38, 2012.

[194] V. Ok, "Sağlıklı Kentler İçin Pasif İklimlendirme ve Bina Aerodinamiği," presented at the 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2007.

[195] D. Hasol. (1994) Japonya'dan İzlenimler. *Yapı Dergisi*. 46-47.

[196] İ. Yüksel, "Rüzgar ve Deprem Yükleri ile Bina Formu Yönünden Yüksek Yapılara Kısa Bir Bakış," *İmo Bursa Bülten,* vol. 70, pp. 14-21, 2017.

[197] A. R. Özuygur, "Performance-based Seismic Design of an Irregular Tall Building—A Case Study," in *Structures*, 2016, vol. 5: Elsevier, pp. 112-122.

[198] "Aeroelastite." https://tr.wikipedia.org/wiki/Aeroelastisite (accessed Mayıs, 2019).

[199] A.R. Özuygur, "Performance-based seismic design of an irregular tallbuilding in Istanbul," *Structural Design Tall Spec Buildings*, vol. 24, pp. 703-723, 2015.

[200] "Tacoma Bridge." https://www.sanalsantiye.com/tacoma-narrow-koprusu/ (accessed Mayıs, 2019).

[201] J. Wanot, "Computational Fluid Dynamics Methods in Ship Design," *R&D projects (1996), Germany*, 1996.

[202] "Bill Baker ile Burj Khalifa " https://newatlas.com/william-baker-interview-burj-khalifa/50751/ (accessed Mayıs, 2019).

[203] D. A. Hanser, *Architecture of France*. Greenwood Publishing Group, 2006.

[204] "Grand Arc " http://www.aviewoncities.com/paris/archedeladefense.htm (accessed Mayıs, 2019).

[205] "Bridgewater Place Haberi " https://www.theguardian.com/uk/the-northerner/2012/feb/16/leeds-bridgewaterplace-windtunnel-inquest-crownprosecution-service (accessed.

[206] "Çevresel Rüzgarı Olumsuz Etkileyen Yapılar " https://www.ingridcloud.com/blog/two-buildings-that-failed-wind-performance/ (accessed Mayıs, 2019).

[207] "Hancock Tower " https://www.ingridcloud.com/blog/two-buildings-that-failed-wind-performance/ (accessed Mayıs, 2019).

[208] "Baufort Skalası." https://tr.wikipedia.org/wiki/Beaufort_r%C3%BCzg%C3%A2r_%C5%9Fiddeti_skalas%C4%B1 (accessed Mayıs, 2019).

[209] V. Ok, "Yerleşme Dokusu Dizayn Değişkenlerinin Açık mekanlardaki Rüzgar Hızına ve Akım Tipine Etkilerinin İncelenmesi," *İNTAG-214, Istanbul: Istanbul Teknik Universitesi*, pp. 3-4, 1996.

[210] A. Davenport, "Approaches to the Design of Tall Buildings Against Wind," in *Theme Report, Proceedings of the ASCE-IABSE International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Lehigh University*, 1972, pp. 1-22.

[211] "Emaar Proje Tanıtımı " https://bi-ozet.com/2016/04/05/emaar-squarede-ofis-kiralamalari-basliyor/ (accessed Mayıs, 2019).

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: gnkoyuncu@hotmail.com.tr

Konferans Bildirileri

1. Koyuncu G.N, Say Özer Y. (2019) "Yüksek Katlı Yapı Tasarımında Rüzgar Faktörünün Yaya Konforuna Etkisi", 2nd ENAR Proceeding e-Book: 1798.