

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARMA FONKSİYONLU, AZ KATLI VE ÇOK
KATLI BETONARME MALZEMELİ BİNALARIN
TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN İRDELENMESİ VE
GÜNÜMÜZ KOŞULLARINDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Funda ÇAKIRÖZÜ CİVELEK

**Haziran, 2019
İZMİR**

**KARMA FONKSİYONLU, AZ KATLI VE ÇOK
KATLI BETONARME MALZEMELİ BİNALARIN
TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN İRDELENMESİ VE
GÜNÜMÜZ KOŞULLARINDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı**

Funda ÇAKIRÖZÜ CİVELEK

**Haziran, 2019
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

FUNDA ÇAKIRÖZÜ CİVELEK, tarafından **PROF. DR. YEŞİM KAMİLE AKTUĞLU** yönetiminde hazırlanan “**KARMA FONKSİYONLU, AZ KATLI VE ÇOK KATLI BETONARME MALZEMELİ BİNALARIN TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN İRDELENMESİ VE GÜNÜMÜZ KOŞULLARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Yeşim Kamile AKTUĞLU

Yönetici



Doç. Dr. Taner H. G. AR

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Serdar K. A. U. R.

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim sürecinde, tezimin hazırlanmasında değerli görüşleri, desteği, ilgisi, bilgisi ve her koşulda ayırabildiği vakti için danışmanım Sn. Prof. Dr. Yeşim Kamile AKTUĞLU'ya, görüşleri ve desteği ile yanımda olan arkadaşım Mimar Selin Duran'a teşekkürü borç bilir, sevgilerimi sunarım.

Hayatım boyunca destekleri ve sevgileri ile hep yanımda olan canım annem Perihan ÇAKIRÖZÜ'ne ve canım babam İsmail ÇAKIRÖZÜ'ne, benim bu tezi yazmama fırsat veren, beni koşulsuz seven ve koşulsuz sevdiğim, beni her daim mutlu etmeyi başaran canım evlatlarım Egehan Toprak CİVELEK'e ve Miray Ada CİVELEK'e ve son olarak her koşulda yanımda olan, desteğini, sevgisini, ilgisini hep canımda hissettiğim değerli eşim Sinan CİVELEK'e sonsuz teşekkürler.

Funda ÇAKIRÖZÜ CİVELEK

KARMA FONKSİYONLU, AZ KATLI VE ÇOK KATLI BETONARME MALZEMELİ BİNALARIN TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN İRDELENMESİ VE GÜNÜMÜZ KOŞULLARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Yapı malzemelerindeki ve teknolojideki gelişmeler yüksek yapı yapılmasını sağlamış, günümüz yaşam şekli yapılarda birden fazla fonksiyon ihtiyacı doğurmuş, özellikle güvenlik önemleri ve maliyet açısından betonarme tercih sebebi olmuştur. Dünyadaki ve ülkemizdeki yüksek yapı sayısındaki artış, kullanılan sistemlerin çeşitliliği ve ülkemizde betonarme malzeme kullanılarak yapılan yapı sayısı dikkate alındığında yüksek yapıların; taşıyıcı sistem, tasarım, fonksiyon ve malzeme açısından incelenmesini gerekli kılmış, ülkemizde betonarme malzeme kullanım oranı yüksekliği sebebi ile betonarme malzemeli yapılar incelenmiştir.

“Karma Fonksiyonlu, Az Katlı ve Çok Katlı Betonarme Malzemeli Binaların Taşıyıcı Sistemlerinin İrdelenmesi ve Günümüz Koşullarında Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölüm olan “Giriş” bölümünde; konu tanıtılmış, amaç, kapsam ve çalışmada kullanılan yöntemler anlatılmıştır.

İkinci bölüm olan “Tanımlar ve Tarihsel Gelişim” bölümünde; malzeme tanımlarına, betonun tarihsel gelişimine yer verilmiş, betonarme yapıların diğer yapılara göre avantaj ve dezavantajlarına değinilmiştir. Betonarme yapı elemanlarının ve yapım sistemlerinin tanımı yapılmıştır. Yüksek yapı tanımı yapılmış, betonarme yüksek yapıların tarihsel gelişimi ve karma kullanımlı yapılarda bulunan fonksiyonlar açıklanmaya çalışılmıştır.

Üçüncü bölüm olan “Karma Fonksiyonlu, Az Katlı ve Çok Katlı Betonarme Malzemeli Bina Örnekleri ve Örneklerin İrdelenmesi” bölümünde; dünyada 2005 yılından sonra yapılmış ve yapımı tamamlanmış, betonarme malzeme kullanılmış yapı örnekleri ele alınmış, taşıyıcı sistem bakımından incelenmiş, binalara ait genel

tasarım bilgileri, fonksiyonları ve özellikleri anlatılmaya çalışılmıştır. Bu örnekler kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Betonarme malzeme kullanarak farklı yapısal çözümleri içeren örnekler incelenmeye çalışılmış, bu çözümlerin sağladığı avantajlara değinilmiştir.

Sonuç bölümünde; yapı örneklerinin de incelenmesi ile betonarme malzemeli yüksek yapıların tasarımı ve taşıyıcı sistem seçimi konusunda edinilen bilgiler ışığında; az ve çok katlı yapı bölümlerini içeren, betonarme malzemeli ve karma fonksiyonlu yapılardan elde edilen çıkarımlar paylaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Beton, betonarme, karma fonksiyon, betonarme yapım sistemleri, az katlı yapı, çok katlı yapı, yüksek yapı

**EXAMINATION OF LOW - RISE AND HIGH - RISE,
MULTI - FUNCTIONED BUILDINGS WITH REINFORCED CONCRETE
MATERIAL IN STRUCTURAL SOLUTION AND THE EVALUATION OF
THESE BUILDINGS IN TODAY’S CONDITIONS**

ABSTRACT

Developments in technology and construction materials had led to high rise buildings, current life styles have caused the need of multiple functions in constructions, especially in terms of security precautions and cost, reinforced concrete has been the reason for preference. Considering the increase in the number of high - rise buildings in the world and in our country, the diversity of systems in use and the number of buildings made by using reinforced concrete in our country, it has become necessary to evaluate high - rise buildings in terms of structural system, design, function and construction materials. Reinforced concrete structures have been investigated due to high usage rate of reinforced concrete in our country.

The present study titled: “Examination of low - rise and high - rise, multi - functioned buildings with reinforced concrete material in structural solution and the evaluation of these buildings in today’s conditions” consists of four parts.

In the first section, which is introduction; subject area is introduced, purpose, scope and methods of the study are described.

In the second section, which is named “Definitions and historical development”; description of materials and historical development of concrete is mentioned by explaining advantage and disadvantages of reinforced concrete structures in comparison to other structures. Definitions of reinforced concrete structure elements and construction systems, high - rise buildings are made including historical development of high concrete buildings and functions of multi - functioned buildings.

Third section is named “The examples and evaluation of low - rise, high - rise, and multi - functioned buildings with reinforced concrete in structural solution”. Construction examples which were built and completed with reinforced concrete material after 2005 in the world are addressed and examined in terms of structural system. General design information, functions, and peculiarities of buildings, are explained. These examples are compared with each other. Examples of different structural solutions by using reinforced concrete and advantages of these solutions are mentioned as well.

In the conclusion section, through the examination of construction examples and in the light of the information gained in the design of the high structures with reinforced concrete and selection of the structural system; inferences from low and high - rise building sections, and multi - functioned structures with reinforced concrete have been shared.

Keywords: Concrete, reinforced concrete, multi - function reinforced concrete construction systems, low rise structure, high - rise structure, multi - storey structure

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç.....	1
1.2 Kapsam	2
1.3 Yöntem.....	2
BÖLÜM İKİ - TANIMLAR VE TARİHSEL GELİŞİM	3
2.1 Beton Malzemenin Tarihsel Gelişimi.....	3
2.2 Beton ve Betonarme	6
2.3 Betonarme Yapıların Yığma, Çelik ve Ahşap Yapılara Göre Avantajları ve Dezavantajları.....	6
2.4 Betonarme Yapı Elemanları.....	7
2.5 Betonarme Yapım Sistemleri	9
2.5.1 Geleneksel Çerçeve Sistemler	11
2.5.2 Perde Duvarlı Sistemler.....	12
2.5.3 Eğik Elemanlı Çerçeve Sistemler	13
2.5.4 Boşluklu Perde Duvarlı Sistemler	13
2.5.5 Perde Duvarlı - Çerçeve Sistemler.....	14
2.5.6 Tüp Sistemler	14
2.5.7 Taban İzolasyonlu Sistemler.....	15
2.6 Yüksek Yapılar.....	16
2.7 Betonarme Malzemeli Yüksek Yapıların Tarihsel Gelişimi.....	16

2.8 Karma Kullanımlı Yüksek Yapılarda Bulunan Fonksiyonlar	19
BÖLÜM ÜÇ - KARMA FONKSİYONLU, AZ KATLI VE ÇOK KATLI BETONARME MALZEMELİ BİNA ÖRNEKLERİ VE ÖRNEKLERİN İRDELENMESİ.....	21
3.1 UniCredit Tower, Milano, İtalya	21
3.2 Palazzo Lombardiya, Milano, İtalya.....	33
3.3 Citylife, Milano, Lombardiya, İtalya	48
3.3.1 CityLife Milano Residential Complex, Milano, İtalya	511
3.3.2 Generali Tower, Milano, İtalya.....	54
3.3.3 Allianz Tower, Milano, İtalya.....	67
3.4 Örneklerin İrdelenmesi	82
BÖLÜM DÖRT - SONUÇLAR.....	88
KAYNAKLAR.....	91

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Çerçeve sistem kullanılarak tasarlanmış binalara ait plan şemaları.....	11
Şekil 2.2 Perde duvarlı sistem ile tasarlanmış bir yapının şematik kat planı	12
Şekil 2.3 Perde duvarlı sistem için örnek kat planları	12
Şekil 2.4 Boşluklu perde duvar	13
Şekil 2.5 Perde duvarlı - çerçeveli sistemler	14
Şekil 2.6 Tüp sistem şemaları.....	15
Şekil 2.7 Taban izolasyonlu sistem şeması	16
Şekil 2.8 Rue Franklin Apartmanı	18
Şekil 2.9 Yüksek yapı örnekleri	19
Şekil 3.1 Porta Nuova Garibaldi'ye bakış	21
Şekil 3.2 Porta Nuova Garibaldi.....	23
Şekil 3.3 Zemin kat planı (Porta Nuova, b.t.).....	23
Şekil 3.4 Porta Nuova Garibaldi Podyum seviyesi kat planı	24
Şekil 3.5 Porta Nuova Garibaldi yapısı A - A kesiti.....	24
Şekil 3.6 Porta Nuova Garibaldi.....	25
Şekil 3.7 Porta Nuova Garibaldi A kulesi 1. kat planı.....	26
Şekil 3.8 A kulesi 3 ve 13 arası kat planları.....	27
Şekil 3.9 Çekirdek boyutları ve kolon gruplarına verilen isimlerin gösterimi	30
Şekil 3.10 A kulesi radye temel yükseklikleri.....	31
Şekil 3.11 Porta Nuova Garibaldi yapısı inşaat aşaması.....	32
Şekil 3.12 Palazzo Lombardia'ya bakış	33
Şekil 3.13 Palazzo Lombardia	35
Şekil 3.14 Cephe detayı	36
Şekil 3.15 Palazzo Lombardia yapısı cephe görselleri	37
Şekil 3.16 Piazza Cittàdi Lombardia çatı örtüsü	37
Şekil 3.17 Palazzo Lombardia temel planı.....	39
Şekil 3.18 Palazzo Lombardia yapısı kule temel planı ve kesiti	39
Şekil 3.19 Palazzo Lombardia yapısı temel imalatı görselleri	40
Şekil 3.20 Palazzo Lombardia yapısı temel yapım aşamaları	40

Şekil 3.21 Palazzo Lombardia yapısı PCM kolonları.....	41
Şekil 3.22 Palazzo Lombardia yapısı PCM kolonları ve PREM kirişleri	41
Şekil 3.23 Palazzo Lombardia yapısı.....	41
Şekil 3.24 Palazzo Lombardia yapısı hafif dolgu elemanları, prefabrik kirişler	42
Şekil 3.25 Palazzo Lombardia yapısı döşeme imalatı	42
Şekil 3.26 Palazzo Lombardia yapısı yüksek yoğunluklu polietilen küre uygulaması detayları	44
Şekil 3.27 Palazzo Lombardia yapısı döşemeleri için yüksek yoğunluklu polietilen (PEHD) küre uygulaması görselleri	44
Şekil 3.28 Palazzo Lombardia.....	44
Şekil 3.29 Palazzo Lombardia zemin kat planı	45
Şekil 3.30 Palazzo Lombardia normal kat planı (ofis katı).....	45
Şekil 3.31 Palazzo Lombardia kule planı.....	46
Şekil 3.32 Palazzo Lombardia kesit.....	46
Şekil 3.33 Velario / Velerium kesiti ve Velerium içinden çekilmiş fotoğraf.....	48
Şekil 3.34 Citylife genel görünüm (yapılması planlanan durumu gösterir)	48
Şekil 3.35 Komplekse ait vaziyet planı (yapılması planlanan durumu gösterir)	50
Şekil 3.36 Hadid Residence.....	51
Şekil 3.37 Citylife Residences zemin kat planı	52
Şekil 3.38 Citylife Residences kat planı	53
Şekil 3.39 Citylife Residences görünüş	53
Şekil 3.40 Citylife Residences.....	53
Şekil 3.41 Yapının genel görünümü	54
Şekil 3.42 Generali Tower alt zemin kat planı	55
Şekil 3.43 Generali Tower zemin kat planı.....	56
Şekil 3.44 Generali Tower 5. kat planı	56
Şekil 3.45 Generali Tower 22. kat planı	57
Şekil 3.46 Generali Tower yapı elemanları.....	58
Şekil 3.47 Lento ve Coupling - Beam.....	59
Şekil 3.48 Generali Tower'da yer alan asansörlerin hangi katlara hizmet ettiklerini gösterir şema	60
Şekil 3.49 Kolon imalatları	61

Şekil 3.50 Generali Tower inşaat safhası	61
Şekil 3.51 Generali Tower temel yapım aşamaları.....	62
Şekil 3.52 Generali Tower cephe detayları	63
Şekil 3.53 Yapının servis koridorundan geçen kısmi kesit	63
Şekil 3.54 Hadid Tower detay	64
Şekil 3.55 Hadid Tower az katlı yapı kesitleri	65
Şekil 3.56 Hadid Tower A - A kesiti	66
Şekil 3.57 Allianz Tower, Milano, İtalya.....	67
Şekil 3.58 Allianz Tower zemin kat planı.....	69
Şekil 3.59 Allianz Tower 1. kat planı	70
Şekil 3.60 Allianz Tower tip kat planı	70
Şekil 3.61 Allianz Tower çatı planı	71
Şekil 3.62 Allianz Tower Kesitler	71
Şekil 3.63 Allianz Kulesi detay	72
Şekil 3.64 Allianz Tower'ın 23. ve 49. katlarındaki "belt - truss" yerlerini gösterir şekil.....	73
Şekil 3.65 Allianz Tower	74
Şekil 3.66 Allianz Tower belt - truss	74
Şekil 3.67 Allianz Tower'ın 23. ve 26. katları arasındaki çelik belt-truss.....	75
Şekil 3.68 Allianz Tower'ın 49. - 50. katları arasındaki belt-truss	75
Şekil 3.69 Allianz Tower 6 katlı modüle ait kısmi kesit.....	76
Şekil 3.70 Allianz Tower inşaat safhasına ait görüntüler	77
Şekil 3.71 Allianz Tower kesit	78
Şekil 3.72 Payandaların birbirleri ve yapı ile olan mesafelerini gösterir şema	79
Şekil 3.73 Payanda kesitleri	79
Şekil 3.74 Payanda görselleri	80
Şekil 3.75 Allianz Tower cephesinin plan, kesit ve görünüşü	80
Şekil 3.76 Allianz Tower temel şeması	82
Şekil 3.77 Allianz Tower kazık temel görselleri	82
Şekil 3.78 Allianz Tower temel yapımı safhasına ait görseller.....	82
Şekil 3.79 Seçilen örneklerin Milano şehrindeki konumunu gösterir harita.....	83

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 UniCredit Tower yapısına ait genel bilgiler	22
Tablo 3.2 Palazzo Lombardia yapısına ait genel bilgiler	33
Tablo 3.3 Citylife komplesine ait genel bilgiler	49
Tablo 3.4 Citylife Milano Residential Complex yapısına ait genel bilgiler	51
Tablo 3.5 Generali Tower yapısına ait genel bilgiler	54
Tablo 3.6 Allianz Tower yapısına ait genel bilgiler	67
Tablo 3.7 Karşılaştırma şeması	84

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Yapı malzemelerindeki ve teknolojideki gelişmeler yüksek yapı yapılmasını sağlamış, günümüz yaşam şekli yapılarda birden fazla fonksiyon ihtiyacı doğurmuş, özellikle güvenlik önemleri ve maliyet açısından betonarme tercih sebebi olmuştur. Dünyadaki ve ülkemizdeki yüksek yapı sayısındaki artış ve kullanılan sistemlerin çeşitliliği yüksek yapıların; taşıyıcı sistem, tasarım, fonksiyon ve malzeme açısından incelenmesini gerekli kılmış, ülkemizde betonarme malzeme kullanım oranı yüksekliği sebebi ile betonarme malzemeli yapılar incelenmiştir.

Betonarme yapılar; yangına karşı dayanıklılık, rijitlik, dış etkilere dayanıklılık, ömrünün uzunluğu, bakımının kolaylığı, işçi bulmanın kolaylığı gibi özellikleri ile çelik, ahşap ve yığma yapılara göre daha avantajlıdır (Doğangün, 2011).

Yüksek yapılar; günden güne değerlenen şehir merkezlerindeki arsalardan daha fazla ve birden çok fonksiyonu içerebilecek şekilde yararlanma imkanı sağlamakla birlikte ülkeler ve büyük firmalar için prestij göstergesi haline gelmiştir (Öke, b.t.; Koç ve diğer., 2009).

Bu tez kapsamında; betonarme malzemeli taşıyıcı sisteme sahip yüksek yapılardan günümüze yakın tarihte yapılmış başarılı örnekleri tasarım, fonksiyon, taşıyıcı sistem ve yapısal çözümler gibi birçok açıdan incelenmiş ve karşılaştırılmalara yer verilmiştir.

1.1 Amaç

Yapılar tasarlanırken ana etmen fonksiyon ve buna bağlı taşıyıcı sistem seçimidir. Yüksek yapılarda malzeme ve taşıyıcı sistem seçiminde; fonksiyon kadar güvenlik tedbirleri de ilk sıradadır, sonrasında sürdürülebilirlik, konfor koşullarının sağlanması, maliyet gibi unsurlar sıralanır. Bu çalışmanın amacı, dünyada uygulanan güncel örnekler ışığında betonarme malzemeli yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerini incelemek, irdelemek ve tasarım yaparken etkin bir şekilde kullanabilmektir.

1.2 Kapsam

Betonarme malzeme ve betonarme yapı elemanları, betonarme yapım sistemleri hakkında araştırma yapılarak elde edilen bilgilerle 2005 yılından sonra yapımına başlanılmış ve yapımı tamamlanmış, az ve çok katlı yapı kitlelerinin birlikte yer aldığı, birden çok fonksiyon içeren, betonarme malzemeli yapıların taşıyıcı sistemleri, fonksiyonları incelenmiş, yapıların genel tasarım bilgileri anlatılmış ve yapılar analiz edilmiştir. Yapılan karşılaştırma ile kullanılan en yaygın taşıyıcı sistem çeşidi, yüksek yapıların en çok hangi fonksiyon için tercih edildiği gibi bilgiler edinilmiştir. Yapılar incelenirken kullanılan yapısal çözümlerin ve yapım şekillerinin sağladığı faydalar değerlendirilmiştir.

1.3 Yöntem

Çalışmada, literatür taraması ile bilgi toplama, şekil ve tablo ile açıklama, karşılaştırma, değerlendirme ve yorumlama yöntemleri kullanılmıştır.

Amaç ve kapsam doğrultusunda 2005 yılından sonra yapımına başlanılmış ve yapımı tamamlanmış, betonarme malzemeli ve karma fonksiyonlu, az katlı ve çok katlı betonarme malzemeli binaların güncel örnekleri literatür taraması ile elde edildikten sonra örnekler irdelenerek karşılaştırılmış, farklı yapısal çözümler hakkında bilgi sahibi olunmuştur.

BÖLÜM İKİ

TANIMLAR VE TARİHSEL GELİŞİM

2.1 Beton Malzemenin Tarihsel Gelişimi

Konya İli Çumra İlçesi sınırlarında bulunan Çatalhöyük Neolitik Antik Kenti'nde yapılan araştırmalarda buradaki evlerde kullanılan harçların 8000 yıllık geçmişi olduğu bilgisi elde edilmiştir. Suya karşı dayanıklılığı sağlamak adına o dönemlerde kullanılan volkanik kül içeren toprağın bu yapılarda da kullanılmış olma durumunu Çatalhöyük'ün Hasan ve Erciyes Dağı gibi volkanik dağların yakınında bulunması açıklamaktadır. Günümüzden üç - dört bin yıl önce Rodos'ta ve Girit'te yapılan su yapılarında ve mozaik işlerinde puzolan ve söndürülmüş kireçten elde edilen bağlayıcıların kullanıldığı o bölge ile ilgili yapılan araştırmalar sonucu elde edilen bilgiler arasındadır. M. Ö. 300 yıllarında Romalılar tarafından puzolan malzemelerin harç ve beton yapımında yaygın olarak kullanımı başlamıştır. M.Ö. 30 -20 yıllarında Romalı mimar Marcus Vitruvius Pollio'nun yazdığı *De Architectura Libri Decem* (Mimarlık Üzerine On Kitap) isimli eserde öğütülmüş tuğlanın, pişirilmiş kilin ve kiremidin puzolanik özellik gösterdiği anlatılmaktadır. Romalılar pişirilmiş kil veya volkanik külü, volkanik küllü toprağı, su ve söndürülmüş kireçle karıştırarak, su altında da sertleşebilen bağlayıcı hamur elde etmiş ve bu bağlayıcıların içerisine taş parçaları gömmüş ve günümüzde kullanılan betona benzer betonlar yapmışlardır (S. T. Erdoğan ve T. Y. Erdoğan, 2018; Gani, 1997).

Roma'daki Patheon Tapınağı M.S. 118 - 128 yıllarında İmparator Hadrian tarafından yaptırılmış olup, kubbesinin genişliği 43,2 m'dir. Kubbede 9 m çapında açık bir göz pencere bulunur. Üst kısımlarına doğru daha kompakt ve hafif, sağlam beton bloklardan yapılmış olan bu kubbe modern zamanlardan önce inşa edilmiş en büyük beton yapıdır. Dış duvarları 6 m kalınlıktadır ve bu duvarlar kubbeyi destekler (Natgeotv, 2018; Gani, 1997).

John Smeaton'a 1756 yılında Eddystone deniz fenerinin yenileme işi verilmiş, Smeaton Roma kaynaklarından elde ettiği bilgiler ışığında su altında dayanıma sahip malzeme arayışına girmiştir. Yaptığı deneylerde çok iyi kirecin yumuşak ve saf

olmayan kalkerden elde edildiğini ve uygun oranlarda kil kullanması gerektiğini tespit etmiş ve yapım işinde bu malzemeyi kullanmıştır (Vicat, 1997). Joseph Aspdin 1800’lü yıllarda kalker taşı tozunu bir miktar kil ile birleştirmiş, basit bir fırında pişirmiş ve böylelikle bağlayıcı (çimento) üretmeye çalışmıştır. 1811 yılından sonra kil karışımının pişirilmesi ve sonra öğütülmesi ile elde edilen bağlayıcıyı üretebilmiştir. Bağlayıcı malzemeyi su ile birleştirip içine taş parçaları katıldığında elde edilen malzemenin (betonun) rengini ve diğer özelliklerini Portland adasından çıkan taşlara benzetmiş ve bu karışıma portland çimentosu adını vermiştir (S. T. Erdoğan ve T. Y. Erdoğan, 2018).

1796 yılında İngiltere’de James Parker tarafından killi kireçten (septeria) yapılan hidrolik çimento için patent alınmıştır. 1818 yılında Fransız Louis Vicat portland çimentosunun öncüsü sayılabilecek su kireci (hidrolik kireç) kullanımıyla ilgili çalışmalar yapmış ve vicat iğnesini icat etmiştir. Vicat’a göre iyi bir hidrolik kireç silika, alümina ve kalsiyum oksit içermelidir (Gani, 1997). 1801’de F. Coignet’in betonun çekmedeki zayıflığından bahseden ifadesi yayınlanmıştır (Doğangün, 2011).

Kilden yapılmış ve pişirilmiş kiremit, tuğla, çömlek vb. malzemeleri öğütüp söndürülmüş kireçle belirli oranlarda karıştırılması sonucunda elde edilen ürüne Osmanlılar zamanında “Horasan harcı” denilmiştir (S. T. Erdoğan ve T. Y. Erdoğan, 2007). Osmanlılar; puzolana puçına adını vermiş ve 1796 - 1821 tarihleri arasında gemi onarım kuru havuzlarında kirece puçına katılarak üretilen harçları kullanmışlardır (Akman, 2003).

1848’de ilk çimento fabrikası İngiltere’nin Kent şehrinde kurulmuştur. Aynı yıl J. L. Lambot beton ve karesel ağ oluşturan demir çubukları kullanarak tekne güçlendirmeye çalışmış ve bu ürünü Paris’te 1855 yılında sergilemiştir. 1855 yılında F. Coignet, 1857 yılında ise bahçıvan J. Monier betonarmeyle ilgili patentler almıştır. 1873 yılında W. E. Ward tarafından betonarme bir konut inşa edilmiştir ve bugün hala görülebilir. Koenen’in beton yapıların teorisi ve tasarımıyla ilgili ilk kitabı 1886’da yayınlanmıştır (Doğangün, 2011).

1890 yılında Neuman'ın "modüler oranı" önermesiyle hesaplama yöntemlerindeki gelişmeler hızlanmıştır. 1892 yılında Fransız Hennebique Firması geliştirdiği betonarme yapı tekniği için patent almış ve yapım faaliyetlerine başlamıştır (Doğangün, 2011).

Çimento on dokuzuncu yüzyılın ilk çeyreğinde İngiltere'de üretilmiş, Türkiye'de genellikle devlet tarafından yapımı üstlenilen kagir binalarda (hastaneler, kışlalar, saraylar, okullar, vb.) kullanılmıştır. 1910 yılında kurulan Arslan Çimento Şirketi Türkiye'de çimento üreten ilk şirkettir, daha sonra 1911 yılında Eskişehir Suni Portland Çimentoları ve Su Kireci Anonim Şirketi kurulmuştur. Sermayedarları gayrimüslim Osmanlılar ve yabancılar olan bu şirketler 1920 yılında Arslan ve Eskişehir Müttehid Çimento ve Su Kireci Fabrikaları Anonim Şirketi adıyla birleşmişlerdir. Bu şirket "Arslan Çimento" olarak bilinen ve 1980 yılından itibaren "Lafarge Aslan Çimento" adı ile faaliyetini sürdüren şirketin çekirdeğidir. Çimento sanayi Osmanlı döneminde tekstil dışında özel girişimin yatırım yaptığı tek sanayi dalıdır (Dölen ve Koraltürk, 2004).

Günümüzden 8000 yıl önce başlayan; küçük bir saksıya, tekneye, deniz fenerine dokunup günümüze uzanan yolculuk yapay taş elde etmek için geçirilmiş uzun bir serüvendir. Şimdi gelinen nokta ise görülmeye değerdir ve her geçen gün daha ileri teknolojiler ile daha etkin ve rantabl kullanılmaya başlanmıştır. Beton malzeme artık yerinde üretilen bir malzeme olmaktan çıkmış; tasarlanan bir malzeme olmuştur. Polimerler; beton ve çimento sanayinde işlenebilirlik, süneklik, geçirimsizlik ve yüksek dayanım sağlamak için kullanılmıştır. Tekstil malzemeleri, fiber donatılar ve çelik donatılarla betonun mukavemeti arttırılmış, kendiliğinden yerleşen beton ile en kritik bölgelerdeki kesitler güvenle betonlanmıştır. Bu süreç; betonun birlikte kullanılarak o görkemli binaların oluşmasını sağlayan demir-çelik sanayindeki gelişmelerle desteklemiştir. Betonun şeklini almasını sağlayan kalıp endüstrisindeki gelişmeler yadsınmamalıdır.

2.2 Beton ve Betonarme

Beton; belirli oranlarda çimento, su, agrega, kimyasal ve mineral katkıların karışımından oluşan, ilk başta plastik kıvamlı olan ve döküldüğü kabın şeklini alan, çimentonun hidratasyonu ile sertleşerek mukavemet kazanan malzemedir (Gürü ve Yalçın, 2012).

Gürü ve Yalçın (2012, s. 413) hazır betonu “Çimento, agrega, su ve gerektiğinde kimyasal katkıdan meydana gelen bileşenleri bir beton santralinde hazırlanarak, karıştırma işlemi beton santrali veya transmikserlerde yapılan ve döküm yerine transmikserler ile taşınarak pompa ile dökülen beton üretimi” olarak tanımlar.

Basınç gerilmelerinin karşılanmasını sağlayan betonun, çekme etkilerinin kısmen kayma gerilmelerinin karşılanmasında ve malzemenin sünek davranış göstermesinde etkili olan donatı ile kullanılması sonucu oluşan malzeme ise betonarmedir. Oluşan malzeme artık dış ortama, yangına ve gelen yüklere bu malzemelerin münferit kullanımlarına göre çok daha dayanıklı ve kararlıdır (Doğangün, 2011).

Yapı tasarımında önemli girdi olan beton basınç dayanım sınıfları TS standartlarında C100/115’e kadar yer alır. Talep edilmesi ve tasarlanması halinde daha yüksek basınç dayanım sınıfında beton üretilebilir. Özellikle betonarme yüksek yapılarda düşündürücü bir etmen olan betonun tek seferde pompalanması teknolojik gelişmelerle yapılabilir hale gelmiştir. Betondan beklenen özellikler; işlenebilme, basınç mukavemeti, dayanım, birim ağırlık, geçirimsizlik olarak sıralanabilir.

2.3 Betonarme Yapıların Yığma, Çelik ve Ahşap Yapılara Göre Avantajları ve Dezavantajları

Betonarme yapılar; yangına karşı dayanıklılığı, rijitliğinin fazla olması, betonun akışkanlaşması, artan dayanımı ve işlenebilirliği, istenilen şeklin verilebilmesi, öngermeli sistem ve guseli kiriş ile büyük açıklıkların daha ekonomik olarak geçilebilmesi, istenilen yerde üretilebilir olması, çok katlı yapılar için uygun yapı sistemleri geliştirmek için daha geniş imkanlar sağlaması, işçi bulmanın kolay

olması, dış etkilere karşı dayanıklı olması, bakımının kolay olması, maliyetin daha düşük olması, ömrünün uzun olması gibi yönleri ile ahşap, yığma ve çelik yapılara göre daha avantajlıdır.

Kötü hava şartlarında uygulamanın yavaşlaması veya durması, yeterli mukavemeti sağlamak için büyük kesitlerin gerekliliği, uygulama süresinin uzunluğu, uygulamanın kalıplarla sağlanması, kalıp maliyetinin fazla olması, kaliteyi tutturmanın çeliğe ve ahşaba göre daha zahmetli olması, kusurları sonradan belirlemenin zor olması, güçlendirilmesinin zor olması, yapının çelik taşıyıcı sisteme göre daha ağır olması betonarmenin dezavantajları arasında sayılabilir.

2.4 Betonarme Yapı Elemanları

Yapılar üzerlerine etkiyen kalıcı ve hareketli yükleri, rüzgar yüklerini, deprem yükünü, yatay zemin itkisini vb. taşıyabildikleri ve sistemlerini koruyabildikleri sürece ayakta kalırlar. İşte bu noktada yapıları oluşturan sistemler ve bu sistemleri oluşturan yapı elemanları devreye girer. Betonarme yapı elemanlarının görevleri ve çeşitleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Kolonlar; yapıya etkiyen tüm yatay ve düşey yükleri, temel sistemine güvenli bir şekilde aktarmak ve yatay yükler sebebi ile oluşacak rölatif kat ötelenmelerinin izin verilen sınırlar içinde kalmasını sağlamak kolonların görevleridir (Doğangün, 2014). Kolonları sargı donatısının biçimine göre fretli (spiral donatılı) ve etriyeli olarak, kesit şekline göre dikdörtgen kesitli, çokgen ve dairesel kolonlar, kuvvetin tesir şekline göre eksantrik basınca maruz kolonlar ve merkezi basınca maruz kolonlar olarak incelenebilir. Ayrıca kalın kolon ve narin kolon olarak da bir sınıflanma yapılmaktadır.

Döşemeler; kendilerine etkiyen düşey yükleri mesnetlenmiş oldukları kirişlere, perde duvarlara ya da doğrudan kolonlara aktarır. Kendilerine etkiyen yatay yükleri ise rijitlikleri oranında taşıyıcı elemanlara paylaştırır (Doğangün, 2014). Döşemeler; kirişli döşemeler (bir doğrultuda çalışan kirişli döşemeler, iki doğrultuda çalışan kirişli döşemeler), kirişsiz döşemeler (tablasız ve başlıksız kirişsiz döşemeler, tablalı

kirişsiz döşemeler, başlıklı kirişsiz döşemeler, başlıklı ve tablalı kirişsiz döşemeler), dişli döşemeler (bir doğrultuda dişli döşemeler - dolgusuz dişli döşeme, dolgu bloklu dişli döşeme, iki doğrultuda dişli döşemeler) olarak üç grupta incelenebilir.

Kirişler; düşey doğrultuda etkiyen ve döşemeden aktarılan kalıcı/hareketli yükler ile varsa üzerindeki duvar yüklerini, mesnetlendikleri kolon ya da perde duvarlara, yatay doğrultuda etkiyen yükleri döşemelerle birlikte düşey taşıyıcı elemanlara aktaran yapı elemanlarıdır (Doğangün, 2014).

Perde duvarlar; rüzgar deprem yükü gibi yatay yükleri aşırı kesit büyümelerine ve yapı maliyetinin artışına mahal vermeden karşılamayı sağlar (Doğangün, 2014). 2018 yılı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar başlıklı ekinde perdeler; “planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az altı olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır” olarak ifade edilmiştir.

Temeller Köseoğlu (1974, s.3) tarafından; “üzerindeki yapıdan gelen yükleri, kendi ağırlığı ile birlikte güvenlikle taşıyan ve bu yükleri yapıya zarar vermeyecek ölçüde oturmalarla temel zeminine aktaran yapı bölümlerinin tümü temeller adı altında toplanır” ifadesi ile açıklamaktadır. Temele etkiyen yükün çeşidi ve büyüklüğü, temele mesnetlenen elemanın çeşidi (kolon, perde duvar vb.), zeminin özellikleri, yapım teknolojisi gibi etmenler temel sınıfının belirlenmesinde etkili olur. Temeller yüzeysel (duvar altı temeli, tekil temeller, birleşik temeller, sürekli temeller, radye temeller) ve derin temeller (kuyu temel, keson temel, kazık temel) olarak iki ana grupta incelenir (Doğangün, 2014).

Yapıyı oluşturan kolon, kiriş, döşeme unsurları kadar bu unsurların birleşim noktalarının da yeterli dayanım ve sünekliğe sahip olmaları gerekir. Yapısal çözümleme hesaplarında bu bölümlerin hesapları için çeşitli kabuller yapılır. Betonarmede yaygın olarak bulunan birleşim bölgeleri; kolon - kiriş birleşim bölgesi, kolon - döşeme birleşim bölgesi, kiriş - döşeme birleşim bölgesi, kolon-temel birleşim bölgesi, perde duvar - temel birleşim bölgeleridir (Doğangün, 2014).

Merdiven Sarı (1970, s.21) tarafından “farklı seviye arasındaki bağlantıyı sağlayan muntazam aralıklı yatay kademelerden teşekkül eden sirkülasyon aracı” olarak tanımlanır. Basamak, merdiven kolu, sahanlık, korkuluk, küpeşte, limonluk merdiveni oluşturan kısımlardır. Merdivenler malzemesine göre; kagir merdivenler (betonarme merdivenler, tabii ve suni taş merdivenler), prefabrike betonarme merdivenler (yerinde dökme, tabii taş kaplama, suni taş kaplama, linolyum kaplama), ahşap merdivenler, metal merdivenler, karma merdivenler olarak incelenebilir (Sarı, 1970). Betonarme merdivenler taşıyıcı sistem açısından; basamakları taşıyıcı olan merdivenler, uzunluğu doğrultusunda mesnetsiz bir kollu merdivenler, uzunluğu doğrultusunda mesnetli bir kollu merdivenler, iki kollu merdivenler, konsol merdivenler, sadece sahanlıkları mesnetli merdivenler, L - U vb. değişik biçimde düzenlenmiş plak sistem merdivenler, çevre mesnetli helisel merdivenler, uzay taşıyıcılı helisel merdivenler olarak sıralanabilir (Doğangün, 2014).

2.5 Betonarme Yapım Sistemleri

Türkçü (2004, s.12) yapım kavramını “yapı olarak adlandırılan sonuç ürünün ortaya çıkması için uygulanan veya yararlanılan yöntemler, eylemler ve süreçler” olarak açıklar.

Türkçü (2004, s.12) yapım sistemini “tüm yapı elemanlarının ve bu elemanların bir araya gelme olasılıklarının toplamı, bina oluşturan elemanların bir araya getirilmesinde izlenen süreç, uygulanan üretim, teknoloji, kural ve yöntemler” olarak ifade eder. Türkçü (2004, s.12) taşıyıcı sistemi ise “yapıyı/binayı ayakta tutan, taşıyıcı elemanlardan oluşan bir bütün, yapının taşıyıcı özü” şeklinde tanımlar.

Taşıyıcı sistem seçimine etki eden faktörler; mimari proje (fonksiyon, mekan büyüklükleri, çözüm), arazinin ve zeminin taşıma gücü, inşa için düşünülen süre, yapım teknolojisi, yapı maliyeti, deprem riski, döşeme sistemindeki boşluklar (merdiven, asansör vb.), geometri vb. olarak sıralanabilir.

Yapılara etkiyen yükler ise; hareketli yük, kalıcı yük, deprem yükü, rüzgar yükü, yatay zemin itkisi olarak sıralanabilir.

Tez kapsamında betonarme taşıyıcı sistemden oluşan yapılar incelenecek olup bu bölümde incelemelere ışık tutacak betonarme taşıyıcı sistemle ilgili bilgiler paylaşılacaktır.

Betonarme yapılar karkas yapı sınıfına girerler. Karkas yapılar; yüklerin belirli bir noktada toplanarak, kolonlar ve perde duvarlar vasıtası ile temele indirilmesi sistemidir (Balcı, 1997).

Yapıların taşıyıcı sistemleri üç grupta toplanabilir. Birinci grupta; düşey yüklerin doğrudan etkidiği, yatay ya da yataya yakın plak ve kiriş gibi elemanların oluşturduğu kat döşemeleri, ikinci grupta; düşey veya düşeye yakın, perde duvar, kolon gibi elemanlar, üçüncü grupta yükleri zemine aktaran temeller yer alır (Celep ve Kumbasar, 1998).

İkinci grup olarak anılan perde duvarlar ve kolonlar, kat döşemesi ile birlikte bir çerçeve sistemi oluştururlar. Perde duvarların ve kolonların yükler altındaki davranışları farklıdır. Büyük atalet momentleri ile kolonlara göre daha rijit olan perde duvarlar yer değiştirmelerin sınırlandırılmasında daha etkili taşıyıcıdır. Buna karşılık, etriyelerin sıklaştırılması ile beton yeterince kuşatılarak kolonlarda dönüşümlü yükler altında da elastik sınırın ötesinde büyük yer değiştirmelere ulaşılabilir. Böylelikle kolonlar daha sünek bir taşıyıcı eleman olarak üretilebilir ve bu sebeple depreme dayanım açısından daha etkindir (Celep ve Kumbasar, 1998).

Taşıyıcı sistemde dayanım ve sünekliğin yanında, bu özelliklerin sistemde yayılı olarak bulunması ve sistemin bütünlüğünün sağlanmış olması da önemlidir. Örneğin, birleşim bölgelerinin oluşturulmasında, donatının kenetlenmesinde, kiriş - perde duvar birleşimlerinde uyulacak kurallar bu çerçeveden sayılabilir (Celep ve Kumbasar, 1998).

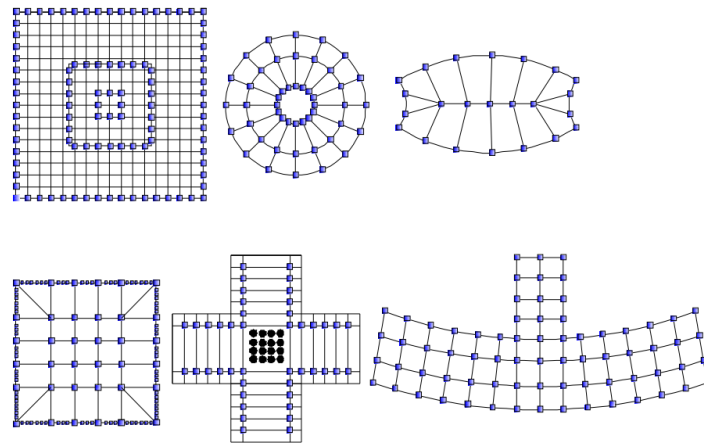
Yukarıda belirtilen özellikler, yüksekliği az olan binalarda daha sünek bir sistem olduklarından kolonlardan oluşan çerçevelerin tercih edilmesi gerektiğini, buna karşılık yatay yükten meydana gelen yer değiştirmelerin sınırlandırılması önemli bir sorun olan yüksek binalarda, sağladıkları rijitlik sebebiyle perde duvarların

kullanılması gerektiğini gösterir. Çoğunlukla yüksek binalarda da kolonlar ve perde duvarlar birlikte kullanılır. Düşey taşıyıcıları yalnız perde duvarlardan oluşan sistemlerden tünel kalıp üretim hızı ve kalıptan ekonomi sağlanması amacı ile seçilebilir (Celep ve Kumbasar, 1998).

Betonarme taşıyıcı sistemler; geleneksel çerçeveli sistemler, perde duvarlı sistemler, eğik elemanlı çerçeveli sistemler, boşluklu perde duvarlı sistemler, perde duvarlı - çerçeveli sistemler, tüp sistemler, taban izolasyonlu sistemler başlıkları altında incelenecektir.

2.5.1 Geleneksel Çerçeveli Sistemler

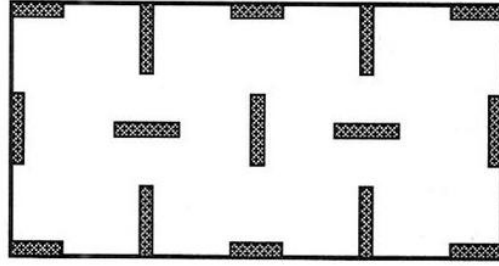
Rijit çerçeve iskelet, kiriş ve kolonların aynı düzlemde rijit birleşmesi ile oluşan dikdörtgen ızgaralardır. Kolonların ve döşeme sisteminin (kiriş veya döşemenin), süneklik sağlanacak şekilde bir dökümlü (monolitik) yapımı ile çerçeve sistem oluşur (Celep ve Kumbasar, 1998). Bu sistemle oluşturulmuş yapıların deprem sırasında enerji tüketme güçleri diğer sistemlere göre azdır (Doğangün, 2014). Aşağıdaki şekilde çerçeve sistem kullanılarak tasarlanmış binalara ait plan şemaları yer almaktadır.



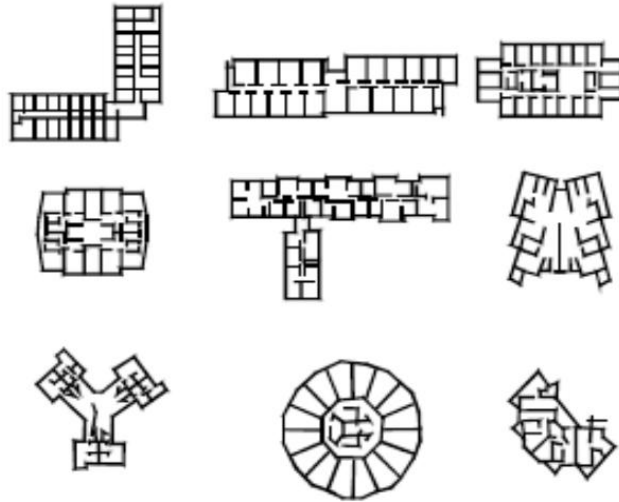
Şekil 2.1 Çerçeve sistem kullanılarak tasarlanmış binalara ait plan şemaları (Harmankaya ve Soyluk, 2010)

2.5.2 Perde Duvarlı Sistemler

Düşey taşıyıcı elemanlardan perde duvarların diğer bir deyişle betonarme duvarların görevleri; döşemelerden ve kirişlerden aldıkları yatay ve düşey yükleri zemine aktarmak ve özellikle deprem etkisi altında yapıların yatay ötelenmesini sınırlandırmaktır. Perde duvarlarda yatay ötelenmeler yükseklikle artmaktadır, ancak yükseklik artsa da ötelenmeler çerçeve sistemli yapılara göre genellikle küçük değerlerde kalmaktadır. Daha az sünekliğe sahip olması ve az katlı yapılarda yapım maliyetinin yüksek olması perde duvarların çerçeve sisteme göre zayıf olan taraflarıdır (Doğangün, 2014). Perde duvarların plandaki yerlerinin belirlenmesinde binanın fonksiyonu ve mimari nedenler etkili olur (Celep ve Kumbasar, 1998). Aşağıdaki şekillerde perde duvarlı sistem ile tasarlanmış yapılara ait plan şemaları yer almaktadır.



Şekil 2.2 Perde duvarlı sistem ile tasarlanmış bir yapının şematik kat planı (Doğangün, 2014)



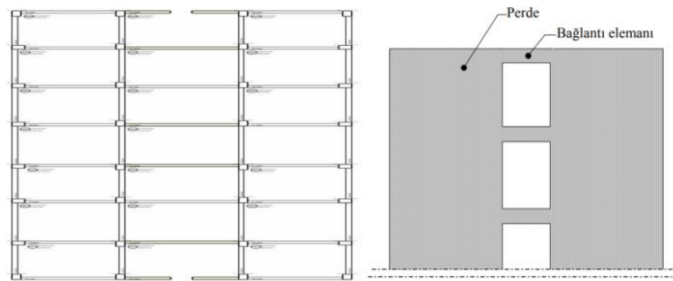
Şekil 2.3 Perde duvarlı sistem için örnek kat planları (Harmankaya ve Soyluk, 2010)

2.5.3 Eğik Elemanlı Çerçevesi Sistemler

Geleneksel çerçeve sisteme eğik elemanlar ilave edilerek eğik elemanlı çerçeve sistemler elde edilir. Rölatif kat ötelenmeleri çerçeve sistemlerin en zayıf yönüdür ve bu sistemle yapılmış yapıların yıkılmasına sebep olur. Çekme ve basınç etkisinde kalan çok farklı eğik eleman düzenlemeleri ile rölatif kat ötelenmeleri sınırlandırılabilir. Eğik elemanlı çerçeve sistemler perde duvarlı sistemler ile kıyaslandığında daha düşük dayanıma, daha üstün sünekliğe sahiptirler (Doğangün, 2014).

2.5.4 Boşluklu Perde Duvarlı Sistemler

Perde duvarda kapı, pencere gibi boşluk bırakıldığında/açıldığında boşluklu perde duvarlı sistem ortaya çıkar. Bu sistemler çerçevesi sistem ile perde duvarlı sistem arasında davranış sergilerler. Boşluklu perde duvarlı sistemde kolon rijitlikleri kiriş rijitliklerine göre çok büyük olan bir tür çerçeve sistem olarak düşünülebilir. Boşluklu perde duvarlar hem eğilme kirişi özelliği hem de kayma kirişi özelliği gösterirler. Perde duvarların birbirlerine bağ kirişleri ile birleştirilmesi sonucu elde edilen yatay yük taşıyıcı elemanlara da boşluklu perde duvar denildiği bilinmektedir. Genellikle bir taşıyıcı sistem içindeki tüm perde duvarlardaki eğilme momentlerinin boşluklu perde duvarların eğilme momentlerine benzer biçimde oluştuğu görülür. Boşluklu perde duvarlı yapılarda en büyük problem perde duvarları birbirlerine bağlayan bağ kirişlerinde oluşur (Doğangün, 2014; Celep ve Kumbasar, 1998). Aşağıdaki örnekte boşluklu perde duvarlar her katta dış aksta düzenlenmiştir.

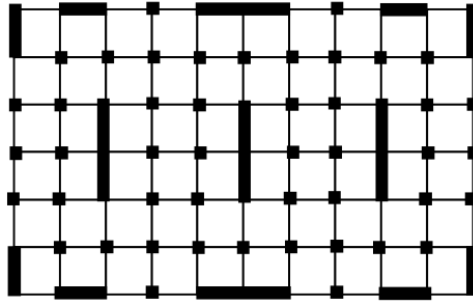


Şekil 2.4 Boşluklu perde duvar (Betonarme boşluklu perde duvarların her katta dış aksta olması durumu) (Kasap, Başar, Başkaya ve Mert, 2017)

2.5.5 Perde Duvarlı - Çerçevesi Sistemler

Çok katlı yapılarda yapının yüksekliği arttıkça; sadece çerçeve sistem kullanılarak tasarlanan yapılarda alt katlardaki kolon kesitleri, sadece perde duvarlı sistemler kullanılarak tasarlanan yapılarda ise yükseklik arttıkça tüm elemanların kesitleri çok büyür. Perde duvarlar rijitliklerinden kaynaklanan yetersiz süneklik oranlarına sahiptirler. Bu sebeple tasarıma çerçeveler eklenerek rasyonellik sağlanır. Deprem bölgelerindeki yapılar için daha az katlar söz konusu olmakla birlikte perde duvarlı ve çerçevesi sistemler genellikle 40 ile 60 kat arası yükseklikler için kullanılırlar (Harmankaya ve Soyluk, 2010).

Perde duvarlı - çerçeve sistemlerin kullanıldığı az katlı yapılarda deprem yüklerinin büyük kısmını perde duvarlar taşır. Çok katlı yapılarda ise kat sayısı arttıkça üst katlarda perde duvarların yatay yüklerden aldıkları pay giderek azalır ve çerçeveler daha etkili olur. Depremden dolayı oluşacak yükün alt katlarda %90 - 95'i, üst katlara doğru %60 - 70'i perde duvarlar tarafından karşılanır (Doğangün, 2014).



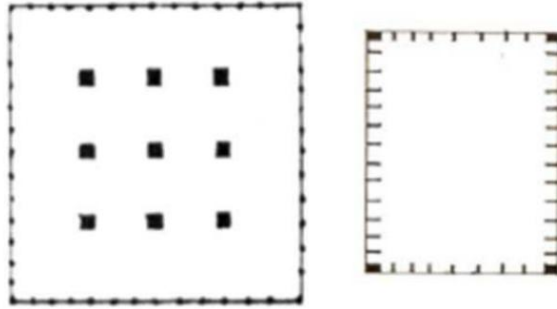
Şekil 2.5 Perde duvarlı - çerçevesi sistemler (Tekeli, Demir ve Atımtay, 2008)

2.5.6 Tüp Sistemler

Yapı yüksekliği 30 katın üzerine çıkmaya başladığında, Perde Duvarlı - Çerçevesi Sistemler yeterli yatay rijitliği sağlayamaz. Daha yüksek katlarda yapım maliyeti artar ve/veya yapım işi inşaat teknolojisi açısından zorlaşır, bu durumu çözmek için yöntemlerinden biri de tüp sistemlerdir (Doğangün, 2014).

Tüp sistemde yapı cephesi delikli bir duvar gibi görünür, birbirine yakın dış kolonlar ve kirişlerin birleşmesiyle oluşturulan çerçevelerden meydana gelir (Şekil 2.6). Tüp sistemin yatay yük taşıyıcı elemanları yapının dış yüzüne genellikle 1 m ile 3 m arasındaki aralıklarla yerleştirilen (5 m'ye kadar attırılabilir) kolonlar ve bu kolonları kat seviyelerinde bağlayan genellikle yükseklikleri 0,6 m ile 1,2 m, genişlikleri ise 0,25 m ile 1 m arasında değişen kirişlerden oluşur (Doğangün, 2014).

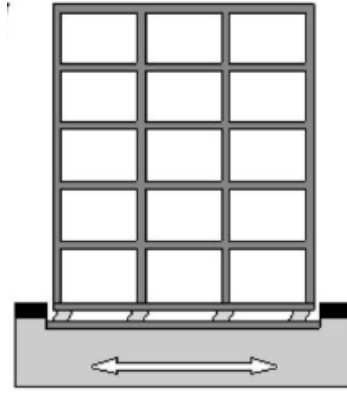
Tüp sistemlerde dış duvarlar rüzgâr yükünün tümünü ya da çoğunu karşılar. Böylelikle yapı içindeki diyagonal çaprazlamalara ve kesme duvarlarına gerek kalmaz. Tübün rijitliği çok fazladır ve konsol kirişe benzer bir şekilde yatay yüklere karşı koyar. Tüp sistem kullanılarak inşa edilen yapılarda çerçeveli sistemlere göre taşıyıcı sistem malzemesinden %50'ye yakın tasarruf sağlanır (Harmankaya ve Soyluk, 2010).



Şekil 2.6 Tüp sistem şemaları (Harmankaya ve Soyluk, 2010)

2.5.7 Taban İzolasyonlu Sistemler

Taban izolasyonlu sistemlerin kullanıldığı yapılarda izolatör kullanılarak depremden dolayı meydana gelen yer hareketi olumlu yönde değiştirilerek yapıya aktarılmaktadır. Tabakalı kauçuk mesnet sistemi, yeni zelanda mesnet sistemi, sürtünmeli sarkaç sistemi taban izolasyonlu sistemlerdendir (Doğangün, 2014).



Şekil 2.7 Taban izolasyonlu sistem şeması (Şengel, Erol ve Yavuz, 2009)

2.6 Yüksek Yapılar

Yüksek dayanımlı beton teknolojisindeki ilerlemeler, beton kalitesinin artması, hafif betonun geliştirilmesi, çeşitli katkı maddeleriyle betonun işlenebilirliğinin yükseltilmesi, çeliğin yapılarda taşıyıcı sistem malzemesi olarak kullanımı, asansörün - hidroforun - havalandırma sistemlerinin - kalıp teknolojisinin - beton pompalama teknolojisinin - analiz ve tasarım yöntemlerinin gelişmesi gibi teknolojik nedenler ile; şehir merkezlerindeki arsaların değerlerinin artması, ekonomi, ülkeler ve büyük şirketler için güç simgesi olması, politik bir yatırım amacı olarak görülmesi gibi sosyal nedenler yüksek yapıların yapılmasına etken olan faktörlerdendir.

Ülkemiz mevzuatında (Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği) yapı yüksekliği 30,50 m'den veya bina yüksekliği 21,50 m'den fazla olan binalar yüksek yapı olarak tanımlanırken, yapı yüksekliği 60,50 m'den veya bina yüksekliği 51,50 m'den daha yüksek olan binalar çok yüksek yapı olarak tanımlanmaktadır (Resmi gazete, 2017). Yüksek yapı örnekleri incelendiğinde yükseklik bilgisi verilir iken en çok rastlanılan CTHBUH (Yüksek Yapılar ve Kentsel Yaşam Konseyi) verileridir. CTHBUH'ya göre bir yapının yüksek yapı niteliği taşıması aşağıda açıklanan 3 kategoriden (Bağlama Göre Yükseklik, Oran, Yüksek Yapı Teknolojileri) bir veya birden fazlasına dahil olmasına bağlıdır.

Bağlama Göre Yükseklik; yüksek yapı yalnızca yüksekliği ile değil bulunduğu yerle tanımlanır. Mesela 15 katlı bir yapı, 20 - 30 katlı yapıların bulunduğu bir

bölgede yüksek olarak tanımlanmazken; 2 - 3 katlı yapıların bulunduğu bir bölgede mevcut yapı ölçeğinden yukarıda kalacağı için yüksek sayılır (Balcı, 2013).

Oran; yapının yüksekliği sadece uzunluğuna değil aynı zamanda oranına bağlanmıştır. Bazı yapılar çok yüksek olmadıkları halde ince/narin olmaları sebebi ile özellikle az katlı yapılardan oluşan şehir silüetlerinde yüksek yapı imajı verir, bazıları ise uzunluk olarak çok yüksek oldukları halde kalın/geniş bir plana sahip olmaları sebebi ile yüksek yapı sınıfına giremez (Balcı, 2013).

Yüksek Yapı Teknolojileri; yapı eğer rüzgâr çaprazlamaları, özel dikey ulaşım teknolojileri gibi yüksek olarak tanımlanan yapı sistemlerine ait teknolojilere sahip ise bu yapı yüksek yapı olarak sınıflandırılabilir (Balcı, 2013).

300 m ve daha uzun yapılar CTBUH tarafından süper - yüksek yapılar olarak tanımlarken kat sayısı çok etken bir belirleyici olmamasına rağmen 14 ya da daha çok katlı ya da 50 m üzeri yapıların yüksek yapı olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir (Balcı, 2013).

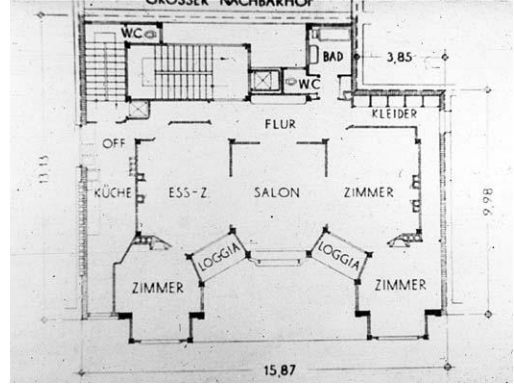
2.7 Betonarme Malzemeli Yüksek Yapıların Tarihsel Gelişimi

Malzeme ayrımı yapılmaksızın incelendiğinde; ilk yüksek yapıların anıtsal ve dini amaçlarla (piramitler, pagodalar, çan kuleleri) yapıldığı görülmektedir. Daha sonrasında ise arazi sıkıntıları, prestij yarışları, teknolojik gelişmeler vb. sebeplerle yüksek yapılar günümüzdeki kullanım tiplerine evrilmişlerdir.

Rue Franklin apartmanı Fransa'da betonarme çerçeve sistem ile tasarlanmış ilk yapıdır (Ayers, 2004). 1903 - 1904 yıllarında yapılmıştır. Kolon ve kiriş sistemleri görünür biçimde olan binanın bölme duvarları farklı kaplama malzemeleri ile kaplanarak yapının çerçevesi ön plana çıkarılmıştır. Tasarımı bölme duvarların yerleşimi ile ilgili alternatif kullanmaya olanak sağlamıştır (Sutherland, Humm ve Chrimes, 2001; Collins, 2004; Forty, 2012). Mekânlarda daha esnek ve kullanıcıya yönelik bir düzen oluşturulmak istendiği için, bölme duvarlar taşıyıcı olarak kullanılmamıştır (Belge, 2017).



a) Rue Franklin Apartmanı cephe fotoğrafı



b) Rue Franklin Apartmanı kat planı

Şekil 2.8 Rue Franklin Apartmanı (Arthistory, 2018)

Amerika’da Ransome hazır eleman olarak üretilen bir kiriş tipi ortaya koymuş (1902) ve taşıyıcı sistemi tümü ile betonarme olan ilk binasını inşa ederek (1903) bu konudaki öncülerden biri olmuştur (Ayverdi, 1995). Ingalls Building ransome sistemi kullanılarak yapılmış ilk betonarme gökdeldir. 15 katlı olup 64 m yüksekliğindeki yapı 1903 yılında Cincinnati’de yapılmıştır.

Tüp sistem, Fazlur Khan tarafından ilk kez Chicago’da 43 katlı De Witt Chestnut Apartment Building’de 1961 yılında kullanılmıştır. Dış kolonlar 1,6 m aks aralıkları ile yapılmış olup, kiriş yükseklikleri 0,6 m’dir.

Tüp sistemlerle birlikte, süper yüksek bina dönemi başlamıştır. Petronas Kuleleri, Dünya Ticaret Merkezi, Willis Kulesi, John Hancock Binası gibi yapılarda kafes-tüp sistem kullanılmıştır. John Hancock Binası ile birlikte tek fonksiyonlu tasarlanan binalardan çok fonksiyonlu binalara geçiş başlamıştır. Woolworth Building 1910 - 1913 yılları arasında yapılmıştır. Yapı Cass Gilbert tarafından tasarlanmıştır, mühendisi Gunvald Aus ve Kort Berle’dir. 241 m yüksekliğindedir ve taşıyıcı sistem malzemesi çeliktir. Woolworth Building yapıldığı dönemde inşa edilen diğer yapılardan daha yüksek olması, gelişmiş asansörlerin ve yapım teknolojisindeki son gelişmelere ait ürünlerin ilk kez bu yapıda bir araya getirilerek kullanılması sebebiyle günümüz koşullarındaki gökdelen tanımına daha uygundur. Sears Tower (Willis Tower), 1974’de tamamlanmış olup, yapı demet tüp sistemini ilk kullanan yapıdır. 108 katlıdır ve taşıyıcı sistem malzemesi çeliktir.



a)Ingalls Building

b) DeWitt Chestnut Apartment Building

c)Burj Khalifa

Şekil 2.9 Yüksek yapı örnekleri (Wikimedia, 2011; Archdaily, 2017; Skyscrapercenter, 2019d)

Skidmore, Owings & Merrill tarafından tasarlanan, Birleşik Arap Emirlikleri'nin Dubai şehrindeki Burj Khalifa yapısının yüksekliği 828 m'dir ve dünyanın en yüksek binası olma özelliğini taşır. Ticari, ofis, konut ve otel gibi değişik fonksiyonları bünyesinde bulunduran karma fonksiyonlu yapının taşıyıcı sistem malzemesi betonarmedir.

2.8 Karma Kullanımlı Yüksek Yapılarda Bulunan Fonksiyonlar

Yüksek yapılar tek yapı niteliğinde çözümlenebildiği gibi, arazinin uygunluğu ve ihtiyaç duyulması gibi durumlarda birkaç yapı bloğu ve/veya bu yapıların arasında/altında bu blokları bağlar nitelikte az katlı yapı kitleleri ile birlikte de çözümlenebilir.

Az ve çok katlı yapıların birlikte projelendirildiği yapılar fonksiyon yönünden değerlendirildiğinde; yüksek yapıların tek bir fonksiyon için çözümlenebildiği ancak

genellikle birden çok fonksiyonu içinde barındırdığı görülmektedir. Bu tarz yapılara bu tezde karma kullanımlı yapılar denilmiştir. Karma kullanımlı yapılarda ana fonksiyonlar barınma (konut), konaklama (otel), çalışma (büro), ticaret (alışveriş merkezleri) olarak sıralanabilir. Günümüz yaşam modelinde ibadet, sağlık, otopark, kültür vb. fonksiyonların destek fonksiyonları olarak bu yapılarda yer alır. Sağlık tesisleri de başlı başına birer tesis olup hem karma fonksiyona hem de farklı yükseklikteki yapılaşmalara örnek olarak görülmektedir.

Karma kullanımlı yüksek binaların sağladığı avantajlar; günden güne değerlenen şehir merkezlerindeki arsalardan daha fazla yararlanma imkanı sağlaması ve bu imkanı sağlarken birden çok fonksiyonu içerebilmesi, teknolojik gelişmelerle ulaştırma ve taşımanın düşey duruma getirilmesi ve böylelikle insan enerjisinin ve zamanın az harcanması, elde edilen yükseklik ile yapıyı kullanan kişilerin hakim manzarasının artması, sembol olma durumu ve prestij olarak görülmesi sıralanabilir. Nüfus ve faaliyet yoğunluğunu arttırarak altyapıyı zorlamaları, çevresinin güneşlenmesini engellemesi, diğer yapıların manzarasını kapatması, doğal ve hakim rüzgar düzenini bozması, yangın ve deprem gibi olaylarda yapının içindeki kullanıcılara ve çevreye zarar verme olasılığının yüksekliği, şehirlerin bilinen silüetlerini ve imajlarını bozması gibi hususlar ise dezavantajları olarak sayılabilir (Öke, b.t.).

BÖLÜM ÜÇ

KARMA FONKSİYONLU, AZ KATLI VE ÇOK KATLI BETONARME MALZEMELİ BİNA ÖRNEKLERİ VE ÖRNEKLERİN İRDELENMESİ

İtalya'nın Milona şehri özellikle son 10 yılda yeni gelişim projelerinin yer aldığı ve yüksek yapı oranının fazla olduğu bir şehir olma özelliği göstermektedir. Yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerinin incelendiği bu araştırmada zemin koşullarının birbirine yakın olabileceği düşünülen aynı bölgede yapılmış yapıların incelenmesi tercih edilmiştir. Son dönem örneklerinin ve betonarme malzeme kullanılarak inşa edilen yapıların sayısı Milano şehrindeki yüksek yapıların incelenmesinde etkin rol oynamıştır. Bu bölümde birbirine yakın zamanda ve yakın bölgelerde inşa edilen, az katlı ve çok katlı yapı grupları ile tasarlanan, betonarme malzeme kullanılan Unicredit Tower, Palazzo Lombardia, City Life Milano Residential Complex (Hadid Residence), Generali Tower, Allianz Tower yapılarının tasarımları, fonksiyonları, yapım sistemleri ve yapımlarında kullanılan teknolojiler/sistemler hakkında bilgi verilecektir.

3.1 UniCredit Tower, Milano, İtalya



Şekil 3.1 Porta Nuova Garibaldi'ye bakış (Porta Nuova, b.t.)

Tablo 3.1 UniCredit Tower yapısına ait genel bilgiler

Yapı adı	UniCredit Tower (A Kulesi)
Yapıya verilen diğer isimler	Porta Nuova Garibaldi
Yer	Milano, İtalya
Tarih	2008-2012
Mimar	César Pelli
Statik	MSC Associati S.r.l.
Müşteri	Hines
Taşıyıcı sistem bilgisi	Perde Duvarlı - Çerçevesi Sistemler
Ana Fonksiyon	Ofis Binası
Bina Yüksekliği	219,47 m
Kat sayısı	31 normal kat + çatı katı + 4 bodrum kat

Yapının yer aldığı Porta Nuova Bölgesi'nin yeniden yapılandırılmasına karar verilmiş ve bölge Mimar Cesar Pelli tarafından mevcut çevre ile mükemmel entegre olacağını düşündüğü yeni bir alanda, İtalya ve Milano ekonomisine karakterize olmuş, tasarım, moda, kültür gibi farklı aktivitelerin yer aldığı moda şehri yaratma fikri ile tasarlanmıştır. Bu yeni şehir, Corso Cosmo ve Garibaldi Tren İstasyonları arasında Piazza Gae Aulenti olarak bilinen alanın, bir podyumun ve çevresindeki araziden 6 m yukarıda yer alan 100 m uzunluğundaki yaya alanının etrafında gelişir. Garibaldi Tren İstasyonu'ndan ve Corso Cosmo alanından Podyum alanına bağlantı iki farklı çözümle elde edilmiştir. İlki mevcut yol sisteminin değiştirilmesi, ikincisi Comune di Milano'dan başlayıp Corso Cosmo'ya dönen alanda yaya geçişi içeren daha yaya dostu alan planlamasıdır. Podyum; ofis (50485 m²), konut (15000 m²), moda, yaratıcılık, iletişim için düşünülmüş alanlar, üretim (20000 m²), 300 odalı otel, restoran ve ticari alan (10000 m²) içeren sürdürülebilir binalara çevrilidir. Podyumun altındaki 40000 m² otopark çevredeki mahallelerin trafiğinde rahatlama sağlamıştır (Ferreira, 2014).

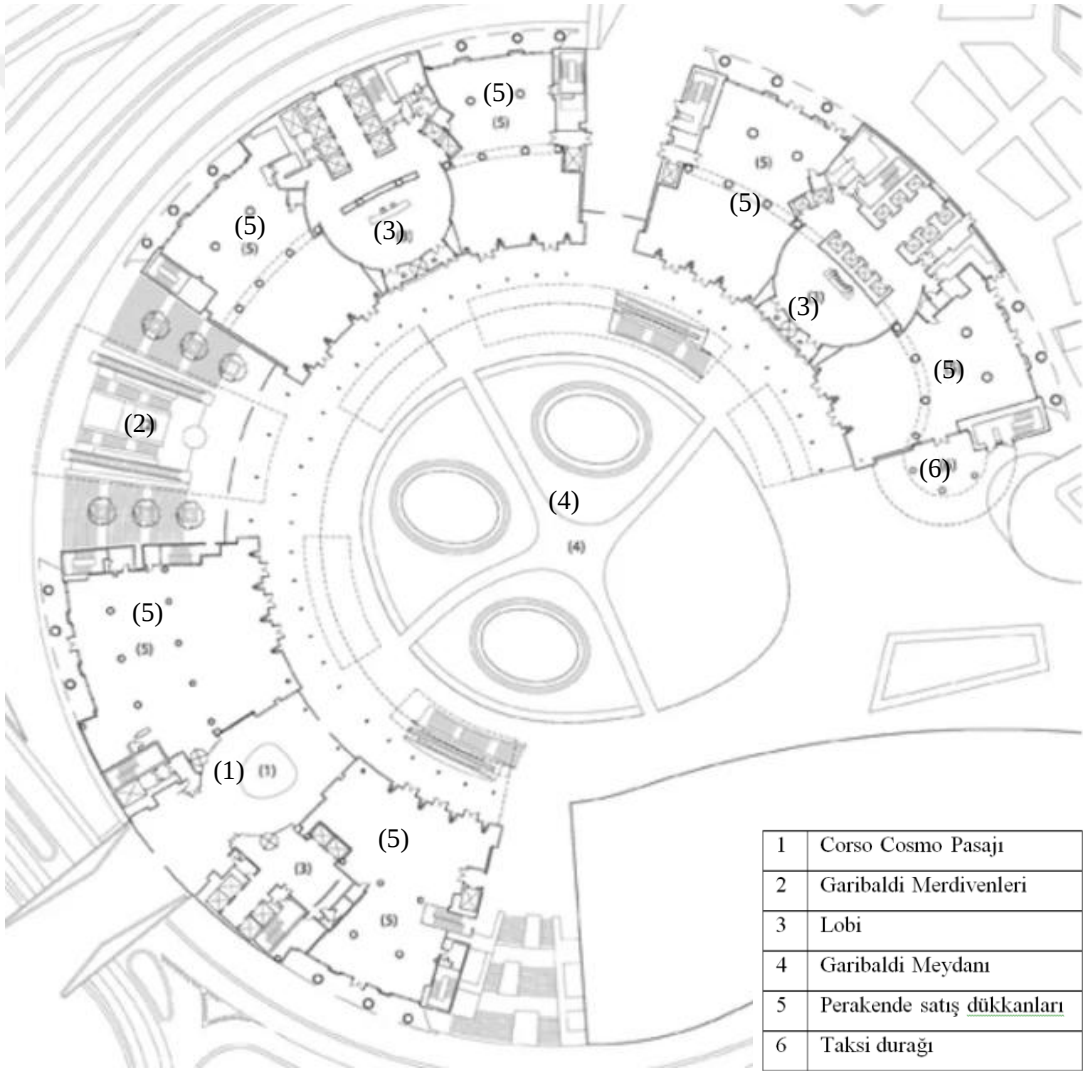


(a) Kesiti (Porta Nuova, b.t.)

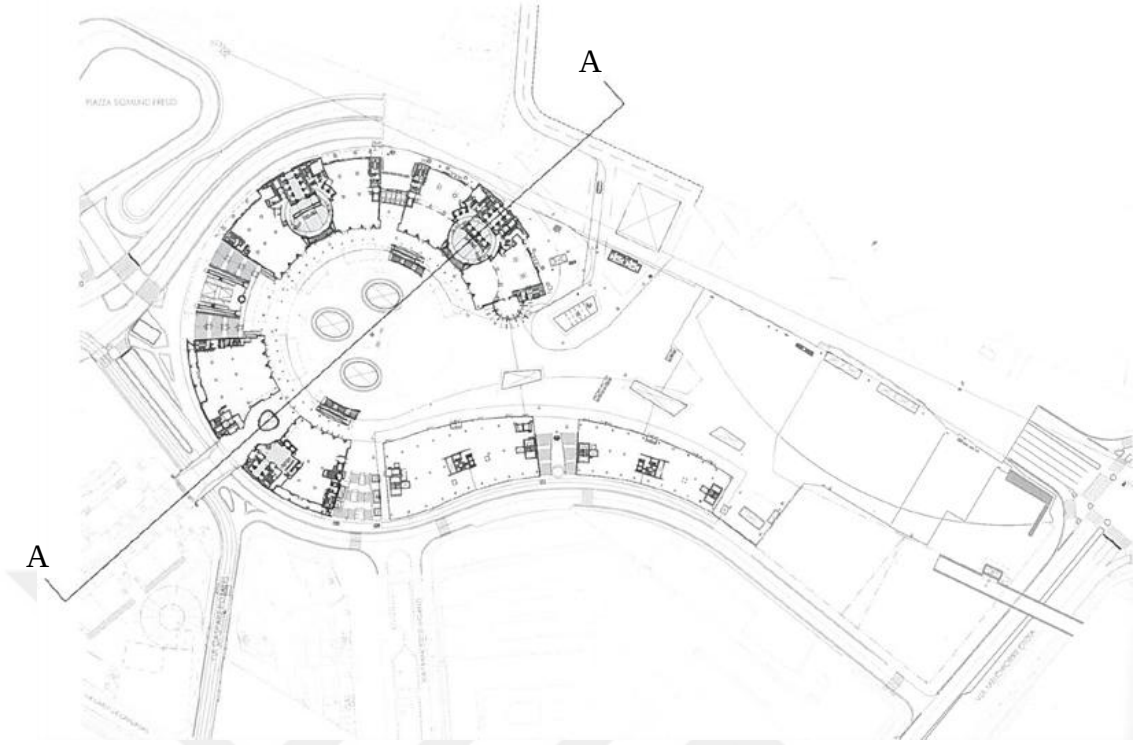


(b) İnşaat safhası (Podyum, b.t.)

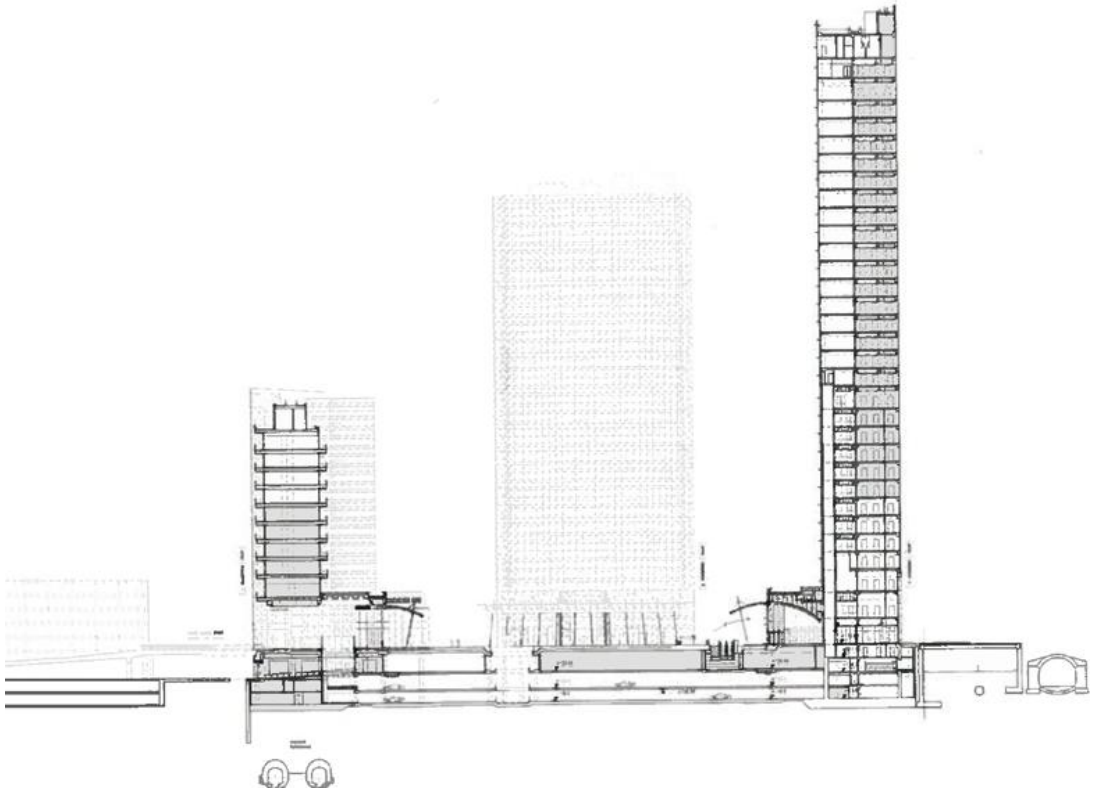
Şekil 3.2 Porta Nuova Garibaldi



Şekil 3.3 Zemin kat planı (Porta Nuova, b.t.)

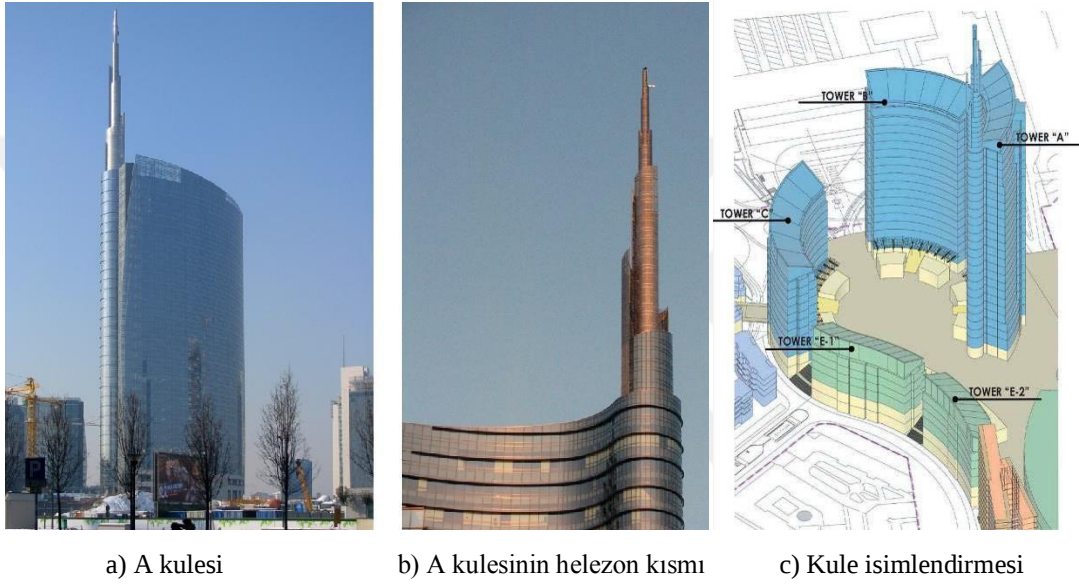


Şekil 3.4 Porta Nuova Garibaldi Podyum seviyesi kat planı (Molinari ve Catella, 2015)



Şekil 3.5 Porta Nuova Garibaldi yapısı A - A kesiti (Molinari ve Catella, 2015)

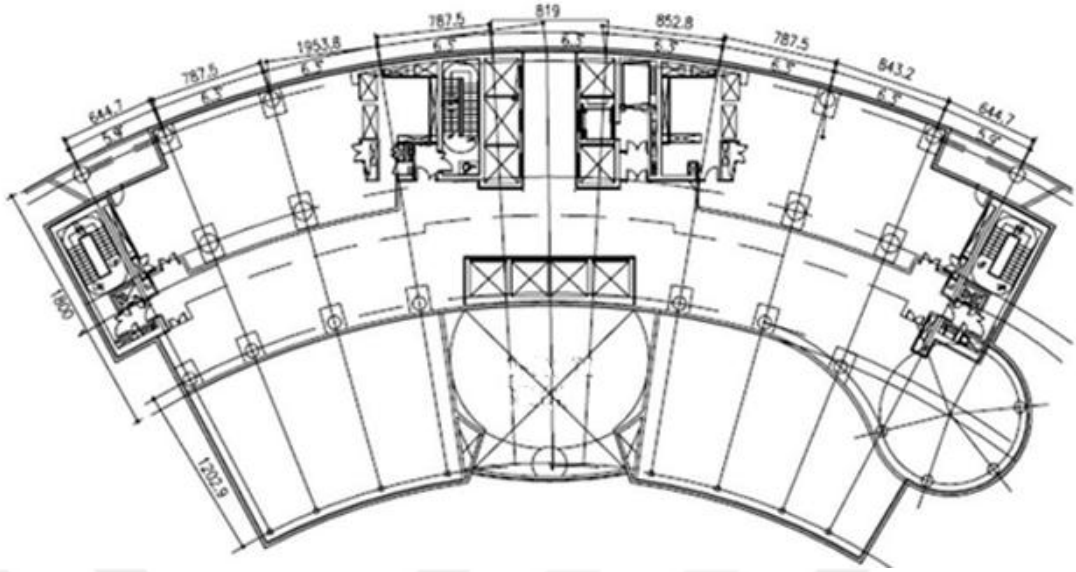
Podyum alanındaki 11 ile 31 kat arasında değişen (bodrum katlar hariç) (A kulesi 31 kat (+ çatı katı), B kulesi 22 kat, C kulesi 11 kat) 3 ofis kulesi çelik ve betonarme malzeme kullanılarak inşa edilmiş olup, cephede cam (giydirme cephe) kullanılmıştır. A ve B kuleleri yüksek katlı, C kulesi az katlıdır. Her bir kule GOLD LEED sertifikalıdır (Ferreira, 2014). Kule A %22,5 enerji koruması, %37,3 içme suyu kullanımında azalma ve %100 yağmur suyunun geri dönüşümünü sağlamak üzere tasarlanmıştır (Unicredit Tower, b.t.).



Şekil 3.6 Porta Nuova Garibaldi (Ferreira, 2014; Crespi, b.t.)

Kule A olarak bilinen UniCredit yüksek katlı yapısı, Moda Şehri'nde simetrik olmayan yapısı ile karakterize edilmektedir. 52,6 m uzunluğa sahip olan kısmı meydana bakar ve iç kısım ile olan bağlantıyı sağlar. Parka ve Bosco Verticale konut alanına bakan 73,9 m uzunluğundaki kısım ile Piazza Gae Aulenti'ye ve dış bölüme bağlanır. Yaklaşık 11,5 m yarıçaplı dairesel şekilli kısmı çatı katından itibaren sivrilerek yükselir (Ferreira, 2014).

A kulesi 31 normal, 4 bodrum kattan oluşmaktadır. Çatı katının yerden yüksekliği 139,01 m olup, bodrum katların zeminden seviyesi -11,55 m'dir. Helezon kısmı 32. kattan başlar ve 80,46 m yüksekliğindedir. Yapı böylelikle 219,47 m yüksekliğe ulaşır. Zemin kat kotu (0, 00) = +129,500'dür.



Şekil 3.7 Porta Nuova Garibaldi A kulesi 1. kat planı (Crespi, b.t.)

Yapıda; -4. katta elektrik/arşiv odaları, -3. katta atık odası, -2. ve -1. katta arşiv, zemin kat ve 1. katta dükkan, 2.katta genel alanlar, 3. - 11. katlarda ofis, 12. katta genel alanlar, 13. - 29. katlarda ofis, 30. katta genel alanlar, 31. katta mekanikle ilgili alanlar çözümlenmiştir.

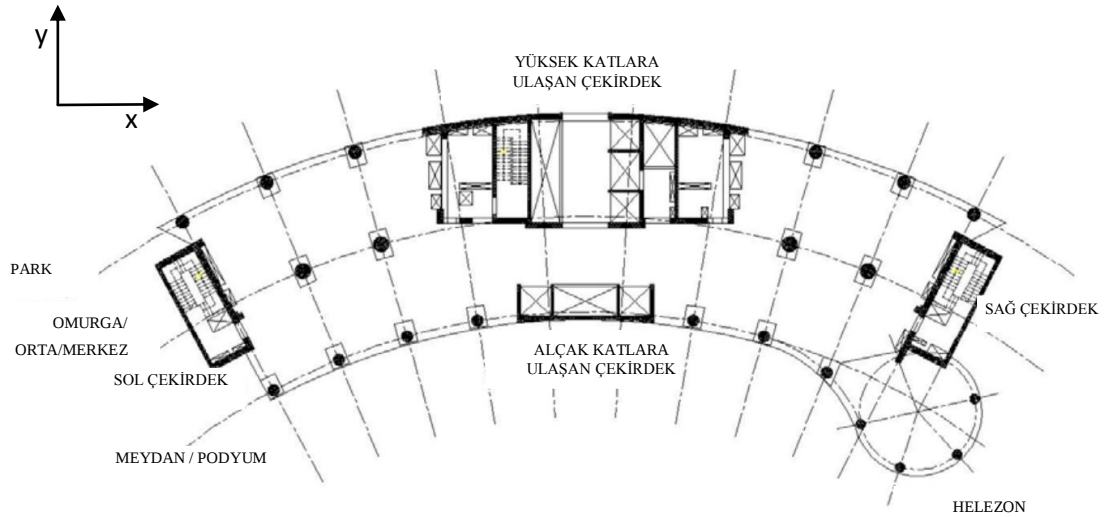
Kat yükseklikleri ise; -4. kat 2,05 m, -3. kat 3,10 m, -2. kat 3,33 m, -1. kat 3,07 m, zemin kat 6,00 m, 1. kat 5,90 m, 2. kat 5,12 m, 3. - 11. katlar 4,07 m, 12. kat 5,12 m, 13. - 29. katlar 4,07 m, 30. kat 5, 62 m, 31. kat 5,30 m'dir.

Dairesel planlı alan 31. kattan sonra helezon şeklinde kıvrılarak yükselir. Helezon kısım 31. kata bağlıdır ve ilk katı betonarmedir, daha sonraki kısımları ise çeliktir. Çelik helezon kısım helikopter yardımı ile A kulesinin üstüne yerleştirilmiştir. Helezon katın 1. katı bağlı bulunduğu yapının 32. katıdır. Helezon kısmın 1. katından 18. katına kadar kat yükseklikleri 4,07 m, 19. katı ise 7,11 m, toplam kat yüksekliği 80,46 m'dir. Helezon kısmın her katta boyutları küçülür. 1 katta (yapının 32. katı) x doğrultusundaki uzunluğu 9,93 m, y doğrultusundaki uzunluğu 9,45 m'dir. 2. Katta (yapının 33. katı) x doğrultusundaki uzunluğu 7,58 m, y doğrultusundaki uzunluğu 7,58 m'dir. 3. kattan 5. kata kadar (yapının 34. - 36. katı) x doğrultusundaki uzunluğu 7,28 m, y doğrultusundaki uzunluğu 7,28 m'dir. 6. katta (yapının 37. katı) x doğrultusundaki uzunluğu 7,28 m, y doğrultusundaki uzunluğu 5,12 m'dir. 7. katta

(yapının 38. katı) x doğrultusundaki uzunluğu 7,28 m, y doğrultusundaki uzunluğu 4,80 m'dir. 8. ve 9. katta (yapının 39. ve 40. katı) x doğrultusundaki uzunluğu 4,80 m, y doğrultusundaki uzunluğu 5,07 m'dir. 10. kattan 13. kata kadar (yapının 41. - 44. katı) x doğrultusundaki uzunluğu 2,75 m, y doğrultusundaki uzunluğu 2,75 m'dir. 14. katta (yapının 45. katı) x doğrultusundaki uzunluğu 2,50 m, y doğrultusundaki uzunluğu 2,09 m'dir. 15. ve 16. katlarda (yapının 46. ve 47. katı) x doğrultusundaki uzunluğu 1,36 m, y doğrultusundaki uzunluğu 1,36 m'dir (Ferreira, 2014).

A Kulesi betonarme yapı olarak tanımlanır ve Eurocode2 (25)'in birinci bölümünde tanımlanan betonun mekanik karakteristiklerine göre dizayn edilmiştir. Helezon ise S355 J2 (ex Fe510 grade D) galvanizli çelik kullanılarak UNI EN 10025 Standart'ı kapsamında dizayn edilmiştir.

A kulesi cephesi çift katmanlı camdır. Camın iç katmanı farklı katlar tarafından desteklenir iken, dış katman kat kenarlarına sabitlenmiştir. Daha iyi ısıtma kontrolü, binanın iç soğutma koşulları ve enerji tasarrufu için çift cam katman hava akışının sağlandığı bir boşluk ile ayrılmıştır.



Şekil 3.8 A kulesi 3 ve 13 arası kat planları (çekirdek ve kolon aksı isimlendirmesi) (Crespi, b.t.)

A kulesi yaklaşık 18 m genişliğindedir, bodrum katlarda ve ilk iki katta bu genişlik yaklaşık 12 m daha arttırılarak iç kısma (meydana) doğru uzatılmıştır.

Yapının iki uçta, üç de ortada olmak üzere 5 çekirdeği vardır. Uçta bulunan çekirdekler tüm yapı yüksekliği boyunca devam eder iken ortadaki asansör çekirdeği 14. katta sonlanır. Çekirdeklere merdiven ve asansörler yerleştirilmiş ve çekirdeklerde perde duvarlar kullanılmıştır. Yapıda kullanılan çekirdekler bulundukları konuma ve ulaştıkları kata göre isimlendirilmiştir (Şekil 3.8). Yapının sağında ve solunda bulunan çekirdekler sağ ve sol çekirdek, meydan tarafına bakan çekirdek alçak katlara ulaşan çekirdek, parka bakan çekirdek ise yüksek katlara ulaşan çekirdek olarak anılır.

A kulesinin çekirdeklerine ait perde duvar kalınlıkları ; -4'den -1. kata kadar sol ve sağ çekirdeğin iç mekana bakan perde duvar kalınlıkları 0,5 m, dış mekana bakan perde duvar kalınlıkları 0,6 m, zeminden 31. kata kadar iç mekana bakan perde duvar kalınlıkları 0,5 m, dış mekana bakan perde duvar kalınlıkları 0,55 m - 0,5 m - 0,3 m'dir. Yüksek katlara ulaşan çekirdeğin perde duvarlarını x ve y doğrultularında inceleyecek olur isek; -4'den - 1. kata kadar x doğrultusundaki perde duvarlar 0,6 m - 0,5 m, y doğrultusundaki perde duvarlar 0,8 m - 0,3 m, zemin kattan 31. kata kadar x doğrultusundaki perde duvarlar 0,5 m, y doğrultusundaki perde duvarlar 0,3 m genişliğindedir. Alçak katlara ulaşan çekirdeğin perde duvarlarını x ve y doğrultularında inceleyecek olur isek; -4'den -3. kata kadar x doğrultusundaki perde duvarlar 0,95 m - 1,2 m, y doğrultusundaki perde duvarlar 0,3 m - 0,2 m, -2. kattan - 1. kata kadar x doğrultusundaki perde duvarlar 0,95 m - 1,2 m, y doğrultusundaki perde duvarlar 0,3 m, -1. katta x doğrultusundaki perde duvarlar 0,25 m - 0,5 m, y doğrultusundaki perde duvarlar 0,25 m - 0,3 m'dir. Zemin kattan 2. kata kadar x doğrultusundaki perde duvarlar 0,25 m - 0,4 m, y doğrultusundaki perde duvarlar 0,25 m - 0,3 m, 2. kattan 13. kata kadar x doğrultusundaki perde duvarlar 0,25 m - 0,4 m, y doğrultusundaki perde duvarlar 0,2 m - 0,3 m, 14. kattaki x doğrultusundaki duvarlar 0,05 m, y doğrultusundaki duvarlar 0,05 m genişliğindedir. Temelde ve bodrum katlarda (-4, -3, -2, -1) kullanılan perde duvar kalınlıkları 0,3 m - 0,5 m'dir. Bodrum katlardaki ve zemin kattaki (-4, -3, -2, -1, 0) servis asansörünün perde duvar kalınlığı 0,3 m'dir (Ferreira, 2014).

A kulesinin kolon şeması dört grupta incelenebilir (Şekil 3.9). Dükkan kolonları sekiz adettir. Bodrum katlarda ve ilk iki katta 12 m (A kulesi yaklaşık 18 m

genişliğindedir, bodrum katlarda ve ilk iki katta bu genişlik yaklaşık 12 m daha artırılarak iç kısma (meydana) doğru uzatılmıştır) uzunluğundaki döşeme için kullanılırlar. Dükkan kolonları -4. kattan -1. kata kadar 0,60 m x 0,60 m kare kesitli, zemin katta ise 0,40 m x 0,40 m kare kesitli ve $\phi 0.40$ m dairesel kesitlidir (Ferreira, 2014). ϕ , dairesel kesitin çapıdır.

Bosco Verticale konut alanına bakan en dış tarafındaki kolonlar park kolonları olarak anılır ve altı adettir. Bu kolonların katlara göre kesit boyutları -4. katta 1,30 m x 1,30 m, -2. ve -1. katta 1,25 m x 1,25 m, zemin - 1. - 2. ve 3. katta $\phi 1,10$ m, 4. - 5. - 6. -7. katlarda $\phi 1,05$ m, 8. - 9. - 10. - 11. katlarda $\phi 0,95$ m, 12. - 13. - 14. -15. katlarda $\phi 0,85$ m, 16. - 17. - 18. - 19. katlarda $\phi 0,75$ m, 20. - 21. - 22. - 23. katlarda $\phi 0,65$ m, 24. - 25. - 26. - 27. katlarda $\phi 0,55$ m, 28. - 29. - 30. - 31. katlarda $\phi 0,45$ m'dir (Ferreira, 2014).

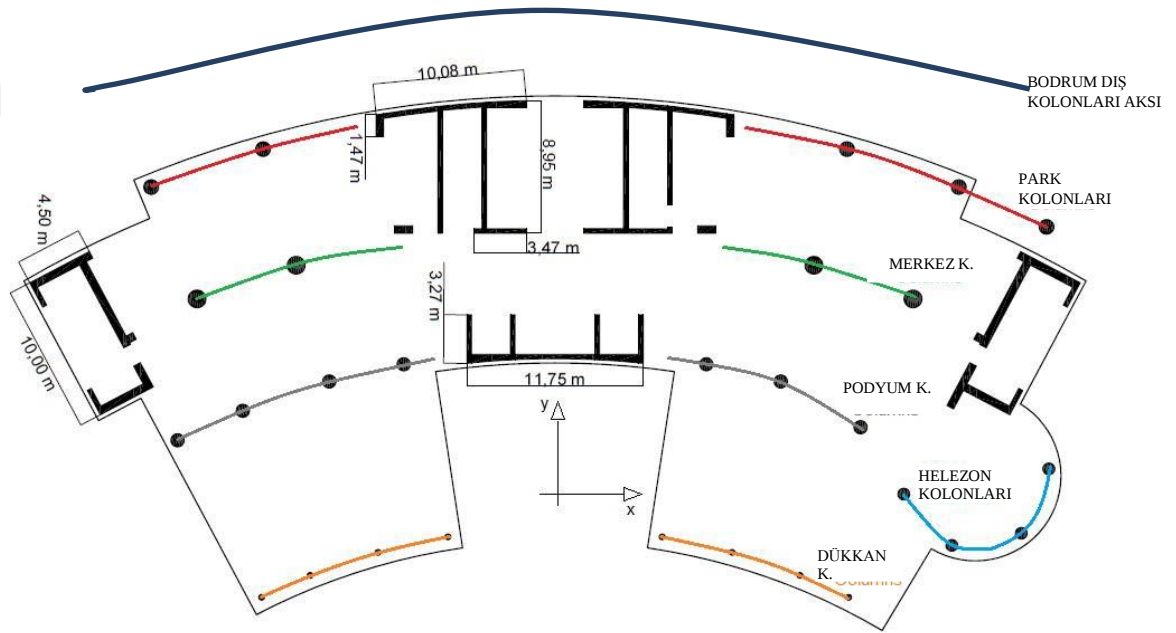
Yapı -1. kata kadar park kolonlarından sonra dışa doğru büyüme yapar ve buradaki kolonlara bodrum dış kolonları denir. Bodrumdaki dört katta bulunan bu kolonlar 0,60 m x 0,60 m boyutlarındadırlar.

Yapının 18 m'lik kısmının ortasında bir dizi olarak yer alan kolonlar merkezi kolonlar olarak anılırlar ve 4 kolondan oluşurlar. Merkezi kolon boyutları; -4. ve -3. katta 1,60 m x 1,60 m, -3. ve -1. katta 1,25 m x 1,25 m, zemin -1. - 2. - 3. katlarda $\phi 1,30$ m, 4. - 5. - 6. - 7. katlarda $\phi 1,20$ m, 8. - 9. - 10. - 11. katlarda $\phi 1,05$ m, 12. - 13. - 14. - 15. katlarda $\phi 0,95$ m, 16. - 17. - 18. - 19. katlarda $\phi 0,85$ m, 20. - 21. - 22. - 23. katlarda $\phi 0,75$ m, 24. - 25. - 26. - 27. katlarda $\phi 0,65$ m, 28. - 29. - 30. - 31. katlarda $\phi 0,55$ m'dir.

Yapının meydana bakan yüzündeki kolonlar Podyum kolonlarıdır ve yedi adettir. Podyum kolon boyutları -4. ve -3. katlarda 1,30 m x 1,30 m, -2. ve -1. katlarda 1,25 m x 1,25 m, zemin - 1. - 2. - 3. katlarda $\phi 1,10$ m, 4. - 5. - 6. - 7. katlarda $\phi 1,05$ m, 8. - 9. - 10. - 11. katlarda $\phi 0,95$ m, 12. - 13. - 14. - 15. katlarda $\phi 0,85$ m, 16. - 17. - 18. - 19. katlarda $\phi 0,75$ m, 20. - 21. - 22. - 23. katlarda $\phi 0,65$ m, 24. - 25. - 26. - 27. katlarda $\phi 0,55$ m, 28. - 29. - 30. - 31. katlarda $\phi 0,45$ m'dir. 14. katta asansör

çekirdeğinin son bulması ile perde duvarların yerini kolonlar alır ve Podyum kolonlarının sayısı yediden dokuza çıkar.

Dairesel planlı alandaki kolonlar helezon kolonlarıdır ve dört adettir. Helezon kolonları boyutları; -4. ve -3. katlarda 1,10 m x 1,10 m, -2. ve -1. katlarda 1,00 m x 1,00 m, zemin- 1. - 2. - 3. - 4. - 5. - 6. - 7. katlarda $\phi 0,85$ m, 8. - 9. - 10. - 11. - 12. - 13. - 14. - 15. katlarda $\phi 0,75$ m, 16. - 17. - 18. - 19. - 20. - 21. - 22. - 23. katlarda $\phi 0,65$ m, 24. - 25. - 26. - 27. - 28. - 29. - 30. - 31. katlarda $\phi 0,45$ m'dir (Ferreira, 2014).

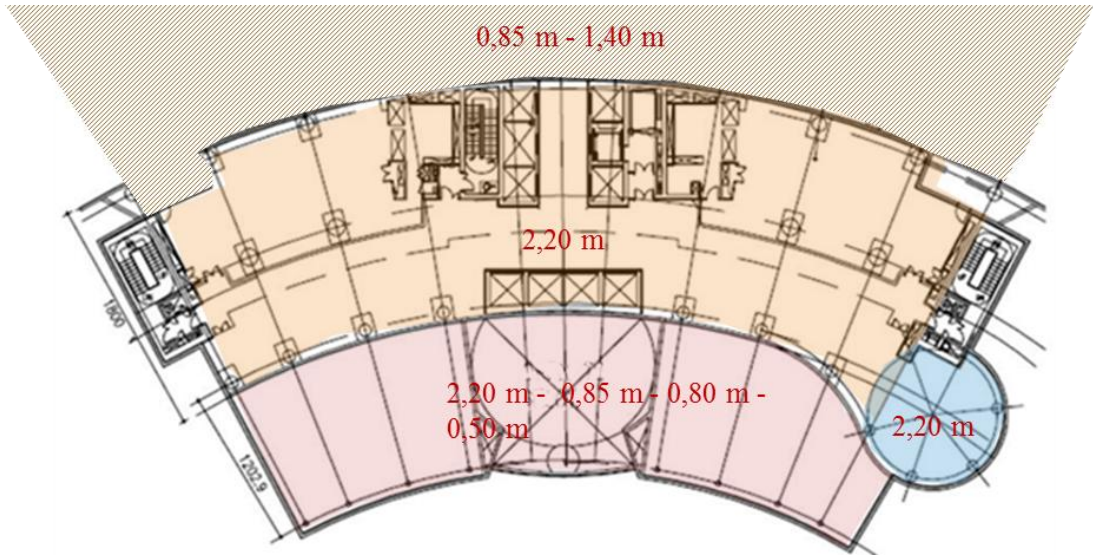


Şekil 3.9 Çekirdek boyutları ve kolon gruplarına verilen isimlerin gösterimi (Ferreira, 2014)

Yapı ikinci kata kadar yükselen kısımdan bir aks daha meydana doğru geniş olarak tasarlanmıştır. Genişleyen bu kısma (dükkan kolonları ile podyum kolonları arasında yer alan) ait döşemeler dükkân döşemeleri olarak anılır. Normal döşemeler en üst kata kadar yükselen bölümde (park kolonları ile podyum kolonları arasındaki) yer alan döşemelerdir. Yine yapı zemin kata kadar park kolonlarından sonra dışa doğru genişletilmiştir. Genişleyen bu alandaki (park kolonları ile bodrum dış kolonları arasındaki) döşemeler ise park döşemeleri olarak anılır. Dairesel planlı alandaki döşemeler (helezon kolonları arasındaki) dairesele döşemelerdir (Ferreira, 2014).

Yapıda kolonlardaki kesme kuvvetini engellemek için kolonlara başlık (tabla) yapılmıştır. Bodrum ve zemin katlarda kolonlara başlık uygulaması yapılmamıştır. Başlık uygulaması 1. kattan itibaren başlar. 1. ve 2. kattaki tabla kalınlıkları 47,5 cm, 3. kattan 29. kata kadar 45 cm, 30. kattan çatıya kadar yine 47,5 cm'dir. Normal döşemelerinin kalınlıkları; -3. kattan -1. kata kadar 25 cm, zemin katta 22,5 cm, 1. ve 2. katta 25 cm, 3. kattan 29. kata kadar 22,5 cm, 30. kattan çatıya kadar 25 cm'dir. Dükân döşemeleri kalınlıkları; -3. kattan 2. kata kadar 40 cm'dir. Park döşemelerinin kalınlıkları; -3. kattan -1. kata kadar 40 cm, zemin katta 50 cm'dir. Dairesel döşemelerin kalınlıkları; -3. kattan çatıya kadar 26,5 cm'dir (Ferreira, 2014).

Temelde kullanılan betonun karakteristik basınç dayanımı 35 MPa, elastisite modülü 32 GPa, birim hacim ağırlığı 25 kN/m³'tür. Radye temel yüksekliği 2,20 m ile 0,50 m arasında değişiklik gösterir. Temelin dükkan kolonları ile podyum kolonları arasında yer alan kısmının derinliği 2,20 m - 0,85 m - 0,80 m - 0,50 m'dir. Park kolonlarından sonraki dışa doğru uzanan kısmın temel derinliği 0,85 m - 1,40 m'dir. Helezon kolonları arasındaki daireysel planlı alanın temel derinliği 2,20 m'dir. Binanın park kolonları ile podyum kolonları arasındaki temelin derinliği 2,20 m'dir (Ferreira, 2014). Şekil 3.10'da A kulesi radye temel yükseklikleri verilmiştir.



Şekil 3.10 A kulesi radye temel yükseklikleri (Crespi, b.t.'den ve Ferreira, 2014'den yararlanılarak oluşturulmuştur)

Kolonlarda; -4. , -3, -2, -1. katlarda 45 MPa karakteristik basınç dayanımına, 34 GPa elastisite modülüne ve 25 kN/m³ birim hacim ağırlığına sahip, diğer katlarda ise 75 MPa karakteristik basınç dayanımına, 39 GPa elastisite modülüne ve 25 kN/m³ birim hacim ağırlığına sahip beton kullanılmıştır (Ferreira, 2014).

Perde duvarlarda; -4. , -3. , -2. , -1. katlarda 45 MPa karakteristik basınç dayanımına, 34 GPa elastisite modülüne ve 25 kN/m³ birim hacim ağırlığına sahip, zemin kat ile 1. ve 2. katlarda 55 MPa karakteristik basınç dayanımına, 36 GPa elastisite modülüne, 25 kN/m³ birim hacim ağırlığına sahip, 3. kat ile çatı katı arasındaki katlarda ise 45 MPa karakteristik basınç dayanımına, 34 GPa elastisite modülüne, 25 kN/m³ birim hacim ağırlığına sahip beton kullanılmıştır (Ferreira, 2014).

Döşemelerde; 55 MPa karakteristik basınç dayanımına, 36 GPa elastisite modülüne, 25 kN/m³ birim hacim ağırlığına sahip beton kullanılmıştır.



Şekil 3.11 Porta Nuova Garibaldi yapısı inşaat aşaması (Peri, 2016; Tekne, 2016)

3.2 Palazzo Lombardia, Milano, İtalya



Şekil 3.12 Palazzo Lombardia'ya bakış (Skyscrapercenter, 2019c)

Tablo 3.2 Palazzo Lombardia yapısına ait genel bilgiler

Yapı adı	Palazzo Lombardia
Yapıya verilen diğer isimler	Altra Sede Regione Lombardia
Yer	Milano, İtalya
Tarih	2006 -2011
Mimar	Pei Cobb Freed & Partners, Caputo Partnership ve Sistema Duemila
Statik	Thornton Tomasetti, Prof. İng. Franco Mola
Müşteri	Lombardia Hükümeti
Taşıyıcı sistem bilgisi	Perde Duvarlı - Çerçeve Sistemler
Ana Fonksiyon	Ofis Binası (Lombardia Yerel Yönetim Binası)
Bina Yüksekliği	161,3 m
Kat sayısı	39 normal kat + 4 bodrum kat

2012 Avrupa Skyscape ödölünü kazanan Palazzo Lombardia yapısının tasarımı Lombardia bölgesinin dağlarının, vadilerinin ve nehirlerinin morfolojisinden esinlenilmiştir. Kompleks 161,3 m'lik bir kuleden (çekirdek 1,43 katlı) ve kulenin etrafında konumlanmış sinüzoidal şekilli beş az katlı yapıdan (çekirdek 2 - 3 - 4 - 5 - 6, yaklaşık 40 m yükseklikte ve 14 m genişliğinde) oluşmaktadır (Caicedo, Catbas, Cunha, Racic, Reynolds ve Salyards, 2012). Proje; Garibaldi - Repubblica - Varesine alanlarının yeniden geliştirilmesi için düşünülen eylem planının bir parçasıdır. Kent pasajı oluşturmak, davetkar bir giriş elde etmek, sosyal etkileşimi teşvik eden ilgi çekici mekanlar dizisi tasarlamak ve Milano silüetine katkıda bulunan bir sembolik dikey eleman eklemek yapının tasarım unsurlarıdır. Yapının kavisli formundan kaynaklanan açık alanlar insanların buralarda toplanmasını iletişim kurmasını teşvik eder, sosyal etkileşim alanı oluşturur. Yapı kolay erişilebilir bir konumdadır.

Yapı belediye binasına ev sahipliği yapmakla birlikte sergi alanları, restoranlar, gazete bayileri, kreşler, oditoryumlar, kafeler, kitaplıklar, sergi alanları, spor salonu, seyahat acentesi mağazaları, postane ve ilçe güvenlik ofisi gibi vatandaşların kullanabileceği hizmetleri içeren mekanları içinde barındırır. Yürüyüş yolları Lombardia dağlarından çıkarılan yerel malzemelerle kaplanmıştır (Infobuild, 2018c). Otoparklar, depolar, arşiv, teknik odalar vb. bodrum katlarda çözümlenmiştir.

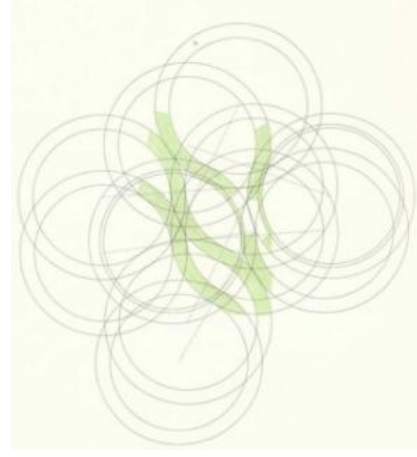
Meydan ve 3 park alanı için 261 m'ye 185 m'lik alan ayrılmıştır. Kompleks toplamda 33700 m² alan üzerine kurulmuştur. 3300 m² yeşil alan ve 2700 m² çatı bahçesi içerir (Brazil, 2012). Toplam inşaat alanı 230338 m²'dir (Mola, Pellegrini, Mola, Pozzuoli ve Tritto, 2014).

Yapısal analiz için ticari bir yazılım olan GT STRUDL® kullanılmıştır (Mola ve diğer., 2014). Yapı, 30 m'lik bir çapa ve 6,4 tonluk bir yükü destekleme kapasitesine sahip bir heliport içerir (Turismo, 2018).

Plandaki eğriliklerin hepsi eşit yarıçaplıdır. Plan; 11 iç daire (hepsi eşit çapa sahip) ve 11 dış (hepsi eşit çapa sahip) olmak üzere toplam 22 dairenin kesişiminden oluşmaktadır.



a) Vaziyet planı (Pcf-p, 2018)



b) Tasarım için kullanılan dairesel şema (Pcf-p, 2018)



c) Plan (Lombardia, 2014)

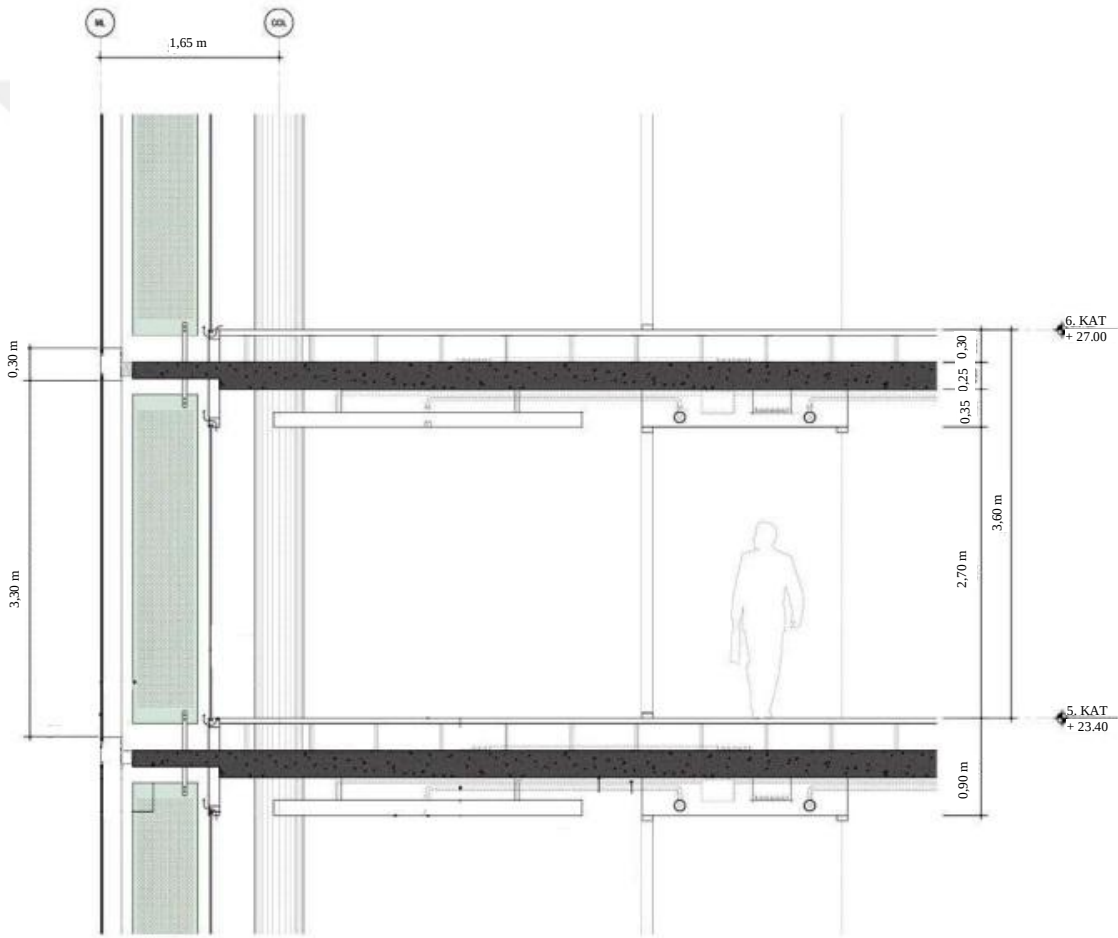


d) Çekirdek isimlendirme şeması (Tatianamilone, 2018)

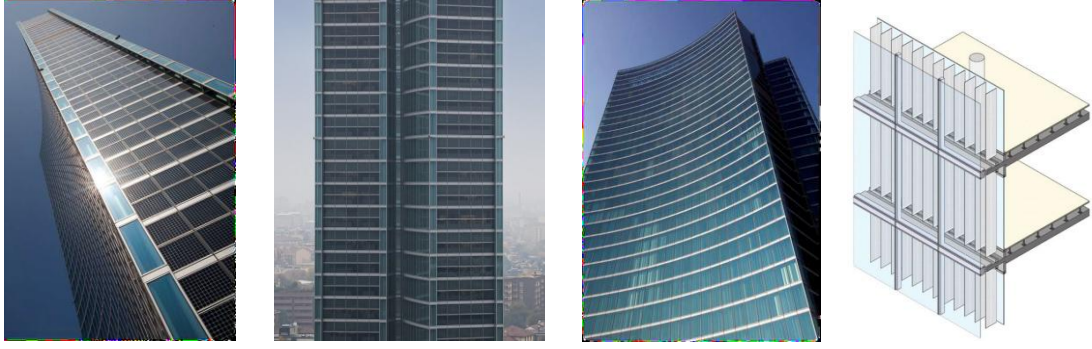
Şekil 3.13 Palazzo Lombardia

Sürdürülebilirlik adına yapıda; ısıtma için gerekli olan tüm termal enerji, yeraltı kuyularından pompalanan sudan (yer altı suyu ısı pompası sistemi ile) elde edilir. Elektriğin bir kısmı, kulenin iki enine cephesine (güney cephe) ve cam çatı kaplamasına yerleştirilen fotovoltaik paneller tarafından üretilmektedir (Infobuild, 2018c). 160 kW'lık güce sahip 450 modülden oluşan 2080 m² fotovoltaik cephede; her modül, her biri 350 Wp gücünde 120 yüksek verimli monokristal silikon hücreden oluşur. Modüller, yapının güney cephesinin 40 m ile 100 m arasındaki yüksekliğine entegre edilmiştir (Şekil 3.15). Yılda 135000 kWh enerji ve yaklaşık 94 t CO₂ tasarrufu sağlanır. Modüllerin bulunduğu cepheler, gündüz saatlerinde fotovoltaik hücreleri lokal olarak gölgeleyen iki yanal çıkıntıya sahiptir. Aşırı ısınmadan kaynaklanan zararı engellemek için By-Pass diyotlar kullanılmıştır (Casaclima, 2011). Kompleks 75000 m² çift cidarlı şeffaf cepheye sahiptir. Binanın

etrafında 95 cm (cephedeki iki cam katman arasında boşluk vardır, dış cephedeki cam ile dış cepheye en yakın kolonun orta aksı arasındaki mesafe yaklaşık 1,65 m'dir) derinliğinde ısıtma ve soğutma yüklerini en aza indirmek için bir termal tampon bölge oluşturulmuştur (Şekil 3.14). Bu bölgede, güneş açısına göre gün boyunca otomatik olarak dönen mikro delikli alüminyumun dikey panjurlar/kanatlardan oluşan gölgelendirme sistemi vardır. Bu sistem günışığının kontrollü olarak içeri alınmasını sağlayarak yapay aydınlatma ihtiyaçlarını azaltır (Brasca, 2010; Begeç ve Hamidabad, 2015; Skyscrapercenter, 2019c).



Şekil 3.14 Cephe detayı (Pcf-p, 2018)



a) Fotovoltaik panellerin yerleştirildiği güney cephe b) Batı cephesi c) Cephe detayı

Şekil 3.15 Palazzo Lombardia yapısı cephe görselleri (Pcf-p, 2018)

Sematic Grup tarafından karşılanan 2000B ve 2000B - HR model 32 adet asansörün; 2 adedi 8 m/s hıza sahip olup 19 duraklıdır ve 164 m yüksekliğe ulaşır, 6 adedi 7 m/s hıza sahip olup 29 duraklıdır ve 122 m yüksekliğe ulaşır, 14 adedi 2 m/s hıza sahip 9 duraklıdır ve 46 m yüksekliğe ulaşır, 2 adedi 2 m/s hıza sahip olup 7 duraklıdır ve 38 m yüksekliğe ulaşır, 2 adedi 1 m/s hıza sahip olup 4 duraklı ve 18 m yüksekliğe, 1 adedi 2,5 m/s hıza sahip olup 42 duraklıdır ve 164 m yüksekliğe ulaşır, 3 adedi 1 m/s hıza sahip olup 11 duraklıdır ve 56 m yüksekliğe ulaşır, 2 adedi 1 m/s hıza sahip olup 2 duraklıdır ve 8 m yüksekliğe ulaşır niteliktedir (Simplex, 2008; Liftcomponents, 2018). Yapıda asansör için bırakılan boşluklar 2,70 m x 2,70 m ve 5,70 m x 2,70 m'dir (Mola ve diğer., 2014).



Şekil 3.16 Piazza Cittàdi Lombardia çatı örtüsü (Mola ve diğer., 2014)

Kompleks merkezde, Via Melchiorre Gioia ve Via Pola'ya açılan iki başka meydanla çevrelenmiş şeffaf bir tonozla kaplı büyük bir meydan (Piazza Cittàdi Lombardia) içerir. Yaklaşık 4200 m²'lik bu meydanın çatısı kaynaklı ve cıvatalı S355 J2H çelik borulardan yapılmış çelik kafes sistemi ile geçilmiş, çelik kafesin üstü ise şeffaf Texlon ETFE (etilen - co – tetrafloroetilen) ile kaplanmıştır. Bu kaplama malzemesi güneş ışığının %50'sini filtreler. Çelik makasları oluşturan borsal elemanlar bi - konveks (dış bükey) olup, 355 mm dış çapa ve 20 mm, 16 mm

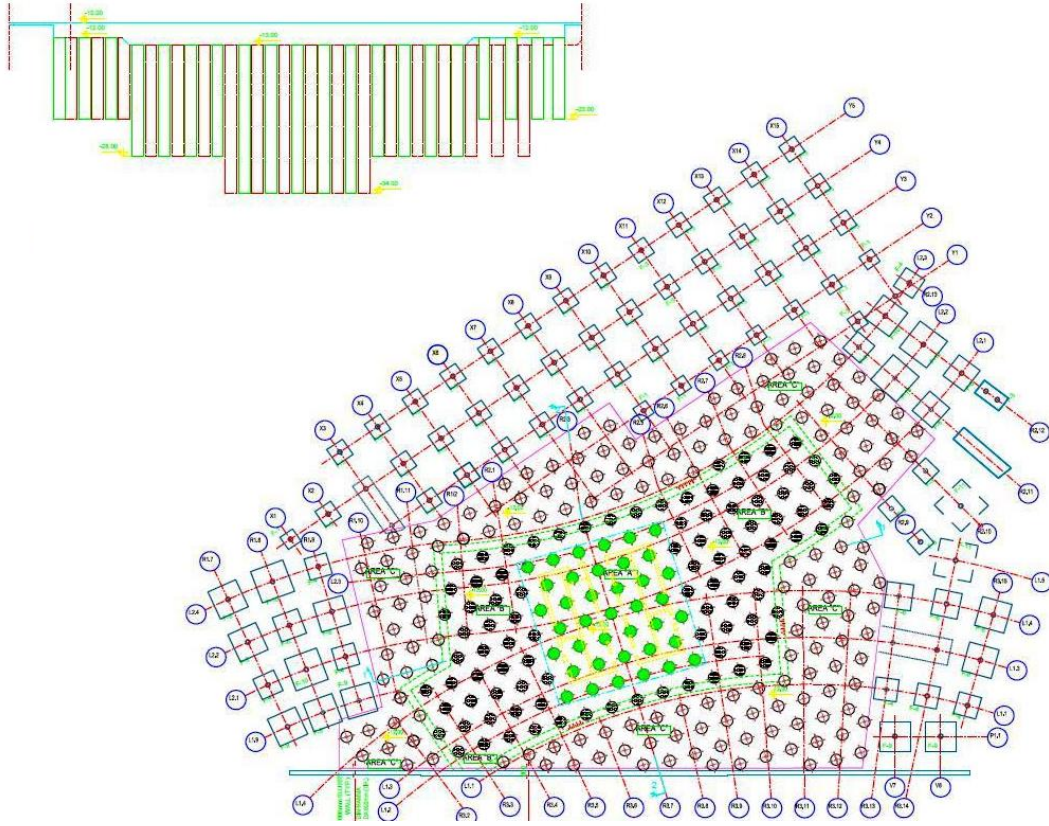
ve 12 mm kalınlığa sahiptir. Bu elemanlar önce kaynaklanmış sonra flanşlı/cıvatalı bağlantıları yapılmıştır. Meydan Avrupa'nın en büyük kapalı meydanı olarak kabul edilmiştir. Yenilikçi ve en ileri teknolojilerin kullanımını içeren yapı tasarımı, maksimum enerji tasarrufu ve yüksek çevresel sürdürülebilirlik profilini hedefler (Mola ve diğer., 2014; Badia, 2018; Infobuild.it, 2018c).

Yapısal sistem tamamen betonarme taşıyıcı elemanlardan oluşmakla birlikte çekirdek 4'deki oditoryum alanı, çekirdek 1 (kule)'in en st kısmındaki Velarium kısmı ve üç katlı yüksek belvedere alanı için elik kullanılmıştır (Caicedo ve diğer., 2012). Yapıda 1300 t elik, 102000 m³ beton, 13000 t demir kullanılmıştır (Structurae, 2018c). Yapıda kullanılan beton portlant imentosu ile hazırlanmış C40/50 ile C45/55 basınç dayanımı sınıflarındadır. C tipi sünekliği ve akma dayanımı 450 MPa olan (Fe 450'C) elik kullanılmıştır. Çevresel etki sınıfı XD1'dir (Mola ve diğer., 2014).

Temel imalatı için tüm inşaat alanı 10 m derinliğinde kazılmıştır. Çekirdek 1'de; temel altına zemini iyileştirmek için 3 m - 4 m aralıklarla 1,5 m çapında 14 m - 22 m arasındaki boyutlara sahip grout uygulaması yapılmış, böylelikle yaklaşık 36 m derinliğe inilmiştir (şekil 3.18). Çekirdek 1 için; betonarme radye temel belirli alanlarda derzlerle ayrılmış ve 2 m ile 4 m arasındaki kalınlıklarda düzenlenmiştir. Temelin alt kısmı için kendiliğinden yerleşen C30/37 beton, st kısımları için C30/37 beton kullanılmıştır. Temelde boyuna kullanılan inşaat demiri 40 mm kalınlıktadır ve mekanik elik vidalar ile (manşonlu) donatıların bağlantısı sağlanmıştır (şekil 3.19). Dikeyde kullanılan inşaat demiri ise 36 mm çaplı olup mekanik vida bağlantılıdır. İki farklı katmandan oluşan temel demir donatı başlarına yerleştirilen elik kuplrlerle/manşonlarla birbirine bağlanmıştır. Temelde ortalama 200 kg/m³ demir kullanılmıştır. Az katlı yapılarda ise; zımbalama etkisini azaltmak için temelde farklı yükseklik ve genişlikte birbirinden izole kaideler yapılmış ve bu kaidelerin üzerine 12 cm kalınlığında betonarme tabliye atılmıştır (şekil 3.17). Kaideler tek veya iki kolon için düzenlenmiştir. Kaide lleri; 2,80 m x 2,80 m, 5,00 m x 3,50 m, 5,10 m x 5,10 m, 2,40 m x 5,40 m, 2,50 m x 2,50 m vb.'dir (Brasca, 2010; Negri, 2010; Caicedo ve diğer., 2012; Cigada, A. Mola, F. Mola, Stella ve Vanali, 2014; Mola ve diğer., 2014).



Şekil 3.17 Palazzo Lombardia temel planı (Mola ve diğer., 2014)



Şekil 3.18 Palazzo Lombardia yapısı kule temel planı ve kesiti (Mola ve diğer., 2014)



a) Manşonlu temel donatıları b) Radye temel donatı imalatı c) Kaideler

Şekil 3.19 Palazzo Lombardia yapısı temel imalatı görselleri (Mola ve diğer., 2014)



a) Grout uygulaması b) Temel aşaması genel görünüm c) Bodrum kat kolon imatlatları

Şekil 3.20 Palazzo Lombardia yapısı temel yapım aşamaları (Brasca, 2010)

İnşaatta karma yapım sistemi kullanılmıştır. Yerden 12 m yüksekliğe kadar geleneksel yapım teknikleri kullanılarak betonarme kolon imalatı yapılmış, 12 m yükseklikten sonra yeni bir teknoloji (PCM - pilasti cerchiati misti - karışık sistemli daire şeklinde kolon) kullanılmıştır (Şekil 3.21). Kolon betonu çelik dairesel yapı elemanları içine dökülmüştür. PCM kolon (4 kat beton dökümü için 13,20 m yüksekliğinde) bir çelik borudan ($\varnothing = 60$ cm, 6,2 mm kalınlıkta), çubuk ve helezon sarılmış (fretli) donatıdan oluşur (Şekil 3.23). Bu dairesel çelik elemanlar kalıcıdır ve içindeki demir donatı ve fiber beton ile kompozit hale gelir. Çelik kalıp elemanlarının birleşim noktalarına döşeme demirinin geçebileceği ve beton dökümünün yapılabileceği ölçülerde delik açılmış, kolon - kiriş - döşeme bağlantıları bu noktalardan sağlanmıştır. Böylelikle yanal yüke bağlı momentler taşıyan kolon döşeme bağlantıları güçlü hale getirilmiştir. Bu yolla üç katın kolonları eşzamanlı dökülebilmiş, zamandan kazanılmıştır. R120 yangın dayanımına sahip malzeme ile tüm metal yapı elemanlarının yangından korunması (pasif) sağlanmıştır. Betonarme kolon çapları 65 cm ile 120 cm arasında değişmektedir. 6,25 m x 6,00 m aralıklarla oluşturulmuş yapısal ağ mevcuttur (aks sistemi). Ortalama inşaat demiri içeriği 250

Yanal yükler perde duvarlarla çözümlenmiş merkezi çekirdek ile karşılanır. (Mola ve diğer., 2014). Çekirdek merdiven ve asansörlerden oluşur. Yapıdaki kule/çekirdek 1'deki çekirdek boyutu 15,5 m x 16,3 m, diğer çekirdeklerdeki çekirdek boyutu ise 12,3 m x 16 m'dir. Çekirdek perde kalınlıkları 30 cm ile 45 cm arasında değişmektedir. Betonarme çekirdek ortalama inşaat demiri içeriği 200 kg/m², beton sınıfı C45/55'dir. Taşıyıcı sistem boyutlandırılmasında rüzgar yüküne

deprem yükünden daha çok önem verilmiştir. İç çekirdek dikey yüklerin ve öz ağırlık yükünün %65'ini alır. Merdiven çekirdeği için sanayileşmiş hareketli kalıp kullanılmıştır (Mola ve diğer., 2014). Betonarme çekirdek, Doka SKE 50 otomatik tırmanma kalıbı ve 930 m²'lik Top 50 geniş alan kalıbı kullanılarak dökülmüştür (High, 2010; Mola ve diğer., 2014; Doka, 2018).

İlk üç katta geleneksel betonarme kirişler kullanılmış ve bu kirişler betonarme döşeme kalınlığında dökülmüştür. Sundurma alanını desteklemek için yüksekliği +7,00 m ile +12,00 m arasında olan betonarme döşemelerde 120 cm x 190 cm kesitlerindeki kiriş kullanılmıştır. 12 m'nin üzerindeki döşemeler için prefabrik kirişler (PREM - Prefabbricate Reticolari Miste - Karma Sistemli Ağısı Prefabrik Kiriş) kullanılmıştır (Brasca, 2010). PREM kirişler kafes sistem oluşturmuş donatılara ve ön germeli dikdörtgen biçimli beton altlığa sahiptir (Şekil 3.22).



a) Hafif dolgu elemanları

b) Hafif dolgu elemanları

c) Prefabrik kirişler

Şekil 3.24 Palazzo Lombardia yapısı hafif dolgu elemanları, prefabrik kirişler (Mola ve diğer., 2014)



a) Döşeme panelleri

b) Hafif dolgu elemanları

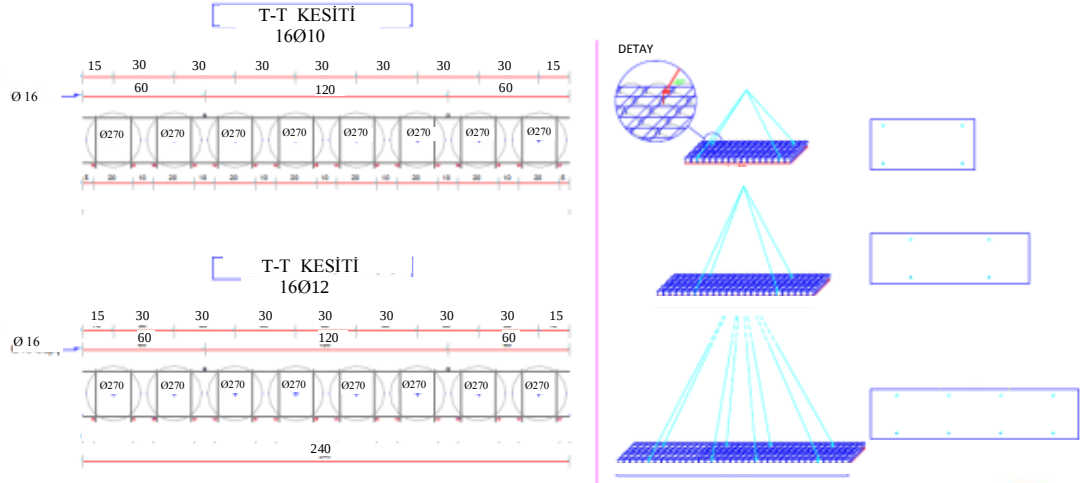
c) Genel görünüm

Şekil 3.25 Palazzo Lombardia yapısı döşeme imalatı (Infobuild, 2009)

Döşemeler çekirdekten sonra inşa edilmiştir. Yapı genelinde farklı türlerde döşeme sistemleri kullanılmış ve inşaat yapım hızını büyük ölçüde arttırılmış maliyet

düşürülmüştür; prekast kirişler, prefabrik döşeme panelleri, yüksek yoğunluklu polietilen küreler (Şekil 3.24, Şekil 3.25). Hafif dolgu elemanları ve Cobiax marka PEHD (yüksek yoğunluklu polietilen küreler) küreler kullanılarak döşeme hafifletilmiştir. Çekirdek 6 yapısı hariç, 12,00 m'ye kadar olan yüksekliklerde geleneksel betonarme yapım teknikleri kullanılmıştır (Modulo, 2019). Bodrumlar için, önerilmeli boşluklu prefabrik döşeme panelleri kullanılmış, yön değişimleri ise kafesli prefabrik kirişler ile sağlanmıştır. Çekirdek 1'in 13. katından itibaren ve az katlı yapıların döşemesi için PEHD küreler kullanılmıştır (Brasca, 2010; Cigada ve diğer., 2014).

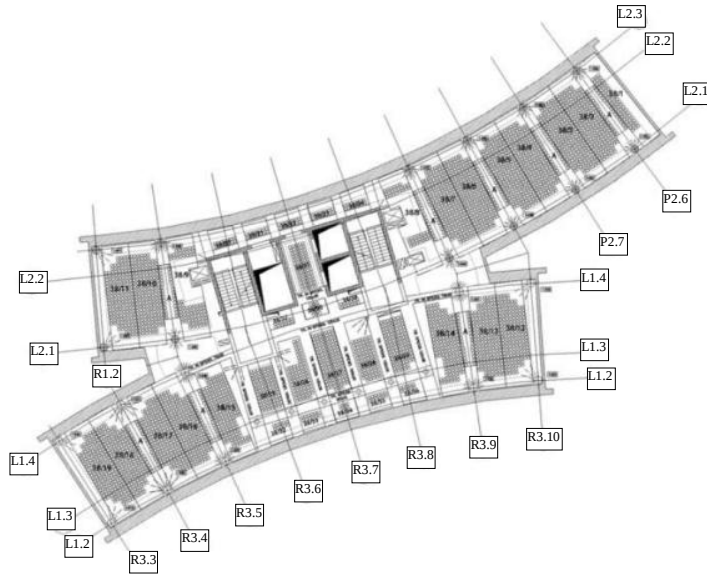
Döşeme ağırlığının azaltılması için 270 mm çapındaki Cobiax marka yüksek yoğunluklu polietilen küreler (13,60 m x 2,50 m ölçülerindeki Cobiax CBLM-L modülleri), donatıdan bir makas oluşturarak alt ve üst donatı arasına yerleştirilmiştir (Brasca, 2010; Cigada ve diğer., 2014; Mola ve diğer.; 2014). Şekil 3.26, Şekil 3.27 ve Şekil 3.28'de Palazzo Lombardia yapısı döşemeleri için Cobiax marka yüksek yoğunluklu polietilen küre uygulamasına ait detaylar ve görseller yer almaktadır. Cobiax sistemi, betonarme binalarda, döşemeler içine dairesel kör kalıplar yerleştirilerek çift taraflı çalışan daha hafif sistemler elde etmek üzerine kuruludur. Projeyi daha ucuza mal etmek, yapıları belirli bir emniyet ve yeterli rijitlikle, ekonomik ve amaca en uygun şekilde tasarlamak ve boyutlandırmak, kirişsiz geniş açıklıklar elde etmek, temele binen yükleri azaltmak vs. için Cobiax döşeme sistemi dünyanın birçok ülkesinde ve ülkemizde uygulanmaktadır. Cobiax teknolojisinin statik ve mali avantajları; 15 m'ye kadar kirişsiz geniş açıklıklar, %25'e kadar ölü yükte azalma, bi - axial yük transferi, özgür planlama, kolon sayısında azalma, deprem davranışında gelişme, CO2 emisyonunda azalım, temiz kat açıklığında optimum tasarım imkanı, daha fazla alan, malzeme tüketiminde ve inşaat maliyetinde azalma, yapıda tüm kirişlerin ortadan kaldırılma imkanı, maksimum 5 m'ye kadar konsol yapma imkanı, katlar arası ısı ve ses yalıtımı olarak sıralanabilir. PEHD uygulaması ile döşemenin ağırlığı mantar döşeme ağırlığına göre yaklaşık %35 oranında hafifler, ağırlık azaldığından kolonlara gelen kuvvetlerde azalır ve taşıyıcı en kesitleri küçülür (Yapipedia, 2019). Yükseltilmiş döşemelerde Edol Beton Perugia tarafından SFloor ürünü kullanılmıştır (Generaleprefabbricatispa, 2018).



Şekil 3.26 Palazzo Lombardia yapısı yüksek yoğunluklu polietilen küre uygulaması detayları (Mola ve diğer., 2014)



Şekil 3.27 Palazzo Lombardia yapısı döşemeleri için Cobiax marka yüksek yoğunluklu polietilen (PEHD) küre uygulaması görselleri (Brasca, 2010; Mola ve diğer., 2014; Peikko, 2018)

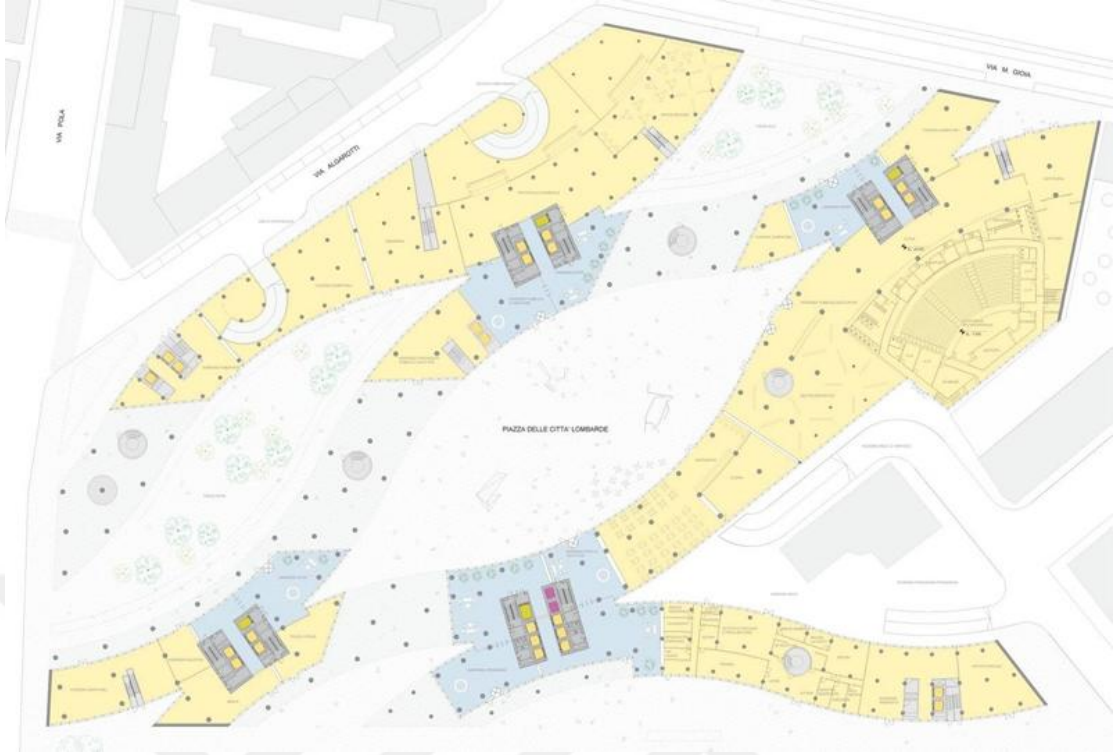


a) Yüksek yoğunluklu polietilen (PEHD) küre uygulama planı



b) İnşaat safhasına ait görüntü

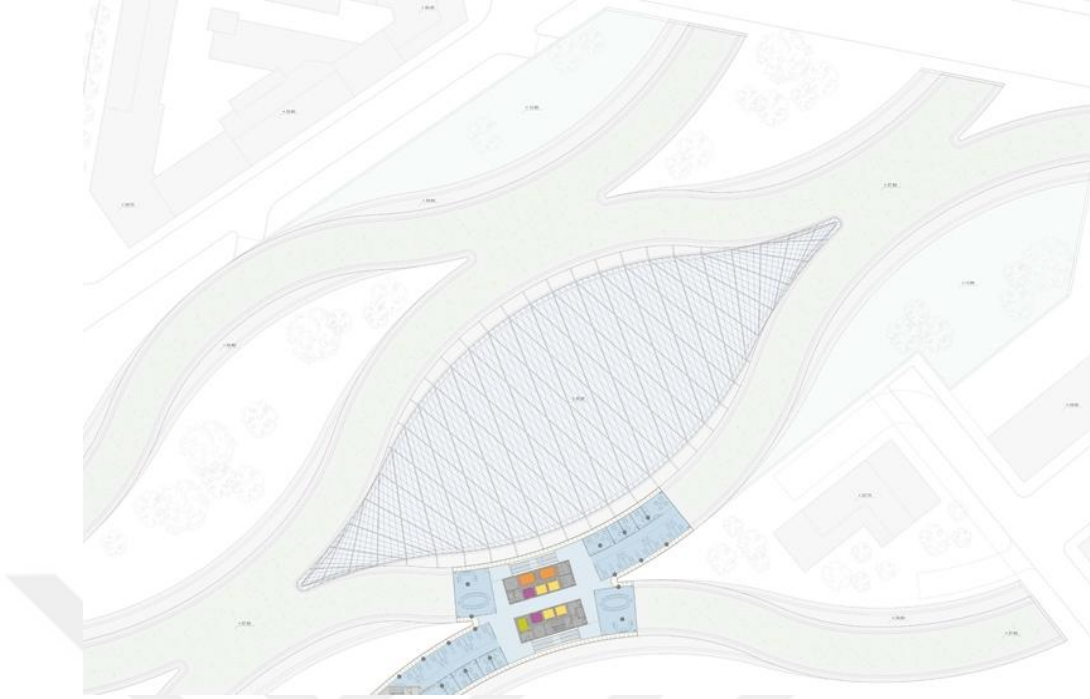
Şekil 3.28 Palazzo Lombardia (Negri, 2010)



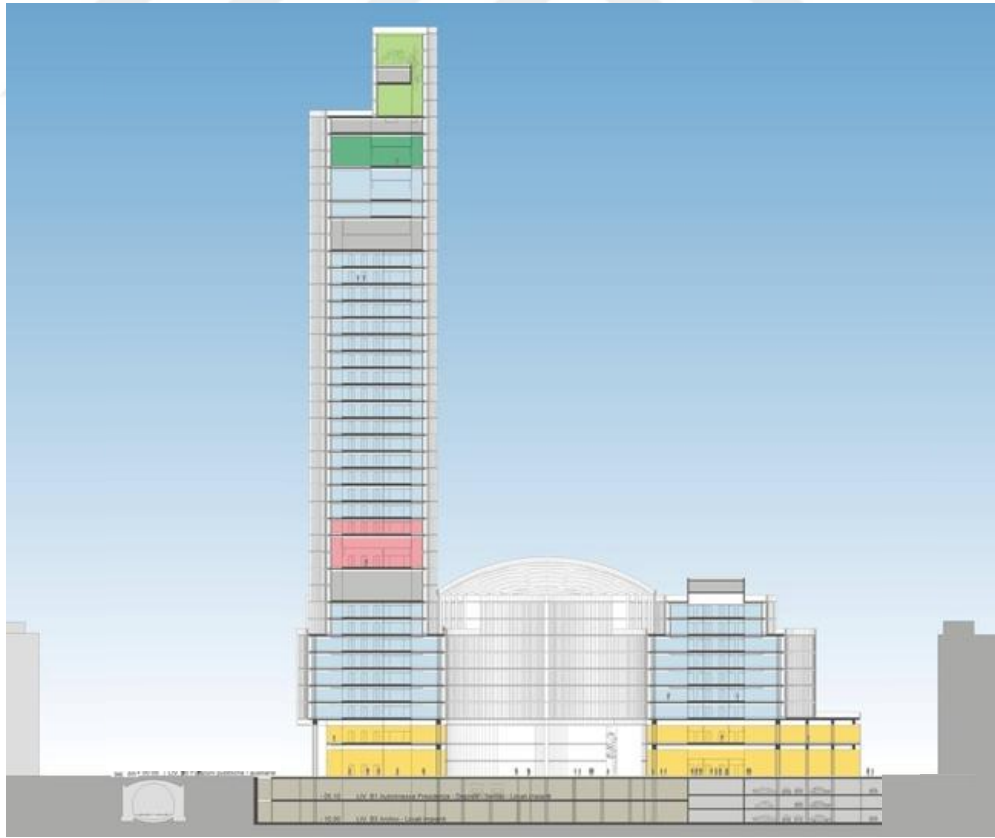
Şekil 3.29 Palazzo Lombardia zemin kat planı (Ordinearchitetti, 2018c)



Şekil 3.30 Palazzo Lombardia normal kat planı (ofis katı) (Pcf-p, 2018)



Şekil 3.31 Palazzo Lombardia kule planı (Pcf-p, 2018)



Şekil 3.32 Palazzo Lombardia kesit (Ordinearchitetti, 2018c)

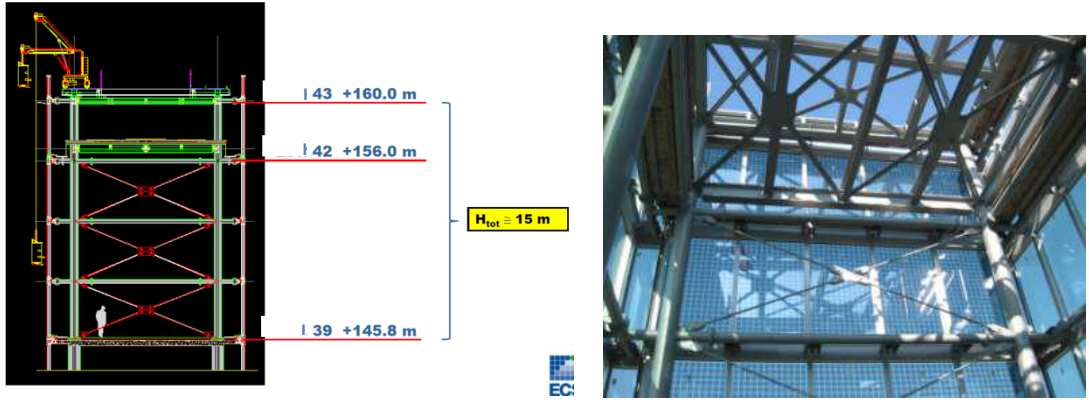
Kule yapısı “Çekirdek 1” ile ilgili olarak;

161,3 m yüksekliğindeki kule 39 normal kat, 3 bodrum kat ve velarium (39. - 43. katlar arasındaki) kısmından oluşmaktadır. Kat yüksekliği 3,6 m ile 7,2 m arasında değişmektedir (High, 2010). Yapının zemin katında ticari alanlar, restoranlar, barlar, dükkanlar, anaokulu, oditoryum, spor salonu, sergi alanları, üst kısımlarında meclis odaları, basın odası, başkana ait mekanlar, konferans merkezi ve toplantı odalarını barındırır. Yapının bulunduğu konum kullanım açısından zaman tasarrufu ve lojistik optimizasyon sağlamıştır.

Kulenin taşıyıcı elemanları betonarmedir (Mola ve diğer., 2014). Dairesel kolon kesitleri alt katlardan üst katlara doğru küçülmekte, alt katlardaki en büyük kolon çapı 120 cm, üst katlardaki en küçük kolon çapı 65 cm olmaktadır (Negri, 2010). İnşaatta karma yapım sistemi kullanılmıştır. Yerden 12 m yüksekliğe kadar geleneksel yapım yöntemleri kullanılarak betonarme kolon yapılmış, 12 m yükseklikten sonra PCM kolonları kullanılmıştır. 6,25 m x 6,00 m aralıklarla oluşturulmuş yapısal ağ mevcuttur (Brasca, 2010). 15,5 m x 16,3 m boyutlarındaki çekirdeğin en büyük perde duvar kalınlığı 45 cm olup, çekirdek içine merdiven ve asansörler konumlandırılmıştır.

35 cm kalınlığındaki betonarme döşeme iki doğrultuda çalışır. Döşemede 10 mm, 12 mm, 14 mm ve 16 mm çapında demir donatı ve C40/50 basınç dayanım sınıfında beton kullanılmıştır. Döşeme ağırlığının azaltılması için 270 mm çapındaki Cobiax marka yüksek yoğunluklu polietilen (PEHD) küreler kullanılmıştır (13,60 m x 2,50 m ölçülerindeki Cobiax CBLM-L modülleri). Geçilen maksimum açıklık 10 m'dir (Infobuild, 2009; Mola ve diğer., 2014). Döşemede kullanılan sistem sayesinde 2900 m³beton hacminde, 7200 t yükte, 600 t emisyonunda azalma sağlanmıştır. Oransal olarak beton kullanımında %30, çelikte kullanımında %10, döşeme ağırlığında %20 azalma sağlanmıştır (Shalmani, 2013).

VELARIO: Çelik konstrüksiyondur. 15 m yüksekliğindedir. Kolonlar arasına çapraz gergi elemanları yerleştirilmiştir. Kolonlarda S355J2 çeliği, diğer kısımlarda ise S355J0 kullanılmıştır (Mola ve diğer., 2014).



Şekil 3.33 Velario / Velerium kesiti ve Velerium içinden çekilmiş fotoğraf (Mola ve diğer., 2014)

3.3 Citylife, Milano, Lombardia, İtalya



Şekil 3.34 Citylife genel görünüm (yapılması planlanan durumunu gösterir) (Zaha-Hadid, 2019)

Tablo 3.3 Citylife kompleksine ait genel bilgiler

Yapı adı	Citylife
Yapıya verilen diğer isimler	Le Tre Torri
Kompleks ismi	Citylife (Piazza Tre Torri + Il Dritto (Düz Bir), Lo Storto (Bükülmüş Bir) + Il Curvo (Kıvrımlı Bir) + Rezidanslar + Alışveriş Alanları + Yeşil Alanlar + Kamusal Alanlar)
Yer	Milano , Lombardiya , İtalya
Tarih	2004 -
Mimar	Studio Libeskind, Zaha Hadid Architects ve Arata Isozaki & Associates
Peyzaj Mimarı	Gustafson Porter, Melk (New York), One Works (Milano), Arup Italia (Milano), Ove Arup (Londra)
Müşteri	Citylife SpA
Fonksiyon	Konut + Ofis + Ticaret

2004 yılında, eski fuar alanlarının yeniden geliştirilmesi için uluslararası yarışma düzenlenmiş ve bu yarışmayı Citylife projesi kazanmıştır. Şehrin metro sisteminin 5. hattında yer alan Tre Torri İstasyonu'nun yukarısında bulunan CityLife, Milano'nun batısında, Duomo'ya yaklaşık 2,5 km uzaklıkta yer almaktadır, 366000 m² arazi üzerine kuruludur. Toplu taşıma araçları ile iyi hizmet veren ve otoyol ağına kolay erişime sahip tarihi ve prestijli bir alandır. Dönüşüm planı; konutlar, ofisler, alışveriş, yeşil alanlar, kamusal alanlar olmak üzere kamu ve özel fonksiyonların dengeli karışımından oluşmaktadır. Citylife'da 1000 konut, 11000'den fazla personel için ofis, 42 dönümlük kamu parkı, meydanlar ve anaokulu yer alır (City-life, 2019; Zaha-Hadid., 2019).

Şehrin üç aksının kesişiminde bulunan Le Tre Torri yeni bir merkez niteliğinde olup, üç yüksek yapıya ev sahipliği yapar. Bu üç yüksek yapı düz, kıvrımlı ve bükülmüş forma sahiptir ve bir meydanın etrafında yer alır. Düz yapı Allianz Tower (Torre Isozaki, Il Dritto – Isozaki Tower), kıvrımlı yapı Generali Tower (Lo Storto - Hadid Tower, Torre Hadid, Twisted One), bükülmüş yapı ise PwC Tower (Il Curvo, Torre Libeskind, Libeskind Tower)'dır.

Citylife’da bulunan konutlar Citylife Residence ya da tasarımı yapan mimarların adlarıyla (Libeskind Residence, Hadid Residence) anılırlar. Hadid Residence lineer 7 bloktan, Libeskind Residence 5 bloktan oluşur (Libeskind, 2019).



Şekil 3.35 Komplekse ait vaziyet planı (yapılması planlanan durumu gösterir) (City-life,2019)

3.3.1 Citylife Milano Residential Complex, Milano, İtalya



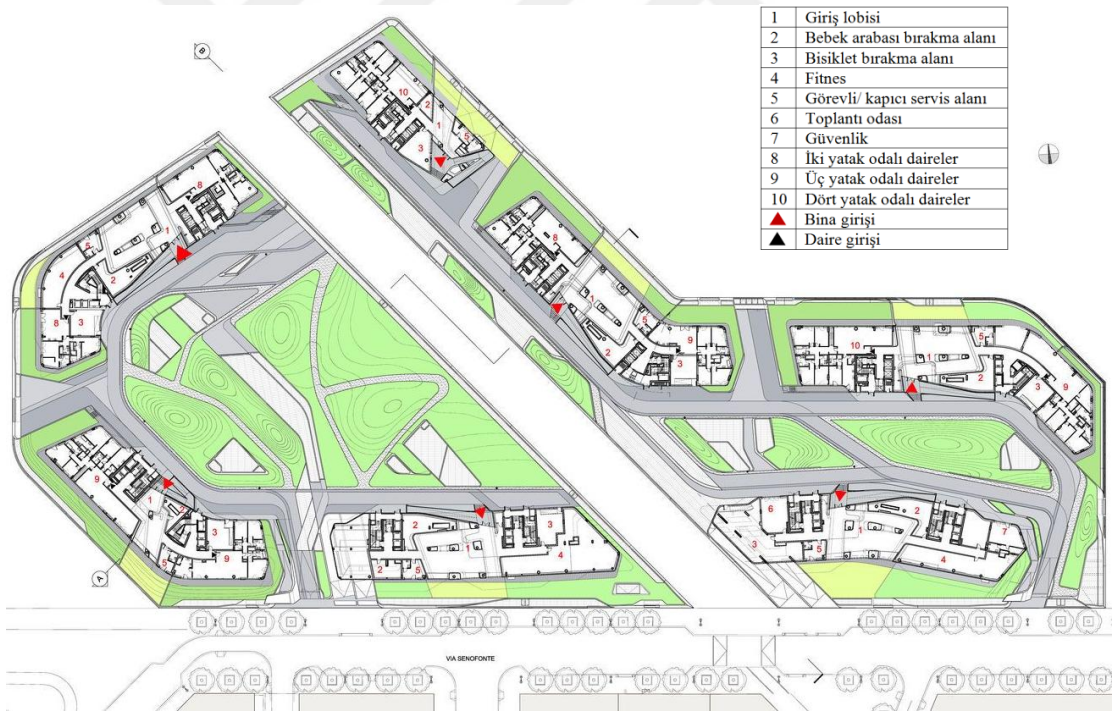
Şekil 3.36 Hadid Residence (Arch2o, 2019)

Tablo 3.4 Citylife Milano Residential Complex yapısına ait genel bilgiler

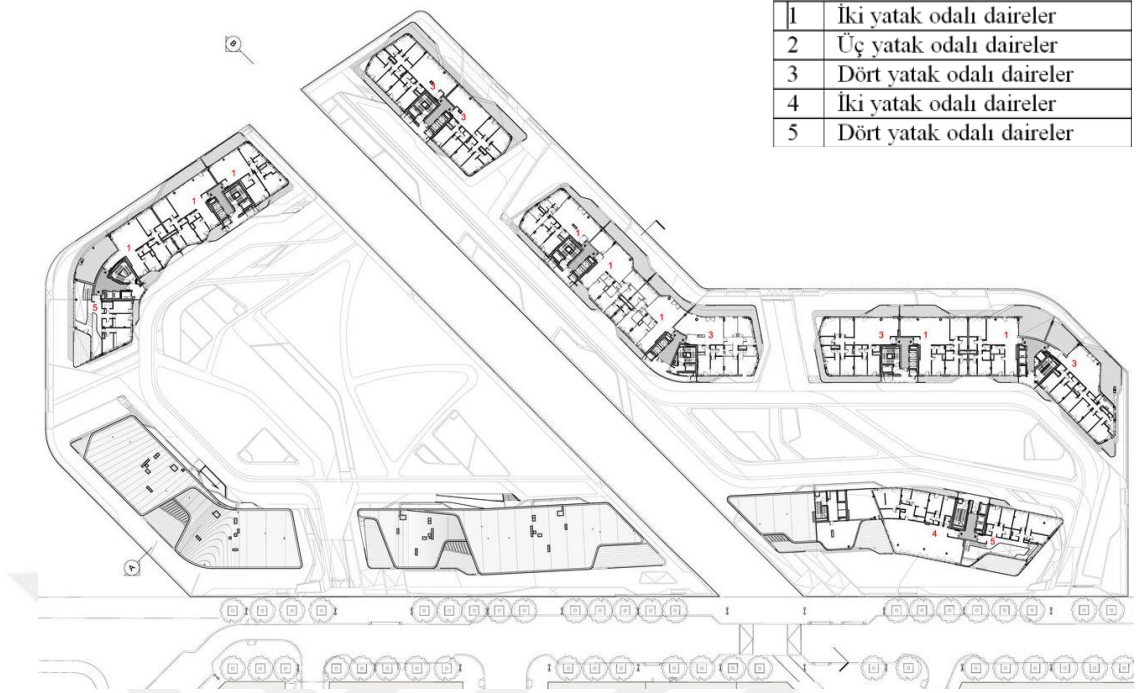
Yapı adı	Citylife Milano Residential Complex
Yapıya verilen diğer isimler	Hadid Residence, The Citylife Residences
Yapının yer aldığı kompleks ismi	Citylife
Yer	Lombardiya, Milano, İtalya
Tarih	2009 - 2013
Mimar	Zaha Hadid Architects
Statik	Msc Associati, Milan (Danilo Campagna)
Müşteri	Citylife SpA
Taşıyıcı sistem bilgisi	Perde Duvarlı - Çerçeve Sistemler
Fonksiyon	Konut
Kat sayısı	5 - 13 normal kat + 2 bodrum kat

Citylife kompleksinin bir parçası olan konut grubu Zaha Hadid tarafından tasarlanmıştır. Kompleksin ana akslarından birisi konut grubunun yapıldığı arsayı ikiye böler, bu arsalar Rc1 ve Rc2 olarak isimlendirilir (Şekil 3.37). Rc1 isimli alanda C1 - C2 - C3 bloklar, Rc2 isimli alanda C4 - C5 - C6 - C7 bloklar yer alır. Bloklar etraflarında düzenlenen yol ile birbirine bağlanır. Toplamda 7 bina, 230 konut, 38000 m² yeşil alan ve bodrumda düzenlenmiş 2 katlı 5000 m² büyüklüğünde araç parkı vardır. Çatı hattı C2 blokta 5. kattan başlar C6 blokta 13. kata ulaşana dek yükselir. Yapı betonarmedir.

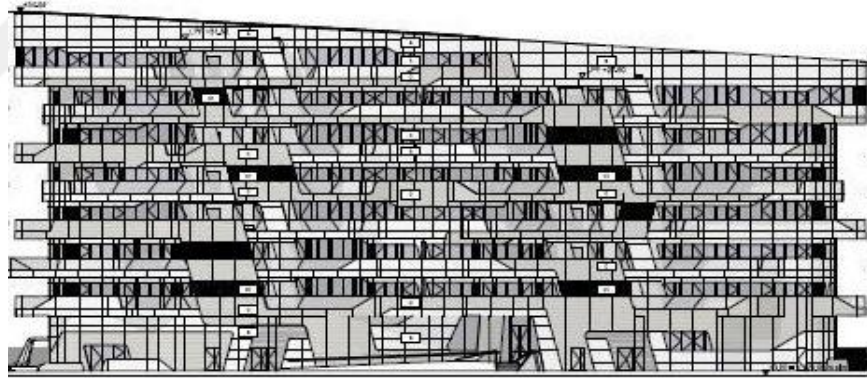
Cephe tasarımı süreklilik ve akışkanlık içerir, cephe eğrisel hareketlere sahiptir. Kırımlı bina hatları balkonlarda ve teraslarda tekrarlanmaktadır. Cephede kullanılan fiber beton ve doğal ahşap paneller kompleksin hareketini vurgular. Giriş katında çift katlı lobiler, servis çekirdekleri, bodrum katında otopark çözümlenmiştir.



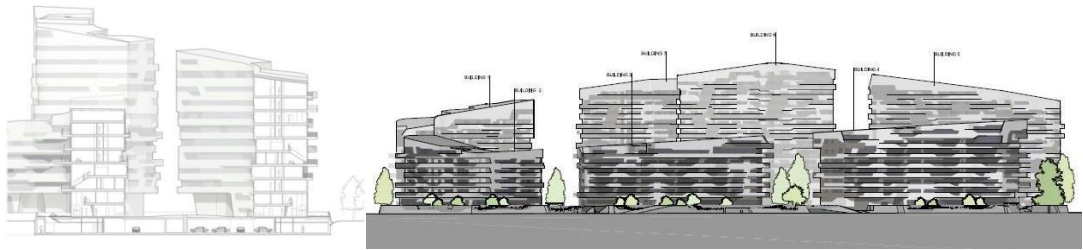
Şekil 3.37 Citylife Residences zemin kat planı (Archdaily, 2016)



Şekil 3.38 Citylife Residences kat planı (Archdaily, 2016)



Şekil 3.39 Citylife Residences görünüş (Aeccafe, 2017)



a) Citylife Residences kesit

b) Citylife Residences silüet

Şekil 3.40 Citylife Residences (Archdaily, 2016; Aeccafe, 2017)

3.3.2 Generali Tower, Milano, İtalya



Şekil 3.41 Yapının genel görünümü (Archdaily, 2019a)

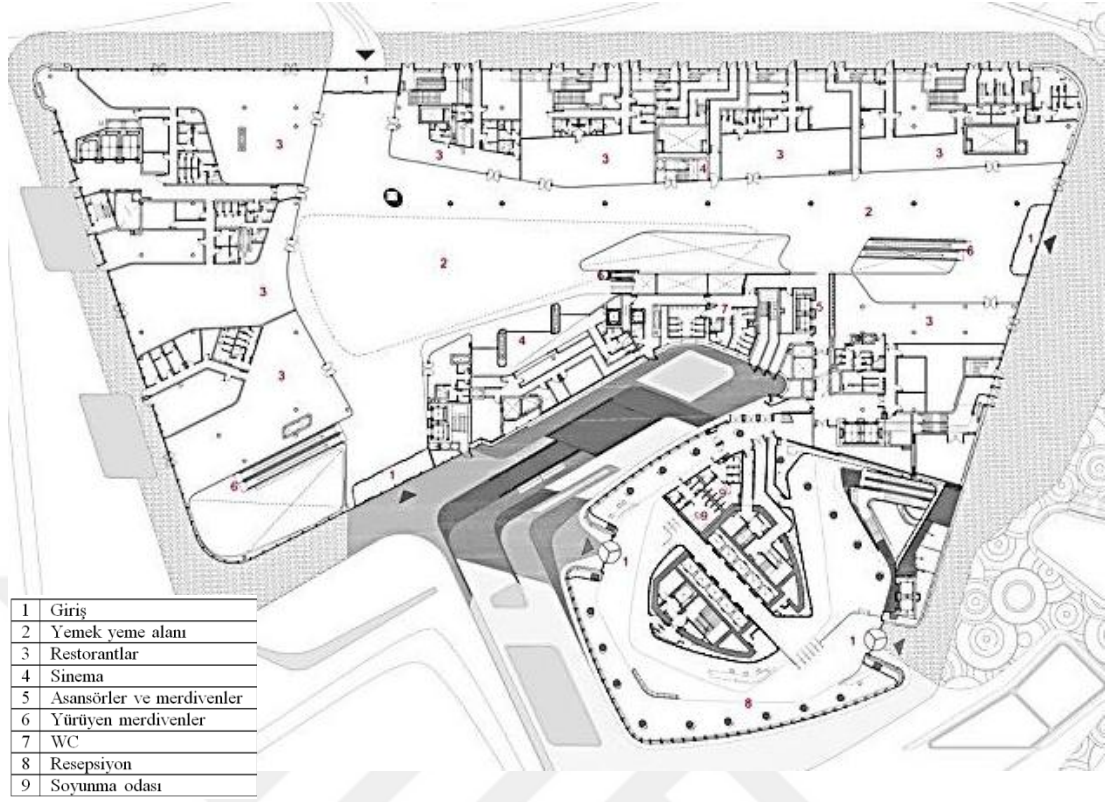
Tablo 3.5 Generali Tower yapısına ait genel bilgiler

Yapı adı	Generali Tower
Yapıya verilen diğer isimler	Lo Storto, Hadid Tower, Torre Hadid, Twisted One
Yer	Milano, Lombardiya , İtalya
Tarih	2014 - 2017
Mimar	Zaha Hadid Architects
Statik	Redesco Progetti Srl.
Müşteri	SPK S.c.a.r.l. - Carpi - İtalya
Müteahhit	CMB S.c.a.r.l.
Taşıyıcı sistem bilgisi	Perde Duvarlı Sistemler + Boşluklu Perde Duvarlı Sistemler
Ana Fonksiyon	Ofis Binası (Structurae.net, 2019)
Bina Yüksekliği	170,36 m
Kat sayısı	44 normal kat +3 bodrum kat

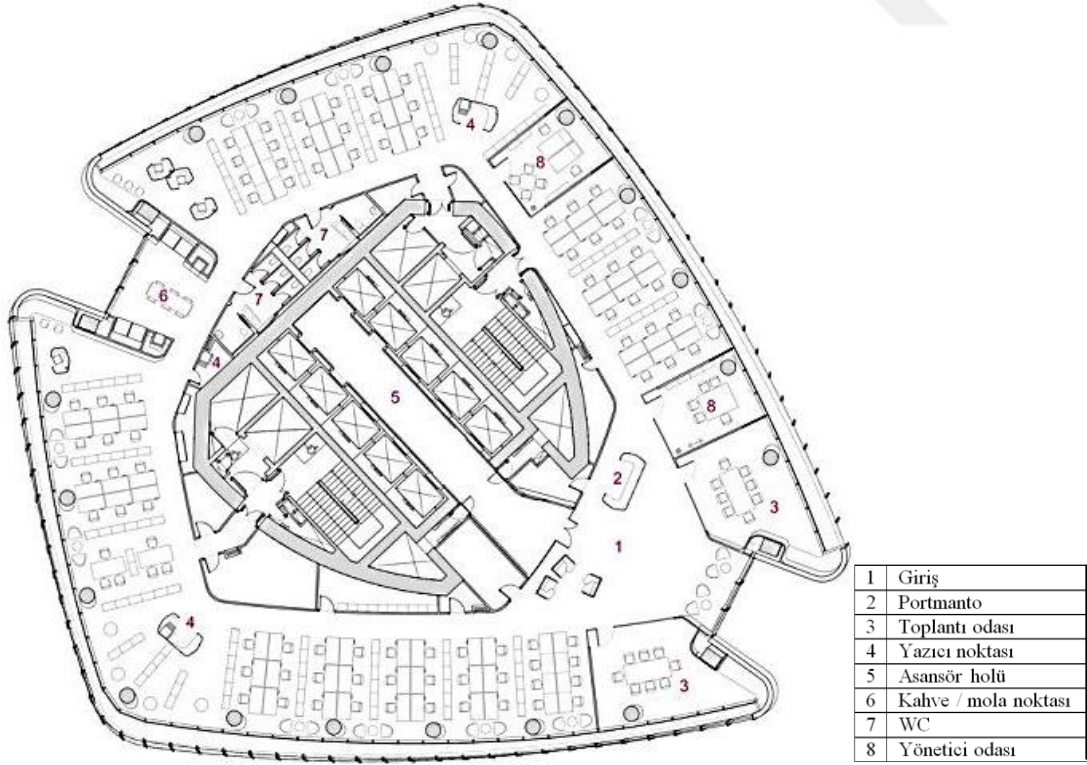
Şehrin üç aksının kesişiminde bulunan Le Tre Torri yeni bir merkez niteliğinde olup, üç yüksek yapıya ev sahipliği yapar. Tasarımı Zaha Hadid tarafından yapılmış olan Hadid Tower dönel (bina geometrisi dikey eksen boyunca saat yönünün tersi yönünde dönme hareketi yapmaktadır) bir forma sahiptir, her katın yönü kule eksenini boyunca değişir ve üst katlar Milano'nun tarihi şehir merkezinde bulunan Duomo Katedrali'ne yönlendirilmiştir. Zemin üstü yüksekliği 170,36 m, temel üstü yapı yüksekliği 185,96 m (44 normal + 3 bodrum kat)'dır. Ofis kulesi için 66785 m², dükkanlar ve sinema vb. için 39760 m² (5 kat yüksekliğe sahip az katlı kitle, ana kütlein etrafında eklentiler yapılarak fonksiyon çözümleri sağlanmıştır), otopark, depolama ve mekanik tesis (bodrum kat) için 40884 m² olmak üzere toplamda 147429 m² alan inşa edilmiştir. Yapı Assicurazioni Generali'nin Milano Ofisi olarak kullanılmaktadır (City-life, 2019; Skyscrapercenter, 2019; Redesco, 2019; Zaha-Hadid, 2019).



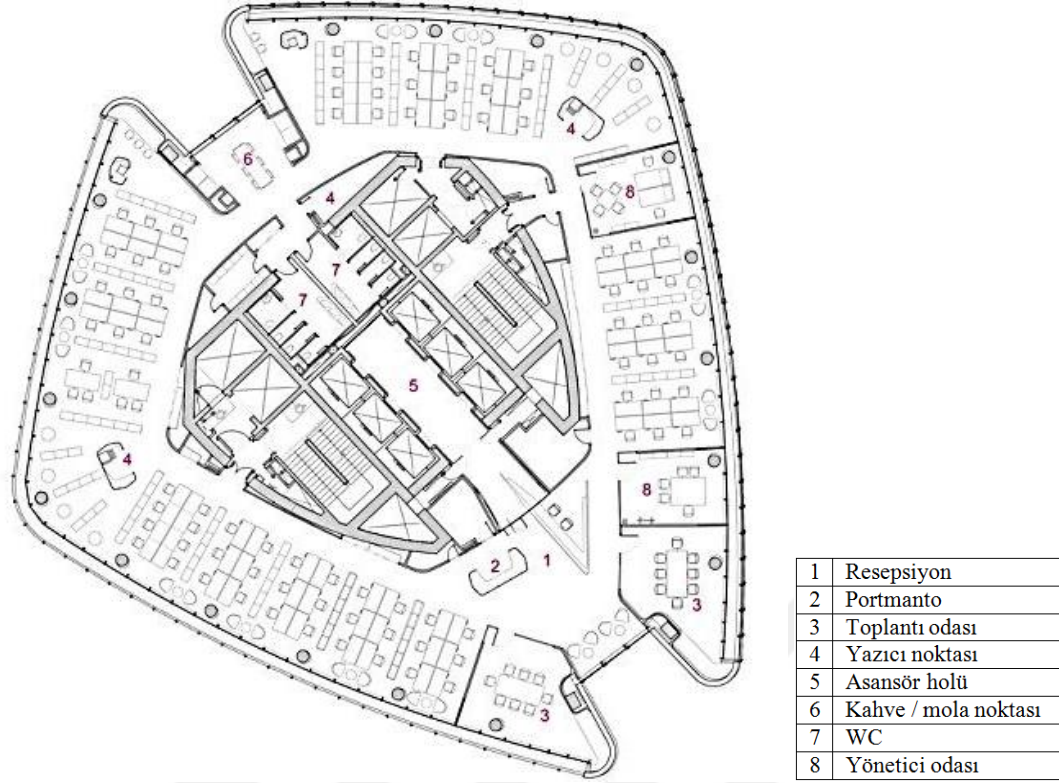
Şekil 3.42 Generali Tower alt zemin kat planı (Archdaily, 2019a)



Şekil 3.43 Generali Tower zemin kat planı (Archdaily, 2019a)



Şekil 3.44 Generali Tower 5. kat planı (Archdaily, 2019a)



Şekil 3.45 Generali Tower 22. kat planı (Archdaily, 2019a)

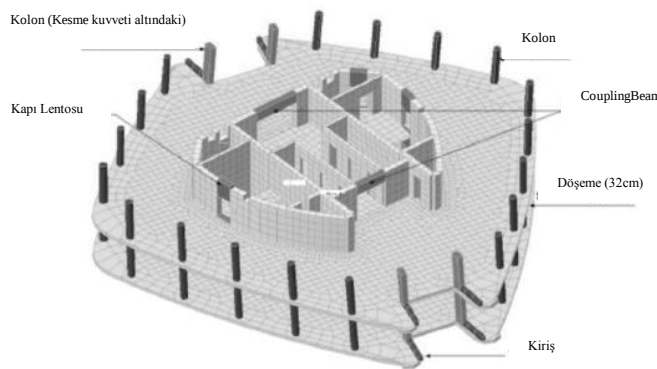
Generali Tower merkezde çekirdeği bulunan ve yapının dönel formunu oluşturmak için bulunduğu kata ve yerine bağlı olarak her biri farklı bir eğim açısına sahip olan bir dizi çevre kolonu içeren betonarme bir yapıdır (Skyscrapercenter, 2019). Ticari alanların bulunduğu serbest biçimli alan için çelik kullanılmıştır (Allplan, 2019). Katlardaki farklı düzenlemeler sebebi ile planda kaymalar olsa da; plan düzleminde çekirdek koridorunun hizasında ve iki ucunda içe doğru girinti söz konusudur. Bu girintiler cephede binayı iki parçaya bölen bir düzenleme olarak algılanır. Zemin katta bu derin oyuntu girişi tanımlar (Finzi ve Rossini, 2017).

Kulenin değişken eşkenar dörtgen şeklinin maksimum uzunluğu yaklaşık 50 m'dir (Cmbcarpi, 2019). Yapının merkezi 2 farklı çaptaki dairenin ve ana aksın kesişimindedir. Ana aksın uzunluğu (cephede binayı ikiye bölen oyuntuların arasında kalan uzunluk) zemin katta 37,86 m (18,93 m + 18,93 m), 13. katta 34,3 m (17,15 m + 17,15 m), son katta 37,78 m (18,89 m + 18,89 m)'dir. Cephede binayı ikiye bölen oyuntuların uzunluğu zeminde 5 m, 13. katta 4,53 m, son katta 4,99 m'dir. Binadan geçen daireleri a ve b daireleri olarak isimlendirdiğimizde "a" dairesinin yarıçapı 135

m, “b” dairesinin yarıçapı 135 m’dir. “a” dairesinin merkezle olan mesafesi 18,20 m, “b” dairesinin merkezle olan mesafesi 22,60 m’dir. Bina köşeleri 6 kıvrıma sahiptir. Oyuntunun bulunduğu kısımlardaki kıvrımlar 1,5 m yarıçaplı, köşelerdeki kıvrımlar ise 4,5 m yarıçaplıdır. Çekirdek ile bina çeperi arasındaki mesafe 4 m ile 9,45 m arasında değişmektedir (Archdaily, 2019a).

Döşeme şekli bir dizi matematiksel hesaplamalara dayandırılmıştır. Döşemeler ve kolonlar yerinde dökümdür ve güçlü kesitlere sahiptir. Kirişsiz döşemenin kalınlığı 32cm olup, döşeme geometrisi katlarda farklılık gösterir. Bazı hassas katlarda deformasyonu azaltmak için kablolar kullanılmıştır. Zemin kattaki döşeme 50 cm kalınlığındadır (Peri, 2019; Ingegneri, 2019).

Ekonomiklik, mimari form adaptasyonu ve esneklik taşıyıcı sistem malzemesinin betonarme olmasına etken olmuştur. Ancak yapıda kompozit ve çelik yapı elemanları da kullanılmıştır. Yapıda kolonların bükülmesinin neden olduğu burulma kuvvetini engellemek en önemli sorundur (Architonic, 2019). Kule, merkezi dikey çekirdeğe (merdivenler, asansörler ve teknik odalar) sahiptir (Allplan, 2019). Merkezi çekirdek, yatay etkilere karşı binaya direnç sağlar. Kolonların eğimi burulmaya neden olur, bu durumun sonucu olarak çekirdek perde duvarlarında gerilmeler oluşur (Allplan, 2019).



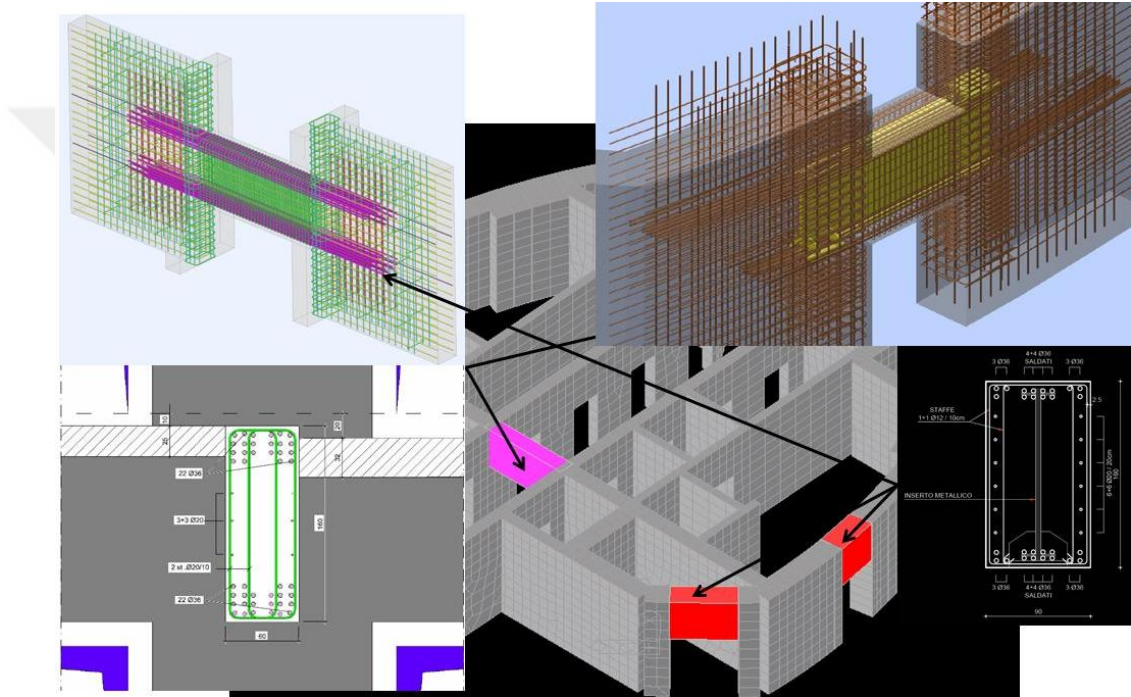
a) Yapısal elemanlarının gösterimi



b) Coupling- Beam

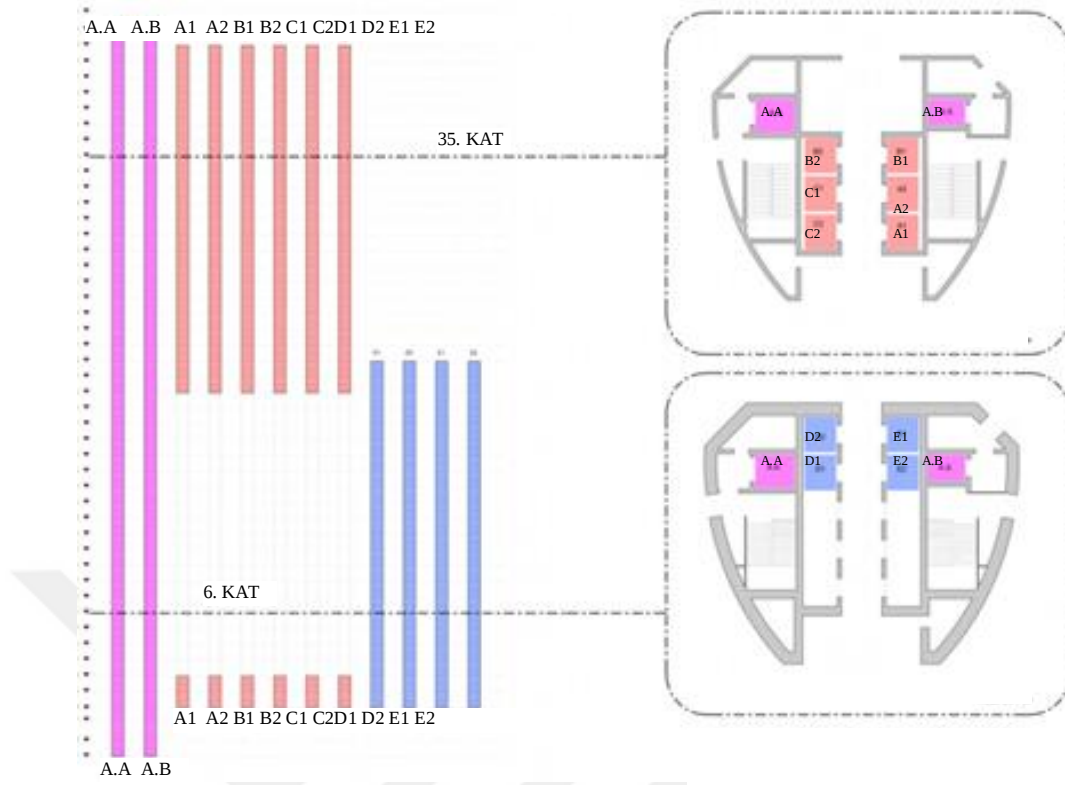
Şekil 3.46 Generali Tower yapı elemanları (Finzi ve Rossini, 2017)

Çekirdeğin ana açıklıklarının üstünde S355 çelikten yapılmış ve dywidag çubuklarla gerilmiş, iki yarı çekirdeğin eşleşmiş bir davranış sergilemesinde temel rol oynayan “coupling - beam” bulunur (Şekil 3.46, Şekil 3.47) (Cmbcarpi, 2019). Çekirdek yatay kuvvetlere karşı kolonlarında desteği ile çift yönlü çalışır. Çekirdeğin perde kalınlıkları ve kolonların çapları bir şemaya göre azalır. Kule çekirdeği yaklaşık 23 m x19 m boyutlarında olup, perde kalınlıkları 30 cm ile 90 cm arasındadır (+113,10 ile +298,85 m arasında) (zeminde 90 cm iken üst katlara doğru 15’er cm azalır ve 30 cm kadar düşer).



Şekil 3.47 Lento ve Coupling - Beam (Redesco, 2019a)

Çekirdeklerdeki karşılıklı asansörler arası mesafe 4,5 m’dir. Üst katlarda bazı asansör boşlukları kademeli olarak kaldırılır ve çekirdek kesitte küçülmeye maruz kalır (Şekil 3.48). Kule kısmında zemin katta karşılıklı 5’er asansör var iken 22. katta bu sayı karşılıklı 3’er asansöre düşmüş olup, bu alanlarda ıslak hacim çözülmüştür (toplamda 12 adet asansörü vardır) (Skyscrapercenter, 2019).



Şekil 3.48 Generali Tower'da yer alan asansörlerin hangi katlara hizmet ettiklerini gösterir şema (Tvarchitect, 2018)

Kulenin zemin katı +129,00 kotundadır. Bodrum katlar yaklaşık 50 m x 52 m boyutlarındadır. +113,10 döşeme kotundan (temel kotu) +128,50 döşeme kotuna katlarda; en büyük 150 cm x 100 cm en küçük 50 cm x 70 cm kesitlerinde 24 kolon (dörtgen), en küçük 50 cm en büyük 110 cm çapında 18 kolon (dairesel) vardır ve 4 (girinti yanlarında konumlanan) adet en büyük 120 cm x 80 cm dikdörtgen kesitli - en küçük 75 cm x 50 cm ölçülerinde kolon bulunur. +128,50 kotundan sonra binadaki oyuntuların/girintilerin iki yanına yerleştirilmiş 4 kolona zımbalamanın önlenmesi için 18 cm tabla yapılarak oturma alanı genişletilmiştir. Binadaki dairesel kolonlarının çap ölçüleri; bodrum katlar ve zemin katta 110 cm, 2. ve 4. katlar arası 100 cm, 5. ve 10. katlar arası 90 cm, 11. ve 17. katlar arası 80 cm, 18. ve 26. katlar arası 70 cm, 27. ve 35. katlar arası 60 cm, 36. ve 41. katlar arası 50 cm'dir. 42. ve 43. katlarda çelik kullanılmıştır. +286,35 m - +298,42 m (42. - 43. katlar) kotları arasındaki 26 adet çelik kolon 406 mm çapındadır. Zemindeki ve bodrum katlardaki kolonlar dik açılı iken, üst katlardaki kolonlar eğimlidir. Kolonlarda; temelden 21. kata kadar C60/75, 22. ve 30. katlar arasında C50/60, 31. ve 41. katlar arasında

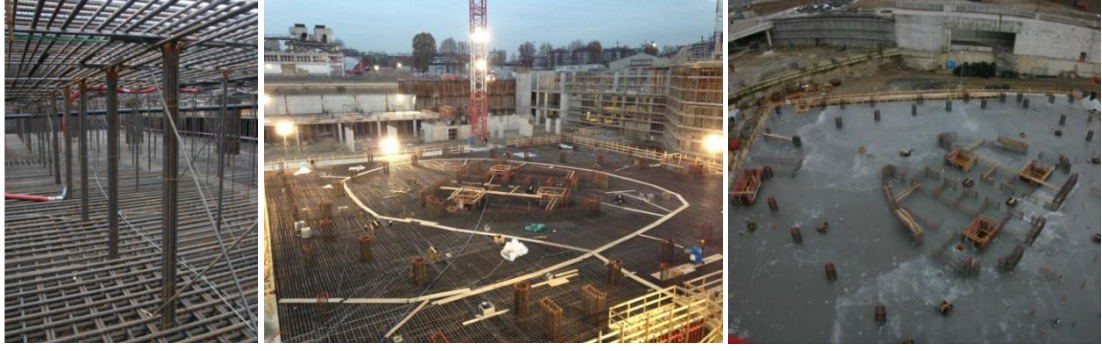
C45/55 beton sınıfı kullanılmıştır. Kolonlarda kendiliğinden yerleşen beton (SCC - self compacting concrete) kullanılmıştır. Temel için kullanılan beton sınıfı C32/40'dır (Redesco, 2019a). 340 kg/m^3 IV/A 32.5R puzolanik çimentoya katkı maddesi katılarak çatlamlar engellenmeye çalışılmıştır (Impresedilnews, 2019).



Şekil 3.49 Kolon imalatları (Skyscrapercenter, 2019)



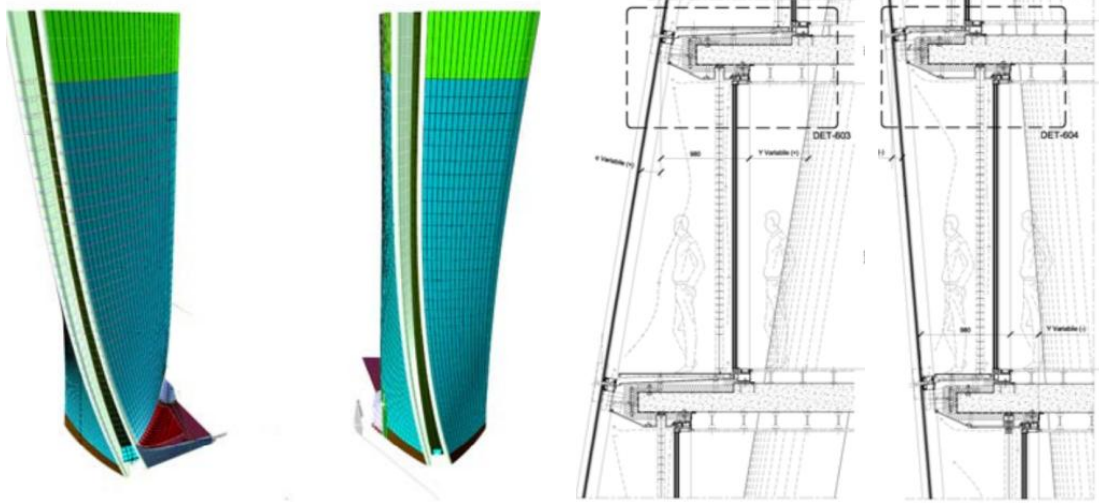
Şekil 3.50 Generali Tower inşaat safhası (Ingegneri, 2015)



Şekil 3.51 Generali Tower temel yapım aşamaları (Redesco, 2019a)

56,6 m x 54,1 m x 2,5 m ebatlarındaki kule temeli için C32/40 beton ve pasif bir temel sistemi olan (genellikle gerilmezler) Dywidag - Systems International ürünü GEWİ® kazıkları kullanılmıştır (Impresedilnews, 2019). 2,5 m kalınlığındaki radye ve her biri 36 m derinliğinde ve 1,5 m çapında 64 kazık temel sistemini oluşturmaktadır (Redesco, 2019; Allplan, 2019).

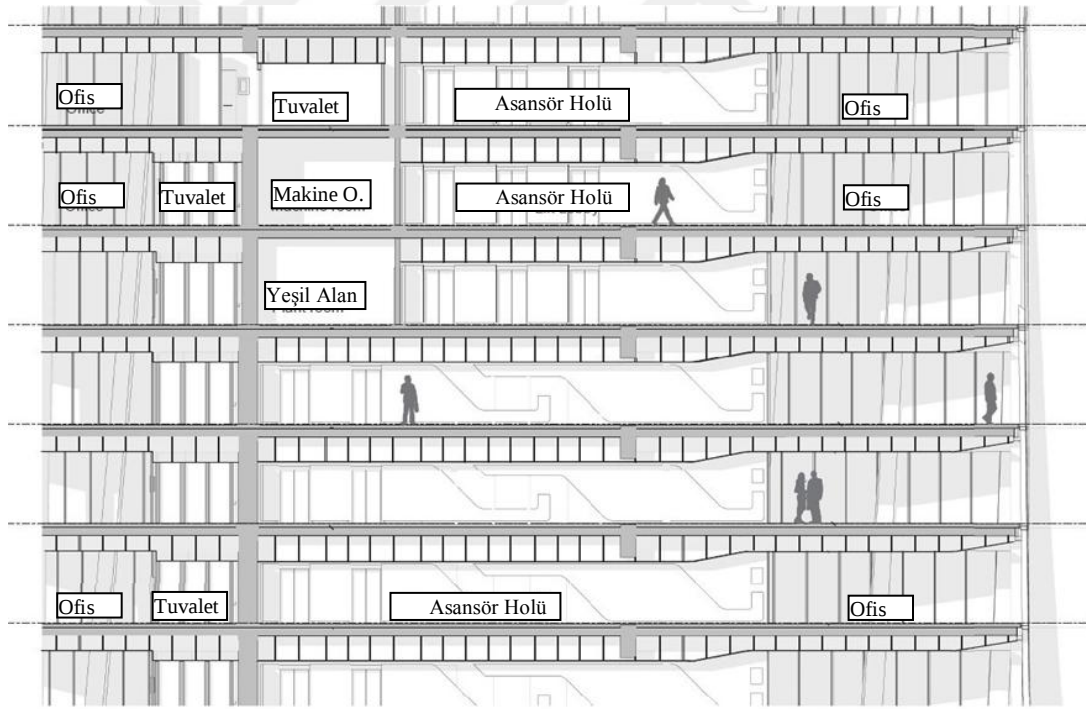
İşin genel yüklenicisi CMB'dir. Betonarme imalatlar için Peri kalıp kullanılmıştır. PERI proje çözümü özellikle RCS Raylı Tırmanma Sistemine dayanmaktadır. Kulenin cepheleri Shenyang Yuanda Aluminium Industry Engineering Co. Ltd. tarafından yapılmıştır (Finzi ve Rossini, 2017; Structurae.net, 2019a). Kolonlar döşemenin çevresine yerleştirilmiş olup kulenin şeklini takip eder. Cephenin, katlar boyunca dönen ve büyüklüğü değişen döşeme ile olan ilişkisi matematiksel fonksiyonlarla tanımlanabilmektedir. Ölçme ve döndürme fonksiyonları 40. kattan sonra düşey asimptota sahiptir. Cephenin dış cam yüzeyi binanın şeklini tanımlar, iç cam yüzey ise basamak şeklinde yükselir/alçalır. Yaklaşık 170 m yüksekliğindeki 40500 m² yüzey alanlı kule cephesinde 6 farklı kaplama malzemesi kullanılmıştır. Dış cidar binanın bükülmüş şeklini takip eder ve soğuk bükme tekniği ile elde edilmiş cam kullanılmıştır (sıcak veya ılık bükülmüş cam çok eğri yüzeyler için kullanılmıştır, kavisli camlar soğuk bükme tekniği ile elde edilmiştir. Ölçülü eğimli paneller hücreler şeklinde kısım kısım tasarlanmıştır. Cephe hücreleri düzlem üretilir ve inşaat alanında çerçeveleri ile doğrudan bükülürler). Binanın cephesini oluşturan sistem doğal olarak havalandırılan çift cidarlı bir cephedir. Orta kısımdaki dış cephe panelleri (binayı iki parçaya bölen düzenlemenin iç yan cepheleri) dörtgen paneller kullanılarak tasarlanmıştır (Mazzucchelli, Ancillotti ve Lucchini, 2016).



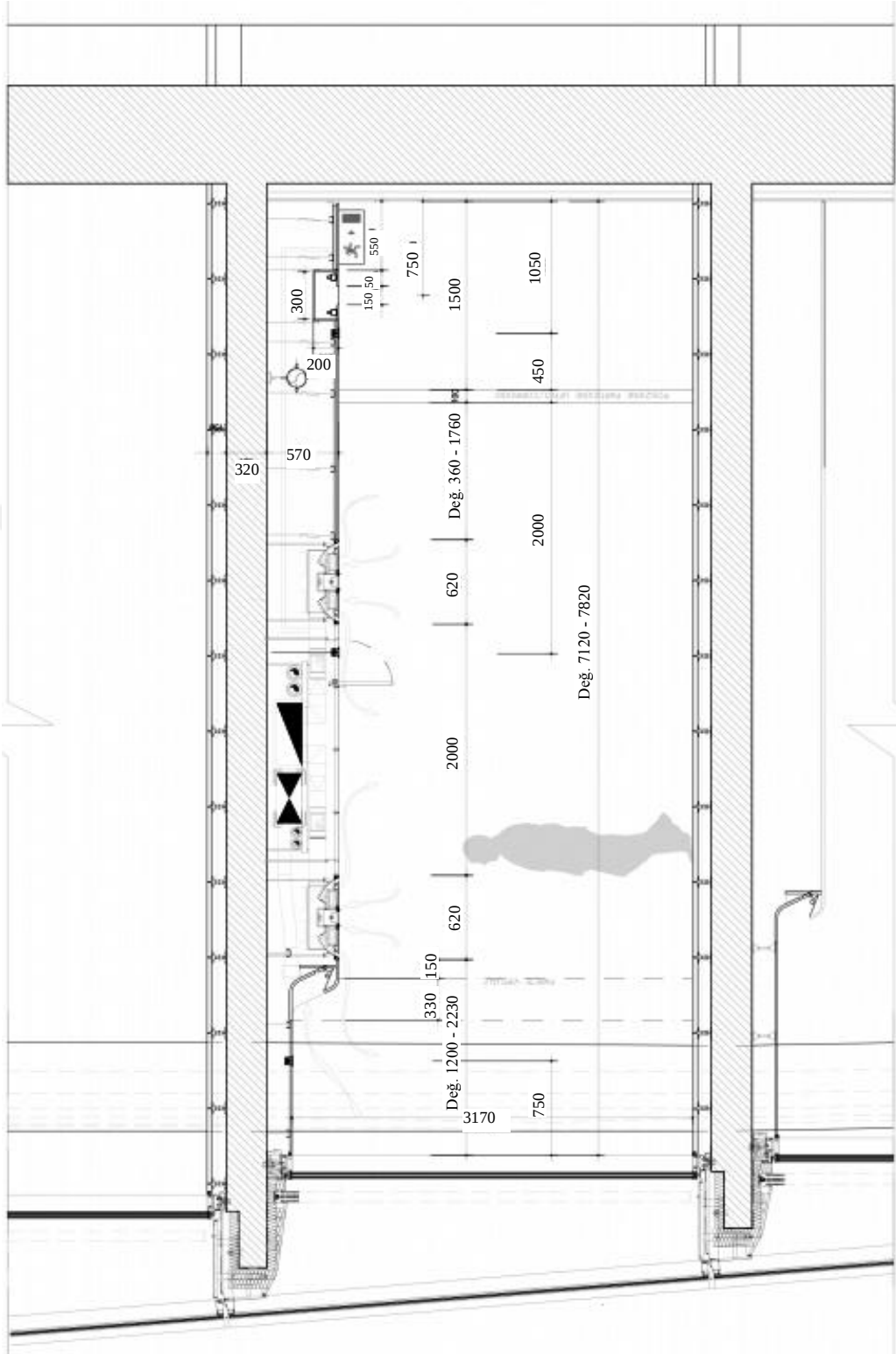
a) Cephede kullanılan malzemelerin renklerle ifadesi

b) Tipik cephe kesiti

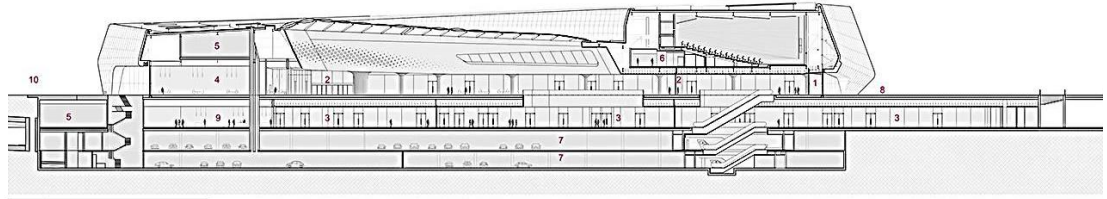
Şekil 3.52 Generali Tower cephe detayları (Mazzucchelli, Ancillotti ve Lucchini, 2016)



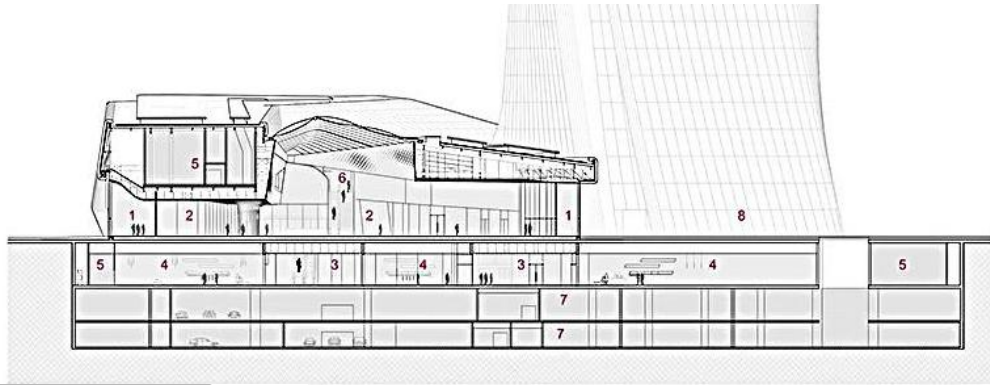
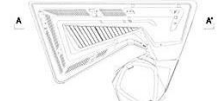
Şekil 3.53 Yapının servis koridorundan geçen kısmi kesit (Architectsjournal, 2016)



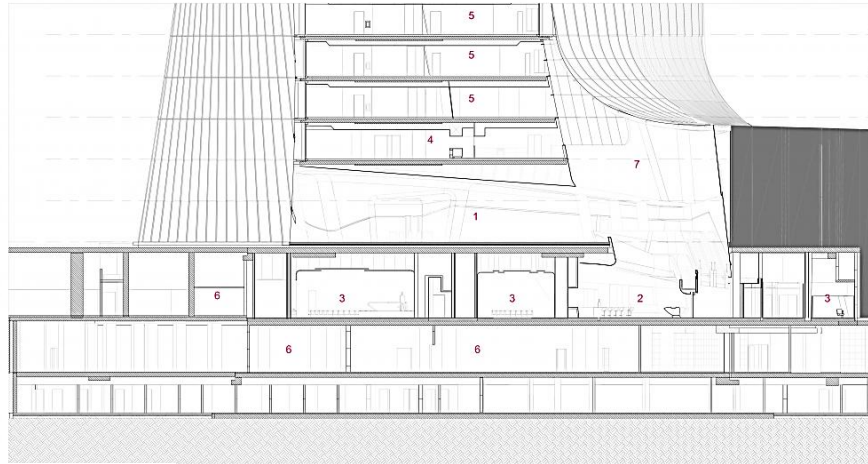
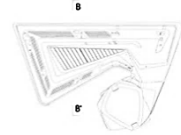
Şekil 3.54 Hadid Tower detay (Tvarchitect, 2018)



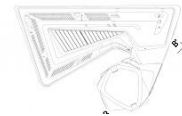
1	Giriş
2	Yemek yeme alanı
3	Alışveriş merkezi
4	Restoran
5	Yeşil alan
6	Sinema
7	Otopark
8	Meydan
9	Dükkanlar
10	Park



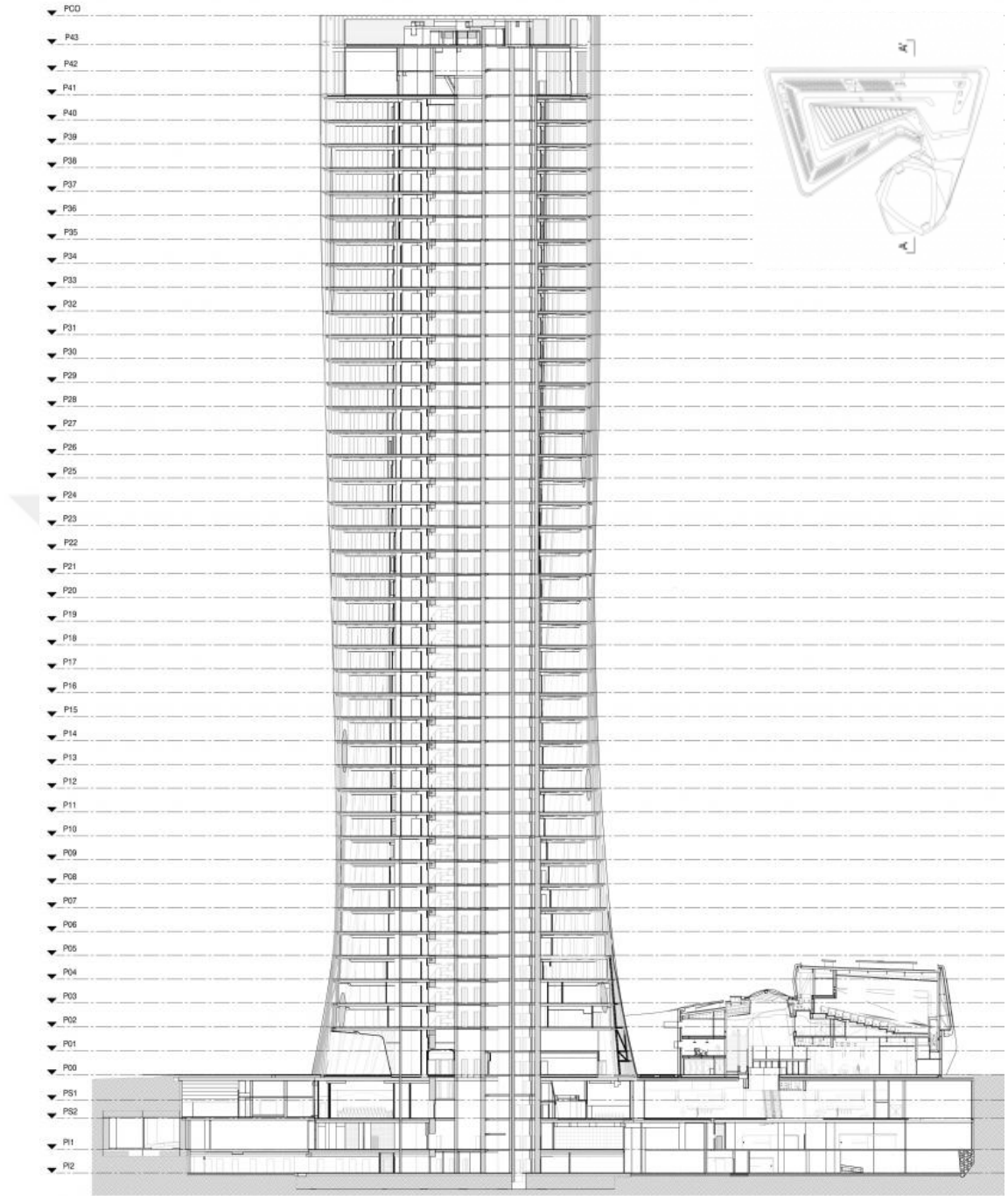
1	Giriş
2	Yemek yeme alanı
3	Alışveriş merkezi
4	Restoran
5	Yeşil alan
6	Sinema
7	Otopark
8	Park



1	Loby
2	Bar
3	Konferans salonu
4	Restoran
5	Ofis
6	Yeşil alan
7	Atriyum



Şekil 3.55 Hadid Tower az katlı yapı kesitleri (Designboom, 2017; TvarchitECT, 2018)



Şekil 3.56 Hadid Tower A - A kesiti (Tvarchitect, 2018)

3.3.3 Allianz Tower, Milano, İtalya



Şekil 3.57 Allianz Tower, Milano, İtalya (Bianchini,2018)

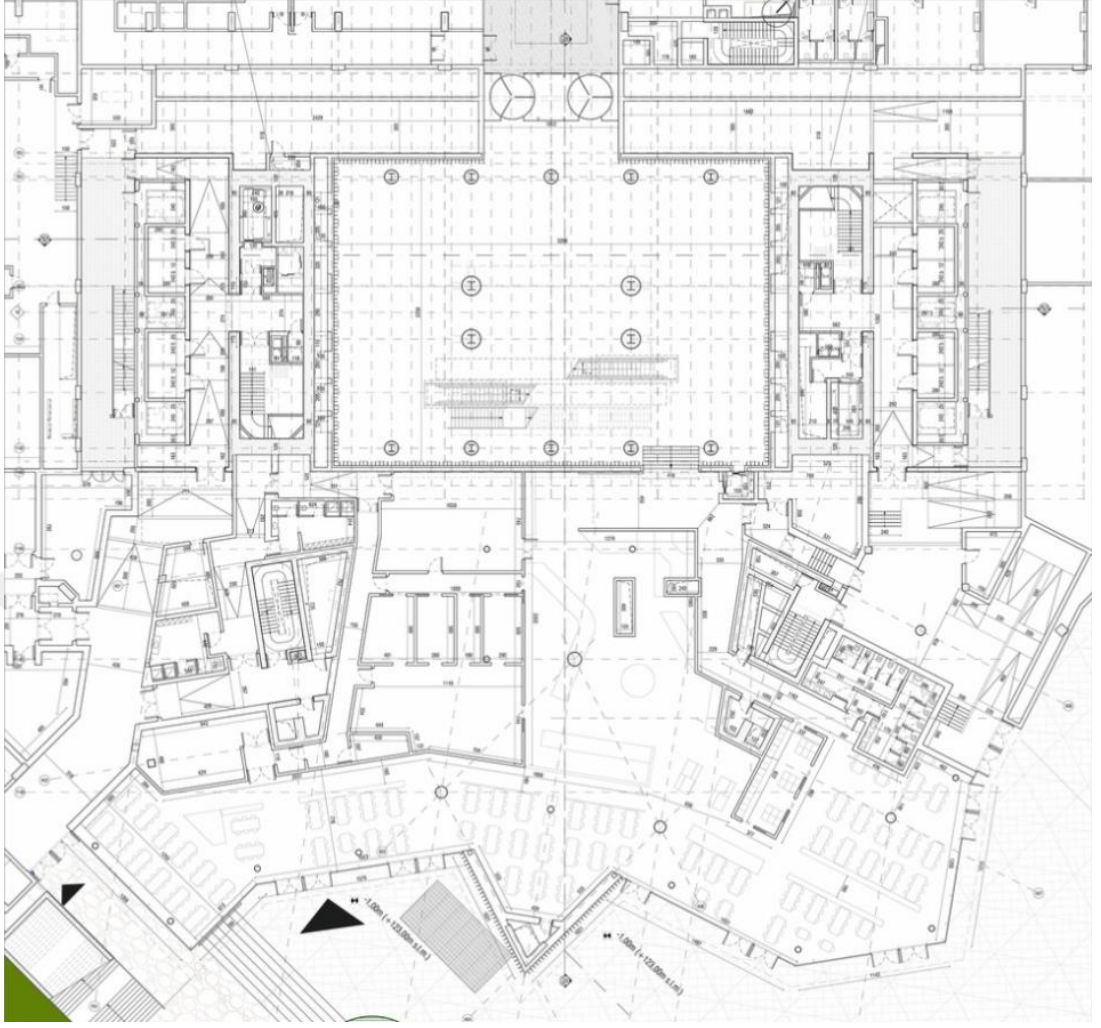
Tablo 3.6 Allianz Tower yapısına ait genel bilgiler

Yapı adı	Allianz Tower
Yapıya verilen diğer isimler	Torre Isozaki, Il Dritto – Isozaki Tower - Straight One
Yer	Milano, Lombardiya, İtalya
Tarih	2012 - 2015
Mimar	Arata Isozaki & Associates, Andrea Maffei Architects
Statik	Arup; Sasaki Associates, ECSD S.r.l., Studio Iorio S.r.l.
Müşteri	Allianz S.p.A.
Taşıyıcı sistem bilgisi	Perde Duvarlı - Çerçevesi Sistemler + Belt - Truss + FVD
Ana Fonksiyon	Ofis Binası (Structurae.net, 2019)
Bina Yüksekliği	247 m (Structurae.net, 2019) (anten ile)
Çatı yüksekliği	202,2 m
Kat sayısı	50 normal kat + 3 bodrum kat

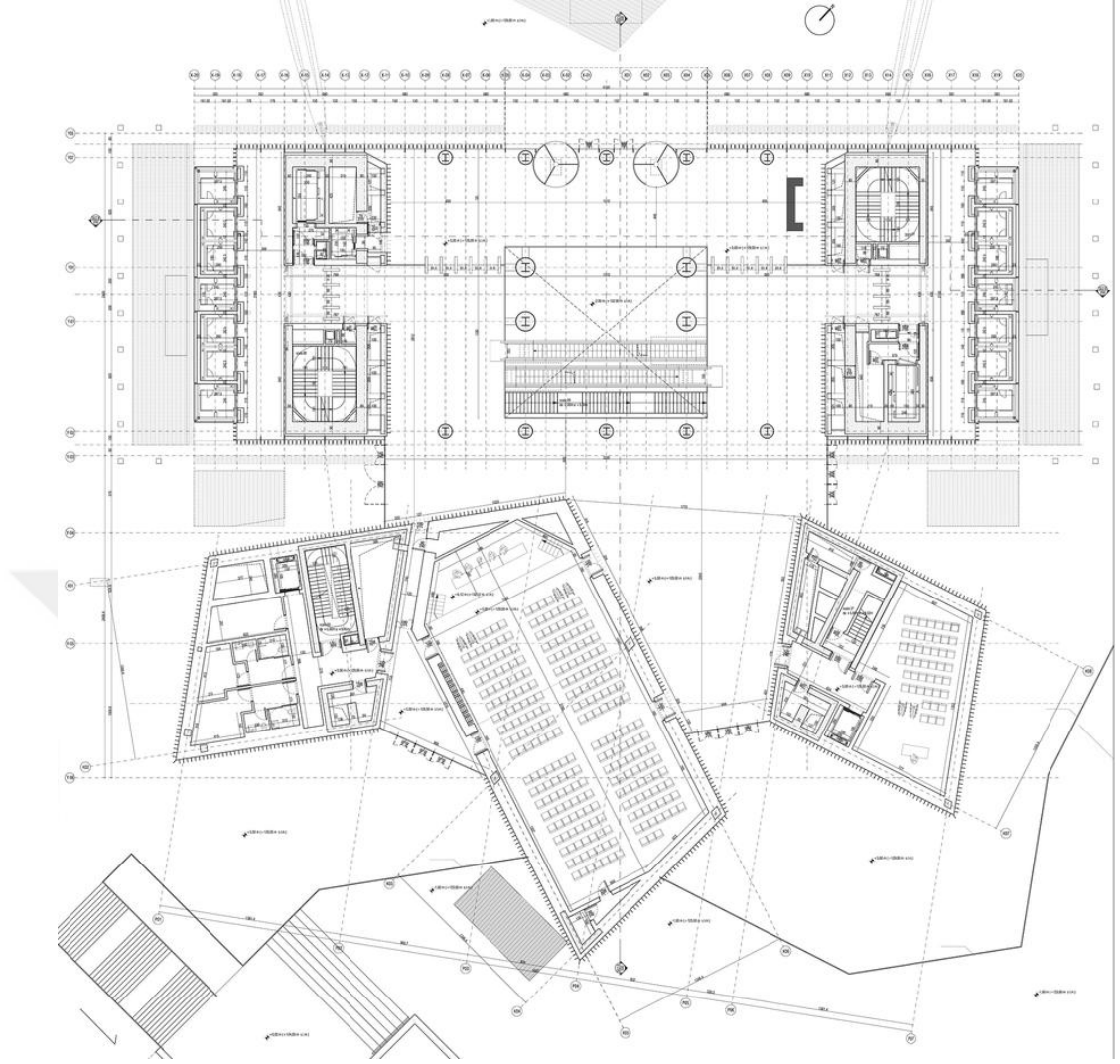
Citylife kompleksinin bir parçası olan Allianz Kulesi, 24 m x 61,5 m dikdörtgen bir plana, 3 bodrum ve zemin üstü 52 kata sahiptir. Yapının zemin seviyesinden yüksekliği 202 m, yol seviyesinden yüksekliği 207 m'dir. Anteni ile ulaştığı toplam yükseklik ise 242 m'dir. Yapının narinlik oranı 18.9:1, toplam kat alanı 1464 m²'dir. Yapının ofis katların yüksekliği 3,9 m, bodrum katların yüksekliği 5 m'dir. 2016 yılında CTBUH En İyi Yüksek Bina Avrupa ödülünü almıştır. Yapının tasarımındaki ana fikir sonsuza dek tekrarlanan bir dizi modül oluşturmak olmuştur. Constantin Brancusi'nin (1935) "Sonsuz Sütunu" bu seçime ilham vermiştir. Sonsuzluk hissi cephe ile verilmeye çalışılmış, cephede modüller oluşturulmuş ve üst üste tekrarı sağlanmıştır. Her modül 6 kattan oluşur ve yapıda 8 modül bulunur, hafif kavisli bir cepheye sahiptir.

Yapının ana fonksiyonu ofistir. Gökdelen tasarlanırken ofisler için uygun planlama yapılmış, merkezde açık plana sahip 36 m x 24 m'lik alanın iki ucuna çekirdekler (merdivenlerin ve asansörlerin bulunduğu) yerleştirilmiştir. Yapının arka kısmına yerleştirilmiş 3 az katlı yapı zemin ve birinci katta çok katlı yapıya bağlanmıştır. Ayrıca kule birinci bodrum katından bodrumdaki alışveriş alanlarına ve metro istasyonuna bağlanır, diğer iki bodrum katı ise mekanik alanlara ayrılmıştır. Binaya erişim iki seviyede gerçekleşir; -2,00 kotu (+122,00)'ndan metro bağlantısı vardır, +5,00 (+129,00) kotundan ana giriş düzenlenmiştir. (Archdaily, 2015; Stevens, 2015; Pakzad ve Juan, 2016; F. Mola, E. Mola ve Pallegri, 2017; E. Mola, F. Mola, Stefopoulos, Segato ve Pozzuoli, 2018; Skyscrapercenter, 2018; Lago, Trabucco ve Wood, 2018; Finzi ve Rossini, 2018).

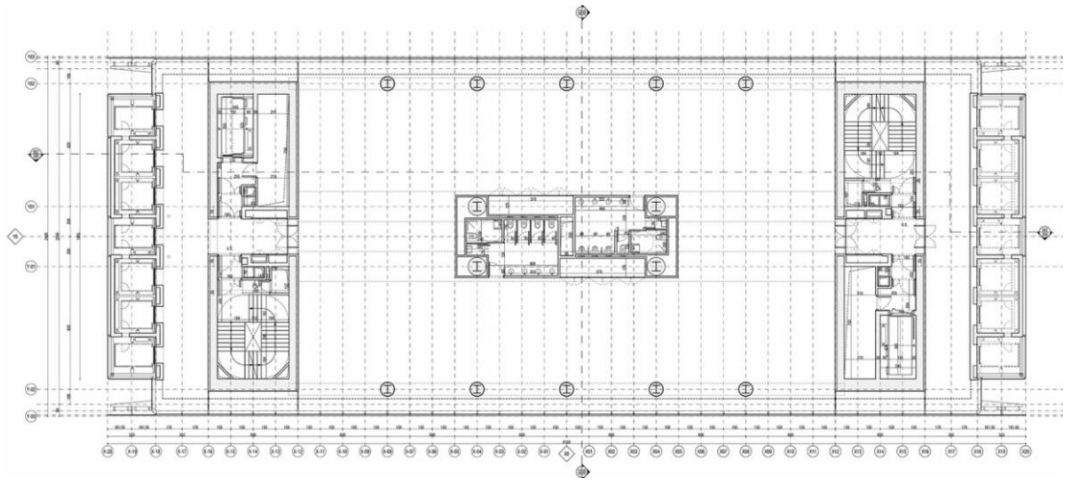
Giriş kat 8,9 m yükseklikte, 1. bodrum kat 7 m (bir kısmı 5 m), ikinci bodrum kat 5 m yükseklikte, üçüncü bodrum 5 m yükseklikte. Payandaların biri +17,60 kotuna diğeri -2,00 kotuna oturtulmuştur. Yapının anten uzunluğu 40 m'dir (Finzi ve Rossini, 2018).



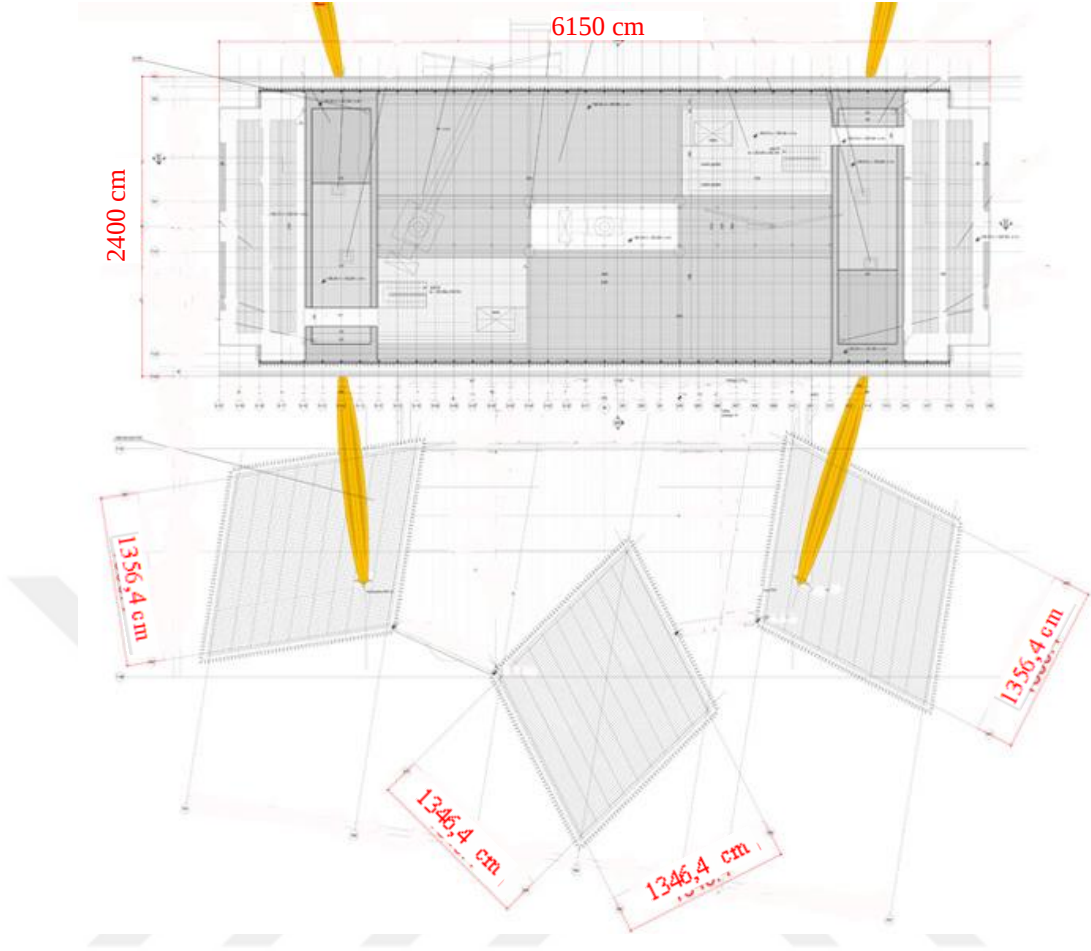
Şekil 3.58 Allianz Tower zemin kat planı (Archdaily, 2015)



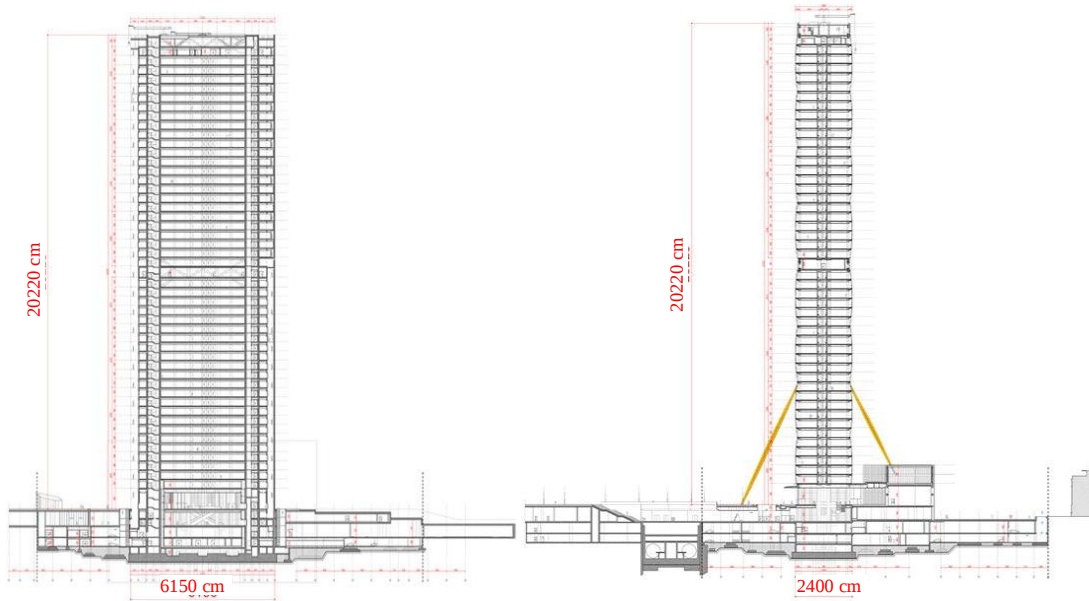
Şekil 3.59 Allianz Tower 1. kat planı (Archdaily, 2015)



Şekil 3.60 Allianz Tower tip kat planı (uzun kenarda her bir aks arası 1,5 m'dir) (Archdaily, 2015)

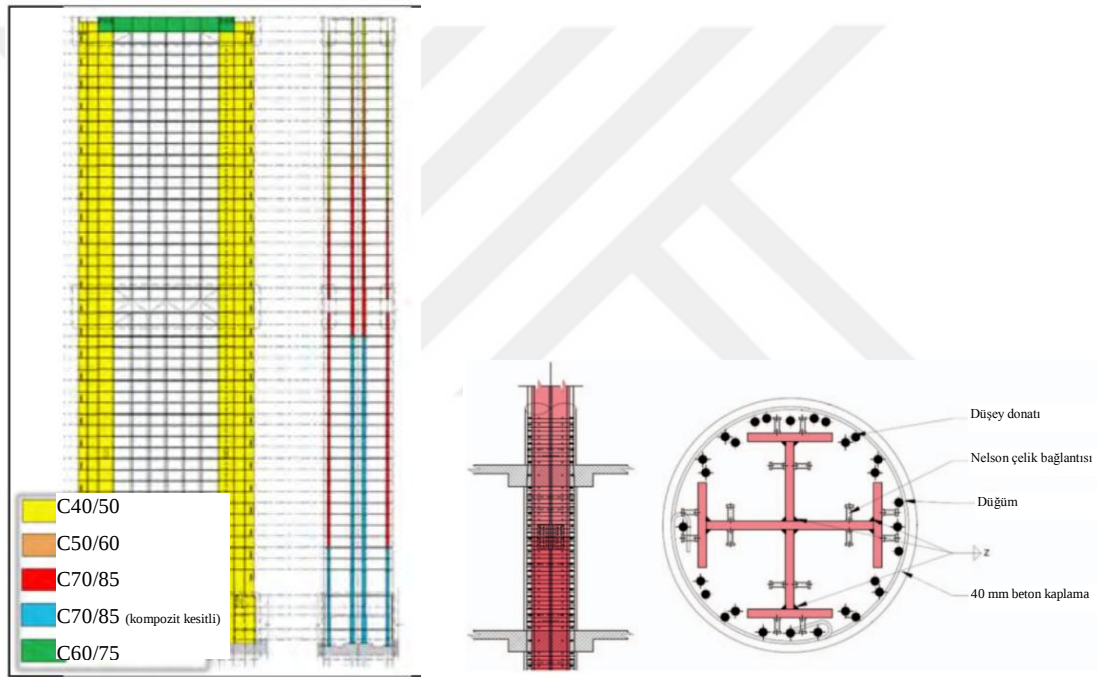


Şekil 3.61 Allianz Tower çatı planı (Grieco, 2012)



Şekil 3.62 Allianz Tower Kesitler (Grieco, 2012)

Yapının taşıyıcı sistem tasarımında; yapısal çelik, kompozit kolon, bina ortasındaki belt - truss, çelik anten ve damperler için; EN 10025- 2S355J2/K2 + special elements, demir için; B450C, ön gerilme sistemleri için; DM 14/01/2008 + European Technical Approvals standartları kullanılmıştır. Döşemelerin ve kolonların hepsinde betonarme malzeme kullanılmıştır. Temel için kullanılan betonun basınç dayanımı sınıfı C32/40 LH SCC'dir. Kazıklar için C32/40, döşemeler için C40/50, çekirdekler için C40/50, kolonlar C70/85, C50/60, C40/50, binanın en üstünde yer alan belt - trusses için C60/75 kendiliğinden yerleşen fiber beton kullanılmıştır (Lago ve diğer., 2018).



a) Perde ve kolon beton sınıfları (Core, 2019) b) Kompozit kolon detayı (Lago ve diğer., 2018)

Şekil 3.63 Allianz Kulesi detay

Yapının kolonları kompozit ve betonarmedir. Çevresel kolonlar (dış cepheye yakın olan kolonlar) yapının uzun cephe yönünde çizgi şeklinde yerleştirilmiştir. Çevresel kolonların arası akstan aksa; enine 6 m, boyuna 19,20 m'dir. Merkezde ise 4 adet mega kolon vardır. Merkezi kolon arası akstan aksa; enine 12 m boyuna 4 m'dir. Kolonlar dairesel kesitlidir. Kolon çapları; çevresel kolonlar $\phi 0,65$ m ile $\phi 1,2$ m arasında, merkezi mega kolonları $\phi 0,85$ m ve $\phi 1,7$ m arasında değişmektedir. İtalyan yapım kuralları gereği olarak C70/85 yüksek basınç dayanım sınıfında beton

kullanılmış ve taşıyıcı sistem kesitlerinin küçülmesi sağlanmıştır. Sınır değerlerde yeterli kapasiteyi sağlamak için dış kolonlarda 4. kata kadar, iç kolonlarda 21. kata kadar kompozit (çelik - beton) kesitler gerekli görülmüştür (Şekil 3.63).

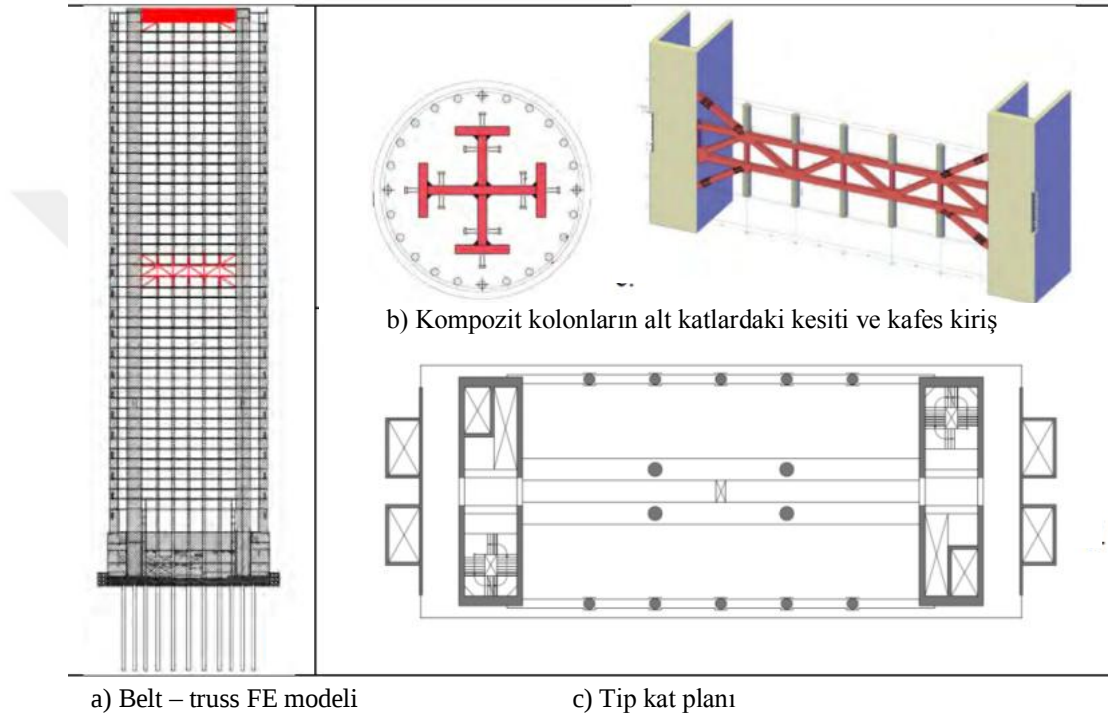


Şekil 3.64 Allianz Tower'ın 23. ve 49. katlarındaki "belt-truss" yerlerini gösterir şekil (F. Mola ve diğer., 2017)

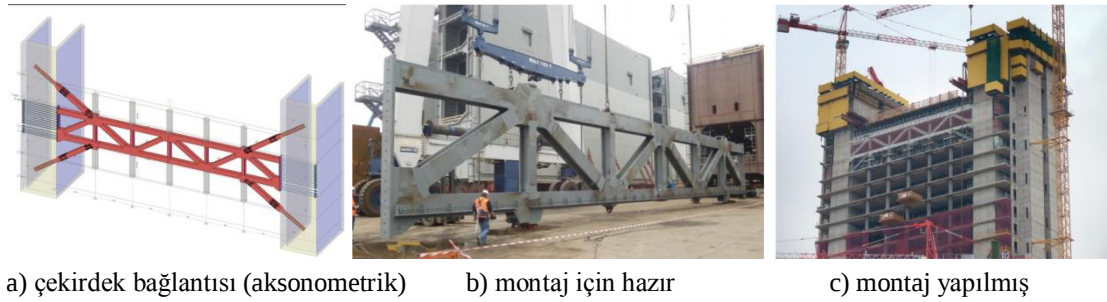
Yapıda kesme kuvvetine dayanım sağlayan yapının uzun kenarının iki ucuna yerleştirilmiş, perde duvar kalınlıkları 40 cm ile 120 cm arasında değişen, iki adet servis çekirdeği bulunmaktadır. Servis çekirdeğinin boyutları 5,8 m'ye 20,6 m'dir. İki kısa yan cephenin en dışına 7'şer (toplamda 14) asansör yerleştirilmiştir. Her bir kenardaki 7 asansörün 3'ü panoramiktir. Asansör hızları 7 m/sn'dir (Archdaily, 2015; F. Mola, E. Mola ve Pallegri, 2017; Skyscrapercenter, 2018; E. Mola ve diğer., 2018; Lago, Trabucco ve Wood, 2018).

Yanal yükler nedeniyle çekirdeklerin yer değiştirmeleri sınırlandırmak için her biri çekirdekleri köşelerinden bağlayan iki özel perimetre - truss systems tasarlanmıştır. Kulenin kuzey ve güney cephelerinde yer alan iki destek sistemi (out rigger structures) belt - trusses olarak anılır ve çekirdekleri köşelerinden birbirine bağlar. İlk belt - trusses iki kat yüksekliğinde (çelik) olup yapının uzun kenarları boyunca 23. ve 26. katları arasında yer alır. 36,8 m uzunluğunda, 5,8 m yüksekliğindedir (Şekil 3.64, Şekil 3.65, Şekil 3.66, Şekil 3.67). 180 tonluk çelik malzeme Uni EN 10025-2 ile uyumlu, J2 veya K2 esneklik derecesine sahip olup, tipi S355'tir. 70 mm ile 100 mm arasında değişen kesitlerde kaynaklı profiller kullanılmıştır. Çelik yapı elemanı önce kumlama işlemine tabi tutulmuş, çinko

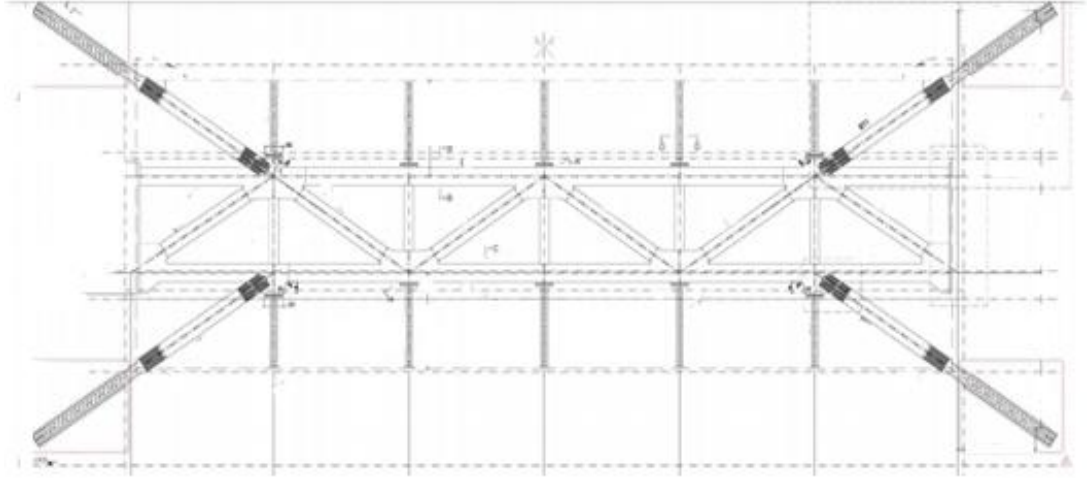
içerikli epoksi esaslı astar boya tabakası uygulanmış, sonrasında ise yangın anında şişerek çeliğin ısınmasını geciktiren malzeme ile kaplanmış ve yangına karşı dayanım (pasif) sağlanmıştır. Belt - truss ile çekirdeğin bağlantısı 80 mm kalınlığındaki çelik elemana sabitlenmiş 47 mm çapındaki 18 adet Dywidag marka öngermeli bar ile sağlanır (Finzi, Rossini, 2018; F. Mola ve diğer., 2017; E. Mola ve diğer., 2018).



Şekil 3.65 Allianz Tower (E. Mola ve diğer., 2018)

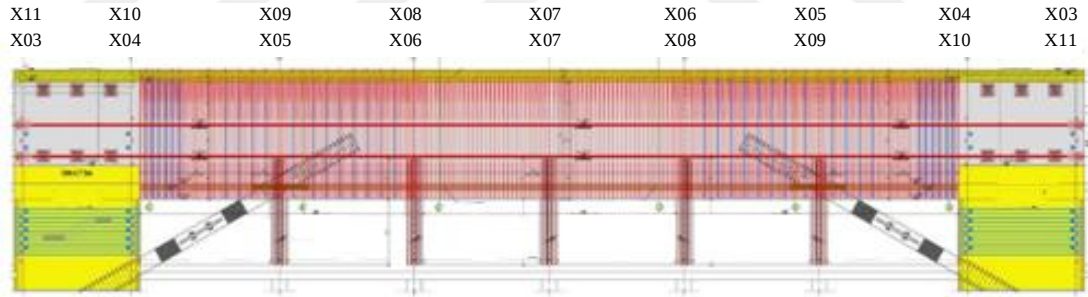


Şekil 3.66 Allianz Tower belt - truss (Finzi ve Rossini, 2018)



Şekil 3.67 Allianz Tower'ın 23. ve 26. katları arasındaki çelik belt-truss (Finzi ve Rossini, 2018)

İkincisi ise ön germeli betonarme kiriş olup yapının en üstünde 49. ve 50. katları arasında yer alır (Şekil 3.68). 90 cm kalınlığa ve 519 cm yüksekliğe sahiptir. Çapı 26 mm olan 22 dywidag çubuk harç ile enjekte edilmiştir (Finzi ve Rossini, 2018; F. Mola ve diğer., 2017).



Şekil 3.68 Allianz Tower'ın 49. - 50. katları arasındaki belt-truss (Finzi ve Rossini, 2018)

yüksek binalarda kullanıldığında, hem kuvvetli rüzgarların hem de depremlerin neden olduğu titreşimleri azaltır. Kullanılan damperler iki yönlüdür. Kule son teknoloji ürünü bir sürekli izleme sistemi ile donatılmıştır. Milano deprem riski düşük alanda olmasına rağmen damperler deprem etkilerini sürdürecek şekilde ve rüzgarın ve depremin tamamen farklı dinamik davranışları nedeniyle davranışı pasif bir şekilde değiştirmek için tasarlanmıştır. Şöyle ki sadece damperin iki ucu arasındaki bağıl yer değiştirmenin farklı hızıyla harekete geçen bir sistem mevcuttur. Beklenen rüzgâr kaynaklı ivmelenmeleri bastırarak rüzgar etkilerini hafifletmeyi başarırlar ve binanın içindeki konforu artırırılar. FVD’ler rüzgar etkilerini hafifleten ve deprem etkilerini sürdüren 1304 kN tasarım kuvveti ve ± 150 mm maksimum yer değiştirme kapasitesi ile karakterize edilir. İki FVD, FIP Industriale Laboratories’de Avrupa Standardı “Anti - sismik cihazlar” EN15129: 2009 gereği istenen bir test protokolüne tabi tutulmuştur (Pigouni, Castellano, Borella ve Infanti, 2016; Pigouni, Castellano, Borella ve Infanti, 2017; F. Mola ve diğer., 2017; Infanti, Robinson ve Smith, 2008).



a) Allianz Tower yapım safhasına ait görüntü

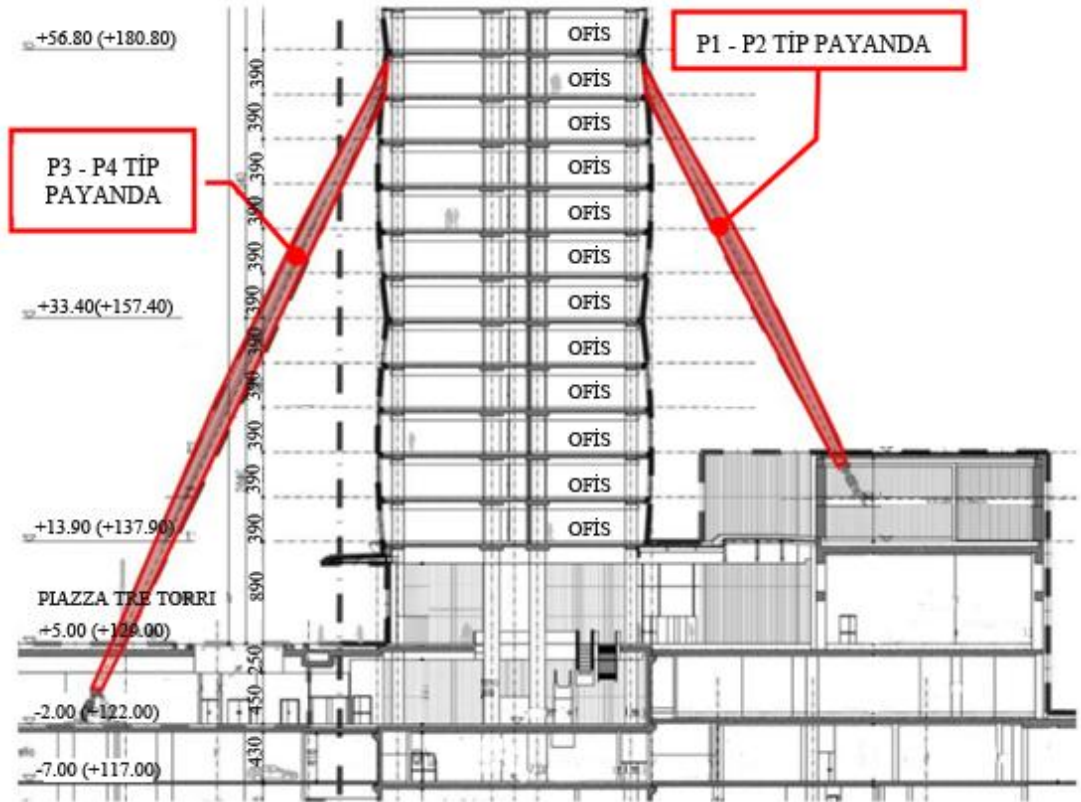


b) Yapıda kullanılan viskos damperler

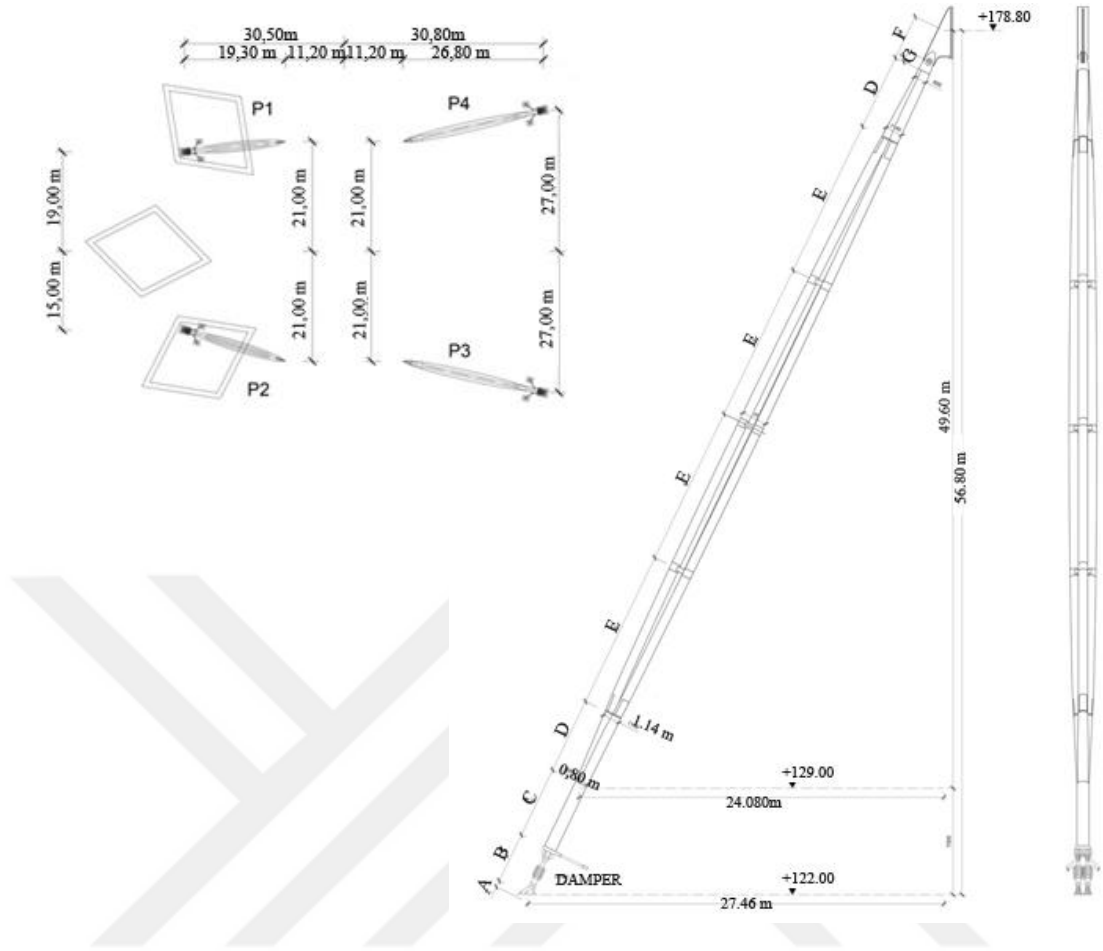
Şekil 3.70 Allianz Tower inşaat safhasına ait görüntüler (Floornature, 2018)

Damperlerin binanın giriş tarafına yerleştirilmiş olan iki adedi zemine, arka tarafına yerleştirilmiş olan iki adedi ise arkada bulunan az katlı yapının çatısına montajlanmıştır. Payandalar 11. ofis katının ana çekirdeklerine bağlanmıştır, cephede altın renkleri ile göze çarparlar. Söz konusu payandalar 3 kanaldan oluşur ve kanallar

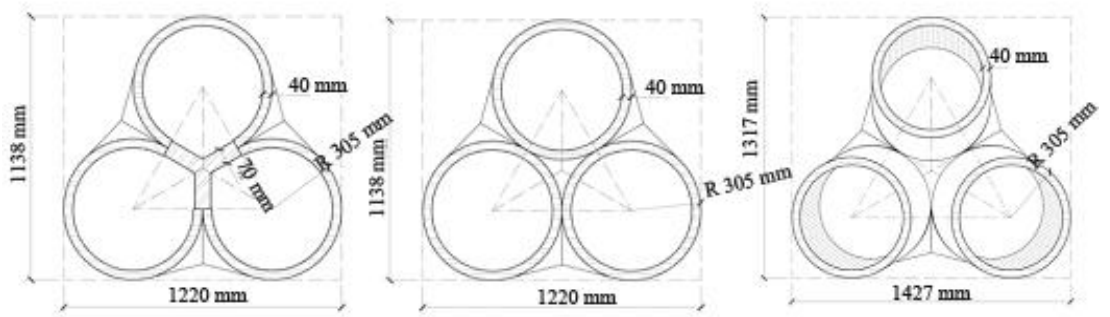
önce birleşik iken uzunluk boyunca ayrılır ve tekrar birleşirler. Binanın ön tarafındaki payandaların uzunluğu 63 m, ağırlığı 100t, binanın arka tarafındaki payandaların uzunluğu 42 m, ağırlığı 65t'dur. Kanalların birleşik kısmından kesit alındığında; üç kanalın kesişim bölümünün profil kalınlığının 70 mm, diğer kısımlarının 40 mm, kanal çaplarının 610 mm ve dikme genişliğinin 1220 mm'ye 1138 mm olduğu görülür (Şekil 3.73). Çatıya montajlanan damperler yapıdan yatayda 19,30 m, birbirinden ise 38 m, zemine montajlanan yapının girişindeki damperler ise yapıdan 26,80 m, birbirinden ise 54 m uzağa konumlandırılmıştır. Arkaya yerleştirilen damperler yanlara doğru açılarak yükselmekte ve iki damper arası mesafe 38 m'den 42 m'ye çıkmaktadır. Öndeki payandaların arasındaki mesafe ise azalarak yükselmekte aralarındaki mesafe 54 m'den 42 m'ye düşmektedir (Şekil 3.72). Güneydoğudaki kısa payandalar + 141,80 m'den, kuzeybatı tarafındaki payandalar + 122,00 m'den + 178,80 m (11. kat) (+ 180,80 = 12. kat)'ye ulaşırlar (Şekil 3.71) (Lago ve diğer., 2018; Theplan, 2018a; Finzi ve Rossini, 2018).



Şekil 3.71 Allianz Tower kesit (Finzi ve Rossini, 2018)



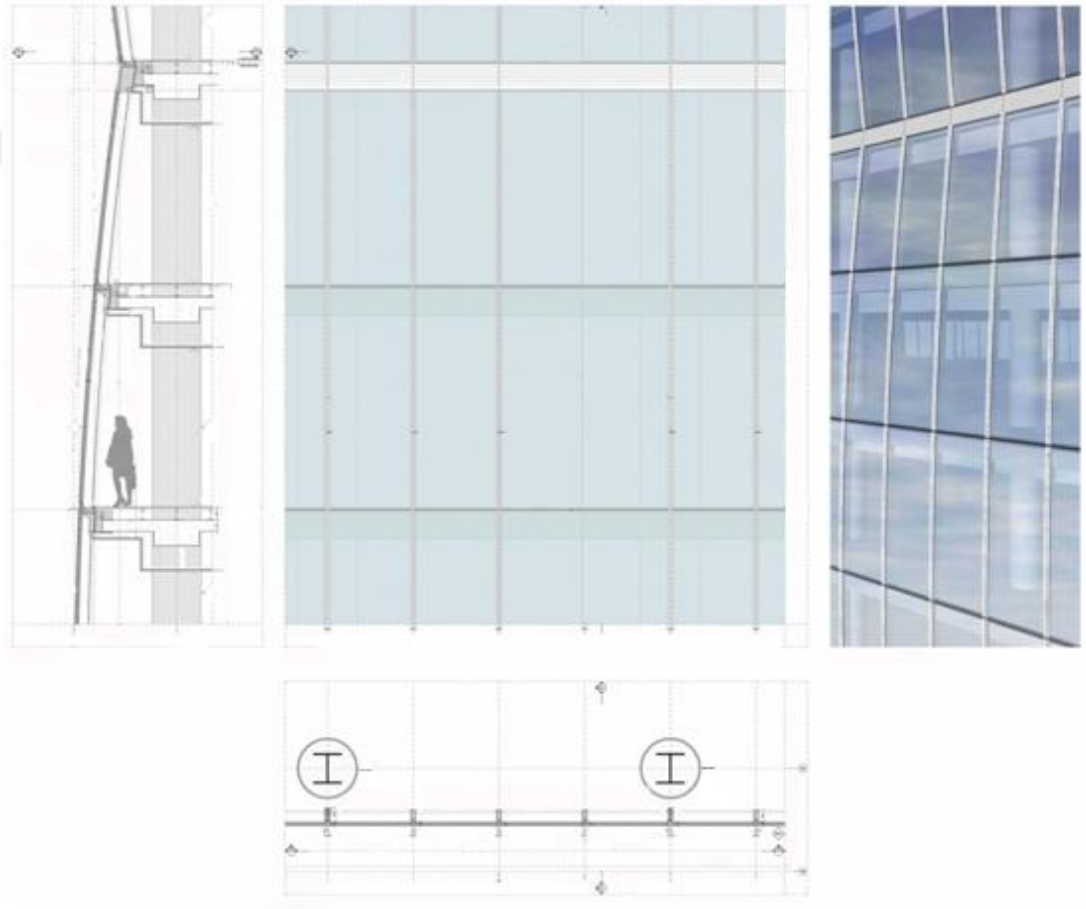
Şekil 3.72 Payandaların birbirleri ve yapı ile olan mesafelerini gösterir şema (Theplan, 2018a)



Şekil 3.73 Payanda kesitleri (Theplan, 2018a)



Şekil 3.74 Payanda görselleri (Floornature, 2018)

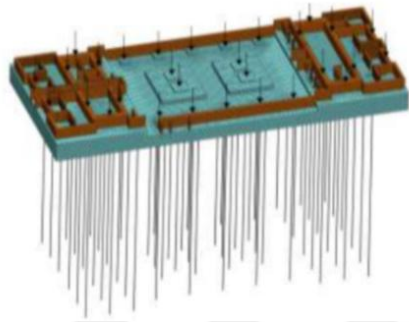
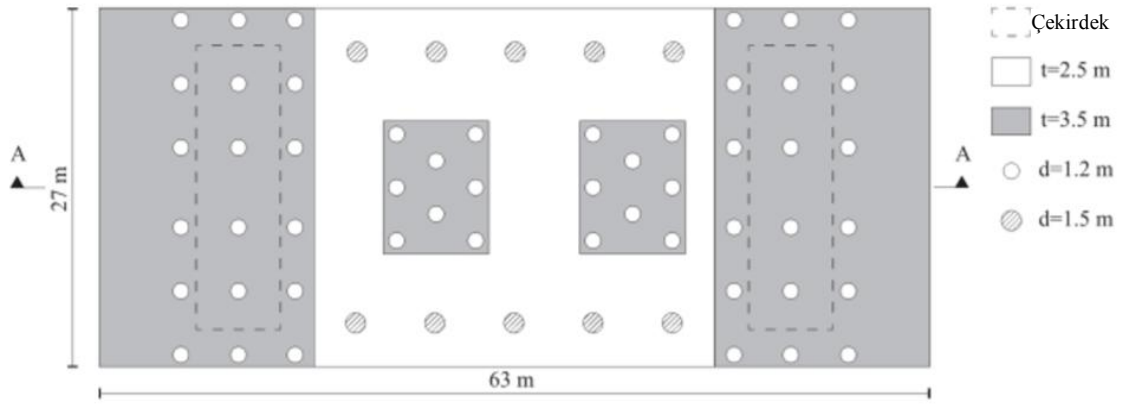


Şekil 3.75 Allianz Tower cephesinin plan, kesit ve görünüşü (Archdaily, 2015)

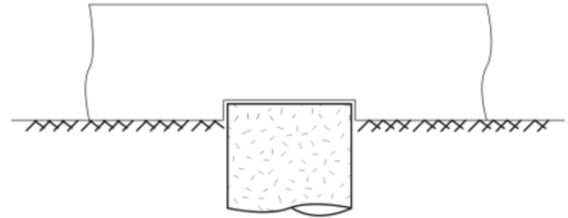
Cepheler TGU (üçlü cam ünitesi)'dan oluşur. Bu projede döşeme üstünden döşeme üstüne geniş pencerelere sahip olunmasını sağlayan dışa doğru bombe yapan bir cephe tasarlanmıştır. Yapıda 120000 m² cam kullanılmıştır. Yansımadan kaçınmak için düz cam kullanılmamıştır. Almanya'da yapılan bina örnekleri incelendiğinde camda eğrilik oluşturabilmek için soğuk bükme teknikleri kullanıldığı

görülmüştür. Dış çerçeveler güvenlik amaçlı daha fazla mekanik sabitlemeye maruz kalmıştır. Yeşil yansımalarından kaçınmak ve mümkün olduğunca nötr bir etkiye sahip olmak için AGC firmasının düşük demir oranlı cam çeşidi olan Planibel Clearvision seçilmiştir, bu cam minimal yansıtma ile mükemmel renk sunar. Camlı modüller; AGC firmasının soğuk bükme tekniği (cam için) ve Focchi firmasının (camı alüminyum çerçeveye bağlamak için) mekanik bağlantı sistemi kullanılarak oluşturulmuştur. Çift cam tabakasının dışında özel bir magnetronik cam (Clearvision Stopray Vision-60T) ve iç kısmında düşük emisyonlu cam (Clearvision iplus E) kullanılmıştır. Güney tarafında, günün en sıcak bölümünde ışık miktarını kesmek için cama beyaz serigrafi baskı eklenmiş, duvarlar bu nötr hissi korumak için griye boyanmıştır. Ofis katlarında 110 cm yüksekliğinde asma tavan uygulaması yapılmıştır. Cephenin dış bükeyliği sebebi ile döşeme 90 cm ile 24cm arasında konsol çalışır (Grieco, 2012; Stevens, 2015; Bianchini, 2018; Theplan, 2018b).

Yapı için tasarım aşamasında farklı temel çeşitleri denenmiş ve kazıklı radye temel yapılmasına karar verilmiş, İtalyan yapım standartları uyarınca “hibrit” veya “karma” olarak tanımlanabilecek bir temel tasarlanmıştır. 63 m x 27 m boyutlarındaki geniş betonarme radye temel 2,5 m ile 3,5 m (çekirdeklere ve merkezi kolonların hizasına gelen bölümler) arasında değişen kalınlığa sahiptir (Şekil 3.76). Kazıklı radye temel (DPR) 10 adet 1,5 m çapında, 52 adet 1,2 m çapında kazığa sahiptir. Tüm kazıklar yerinde dökülmüştür ve 33,2 m boya sahiptirler. C32/40 basınç dayanımı sınıfına, XC1 çevresel etki sınıfına S5 kıvam sınıfına sahip beton kullanılmıştır. Kazık temeller yüksek eğilme momentlerini azaltmak için kolonların ve çekirdeklerin hizasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Büyük ve esnek radye kazık temeldeki kazık başları dikey yükler altında dönme ve çevrilme eğilimi gösterebilir ve bu da kazık boyunca kesme ve moment etkilerine sebep olur. Bu durumu engellemek için kazık ve temel arasındaki yapısal bağlantıdan kaçınılmış, yapının temelinde kazık başı ile temel arasına hiç boşluk bırakılmamış ancak yapısal bağlantı da sağlanmamıştır. Temel için 1200 t çelik kullanılmıştır (Grieco, 2012; Tradigo, Mussi, Petrella ve Pisanò, 2017; Bianchini, 2018).



a) Temel modellemesi



b) Kazık başı ile temelin birleşimini gösterir şema

Şekil 3.77 Allianz Tower kazık temel görselleri (Tradigo ve diğer., 2017)



Şekil 3.78 Allianz Tower temel yapımı safhasına ait görseller (Grieco, 2012; Cdnmedia, 2012; Floornature, 2018)

3.4 Örneklerin İrdelenmesi

Tez kapsamında Unicredit Tower, Palazzo Lombardia, City Life Milano Residential Complex (Hadid Residence), Generali Tower, Allianz Tower projeleri incelenmiştir. Tüm yapılar İtalya'nın Milano şehrinde yer almaktadır (Şekil 3.79).

Örneklerin seçimindeki ana kriter ise yapımların yapımına 2005 yılından sonra başlanmış, yapımı tamamlanmış ve kullanılır halde olmasıdır. İncelenen örnekler; mimarı, yeri, yapım tarihi, fonksiyonu, kat sayısı, bina yüksekliği, yapım sistemi, yapıda kullanılan teknolojik gelişmeler gibi temel bilgiler yönünden aşağıdaki tabloda karşılaştırılmış, yapıların hafızada canlandırılabilirmeleri için tabloya yapılara ait görseller eklenmiştir (Tablo 3.7).



Şekil 3.79 Seçilen örneklerin Milano şehrindeki konumunu gösterir harita (Google Earth'ten alınmıştır)

Tablo 3.7 Karşılaştırma şeması

Yapı Adı	UNICREDIT TOWER	PALAZZO LOMBARDIA	CITYLIFE MILANO RESIDENTAL COMPLEX	GENERALI TOWER	ALLIANZ TOWER
Fotoğraf	 (Porta Nuova, b.t.)	 (Skyscrapercenter, 2019c)	 (Arch2o, 2019)	 (Archdaily, 2019a)	 (Bianchini, 2018)
Yapıya verilen diğer isimler	Porta Nuova Garibaldi	Altra Sede Regione Lombardia	Hadid Residence, The Citylife Residences	Lo Storto - Hadid Tower, Torre Hadid, Lo Storto, Twisted One	Torre Isozaki, Il Dritto - Isozaki Tower - Straight One
Yer	Milano, İtalya	Milano, İtalya	Milano, İtalya	Milano, İtalya	Milano, İtalya
Tarih	2008 - 2012	2006 - 2011	2009 - 2013	2014 - 2017	2012 - 2015
Müşteri	Hines	Lombardia Hükümeti	Citylife SpA	SPK S.c.a.r.l. - Carpi - İtalya	Allianz S.p.A.

Tablo 3.7 devamı

Mimar	César Pelli	Pei Cobb Freed & Partners, Caputo Partnership ve Sistema Duemila	Zaha Hadid Architects	Zaha Hadid Architects	Arata Isozaki & Associates, Andrea Maffei Architects
Statik	MSC Associati S.r.l.	Thornton Tomasetti, Prof. Ing. Franco Mola	Msc Associati	Redesco Progetti Srl.	Arup; Sasaki Associates, ECSD S.r.l., Studio Iorio S.r.l.
Ana Fonksiyon	Ofis Binası	Ofis Binası (Lombardia Yerel Yönetim Binası)	Konut	Ofis Binası	Ofis Binası
Kat Sayısı	31 normal kat + çatı katı + 19 (helezon kat sayısı) + 4 bodrum kat	39 normal kat + 4 bodrum kat	5 - 13kat + 2 bodrum kat	44 normal kat + 3 bodrum kat	50 normal kat + 3 bodrum kat
Bina Yüksekliği	219,47 m (80,46 m'si helezon kısım)	161,3 m		170,36 m	247 m (202,2 m + anten yüksekliği)

Tablo 3.7 devamı

Sistem Bilgisi	Perde Duvarlı - Çerçeve Sistemler	Perde Duvarlı - Çerçeve Sistemler	Perde Duvarlı - Çerçeve Sistemler	Perde Duvarlı Sistemler + Boşluklu Perde Duvarlı Sistemler	Perde Duvarlı - Çerçeve Sistemler + Belt - Truss + FVD
Kullanılan Teknolojik Gelişmeler	Kolonlara başlık uygulaması	PCM kolonları ve PREM kirişleri, prefabrik döşeme panelleri, PEHD küreler		Coupling Beam	Belt-truss, FVD
Kolonlar arası mesafe		6,25 m x 6,00 m 8,60 m x 6,50 m			Çevresel kolonlar 6 m x 19,20 m'dir (7,6 m+4 m+7,6 m). Merkezi kolonlar 12 m x 4 m
Döşeme kalınlığı (en az ve en çok)	22,5 cm - 47,5 cm	35 cm		32cm - 50 cm	20 cm
Döşemede kullanılan betonun karakteristik basınç dayanımı	55 MPa	C40/50			C40/50 - SCC

Tablo 3.7 devamı

Döşemede kullanılan yapım tekniği	Başlık	Prefabrik döşeme panelleri, PEHD küreler		Kirişsiz döşeme, bazı kısımlarda başlık	T-kirişleri 45 cm - 50 cm
En küçük ve en büyük kolon kesitleri	1,60 m x 1,60 m - φ0,45 m	φ0,65 m - φ1,20 m		0,5 m x 0,7 m - 1,50 m x 1,0 m φ10, 5 m - φ1,1 m	φ 0,65 m - φ 1,7 m
Kolonlarda kullanılan betonun karakteristik basınç dayanımı (en düşük ve en yüksek)	45 MPa - 75 MPa			C45/55 - C60/75 - SCC	C40/50 - C70/85
Çekirdek perde duvar kalınlığı (en az – en çok)	0,2 m - 0,6 m	30 cm - 45 cm			40 cm - 120 cm
Çekirdek perde duvarlarında kullanılan betonun karakteristik basınç dayanımı (en düşük ve en yüksek)	45 MPa - 55 MPa				C40/50
Temelde kullanılan betonun karakteristik basınç dayanımı	35 MPa (N/mm ²)	C30/37 - SCC		C32/40	C32/40 - LH - SCC

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR

“Karma Fonksiyonlu, Az Katlı ve Çok Katlı Betonarme Malzemeli Binaların Taşıyıcı Sistemlerinin İrdelenmesi ve Günümüz Koşullarında Değerlendirilmesi” başlığı altında betonarme malzemeli taşıyıcı sisteme sahip yüksek yapıların gelişiminin ve güncel örneklerinin irdelendiği bu tezde elde edilen çıkarımlar ve sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Günümüzde minimum taşıyıcı sistem kesit alanı, maksimum kullanım alanı prensibi yaygındır. Serbest plan çözümüne olanak verecek taşıyıcı sistem çözümleri kullanılmaktadır.
- Yüksek yapı tasarımında yatay yük hesabı yapılırken öncelikle rüzgar yükü dikkate alınmaktadır ve örneklerden elde edilen çıkarımla rüzgar yükünü azaltmak için cepheler ve planlar genelde yuvarlak hatlara sahip olacak şekilde çözümlenmiştir.
- Örnekler üzerinden çıkarım yapıldığında; yatay yüklerin genellikle sirkülasyon çekirdekleri tarafından karşılandığı ve bu alanlarda perde duvarların kullanıldığı görülmüştür.
- Yüksek yapıların temel sistemleri incelendiğinde genelde zemin iyileştirilmesine gidildiği görülmüştür.
- Betonarme malzemeli yüksek yapılarda taşıyıcı sistem aks aralıklarını üst üste gelen fonksiyonlar ve taşıyıcı sistem kesitleri belirler. Ana fonksiyondaki çözüm esas alınır ancak alt katlardaki fonksiyona göre sistemin esnetilmeye çalışıldığı görülmüştür.
- Yapı fonksiyonlarından otopark, depo, arşiv, teknik alanlar genelde bodrum katlarda çözümlenmektedir.

- İncelenen örnekler üzerinden karma fonksiyonlu yapılarda en çok kullanılan ana fonksiyonun ofis olduğu görülmektedir.

- Yüksek katlı yapı üretilmesine olanak sağlayan pompalama ve kalıp sistemleri gibi teknolojik yeniliklerin yanı sıra; yapının ekonomik ve taşıyıcı sistemlerin daha küçük kesitli oluşmasını sağlayan hafif döşeme panelleri kullanımı, plastik boşluklu kirişsiz döşeme sistemleri (yapıda kullanılan malzemeden tasarruf, yapı yükünün azaltılması vb.) gibi yapım sistemi çözümlerinin de olduğu görülmektedir.

- Yüksek yapılar tamamlandıktan sonra da çeşitli test cihazları ile yapının salınıminin ve hareketlerinin gözetim altında tutulduğu görülmüştür.

- Temellerde kullanılan basınç dayanımı sınıfları C30/37 - C32/40 aralığındadır.

- Palazzo Lombardia, Generali Tower, Allianz Tower ve UniCredit Tower örneklerinde kolonlar genellikle dairesel kesitlidir.

- Kolon kesitleri üst katlara çıkıldıkça küçülmektedir.

- Kolon kesitleri en küçük ϕ 0,65 m - en büyük ϕ 1,7 m. arasında olup, kolonlar için kullanılan betonun karakteristik basınç dayanım sınıfı en düşük C40/50 en yüksek C70/85 'dir.

- Örnekler incelendiğinde en yaygın olarak kullanılan sistemin perde duvarlı - çerçeveli sistemler olduğu görülmüştür.

- Örneklerde döşeme kalınlığının en az 20 cm en fazla 50 cm olduğu görülmüştür.

- UniCredit Tower da mantar döşeme, Allianz Tower'da kirişli döşeme, Palazzo Lombardia da ise plastik boşluklu kirişsiz döşeme sistemi kullanılmıştır.

Geleneksel betonarme sistemleri ile büyük açıklıklar kirişli ve kaset döşeme sistemleri kullanılarak geçilebilmektedir. Ancak bu sistemlerde açıklık arttıkça kiriş yüksekliği, taşıyıcı kesitleri ve yapı ağırlığı artmakta dolayısı ile net kullanım alanı ve kat yüksekliği azalmaktadır. Kirişsiz (mantar) döşemelerdeki problem ise zımbalamadır. İlk kez Bubbledeck ve Cobiax firmaları tarafından geliştirilen döşeme sisteminde 18 cm - 45 cm çapında içi boş küresel plastikler döşemenin üst ve alt donatısının arasına yerleştirilmiş ve döşemenin ağırlığının azalması sağlanmıştır. Ağırlık azaldığından kolonlara gelen kuvvetlerde azalmakta ve taşıyıcı en kesitleri küçülmektedir. Zımbalama etkisinin azaltılabilmesi için kolon döşeme birleşim bölgesine plastik boşluklar yerleştirilmemektedir. Döşemenin ağırlığının azalmasından dolayı kolona gelecek olan normal kuvvet azaldığından zımbalama dayanımı mantar döşemeye göre daha yüksektir.

Günümüzde yapı stokunun büyük bölümü betonarme malzeme ve betonarme yapım sistemleri kullanılarak elde edilmektedir. Dolayısı ile sistem de malzeme de her geçen gün geliştirilmektedir. Örneklerde kullanılan kendiliğinden yerleşen beton, plastik boşluklu kirişsiz döşeme sistemi gibi tanımlar bu gelişime örnektir. Betonarme yapının tercih sebebi “ekonomiklik unsuru” kullanılan kalıp ve pompalama sistemleri, beton malzemenin dayanımının kullanılan polimerler, katkıları vb. yolu ile artırılması, yapım sistemlerindeki gelişmeler ile daha anlamlı hale gelmiştir.

KAYNAKLAR

- Aimar, F. (2015). *Torre Hadid di Citylife a Milano: i 'segreti' del momento torcente*. 16 Ocak 2019, <http://www.ingegneri.info/news/strutture/torre-hadid-di-Citylife-a-Milano-i-segreti-del-momento-torcente/>
- Akbulut, U. (b.t.). *Çimento ve betonun tarih içinde gelişimi*. 22 Şubat 2018, <http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2012/12/cimeto.pdf>
- Akman, S. (2003). Yapı malzemelerinin tarihsel gelişimi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 4 (426), 30-36.
- All of Lombardy in Palazzo Lombardia*, (2014). 6 Haziran 2018, http://www.en.regione.Lombardia.it/wps/wcm/connect/61bf0abc-63a3-41a4-9dfd-b3d727a04a8b/ilspa125108_D1_BrPLInt_EN_mag2014.pdf?MOD=AJPERES&am;CACHEID=61bf0abc-63a3-41a4-9dfd-b3d727a04a8b.
- Allianz Tower/Arata Isozaki + Andrea Maffei*, (16 Kasım 2015). 10 Kasım 2018, <https://www.archdaily.com/777083/allianz-tower-arata-isozaki-plus-andrea-maffei>.
- Allianz Tower*, (b.t.). 7 Kasım 2018, <http://www.skyscrapercenter.com/building/allianz-tower/1295>.
- Allianz Tower An "Endless" Glazed Skyscraper Milan || Italy*, (b.t.). 19 Aralık 2018b, <https://www.theplan.it/eng/webzine/report/allianz-tower--an-endless-glazed-skyscraper>.
- Allianz Tower | Arata Isozaki + Andrea Maffei*, (b.t.). 18 Aralık 2018, <https://www.arch2o.com/allianz-tower-arata-isozaki-andrea-maffei/>
- Allianz Tower*, (2016). 19 Aralık 2018, https://www.architectmagazine.com/project-gallery/allianz-tower_o.

Altra Sede Regione Lombardia, l'intervento di CSP Prefabbricati, (2009a). 10 Şubat 2019, <https://www.infobuild.it/approfondimenti/altra-sede-regione-Lombardia-lintervento-di-csp-prefabbricati/>

Altra Sede della Regione Lombardia, (2009). 10 Nisan 2018, <https://www.infobuild.it/approfondimenti/altra-sede-della-regione-Lombardia/>

Altra Sede Milano, Milan, Italy, (b.t.). 12 Nisan 2018, <http://referanslar.peikko.com.tr/reference/altra-sede-milano/>

Altra Sede Regione Lombardia: Il Progetto Di Pei Cobb Freed & Partners, (b.t.). 9 Mayıs 2018, <http://modulo.net/it/video/altra-sede-regione-Lombardia-il-progetto-di-pei-cobb-freed-partners>.

Altra Sede di Regione Lombardia, Italy, (b.t.). 10 Nisan 2018, <https://www.doka.com/en/references/europe/altrasededieregioneLombardia>.

Altra Sede - Government Building Of the Region Lombardy Milan, Italy, (2008). 3 Mart 2018, <https://www.simplex.hr/altra-sede>.

Anonim. (2012). Mapei and Citylife: Projects which Aim High. *RM International*, (41), 24-33. 24 Kasım 2018, https://cdnmedia.mapei.com/docs/projects-documents/en-db92cc7a-b084-4ea3-b90e-a86ac0227a6c.pdf.pdf?sfvrsn=a94722b8_8 temel donatıları

Anonim, (2015). Yapı harcının binlerce yıllık öyküsü. *Türkiye İmsad (İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği) Dergisi*, (23), 88-91.

Arata Isozaki& Associates | Andrea Maffei Architects Allianz Tower, (b.t.). 17 Aralık 2018a, <https://www.theplan.it/eng/webzine/international-architecture/en-allianz-tower>.

Architecture and Monuments, (b.t.). 23 Nisan 2018,
<http://www.turismo.Milano.it/wps/portal/tur/en/arteecultura/architetturaemonumenti/>

Arda, T. S. , Keskinel, F. ve Aka, İ. (1983). *Betonarme yapı elemanları*. (5. Baskı).
İstanbul: Birsen Yayınevi.

Auguste Perret, Apartment building at 25 rue Franklin, Paris, 1902, (b.t.). 19 Mayıs
2018, <http://www.arthistory.upenn.edu/spr01/282/w4c1i01.htm>.

Ayers, A. (2004). *The architecture of Paris: An architectural guide*. (1. Baskı).
London: Axel Menges.

Ayverdi, E. H. (1995). *Erdem Hakkı Ayverdi hatıra kitabı* (1. Baskı). İstanbul:
İstanbul Fetih Cemiyeti.

Badia, L. D. (b.t.). *Altra Sede Regione Lombardia*, 13 Mayıs 2018,
<https://www.promozioneacciaio.it/cms/it4721-altra-sede-regione-Lombardia.asp>

Bal, C. (2003). *Yüksek bina yapım sistemlerinin tasarım kısıtlamaları üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Balcı, F. (1997). *Şantiyede yapı bilgisi tatbikatı*. Ankara: B.İ.B.T.A.U.G.M.

Balcı, S. (2013). *Yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri ve mimari tasarımıyla olan etkileşimi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.

Begeç, H. ve Hamidabad, B. D. (2015). Sustainable high - rise buildings and application examples. *3rd Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering*. Hotel Fort Canning, Singapore.

Belge, D. (2017). *Fonksiyonun oluşturduğu bir senaryo üretimi mümkün mü?*. 19
Mayıs 2018,

<https://mimarliktakuramveelestiri.wordpress.com/2017/05/29/fonksiyonun-olusturdugu-bir-senaryo-uretimi-mumkun-mu/>

Berktaş, İ. (2003). *Betonarme 1 taşıma gücü ve kesit hesapları* (3. Baskı). Acıbadem: İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.

Betondan Beklenen Özellikler, (b.t). 20 Eylül 2017, http://teknolojikarastirmalar.com/eegitim/yapi_malzemesi/beton/5.HTM.

Bianchini, R. (2018). *Allianz Tower by Arata Isozaki & Andrea Maffei – CityLife district, Milan*. 16 Ocak 2019, <https://www.inexhibit.com/case-studies/allianz-tower-by-arata-isozaki-Citylife-district-milan/>

Brasca, M. (2010). *Cantiere Altra Sede Regione Lombardia*. 10 Mayıs 2018, <https://www.arketipomagazine.it/cantiere-altra-sede-regione-Lombardia/>

Brazil, A. (2012). *Bellezza e funzione- design of new government seat combines beauty and function*. 07 Ocak 2019, <https://www.structuremag.org/wp-content/uploads/2014/08/D-Spotlight-Apr121.pdf>.

Budak, E. ve Sucuoğlu, H. (2015). Yüksek yapıların performans esaslı tasarımı. 3. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Burj Khalifa/SOM, (2017). 20 Mart 2019, <https://www.archdaily.com/882100/burj-khalifa-som/59eb8a06b22e38dd05000151-burj-khalifa-som-image>

Caicedo, J. , Catbas, F. N. , Cunha, A., Racic, V. , Reynolds, P. ve Salyards , K. (Ed.). (2012). *Topics on the dynamics of civil structures, volume 1: Proceedings of the 30th IMAC, A conference on structural dynamics, 2012*. (1. Baskı). Switzerland: Springer, SEM.

Celep, Z. ve Kumbasar, N. (1998). *Betonarme yapılar*. (2. Baskı). İstanbul: Sema Matbaacılık.

Celep, Z. ve Özuygur, A. R. (2017). Şehirlerin prestijli yüzü “yüksek yapılar”. *İmo Bursa Bülten*, 70, 6-13. 26 Ekim 2017, http://bursa.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/b6d14eaa58afa7d_ek.pdf?dergi=1164

Cigada, A., Mola, A., Mola, F., Stella ve G., Vanali, M. (2014). Dynamic behavior of the Palazzo Lombardia Tower: Comparison of numerical models and experimental results. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 28 (3), 491-501

Cigada, A., Mola, E., Vanali, M. ve Manzoni, S. (2016). *Il monitoraggio strutturale permanente: il caso di Palazzo Lombardia a Milano*. 30 Ağustos 2018, <https://www.ingenio-web.it/5878-il-monitoraggio-strutturale-permanente-il-caso-di-palazzo-Lombardia-a-Milano>.

Citylife, (b.t.). 18 Ocak 2019, <https://www.city-life.it/it/business-shopping#&gid=1&pid=3>.

Citylife Apartments / Zaha Hadid Architects, (2016). 15 Şubat 2019, <https://www.archdaily.com/785120/Citylife-apartments-zaha-Hadid-architects/57065831e58ece6718000179-citylife-apartments-zaha-Hadid-Architects-photo>.

Citylife Masterplan, (b.t.). 11 Şubat 2019, <https://libeskind.com/work/Citylife-masterplan/>

Collins, P. (2004). *Concrete: the vision of a new architecture* (2. Baskı). Canada: McGill-Queen's University Press.

Crespi, P. (b.t.). *Nuovi materiali e tecnologie negli edifici alti*. 26 Mayıs 2016, <http://www.cias-italia.it/mwg->

internal/de5fs23hu73ds/progress?id=ARDVaXYzCd5kWxPMK7HeYe18yP1-ezXTvcOee7odfeE.

Dentro I Segreti Del Nuovo Palazzo Lombardia, (2011). 22 Mart 2018, https://www.casaclima.com/ar_5331__ITALIA-Regioni-palazzo-Lombardia--courtain-wall--formigoni--fotovoltaico-Dentro-i-segreti-del-nuovo-palazzo-Lombardia.html.

Doğangün, A. (2011). *Betonarme yapıların hesap ve tasarımı* (7. Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi.

Doğangün, A. (2014). *Betonarme yapıların hesap ve tasarımı* (11. Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi.

Dölen, E. ve Koraltürk, M. (2004). *İlk çimento fabrikamızın öyküsü 1910-2004*. İstanbul: Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı – Lafarge Aslan Çimento ortak yay.

Erdoğan, S. T. ve Erdoğan, T. Y. (b.t.). *Portland çimentosunun Joseph Aspdin tarafından icadı ve çimento üretiminde Aspdin Ailesi'nin rolü*. 26 Kasım 2018, <https://docplayer.biz.tr/9367127-Portland-cmentosunun-joseph-aspdin-tarafından-cadı-ve-cmento-uretmnde-aspdin-alesnn-rolu.html>.

Erdoğan, S. T. ve Erdoğan, T. Y. (2007). Puzolanik mineral katkılar ve tarihi geçmişleri. 2. *Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu ve Sergisi*. Milli Kütüphane Konferans Salonu, Ankara.

Erdoğan, T. (2010). *Beton* (3. Baskı). Ankara: ODTÜ Yayıncılık.

Europaean Committee For Standardization, (2004). *Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1 - 1: General rules and rules for buildings*, Brussels.

Ferreira, F. C. Á. D. M. (2014). *Wind loading analysis of the Unicredit high - rise building*. Yüksek Lisans Tezi, Porto Üniversitesi, Porto.

File: *Ingalls Building Cincinnati 2004. jpg*, (2011). 20 Mart 2019, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ingalls_building_cincinnati_2004.jpg

Finzi, B. ve Rossini, L. (b.t.). *Le strutture metalliche di una grande opera civile: La Torre Isozaki*. 15 Kasım 2018, https://www.ceas.it/wp-content/uploads/2018/11/Le-strutture-metalliche-di-una-grande-opera-la-Torre-Isozaki_Bruno-Finzi.pdf .

Finzi, B. ve Rossini, L. (2017). *La Torre Hadid Nel Quartiere Citylife A Milano: Una Grande Opera Civileche È Oggettodi Un Articolato Monitoraggio Programmato*. 18 Ocak 2019, https://www.ceas.it/wp-content/uploads/2018/11/La-torre-Hadid-nel-quartiere-City-Life-a-Milano_Bruno-Finzi.pdf.

Forty, A. (2012). *Concrete and culture: a material history* (1. Baskı). London: Reaktion Books.

Fröchlich, B. (Ed.). (2002). *Concrete architecture design and construction* (1. Baskı). Switzerland: Birkhauser.

Fu, F. (2018). *Design and analysis of talland complex structures* (1. Baskı). Oxford: Elsvier/Butterworth-Heinemann.

Gani, M. S. J. (1997). *Cement and concrete* (1. Baskı). Avustralya: CRC Press.

Garlock, M. E. M., Adriaenssens, S. (2010). *Truth in tall buildings*. 19 Nisan 2018, <http://khan.princeton.edu/463.pdf>.

Generali Tower, (b.t.). 18 Ocak 2019, <http://www.skyscrapercenter.com/building/generali-tower/2143>.

Generali Tower / Zaha Hadid Architects, (2018a). 15 Ocak 2018a, <https://www.archdaily.com/893309/generali-tower-zaha-Hadid-Architects>.

Generali Tower in Milano, Italy by Zaha Hadid Architects,(2018). 25 Ocak 2019, <https://www.tvarchitect.com/en/article/generali-tower-in-Milano-italy-by-zaha-Hadid-Architects/>

Generali Tower Milan, Italy, (b.t.). 26 Ocak 2019, <https://www.architonic.com/en/project/zaha-Hadid-Architects-generali-tower/5106017>

Generali Tower, Italy, (b.t.). 13 Ocak 2019, <https://www.peri.com/en/projects/skyscrapers-and-towers/generali-tower-milan-italy.html>.

Generali, Tower, (b.t.). 11 Şubat 2019, <http://www.zaha-Hadid.com/architecture/citylife-Milano/>

Grieco, L. (2012). *Arata Isozaki + Andrea Maffei: Citylife Tower under construction*. 22 Aralık 2019, <https://www.designboom.com/architecture/arata-isozaki-andrea-maffei-Citylife-tower-under-construction/>

Guidelines for Performance - Based Seismic Design of Tall Buildings, (2017). 29 Mart 2018, <https://www.acifoundation.org/Portals/12/Files/PDFs/CRC-95-GuidelinesFinalReport.pdf>.

Gürü, M. ve Yalçın, H. (2012). *Malzeme bilgisi* (3. Baskı). Ankara: Palme Yayıncılık.

Hadid Tower, (b.t.). 18 Ocak 2019, <https://www.cmbcarpi.com/en/projects/hadid-tower/>

- Hamidabad, D. B. ve Begeç, H. (2015). Enerji etkin tasarım anlayışının yüksek yapılarda incelenmesi. 2. *Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi*, Ankara.
- Harmankaya, Z. Y. ve Soyluk, A. (2010). Yüksek yapılarda taşıyıcı sistem ve cephe etkileşimi. 5. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Hewlett, P. (2006). *Lea's chemistry of cement and Concrete* (4. Baskı). Oxford: Elsevier.
- High, R. (2010). *Italy's Altra Sede Tower rising high*. 13 Mayıs 2018, <https://www.khl.com/news/italys-altra-sede-tower-rising-high/51585.article>.
- Holcim: *Per La Zaha Hadid Tower 8 mila Mc Dicalcestruzzo In Menodi 48 Ore*, (2014). 23 Ocak 2019, <http://www.impresedilinews.it/holcim-per-la-zaha-Hadid-tower-8-mila-mc-di-calcestruzzo-in-meno-di-48-ore/>
- Infanti, S., Robinson, J. ve Smith, R. J. (2008). Viscous dampers for high-rise buildings. *The 14 th World Conference on Earthquake Engineering*. Beijing.
- Isozaki Tower*, (b.t.). 19 Mart 2019, <https://structurae.net/structures/isozaki-tower>.
- Işık, M. (2008). *Çok katlı betonarme yapılarda taşıyıcı sistem etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- İnşa Şeklimizi Değiştiren Dört Kubbe*, (b.t.). 26 Mayıs 2018, <https://www.natgeotv.com/tr/antik-mega-yapilar/zal-makaleler>.
- Jester, T. C. (Ed.). (2014). *Twentieth - Century building materials: history and conservation* (1. Baskı). Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Johnson, R. P. (1994). *Composite structures of steel and Concrete volume 1* (2. Baskı). Oxford: Blackwell.

- Kasap, H., Başar, İ., Başkaya, E. ve Mert, N. (2017). Perdeli çerçeve sistemlerde boşluklu perdenin boşluk oranının yatay ötelemeye etkisi. *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*. Baku, Azerbaijan.
- Khan, F. R. ve Rankine, J. (1980). *Tall building systems and concepts* (1. Baskı). Newyork: American Society of Civil Engineers.
- Koç, Y., Gültekin, A. B., Durmuş, G. ve Dikmen, Ç. B. (2009). Yüksek yapı tasarımının malzeme ve taşıyıcı sistem kapsamında incelenmesi. *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*. Karabük.
- Köseoğlu, S. (1974). *Pratik sayısal örneklerle temeller statik ve betonarme hesapları* (2. Baskı). İstanbul: Özarkadaş Matbaası.
- Lago, A., Trabucco, D. Ve Wood, A. (2018). *Damping technologies for tall buildings: theory, design guidance and case studies* (1. Baskı). Oxford: Elsiver/Butterworth-Heinemann.
- Lombardia Palace*, (b.t.). 19 Mart 2018c, <https://structurae.net/structures/Lombardia-palace>.
- Macdonald, S. (Ed). (2003). *Concrete: building pathology* (1. Baskı). Oxford: Blackwell Science.
- Mark, L. (2016). *On site: Zaha Hadid Architects' Generali Tower tops out*. 5 Ocak 2019, <https://www.Architectsjournal.co.uk/buildings/on-site-zaha-Hadid-Architects-general-tower-tops-out/10008055.article>.
- Mazzucchelli , E. S., Ancillotti, A. ve Lucchini , A. (2016). The engineering of free forms envelopes: The Case of the Hadid Tower Twisting Shape Façade. *41st IAHS World Congress*. Albufeira, Portugal.

- Mikocki, L. (2013). *Zaha Hadid: Office Tower, Citylife, Milano*. 13 Ocak 2019a, <https://www.designboom.com/architecture/zaha-Hadid-office-tower-Citylife-Milano/>
- Mola, F., Fariello, A., Izzo, L. ve Miglioli, M. (2010). *L'impiego Del Sistema Costruttivo Smq Per La Costruzione Di "Palazzo Lombardia": Concettualità E Realizzazione*. 5 Mayıs 2018, <https://www.yumpu.com/it/document/read/15995135/le-scelte-tecnologiche-cspmagazineit>.
- Mola, F., Mola, E. ve Pallegriani, L. (2017). Supporting a slender tower. *CTBUH Journal*, (1), 26 – 31.
- Mola, E., Mola, F., Stefopoulos, G., Segato, C. ve Pozzuoli, C. (2016). The use of OMA for the validation of the design of the Allianz Tower in Milan. *34th International Modal Analysis Conference*. Orlando, FL.
- Mola, F., Pellegrini, L. M., Mola, E., Pozzuoli, C. ve Tritto, A. (2014). *Palazzo Lombardia: The new seat for Regione Lombardia in Milan (2006-2010)*. 15 Haziran 2018, http://www.ecsd.it/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=i2H5Y2aq2PBek2J2HeBm4j95m3u24hVBD_KgG2H4GbA.
- Molinari, L. ve Catella, K. R. (2015). *Edifici per uffici UniCredit Headquarters*, 11 Mayıs 2016, <http://www.ordinearchitetti.mi.it/it/mappe/Milanohecambia/edificio/289-edifici-per-uffici-unicredit-headquarters/46-p-i-i-garibaldi-repubblica>.
- Negri, L. (Ed.). (2010). "Altra Sede" for the Regione Lombardia. *l'industria Italiana del Cemento*, (854). 13 Ocak 2019, <https://www.aitecweb.com/LinkClick.aspx?fileticket=uOzvOv3FELw%3D&tabid=135&portalid=1&mid=648&forcedownload=true>.

Öke, A. (b.t.). *Yüksek binalar ve problemleri*. 07 Ocak 2019, http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/b6dd7db9af49e67_ek.pdf?dergi=144 Prof. Dr., Altan Öke.

Özbakan, F. (2007). Korumada güncel bir teknolojik sorun: betonarmenin mirası. *Mimarlık Dergisi*, 338. 20 Nisan 2018, <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=288&ReCID=1653>.

Pakzad, S. ve Juan, C. (Ed.). (2016). *Dynamics of civil structures*. 2, (1. Baskı). Switzerland: Springer, SEM.

Palazzo Lombardia, (b.t.). 22 Şubat 2019c, <http://www.skyscrapercenter.com/building/palazzo-Lombardia/2690>.

Palazzo Lombardia, (b.t.). 26 Ağustos 2018c, <https://www.infobuild.it/progetti/palazzo-Lombardia/#>

Palazzo Lombardia, (b.t.). 13 Temmuz 2018, <https://www.pcf-p.com/projects/palazzo-Lombardia/>

Palazzo Lombardia Building (Italy), (b.t.). 18 Nisan 2018, <https://www.generaleprefabbricatispa.com/en/completed-works/palazzo-Lombardia-building/>

Palazzo Lombardia, L'edificio Si Aggiudica Il "Best Tall Building Europe 2012", (2012). 26 Şubat 2019 , https://www.casaclima.com/ar_10675_BREVI-Dalle-Aziende-CSP-Prefabbricati--palazzo-Lombardia-PALAZZO-LOMBARDIA-LEDIFICIO-SI-AGGIUDICA-IL-BEST-TALL-BUILDING-EUROPE-2012.html

Palazzo Lombardia, (b.t.). 26 Şubat 2019 , <http://modulo.net/it/realizzazioni/altra-sede-regione-Lombardia>.

Palazzo Lombardia, Milan, (b.t.). 9 Aralık 2018, <https://www.designbuild-network.com/projects/palazzo-Lombardia-milan/>

Palazzo Lombardia Altra Sede Regione Lombardia - Milano, (2010). 9 Mayıs 2018, <http://www.isainfissi.com/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=mfiYr2LkiyBGbUhPFGsP1Yu4W8X9-YzYduS2bZzrmaA>.

Palazzo Lombardia a Milano, Un cantiere di idee per la nuova sede sede della sede Regione Lombardia, (2011). 9 Mayıs 2018, https://cdnmedia.mapei.com/docs/projects-documents/en-f425ca8c-5d55-4cfb-9190-5c4725f0e528.pdf.pdf?sfvrsn=425d9d5e_8,

*Pigouni, A. E., Castellano, M. G., Borella, R. ve Infanti, S. (2017). 06.05:Wind and earthquake damping system for the Isozaki/Allianz Tower in Milan, Italy. *The 8 th European Conference on Steel and Composite Structures*. Copenhagen.*

*Pigouni, A. E., Castellano, M. G., Borella, R. ve Infanti, S. (2016). Fluid viscous dampers for the Isozaki/Allianz Tower İn Milan, Italy. *Proceedings of the XIV Conference of the Italian Association for Wind Engineering*. Terni, Italy.*

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, (2017). 20 Nisan 2018, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/07/20170703-8.htm>

Plastik Boşluklu Kirişsiz Döşeme Sistemi Nedir?, (b.t.). 11 Şubat 2019, <https://www.yapipedia.com/son-eklenenler/plastik-bo%C5%9Fluklu-kiri%C5%9Fsiz-d%C3%B6%C5%9Feme-sistemi-nedir>.

Podyum, (b.t.). 11 Mayıs 2016, <http://www.alpina-spa.it/en/structures/projects/structures-of-the-general-interest-block-called-Podyum-in-the-garibaldi-repubblica-area-in-milan>.

Polat, G. (2004). *Betonarme yüksek yapılarda kullanılabilirlik taşıyıcı sistemler ve perde çerçevesi bir sistemin statik ve dinamik hesabı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Porta Nuova, (b.t.). 06 Mayıs 2016, <http://www.progettarearchitettura.it/porta-nuova-building-londa-bianca-di-piuarch/>

Porta Nuova, (b.t.). 06 Mayıs 2016, <http://archinect.com/firms/project/106311/unicredit-porta-nuovagaribaldi/129174247>.

Porta Nuova Garibaldi, Italy, (b.t.). 15 Mayıs 2016, <https://www.peri.com/en/projects/skyscrapers-and-towers/puorta-nuova-garibaldi.html#&gid=1&pid=1>.

Porta Nuova Garibaldi, Milano, (b.t.). 10 Mayıs 2016, <http://tekne.ws/8,Portfolio.html>.

Sarı, A. (1970). *Düşey sirkülasyon araçları merdivenler* (2. Baskı). İstanbul: İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi.

Sarı, B. (2006). *İstanbul'da karma kullanımlı yüksek yapılar üzerine karşılaştırmalı bir irdeleme*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Shalmani, M. V. (2013). *Ultra light - weight building*. Yüksek Lisans Tezi, City University, London.

Sık Sorulan Sorular, (b.t.). 9 Mayıs 2019, <http://www.bisamsolar.com.tr/ss.html>.

Singhal, S. (2017). *City Life Milano Residential Complex in Milan, Italy by Zaha Hadid Architects*. 18 Şubat 2019, https://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2017/09/06/___trashed-9___trashed/

Stevens, P. (2017). *Shopping complex by Zaha Hadid Architects opens at the foot of Milan's Generali Tower.* 29 Ocak 2019, <https://www.designboom.com/architecture/zaha-Hadid-general-tower-Citylife-shopping-district-milan-italy-12-07-2017/>

Stevens, P. (2015). *Interview with Andrea Maffei on the realization of Milan's Allianz Tower.* 17 Ocak 2019, <https://www.designboom.com/architecture/allianz-tower-milan-Citylife-arata-isozaki-andrea-maffei-interview-11-03-2015/>

Sutherland, J., Sutherland, R. J. M., Humm, D. ve Chrimes, M. (2001). *Historic concrete: Background to appraisal*, (1. Baskı). London: Thomas Telford.

Şengel, H. S., Erol, H. ve Yavuz, E., (2009). Sismik izolasyon tekniği ve kullanımına ilişkin örnek uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 165-178.

Taranath, B. S. (2010). *Reinforced concrete design of tall buildings* (1. Baskı). FL: CRC Press.

Tekeli, H., Demir, F. ve Atımtay, E., (2008). Çerçeve ve perdeli - çerçeve betonarme binaların ötelenmesi: analitik çözümler. *Gazi Üniv. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (1), 9-19.

The Skyscraper that Twists Into the Sky, (b.t.). 26 Ocak 2019, https://www.allplan.com/fileadmin/user_upload/countries/united-states/PDFs/References/Case_Study_Zaha_Hadid_Tower_US.pdf.

The structure of the Allianz Tower in Milan - Andrea Maffei e Associati, (b.t.). 18 Aralık 2018, <https://www.floornature.com/ceramic-innovation/architectural-solutions/structure-allianz-tower-milan-andrea-maffei-e-associati-13334/>

The CityLife Residences | Zaha Hadid Architects, (b.t.), 20 Mart 2019, <https://www.arch2o.com/the-citylife-residences-zaha-hadid-architects/>

The History of Concrete, (b.t.). 3 Ocak 2018,
<http://matse1.matse.illinois.edu/concrete/hist.html>.

The new headquarters of Regione Lombardia, (b.t.). 18 Mart 2018c ,
<http://www.ordinearchitetti.mi.it/en/mappe/itinerari/edificio/39-the-new-headquarters-of-regione-Lombardia/49-from-the-idea-of-the-city-to-the-built-city-the-garibaldi-repubblica-area>.

The Plaza on Dewitt, (b.t.). 20 Mart 2019d,
<https://www.skyscrapercenter.com/building/the-plaza-on-dewitt/10739>

Torre Zaha Hadid Nell'Area Citylife - Milano, (b.t.). 18 Ocak 2019a,
<http://www.redesco.it/projects/6/zaha-Hadid-tower-in-Citylife-development-milan>.

Tradigo, F., Mussi, A., Petrella, F. ve Pisanò, F. (2017). Settlement prediction and monitoring of a piled raft foundation on coarse - grained soil: the case of the Allianz Tower in Milan. *19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Seoul, Korea.

TS 500 (2000) *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Birinci Baskı, TSE, Ankara.

TS EN 206 (2017) *Beton - Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk*. Birinci Baskı, TSE, Ankara.

TS 13515 (2014) *TS EN 206'nın Uygulamasına Yönelik Tamamlayıcı Standard*. Birinci Baskı, TSE, Ankara.

Türkçü, H. Ç. (2009). *Çağdaş taşıyıcı sistemler* (2. Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi.

Türkçü, H. Ç. (2004). *Yapım ilkeler malzemeler yöntemler* (3. Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, (2018). 10 Nisan 2018, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Twisted Highrise Architecture from Zaha Hadid, (b.t.). 13 Ocak 2019a, [https://structurae.net/products-services/twisted-highrise-architecture-from-zaha-Hadid](https://structurae.net/products-services/twisted-highrise-architecture-from-zaha-hadid).

Uffici “Palazzo Lombardia” Sede della Regione Lombardia, (b.t.). 27 Temmuz 2018, <http://www.tatianamilone.it/pag/progetto-altrasede.htm>

UniCredit Headquarters, Porta Nuova Garibaldi, (b.t.). 06 Mayıs 2016, <http://pcparch.com/project/porta-nuova-towers>

Unicredit Tower, (b.t.). 11 Mayıs 2016, <http://www.e-architect.co.uk/milan/unicredit-tower>

Up With Our Know How (Sematic Elevator Products), (b.t.). 5 Mayıs 2018, liftcomponents.pl/download_file/force/63/210

Vicat, L. J. (1997). *Mortars and cements* (1. Baskı). Newyork: Routledge.

Zaha Hadid Architects, (2018). 18 Ocak 2019, [http://www.zaha-Hadid.com/2018/04/25/13615/](http://www.zaha-hadid.com/2018/04/25/13615/)