

**HAFİF GIYDIRME CEPHE SİSTEMLERİNİN TASARIMINDA  
GEOMETRİK DÜZEN OLUŞTURMA  
İLKELERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ayşegül HAZER**

**Anabilim Dalı: Mimarlık**

**Programı: Yapı Bilgisi**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. İlkay KOMAN**

**TEMMUZ 2022**



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

**HAFİF GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN TASARIMINDA  
GEOMETRİK DÜZEN OLUŞTURMA  
İLKELERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ayşegül HAZER**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Yapı Bilgisi Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. İlkay KOMAN**

**TEMMUZ 2022**







*Aileme,*



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

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

beyan ederim.

Ayşegül HAZER

04.07.2022





## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında rehberliği ile değerli vaktini benimle paylaşan tez danışmanım Prof. Dr. İlkey KOMAN'a katkılarından ötürü teşekkür ederim. Akademik ve mesleki çalışmalarımın gerçekleşmesinde bugüne kadarki eğitim hayatımda payı olan saygıdeğer tüm hocalarıma, en büyük destekçim ve motivasyon kaynağım olan sevgili ailem ile hayatımda olan tüm değerli insanlara teker teker teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Temmuz 2022

Ayşegül Hazer





“Mimarlığın hayata geçmesini sağlayan ve tasarımı geometrik oranlara ulaştıran ‘düzenleyici çizgiler’ vardır; bu matematiksel oranlar düzeni algılamamızı sağlayarak bizde hoşnutluk yaratırlar.”<sup>1</sup>

Le Corbusier

---

<sup>1</sup> (Corbusier, 1999)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER .....	xiii
KISALTMALAR .....	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xxi
ÖZET.....	xxv
SUMMARY .....	xxvii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemin Tanımı.....	2
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	3
1.3 Çalışmanın Yöntemi.....	4
<b>2. HAFİF GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNDE TASARIM VE UYGULAMA İLKELERİ.....</b>	<b>5</b>
2.1 Cephe Tasarımına Etki Eden Kriterler .....	5
2.2 Hafif Giydirme Cephe Sistemleri ve Uygulama İlkeleri.....	10
2.2.1 Çubuk (Stick) Sistem .....	12
2.2.2 Panel (Unitized) Sistem .....	14
2.3 Hafif Giydirme Cephelerde Montaj Prensipleri .....	16
<b>3. CEPHE TASARIMINDA GEOMETRİK DÜZEN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Geometrik Düzen Oluşturma Yöntemleri .....	20
3.2 Cephe Tasarımında Geometrik Düzen Oluşturma Yöntemleri .....	26
3.3 Cephe Tasarımında Geometrik Düzen Oluşturma Kriterleri .....	35
3.4 Bölüm Sonucu .....	39
<b>4. HAFİF GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİ UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ .....</b>	<b>45</b>
4.1 İnceleme Yöntemi .....	45
4.2 Örnek Binaların İncelenmesi.....	47
4.2.1 Arthaland Century Pacific Kulesi, Tacloban, Filipinler, 2016 .....	47
4.2.2 Tokyu Plaza Ginza, Tokyo, Japonya, 2016 .....	49
4.2.3 Tenjin İş Merkezi, Fukuoka, Japonya, 2021 .....	51
4.2.4 Spertus Yahudi Araştırmaları Enstitüsü, Chicago, Amerika Birleşik Devletleri, 2007.....	53
4.2.5 Japan Tobacco Uluslararası (JTI) Yönetim Binası, Cenevre, İsviçre, 2015.....	55
4.2.6 Taipei Hoya Holding Yönetim Binası, Zhongshan, Tayvan, 2018 .....	56
4.2.7 J6 Front Ofis Binası, Tokyo, Japonya, 2008.....	58
4.2.8 Tri-Tessellate Ofis Binası, Noida, Hindistan, 2018 .....	60
4.2.9 Güney Avustralya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü, Adelaide, Avustralya, 2014 .....	62
4.2.10 Shenzhen Venture Capital – Özel Şirket Kulesi, Nshan, Çin, 2015 .....	64

4.2.11 Pingjiang Wonder Kitabevi, Suzhou, Çin, 2018 .....	66
4.2.12 Futurium Berlin, Berlin, Almanya, 2017 .....	68
4.2.13 Yamaha Ginza, Tokyo, Japonya, 2010 .....	70
4.2.14 Prada Aoyama Binası, Tokyo, Japonya, 2003 .....	72
4.2.15 Seattle Halk Kütüphanesi, Seattle, Amerika Birleşik Devletleri, 2004 ..	74
4.2.16 Biovet Yönetim Binası, Peshtera, Bulgaristan, 2016 .....	76
4.2.17 Harpa Konser Salonu ve Konferans Merkezi, Reykjavik, İzlanda, 2011	78
4.2.18 Trutec Binası, Seul, Güney Kore, 2006 .....	79
4.2.19 Melbourne Resital Merkezi, Melbourne, Avustralya, 2009.....	81
4.2.20 Square Brussels Kongre Merkezi, Bürüksel, Belçika, 2006 .....	82
4.3 İncelenen Örnek Uygulamaların Karşılaştırılması .....	84
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>96</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>99</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>113</b>



## **KISALTMALAR**

<b>ASHRAE</b>	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
<b>BERDE</b>	: Building for Ecologically Responsive Design Excellence
<b>CAD</b>	: Computer Aided Design
<b>CCF</b>	: Closed Cavity Facade
<b>CNC</b>	: Computer Numerical Control
<b>CWCT</b>	: Centre for Window and Cladding Technology
<b>EDGE</b>	: Excellence in Design for Greater Efficiencies
<b>HGC</b>	: Hafif Giydirme Cephe
<b>LEED</b>	: Leadership in Energy and Environmental Design
<b>SAHMRI</b>	: South Australian Health and Medical Research Institute
<b>SOM</b>	: Skidmore, Owings and Merrill
<b>VC-PE</b>	: Venture Capital – Private Enterprise
<b>WGBCOCSL</b>	: World Green Building Councils Online Case Study Library





## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 3.1 :</b> Hafif giydirmce cephe sistemlerinin tasarımında geometrik düzen oluşturma ilkelerinin belirlenmesinde etkili olan değerlendirme kriterleri .....	<b>44</b>
<b>Tablo 4.1 :</b> Tez çalışması kapsamında gruplandırılan cephe panel geometrik biçimleri ve incelenen örnek yapılar .....	<b>46</b>
<b>Tablo 4.2 :</b> Hafif giydirmce cephe uygulama örneklerinin karşılaştırılması .....	<b>91</b>



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1 :</b> Cephe tasarımında dikkate alınması gereken ve hedefleri belirleyen ana kriterler .....	<b>6</b>
<b>Çizelge 3.1 :</b> Cephe tasarımında dikkat edilmesi gereken kriterler .....	<b>40</b>
<b>Çizelge 4.1:</b> Kat yüksekliği ve panel yüksekliği ortalama değerlerinin karşılaştırılması .....	<b>87</b>
<b>Çizelge 4.2 :</b> Panel genişliği ve bağlantı elemanı tekrar sıklığı ilişkisinin kıyaslanması .....	<b>90</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Cephe tasarım ekibi üyeleri arasındaki ilişki .....	8
Şekil 2.2 : Giydirme cephelerin tasarım ve yapım süreçleri.....	8
Şekil 2.3 : Tipik bir ağır giydirme cephe örneği.....	11
Şekil 2.4 : Çubuk (stick) sistemin montaj şeması.....	13
Şekil 2.5 : Panel (unitized) sistem montaj şeması .....	15
Şekil 2.6 : a) Döşeme üzerinden ankraj elemanının montajı b) Döşeme altından ankraj elemanının montajı .....	17
Şekil 2.7 : HGC Alüminyum ankraj elemanı.....	17
Şekil 2.8 : Tipik bir çubuk (stick) yapım sistemine ait bağlantı elemanı tekrar düzeni .....	18
Şekil 3.1 : İki boyutlu yüzeylerden oluşan öklid geometrik şekilleri .....	22
Şekil 3.2 : Mauritus Cornelius Escher'in resim sanatından bir parça ve tesselayon teknigi.....	23
Şekil 3.3 : İslami süsleme sanatında tesselayon kullanımı .....	24
Şekil 3.4 : Düzenli tesselayon .....	25
Şekil 3.5 : Çokgenlerin kenar sayısına bağlı sadeleştirilmiş geometrik tipolojinin temsili a) eşkenar üçgen b) ikizkenar üçgen c) dik açılı üçgen (right triangle) d) eşkenar dörtgen (rhombus) e) voronoi bölümlendirmesi f) keyfi bölümlendirme .....	28
Şekil 3.6 : a) Eşkenar dörtgen (rhombus) ve b) Dik açılı eşkenar dörtgen.....	29
Şekil 3.7 : Üçgensel ve dörtgen ızgaralardaki düğüm noktaları .....	30
Şekil 3.8 : Temelde beşgen ve altıgen geometrisinin tesselayonundan oluşan Buckyball .....	31
Şekil 3.9 : a) Voronoi diyagramı b) Delaunay üçgenlemesi.....	31
Şekil 3.10 : Bina köşe aksı paneli geometri oluşturma stratejileri .....	34
Şekil 4.1 : Arthaland Century Pacific Tower binası ve cephe geometrisinin görüntüsü .....	48
Şekil 4.2 : Arthaland Century Pacific Kulesi, yamuk panel geometrisine sahip cephe modülü .....	49
Şekil 4.3 : Tokyu Plaza Ginza binası ve cephe geometrisinin görüntüsü.....	50
Şekil 4.4 : Tokyu Plaza Ginza, yamuk panel geometrisine sahip cephe modülü .....	51
Şekil 4.5 : Tenjin İş Merkezi binası ve dikdörtgen cephe geometrisinin görünümü. .	52
Şekil 4.6 : Tenjin İş Merkezi, dikdörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü..	53
Şekil 4.7 : Spertus Institute of Jewish Studies binası ve dikdörtgen cephe geometrisinin görüntüsü.....	54
Şekil 4.8 : Spertus Yahudi Araştırmaları Enstitüsü, dikdörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü .....	55
Şekil 4.9 : Japan Tobacco International (JTI) Headquarters binası ve üçgen cephe geometrisinin görünümü .....	55

<b>Şekil 4.10</b> : Japan Tobacco Uluslararası (JTI) Yönetim Binası, dik açılı üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü .....	<b>56</b>
<b>Şekil 4.11</b> : Taipei Hoyo Holding Yönetim Binası ve üçgensel cephe geometrisinin görünümü.....	<b>57</b>
<b>Şekil 4.12</b> : Taipei Hoyo Yönetim Binası, dik açılı üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü .....	<b>58</b>
<b>Şekil 4.13</b> : J6 Front Ofis Binası ve ikizkenar üçgen cephe geometrisinin görünümü .....	<b>59</b>
<b>Şekil 4.14</b> : J6 Front Ofis Binası, ikizkenar üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü....	<b>60</b>
<b>Şekil 4.15</b> : Tri-Tessellate Ofis Binası ve ikizkenar cephe geometrisinin görüntüsü .....	<b>61</b>
<b>Şekil 4.16</b> : Rti-Tessellate Ofis Binası, ikizkenar üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü .....	<b>62</b>
<b>Şekil 4.17</b> : South Australian Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü binası ve eşkenar üçgen cephe geometrisinin görüntüsü .....	<b>63</b>
<b>Şekil 4.18</b> : Güney Avustralya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü, eşkenar üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü.....	<b>64</b>
<b>Şekil 4.19</b> : Shenzhen Venture Capital – Özel Şirket Kulesi binası ve eşkenar üçgen cephe geometrisinin görüntüsü.....	<b>65</b>
<b>Şekil 4.20</b> : Shenzhen Venture Capital – Özel Şirket Kulesi, eşkenar üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü .....	<b>66</b>
<b>Şekil 4.21</b> : Pingjiang Wonder Kitabevi ve üçgensel cephe geometrisinin görüntüsü .....	<b>67</b>
<b>Şekil 4.22</b> : Pingjiang Wonder Kitabevi, dar açılı üçgensel panel geometrisinin cephe modülü.....	<b>68</b>
<b>Şekil 4.23</b> : Futurium Berlin binası ve eşkenar dörtgen cephe geometrisinin görüntüsü .....	<b>69</b>
<b>Şekil 4.24</b> : Futurium Berlin, dik açılı eşkenar dörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü. ....	<b>70</b>
<b>Şekil 4.25</b> : Yamaha Ginza binası ve eşkenar dörtgen cephe geometrisinin görüntüsü. ....	<b>71</b>
<b>Şekil 4.26</b> : Futurium Berlin, dik açılı eşkenar dörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü. ....	<b>72</b>
<b>Şekil 4.27</b> : Prada Aoyama Binası ve eşkenar dörtgen cephe görüntüsü.....	<b>73</b>
<b>Şekil 4.28</b> : Prada Aoyama Binası, eşkenar dörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü.....	<b>74</b>
<b>Şekil 4.29</b> : Seattle Halk Kütüphanesi binası ve cephe geometrisinin görünümü ...	<b>75</b>
<b>Şekil 4.30</b> : Seattle Halk Kütüphanesi, eşkenar dörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü. ....	<b>76</b>
<b>Şekil 4.31</b> : Biovet Yönetim Binası ve altıgen cephe geometrisinin görüntüsü. ....	<b>76</b>
<b>Şekil 4.32</b> : Biovet Yönetim Binası, düzgün altıgen panel geometrisine sahip cephe modülü.....	<b>77</b>
<b>Şekil 4.33</b> : Harpa Konser Salonu ve Konferans Merkezi binası ve çokgen cephe geometrisinin görüntüsü. ....	<b>78</b>
<b>Şekil 4.34</b> : Harpa Konser Salonu ve Konferans Merkezi, düzensiz çokgen panel geometrisine sahip cephe modülü. ....	<b>79</b>
<b>Şekil 4.35</b> : Trutec Binası ve serbest geometrik biçimlenişe sahip cephe görüntüsü	<b>80</b>

<b>Şekil 4.36</b> : Trutec Binası, delaunay tekniği serbest panel geometrisine sahip cephe modülü.....	<b>81</b>
<b>Şekil 4.37</b> : Melbourne Recital Centre binası ve cephe geometrisinin görüntüsü.....	<b>81</b>
<b>Şekil 4.38</b> : Melbourne Resital Merkezi, voronoi diagramı serbest panel geometrisine sahip cephe modülü.....	<b>82</b>
<b>Şekil 4.39</b> : Square Brussels Kongre Merkezi binası ve serbest biçimli cephe geometrisinin görüntüsü.....	<b>83</b>
<b>Şekil 4.40</b> : Square Brussels Kongre Merkezi, keyfi bölümlendirme serbest panel geometrisine sahip cephe modülü .....	<b>84</b>
<b>Şekil 4.41</b> : Geometriye göre ortalama kat yüksekliği grafik ilişkisi.....	<b>86</b>
<b>Şekil 4.42</b> : Geometriye göre ortalama panel yüksekliği ilişkisi.....	<b>87</b>
<b>Şekil 4.43</b> : Geometriye göre ortalama panel genişlik ölçüsü ilişkisi .....	<b>88</b>
<b>Şekil 4.44</b> : Geometriye göre ortalama bağlantı elemanı tekrar ilişkisi.....	<b>89</b>







# HAFİF GIYDIRME CEPHE SİSTEMLERİNİN TASARIMINDA GEOMETRİK DÜZEN OLUŞTURMA İLKELERİNİN İNCELENMESİ

## ÖZET

Cephe, yapının iç ortamı ile dış ortamı arasında sınır görevi gören önemli bir bina alt sistemidir. Sürekli değişen dış ortam koşulları ile iç ortam arasında kullanıcı konforunu sağlama görevi bulunduğundan birçok performans ölçütünü aynı anda karşılaması beklenmektedir. Öte yandan binaların ana yüzü konumunda bulunması estetik algının güçlü kurulmasını gerektirir. 19. yy'dan itibaren teknolojiye yaşanan gelişmeler ve yapım sistemlerindeki değişimler neticesinde geleneksel masif dış duvarların yerini daha hafif olan giydirme cephe sistemleri almıştır. Kısa süre içerisinde yaygın kullanım alanına kavuşmalarının sebebi şüphesiz özgün tasarım olanakları sayesinde. Endüstriyel birer ürün olmaları gereği, bu sistemlerin üretim evreleri çeşitli standardizasyon kalıplarınca gerçekleşmektedir. Bu nedenle ilk örnekler olan dikdörtgen biçimli ızgaralar en ekonomik çözümler olarak görülmüş ve uzun bir süre cephe tasarıma hâkim olmuştur. Günümüzde bilgisayar yazılımlarının üretim süreçlerine dahil olmasıyla farklı geometrik konfigürasyonlar ile çok daha geniş ölçeklerde kullanılmaya başlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında hafif giydirme cephe panellerinin farklı geometrik konfigürasyonları, incelenen örnek yapılar üzerinden gruplandırılarak cephe tasarım ve üretim süreçlerine bir çözüm stratejisi oluşturmak amaçlanmıştır. Tasarım sürecinin erken aşamalarında ortak bir tasarlama dilinin geliştirilmesi, modülasyonun sağlanması ve uyarlanabilirlik ilkelerinin işler kılınması hedeflenmiştir. Tasarım ile detaylandırma ve uygulama arasındaki ilişkiler ve buna bağlı yöntemler araştırılmıştır. Tespit edilen geometrik düzen ilkeleri ile üretim sürecine kılavuz oluşturmak bu sayede özelleşen panel ve eleman sayısının azaltılması, zaman ve para kayıplarının önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Beş bölümden oluşan çalışmanın adımları aşağıda özetlenmiştir.

Giriş bölümünde çalışmanın kapsamı belirlenmiş çalışma amacı açıklanarak yönteminden bahsedilmiştir. İkinci bölümde cephe tasarımına etki eden faktörler sıralanmış, tasarım kararları ve bağlı oldukları paydaşlar belirlenmiştir. Hafif giydirme cephe sistemlerinin tanımı yapılarak uygulama ilkeleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde, geometrik düzen oluşturma yöntemleri tarihsel süreç ve bilimsel literatür taranarak açıklanmıştır. Cephe tasarımında yararlanılan

geometrik düzen oluşturma yöntemleri hakkında bilgi verilmiş, literatür taraması sonucunda elde edilen bulgular üzerinden değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Dördüncü bölümde örnek binaların cephe yüzey alanlarında yapılan incelemelerde, panel geometrileri sınıflandırılmış ve doğrusal yüzeylerden oluşan cephe sistemleri değerlendirme kriterlerince analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Beşinci bölümde, diğer bölümlerde yapılan incelemeler ve karşılaştırmalar değerlendirilerek geometrik düzen ilkeleri ile tasarımın erken aşamalarında bir optimizasyon stratejisinin oluşturulabilirliği tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Cephe tasarımı, giydirme cepheler, geometrik düzen.*



## **THE PRINCIPLES OF FORMING GEOMETRIC ORDER IN DESIGN OF LIGHT CURTAIN WALL SYSTEMS**

### **SUMMARY**

The facade is an important building sub-system that acts as a boundary between the internal environment and the external environment of the building. It is expected to meet many performance criteria at the same time, as it has the task of providing user comfort between the constantly changing outdoor conditions and the indoor environment. On the other hand, the fact that it is the main face of the buildings requires a strong aesthetic perception. As a result of developments in technology and changes in construction systems since the 19th century, traditional massive exterior walls have been replaced by lighter curtain wall systems. Thanks to their unique design possibilities, they have gained widespread use in a short time. Due to the fact that they are industrial products, the production phases of these systems are carried out by various standardization molds. For this reason, rectangular grids, which are the first examples, were seen as the most economical solutions and dominated the facade design for a long time. Today, with the inclusion of computer software in production processes, different geometric configurations have begun to be used on much larger scales.

Within the scope of this thesis, it is aimed to create a solution strategy for the facade design and production processes by grouping the different geometric configurations of light curtain wall panels over the sample structures examined. In the early stages of the design process, it is aimed to develop a common design language, to provide modulation and to make adaptability principles work. Relationships between design, detailing and implementation and related methods were investigated. It is aimed to form a guide to the production process with the determined geometric order principles, thus reducing the number of customized panels and elements, and preventing time and money losses.

The steps of the five-part study are summarized below.

In the introduction part, the scope of the study was determined, the purpose of the study was explained, and the method was mentioned. In the second chapter, the factors affecting the facade design are listed, the design decisions and the stakeholders they are connected to are determined. Light curtain wall systems were defined and information was given about the application principles. In the third chapter, the methods of creating geometric order are explained by scanning the historical process and scientific literature. Information was given about the geometrical layout methods used in facade design, and evaluation criteria were determined based on the findings obtained as a result of the literature review. In the fourth chapter, in the examinations made on the facade surface areas of the sample buildings, the panel geometries were classified, and the facade systems consisting of planar surfaces were analyzed and compared according to the evaluation criteria. Chapter five discusses the principles of geometric layout and the feasibility of creating an optimization strategy in the early stages of design by evaluating the reviews and comparisons made in other chapters.

**Keywords:** *Facade design, curtain wall, geometric order.*



## 1. GİRİŞ

Binayı dış etkilerden koruyan düşey katman olan cephe sisteminden, sürekli değişen dış ortam koşulları ile iç ortam arasında kullanıcı konforunu sağlama; ısı kontrolü, sızdırmazlık, hava akımı ve ışık geçirgenliği gibi performans ölçütlerini karşılaması beklenmektedir. Yapının görünen yüzü konumunda olması ile de cephe yüzeyi, kullanıcı ile ilk karşılaşma rolünü üstlenir. Bunun yanı sıra kentsel mekânın algılanmasında görsel bir unsur olma niteliğine de sahiptir. Mimarlık tarihinde bu görsel algının elde edilmesi geometrik oranlar ve düzenlerin kullanımı ile olmuştur. Endüstri devrimine kadar masif duvarların kullanımı ile oluşturulan cephe estetiği, yapı üretim teknolojilerindeki yenilikler sayesinde günümüzde hafif malzemelerin kullanımı ile de gerçekleştirilmektedir. Özellikle çok katlı yüksek binaların sayısının artması ile yapı yükünün azaltılması ihtiyacı doğmuş bu doğrultuda ağır dış duvarlar yerlerini taşıyıcı görevi olmayan hafif sistemlere bırakmıştır. ‘Hafif giydirme cephe’ olarak adlandırılan bu sistemler bina strüktürü tarafından desteklenen prefabrike cephe elemanlarından oluşmaktadır. Endüstriyel birer ürün olmaları, yapı kabuğundan beklenen performans ölçütlerini yüksek oranda karşılamaları ve geniş saydam yüzeylere imkân tanır olmaları gibi avantajları hafif giydirme cephe sistemlerinin 20.yy’ın başından itibaren yaygın kullanılan dış duvar sistemleri olmalarını sağlamıştır.

Metal, cam, plastik, kompozit vs. gibi malzemelerden üretilen hafif giydirme sistemlerin cephe panelleri seri üretimin bir gereği olarak belirli koordinasyonlarda üretilmektedir. Bu alanda faydalanılan geometrik konfigürasyonlar, serbest biçimli yüzeylerin yakın zamandaki gelişimi sayesinde dikdörtgen biçimli tasarımın çok ötesine geçmiştir (Brzezicki, 2018a). Eğrisel yapı kabuğunda uygun kaplama elemanın üretilebilmesi için bir çözüm aracı olarak kullanılan geometri ilkeleri, doğrusal cephelerde binanın ölçek algısını değiştirmek veya yapı strüktür izinin takibi gereği kullanılmaktadır (Pottmann ve diğerleri, 2015).

Cephe tasarımında geometrik örüntüler, estetik kaygıların ötesinde küreselleşmenin ortaya çıkardığı birtakım sorunlara çözüm önerisi olarak da kullanılmaktadır (Zaera-Polo, 2009). Maliyet, zaman ve enerji kayıplarından ötürü üretim aşamasının standardizasyona ihtiyacı vardır. Bu nedenle cephe üzerinde tekrar eden geometrinin belirlenmesi üretim sürecine ek yapım sürecini de düzene sokmaktadır. Bir cephe tasarım kriteri olan geometrik düzen oluşturma ilkelerinin sınıflandırılıp tanımlı hale getirilmesi esnek tasarım yaklaşımlarına imkân verirken tekil eleman sayısının azaltılmasında yardımcı olabilir.

### **1.1 Problemin Tanımı**

Günümüzde yüksek performans talepleri, yapı sistemlerini karmaşık bir hale getirmektedir. Cephe inşaatı da bu karmaşık yapı sistemlerden biridir ve karmaşanın giderilmesi için cephe tasarımı belirli bir planlama doğrultusunda oluşturulmalıdır. Örneğin cephe elemanları için izin verilen toleranslar milimetre aralığında olduğundan üretim ve montaj yüksek derecede prefabrikasyona ulaşmıştır (Klein, 2013). Bu anlamda cephe tasarımı, belirlenen pazar ihtiyaçları bağlamında standart üretim aşamaları halinde gerçekleştirilir. Ancak cephe tasarımı bina formuna bağımlıdır ve her proje farklı tasarım gerekliliklerine sahiptir. Bu durumda standart ürünler ile esnek tasarım yaklaşımları oluşturabilme ihtiyacı doğmaktadır. Son yıllarda serbest formlu mimari tasarımların trend haline geldiği ve tüm yüzeyin neredeyse tamamen birbirinden farklı boyut ve geometrilerde kaplama elemanı gerektirdiği düşünüldüğünde, her bir elemanın üretimi için yüksek enerji sarfıyatı açığa çıkmaktadır. Bu durum zaman ve mali kayıpların beraberinde yüksek oranda karbon salınımına da neden olmaktadır. Bu anlamda sürdürülebilir yapı tasarımına malzeme üretim aşamasında başlanmalı bu da benzer biçimlerin standart üretim yöntemleri ile sağlanmalıdır. Her proje birbirinden farklı olsa da cephede kullanılan malzeme benzer mühendislik ürünüdür. Bu noktada farklı müşteri talepleri kitlesel özelleştirme kavramı yani modüler ürün mimarisiyle çözüme kavuşturulabilir. Cephe tasarımında geometrik düzen oluşturma ilkeleri incelenerek kriterlerin belirlenmesi tasarım, üretim ve montaj süreçleri için bir rehber oluşturulabilir. Bu tespitler doğrultusunda çalışmada aşağıdaki araştırma sorularına odaklanılmıştır:

S1: Girdirme cephe sistemlerinde geometrik düzen oluşturma kriterleri nelerdir?

S2: Giydirmeye cephelerde geometrik dzenin yapısal detaylandırmaya etkisi nedir?

S3: Giydirmeye cephe sistemlerinin tasarımı için geometrik düzen oluşturma kriterleri bağlamında bir optimizasyon stratejisi geliştirilebilir mi?

## 1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Gelişen teknolojiyle birlikte dijital araçların kullanımının yaygınlaşması, tasarım yaklaşımının da değişmesine sebep olmuştur. Bu durum cephe özelinde, giderek artan sayıdaki kent simgesi haline gelen bina örneklerinden gözlenebilir. Geleneksel anlamda giydirmeye cephe sistemlerinin ızgara veya panel geometrisinde kullanılan dikdörtgen biçiminin yerine günümüzde, bina ölçek algısını değiştirmek veya serbest formlu yüzeyleri kaplayabilmek için farklı geometrilere ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde bu alanda yapılan araştırmalar ulaşılan kaynaklarda süreç girdileri hakkında düşük ayrıntı düzeyinin olduğunu göstermektedir. Cephede kullanılan bu gibi yenilikçi tasarlama yaklaşımlarını örnek binalar incelenerek sınıflandırmak ve bu sayede literatüre katkıda bulunmak hedeflenmiştir. Dikdörtgen olmayan geometrik konfigürasyonların cephede kullanımıyla ilgili literatürdeki çalışmalar ışığı doğrusal ileten cephe sistemlerinde nispeten daha azdır. Bu nedenle tez çalışması kapsamında örnek binalar temelinde doğrusal cephe düzlemleri incelenmiştir.

Bu tezin amacı yukarıda bahsi geçen literatür boşluğuna katkı yapabilmek ve giydirmeye cephe sistemlerinin tasarımı için bir optimizasyon stratejisi geliştirmektir. Geometrik düzen ilkelerinin cephe tasarımının erken aşamalarında bilinçli bir şekilde kullanımı ile malzeme kayıplarının önüne geçilebilir, enerji tasarrufu sağlanabilir ve bina köşe noktalarındaki panel geometrik biçimi de birim yüzeye uygun hale getirilebilir.

Çalışma kapsamında hafif giydirmeye cephe sistemleri ve uygulama ilkeleri hakkında bilgi verilecek, cephe tasarımına etki eden faktörler detaylandırılacak, geometrik düzen oluşturma ilkeleri ile tarihi dönemlerden günümüze değin cephe tasarımındaki kullanım yöntemleri araştırılacak ve incelenen örnekler üzerinden yapılan



karşılaştırmalar ile uygulama prensip kriterleri oluşturulacak, giydirme cephe sistemlerinin tasarımı için bir optimizasyon stratejisi önerilecektir.

### **1.3 Çalışmanın Yöntemi**

Çağdaş mimaride düşey kabuk olarak nitelendirilen hafif giydirme cephe sistemleri araştırmanın konusu olarak seçilmiş, cephe tasarımında etkin rol oynadığından geometrik düzen ilkeleri çözüme yönelik bir çalışma amacı olarak görülmüştür. Bu doğrultuda yürütülen çalışmada hafif giydirme cephe sistemlerinin tasarım, uygulama ve montaj ilkeleri ile geometrik düzen oluşturma yöntem ve kriterlerinin belirlenmesinde ‘literatür taraması’ kullanılmıştır. Literatürde karşılaşılan geometrik düzen oluşturma kriterleri araştırılmış bu anlamda bir veri analizi yapılmıştır. Daha sonra bu kriterler karşılaştırmaya sıklıklarına göre gruplandırılmış ve tablo haline getirilerek değerlendirme kriterleri olarak yorumlanmıştır.

Hafif giydirme cephe sistemlerinin tasarımında geometrik düzen oluşturma ilkelerinin incelendiği uygulama örneklerinde teknik doküman ve bilimsel yayınlar karşılaştırmalı biçimde araştırılmıştır. Bu incelemeler sonucunda her bir geometrik konfigürasyondan en az bir en çok ikişer tane olmak üzere yapı örnekleri seçilmiştir. İnceleme örneklerinin teknik özellik ve yapısal ilkeleri CAD programları yardımıyla çizim ortamına aktarılmıştır. Tablo haline getirilen örnekler yapı özellikleri bakımından değerlendirme kriterlerince karşılaştırılmıştır. Hafif giydirme cephe sistemlerinin tasarımında geometrik düzen ilkelerinden faydalanılarak biçim ve yapı ilişkisi açısından bir optimizasyon stratejisi oluşturabilmek tartışılarak çalışma sonuçlandırılmıştır.

## **2. HAFİF GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNDE TASARIM VE UYGULAMA İLKELERİ**

### **2.1 Cephe Tasarımına Etki Eden Kriterler**

Cepheler, binanın iç ve dış ortamı arasında ayırıcı bir katman görevinde olan genellikle düşey ve doğrusal yüzeylerdir (Herzog ve diğerleri, 2017). Binanın ana yüzü konumundadır ve kent dokusunun oluşumunda büyük öneme sahiptirler. Mimarlık tarihinden bugüne kadar bölgenin kimliğini oluşturan ve yaşam biçimi hakkında ipuçları veren cephelerde estetik ifade cephe tasarımında en baskın araç olarak kullanılmaktadır.

Cephe tasarımı, mimari tasarım evresinin önemli bir alt sürecidir. Cephenin binada üstlendiği işlevsel rollere ek olarak yapının kültürel, sosyal ve politik statüsünü ifade etmede tasarım büyük öneme sahiptir. Bu nedenle cephe tasarımı mimari tasarım evresinden ayrı düşünülemez. Bu süreç yapı kabuğu tasarımı olarak da adlandırılır (Kültür, 2019). Bina tasarımı bağlamında ele alındığından her proje için benzersiz olmayı gerektirir. Bu da her projenin kendine has bir tasarım süreci olduğu anlamına gelmektedir.

Herzog ve diğerleri (2017) bir cephe tasarımını belirleyen başlıca kriterleri; kullanıcı gereksinimleri, binanın taşıyıcı sistemi, malzeme özellikleri ve bunların geometrik düzen ilkeleri içinde birleşimi, inşaat ve teknik uygulama konularında yeterlilik olarak sıralamıştır. Bu kriterlerden kullanıcı gereksinimleri, iklim tipi veya bina tipolojisine hatta farklı ülkelerin standartlarına ve yönetmeliklerine göre de değişiklik gösterebilir. Kullanıcı gereksinimlerinin karşılanıp karşılanmadığının incelenmesi için performans ölçütlerinden yararlanır. Bunlar aynı zamanda cephe tasarımında dikkat edilmesi gereken başlıca kriterlerdir. Bu ölçütler; ısı ve hava akımının kontrolü, yağmur, kar, su buharı gibi herhangi bir su girişinin kontrolü, güneş ışığı ya da başka ışınım yolları ile enerjinin kontrolü, rüzgâr ve sismik hareketler gibi olası hareketlerinin kontrolüdür. Ayrıca her bileşen kendi içinde ses, ısı ve yangın

yalıtımına karşı dayanıklı olacak şekilde detaylandırılmalıdır. Herzog ve diğerlerinin (2017) bir diğer tasarım kriterlerinden olan bina taşıyıcı sistemi, bağlantı elemanının tasarımı ve yerleşim yerinin kararı üzerinde etkilidir. İnşaat sürecinde cephe montajının önceden tamamlanması diğer yapım süreçlerinin hızlanmasını sağlayacağından strüktürel elemanların montaj için hazır olması gereklidir. Bu elemanların çelik veya betonarme sistemden oluşması bağlantı elemanının malzeme seçimini belirler. Bir diğer kriter olan inşaat ve teknik uygulama aşaması da yine taşıyıcı sisteme benzer biçimde bağlantı elemanının ankraj yeri ve tekrar düzeni üzerinde etkiye sahiptir. Tüm bu montaj prensipleri 2.3. bölümde detaylıca anlatılacaktır. Herzog ve diğerlerinin (2017) son kriteri olan malzeme özelliklerinin geometrik düzen ilkeleri içinde birleşimi, tez çalışmasının da konusunu oluşturan binanın hacim algısını değiştirmenin yanı sıra üretim süreçlerini de düzene sokan bir yaklaşımdır. 3. bölümde detaylıca açıklanacak ve 4. bölümde literatür incelemeleri sonrasında karşılaştırılan örnekler üzerinden geometrik düzen ilke yaklaşımları ile bir optimizasyon stratejisi geliştirilebilir mi sorusunun cevabı aranacaktır.

Cephe tasarım sürecini etkileyen kriterler üzerine son araştırmalardan biri de Başarır'a (2019) aittir. Doktora tez çalışmasında Başarır (2019) detaylı bir literatür araştırması ortaya koymuş, buna göre literatürde bir tasarım kriterinin birden çok şekilde ifade edilebildiği ve bir kriterin birden çok ana hedef altında incelenebildiği tespit edilmiştir (EK A). Bu durum sistematik bir şekilde gruplandırmayı zorlaştırmakla birlikte, tüm tasarım kriterleri genel olarak tanımlanarak tasarım hedefleri belirlenirken dikkate alınması gereken ana kriterler Çizelge 2.1'de gösterildiği gibi ortaya koyulmuştur (Başarır, 2019).

**Çizelge 2.1** : Cephe tasarımında dikkate alınması gereken ve hedefleri belirleyen ana kriterler (Başarır, 2019).

Numaralandırma	Tasarım hedeflerini belirleyen ana kriterler
1	Yapısal çevre
2	Mekânsal biçimlendirme/form/boyutlandırma
3	Yasal kısıtlamalar/standartlar/yönetmelikler
4	Fonksiyon
5	Performans
6	Yapılabilirlik
7	Estetik

---

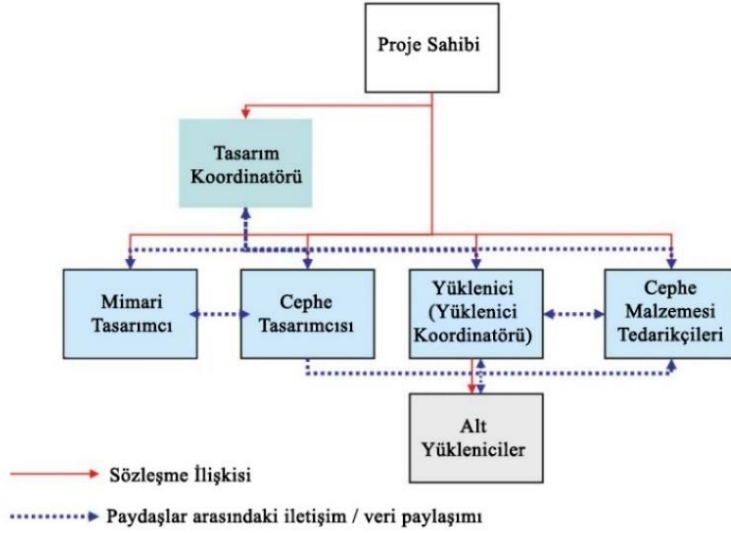
---

8	Sosyal etki
9	Güvenlik
10	Sağlık
11	Çevresel etki/ sürdürülebilirlik/ ekoloji
12	Sistem/ bileşen/ malzeme kullanımı
13	Tedarik/ erişilebilirlik
14	Lojistik
15	Maliyet
16	Test/ izleme /sınama /değerlendirme
17	Geliştirme süreci zaman programı
18	Yapım ve ihale
19	İşletme/ yönetim
20	Gelecekteki bakım ve adaptasyon politikası
21	Hizmet ömrü
22	Hizmet ömrü sonu politikası

---

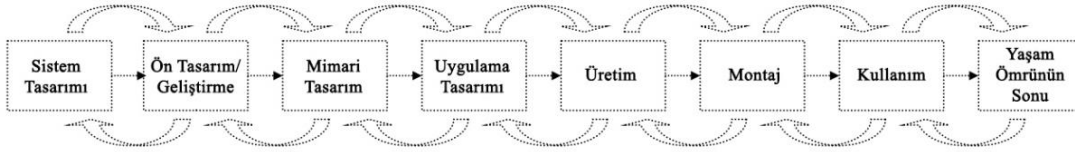
Kültür'e (2019) göre ise tasarım bir bakıma karar verme ve olası alternatifleri sınırlandırma sürecidir. Bu süreç çok aşamalıdır ve farklı ölçeklerde karar vermeyi gerektirir. Gelişen teknoloji ve malzeme olanaklarının çeşitliliğiyle cephe sistemleri karmaşık ve yüksek mühendislik bilgisi gerektiren bir alan haline gelmiştir. Her süreç geri bildirimle bağlı ardışık bir düzen gerektirir. Bu nedenlerle cephe tasarımı, yapı kabuğu tasarımı olarak da adlandırılır (Kültür, 2019). Yapı kabuğunun karmaşık sistemler bütünü olan giydirme cephenin tasarımı çeşitli disiplinlerin katılımıyla yönlendirilen bir süreçten oluşmaktadır. Bu sebeple tasarımın ilk aşamalarında paydaşlar arasında ciddi bir iş birliği gerektirmektedir (Klein, 2013).

Farklı uzmanlık alanlarına sahip bir ekibin tasarımın ilk aşamalarında oluşturulması önemlidir. Bu ekip; proje sahibi, tasarım koordinatörü, cephe tasarımdan sorumlu mimar, mühendis, yazılımcı ve danışmanlar, malzeme üreticileri, sistem üreticileri, malzeme tedarikçileri, ekipman tedarikçileri, yüklenici ve alt yüklenicilerden oluşmalıdır (Şekil 2.1) (Oliveira & Melhado, 2011).



**Şekil 2.1 :** Cephe tasarım ekibi üyeleri arasındaki ilişki (Uyarlama, Oliveira & Melhado, 2011; Başarır, 2019).

Tasarım ve yapım süreci bir cephenin ilk fikir aşamasından kullanım ömrünün sonuna kadar olan sürecin tamamı olarak tanımlanır. Şekil 2.1’de görülen aşamalı adımlardan oluşan paydaşların etkileşimi cephe ürününün karmaşıklığı sebebiyle oldukça önemlidir. Tüm kararların mümkün olduğunca erken alınması ileride tasarımdaki değişikliklerden kaynaklanabilecek mali kayıpları çok daha düşük seviyelerde tutacaktır (Knaack ve diğerleri, 2007). Bina kabuğu tasarımı ve yapım süreci küçük farklarla da olsa temelde tüm ülkelerde aynı adımlarla ilerlemektedir.



**Şekil 2.2 :** Giydirme cephe tasarım ve yapım süreçleri (Klein, 2013).

Klein (2013) giydirme cephe tasarım sürecini Şekil 2.2 ‘de teorik olarak lineer biçimde açıklasa da pratikte her aşama arasında geri bildirim olduğunu ifade etmektedir. Sekiz başlık altında tanımladığı her bir aşama aşağıda açıklanmıştır.

## **Sistem Tasarımı**

Uygulama projesinden önce yapılır ve pazar ihtiyaçları öngörülerek sistem üreticileri tarafından geliştirilir. Mimari tasarım gerekliliklerini karşılamanın yanı sıra yasal gerekliliklere de uygun yapılması gerekir.

## **Ön Tasarım / Geliştirme**

Binanın temel gereksinimleri belirlenir. Bir pazar araştırması ve fizibilite çalışması ile sürece başlanır. Bina konumu, boyutu, kullanım türü ve yasal gereklilikleri ve cephe için işlevsel gereksinimler ilk kez bu aşamada tanımlanır.

## **Mimari Tasarım**

Konsept tasarımı olarak adlandırmak da mümkündür. Genellikle bir tasarım eskiziyle başlanmakta ve daha sonra geliştirilmektedir. Bu süreç diğer aşamaların gelişmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Müşteriyle karşılıklı görüşmeler sonucu kararlaştırılmalıdır. Maliyetin hesaplandığı aşamadır ve projeye bağlı olarak iklim veya cephe mühendisleri de sürece dahil edilebilir.

## **Uygulama Tasarımı**

Cepheler bina performansı için ısı kontrolü, sızdırmazlık, hava akımı, ışık geçirgenliği, akustik ve dayanıklılık gibi birçok ölçütü sağlama sorumluluklarından dolayı büyük ölçüde standartlaşmış ürünlerdir. Bu anlamda test edilmiş ürünlerin kullanılması gerekir. Mimar ve mühendisin inşaat aşamasında doğrudan uygulanacak ve bahsi geçen malzemelerin kullanımının kararını verdiği planlama aşamasıdır. Nihai olarak hangi sistemin kullanılacağı bu evrede belirlenmektedir.

## **Üretim**

Cepheyi oluşturan profil ve bağlantı parçaları dahil tüm sistemin üretildiği süreçtir. Bu nedenle tasarımın donduğu evre olarak adlandırılır ve lojistik veya maliyet gibi nedenlerden ötürü değişiklik yapmak neredeyse imkansızdır.

## **Montaj**

Cephe sisteminin tamamen bitirilmiş olması binanın genel inşaat sürecinde de önemli bir adımdır. Bu sayede hava durumu gibi olumsuz koşulların riski azaltılabilir ve tüm işler bağımsız olarak yürütülebilir. Montaj evresine başlayabilmek için ise binanın

taşıyıcı sisteminin inşa edilmiş olması gereklidir. Çoğu zaman bu strüktürel sistemin yapımı sırasında cephe montaj elemanlarının üretimi tamamlanmış olur. Bağlantı elemanları arasındaki toleranslar genellikle milimetre aralığındadır. Yangın dayanımı ve ses emilimi için yalıtım malzemesinin uygulanması da bu aşamada gerçekleştirilir.

### **Kullanım**

Bu aşama cephenin istenilen tüm işlevsellik ölçütlerine ne oranda karşılık verdiğini gösterir. Konfor ile ilgili performans ölçütleri kullanıcı tarafından deneyimlenecek, enerji konularıyla ilgili ölçütler ise doğrudan faturalara yansiyacaktır.

### **Yaşam Ömrünün Sonu**

Binalarda sıfır enerji tüketimi ve sürdürülebilirlik yaklaşımları, özellikle cephe kullanım ömrünün sonu üzerine olan çalışmaları arttırmıştır. İdeal anlamda tüm cephe bileşenleri tamamen yeniden kullanılabilir. Ancak sürekli değişen ihtiyaçlar uygulamada bu kullanımın pek mümkün olmayacağını göstermektedir. Örneğin 30 yıl önce cephede kullanılan yalıtım ihtiyaçları günümüz koşullarını karşılamamaktadır. Bu durum tüm sistemin uzun ömürlü nitelikte tasarlanmasını gerektirmektedir.

Tüm bu tasarım süreçleri ve kriterleri ışığında giydirme cepheler, mimarlar tarafından binanın şekil algısını değiştirmek ve dinamik görünüm elde etme amacıyla yaygın bir şekilde kullanılır. Bu nedenlerle tasarımda etkin bir şekilde kullanılabilmesi için mimar ve mühendisler tarafından bu sistemlerin iyi bilinmesi önemlidir.

## **2.2 Hafif Giydirme Cephe Sistemleri ve Uygulama İlkeleri**

Giydirme cepheler taşıyıcı görevi olmayan ve binanın iç ortamını olumsuz hava koşullarından koruyan yapı elemanlarıdır. Geleneksel duvar sistemlerine kıyasla daha hafiftirler. Yapının taşıyıcı sistemine asılarak taşındıklarından, yalnızca kendi yüklerini ve rüzgâr ya da sismik yüklerin ağırlığını strüktürel elemanlara aktarırlar. Taşıyıcılık görevi olmadığından bu sistemler geniş ve şeffaf cephe alanlarına imkân sağlamakta böylelikle de özgün tasarım olanakları yaratmaktadırlar (Klein, 2013).

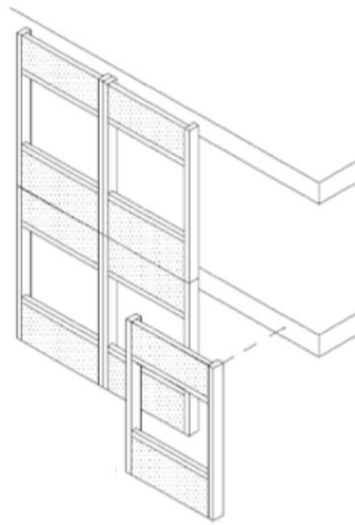
Giydirme cephelerin 19.yy sonlarındaki gelişimi doğrudan yapının taşıyıcı sistem alanındaki yeniliklerin sonucudur. Yüksek yapıların yaygınlaşmasıyla çerçeve konstrüksiyon olarak adlandırılan strüktürel sistemin keşfi binanın ağır ve masif dış duvarlarının yerine daha hafif ve ince kesitli yenilikçi bir bina kabuğunun tanımını ortaya çıkartmıştır (Klein, 2013). Giydirme cephenin dilini oluşturan unsurlar, döşemeden döşemeye cephe düzleminde uzanan düşey profiller, yatay kayıtlar, dolgu elemanı veya panel ve tespit bileşenleridir (Murray, 2009).

Pek çok türde giydirme cephe sistemi mevcuttur ve bu konuda çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Farklı değişkenlere göre çeşitli başlıklar altında yapılan sınıflandırma yöntemlerinden ilki, bu tez çalışmasının da konusunu oluşturan ve kullanılan malzemenin ağırlığına göre yapılan sınıflandırmadır.

Bu konuda Gür (2001) giydirme cepheleri kullanılan elemanın ağırlığına göre ikiye ayırmıştır:

1. Ağır giydirme cepheler ( $>100 \text{ kg/m}^2$ )
2. Hafif giydirme cepheler ( $<100 \text{ kg/m}^2$ )

Ağır giydirme cephelerde eleman ağırlıkları  $100 \text{ kg/m}^2$  den fazladır. Genellikle beton esaslı prekast panellerden oluşmaktadırlar (Şekil 2.3). Bunlar haricinde taş veya metal malzemeler de kullanılmaktadır. Statik ve dinamik yükler, binanın taşıyıcı sistemi ve döşemelerine metal bağlantı elemanları yardımıyla aktarılmaktadır (Nashed, 1995).



**Şekil 2.3 :** Tipik bir ağır giydirme cephe örneği (CWCT, 200).



Ağır giydirme cephelerde paneller; boyutsal olarak kat yüksekliğince dar veya geniş olarak veya birkaç kat yüksekliğindeki paneller, parapet elemanları ve küçük parçalı elemanlar olarak sınıflandırılabilir (Gr, 2001). Ağır elemanlardan oluşmaları nedeniyle bina taşıyıcı sistemine fazlaca yk bindirirler. Bu yük bağlantı elemanlarının detaylandırılmasında olabildiğince titiz çalışmayı gerektirmektedir.

Hafif giydirme cephelerde kullanılan elemanların ağırlıkları  $100 \text{ kg/m}^2$ 'yi aşmamaktadır. Alüminyum, metal, kompozit gibi malzemeden üretilen sistemler bu grup altında yer almaktadır. Farklı bileşenler, bir araya getirilerek paneller oluşturulur. Bunlar taşıyıcı, tespit ve örtü bileşenleridir (Gr, 2001). Taşıyıcı bileşenler düşey ve yatay profilleri, tespit bileşenleri bağlantı elemanlarını ve örtü bileşenleri de cam, kompozit, alüminyum gibi malzemelerden oluşan kaplama elemanlarından oluşmaktadırlar.

Literatürde hafif giydirme cepheler için farklı ölçütlere göre yapılan birçok sınıflandırma mevcuttur. Bunlar; işlev, modülasyon, malzeme, ağırlık, taşıyıcı bileşen formu vb. Ölçütlere göre yapılabilmektedir. Çalışma kapsamında giydirme cephelerin panel geometrileri ve bağlantı elemanlarının bir araya gelişleri incelendiğinden kurulum/montaj şekline göre olan sınıflandırma yöntemi kabul edilmiştir. Murray (2009); Morris (2013); ASHRAE (2011); Vigeney ve Brown (2016) giydirme cepheleri çubuk ve panel olarak iki temel tip olarak ayırmaktadır.

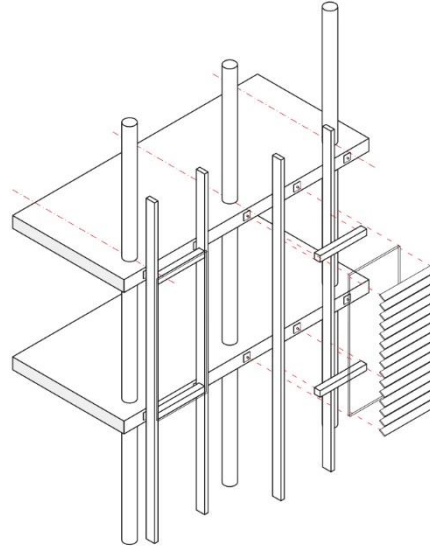
Murray'a (2009) göre hafif giydirme cephe sistemleri imalat ve montaj yöntemine göre iki başlık altında sınıflandırılmaktadır. İki yöntemin de hibrit kombinasyonları mümkün olabileceği gibi, çoğu giydirme cephenin iki ana kategoriden birine dahil olduğunu açıklamaktadır. Bunlar:

- ubuk (stick) sistem
- Panel (unitized) sistemidir.

### **2.2.1 ubuk (Stick) Sistem**

Bu sistemde bireysel bileşenler inşaata parça parça monte edilir. Genellikle alüminyum malzemeden oluşan düşey profiller üzerine monte edilen yatay ereve elemanlarının arasına dolgu panelleri ile i ve dış fitillerin yerleştirilmesiyle meydana getirilir. Düşey ve yatay profiller cephe yüzeyinde bir ızgara görüntüsü

oluşturur. İlk olarak düşey profiller bina cephesine tasarıma uygun olarak belirli aks aralıklarıyla ankre edilir. Bu durum ‘düşey taşıyıcılı sistem’ olarak adlandırılır. Genellikle tek veya iki kat yüksekliğinde olan profiller bir ucundan sabit diğer ucundan kayıcı olacak şekilde boy değişimlerine imkân verebilirler (Gür, 2001). Profiller birbirlerine ek yerlerinden bağlantı elemanları yardımıyla saha ortamında monte edilirler. İkincil işlem yatay profillerin düşey profiller arasına montajıdır. Yatay elemanların bina taşıyıcı sistemine ankre edildiği tam tersi durum da söz konusu olabilir. Bu durumda ‘yatay taşıyıcılı sistemler’ olarak adlandırılırlar. Düşey taşıyıcılı sistemler daha yaygın olarak kullanılmaktadır. İkincil adımın ardından cephede bir çerçeve sistemi oluşturulmuş olur. Buna ızgara da denebilir (Herzog ve diğerleri, 2017). Son adım, ızgara elemanları arasında kalan açıklığın doldurulmasıdır. Alüminyum, cam veya kompozit malzemeden oluşan saydam veya yarı saydam dolgu panelleri sızdırmazlık elemanları ile çerçeve arasında yerleştirilir (Şekil 2.4) (Atalay, 2006).



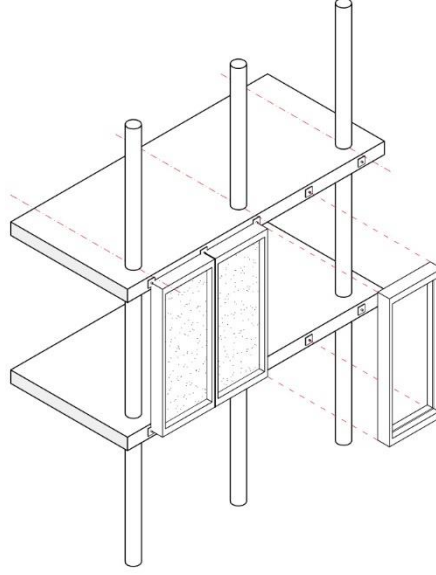
**Şekil 2.4 :** Çubuk (stick) sistemin montaj şeması (Knaack ve diğerleri, 2007)

Çubuk (stick) sistemlerin rüzgâr ve sismik yükler gibi hareketler karşısında rijit davranış gösterebilmesi için 1-2 mm aralığında hareket toleransına sahip olmaları gerekmektedir (Atalay, 2006). Aksi halde genleşmeler yeterince absorbe edilemediğinden yapısal problemler yaşanabilir. Çubuk sistemler, kullanıma hazır standart ürünlerden oluşur dolayısıyla diğer sistemlere kıyasla daha az maliyetlidirler. Nakliye maliyetleri düşüktür ancak sahada yüksek işçilik

gerektirirler. Bu durum işçilik maliyetlerini arttırır, zaman kayıpları yaratabilir ve kalite ile ilgili problemlerin açığa çıkmasına sebep olabilir (Murray, 2009). Bu gibi nedenler, her projenin yapım tekniği belirlenirken kendi özelinde değerlendirilmesini gerektirir. Yapının konumu, formu, yüksekliği vb. gibi kriterler giydirme cephe yapım sisteminin belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır (Sum ve diğerleri, 2021).

### **2.2.2 Panel (Unitized) Sistem**

Panel yapım sisteminde, tüm bileşenler kontrollü fabrika ortamında bir araya getirilir. Bu ön yapımlı prefabrik modüler paneller sahaya sevk edilerek daha önceden yapının taşıyıcı sistemine kurulmuş olan ankraj elemanlarına bağlanırlar. Paneller tek veya birkaç kat yüksekliğinde olabilir (Knaack ve diğerleri, 2007). Birçok varyasyon tasarlanabilse de Murray (2009) panellerin genellikle 1,2m genişlik ve 3m yüksekliğinde olduğunu açıklamaktadır. Knaack ve diğerleri (2007) tasarımda istenilen şeffaflık oranına göre bu ölçülerin değişebileceğini ancak tipik panel boyutlarının 1,2 x 2,7m olduğunu açıklar. Her ünite döşeme veya kirişe ankrajlanmalıdır (Şekil 2.5). Fabrika ortamında yüksek bitmişliğe sahip olarak saha alanına sevk edildiklerinden işçilik süresi kısalmış ve maliyet azalmıştır. Henüz imalat aşamasındayken birden fazla basamakta kalite kontrolü gerçekleştirildiğinden çubuk (stick) sistemlere kıyasla daha kaliteli ve yerinde hızlı kurulum gerçekleştirilir. Paneller kendi içlerinde kapalı elemanlar olduklarından cephe geçirimsizliğinde yüksek performans gösterirler. Binaya ankrajlama esnasında panelin üç yönde hareketine imkân verecek toleranslarda olmasına dikkat edilmelidir. Bu sayede sistem rüzgâr ve sismik hareketler karşısında daha fazla uyum sağlama yeteneğine sahip olacaktır (Murray, 2009).



**Şekil 2.5 :** Panel (unitized) sistem montaj şeması (Knaack ve diğerleri, 2007).

Sahada kurulum hızlı gerçekleştiğinden olumsuz hava koşulları montaj üzerinde pek etkili değildir. Üniteler birbirlerine kenetlenerek sıralı bir dizi halinde monte edilirler. Bu nedenle kurulumun belirli bir sırayla gerçekleştirilmesini gerektiren sistemlerdir. Montaj elemanlarının taşıyıcı sistem üzerine önceden doğru bir düzende ankre edilmesi oldukça önemlidir. Aksi halde zaman ve maliyet kayıpları doğurabilir. Hızlı ve raylı taşıyıcı sistem veya vinç gibi makinelerle kurulumu imkân sağladıklarından genellikle yüksek binaların cephe sisteminde tercih edilmektedirler. Çünkü yüksek binalar iskele kurulumu ve işçi çalışma ortamı açısından zordur. Bu nedenle panel sistemlerin geniş yüzeyli alanlarda kullanımı daha akılcıdır (Atalay, 2006). Bu sistemlerin dezavantajı ise genellikle yüksek nakliye maliyetleridir.

Panel veya çubuk yapım sistemi seçilirken her proje kendi özelinde değerlendirilmelidir. Örneğin yapının bulunduğu konum işçilik maliyetleri üzerinde ve şehir içi nakliye koşullarında etkili olacaktır. Binanın yüksekliği kurulum araçlarının kullanım durumunu belirleyecektir. Cephe tasarımının çok tekrara imkân vermesi panel (unitized) yapım sistemini, cephe formunun konsol veya balkonlar ile sekteye uğradığı durumlarda ise çubuk (stick) yapım sistemlerinin kullanımı daha avantajlı olacaktır (Sum ve diğerleri, 2021).

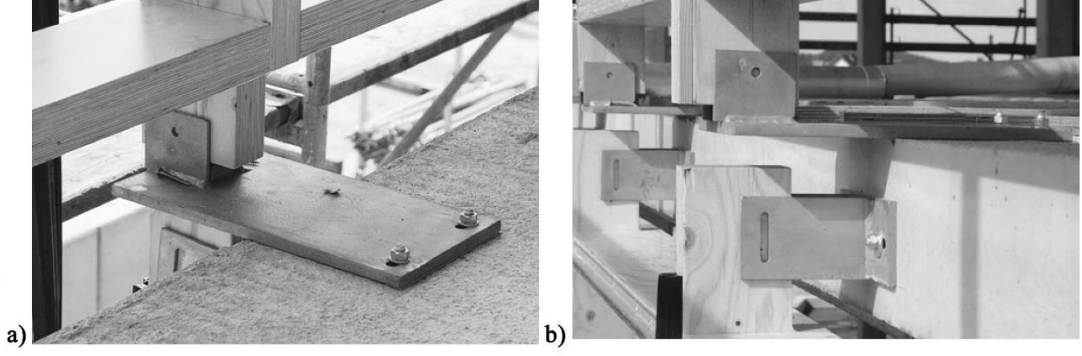
### 2.3 Hafif Giydirme Cephelerde Montaj Prensipleri

Aygün (1996) giydirme cepheler üzerine yaptığı detaylı bir sınıflandırmada bağlantı durumuna göre giydirme cephe sistemlerini:

- Bina taşıyıcı sistemi ve ızgara arası,
- Izgara elemanları arası,
- Izgara ve dolgu birimi arası ve
- Dolgu birimleri arasında şeklinde ele almıştır.

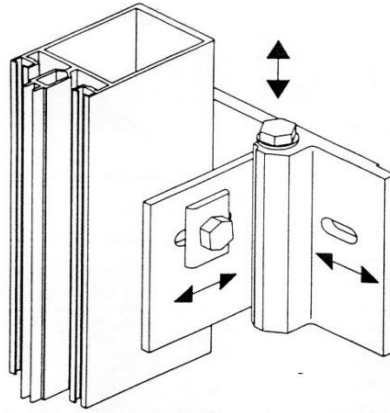
Bu tez çalışmasında cephe tasarımında kullanılan panel geometrileri sınıflandırıldığından bunların bina taşıyıcı sistemi ile yani ızgara ve taşıyıcı eleman arasındaki bağlantı durumu esas alınmıştır.

İki ayrı yapı elemanını birbirine tutturmak için kullanılan tüm bağlantı elemanlarına ankraj sistemleri denir (Hasol, 2014). Bu elemanlar, giydirme cephenin kendi ağırlığını, rüzgâr ve sismik hareketlerden kaynaklı yüklerini binanın taşıyıcı sistemine aktarmaktadır. Ankraj elemanlarından yeterli mukavemet, tolerans aralığına uyum, kolay montaj ve korozyona karşı dirençli olmaları beklenir (Gür, 2001). Kullanılacak malzemenin çeşidine göre yüzeyde tutturma yeri ve ankrajların şekli ile ebatları değişiklik gösterebilir. Ankraj sistemleri projenin durumuna göre seçilir. Bina yüzeyindeki girinti ve çıkıntılara, cephede istenen farklı şekillere, taşıyacağı yüke göre değişik şekil, ebat ve uzunlukta imal edilirler. Ankraj elemanlarının konumu döşeme üzerinde, altında, altıda olabilir (Şekil 2.6). Ayrıca kiriş altından veya altından da bu elemanların montajı sağlanabilir (Herzog ve diğerleri, 2017; Murray, 2009). Yapı taşıyıcı sisteminin çelik elemanlarla oluşturulduğu durumlarda çelik kirişlere kaynakla ankarj montajı yapılabilmektedir. Özel çelik dübel, cıvata, somun ve pullarla elemanının bağlantısı taşıyıcı sisteme veya döşemeye yapılır. Daha sonra bu elemanlara çubuk (stick) yapım sistemi kullanılıyorsa düşey taşıyıcı profiller, panel (unitized) yapım sistemi kullanılıyorsa prefabrik ünitelerin bağlantısı paslanmaz çelik cıvatalarla yapılır (Atalay, 2006).



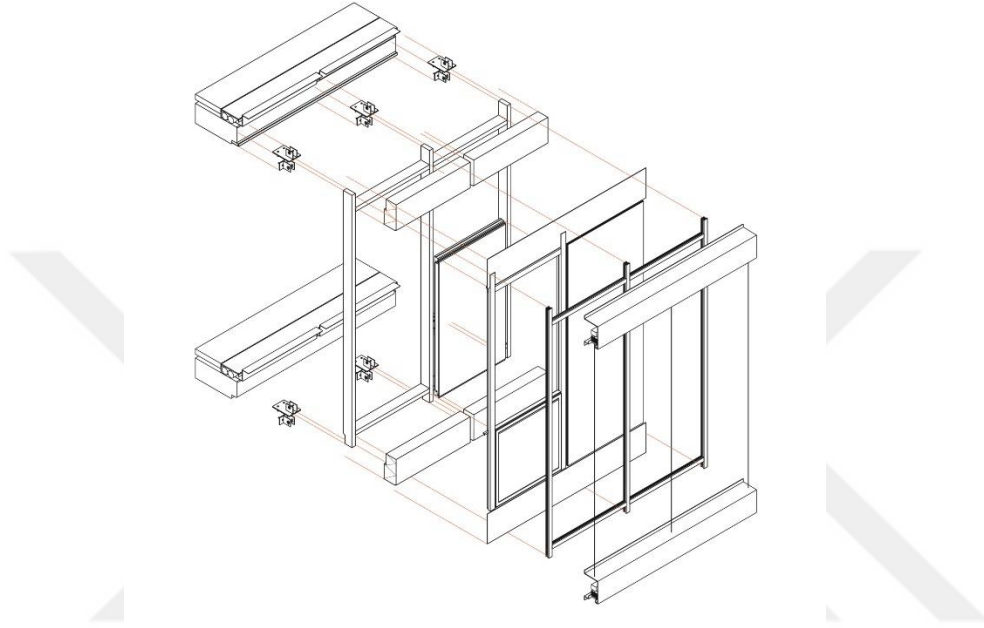
**Şekil 2.6 :** a) Döşeme üzerinden ankraj elemanın montajı b) Döşeme alından ankraj elemanın montajı (Knaack ve diğerleri, 2007).

Ankarj elemanları döşeme ve kiriş yüzeylerinin haricinde varsa parapet yüzeylerin üzerine de monte edilebilir. Projeye uygun şekilde ankrajların yeri belirlenmelidir. Bunun için yatay ve düşey akslar montajın yapılacağı yüzey üzerinden ip çekilerek belirlenir. Su terazileri, lazerli nivo veya şakül gibi araçlar yardımıyla kontrol sağlanmalıdır. Uygulama projesindeki ölçülere bağlı kalarak ankraj elemanları çelik dübeller yardımı ile taşıyıcı yüzeye monte edilirler. Ardından ankraj elemanları üzerine cephe profilleri veya panel üniteleri yerleşecektir. Bunlar elemanın çekmeye çalışacağı şekilde bağlantı noktalarından asılarak veya basınca çalışacak şekilde oturtularak yapılabilir (Oraklıbel, 2014). En rasyonel ve yaygın çözüm asılarak yükün taşınmasıdır (Alpur, 2009). Ankraj düzeni projeye ve yapılan hesaplara göre değişiklik gösterebilir. Genellikle panel genişliğince birleşim aksları boyunca tekrar eder. Bu elemanlar etkisi altında bulunduğu yükleri rijit olarak taşınmalıdır ve montaj esnasında üç yönde hareketli olmalıdır (Şekil 2.7) (Atalay, 2006).



**Şekil 2.7 :** HGC Alüminyum ankraj elemanı (Atalay, 2006).

Çubuk (stick) sistemlerde ankrajların kot kontrolü yapıldıktan sonra düşey taşıyıcı profillerin bağlantısı yapılır. Fabrika ortamından uygun uzunluk ve ebatlarda gelen profillerin üzerinde bağlantı noktalarının yeri hazırdır. Daha sonra yatay profillerin bu alanlardan düşey profillere montajı gerçekleştirilir. Cephe yapım sisteminin özelliğine göre profillerin arasına taş yünü, cam yünü, polistren köpükler gibi malzemeler yerleştirilerek yalıtım görevi tamamlanmış olur (Atalay, 2006).



**Şekil 2.8 :** Tipik bir çubuk (stick) yapım sistemine ait bağlantı elemanı tekrar düzeni (Knaack ve diğerleri, 2007).

### 3. CEPHE TASARIMINDA GEOMETRİK DÜZEN

Mimaride geometri bilgisinin kullanımı, mimarlığın temelini oluşturmaktadır (Pottmann ve diğerleri, 2007). Tasarımcı fikrini geometrik araçlar yardımıyla şekle dönüştürür. Bir ifade etme aracı olmanın yanı sıra yapının formunun belirlenmesinden inşaat süreçlerine kadar neredeyse her alanda geometri kullanımı mevcuttur. Tarih boyunca da durum böyle olmuş estetik ve sağlamlık geometri ile kurulan metot ve tekniklerle sağlanmıştır. Leonardo da Vinci, Albrecht Dürer, Maurits Cornelis Escher, Erwin Hauer gibi birçok sanatçının eserlerinde geometrinin hassasiyetle kullanıldığı görülmektedir.

Cephe tasarımı, tarihi süreçte mimaride en önemli problemlerden biri olmuştur. Binanın kimliğini vurguladığından tüm mimari stiller cephede kendi konseptini oluşturmuştur (Gazi, 2010). Rönesans döneminde Alberti ve Vitruvius'un yaptığı çalışmalar özellikle cephe karakterinin simetri, düzen ve oranların uyumu neticesinde ortaya çıktığını göstermektedir (Sönmez, 2013). İslam mimarisinde önemli bir yere sahip olan bezeme motifleri yüksek geometri bilgisi sayesinde tasarlanabilmiştir. Modern mimaride Le Corbusier geometriye duyduğu ilgi ile modüler sistemini geliştirmiş ve Marsilya'daki ünlü binası Unité d'Habitation'un (1952) cephesinde uygulamıştır (Pottmann ve diğerleri, 2007). Günümüzde ise cephe tasarımında kullanılan geleneksel yöntemler, değişen tasarım anlayışı neticesinde yetersiz kalmaya başlamıştır. Sayısal ölçütlerin karmaşıklaştığı ve performans gereksinimlerinin giderek arttığı tasarım ortamında modern bilgisayar tekniklerinin kullanımı bu alanda bir devrim yaratmıştır. Hesaplamalı teknolojilerin ilerlemesinde de geometrinin dinamik ve etkileşimli kullanımı büyük öneme sahiptir (Terzi, 2009). Bu sayede etkileyici mimari formlar için sıra dışı cephe geometrileri tasarlanabilir ve uygulanabilir hale gelmiştir. Fakat cephenin inşası projede önemli bir mali yüke de sahiptir. Cephe inşasının kontrollü gerçekleştirilmesi ve nihai kalitenin artırılması için geometrik düzen ilkelerinden optimizasyon stratejisi olarak faydalanılır (Yang



ve diğlerleri, 2006). Tasarımın başında bu ilkelerinin bilinçli kullanımıyla uygulama pratik kazanabilmektedir (Pottmann ve diğlerleri, 2015).

### 3.1 Geometrik Düzen Oluşturma Yöntemleri

Yunan filozof Platon tarafından yükseköğrenim felsefe okulu olarak kurulan Akademia'nın kapısında yer aldığı söylenen latince yazı “*Ageometretos medeis eisito!*”; olarak bilinir. Türkçede ‘Geometri bilmeyen giremez’ anlamına gelmektedir. Alman bir filozof olan Martin Heidegger ‘What is a thing’ adlı eserinde Platon’un bu sözünün, geometrinin hayatın her alanında var olduğunu önemine vurgu yaptığını açıklamaktadır (Ceccato, 2010). Ceccato (2010) bu söze atıfta bulunarak “Mimari ve geometrinin binlerce yıldır ilişki içinde olduğunu, bu iki kavramın ayrılmaz bir şekilde tek bir gövdeden doğduğunu” vurgulamaktadır.

Geometrinin kökenleri M.Ö. 3000’e kadar uzanmaktadır. Eski Mısırlılar astronomi, arazi incelemeleri ve mimaride çeşitli şekillerde geometriyi kullanmışlardır. Geometri alanında erişilebilen en eski yazılı kaynak ise M.Ö. 300 yılında İskenderiyeli bir matematikçi olan Euclid (Öklid) tarafından yazılan ‘Elementeler’ başlıklı metinde ortaya çıkmıştır. Bu metinde Euclid, bir takım aksiyomatik önermeler ile şimdiki öklid geometrisi olarak bilinen düzlemsel geometrinin varsayımlarını ortaya koymuştur (Ostermann & Wanner, 2012). ‘Euclid’in Elementleri’ isimli yaklaşık 500 sayfadan oluşan 13 kitap serisi Euclid’e atfedilerek yıllarca kopyalanmıştır. 1888’de Heiberg’in orijinal versiyonu yeniden hazırlamasıyla kitap serisinin ilkinde, Euclid’in iki boyutlu geometrik biçim çalışmaları ve beş postulatı yer almaktadır (Hartshorne, 2000). İspat edilmeksizin doğru olarak benimsenen önerme anlamına gelen bu postulatlar şunlardır:

1. İki noktadan bir ve yalnız bir doğru geçer.
2. Bir doğru parçası her iki yönde de sonsuza kadar uzatılabilir.
3. Bir noktaya eşit uzaklıkta bulunan noktaların geometrik yeri çemberdir.
4. Tüm dik açılar birbirine eşittir.

5. Bir doğru parçası iki doğrunun üzerinden geçecek şekilde çizilirse ve aynı tarafta doksan dereceden daha az iki açı oluşursa, o zaman bu iki doğru kesişir.

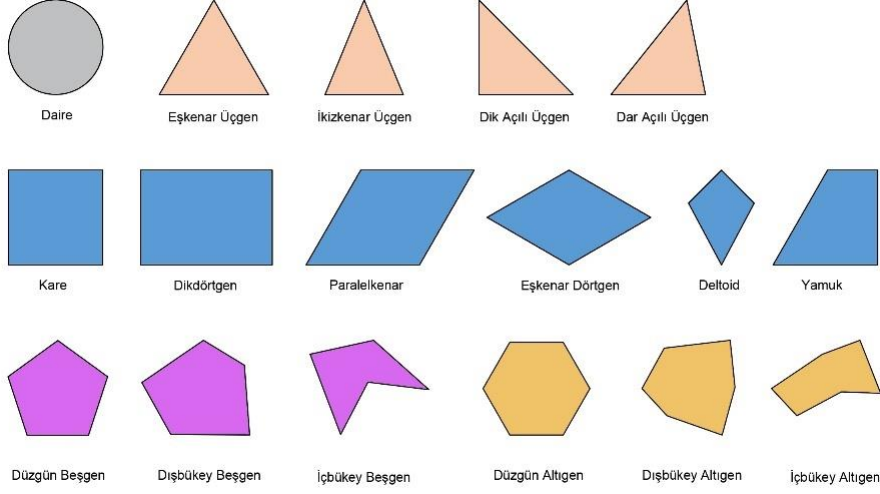
Üçgenin iç açılarının 180 derece olması durumu 5. postulatla açıklanmaktadır.

Ayrıca Euclid'in Elementleri şu beş aksiyomu da içermektedir:

- Bir ögeye eşit olan bir başka ayrı iki öge de birbirine eşittir. (Euclid bağıntısının geçiş özelliği)
- Eşit olan ögelere, eşit miktarlar eklenirse bu ögeler yine eşit olur. (Eşitliğin toplama özelliği).
- Eşit olan ögelere, eşit miktarlar çıkarılırsa bu ögeler yine eşit olur. (Eşitliğin çıkarma özelliği).
- Birbirleriyle çakışan ögeler, birbirine eşittir. (Yansıma özelliği)
- Bütün, parçadan daha büyüktür.

Yukarıdaki postulatlar ve aksiyomlar belirli geometrik şekillerin varlığını ve benzersizliğini ispatlamaktadır. Öklid geometrisi nesnelerin henüz çizilmeden varlığını iddia eden hatta çizilemeyen ögeleri dahi somutlaştıran bir teoridir (Venema, 2006). Euclid'in bir dizi ispat yöntemi kullanarak açıkladığı iki boyutlu geometrik biçimler; daire ve çokgenler olarak özetlenebilir. Çokgenler; üçgen, dörtgen, beşgen gibi 'n' sayıda kenarlı doğru parçalarından oluşur. Öklid geometrisine göre en küçük çokgen 3 kenarlı bir üçgendir. Bu iki boyutlu geometrik biçimler temelde kenar uzunluğu ve iç açılarının ölçülerine göre düzenli ve düzensiz biçimler olarak sınıflandırılır (Bolano, 2018) (Şekil 3.1). Tüm bu biçimler de kendi içinde şu alt başlıklara ayrılmaktadır:

- Üçgen; eşkenar, ikizkenar, dik açılı ve dar açılı üçgen.
- Dörtgen; kare, dikdörtgen, paralelkenar, eşkenar dörtgen, deltoid, yamuk.
- Düzenli çokgenler; 'n' kenarlı sayıda.
- Düzensiz çokgenler; dışbükey ve içbükey.

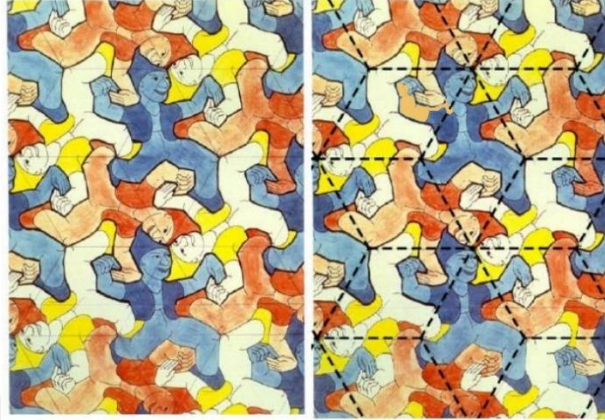


**Şekil 3.1** : İki boyutlu yüzeyle oluşan öklid geometrik şekilleri (Uyarlama, Bolano, 2018).

Geometri alanındaki bir sonraki önemli gelişme, 17. yy.'da Rene Descartes tarafından cebire dökülen analitik geometrinin keşfi olmuştur. İspatlama yöntemi koordinat ve denklemlerden oluşan bu geometri alanının keşfi ile hesap bilgisinin gelişimine imkân tanınmıştır. Bu sayede de 19. yy.'da Carl Friedrich Gauss, Nikolai Lobachevsky ve János Bolyai 'öklid dışı' olarak adlandırılan geometriyi resmen keşfetmiştir. Bu keşif Euclid'in 5. postulatı olan birbirine paralel olmayan doğruların uzatıldıklarında birbirleriyle kesişecekleri yargısını kesinleştirmedeğini ispatlar bir durumdur. Bu da öklid geometrisinde iki boyutlu olan düz yüzeylerin öklid dışı geometride düz olma zorunluluğunu ortadan kaldırır ve eliptik hiperbolik gibi eğrisel yüzeylerin oluşumunu sağlar (Bolano, 2018).

Uygarlığın var oluşundan bu yana bir düzlemsel alanın tasarımı hem mimarlar hem de sanatçılar için bir sorun olmuştur (Gazi, 2010). Geleneksel olarak mimaride tasarlama metodu, yukarıda açıklanan öklid geometrisinden türetilen desen ve oranlar ile gerçekleştirilmektedir. Geometrik desenler ise bir düzlemin kaplanmasında 'tesselyon' ismi verilen teknik yardımıyla kullanılır (Megahed, 2013). Günlük hayatta sıklıkla kullanılan bir matematiksel teknik olan tesselyon, süsleme sanatında kâğıt, kumaş, cam; mimaride döşeme, tavan ve duvar gibi herhangi bir doğrusal yüzey üzerinde boşluk doldurma yöntemidir. Tesselyon, yüzeyin tekrar eden düzlemsel öklidyen geometrik şekiller ile herhangi bir örtüşme veya şekiller arasında boşluk olmadan kaplanmasıdır. Temel geometrik biçimlere

uygulanan simetri, yansıma ve öteleme kurallarıyla çeşitli topolojiler türetilebilir (Grünbaum, 1987). Hollandalı ressam ve grafik sanatçısı Mauritus Cornelius Escher'in bu alana önemli katkısı olmuştur. 100'den fazla tesselayon deseni tasarlayan sanatçının eserleri heykelden mimariye kadar birçok esere de ilham olmuştur (Şekil 3.2).



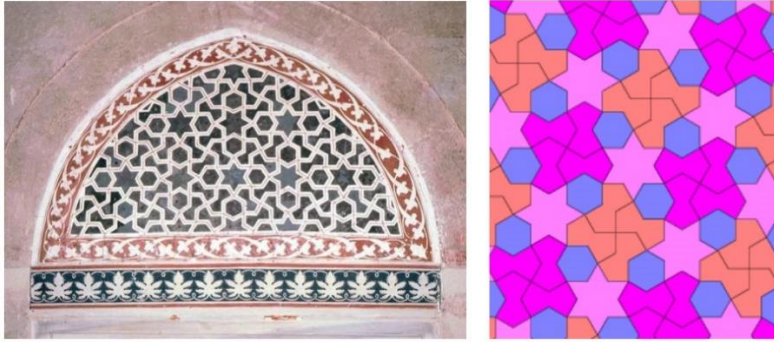
**Şekil 3.2 :** Mauritus Cornelius Escher'in resim sanatından bir parça ve tesselayon tekniği (Chang, 2018).

Tesselayon kelimesinin Latince kökeni olan 'tessella' döşemek veya karolamak anlamına gelen küçük kare taşır. Mimarlık, yüzyıllar öncesinden barınma ihtiyacının ortaya çıkışıyla beraber tesselayon tekniklerini de kullanmaya başlamıştır. İlk insanlar ev ve ibadethane gibi mekânların yapımında doğal taşları kullanarak rastgele, ardından prizmatik tuğla ve kerpiç gibi malzemelerin kullanımıyla da düzenli biçim gramerleri üretmeyi gerçekleştirmişlerdir. Dünya çapında birçok eski uygarlıkta rastlanan tesselayonların bilinen ilk örneği ise M.Ö. 4000 civarında Sümerlilere ait olanlardır. Ayrıca Antik Roma döneminde Yunanlılar tarafından bir döşeme kaplama tekniği olarak kullanıldığı bilinmektedir (Khaira, 2009).

Hemen hemen her toplum tesselayonu kendi kültür ve yörelerinin farklı yönlerini vurgular şekilde kullanmıştır. Akdeniz ve Doğu Avrupa toplumları, doğa bilimlerini tasvir ederken, Orta Doğu'da ise karmaşık geometrik desenler ortaya çıkarırken tesselayondan faydalanılır (Şekil 3.3) (Grünbaum & Shephard, 1986). Tesselayonun erken kullanım örneklerinden bir diğeri 10. yy'da İran'ın Nişapur kentinde bulunan Çini panosudur. Ayrıca bu dönemde küçük seramik karoların boş alanları kaplayabilecek uygunlukta bir malzeme olduğu anlaşılmış ve mozaik yapma

sanatı ortaya çıkmıştır. 16. yy'ın ortalarında Osmanlı döneminde çini panoları ilk defa tesselasyon tekniği kullanılarak üretilmiştir. Tüm karolar ayrı birimler olarak kalıplanıp boyama işlemi gerçekleştirilmiştir (Khaira, 2009).

Tesselasyon alanında belgelenmiş ilk çalışmayı 1619'da ünlü matematikçi ve gökbilimci olan Johannes Kepler yapmıştır. Kepler (1619) düzenli ve yarı düzenli geometrik şekiller ile formlarda sağlanan geometrik uyumu açıklamıştır. Yaklaşık iki yüz yıl kadar sonra Kristalograf Evgraf Fedorov (1891), bir düzlemin periyodik olarak döşenmesinin 17 farklı izometri grubundan birine sahip olduğunu ispatlamıştır. '17 farklı duvar kâğıdı grubu' veya 'düzlem simetri grubu' olarak tanımlanan bu matematiksel sınıflandırmada; düzenli, yarı düzenli (semi-regular) ve yarı düzenli (demi-regular) geometri grupları bulunmaktadır (Conway, 2008).



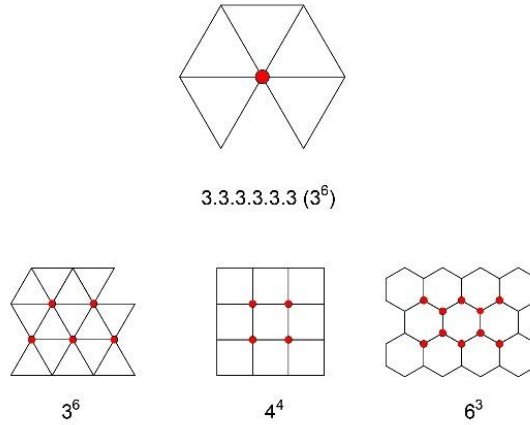
**Şekil 3.3 :** İslami süsleme sanatında tesselasyon kullanımı (Peñas & Guzon, 2011).

Fedorov (1891) tesselasyonun, öklid geometrisi olarak adlandırılan temel geometrik şekillere uygulanan simetri, yansıma, öteleme ve döndürme hareketleriyle birtakım kurallar çerçevesinde gerçekleştiğini açıklamıştır. Toplamda 4 temel kurala yöneliktir. Bunlar;

1. Her geometrik şeklin köşelerinin 'düğüm' olarak adlandırılan birleşim noktasında buluşması gerekir.
2. Geometrik biçimlerin arasında boşluk bulunmaması ve şekillerin üst üste binmemesi gerekir.
3. Türetilen geometrik şekiller aynı boyutlara sahip düzenli çokgenler olmalıdır.
4. Birleşim noktası olan düğümlerin her birinin aynı gözükmesi gereklidir.

Seymour ve Britton'a (1989) göre çokgenlerle tessellasyon oluşturmanın bir kuralı vardır. İlk olarak çokgenin dış açı ölçüsünün hesap edilmesi gerekir. Bunun için düzgün çokgenin kenar sayısı 360 dereceye bölünür. Eğer çokgenin iç açı ölçüsü 360 derecenin katıysa o çokgen tessellasyona uygundur. Örneğin eşkenar üçgende kenar sayısı 3'tür ve bir iç açısı 60 derecedir. 60 derece, 360'ın tam böleni olduğundan eşkenar üçgen ile düzenli bir desen oluşturmak mümkündür. Düzgün beşgende ise bir iç açı 72 derecedir. Bu 360'ın bir çarpanı olmadığından düzgün beşgen, düzenli bir tessellasyon yüzeyi oluşturamamaktadır. Bu hesaba göre, temel öklidyen geometrik biçimleri arasında; eşkenar üçgen, kare ve düzgün altıgen dışındaki çokgenler bir yüzeyi aynı biçimin tekrarıyla kaplayamazlar. Düzenli tessellasyon grubu olarak adlandırılan bu geometriler dışında, yarı düzenli (semi-regular) ve yarı düzenli (demi-regular) olarak sınıflandırılan toplamda üç tessellasyon yöntemi mevcuttur.

Düzenli tessellasyon, en yaygın tekniktir ve düzgün çokgenlerle oluşturulur. Gazi ve Korkmaz'a (2015) göre bu tekniğin matematiksel ifadesi; düğüm noktası etrafındaki her bir çokgenin kenar sayılarının saat yönü etrafında ilerleyen sırada yazılmasıdır. Örneğin Şekil 3.4'te kırmızı renk ile gösterilen düğüm noktasının etrafında altı adet düzgün eşkenar üçgen vardır. Matematiksel ifade  $3.3.3.3.3.3$  ( $3^6$ ) şeklindedir.



**Şekil 3.4 :** Düzenli tessellasyon (Uyarlama, Gazi & Korkmaz, 2015).

Toplamda on bir adet düzenli tessellasyon vardır. Bunlardan yalnızca üç tanesi tek bir çokgen biçimin türemesiyle oluşturulur (Şekil 3.4). Geriye kalan 8 tanesi ise farklı düzgün çokgenlerin türemesiyle oluşan yarı düzenli (semi-regular) tessellasyon olarak

adlandırılır. Her düğüm noktasında, iki veya daha fazla çokgenin birleşmesiyle oluşturulur. Biçim tekrarının sağlanabilmesi için çokgenlerin kenar uzunlukları aynı olmalıdır. Yarı düzenli (demi-regular) grubunu Grünbaum ve Shephard (1986) düzenli ve yarı düzenli (semi-regular) tesselasyonun birleşimi olarak tanımlamıştır. Toplamda 20 şekilde gerçekleştirilir.

Antik dönemden günümüze değin pek çok örnekte tesselasyon tekniği kullanılmıştır. En yaygın kullanımı İslam mimarisinde süsleme sanatındadır. Ardından 20. yüzyıla kadar nadir görülen örnekler, bu dönemde doğrusal yüzeylerde giydirme cephe sistemlerinin tasarımında görülmektedir. Çağdaş mimaride gelişmiş yapı malzemeleri ve teknolojileri sayesinde tesselasyonun bina cephelerinde kullanımı yeniden önem kazanmıştır (Gazi, 2010). Son yıllarda parametrik tasarım araçları ve dijital üretim yöntemlerinin kullanımındaki yaygınlık ile cephe ve yüzey tasarımlarında kinetik mimari uygulama örneklerinin sayısı artmıştır. Bu durum da geometrik düzen ilkelerinin giydirme cephe sistemlerindeki kullanımı yeniden gündem konusu haline getirmiştir (Gosztonyi, 2018).

### **3.2 Cephe Tasarımında Geometrik Düzen Oluşturma Yöntemleri**

Giydirme cephe sistemleri özelinde, ideal tasarım yüzeyinin fabrikasyona uygun olması gereklidir. Yüzeyi kaplayacak olan daha küçük elemanların kolayca üretilebilip nakliye edilebilmesi ‘rasyonelleştirme’ denilen ve cephede tekrarı sağlayacak standart elemanın belirlenmesiyle sağlanmaktadır (Pottmann ve diğerleri, 2015). Bu noktada geometrik düzen oluşturma yöntemlerinden cephedeki modülasyonu sağlamak için yararlanılır. Giydirmen cephenin kaplama elemanlarında oluşturulacak olan modülasyon ile tekrara dayalılık bu sayede de endüstriyel üretilebilirlik gerçekleştirilir (Sum ve diğerleri, 2021).

Cephe tasarım aşamasında faydalanılan geometrik düzen ilkelerinin giydirmen cephenin yapım sisteminin belirlenmesinde de etkili bir rolü vardır. Cephe tesselasyonunun benzer biçimlerin tekrarı ile oluşturulduğu durumlarda panel (unitized) yapım sisteminin kullanımı daha uygundur ancak her proje kendi çerçevesi içinde değerlendirilmelidir. Miguel Fernandez (2021) panel (unitized) veya çubuk

(stick) sistem arasında seçim yapmak gerektiğinde öncelikle şu iki soruya cevap aranması gerektiğine vurgu yapmıştır:

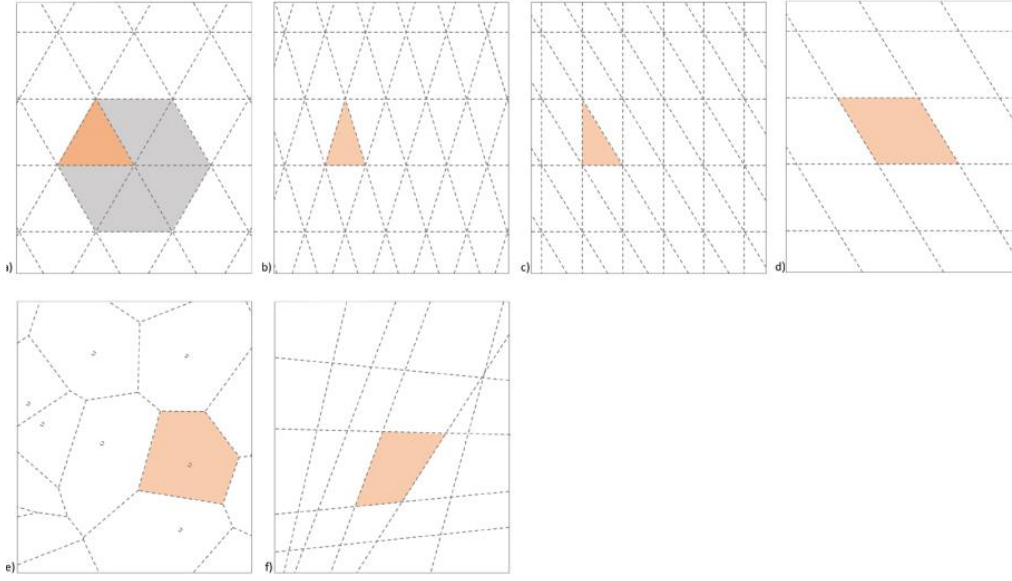
- Paneller çok tekrarlı mı ve prefabrikasyona uygun mu?
- Cephe yüzeyi çubuk (stick) sistemin kullanımında tekrara izin veriyor mu?

Bu sorulardan da anlaşılacağı üzere cephede geometrik prensiplerden yararlanmanın önemli sebeplerinden biri ekonomik kaygılardır. Tek tipte olmayan cephe konfigürasyonları maliyeti arttıracığından sıra dışı panel geometrilerinin sayısını azaltma stratejisi tasarımın başında geometrik düzen ilkeleriyle gerçekleştirilebilir.

Narangel ve diğerleri (2016) çalışmalarında giydirme cephe sistemlerinde geometri belirleme sürecini iki aşamada gerçekleştirmiştir. İlk kısım; cephe yüzeyinin gridal (ızgara) tesselasyonundan oluşmaktadır. Bu süreçte, dijital araçların yardımıyla cephe ızgaralarında çok daha fazla özgün tasarım imkânı sağlanmaktadır. Herzog ve diğerleri (2017) ızgara sistemini, eşit aralıklı referans çizgilerinin düzenli bir sıralanış gösterdiği geometrik konfigürasyon olarak tanımlamıştır. Referans çizgileri yardımıyla cephe yüzeyi düzenli hücresele bölümlere ayrılmaktadır. Tasarımın seyrine göre hücreler saydam veya opak olan paneller ile kaplanabilir. Narangel ve diğerlerine (2016) göre cephe tasarımının ikinci kısmı; bu referans çizgilerinin arasında kalan ve panel olarak adlandırılan hücrelerin geometrik tasarımıdır. Paneller iki boyutlu yüzeyler olabileceği gibi üç boyutlu yüzeylerden de oluşabilir (Giostra ve diğerleri, 2019). Giostra ve diğerleri (2019) tesselasyon tekniğiyle tasarlanan üç boyutlu cephe panelleri ile pasif tasarım stratejileri geliştirilebileceğini çalışmalarında ortaya koymuştur. Pottmann ve diğerleri (2007) 'çokyüzlü' olarak adlandırdıkları üç boyutlu panel geometrisinin serbest formlu biçimlerin geliştirilmesinde büyük ilgi gördüğünü açıklamışlardır. Bu tez çalışması, doğrusal cephe yüzeylerini ele alındığından literatürdeki iki boyutlu panel geometrilerine yoğunlaşmıştır. İlk olarak Brzezicki'nin (2018a) yaptığı sınıflandırma ele alınacaktır. Brzezicki (2018a), iki boyutlu panel geometrilerini cephe tasarımında kullanılan ızgara biçimine göre sınıflandırmıştır. Bu geometrik biçimler:

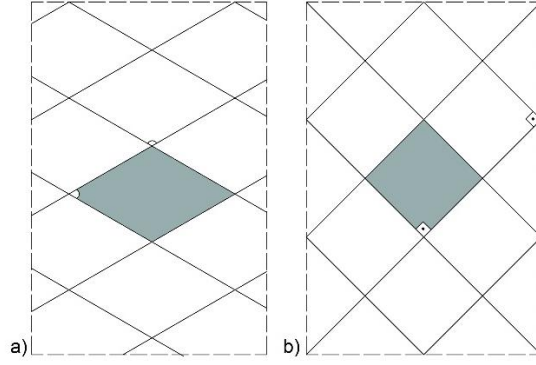
- Üçgensel; ikizkenar, eşkenar ve dik açılı (right triangle)
- Dörtgen; eşkenar dörtgen (rhombus) ve dik açılı (diamond)
- Serbest Bölümlendirme; voronoi ve keyfi (arbitrary)'dir.





**Şekil 3.5 :** Çokgenlerin kenar sayısına bağlı sadeleştirilmiş geometrik tipolojinin temsili a) eşkenar üçgen b) ikizkenar üçgen c) dik açılı üçgen (right triangle) d) eşkenar dörtgen (rhombus) e) voronoi bölümlendirmesi f) keyfi bölümlendirme (Brzezicki, 2018a).

Brzezicki (2018a) bu sınıflandırmayı 3.1. bölümde açıklanan temel öklid geometrisine dayandırmaktadır. En basit panel biçimini eşkenar üçgen olarak tanımlamıştır. Öteleme, döndürme ve simetri gibi tesselasyon tekniklerinin ızgara sistemine uygulanarak eşkenar üçgenler yerine altıgen panel geometrisinin de oluşturulabileceğine vurgu yapmaktadır. Izgara sistemini oluşturan referans çizgilerinden birinin 'x' eksenine paralel olduğu, diğer ikisinin de 60 ile 90 derece arasında bir eğimde ve birbirlerine simetrik olduğu durumda oluşan panel geometrisi ikizkenar üçgen olduğunu açıklamıştır (Şekil 3.5-b). Referans çizgilerinden birinin 90 derecelik açıyla düşey konumlanması durumunda ise panel geometrisi dik açılı üçgen olarak tanımlamaktadır (Şekil 3.5-c). Eşkenar dörtgen panel geometrisinin, herhangi bir açıda birbirine paralel olan dört ayrı referans çizgisinin kesişiminden oluştuğunu açıklamıştır. Oluşan geometride tüm kenarlar eşit uzunluktadır ve karşılıklı iki açı birbirine eşittir (Şekil 3.5-d). Tüm açılar 90 derece olduğunda biçim, dik açılı eşkenar dörtgen (diamond) olarak tanımlanır. Kare geometrik biçime sahip bir yüzeyin 45 derece döndürülmesi olarak da düşünülebilir (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6 :** a) Eşkenar dörtgen (rhombus) ve b) Dik açılı eşkenar dörtgen (diamond)  
(Çizim: Ayşegül Hazer).

Voronoi diyagramı doğadan ilham alan ve Georgy Voronoi tarafından resmileştirilen bir matematiksel ilkedir (Okabe ve diğerleri, 2000). Brzezicki (2018a) bu algoritmayı, ‘hücre’ olarak adlandırılan serbest noktalar kümesinin dış bükey çokgenlerin birbirine eş uzaklıkta dağılmasıyla sınırlarını oluşturması şeklinde açıklamıştır. Brzezicki’ye (2018a) göre bir diğer yöntem, keyfi bölümlendirme tekniğidir. Bu teknikte, ızgaraların rastgele çizildiğini ve genellikle doğadan ilham alan tasarımlarda uygulandığını açıklamaktadır. Düzensiz referans çizgileri modülerlik ve eşit aralık sağlamadığından ızgara sistemi olarak tanımlanamayacağını ancak ‘düğümler ve hücreler topluluğu’ altında bu çizgilerin tanımlanması gerektiğini ifade etmektedir. Cephe yüzeyinin küçük parçalara bölünmesinde görev aldıklarından referans çizgileri tanımına dahil olurlar. Kaplama elemanlarının örteceği hücresel boşlukların en azından çokgensel geometrilere benzetmek gerektiğini açıklamıştır.

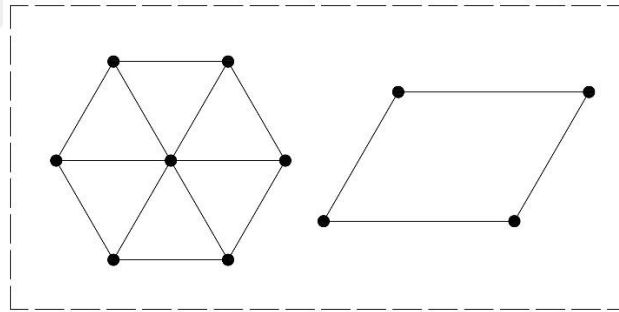
Herzog ve diğerleri (2017) ızgara sistemindeki hücresel boşlukların çoğunlukla dikdörtgen ve kare geometrilere sahip olduğunu ifade etmektedir. Alışlagelmiş ortogonal elemanlar dışında üçgen kesitli veya çokgensel biçimlere bölerek cephe kaplamasının yapılabileceğine de vurgu yaparlar.

Dimic (2011) yapı kabuğunu oluşturan ızgara sistem tasarlanırken geometrik düzen ilkelerinden faydalanmanın prefabrikasyon koşullarının sağlanabilmesi için gerektiğini ifade etmektedir. Bu doğrultuda ızgara sisteminin oluşumunu tessellasyon tekniği ile açıklamaktadır. Dimic’in (2011) tanımına göre ızgara, hücreler olarak tanımlan alanların yapısal elemanlarla sınırlandırıldığı bir ağ yapısıdır.

Dimcic (2011) ızgara sisteminin hücresel biçimlerini 3 başlık altında tanımlamıştır. Bunlar:

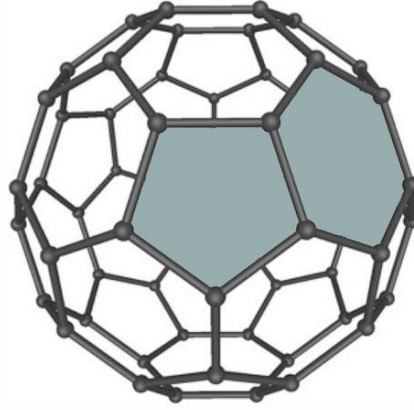
- Üçgensel
- Dörtgensel
- 'N-gon' (çokgensel)'dir.

Dimcic (2011) eğrisel kabuk yapıların tasarımındaki ızgara kullanımına odaklandığı çalışmasında, üçgen formun en büyük hacmi en az yüzeyle kaplayan bir geometrik şekil olduğunu Buckminster Fuller'ın jeodezik kubbesine atıfta bularak açıklamıştır. Bu ızgara sistemindeki üçgenin kenar ölçülerinin 2-3m aralığında olmasını, dünya genelindeki ideal boyutlar olarak vurgulamaktadır. Dimcic'e (2011) göre üçgen ızgara için alternatif olabilecek bir diğer geometri dörtgensel hücrelere sahip olanlardır. Üçgensel geometriye kıyasla daha basit eklemelere sahip olduklarından inşa edilebilirlikleri de nispeten daha kolaydır. Üçgensel ızgaralarda referans çizgileri 6 farklı düğüm noktasında kesişmektedir. Bu durum 6 farklı eleman üzerinden kuvvetin aktarılacağı şekilde tasarlamayı gerektirir. Dörtgensel ızgaralarda ise 4 farklı düğüm noktasıyla bağlantı sorunu çözülebilmektedir (Şekil 3.7).



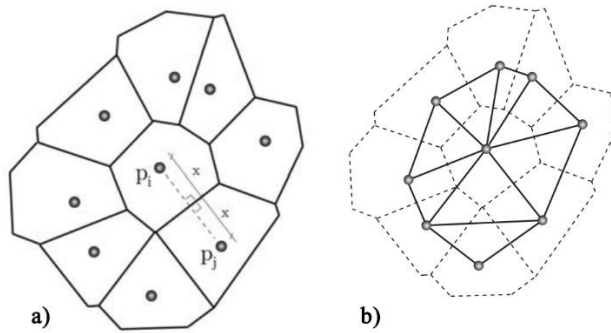
**Şekil 3.7 :** Üçgensel ve dörtgen ızgaralardaki düğüm noktaları (Çizim: Ayşegül Hazer).

Dimcic (2011) 'N-gon' adını verdiği çokgensel ızgara sistemini, Buckminster Fuller'in adını taşıyan 'buckyball' küresel geometrik biçimine atıfta bulunarak açıklamaktadır. Buckyball'un küresel yüzeyi altıgen ve beşgen geometrisinin tesselasyonundan oluşmaktadır (Şekil 3.8). Dimcic (2011) bu tesselasyon biçimlenişinin doğrusal yüzeylere de aktarılabilirliğini ve 'n' sayıda kenara sahip herhangi bir çokgen geometrisi ile de gerçekleştirilebileceğini açıklamıştır.



**Şekil 3.8 :** Temelde beşgen ve altıgen geometrisinin tesselasyonundan oluşan Buckyball (Dimcic, 2011).

Ayrıca Dimcic (2011) ızgara sisteminin tasarımında voronoi diyagramı ve delaunay üçgenlemesinin de kullanılabileceğini yine tesselasyon tekniğine atıfta bulunarak tanımlamıştır. Voronoi diyagramını, bir dizi düzensiz noktalar kümesinin hücresel sınırlarının kesişimi olarak açıklar. Sınır çizgisi arasında kalan komşu iki noktanın sınıra olan uzaklıkları eşittir. Doğada mikroskobik seviyeden makroskopik seviyeye kadar nerdeyse her yerde görülen bir biçimleniş olması mimar ve tasarımcılara form arayışlarında yaratıcı bir çözüm sunmaktadır (Abbaslı, 2019). Dimcic (2011) çalışmasında delaunay üçgenleme tekniğini ise, bir düzlem üzerinde rastgele dağılım gösteren noktalar kümesinde birbirlerine komşu olanlar arasında oluşturduğu üçgenler olarak tanımlamaktadır. Üçgensel ızgaraya kıyasla delaunay tekniği kullanılarak tesselasyonu yapılan yüzeyin optimize edilmesinin daha zor olduğu dolayısıyla da kullanımının nispeten kısıtlı olduğunu açıklamıştır.



**Şekil 3.9 :** a) Voronoi diyagramı b) Delaunay üçgenlemesi (Dimcic, 2011)

Pottmann ve diğeri (2007) düzlemsel bir cephe yüzeyinin tasarımı için tessellasyon tekniğine atıfta bulunurlar. Özellikle sofistike bir cephe geometrisi oluşturulmak isteniyorsa Maurits Cornelis Escher'in tessellasyon üzerine yoğunlaştığı resim sanatından ilham olabileceği çalışmalarında mevcuttur. Düzlemsel elemanlarla gerçekleştirilen cephe tessellasyonunda kullanılan panel geometrilerini şu şekilde tanımlamışlardır:

- Üçgensel
- Dörtlü
- Çokgensel' dir.

Pottmann ve diğeri (2015) çalışmalarında üçgen panelin diğeri geometrilere kıyasla daha yaygın kullanıldığını açıklamaktadır. Yapısal özelliği gereği rijit bir biçim olan üçgen, düzlemsel bir yüzeyi tek modül biçimiyle boşluk bırakmadan kaplayabilir. Köşe noktalarının serbest hareket edebilme özelliği üçgene amorf yüzeyleri daha az bağlantı elemanı ile oluşturma imkânı vermektedir. Üçgensel panel geometrisinin dezavantajını ise, dikdörtgen levhadan kesilerek üretildiğinden açığa çıkan atık malzeme israfı olarak açıklamaktadırlar. Bu dezavantaj, 'dörtlü' ismiyle tanımladıkları dörtgen ızgaralar için geçerli değildir. Birbirlerine paralel olan herhangi bir açıdaki çoklu referans çizgilerinin kesişmesiyle dörtgen panel biçimin oluştuğunu tanımlamışlardır. Dörtlü ızgara modelinde paneller köşegenlere bölündüğünde elde edilen geometrinin her zaman üçgen olduğunu vurgulamaktadırlar. Pottmann ve diğeri (2015) çokgensel ızgarayı öklid geometrisine atıfta bulunarak açıklamışlardır. 'n' kenarlı herhangi iki boyutlu bir çokgen geometrisi, türetilerek çeşitlendirilebilir. Çokgenlerden çok yüzeyli üç boyutlu geometrik biçimler üretilir ve bu sayede serbest biçimli yüzeyler oluşturulabilmektedir.

Narangel ve diğeri (2016) Grasshopper parametrik modelleme aracı yardımıyla delaunay üçgenleme tekniğini kullanarak gerçekleştirdikleri cephe tasarım yöntemini iki aşamada ele almışlardır. İlki düzenli geometrileri kullanarak cephenin gridal (ızgara) tessellasyonudur. Burada iki boyutlu cephe tessellasyonu kare geometrisiyle gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada, kare geometrisi yüzeyinde tasarımcı tarafından iki serbest nokta belirlenmiştir. Bu noktalar düğüm noktası olarak da adlandırılır. Delaunay üçgenleme tekniği kullanılarak düğüm noktaları birbirlerine parametrik

olarak bağlanırlar. Delaunay tekniği sayesinde üçgenlerin tüm açılarının maksimize edilebildiğini ve imalat sürecinin kolaylaştığını açıklamışlardır.

Datta ve diğerleri (2014) deneysel bir kinetik cephe sistemi tasarlarlarken yüzey geometrisini belirledikleri tesselasyon yöntemini şöyle ele almışlardır;

İlk olarak cephe yüzeyinin panel geometrisi belirlenmiştir. Daha sonra seçilen panel geometrisinin genişliği hesap edilmiş ve kat hizalarından ızgaranın yatay referans çizgisi oluşturulmuştur. İkinci aşamada geometrik biçimin genişliğe göre bir beşgen modülün köşe noktalarından düşey referans aksları çizilmiştir. Bu referans çizgileri arasından biri taban çizgisi olarak seçilmiş ve köşe noktaları düzlem üzerine yerleştirilmiştir. Son aşamada taban çizgisi üzerindeki köşe noktaları sabit tutularak diğer noktalar kümesi üzerinde öteleme hareketi yapılmıştır. Bu sayede cephe panellerinin rotasyonu gerçekleştirilebilecektir.

Cephe tasarımında her zaman düzenli geometrik konfigürasyonlar oluşamayabilir. Özellikle bina formunun dikey veya yatay kenar akslarında farklı panel geometrilerine ihtiyaç duyulabilir. Bu durum hem tasarım sürecini karmaşık bir hale getirecek hem de bu bölgelerdeki panellerin değişmesi gereken durumlarda zorluk oluşturacaktır. Sıra dışı geometriye sahip panel sayısını azaltmak; kurulum sürecini basitleştirmek, zamandan tasarruf etmek ve en önemlisi maliyeti düşürmek için oldukça önemlidir. Brzezicki (2018a), cephe tasarımında bina kenar aksı veya köşe noktaları doğrultusunda oluşan sıra dışı panel geometrisinin cephede tekrar eden geometrik düzen ile ilişki içerisinde olması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu amaçla cephe panellerine birtakım biçim türetme stratejileri uygulanabilir. Brzezicki (2018a) bunları minimum strateji, ekleme stratejisi, çıkartma stratejisi, katlama stratejisi ve üç boyutlu strateji olarak tanımlamıştır. Brzezicki'ye (2018a) göre:

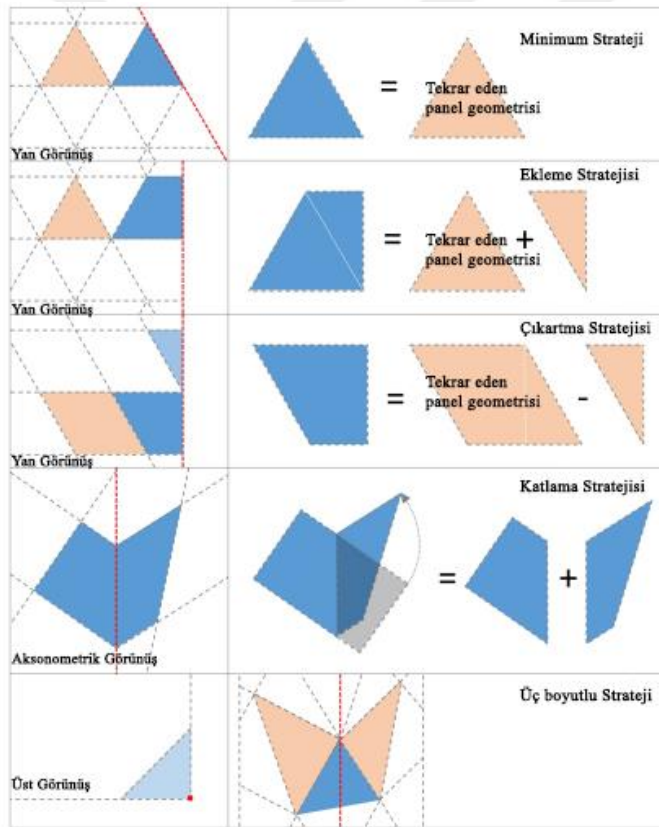
Minimum strateji; cephede tekrar eden panel geometrisinin binanın köşe veya kenar aks hizasında da aynen kullanıldığı bir çözüm önerisidir. Tasarıma köşe akslarından başlanır. Yatayda ve düşeyde bina boyu, seçilen geometriye göre eşit dağılım gösterecek şekilde hesap yapılmalıdır.

Ekleme stratejisi; bu yöntem ile genellikle çokgen şekiller türetilmektedir. Cephedeki modüler geometriye aksel hattı boyunca tekrarlayan bir başka geometrik elemanın bitştirilmesiyle oluşturulur. Bu yöntemle cephe panelinin kapladığı alan artmaktadır.

Çıkartma stratejisi; binada tekrar eden cephe geometrisine uygun olarak referans çizgilerinden birine paralel olarak eksiltme yapılmaktadır. Eksiltileen eleman tamamen farklı bir geometriye sahip olabilir. Bu strateji en sık kullanılmaktadır.

Katlama stratejisi; tekrar eden geometrik modülün binanın köşe aksı boyunca katlanmış olduğu yöntemdir. Bu yaklaşım ile tekrar modülünden aslında iki ayrı geometrik panel şekli elde edilir. Cephe sistemi bir düzlem boyunca açılırsa sürekli bir modül elde edilir.

Üç boyutlu strateji; katlama stratejisinin üç cephe yönünde de gerçekleşme hali denebilir. Cephenin köşe aksına ek üst görünümde de tekrar eden geometrinin katlanmış olduğu görülür. Bitişik olan cephelerin açıortayına dik olan üst cephe görünümü üç boyutlu strateji olarak tanımlanmıştır.



**Şekil 3.10 :** Bina köşe aksı paneli geometri oluşturma stratejileri (Brzezicki, 2018a).

Brzezicki'nin (2018a) tanımladığı bu stratejilerin 3.1 bölümde açıklanan 'Euclid'in Elementleri' nin 5 aksiyomuna olan paralelliği, tasarımda kullanılan temel geometri bilgisine atfedilebilir. Bu aşamada cephe üzerinde oluşturulacak olan desen,

tamamen tasarımcıya aittir, çünkü sonsuz sayıda çeşitli desen kombinasyonları ile farklı yoğunluklar üretilebilir (Dimcic, 2011).

Tüm bu yöntemler cephe tasarımının erken aşamalarında üretim sürecini kolaylaştırmaya yöneliktir. Geometrik düzen ilkelerinin cephede yalnızca estetik kaygılar sebebiyle kullanılmadığının bir kanıtıdır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte giderek artan karmaşık cephe geometrileri için her biri bir sınırlandırma ölçütüdür.

### **3.3 Cephe Tasarımında Geometrik Düzen Oluşturma Kriterleri**

Başarılı bir giydirme cephe tasarımı için proje aşamasında dikkat edilmesi gereken birtakım kriterler vardır.

Sum ve diğerlerinin (2021) çalışmasında; Nouredine (2021), her giydirme cephe sisteminin beş temel unsuru göz önünde bulundurarak tasarlanması gerektiğini açıklamaktadır. Bunları; güvenlik, kalite, maliyet, estetik ve inşa edilebilirlik olarak sıralamıştır. Doğru sonuçların elde edilebilmesi için tüm bu unsurlar birbirleriyle ilişki içinde olmalıdır. Güvenlik ve inşa edilebilirliği hiçbir şekilde ödün verilemeyecek en önemli kriterler olarak açıklamıştır. Giydirme cephenin cam veya panellerinde gerçekleşecek düşme hali büyük felaketlerle sonuçlanabilir. Bu nedenle bu iki unsur kalite kriteriyle doğrudan ilişkilidir. Ayrıca iç ortam konforunun da giydirme cephenin kalitesiyle ilişkilendirilebileceğini açıklamıştır. Sum (2021), iyi tasarlanmış bir giydirme cephenin temel özelliklerini şöyle sıralamıştır; termal performans, rüzgâr ve deprem gibi yatay yüklere karşı tolerans aralığı, yapısal güvenlik ve dayanıklılık, hava şartlarına karşı sızdırmazlık, estetik ve mali uygunluktur. Fernandez (2021), giydirme cephenin tüm sisteminin gerekli performansını sağlamada bağlantı elemanlarının önemine vurgu yapmaktadır. Bağlantı elemanlarının hava ve su sızdırmazlık ölçütünün yanı sıra, istenilen tolerans aralığının sağlanmasında büyük oranda sorumlu olduğuna vurgu yapar. Bu da giydirme cephenin yapım sistemleri arasındaki seçim kriterlerini ortaya çıkarmaktadır.

Panel (unitized) veya çubuk (stick) yapım sistemleri arasındaki ana seçim kriterleri Nouredine'ye (2021) göre binanın hacmi ve yapının bulunduğu konumdur. Örneğin Avrupa'da işçilik maliyetli olduğundan yüksek bitmişliğe sahip ön üretim elemanlar



ile panel yapım sistemi daha yaygın tercih edilmektedir. Panel sistem uygulanırken önceden döşemeye monte edilen anraj elemanın yerinin kesinliği oldukça önemlidir. Diğer bir faktör cephe yüzeyinin tekrarlanabilirliğidir. Balkon veya tasarımdan kaynaklı konsollar yüzeyin sürekliliğini sekteye uğratıyorsa çubuk (stick) sistemin tercih edilmesi uygun olmayacaktır. Ancak çatlama, burkulma, bozulma gibi nedenlerle sonradan yapılabilecek değişikliklere kolay imkân verdiği için çubuk (stick) sistem yapım tekniğinin seçilmesi gerekir.

Rush'a (1991) göre bina kabuğunun performansını etkileyen bir takım tasarım kararları vardır. Bunlar dış yüzey özellikleri olup binanın ilk ve uzun dönem görsel etkisini tanımlarlar. Giydirme cephenin performans beklentileri üzerinden tasarım kriterlerini açıklamıştır. Cephe formunun düzlemsel veya eğrisel olması ve yapı kabuğunun dış yüzey malzemesi akustik performans açısından önemlidir. Cephede tekrar eden modülün büyüklüğü ve şekli mekânsal performans ölçütü üzerinde etkilidir. İç mekânın hava kalitesi düşünüldüğünde cephe sisteminin birbirileri ve taşıyıcı sistemle olan bağlantısı, sızdırmazlık açısından önemlidir (Oraklıbel, 2014).

Atalay (2006), giydirme cephe sistemlerinin modülasyon çalışmaları yapılırken öncelikle tercih edilen yapım sisteminin binanın taşıyıcı sistemiyle olan ilişkisinin tespit edilmesi gerektiğini açıklamıştır. Daha sonra cephe sistemine ait yatay ve düşey akslar ile bunlara ait derz aksları uyum içinde çözülmelidir. Giydirme cephe üzerinde hangi alanlarda kapı ve pencerenin kullanılacağı belirlenmelidir.

Lee ve diğerleri (2018) giydirme cephe sisteminde kullanılan alüminyum miktarını azaltmaya yönelik bir optimizasyon çalışması yapmışlardır. Alüminyum üretimi oldukça yoğun enerji tüketimi gerektirdiğinden çalışmada, sayısal algoritmalar yardımıyla en verimli olacak panel geometrisini belirlemek amaçlanmıştır. Bin kadar giydirme cephe sistemine sahip bina örneği incelendikten sonra farklı tasarım kriterleri ortaya çıkmıştır. Bunlar; kat yüksekliği, döşeme üzerindeki ankraj yeri, sayısı ve düzeni, düşey profiller arasındaki mesafe ve profil kalınlığıdır. Binanın kat yüksekliği arttıkça cephe üzerindeki profillerin de güçlendirilme ihtiyacı artmaktadır. Bu durum daha fazla bağlantı elemanını gerektirebilir. Döşeme üzerindeki ankrajın yeri temiz cephe açıklığına doğru yaklaştırıldığında dayanıklılık artmaktadır. Alüminyum miktarının azaltılmasına yönelik olan bu durum her proje için kendi özelinde değerlendirilmelidir. Profil kalınlığı, panel geometrisinin genişliğine

bağlıdır. Genişlik arttıkça elemanın kalınlığı da artmaktadır. Şehir içi nakliyat ve uygulama evreleri düşünülerek paneller arasındaki mesafenin 3,5m'den az olması gerektiğine vurgu yaparlar.

Herzog ve diğerleri (2017) cephe geometrisinin belirlenmesinde kullanıcı ihtiyaçlarına göre iç mekânda beklenen performans kriterlerince tasarımın yapılması gerektiğini ifade etmektedir. Bu da yapının işleviyle doğrudan ilgilidir. Örneğin iç ortamda istenilen gün ışığı seviyesi cephe açıklığındaki yatay ve düşey pozisyonların konfigürasyonunda etkilidir. Mainini ve diğerleri (2014) gün ışığını filtrelemek için giydirme cephenin ızgara desenleri hakkında yaptıkları çalışmada dairesel ve dikdörtgen hücre biçimlerine atıfta bulunmaktadır. Izgaranın biçiminin yansıması sonucu iç mekânda oluşan gölgeleme deseninde hücresel geometri ve kenar sayısının önemli kriterler olduğu açıklanmıştır. Herzog ve diğerleri (2017) iç mekandaki havalandırma beklentisinin de cephe geometrisi üzerinde etkili olabileceğini vurgulamıştır. Bu açıdan cephe geometrisinin yüzey üzerinde açılabilir pencere alanı, manzara alanı ve parapet alanı bölümlendirmesi ile ilişkili olarak tasarlanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Pottmann ve diğerleri (2015) serbest formlu cephe tasarımında kullanılan ızgara biçimlerini oluşturan düzlem panelleri; üçgensel, dörtgensel, dikdörtgen benzeri ve altıgen biçimin baskın olduğu çokyüzlüler olarak sınıflandırmıştır. Dimcic (2011), bir düzlemin tesselayon tekniğiyle oluşturulabilecek ızgara biçimlerini üç başlık altında gruplandırmıştır. Bunlar; üçgensel, dörtgensel ve çokgenseldir. Bu sınıflandırmalardan hareketle literatür çalışması sonucu edinilen bilgiler aşağıda gruplandırılmıştır.

**Üçgensel;** modülerliğinin rijit olması sebebiyle statik bakımdan diğer biçimlere kıyasla daha olumdur (Moon ve diğerleri, 2007). Bu biçimle oluşturulan ızgara sisteminin de üçgenin kenar ölçülerinin 2-3m aralığında olması dünya genelindeki ideal boyutlardır (Dimcic, 2011). Üçgen, amorf yüzeyleri kolaylıkla oluşturabilir bu nedenle bilgisayar ve grafik programlarında yüzey geometrisi olarak da kullanılır (Pottmann ve diğerleri, 2015). Diyagonal taşıyıcı sistem ile en uyumlu olan şekildir (Küçük & Arslan, 2020). Voronoi diyagramı ve delaunay tekniğinin temelini oluşturan geometrik biçimdir. Aelenei ve diğerlerinin (2018) uyarlanabilir cephe sistemlerini inceledikleri çalışmasında, kinetik cephelerde en çok üçgen biçimle

tasarımın gerçekleştiği görülmüştür. Üç düğüm noktasına sahip olması az sayıda bağlantı elemanı ile çokgenel bir ağ oluşturabilmesini sağlar. Bu doğrultuda Brzezicki (2018a), üçgen panel biçiminin serbest formlu bir yüzeye geçiş sağlamada teknik bir gereklilik olduğunu tanımlamıştır. Doğrusal yüzeylerde ise üçgeni, en basit geometri türetme biçimi olarak tanımlamıştır.

**Dörtgenel;** üçgene kıyasla dörtgen şekli kuvvet karşısında kolay şekil değiştirebilir (Bayülgen, 1993). 4 düğüm noktasına sahiptir bu da 4 bağlantı elemanı anlamına gelir. Dörtgen biçimi daha rijit bir hale getirmek için ızgara kabuğuna köşegenleri üzerinden çelik kablolar çekilerek eklenebilir. Bu durum dörtgenel biçimi üçgen şekline yaklaştırmaktadır (Dimcic, 2011). Özür (2020) çalışmasında, dikdörtgen biçimli tessellasyon tekniğiyle tasarlanan yapı kabuklarında eleman boyutunun 1,5-2m ile sınırlandırıldığını ortaya koymaktadır. Dimcic (2011) yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılacak camın sınırlı ölçüleri göz önünde bulundurulduğunda dikdörtgen ızgara ölçülerinin 1,5-2m aralığında olması gerektiğini tanımlamıştır. Pottmann ve diğerleri (2015) dörtgenel ızgaralarda panel geometrisinin, kare, dikdörtgen, paralelkenar ve yamuk biçimine sahip olabileceğini açıklamaktadır. Brzezicki (2018a), giydirme cephelerde kare ve dikdörtgen biçimden sonra en sık paralelkenar veya eşkenar dörtgen olarak tanımladığı panel geometrisinin kullanıldığını açıklamaktadır. Düzlemsel dörtgen yüzeyler ile çift eğrilikli ve öklidyen olmayan serbest formlu geometrik cepheler daha kolay geliştirilebilmektedir (Quintial & Barrallo, 2015). Bunun sebebi düğüm noktalarının farklı yönlerdeki oryantasyonu ile geometrinin türetilmesidir (Brzezicki, 2018a).

**Çokgenel;** Pottmann ve diğerleri (2007) boşluk doldurma yöntemi olarak tanımladıkları tessellasyon ile doğada altıgen biçimin yaygın kullanıldığını vurgulamaktadır. Altıgen düzenli tessellasyona izin veren sınırlı sayıdan geometriden biri olduğundan mimaride de geniş kullanım alanına sahiptir. Altıgen biçim, 6 düğüm noktasına sahiptir ve dörtgenel ızgaralar gibi rijitleştirilmek için üçgenel alanlara bölünebilir. Li ve diğerleri (2014) yalnız altıgen geometrisinde değil diğer 'n' kenarlı tüm çokgenlerin yüzeyinde ideal üçgenler oluşturularak standart elemanlarla parabolik şekiller tasarlanabileceğine dikkat çekmektedir. Doğrusal yüzeylerde ise altıgen haricinde yarı düzenli tessellasyon grubu veya düzensiz öklidyen geometri grupları ile gerçekleştirilebilirler. Bu durumda kenar uzunluğu benzer

olmayacağından kat yüksekliğince panel ölçülerinin belirlenmesi ideal olacaktır. Çokgen geometriye sahip giydirme cephe sistemlerinde bağlantının, biçimin köşe noktası olan düğüm noktalarından gerçekleştirilmesi ve döşemeye ankre edilmesi tavsiye edilmektedir (Küçük & Arslan, 2020).

Yukarıdaki literatür araştırmaları sonucunda hafif giydirme cephe sistemlerinin tasarım aşamasında geometrik düzen ilkelerinden faydalanılarak optimizasyon stratejisi oluşturmaya yönelik bir takım değerlendirme kriterlerinden bahsedilebilir. Bunlar 3.4. bölümde detaylandırılacaktır.

### **3.4 Bölüm Sonucu**

Yakın geçmişte gelişen teknolojiyle beraber değişen tasarım anlayışının karmaşık geometriye sahip cephe sistemlerini çok daha kolay tasarlanabilir hale getirdiği görülebilmektedir. Estetik kaygıların yanı sıra kültürel ve politik olanaklar da cephe üzerindeki desen örüntülerinin oluşumunda etkilidir. Bu sistemleri rasyonel bir şekilde uygulanabilir hale getirmek için bir optimizasyon stratejisi olan geometrik düzen ilkelerinden tasarımın erken aşamalarında faydalanılmalıdır. Geometrik düzen ilkeleriyle gerçekleştirilen tasarlama süreci, cephe sisteminin üretim aşamasını düzene sokar ve yapım sürecini büyük ölçüde basitleştirir (Brzezicki, 2018a).

Bir binanın cephe geometrisi tasarlanırken onu oluşturan yapı kabuğunun performans gereksinimleri dikkate alınmalıdır. Her cephe düşey, yatay veya herhangi bir açıda kesişen referans çizgilerinden oluşmaktadır. Bu çizgiler arasında kalan hücreler, panel geometrisini de belirleyen yüzey alanlarıdır. Yüzeylerin tasarımı ve planlanması çeşitli faktörler tarafından belirlenir. Örneğin Herzog ve diğerlerine (2017) göre bu faktörler; kat yüksekliği, cephenin manzara yönü olarak açıklanabilecek kullanım yönü, yapı formu, tasarım amacı, performans gereksinimlerinden sızdırmazlık ve termal yalıtımdır. Bu bölümde literatür araştırması sonucu edinilen yukarıdaki bilgiler, Başarır'ın (2019) çalışmasında tablo haline getirdiği cephe tasarımında dikkat edilmesi gereken ana kriterler ışığında değerlendirilmiştir. Bu tez çalışmasında Başarır'ın (2019) literatür araştırması sonucunda gruplandığı cephe tasarım kriterleri (Ek A) tekrar sıklığı esas alınarak

ve Çizelge 2.1'deki ana kriterlere atıfta bulunarak aşağıda yer alan Çizelge 3.1'de gruplandırılmıştır.

**Çizelge 3.1 :** Cephe tasarımında dikkat edilmesi gereken kriterler (Uyarlama, Başarır, 2019).

Başarır'ın (2019) çalışmasında yer alan cephe tasarım kriterlerinin bir kısmı	Kaynak
Fonksiyon Yapının kullanım amacı	Knaack ve diğ., 2014
Cephe düzlemi	Herzog ve diğ., 2017
Yapım	Gowri, 1992 Klein, 2013
Malzeme Maliyet etkinliği Üretim Bağlantı kısıtları	Brock, 2055

Çizelge 3.1'deki kriterler literatür taramasıyla geliştirilerek Tablo 3.1'deki değerlendirme kriterlerini oluşturmaktadır. 4. bölümde seçilen örnekler bu değerlendirme kriterlerince incelenecektir.

**Yapının kullanım amacı;** doğrudan giydirme cephe tasarımını etkiler (Brock, 2005). Yapının işlevi olarak da tanımlanabilir. Örneğin konferans salonu veya stadyum gibi geniş açıklıkların örtü ihtiyacı, benzer geometrik biçimlerin tesselasyon tekniğiyle gerçekleştirilir (Peñas & Guzon , 2011). Bu da cephe üzerinde farklı geometrilerdeki konfigürasyonların tasarımıyla sonuçlanmaktadır. Herzog ve diğerleri (2017) bina fonksiyonunun kullanıcı gereksinimlerini belirlediğine dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda cephe geometrisi tasarlanırken; yüzeyde yer alacak pencere alanı, manzara görüşü ve parapet yüksekliği büyük öneme sahiptir. Bu kistaslar ofis, konut veya sağlık yapılarında değişiklik gösterebilir. Gün ışığının izin verilen oranda iç mekâna alınmasıyla etkilidir.

**Cephe düzlemi;** yapı kabuğunun doğrusal veya eğik açılı yüzeylerden oluşuyor olması, panel geometrisinin biçimlenişini doğrudan etkilemektedir (Rush, 1991). Eğik açılı yüzeylerde bina köşe aksları cephede tekrar eden geometriyi belirlemede

önemlidir. Böyle durumlarda cephe ızgarasının referans çizgileri bina köşe aksları ile paralellik gösterebilir. Örneğin Seattle Central Library binasının ortogonal olmayan cephe düzlemi eşkenar üçgen biçimli cephe ızgarası ile kaplanabilmiştir (Badders, 2015). Ayrıca iç ortamdaki gün ışığını filtrelemek için ızgara deseni gölgeleme elemanı olarak kullanılmıştır ve bu örneklerin sayısı arttırılabilir (Mainini ve diğerleri, 2014).

**Binanın taşıyıcı sistemi,** Çizelge 3.1'deki yapım başlığı altında değerlendirilir. Kolon, kiriş gibi düşey ve yatay akslardan oluşabildiği gibi diyagrid çelik strüktürler ile de tasarlanabilir. Bu sistemler yer eksenini ile belirli bir açı yapacak şekilde cephe yüzeyinde konumlanırlar. İç mekanlarda kolonsuz geniş açıklara imkân verdiği için tercih edilen diyagrid sistem, cephe yüzeyindeki çapraz hareketi nedeniyle giydirme sisteminin tasarımında önemli bir ölçüttür (Atabey, 2020). Kaplama elemanın yüzey geometrisi genellikle üçgensel ızgaraya imkân verir. Taşıyıcı sistemin tamamen çelik olduğu durumlarda da profil geometrisi cephede üçgensel hücrelerin oluşmasına neden olmaktadır (Lelli & Loutan, 2018).

**Kat yüksekliği;** Lee ve diğerleri (2018) çalışmalarında kat yüksekliği arttıkça bağlantı elemanın sayısının da artması gerektiğini ortaya koymuştur. Panel geometrisi de köşe noktası sayısına göre bağlantı elemanı gerektirir. Rush (1991) bu durumu cephede tekrar eden modülün şekli ve yüksekliği ile yakından ilişkilendirmiştir. Üçgensel ızgaranın 2-3m aralığındaki ideal ölçüsü göz önünde bulundurulduğunda panel boyutlarının tipik kat yüksekliğinde olmalıdır. Murray (2009) tipik panel (unitized) sistem ünitelerinin genellikle 3m yüksekliğinde, Knaack ve diğerleri (2007) ise bu yüksekliği 2,7m olarak tanımlar. Bu da kat yüksekliğini değerlendirme kriterleri grubuna sokmaktadır. Bu nedenlerle tablo 3.1'de yer alan tasarlama kriterlerinden yapım başlığı altında gruplandırılmıştır.

**Panel geometrisi;** cephede tekrar eden geometrik biçimin belirlenmesi hem standardizasyonun sağlanması hem de işçilik ve zaman tasarrufu sağlamak açısından önemlidir. Tasarımın başında tespitinin yapılması giydirme cephe performans gereksinimlerinin karar aşamasında etkili olacaktır (Herzog ve diğerleri, 2017). Panel geometrisince bağlantı elemanının ölçü, boyut ve şeklinde farklılıklar olabilir. Bu nedenle Çizelge 3.1'deki bağlantı kısıtları başlığı altında incelenir. Panel geometrisinin seçiminde tesselayon tekniğinin yanı sıra, Pottmann ve diğerleri

(2015) ile Brzezicki'nin (2018a) yapmış olduğu sınıflandırmalardan faydalanılabilir (Bölüm 3.2).

**Kenar sayısı;** panel geometrisinin köşe noktaları olan düğüm noktalarının her biri hem döşeme ile hem de birbirleriyle bağlantı detayı gerektirir (Dimcic, 2011). Bu nedenle Çizelge 3.1'de bağlantı kısıtları başlığı altında sınıflandırılır. Lee ve diğerlerinin (2018) panel geometrisini optimize etmek üzere yaptığı çalışmalar kenar sayısı ile bağlantı elemanı ilişkisi doğrudan ispatlar niteliktedir. Ayrıca kenar sayısı cephe üzerinde derz anlamına da gelmektedir. Giydirme cephe performans gereksinimlerinden sızdırmazlık ölçütüyle doğrudan ilişki kurulabilir (Herzog ve diğerleri, 2017).

**Cephenin yapım sistemi;** Çizelge 3.1'de üretim başlığı altında tanımlanır. Sum ve diğerlerine (2021) göre giydirme cephe yapım sisteminin belirlenmesi cephede tekrar eden geometriyle doğrudan ilişkilidir. Örneğin salt geometrik biçimin cepheden okunduğu çok tekrarlı tasarımlarda panel (unitized) yapım sistemi, cephede karmaşık bir geometri ve düşük tekrar varsa çubuk (stick) sistemin kullanılması daha uygun olabilir.

**Malzeme;** Rush'a (1991) göre binanın dış yüzey malzeme özellikleri yapının uzun dönem görsel etkisi üzerinde etkilidir. Örneğin cam malzemenin sınırlı olan üretim ölçülerinin 1,5-2m olduğu göz önünde bulundurulduğunda malzeme seçimi cephe geometrisi üzerinde etkili olacaktır (Dimcic, 2018).

**Modülerlik;** cephede tekrar eden geometrinin modülerleştirilmesi üretim ve maliyet açısından önemlidir. Bu nedenle Çizelge 3.1'de maliyet etkinliği olarak tanımlanmıştır. İşçilik, nakliye, montaj gibi süreçlerden tasarruf sağlamak için panel geometrisi, tekrar eden geometrinin iki veya daha fazla parçayla birleştirilip farklı bir geometrik konfigürasyonundan oluşturulabilir (Lelli & Loutan, 2018; Atalay, 2006).

**Bağlantı elemanı düzeni;** giydirme cephenin tüm sisteminin gerekli performans ölçütlerinin sağlanmasında bağlantı elemanlarının düzeni oldukça önemlidir. Elemanın döşeme üzerinde, alnında veya giriş altında olabilecek yeri, sayısı ve tekrar aralığı panel geometrisine göre değişir. Çünkü bağlantı noktaları panelin düğüm noktaları ile ilişkilidir (Dimcic, 2011). Bağlantı elemanlarının hava ve su

sızdırmazlık performans ölçütünü sağlaması gerektiği gibi istenilen tolerans aralığını da gerçekleştirebilmesi cephe geometrisi ile ilişki gerektirebilir.

Giydirme sisteminin montaj elemanı tasarımı ve düzeni her proje için özeldir. Bağlantı elemanının yeri ve düzeni giydirme cephenin yapım sistemiyle doğrudan ilişkilidir. Kat yüksekliği, taşıyıcı sistem, düşey ve yatay profillerin konumu, statik hesaplar sonucu elde edilen profil kalınlığı gibi kriterler sonucunda elemanların düzeni belirlenir dolayısıyla panel geometrisiyle dolaylı yoldan bir ilişki kurulabilir. Örneğin Dimcic'e (2011) göre üçgensel cephe ızgarasının 2-3m genişliğinde olması veya dörtgensel ızgaranın 1,5-2m aralığında olması bağlantı düzeninin tekrarı için yaklaşık ölçü aralığını belirleyebilir.

Yukarıda cephe tasarım kriterleri geometrik düzen oluşturma kriterlerince yapılan literatür araştırmalarıyla geliştirilip açıklanmıştır. Literatür ile desteklenen bu değerlendirme kriterleri bilimsel yayınlardaki karşılaşma sıklığına göre tablo haline getirilmiştir (Tablo 3.1). Bu değerlendirme kriterleri 4. bölümde örnek binalar üzerinden incelenerek karşılaştırılacaktır.

Bu tez çalışması cephe panellerinin geometrik biçimlenişleri üzerinde odaklandığından değerlendirme kriterlerince elemanın özgül ağırlığı, sıcaklık ve mukavemet değerleri gibi spesifik özellikleri değerlendirme kriteri kapsamına alınmamıştır.



**Tablo 3.1 : Hafif giydirm cephe sistemlerinin tasarımında geometrik düzen oluşturma ilkelerinin belirlenmesinde etkili olan değerlendirme kriterleri**

Literatür Araştırması		Rush (1991)	Dimic (2011)	Pottmann ve diğ. (2015)	Herzog ve diğ. (2017)	Lee ve diğ. (2018)	Sum ve diğ. (2021)	
Değerlendirme Kriterleri	Yapı Bilgileri	Kullanım amacı				X	X	
		Cephe düzlemi	X				X	
		Taşıyıcı Sistem	X				X	
		Kat Yüksekliği				X	X	
	Cephe Bilgileri	Panel Geometrisi	X	X	X	X		X
		Kenar Sayısı		X	X		X	
		Malzeme	X	X			X	
		Yapım Sistemi				X		X
		Modülerliği						X
		Bağlantı elemanı düzeni	X	X				X

## **4. HAFİF GIYDİRME CEPHE SİSTEMLERİ UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ**

### **4.1 İnceleme Yöntemi**

Bu tez çalışması kapsamında incelenen örnekler, Marcin Brzezicki (2018a) ve Pottmann ve diğerlerinin (2007) araştırmalarına dayanarak 3.2. bölümünde açıklanan bilgiler ışığında oluşturulan sınıflandırmaya göre incelenmiştir. Pottmann ve diğerleri (2007) cephe ızgara geometrilerini üçgensel, dörtlü ve çokgensel olarak sınıflandırmıştır. Bu çalışmada ise özgün yapı örneklerinin sayısının giderek arttığı günümüzde, Pottmann ve diğerlerinin (2007) geometrik düzen sınıflandırmasını geliştiren Brzezicki'nin (2018a) daha kapsamlı olan çalışmasına dayanarak yeni bir sınıflama oluşturulmuş, Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Bu sınıflandırmaya göre incelenmek üzere her bir geometrik biçimlenişten en az 1 en fazla 2 adet olmak üzere toplam 20 bina örneği seçilmiş ve Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Tez çalışması kapsamında gruplandırılan geometrik düzenler öklidyen geometrik biçimlerine atıf yapar. Bunlar alt açılımları ile; yamuk, dikdörtgen, üçgen (dik açılı, ikizkenar, eşkenar ve dar açılı), eşkenar dörtgen (dik açılı ve baklava deseni), çokgen (düzgün ve düzensiz), serbest bölümlendirilmiş geometri (delaunay, voronoi ve keyfi) biçimlerinden oluşmaktadır.

**Tablo 4.1 :** Tez çalışması kapsamında gruplandırılan cephe panel geometrik biçimleri ve incelenen örnek yapılar

<b>Tipik Geometri</b>	<b>Alt Açılım</b>	<b>İncelenen Örnekler</b>
<b>Yamuk</b>	-	Arthaland Century Pacific Kulesi
		Tokyu Plaza Ginza
<b>Dikdörtgen</b>	-	Tenjin İş Merkezi
		Spertus Yahudi Araştırmaları Enstitüsü
<b>Üçgen</b>	Dik Açılı	Japan Tobacco Uluslararası (JTI) Yönetim Binası
		Taipei Hoyo Holding Yönetim Binası
	İkizkenar	J6 Front Ofis Binası
		Tri-Tessellate Ofis Binası
	Eşkenar	Güney Avustralya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü
		Shenzhen Venture Capital - Özel Şirket Kulesi
Dar Açılı	Pingjiang Wonder Kitabevi	
<b>Eşkenar Dörtgen</b>	Dik Açılı	Futurium Berlin
		Yamaha Ginza
	Baklava Deseni	Prada Aoyama Binası
		Seattle Halk Kütüphanesi
<b>Çokgen</b>	Düzenli	Biovet Yönetim Binası
	Düzensiz	Harpa Konser Salonu ve Konferans Merkezi
<b>Serbest Bölümlendirme</b>	Delaunay	Trutec Binası
	Voronoi	Melbourne Resital Merkezi
	Keyfi	Square – Brussels Kongre Merkezi

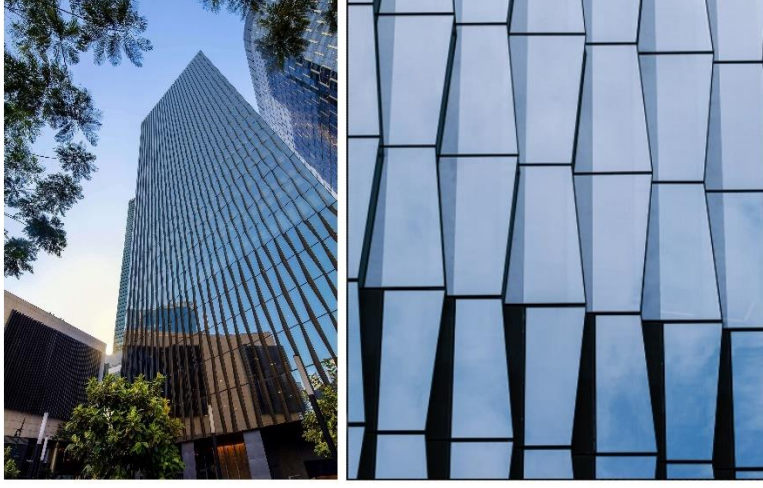
İncelenen binaların giydirme cephe modülleri literatür taraması sonucu elde edilen yapım, yöntem ve teknikler proje çizimleri ve yapı fotoğraflarından elde edilen verilere dayanarak gerçek ölçülerinde çizime aktarılmıştır. Cephe modüllerinin çizime aktarılmasında kaynak çizim ve fotoğraflardan referans noktaları belirlenerek boyutsal tanımlamalar gerçekleştirilmiştir. Çizimler; cephe modülünün döşeme ile bağlantı elemanı düzenini gösteren aksonometrik perspektifi, panel geometrisi, birim yüzey ölçüsü ve bağlantı elemanı detayından oluşmaktadır. Cephe modülünün aksonometrik perspektifi, binanın iki taşıyıcı sistem aksı arasındaki (7-9 m) veya taşıyıcı aks ortalandığı alanı kapsayacak şekilde çizilmiştir. Literatürde ulaşılamayan bağlantı detay ve yöntemine yönelik çizim ve bilgiler, inşaat fotoğraflarından, mevcut yapı fotoğraflarından ve detay çizimleri dikkatle incelenerek saptanmıştır. Bununla birlikte her projenin tasarım ve statik hesaplamalar gereği projeye özgü bağlantı detayları geliştirilmesini gerektirdiği dikkate alınmalı, bu nedenle çizime aktarılan tespit bileşenlerinin yaklaşık tasarımı temsil ettiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Seçilen yapı örnekleri incelenerek, değerlendirme kriterleri bağlamında yapılan karşılaştırma sonucu cephe tasarımında geometrik düzen oluşturma ilkeleri sınıflandırılarak bir tabloya (Tablo 4.2) aktarılmıştır.

## **4.2 Örnek Binaların İncelenmesi**

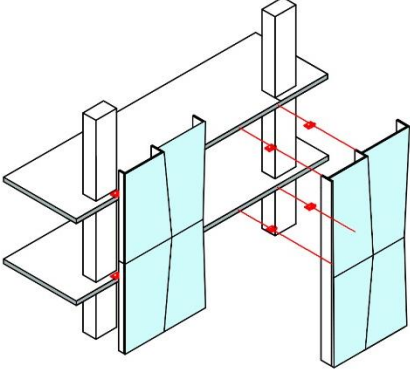
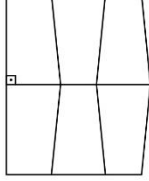
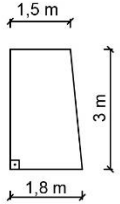
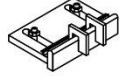
### **4.2.1 Arthaland Century Pacific Kulesi, Tacloban, Filipinler, 2016**

Filipinler'in Tacloban kentinde 2013 yılında Haiyan Tayfunu isminde yıkıcı bir doğa olayı yaşanmıştır. Proje süreci dünya genelinde yaşanan iklim değişiminin tahrip edici etkilerine karşı sıfır karbon statüsüne sahip bir bina tasarlama yaklaşımı doğrultusunda başlamıştır. Manila kentinde bulunan bina LEED (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik) Platinum derecesi, EDGE Sıfır Karbon ve BERDE 5 Yıldız (Filipinler'de yeşil bina derecelendirme sertifika sistemi) gibi birinci sınıf çevreci sertifikalara sahiptir (Kritz, 2016). Bina, sürdürülebilir enerji performansını büyük ölçüde cephe tasarımına borçludur (Şekil 4.1). Projenin tasarım mimarı olan Nicholas Medrano'ya göre tamamen şeffaf olan cephenin tasarımı ve malzeme tercihi sayesinde yüzde yirminin üzerinde enerji tasarrufu sağlanmıştır (Cruz, 2020).



**Şekil 4.1** : Arthaland Century Pacific Kulesi ve cephe geometrisinin görüntüsü  
(SOM , 2021)

32 kat ve 136m yüksekliğindeki yapının cephesi, Skidmore, Owings ve Merrill (SOM) ve GFP mimarlık ofisleri tarafından tasarlanmıştır. Dışarıdan bakıldığında değerli bir mücevher görünümü elde etme fikri tasarıma ilham olmuştur (Cruz, 2020). Cephe konstrüksiyonu panel (unitized) yapım sistemi kullanılarak oluşturulmuştur (Kaskal Company Limited, 2017). Cephe geometrisini oluşturan tipik panel biçimi yamuktur. Geometrik biçimlenişi oluşturan paneller tepe üstü döndürülerek ardışık sıralanmaktadır. Bu sıralanış esnasında paneller yaklaşık 10 derece 'y' eksenine paralel olacak şekilde döndürülür ve birbirleri üzerine 30cm kadar binme yapmaktadırlar. Plan düzleminde kademeli bir görüntüye sebebiyet veren bu durum, cephede çift kabuk davranışı sergilemektedir (WGBCOCSL, 2022). Bu katmanlaşma tüm ısı ve ışığı içeride tutarak yapıya herhangi bir ekleme yapmadan gölgeleme sağlamaktadır (Reyes, 2018).

Arthaland Century Pacific Kulesi, Tacloban, Filipinler, 2016			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	<p>Yamuk</p> 		 <p><b>Yeri :</b> Döşeme üzerinden</p> <p><b>Tekrarı :</b> 1,4 m arayla</p>

**Şekil 4.2 :** Arthaland Century Pacific Kulesi, yamuk panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer)

Çizime aktarılan cephe modülü (Şekil 4.2), binanın güney cephesinin 13'üncü ve 14'üncü katlarında bulunan orta kolon aksları arasındaki bölüme aittir. İncelenen inşaat fotoğraflarından, ön üretim panel sistemlerin yapıya döşeme üzerinden ankre edildiği anlaşılmıştır. Çizim alanını da içeren 9.-21'inci katlar arası 2,70m yüksekliğindedir. Dik açılı yamuk geometrik biçimine sahip prefabrike paneller ise 3m yüksekliğine, 1,5m ile 1,8m arasında alt ve üst kenar ölçülerine sahiptirler. Güney cephesinde zemin üstü katlarından itibaren yamuk geometrik biçimine sahip olan paneller 22'inci kattan sonra yerini dikdörtgen biçime bırakmıştır (KMC MAG Group Inc, 2014).

#### 4.2.2 Tokyu Plaza Ginza, Tokyo, Japonya, 2016

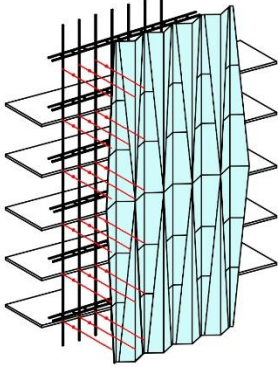
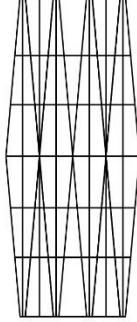
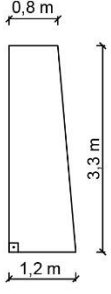

Japonya'nın Tokyo kentinde yer alan ticari işlevdeki bina, Nikken Seki tarafından tasarlanmıştır. Yaklaşık 56m yüksekliğinde ve 13 kata sahiptir. Şehrin önemli bir konumunda bulunması ve dikkat çeken cephe tasarımı sayesinde bulunduğu bölgenin adı ile 'Ginza Kapısı' lakabıyla da anılmaktadır (Briscoe, 2017). Cephe, ışığın yansımaları ve iletilmesi doğasından esinle üç boyutlu cam düzlemlerden oluşmaktadır. Üçüncü boyut hissi doğrusal cephe panellerinin katlama tekniğiyle sağlanmıştır. Katlanmış görünümündeki kompozisyon, Japon geleneksel cam kesme sanatı olan "Edo Kriko" dan ilham almıştır (Şekil 4.3) (Wetherille, 2016). 'gelenek'

ile ‘yenilik’ arasında bir kaynaşma sağlama fikri cephe tasarımının konseptini oluşturmuştur (Kido & Cywin’ski, 2017).



**Şekil 4.3 :** Tokyu Plaza Ginza Binası ve cephe geometrisinin görüntüsü (Fujii, 2017)

Cephenin geometrisini oluşturan modül deseni 6 kat yüksekliğinde yaklaşık 20m’dir. İncelenen diğer binalardan farklı olarak bu binada çizime aktarılan alan, geometrinin kolay ifade edilebilmesi için 6 katı da içermektedir (Şekil 4.4). Her ne kadar cephe modülü 6 kat yüksekliğinde olsa da yapım ve montaj çok daha küçük ölçekte yamuk geometrik biçimini oluşturan çelik çerçeveye camın yerleştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Giydirme cephenin yapımı çubuk (stick) ve panel (unitized) sistemin birlikte kullanılmasıyla uygulanmıştır (Rinaldi, 2016). Yapının restoran gibi yüksek tavanlı bölümlerinde alüminyum düşey profiller yatayda ikincil taşıyıcı görevindeki 0,5m derinliğindeki çelik çerçeveler ile desteklemektedir (Kido & Cywin’ski, 2017). Cephe modülleri döşemeye döşeme alnından ankre edilmiştir ve bir cam birimin yüksekliği yaklaşık 3,3m’dir (Nakamoto, 2019).

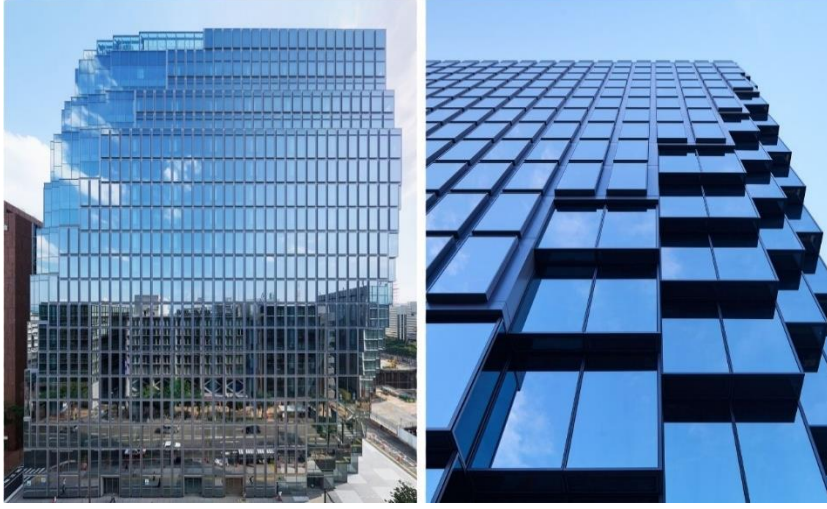
Tokyu Plaza Ginza, Tokyo, Japonya, 2016			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Yamuk 		 <b>Yeri :</b> Döşeme altından <b>Tekrarı :</b> 1,2 m arayla

**Şekil 4.4 :** Tokyu Plaza Ginza, yamuk panel geometrisine sahip cephe modülü  
(Çizim: Ayşegül Hazer)

#### 4.2.3 Tenjin İş Merkezi, Fukuoka, Japonya, 2021

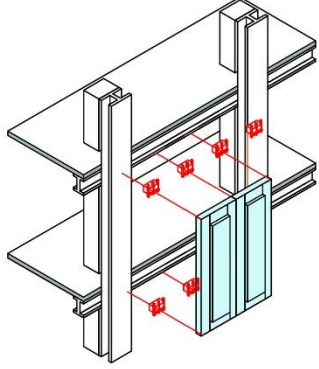

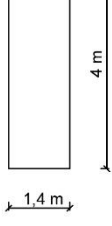

Yapı, Japonya'nın büyük şehirlerinden biri olan Fukuoka kentinde yer almaktadır. Köşe parselde yer alan iş merkezi işlevindeki binanın kütlesi "piksel" adı verilen köşe oyunlarıyla dikkat çekmektedir (Şekil 4.5). Cephe tasarımı Office for Metropolitan Architecture (OMA) ile Arup Mühendislik Japonya firmasının ortak ürünüdür. Tamamen dikdörtgen biçimden oluşan pikseli cephenin tasarım yaklaşımı binayı insan ölçeğine indirgeyebilmek olmuştur. Binanın kuzey köşesi ile karşı akstaki güney köşesinin cephesinde, giydirme sistemde yapılan kübik çekmeler yapıya kent içinde 'eriyen bir buz küpü' nünkine benzer yumuşaklık hissi kazandırmak amacıyla tasarlanmıştır (Singhal, 2021). Ayrıca iki işlek caddenin kesişimdeki kuzey köşesi bir kamusal alan yaratırken güney köşesindeki çekmeler kat bahçelerini oluşturmaktadır (Musella, 2022).





**Şekil 4.5 :** Tenjin İş Merkezi Binası ve dikdörtgen cephe geometrisinin görünümü  
(Kusunose, 2021).

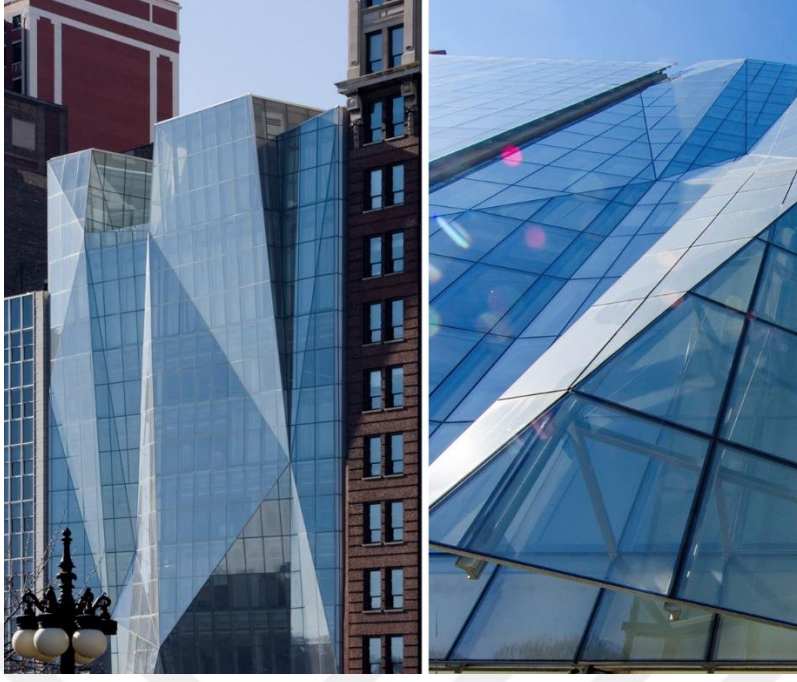
Yaklaşık 89m yüksekliğe sahip bina 19 katlıdır. Betonarme ile çelik taşıyıcı sistemin bir arada kullanıldığı karma strüktür yapısına sahiptir. Yapının piksel görünümü dikdörtgen formdaki cam paneller ile oluşturulmuştur (Şekil 4.6). Giydirme cephesi ise panel (unitized) sistem ile inşa edilmiştir (Takata, 2020). Kuzey ve güney cephedeki eksiltmeler montaj sırasında panel sistemde gerçekleştirilen itme ve çekmeler ile gerçekleştirilmiştir (Musella, 2022). Cephe montajı sırasında çekilen inşaat fotoğraflarından anlaşıldığı üzere ön üretim paneller, betonarme döşemenin altında cepheye yatay aksta seyreden çelik kirişlere ankre edilmiştir. Bağlantı noktalarının düzeni, kiriş altından her 1,30m mesafede tekrar etmektedir. Montaj ile sona eren cephe tasarımının hikayesi, kent içinde kamusal ve özel sınır hatlarının hafifletilmesi olmuştur.

Tenjin İş Merkezi, Fukuoka, Japonya, 2021			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Dikdörtgen 		 <b>Yeri :</b> Kiriş altından <b>Tekrarı :</b> 1,30 m arayla

**Şekil 4.6 :** Tenjin İş Merkezi, dikdörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü  
(Çizim: Ayşegül Hazer).

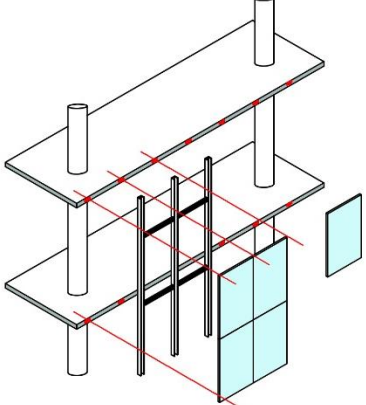
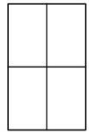
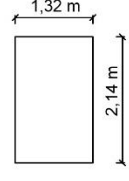

#### 4.2.4 Spertus Yahudi Araştırmaları Enstitüsü, Chicago, Amerika Birleşik Devletleri, 2007

Chicago şehrinin tarihi bir bölgesinde yer alan yapı, Krueck Sexton Partners tarafından tasarlanmıştır. Yahudi dini eğitimi ve öğretimi enstitüsü işlevindeki bina, İbranice “ışık olsun” ifadesine vurgu yapan kristalimsi bir cephe formuna sahiptir (Kamin, 2008). Bu üç boyutlu katlanmış cephe geometrisi yapının doğu yönündeki dar kenarıyla sınırlıdır. 24.4m’ye 50m ölçülerindeki yansıtıcı cephe 10 kat yüksekliğindedir ve tamamen alüminyum çubuk (stick) giydirme cephe sistemi kullanılarak üretilmiştir (Murray, 2009). Taş bloklar arasında kalan heykelsi cam cephede, çevre yapılar ile tutarlı panel boyut ve geometrisi kullanarak tarihi dokuya saygılı bir yapı tasarımı oluşturmak hedeflenmiştir (Hoag, 2007). Katlanmış cephe yüzeyleri gereği 556 adet farklı panel biçimi kullanılmıştır. Bunlar sıklıkla paralelkenar geometrik biçimine sahiptirler ancak cephede kullanılan hâkim olan panel geometrisi dikdörtgen şeklindedir (Şekil 4.7). Tipik panel boyutu ise 1.32m x 2.14m olarak ölçülandırılmaktadır (Shaikh, ve diğerleri, 2021).



**Şekil 4.7 :** Spertus Yahudi Araştırmaları Enstitüsü Binası ve dikdörtgen cephe geometrisinin görüntüsü (Zbaren, 2008).

Katlanmış cephe yüzeyleri çift cidar görevindedir ve bu bölümler döşemeden dışarı doğru en fazla 1,5m, içeri doğru en fazla 0,6m mesafe kadar ilerler. Bu durum giydirme cephenin düşey taşıyıcılarında “Y” biçimi özel bir tasarımın oluşmasına neden olmuştur. Bu sayede özellikle giriş aksının üzerinde saçak görevi gören çıkımlar oluşturulabilmiştir (Murray, 2009). Düşey taşıyıcılar arası mesafe 1.3m'dir (Murray, 2009). Bu aynı zamanda döşeme bağlantı noktaları arasındaki mesafeyi de temsil etmektedir. Sabitleme bileşenleri döşeme alnından ankre edilmiş ardından bu elemanlara düşey taşıyıcıların montajı gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.8). Cam, ısı kazanımı sağlayan yansıtıcı bir nokta desenli malzeme ile kaplanmıştır (Hoag, 2007). Çift bölmeli yalıtımlı cam, yatayda seyreden profillere fabrika ortamında silikon dolgu macunu ile yalıtılmıştır. Özellikle binanın cephesinde ısı kazanımını ve kamaşmayı kontrol etmek için yapılan sürdürülebilirlik çabaları yapıya LEED Silver sertifikası kazandırmasıyla sonuçlanmıştır (Kamin, 2008).

Spertus Yahudi Araştırmaları Enstitüsü, Chicago, Amerika Birleşik Devletleri, 2007			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Dikdörtgen 	1,32 m 2,14 m 	 <b>Yeri :</b> Döşeme altından <b>Tekrarı :</b> 1,3 m arayla

**şekil 4.8 :** Spertus Yahudi Araştırmaları Enstitüsü, dikdörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

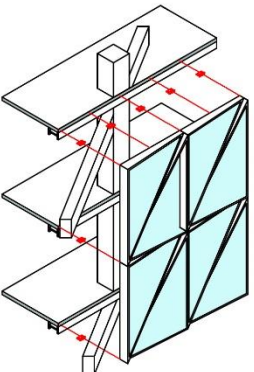
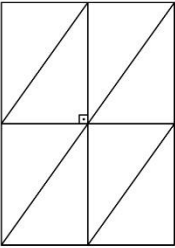
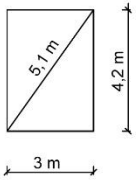
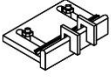
#### 4.2.5 Japan Tobacco Uluslararası (JTI) Yönetim Binası, Cenevre, İsviçre, 2015

SOM Mimarlık firması tarafından tasarlanan yapı İsviçre'nin Cenevre kentinde bulunmaktadır. Bina dikkat çeken açısız formu sebebiyle üçgenel bir cephe biçimine sahip olmuştur (şekil 4.9). Toprak kotunun altında 2 kat betonarme, üstünde ise 9 kat yüksekliğinde çelik taşıyıcı sistemden oluşmaktadır. Yapı sistemini oluşturan çelik çerçeve döşeme hizalarından üst ve alt kirişlere sabitlenmiş çapraz boru kesitli çubuklardan meydana gelmektedir (Lelli & Loutan, 2018). Bu çapraz hareketler de üçgenel açıklıkları oluşturarak cephe geometrisinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır.



**şekil 4.9 :** Japan Tobacco Uluslararası (JTI) Yönetim Binası ve üçgen cephe geometrisinin görünümü (Marburg, 2020).

Kompozit beton-çelik döşeme yapısı doğrudan kirişlere oturur ve döşeme üzerinden döşeme üzerine mesafe 4,2m'dir. Kirişler, panel (unitized) giydirmeye cephe yapım sisteminden oluşan cephe kaplamasının da taşıyıcı görevini üstlenir. Cephe geometrisi dik açılı olarak tanımlanan üçgen biçiminden oluşmasına karşılık bir birim panel 3 x 4,2m ebatlarındaki dörtgen bir yüzeydir (Wallis, 2016). Paneller "Closed cavity façade (CCF)" isimli tamamen kapalı çift cidarlı bir cam sistemiyle üretilmiştir. Bu sistem iç katmanda üç cam tabaka ile dış katmanda tek camın arasında bir yalıtım boşluğu bırakılarak enerji tasarrufu sağlayan bir cephe kaplama ürünüdür. Fabrika ortamında yüksek bitmişlik gerektirdiğinden giydirmeye cephe ürününün panel sistem olarak binaya montajı yapılır. Şekil 4.10'daki cephe modülünün çiziminde, bu bütünleşik panellerin bağlantı düzeninin döşeme üzerinden ve 1,5m arayla gerçekleştirildiği aktarılmaktadır.

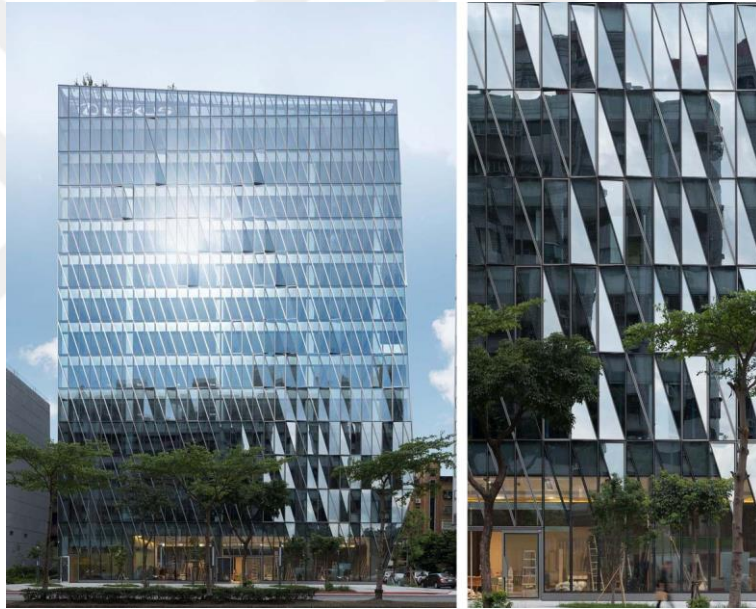
Japan Tobacco Uluslararası (JTI) Yönetim Binası, Cenevre, İsviçre, 2015			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Dik Açılı Üçgen 		 <b>Yeri :</b> Döşeme üzerinden <b>Tekrarı :</b> 1,5 m arayla

**Şekil 4.10 :** Japan Tobacco Uluslararası (JTI) Yönetim Binası, dik açılı üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

#### 4.2.6 Taipei Hoya Holding Yönetim Binası, Zhongshan, Tayvan, 2018

Proje, Tayvan'ın Zhongshan bölgesinde büyük bir otomobil acentasının genel merkezi olarak tasarlanmıştır. Yapının işlevi cephenin hikayesine de ilham olmuştur. 'Rüzgâr', 'hareket' ve 'estetik' kavramlarını konsept olarak belirleyen tasarımcı grup RC Architects, akışkanlar mekaniğinden esinle bir ana konsept oluşturmuşlardır (Shuang, 2018b). Birçok mühendislik disiplini kullanıldığı gibi otomotiv endüstrisinde de bir performans belirleme yöntemi olarak kullanılan akışkanlar

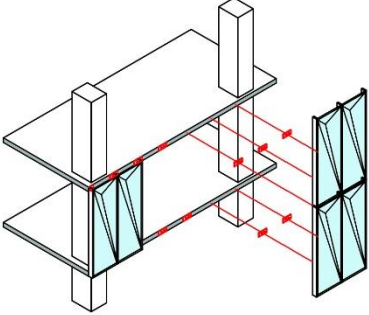
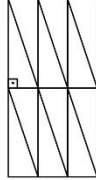
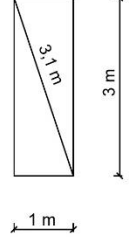

mekaniği, bu sektörde akış modellemesi ve ısı transferi konusunda tasarım sürecini kısaltmaya yardımcı olur (Açıkgöz, Gelişli, & Anova, 2016). Bu projede ise rüzgârın geçtiği cephede akış hareketine bağlı bir ritim yaratmak için kullanılmıştır. Ayrıca papatyagiller familyası mensubu olan ‘Taraxacum Erythrospermum’ Latince isimli Türkiye’de ‘Karahindiba Çiçeği’ olarak bilinen bitkinin en hafif rüzgârda bile uçup çevreye dağılan beyaz topraklarından da esinlenilmiştir (Özdemir, Arslanoğlu, & Sert, 2020). Rüzgâr hareketini temsil edecek bu davranışın en iyi üçgen geometrisiyle ifade edilebileceği kanaatine varılmıştır. Üçgenel cephe panellerinin üçüncü boyuttaki hareketiyle ifade edilmiştir. Üç boyutlu geometriye sahip paneller sınırlıdır ve rastgele bir dağılım göstermektedir (Şekil 4.11). Tez çalışması kapsamında iki boyutlu panel geometrileri dikkate alınmıştır.



**Şekil 4.11** : Taipei Hoyo Holding Yönetim Binası ve üçgenel cephe geometrisinin görünümü (Hu, 2018).

1m’ye 3m ebatlarındaki bir dikdörtgen biçimde karşılıklı iki köşenin birleştirilmesiyle dik açılı iki üçgen oluşmaktadır. Cephede modülerlik sağlamak ve bir ritim yakalayabilmek için giydirmeye cephe panel (unitized) yapım sistemi kullanılmıştır (Shuang, 2018b). Paneller iki dik açılı üçgeni birleştiren dikdörtgen biçimlerdir. Yalnızca 102 adet panel diyagonal ekseninde dönme hareketi yapmaktadır (Shuang, 2018b). Şekil 4.12’de çizime aktarılan modülde görüleceği üzere paneller

neredeysi kat yüksekliğindedir. Cephe sisteminin binaya montajı döşeme alnından 0,95m arayla ankre edilen bağlantı elemanları ile geręekleřtirilmiřtir.

Taipei Hoyu Holding Yönetim Binası, Zhongshan, Tayvan, 2018			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey lçs	Bağlantı Elemanı
	Dik Açılı çgen 		 <b>Yeri :</b> Döşeme alnından <b>Tekrarı :</b> 0,95 m arayla

**şekil 4.12 :** Taipei Hoyu Yönetim Binası, dik açılı üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

#### 4.2.7 J6 Front Ofis Binası, Tokyo, Japonya, 2008

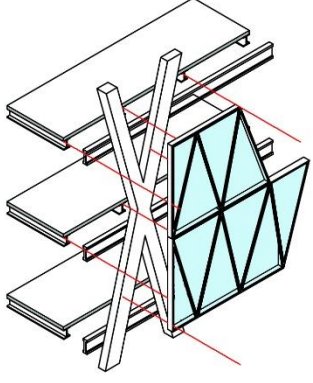
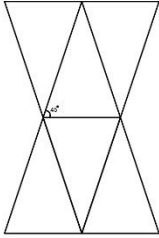
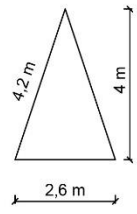
Mimar Matsuda Hirata tarafından tasarlanan ofis işlevindeki bina 33m yüksekliğindedir ve 8 kattan oluşmaktadır (şekil 4.13). Taşıyıcı sistem tamamen elik malzemeden üretilmiştir. Yapının kuzeybatı yönündeki vizyon cephesinde diyagonal taşıyıcılar mevcuttur. Tabanda yaklaşık 90cm profil kalınlığı ile başlayıp üst katlarda 60 cm'ye kadar gerilemektedir. Bu diyagonallerin önemi cephenin üçgensel geometrisinin oluşmasındaki büyük etkisidir (Brzezicki, 2018a). Çünkü diyagonallerin çapraz biçimlenişi Giydirme cephe sisteminin taşıyıcı ızgara aksı görevini de üstlenir (Kinayoglu & şenyapılı, 2017).



**Şekil 4.13** : J6 Front Ofis Binası ve ikizkenar üçgen cephe geometrisinin görünümü (Brzezicki, 2017).

Yapı fotoğraflarından, plan çizimlerinden ve Brzezicki'nin çalışmalarından (2018a) takip edilerek yapılan analizde, hafif giydirme cephenin panel (unitized) yapım sistemi ile inşa edilmiş olduğu çizime aktarılmıştır (Şekil 4.14). İkizkenar üçgen geometrik biçimine sahip panellerin yatay kenarlarından çelik döşemeye döşeme üzerinden ankrajı yapılmıştır. Bağlantı noktaları iki panelin birleştiği düğüm ve orta noktalarından 1,3m aralıktır. Panel yüksekliği ise aynı zamanda kat yüksekliği kadar yani 4m'dir. Yatay kenarlar ise 2,6m ile cephede tekrar etmektedir.

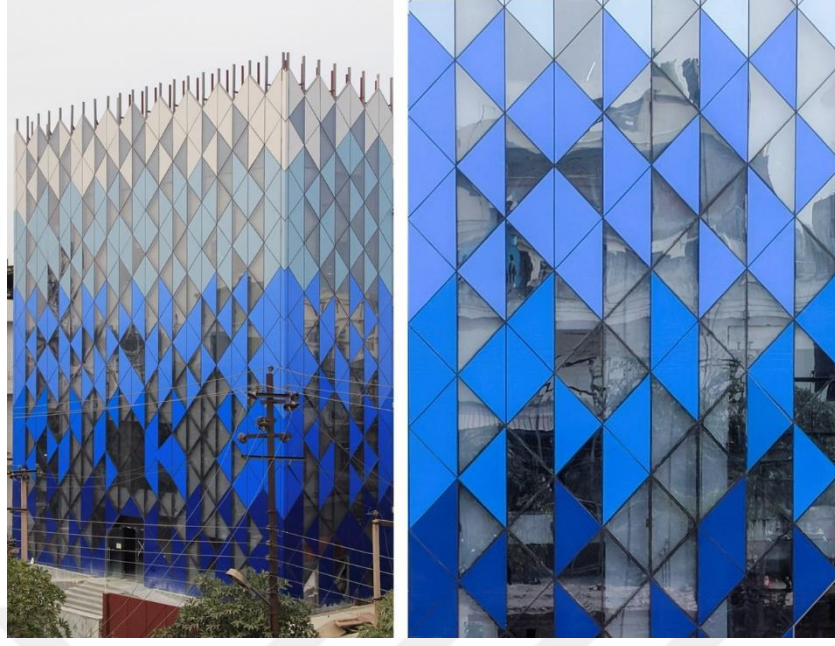


J6 Front Ofis Binası, Tokyo, Japonya, 2008			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	<p>İkizkenar Üçgen</p> 		Erişilemedi
			Yeri :
			Döşeme üzerinden
Tekrarı :			
Erişilemedi			

**Şekil 4.14 :** J6 Front Ofis Binası, ikizkenar üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

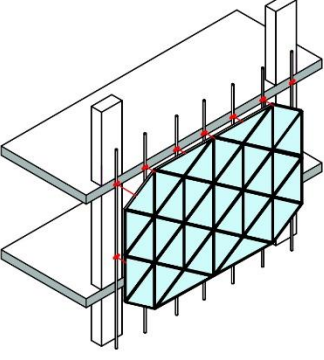
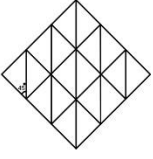
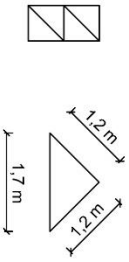

#### 4.2.8 Tri-Tessellate Ofis Binası, Noida, Hindistan, 2018

Cephe tasarımında uygulanan tesselayon tekniği, binaya ismini vermektedir. Yapı sanayi bölgesi olan Hindistan'ın Noida kentinde konumlanmaktadır. Endüstriyel bir bölge olması sebebiyle kentin ızgara plan şeması cephenin konsept tasarımında da etkili olmuştur. Ana konsept ise binanın fonksiyonundan esinle ortaya çıkmıştır. Hazır giyim imalat kompleksi işlevindeki yapıda kumaşlar ile desenler arasındaki ilişkinin cephede de karşılık bulması hedeflenmiştir. Burada seçilen birim ikizkenar üçgendir (Şekil 4.15). Birimin ölçüleri ise standart alüminyum levha plakasının 2,4 x 1,2m olan dikdörtgen biçiminden gelmektedir. Dikdörtgen tabaka ortadan ikiye 1,2 x 1,2m kare olacak şekilde daha sonra kareler köşegenlerinden bölünerek 4 adet ikizkenar tabaka elde edilmiştir. Mimar Amit Khanna, sürdürülebilirlik yaklaşımı gereği malzeme israfından kaçınmak için bu yöntemin uygulandığını ifade etmiştir (Ayoubi, 2018).



**Şekil 4.15 :** Tri-Tessellate Ofis Binası ve ikizkenar cephe geometrisinin görüntüsü (Malik, 2018).

Hafif giydirme cephe, çubuk (stick) yapım sistemi ile inşa edilmiştir. Kentin ızgara plan şemasına atıfta bulunan çelik düşey taşıyıcılar binanın çatı kotundan da bir miktar yükselerek kumaşın püsküllü görünümü oluşturulmak hedeflenmiştir (Castro, 2020). Düşey taşıyıcıların betonarme döşemeye alınından monte edildiği yapı fotoğraflarından takip edilmiştir. Bu çelik kutu profilli düşey elemanların montajı 1,2m aralıktadır (Şekil 4.16). Saydam ve opak malzemedeki üçgensel cephe kaplama elemanları düşey taşıyıcılar üzerinde son katı oluşturur ve serbest dağılım göstermektedir.

Tri-Tessellate Ofis Binası, Noida, Hindistan, 2018			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	<p>İkizkenar Üçgen</p> 		 <p><b>Yeri :</b> Döşeme üzerinden</p> <p><b>Tekrarı :</b> 1,2 m arayla</p>

**Şekil 4.16 :** Tri-Tessellate Ofis Binası, ikizkenar üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

#### 4.2.9 Güney Avustralya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü, Adelaide, Avustralya, 2014

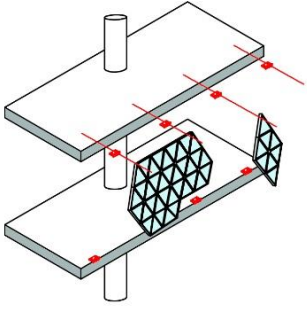
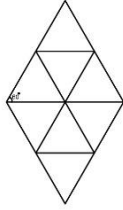
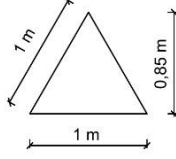
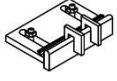
Güney Avustralya'nın başkenti Adelaide'da bulunan binanın kısaca ismi SAHMRI'dir. Sağlık sektörüne yönelik bir araştırma tesisi olarak hizmet etmektedir. Yaklaşık 700 araştırmacı ve 9 ayrı fonksiyonu bünyesinde barındırmaktadır. Yapı mimar Woods Bagot ve Aurecon mühendislik firması tarafından birlikte çalışılarak tasarlanmıştır. Birbirine simetrik iki atriumun şeffaf cephe altında birleştirilmesiyle heykelsi form açığa çıkmaktadır (Şekil 4.17). Mimar Woods Bagot'a göre cephenin bu şeffaflık algısı katlar arasında görsel bir bağlantı sağlamaktadır ve araştırmacılar arasındaki iş birliğini teşvik etmektedir (Bagot, 2014). Bunun da ötesinde cephe tasarımı bir çam kozalağının kabuğundan ilham almıştır. Üçgensel ızgara yaşayan bir organizma gibidir ve tesisin sürdürülebilirliğine önemli oranda katkı sağlamaktadır. Cephenin görevleri; gölgeleme elemanları ile laboratuvar alanlarını gün ışığından koruyarak maksimum aydınlık sağlamak, parlamayı engellemek, ısı kaybını azaltmak ve rüzgâr salınımına direnmektir. Yalnız camdan, yalnızca metalden veya gölgeleme elemanı eklentisinden oluşan farklı panel tipolojilerinin sayısı 8'dir. Çevre verilerini de tasarıma entegre etme yaklaşımıyla parametrik tasarım araçlarına gereksinim duyulmuştur. Cephede kullanılan 14.000'den fazla üçgen Rhinoceros programında Grasshoper eklentisi kullanılarak panel tipolojileri optimize edilmiştir. Ardından

panel sayısı ve analizlerini gerçekleştirmek üzere tüm veriler Revit 2010 programına aktarılmıştır. Yapı Bilgi Modelleme (BIM) yaklaşımı sayesinde tüm disiplinlerin verileri birleştirilerek ortaya çıkan model cephenin karmaşık geometrisini basitleştirerek fabrikasyona uygun hale gelmesine imkân vermiştir (Burger & Bagot, 2014).



**Şekil 4.17 :** Güney Avustralya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü binası ve eşkenar üçgen cephe geometrisinin görüntüsü (Fisher, 2014).

Şekil 4.18’de SAHMRI binasının tez çalışması kapsamında çizime aktarılan alanı batı cephesinin ışığı düzlemsel ileten kısmıdır. Giydirme cephe panel (unitized) yapım sistemi uygulanarak inşa edilmiştir (Singleton, 2014). Cephe geometrisi eşkenar üçgenseldir. Bina köşe noktaları gibi geometrinin karmaşıklaştığı alanlarda veya panel tipolojilerinin benzer olduğu bölümlerde üçgenler çoklu biçimde montajlanarak (modülerleştirme) fabrika ortamından sahaya getirilmişlerdir. Çizime aktarılan alan da benzer şekilde, 8 adet üçgen panelin yaklaşık 2m arayla birbirlerine civatalarla birleştirilmesiyle ön üretim halinde oluşturulmuştur (Şekil 4.18). Sahada montaj bağlantıları yapılan üçgensel ızgara 15cm kalınlığındaki çelik profillerden oluşmaktadır. Panellerin döşemeye üstünden yine 2m arayla ankre edildiği kesit projesinden anlaşılmaktadır. İki atrium arasını örten güneybatı ve güneydoğu eğrisel cephelerinde ise 35m’ye kadar açıklığı destek montajı olmadan geçebilmektedir (Bagot, 2014).

Güney Avustralya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü, Adelaide, Avustralya, 2014			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Eşkenar Üçgen 		 <b>Yeri :</b> Döşeme üzerinden <b>Tekrarı :</b> 2 m arayla

**Şekil 4.18 :** Güney Avustralya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü, eşkenar üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

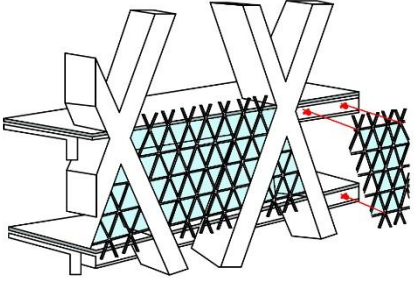
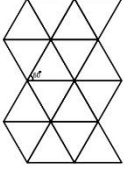
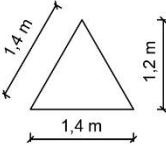

#### 4.2.10 Shenzhen Venture Capital – Özel Şirket Kulesi, Nashan, Çin, 2015

Kısa adıyla VC-PE binası Nashan semti içinde yer almaktadır. Huazhu Architecture & Engineering ile Studio Georges Hung tarafından bölgede ikonik bir yapı inşa etme amacıyla tasarlanmıştır. 190m yüksekliğe ulaşan bina gelişmekte olan bir ticari alan içerisinde yer almaktadır ve ofis işlevindedir. Yeni kurulan küçük ölçekli şirketlerin ihtiyaçlarını karşılamak için verimli bir kiralanabilir alan yaratma isteği, tasarımın şekillenmesindeki ana unsur olmuştur. İç mekânda esnek ve uyarlanabilir bölümler kurgulayabilmek için değerli kat alanının devasa boyutlara ulaşan kolonlardan arındırılması gerekmektedir. Buna karşılık taşıyıcı strüktür diyagrid sistem olarak belirlenmiştir. Bu sistem yapı kabuğunun temelini oluşturduğundan binanın cephesi ile de yakından ilişki kurmuştur. Diyagonal elemanların cephede izlediği açısız yol giydirme cephe elemanlarının da aynı açıyla biçimlenmesine hatta taşıyıcı ızgaranın montaj altlığı olarak kullanılmasına imkân vermiştir (Şekil 4.19) (Al-Kodmany & Ali, 2016).



**Şekil 4.19** : Shenzhen Venture Capital – Özel Şirket Kulesi ve eşkenar üçgen cephe geometrisinin görüntüsü (Findley, 2016).

Toplam 44 kattan oluşan binada tipik kat yüksekliği 3,80m olan 5'inci ve 6'ıncı katlar çizim alanı olarak seçilmiştir (Şekil 4.20). Çelik ve betonarmenin bir arada kullanıldığı karma bir sistem taşıyıcı görevindedir (Dong & Vilennia, 2016). Diyagonal elemanlar arasında cam, bu elemanların üzerinde ise opak giydirme cephe kaplama malzemeleri kullanılmıştır. Çubuk (stick) giydirme cephe yapım sistemi dış cepheyi oluşturmaktadır. Diyagonal elemanlarla eş açılı ve yönlerdeki alüminyum ızgaralar çelik kirişlere alından ankre edildiği projenin kesit çizimlerinden anlaşılmıştır. Döşemenin alt ve üst kenarlarından ise kaynaklanarak giydirme cephenin taşıyıcı ızgarası sabitlendiği yapı fotoğrafları üzerinden yapılan incelemelerden elde edilmiştir. Proje ve yapım fotoğrafları referans noktalarından çizim ortamına aktarıldığında cephe panel geometrisinin eşkenar üçgen olduğu ve bir kenarının 1,4m ölçülerde olduğu tespit edilmiştir. Cephe elemanlarının montaj aralığı ise yine 1,4m'dir (Şekil 4.20).

Shenzhen Venture Capital - Özel Şirket Kulesi, Nashan, Çin, 2015			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Eşkenar Üçgen 		 <b>Yeri :</b> Kiriş altından <b>Tekrarı :</b> 1,4 m arayla

**Şekil 4.20 :** Shenzhen Venture Capital – Özel Şirket Kulesi, eşkenar üçgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

#### 4.2.11 Pingjiang Wonder Kitabevi, Suzhou, Çin, 2018

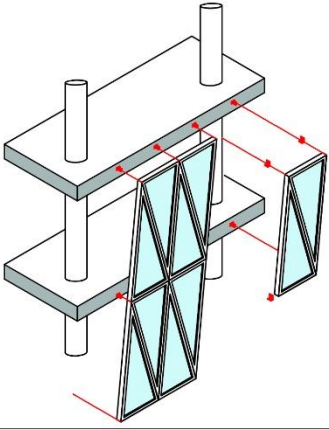
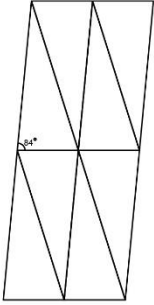
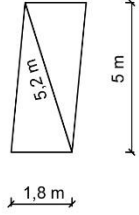

Pingjiang Wonder Kitabevi Çin'in ikinci büyük ticari merkezi olarak anılan Suzhou şehrinde yer almaktadır. Yapı şehir kompleksinin ortasında 1.800 m<sup>2</sup> alan üzerine kuruludur ve Shanghai Tianhua Architectural Design firması tarafından tasarlanmıştır. Binanın kristalimsi bir forma benzetilmesi amacıyla dikkat çeken cephe tasarımı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.21) (Ye ve diğerleri, 2020). Mimarlar tasarıma öncelikle cepheyi yatayda iki parçaya bölerek başladıklarını ifade etmektedirler. Bunun amacı kentin tarihi ile modern yapılaşma arasındaki uyumunu iki farklı cephe kurgusuyla temsil etmektir. Zemin katı temsil eden ilk yatay parça insan ölçeğine indirgenerek tarihi sokak dokusu ile bütünlük sağlayabilmek amacıyla tamamen şeffaf malzemeden oluşmaktadır. Üst katlardaki giydirme cephenin üçgenel örüntüsüne ise bir değerli taş kesme yöntemi olan 'Rose Cut' tekniği ilham vermiştir (Shuang, 2018a). Bu teknik, düz bir taban üzerinden belirli bir noktaya yükselen 24 adet üçgenel yüzeyin yanlardan bakıldığında piramidal bir şekli oluşturmasını sağlar (Harlow, 1997). Pingjiang Wonder kitapevinin üçgenel cephe panellerinde Rose Cut tekniği her bir üçgenin tepe noktasının belirli bir açıyla eğilmesinde kullanılmıştır. Bu sayede dış cephede iniş çıkışlar oluşturularak güneş ışığının günlük ve mevsimlik değişimleri yansıtılmaktadır.



**Şekil 4.21** : Pingjiang Wonder Kitabevi ve üçgensel cephe geometrisinin görüntüsü  
(Zeng, 2018).

Üçgenlerin tepe noktasının 90 derece aksında olmayışı cephe geometrisinin biçimini dar açılı üçgen sınıfına dahil etmiştir. Giydirme cephenin yapım sistemi panel (unitized) sistemdir. Bir panel iki dar açılı üçgen geometrisinin birleşmesiyle oluşan eşkenar dörtgensel biçime sahiptir. Panel boyutları 1,8m en ve 5m boyundadır. Yapının çizime aktarılan bölümü doğu cephesinin 1'inci ve 2'nci kat aralığıdır. Yapının incelenen cephe montajı fotoğraflarından giydirme cephe bağlantı elemanlarının döşemeye alınandan ankre edildiği tespit edilmiştir. Yine aynı fotoğraflar üzerinden yapılan incelemelerde panellerin de birbirleri ile yatayda bağlantıyı sağlayan tespit bileşenleri ile sabitlendiği anlaşılmıştır ve genel biçimi çizim ortamına aktarılmıştır (Şekil 4.22).



Pingjiang Wonder Kitabevi, Suzhou, Çin, 2018			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	<p>Dar Açılı Üçgen</p> 		 <p><b>Yeri :</b> Döşeme altından</p> <p><b>Tekrarı :</b> 1,8 m arayla</p>

**Şekil 4.22 :** Pingjiang Wonder Kitabevi, dar açılı üçgensel panel geometrisinin cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

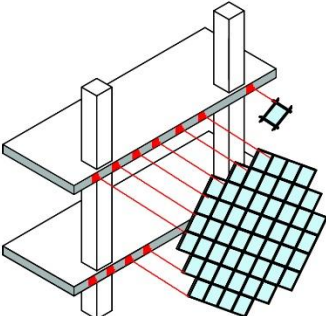
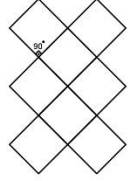
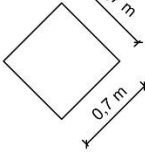

#### 4.2.12 Futurium Berlin, Berlin, Almanya, 2017

Richter Musikowski tarafından tasarlanan Berlin'deki Futurium binası sergi ve etkinlikler için hükümet tarafından finanse edilerek projelendirilmiştir. Spree nehri ile demiryolunun arasında konumlanan binanın heykelsi formu bölgede bir kamusal alan yaratmak üzere ortaya çıkmıştır. Doğu-batı aksında yapılan çekmeler tamamen halk tarafından erişilebilir ve 18m'ye kadar konsol taşınmaktadır. Binanın katlanmışlık hissi veren cephesi ise yapıyı vurgulayan temel unsurdur (Wurm ve diğerleri, 2020). Prefabrike kasetlerden oluşan modüler bir cephe sistemi Arup Mühendislik Almanya şirketi tarafından projeye özel olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.23)



**Şekil 4.23** : Futurium Berlin binası ve eşkenar dörtgen cephe geometrisinin görüntüsü (Groza & Renou, 2018).

Cephe sistemi 8000 adet prefabrike karodan oluşmaktadır. Birim karo ölçüleri 70cm x 70cm'dir. Cephe geometrisi bu biçimlenişini karoların bir alt katmanı olan diyagiridal montaj bağlantı ızgarasına borçludur (Prohl, 2021). Izgaralar birbirlerini 90 derecelik açıyla kestiğinden dik açılı eşkenar dörtgen (diamond) geometrik biçimi olarak adlandırılırlar. Izgara sisteminin varlığı cephe yüzeyinde montaj görünümü olmadan temiz bir bitmişlik elde edebilmek içindir. Tasarım ekibince geliştirilen yüksek performanslı bu cephe sistemi prefabrik kaset sistem olarak adlandırılmıştır (Wurm ve diğerleri, 2020). En dışta gün ışığını yansıtma görevindeki dokulu cam arkasında adaptör çerçevesi, gizli metal klips bağlantısı ve en altta paslanmaz çelik montaj ızgarası yer almaktadır. Diyagiridal ızgaranın ankrajı döşeme alnından gerçekleştirilmiştir. Tespit bileşenleri yapının inşaat fotoğrafları ve bağlantı detaylarına ait elde edilen fotoğraflar üzerinden takibi yapılarak çizim ortamına aktarılmıştır (Şekil 4.24).

Futurium Berlin, Berlin, Almanya, 2017			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Dik Açılı Eşkenar Dörtgen 		 <b>Yeri :</b> Döşeme altından <b>Tekrarı :</b> 0,7 m arayla

**Şekil 4.24 :** Futurium Berlin, dik açılı eşkenar dörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

#### 4.2.13 Yamaha Ginza, Tokyo, Japonya, 2010

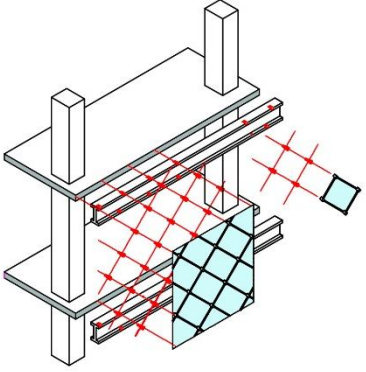
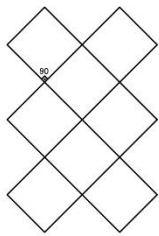
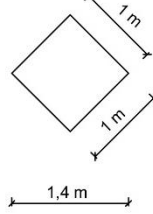
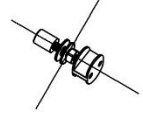
Japonya'nın önde gelen bir müzik enstrüman üreticisi olan Yamaha firmasının Tokyo'da bulunan binası cephe tasarımı için ilhamını yine kendi markasından almıştır. Ana tema, ses ve müzik hissini yayan gelenek ve yenilik içinde bir bina oluşturmaktır. Mimar Nikken Sekkei tarafından tasarlanan binanın cephesi müziğin akışkanlığını ifade eden diyagonal ızgaradan ve pirinç malzemedен üretilmiş enstrümanları ifade eden altın rengi tonlardaki lamine camdan oluşmaktadır (Şekil 4.25). Japon geleneksel zanaatında önemli bir yeri olan altın tozunun lamine camlar arasında sıkıştırılmasıyla vitray benzeri cephe kaplama malzemesi üretilmiştir (Kim, 2019). Rastgele dağılım gösteren farklı renk kullanımları parıldayıp değişen bir ses duygusunu ve müziğin zaman içinde değişen ritim hissiyatını yansıtmaktadır (Novozhilova, 2014).



**Şekil 4.25 :** Yamaha Ginza Binası ve eşkenar dörtgen cephe geometrisinin görüntüsü (Suzuki, 2011).

Bina boyu yaklaşık 66m yüksekliğindedir. Konseptin ana unsurunu oluşturan giydirme cephe sistemi zemin katın bir üst kotundan başlamaktadır. Cephe, Diagonal bir kablo ızgara sistemi ile asılmıştır (Sekkei, 2012). Diagonal biçimli ızgara sayesinde cephenin dik açılı eşkenar dörtgen (diamond) biçimine sahip panel geometrisi oluşmaktadır (Brzezicki, 2018b). Yapının plan ve kesit projelerinden yapılan inceleme ve ölçümler ile eşkenar dörtgen biçimli panellerin bir kenar ölçüsünün 1m olduğu anlaşılmaktadır. Transparan olarak da adlandırılan hafif giydirme cephe asma sistemin ana elemanları çelik kablolar ve bağlantı bileşenleridir. Aksların kesişimi olan düğüm noktalarından panellere monte edilen bağlantı elemanları iki kablonun çapraz geçişine izin verecek biçimde ve dört açıklıklıdır. Kablolar aynı zamanda döşeme bağlantısını da sağlamaktadırlar. I profil çelik kirişlerin üzerinde açılan ankraj boşluklarından taşıyıcı kablolar devamlı

geçmektedir. Yapı fotoğrafları ve kesit projesinden, kirişin üzerinde yer alan bu boşlukların yaklaşık 1,4m mesafe ile tekrar ettiği anlaşılmış ve çizim ortamına aktarılmıştır (Şekil 4.26).

Yamaha Ginza, Tokyo, Japonya, 2010			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Dik Açılı Eşkenar Dörtgen 		 <b>Yeri :</b> Kiriş üzerinden <b>Tekrarı :</b> 1,4 m arayla

**Şekil 4.26 :** Futurium Berlin, dik açılı eşkenar dörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

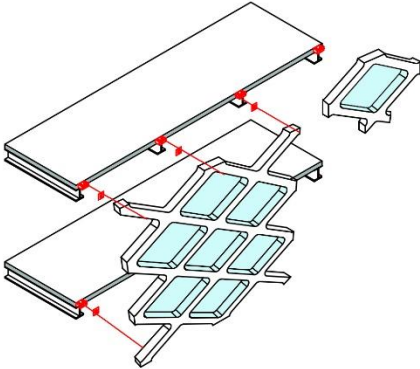
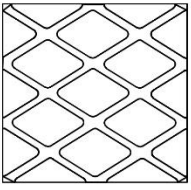
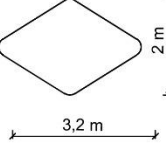
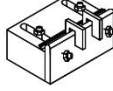
#### 4.2.14 Prada Aoyama Binası, Tokyo, Japonya, 2003

Prada Aoyama binası Japonya'nın Tokyo kentinde yer almaktadır. Bina Herzog & De Meuron mimarlık firması tarafından tasarlanmıştır. Ünlü bir moda markasının butik mağazası olması gereği bir takım tasarım kararlarının alınmasında etkili olmuştur. Bunlardan en dikkat çeken cepheyi oluşturan eşkenar dörtgen biçimli diyagrid ızgarasıdır (Şekil 4.27). Mimarlar tarafından marka ürünlerinin sergilenebileceği şeffaf bir kabuk oluşturabilme konsepti ile bölgede sembolik bir bina tasarlama arzusu yapı formunu meydana getirmiştir. Diyagonal kafes aynı zamanda taşıyıcı görevindedir ve iç mekânda kolonsuz temiz alanlar yaratılmasına imkân vermiştir. Cephe geometrisini oluşturan eşkenar dörtgen biçimler 3,2m genişliğinde ve 2m yüksekliğindedir. Bir kat yüksekliği 4m'dir ve iki modüle denk gelmektedir (Tanno ve diğerleri, 2018).



**Şekil 4.27** : Prada Aoyama Binası ve eşkenar dörtgen cephe görüntüsü (Marburg ve diğerleri, 2017).

Bina toplamda 6 kat ve 23m yüksekliğindedir. Cephedeki eşkenar dörtgen diyagonal ızgara birimlerinin her birine lamine cam monte edilmiştir. Toplamda 840 adet cam panel kullanılmıştır; bunlardan 240'ı dış bükey 16'sı iç bükey camlardır (Tanno ve diğerleri, 2018). Cephenin çizime aktarılan bölümü düz cam modüllerin kullanıldığı, binanın 3'üncü ve 4'üncü katları arasındaki alandır. Cephe görünümünü oluşturan diyagonal kafes elemanlar çelik konstrüksiyondur ve tüm modüllerde aynı malzeme kullanılmıştır. Eşkenar dörtgen modüllerin döşeme bağlantıları kesişim noktalarından yapılmıştır. Bağlantı düzeni bir panel genişliğince 3,2m mesafe ile tekrar eder şeklindedir ve ankraj işlemi döşeme altından yapılmıştır (Şekil 4.28) (Zheng ve diğerleri, 2020).

Prada Aoyama Binası, Tokyo, Japonya, 2003			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Eşkenar Dörtgen 		 <b>Yeri :</b> Döşeme altından <b>Tekrarı :</b> 3,2 m arayla

**Şekil 4.28 :** Prada Aoyama Binası, eşkenar dörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

#### 4.2.15 Seattle Halk Kütüphanesi, Seattle, Amerika Birleşik Devletleri, 2004

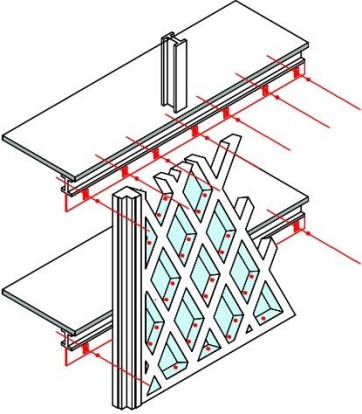
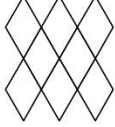
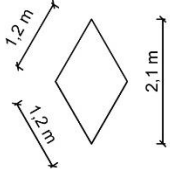
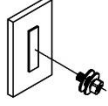
Seattle şehrinin merkezinde yer alan Halk Kütüphanesi Binası Office for Metropolitan Architecture (OMA) ve LMN Architects tarafından yürütülen ortak bir tasarım projesinin ürünüdür. 38.300m<sup>2</sup> alan üzerine kurulu yapı, fonksiyonlarına göre değişen kat yüksekliklerine ve yer yer ışığı eğik açıyla ileten cephe yüzeylerine sahiptir. Bina formunun asimetrik bir biçim almasında etkili olan bu durum aynı zamanda tüm yapının sürekli bir şeffaf kabuk ile çevrelenmesi konseptine de ilham olmuştur (Şekil 4.29) (Mckinlay ve diğerleri, 2003). Strüktürel açıdan da görev üstelenen çelik ve cam birleşimi özel bir giydirme cephe sistemi yapıyı tamamen çevrelemektedir. Bu özel giydirme cephe sisteminin üretimi, tasarım ve üretim aşamasının neredeyse eş zamanlı ve iş birliği içerisinde yürütülmesiyle en az kayıpla nihai çözüme kavuşturulmuştur (Badders, 2015).



**Şekil 4.29** : Seattle Halk Kütüphanesi Binası ve cephe geometrisinin görünümü (Ruault, 2004).

Giydirme Cephe sisteminin yapısını anlamak için binanın taşıyıcı sisteminden bahsetmek gerekmektedir. Geniş açıklıklara sahip konsol platformlar doğrusal ve meyilli kolonlar aracılığıyla taşınırken cepheyi saran çelik diyagrid sistem deprem ve rüzgâr gibi yanal yüklere dayanımı sağlamaktadır (Badders, 2015). I profil çelik kullanılarak oluşturulan diyagrid ızgara, her biri 1,2m olan eşkenar dörtgen birim modüllerden oluşmaktadır. Bu boyutlar imalat açısından optimum ölçüler dikkate alınarak belirlenmiştir (Baaske ve diğerleri, 2015). Modüller hem ayrı ayrı hem de bütünleşik olarak birbirlerine monte edilmiştir (Şekil 4.30). Izgara sistemini oluşturan eşkenar dörtgen biçim, dikdörtgen şekline kıyasla daha az bağlantı noktasıyla çok daha geniş açıklıkları örtme kapasitesine sahip olduğundan seçilmiştir (Mckinlay ve diğerleri, 2003).



Seattle Halk Kütüphanesi, Seattle, Amerika Birleşik Devletleri, 2004			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Eşkenar Dörtgen 		 <b>Yeri :</b> Kiriş altından <b>Tekrarı :</b> 1,2 m arayla

**Şekil 4.30 :** Seattle Halk Kütüphanesi, eşkenar dörtgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

#### 4.2.16 Biovet Yönetim Binası, Peshtera, Bulgaristan, 2016

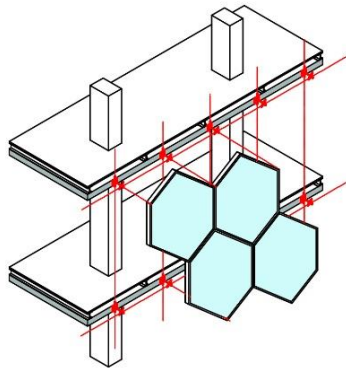
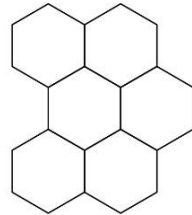
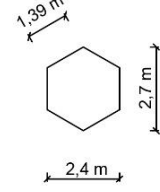

Biovet ilaç endüstrisi alanında hizmet veren bir Avrupa şirkettir. Bulgaristan'ın Peshtera kentinde kurulacak olan genel merkez binasının tasarımı için 2010 yılında bir yarışma projesi ilan edilmiştir. Projenin konsepti modern teknolojileri kullanarak çevre ile uyumlu akıllı bir üretim tesisi yaratmaktır. Atelier Serafimov Architects firmasının altıgen cephesiyle dikkat çeken tasarımı yarışma sonunda uygulama projesi olarak seçilmiştir ve inşaat çalışmalarına 2014 yılında başlanmıştır (Şekil 4.31) (Castro, 2018).



**Şekil 4.31 :** Biovet Yönetim Binası ve altıgen cephe geometrisinin görüntüsü (Novoselski, 2016).

Cephenin basit ve net altıgen geometrisinin tasarım hikayesine şirketin ilaç sektöründeki çalışmaları konu olmuştur. Aromatik hidrokarbonların benzen çekirdeğinin altıgen yapısından ilham alınarak giydirme cephenin panel modülü belirlenmiştir. Bu altıgen yapı, organik kimya ve ilaç endüstrisi için temel bir bileşendir. Cephenin inşasında panel (unitized) yapım sistemi ile kablo ağı asma sistemleri bir arada kullanılmıştır (Singhal, 2018).

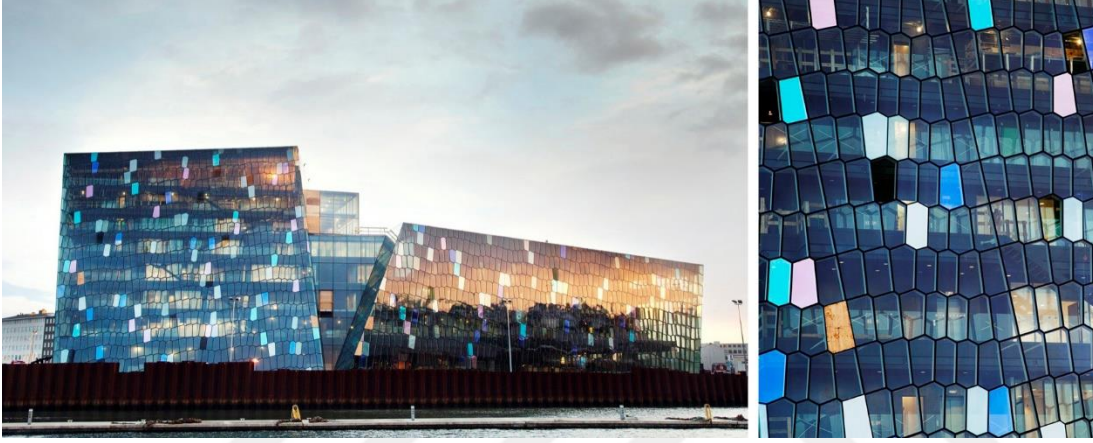
Yapı 26m yüksekliğinde ve bodrumsuz toplam 6 kattan oluşmaktadır. Tipik kat yüksekliği 4,16m'dir. Tez çalışması kapsamında batı cephesinin 4'üncü ve 5'inci katlarındaki ardışık köşe kolon aksları çizime aktarılmıştır (Şekil 4.32). Düzgün altıgen geometrik biçimine sahip cephe panelleri orta aks hiza alacak şekilde 1,2m arayla montaj elemanlarına bağlanmaktadır. Panelin bir kenarı 1,39m'dir (Serafimov, 2015). Kablo ağı ile panel sistemini birleştiren özel üretim tespit bileşenleri döşemeye alından ankre edilmiştir. Bağlantı elemanlarının panel orta aksı olan 1,2m'de tekrar etmekte olduğu yapının plan ve kesit çizimi üzerinden ölçülmüştür.

Biovet Yönetim Binası, Peshtera, Bulgaristan, 2016			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	<p>Düzgün Altıgen</p> 		 <p><b>Yeri :</b> Döşeme alından</p> <p><b>Tekrarı :</b> 1,2 m arayla</p>

**Şekil 4.32 :** Biovet Yönetim Binası, düzgün altıgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

#### 4.2.17 Harpa Konser Salonu ve Konferans Merkezi, Reykjavik, İzlanda, 2011

İzlanda'nın başkenti Reykjavik'te deniz ve dağ manzarasına hâkim bir konumda yer alan yapı kültür kompleksi işlevindedir. Doğu liman projesi isimli kapsamlı bir liman geliştirme projesinin parçası olarak tasarlanmıştır. Geometrik figürleriyle dikkat çeken cephe tasarımı, Henning Larsen Architects, yerel mimarlık ofisi olan Batterið Architects ve Danimarkalı-İzlandalı sanatçı Olafur Eliasson'ın iş birliği içinde gerçekleştirilmiştir. Cephe strüktürü İzlanda'nın karakteristik altıgen biçimli bazalt oluşumlarının geometrisinden ilham almaktadır (Şekil 4.33) (Stefansson, 2011).

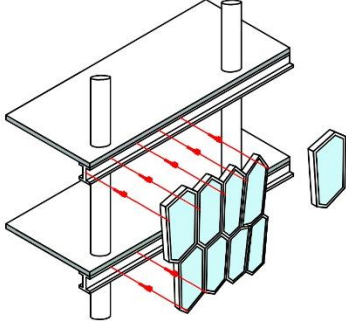
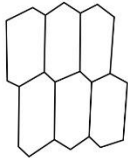
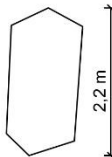
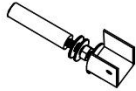


**Şekil 4.33 :** Harpa Konser Salonu ve Konferans Merkezi ve düzensiz çokgen cephe geometrisinin görüntüsü (Henning Larsen, 2011).

Cam ve çelik malzemenin bir araya getirilmesiyle oluşan 12 kenarlı modüle “quasi-brick” ismi verilmiştir. Bu kelimenin Türkçe karşılığı “tuğla-benzeri” olarak adlandırılabilir. Yapının yalnızca güney cephesinde istiflenen bu üç boyutlu modüllerin sayısı 1000 adetten fazladır. Diğer cepheler ve çatıda ise tuğla-benzeri modüllerin kesit temsili kullanılmıştır. Beş veya altı kenardan oluşan yapısal çerçeve, maket çalışmalarının yanı sıra çeşitli dijital görselleştirme teknikleri ve sonlu elemanlar metodunun kullanımı ile geliştirilebilmiştir (Henning Larsen Architects, 2013).

Bu tez çalışması kapsamında aksonometrik perspektif yöntemiyle çizime aktarılan cephe sistem alanı yaklaşık 45m<sup>2</sup>'dir (Şekil 4.34). İki kat yüksekliğinde ve iki taşıyıcı eleman arası mesafe dikkate alınarak yapının Kuzey cephesinde, 4'üncü ve 5'inci katlar arasındaki cephe sistemi çizilmiştir. Düzensiz çok kenarlı geometrik

biçime sahip olan bir panelin yüksekliği yaklaşık 2,2m'dir. Giydirme cephenin alüminyum çerçevesi panel sistem olarak prefabrik üretilmiş cam kısmının montajı ise sahada gerçekleştirilmiştir. Paneller döşeme alından binaya klips benzeri bağlantı bileşenleri kullanılarak ankre edilmiştir (Henning Larsen Architects, 2013).

Harpa Konser Salonu ve Konferans Merkezi, Reykjavik, İzlanda, 2011			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Düzensiz Çokgen 	 2,2 m	 <b>Yeri :</b> Kiriş alından <b>Tekrarı :</b> 1,15 m arayla

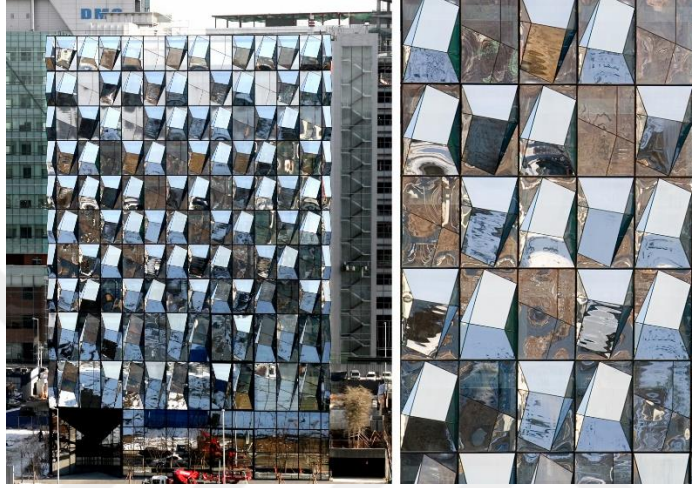
**Şekil 4.34 :** Harpa Konser Salonu ve Konferans Merkezi, düzensiz çokgen panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

Kristal benzeri cephenin geometrik figürlerinin bir başka görevi ışık ve şeffaflık unsurlarını vurgulamaktır. Bu nedenle tasarımda farklı tip ve renkteki yansıtıcı camlar kullanılmıştır. Binanın dört cephesinde de mavi, kırmızı ve mor renklerini yansıtan gözlem yönüne göre farklı renge bürünen 10 ayrı cam türü kullanılmıştır (Singhal, 2013). Şeffaf cam, yansıtıcı cam ve her biri farklı renk tonu veya yansıtma derecesinden oluşan bu cam türleri sayesinde sürekli değişen manzara gölgesinde renklerin sonsuz bir varyasyon oluşturulması cephenin tasarım hikayesi gereği uygulanmıştır (Grima, 2011).

#### 4.2.18 Trutec Binası, Seul, Güney Kore, 2006

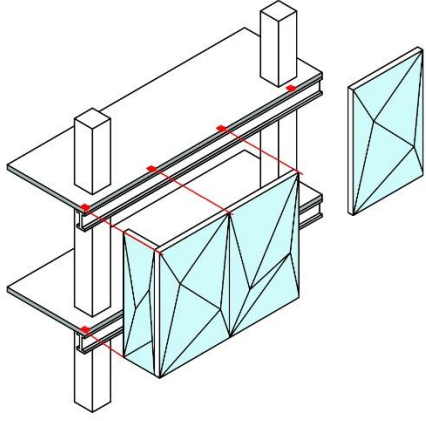
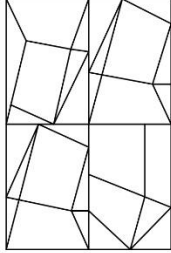
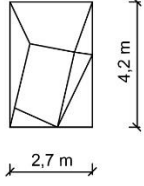

Güney Kore'nin başkenti Seul'de bulunan Trutec Binası, Barkow Leibinger Mimarlık ofisi tarafından tasarlanmıştır. Binanın alt katları showroom olarak kullanılırken üst katlar ofis işlevindedir. 55m yükseklikteki kübik bina hacmi ilk bakışta karmaşık görünen aslında düzenli bir geometrik biçimlenişe sahip modüler giydirme cephe ünitelerinden oluşmaktadır (Şekil 4.35). Dikdörtgen ızgara üzerine

modüler panellerin yerleştirildiği özel bir yapım sistemi kullanılmıştır (Murray, 2009). Her bir cephe modülü ortogonal olmayan üçgenel parçalara bölünmüştür. Bu biçimleniş Delaunay tekniği olarak adlandırılan hesaplamalı bir geometrik bölümlendirme metodudur (Narangerel ve diğerleri, 2016). Cephedeki karmaşık görünüm temelde iki ana biçimin döndürme ve öteleme hareketleri ile türetilmiştir. Böyle bir varyasyonun ekonomik olarak mümkün olması için dijital üretim araçlarından CNC kesim yöntemi kullanılmıştır (Pinto, 2021).



**Şekil 4.35** : Truteç Binası ve serbest geometrik biçimlenişe sahip cephe görüntüsü (Murray, 2009).

Binanın taşıyıcı sistemi kompozit kirişler ve çelik kolonlardan oluşmaktadır. Toplam 11 kattan oluşan binanın tipik kat yüksekliği 4,2m'dir (Halfen, 2020). Tez çalışması kapsamında çizime aktarılan cephe alanı binanın 7'nci ve 6'ncı katlarıdır (Şekil 4.36). Delaunay geometrik biçimine sahip bir panel modülün ölçüsü 4,2m'ye 2,7m ölçülerinde kısaca paneller bir kat yüksekliğindedir. Modüler cephe panellerinin yapıya montajı döşeme üzerinden yapılmıştır. Kesit ve detay projelerinden takip edilerek bağlantı elemanın detayı çizim ortamına aktarılmıştır. Döşeme üzerindeki ankraj noktaları bir panel eni kadar 2,7m mesafe arayla tekrar etmektedir (Murray, 2009).

Trutec Binası, Seul, Güney Kore, 2006			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	<p>Delaunay tekniği</p> 		 <p><b>Yeri :</b> Döşeme üzerinden</p> <p><b>Tekrarı :</b> 2,7 m arayla</p>

**Şekil 4.36 :** Trutec Binası, delaunay tekniği serbest panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

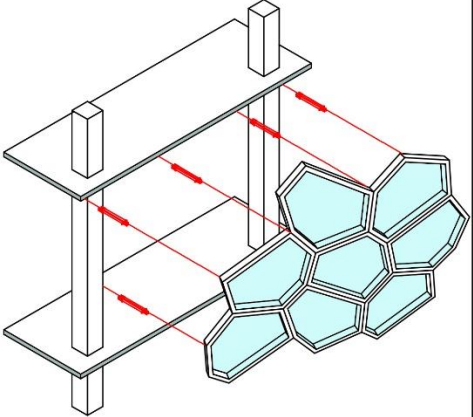
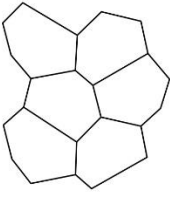
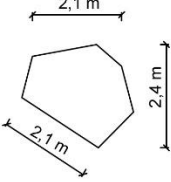
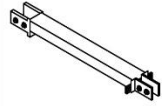
#### 4.2.19 Melbourne Resital Merkezi, Melbourne, Avustralya, 2009

Melbourne Resital Merkezi Avustralya'nın gelişmekte olan sanat bölgesi Southbank'ta yer almaktadır. İki seviyeli bir resital salonu ile nispeten daha küçük olan oda müziği performans alanından oluşmaktadır. Mimar Ashton Raggatt McDougall tarafından tasarlanan binanın kuzey cephesi en dikkat çeken unsurdur. McDougall cepheyi tasarlarken, doğada kendiliğinden var olan bir hücresel biçimleniş olan voronoi diyagramından esinlendiğini ifade etmektedir (Şekil 4.37). Rastgele bir biçimleniş gibi görünmesine rağmen voroni diyagramı temelde noktalar arasındaki ilişki kurallı bir bölümlendirme yöntemidir (Coates ve diğerleri, 2005).



**Şekil 4.37 :** Melbourne Resital Merkezi ve cephe geometrisinin görüntüsü (Glenane, 2009).

Bina 30m yüksekliktedir ve 5 kattan oluşmaktadır. Tez çalışması kapsamında yapının çizime aktarılan bölümü kuzey cephesinin 2'nci ve 3'üncü katlar arasında kalan alanıdır (Şekil 4.38). Resital salonunun da burada konumlanması sebebiyle kat yüksekliği yaklaşık 5,80m'dir. Yapının mimari projesinden ve iç mekân fotoğraflarından anlaşıldığı üzere cepheyi oluşturan düzensiz altıgen panellerin kenar ölçüleri yaklaşık 2'şer metredir. Cephe ile yapı konstrüksiyonu arasında 1 metreye yakın mesafe mevcuttur. Panel yapım sistemi ile inşaatı gerçekleştirilen giydirme cephenin döşeme bağlantı elemanları da bu mesafeyi kat etmektedir (ARM Architecture, 2005).

Melbourne Resital Merkezi, Melbourne, Avustralya, 2009			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Serbest Geometri- Voronoi Diagramı 		 <b>Yeri :</b> Döşeme altından <b>Tekrarı :</b> Yaklaşık 2 m arayla

**Şekil 4.38 :** Melbourne Resital Merkezi, voronoi diyagramı serbest panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

#### 4.2.20 Square Brussels Kongre Merkezi, Brüksel, Belçika, 2006

Square Brussels Toplantı Merkezi binası, aslen 1958 yılında Brüksel Dünya Fuarı için inşa edilen eski kongre merkezinin 2004 yılında başlayan yenileme çalışmalarında komplekse eklenen bir karşılama merkezidir. Kompleksin ana girişinde bulunan tamamen şeffaf kübik formlu olan yapı simgesel niteliktedir. A2RC mimarlık firması tarafından tasarlanmıştır. Peyzaj alanı ile ilişki içinde ve ağaç dallarını andıran cephe tasarımıyla mimarlar binayı şiirsel bir amblem olarak tasarladıklarını ifade etmektedirler (Verliefden & D'Helft, 2009). Tarihi bir mekânın ortasında, bahçe imgesiyle ilişki içinde olan ve günümüz modernitesinin bir ifade

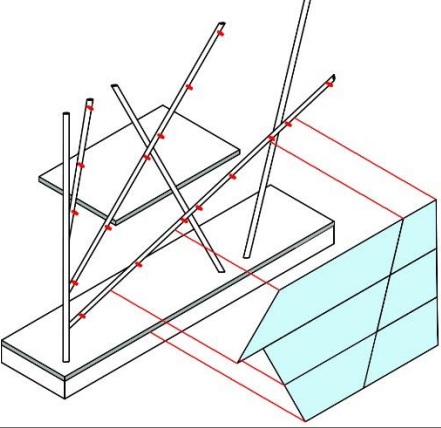
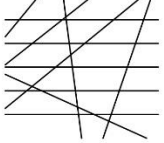
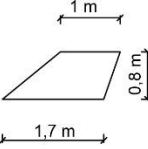

aracı olarak cephedeki serbest geometrik bölümlendirme stili ortaya çıkmıştır (Şekil 4.39) (Magritte ve diğerleri, 2010).



**Şekil 4.39** : Square Brussels Kongre Merkezi ve serbest biçimli cephe geometrisinin görüntüsü (Kinder, 2009).

Kübik form 16m yüksekliğindedir ve 3 kattan oluşmaktadır. Giydirme cephe çubuk (stick) yapım tekniği ile inşa edilmiştir. Tasarıma, keyfi açılardaki eğrisel ızgaranın konumunun belirlenmesi ile başlamıştır (Magritte ve diğerleri, 2010). Serbest geometrik biçime sahip ızgara aksının izdüşümü aynı zamanda taşıyıcı profilleri de oluşturmaktadır. Profiller cephenin yaklaşık 10cm kadar arkasındadır ve cephe yüzeyindeki yansımayı taklit eder. Serbest geometrik biçimlendirme tekniği ile tasarlanan cephe ızgaraları arasında kalan ortogonal olmayan geometrik yüzeyler her bir yüzeye özel olacak şekilde cam ile kaplanmıştır (Brzezicki, 2018a). Camın bağlantısı dairesel kesitli taşıyıcı profiller üzerinden her bir panelde ortalama 3 adet olacak şekildedir. Bu 70cm civarında bir tekrara tekabül etmektedir. Neredeyse 3 kat yüksekliğine uzanan profilleri ise zemin kotundan döşeme kirişlerine ankre edilmişlerdir (Şekil 4.40).



Square Brussels Kongre Merkezi, Bürüksel, Belçika, 2006			
Çizime Aktarılan Cephe Sistemi Perspektifi	Panel Geometrisi	Birim Yüzey Ölçüsü	Bağlantı Elemanı
	Serbest Geometri- Keyfi Bölümlendirme 	Tipik cam panel ölçüleri 	 <b>Yeri :</b> Profil üzerinden <b>Tekrarı :</b> 2,2 m arayla (yaklaşık)

**Şekil 4.40 :** Square Brussels Kongre Merkezi, keyfi bölümlendirme serbest panel geometrisine sahip cephe modülü (Çizim: Ayşegül Hazer).

#### 4.3 İncelenen Örnek Uygulamaların Karşılaştırılması

Giydirme cephe tasarımında geometrik düzen oluşturma ilkelerinin kullanımı son yirmi yılda artmıştır. Seçilen örnekler de bu tarih aralığı içinde yer almaktadır. Bu artışın sebebinin değişen tasarım yaklaşımları ile mimaride dijital araçların kullanımının yaygınlaşması olduğu söylenebilir. Örneğin binanın hacim algısını değiştirmek için cephe üzerinde alışılmadık dışında bir biçimleniş oluşturulmak istendiğinde cephenin tasarımında geometrik düzen ilkelerinden yararlanılmaktadır. Cephe tasarımının uygulanabilirliği ise hafif giydirme cephe elemanları ile kolaylaşmaktadır.

İncelenen yirmi binanın cephe sistemleri, cephe tasarımındaki geometrik biçimlenişe bağlı olarak değişmektedir. Üçüncü bölümde açıklanan geometrik düzen oluşturma kriterleri bağlamında örneklerin değerlendirme kriterleri tanımlanmıştır. Kriterlerin proje aşamasından yapım aşamasına kadar genelden özele doğru sıralanarak örnek binalardaki cephe uygulamaları Tablo 4.2’de karşılaştırılmıştır. Buna göre cephe tasarımında geometrik düzen ilkelerinden bir tasarım hikayesinin konsepti gereği de faydalanılabildiği görülmüştür. İncelenen binalar içerisinde 9 adedinin cephe tasarımının altında bir esinlenme ögesi mevcuttur. Bu binalar; Arthaland Century Pacific Kulesi, Tokyu Plaza Ginza, Tenjin İş Merkezi, Taipei Hoyo Holding

Yönetim Binası, Pingjiang Wonder Kitabevi, Yamaha Ginza, Biovet Yönetim Binası, Harpa Konser Salonu ve Konferans Merkezi ve Square Brussels Kongre Merkezi'dir.

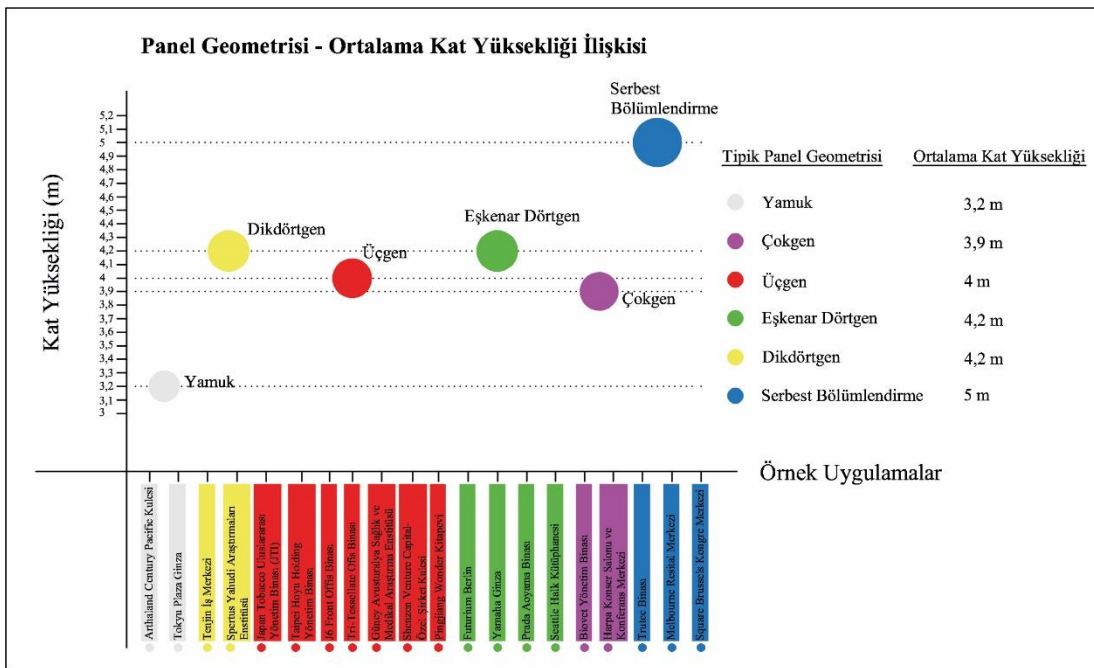
Cephe yüzeyindeki geometriyi belirleyen ilk değerlendirme unsuru yapının kullanım amacıdır. Tablo 4.2'de geniş açıklıklara sahip mağaza (Prada Aoyama), konser salonu (Melbourne Resital Merkezi), kongre merkezi (Square Brussels Kongre Merkezi) gibi binaların büyük cephe yüzeylerinin tasarımında tesselayon tekniğinin tercih edilmiş olma nedeni, tasarım aşamasında sağladığı kolaylıktır. Geniş açıklıklı yapılarda tasarımın davetkar olabilmesi hedeflenmekte ve alışılmışın dışında bir geometrik biçimleniş tercih edilmektedir. Ayrıca yine yapının işlevi gereği şeffaf bir kabuk oluşturabilme kaygısının da geometrinin belirlenmesinde etkili olduğu görülmüştür.

Uygulama örneklerinin cephe düzlemlerine göre yapılan karşılaştırmada, eğrisel cephe yüzeyine sahip veya yarı serbest yapı formunda toplamda üç yapı örneği Tablo 4.2'de görülmektedir. Güney Avusturalya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü binasının yarı serbest yüzeyleri, Futurium Berlin ve Seattle Halk Kütüphanesi'nin eğik cephe düzlemi gereği geometrik düzen ilkelerinden eşkenar dörtgen biçim kullanılmıştır. Yalnızca kaplama elemanı yüzey geometrisi değil cephe panelleri montajının modülerleştirilmesinde de eşkenar dörtgen geometrik biçimin kullanılabilirdiği görülmüştür. Örneğin Güney Avustralya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsünün eşkenar üçgen formundaki cephe panelleri sahada kolay kurulum sağlayabilmek için fabrika ortamında eşkenar üçgen geometrisi oluşturacak biçimde modüle edilmiştir.

Cephede tekrar eden geometrik biçimler üretim ve maliyet etkinliği sağlamak için geometrik düzen ilkelerinden faydalanılarak modülerleştirilebilir. Buna bir bakıma panel (unitized) sistemdeki ayrı ünitelerin fabrika ortamında birkaç ünitenin birleştirilmesi de denebilir. İncelenen binalarda bu kriteri sağlayan altı adet uygulamaya rastlanmıştır. Bunlar; Tokyu Plaza Ginza, Taipei Hoyo Holding Yönetim Binası, Japan Tobacco Uluslararası (JTI) Yönetim Binası, Güney Avustralya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü, Pingjiang Wonder Kitabevi ve Trutec Binası'tır. Öklid geometrisinde dörtgensel bir biçim köşegen aksından bölündüğünde üçgen şeklini oluşturduğundan incelenen binalarda da sıklıkla iki üçgenin birleşimiyle dörtgen modüllerin oluştuğu görülmüştür.

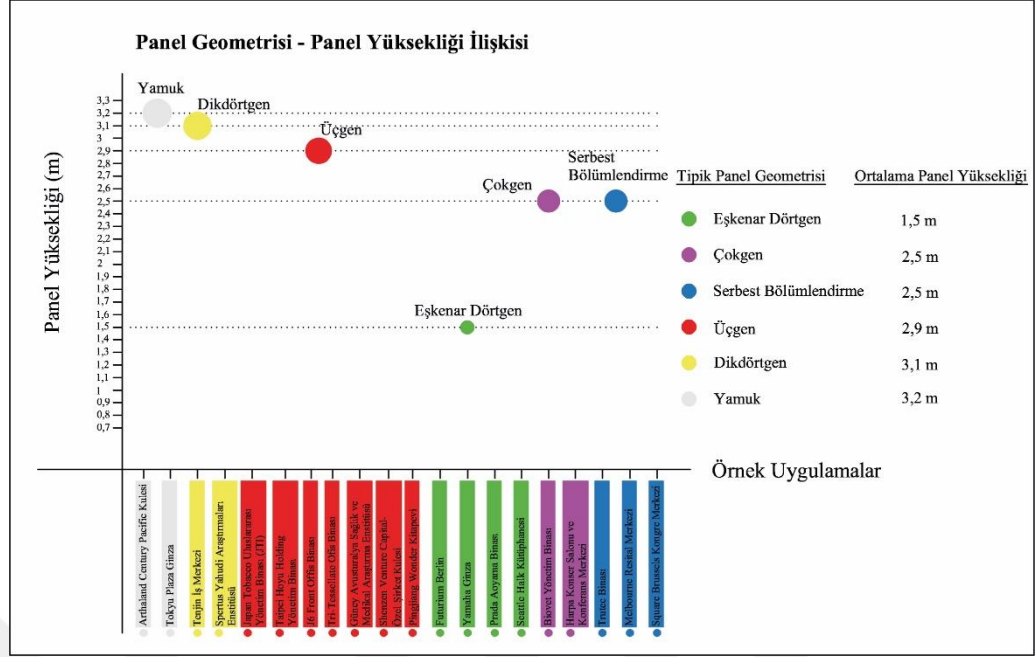
Değerlendirme kriterleri doğrultusunda incelenen binaların cephe uygulamaları nicel verileri üzerinden grafiksel analiz yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Panel geometrisi-kat yüksekliği arasındaki ilişki grafiğe aktarılarak ortalama değerler elde edilmiştir. Ardından panel geometrisi-panel yüksekliği arasındaki ilişki grafiksel ifade edilmiş ve ortalama değerler tespit edilmiştir. Tipik panel geometrisine göre kat yüksekliği-panel yüksekliği ilişkisini tanımlamak amaçlanmıştır.

Panel geometrisi ve yapının kat yüksekliği arasında yapılan karşılaştırmaya göre Tablo 4.1’de sınıflandırılan tipik panel geometrilerinin ortalama değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu Şekil 4.41’de görülmektedir.



**Şekil 4.41 :** Panel Geometrisine göre ortalama kat yüksekliği grafik ilişkisi.

Grafik üzerindeki lekesel değerler tamamen birbirleriyle oranlı olacak şekildedir ancak ortalama kat yükseklikleri arasındaki farklar 1-2m bandı arasında olduğundan boyutsal olarak farklılıkları algılamak güçtür. Bu nedenle her tipik geometri ayrı bir renk ile ifade edilmiş görsel algı kuvvetlendirilmek amaçlanmıştır. Çokgen, üçgen, eşkenar dörtgen ve dikdörtgen panel geometrilerine sahip binaların kat yükseklikleri birbirlerine çok yakındır. Bu durum panel yüksekliğiyle ilişkili olabilir. Panel geometrisi-panel yüksekliği ilişkisi bakımından yapılan grafiksel ifade Şekil 4.42’de görülmektedir.



**Şekil 4.42 :** Panel geometrisine göre ortalama panel yüksekliği ilişkisi.

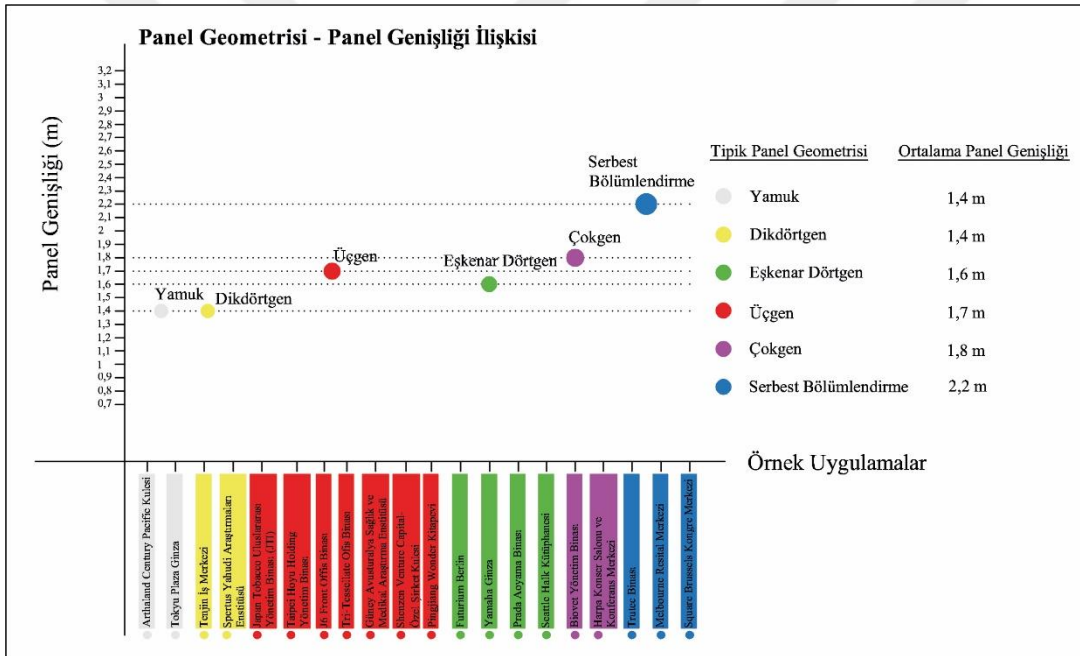
Ortalama panel yüksekliği grafiğinde tipik yamuk geometrik biçimin en yüksek değere sahip olduğu görülür. İkinci sırada dikdörtgen yer almaktadır. Bunun nedeni dik açılı olan bu benzer dört kenarlı biçimlenişlerin neredeyse kat yüksekliğinde uygulama imkânının olmasıdır. Panel geometrisine göre kat yüksekliği ve panel genişliği grafikleri daha iyi ifade edebilmek amacıyla çizelge 4.1’de karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 4.1:** Kat yüksekliği ve panel yüksekliği ortalama değerlerinin karşılaştırılması

Tipik Panel Geometrisi	Kat Yüksekliği(m)	Panel Yüksekliği(m)	Fark Değeri (m)
Yamuk	3,2	3,2	0
Dikdörtgen	4,2	3,1	1,1
Üçgen	4	2,9	1,1
Eşkenar Dörtgen	4,2	1,5	2,7
Çokgen	3,9	2,5	1,4
Serbest Bölümlendirme	5	2,5	2,5

Çizelge 4.1’de panel yüksekliği ile kat yüksekliği ilişkisi bakımından en büyük fark değeri eşkenar dörtgen geometrisinde görülür. Bunun nedeni eğik açılardaki referans çizgileriyle cephe ızgarasının oluşmasıdır. Diyagonal biçimleniş, montaj yükünün daha ziyade ızgara sistem tarafından taşındığı küçük boyutlu elemanlar ile cephe sisteminin kurulmasına izin verir. Diyagonal elemanlar yüksek rijitlik sağladığından kat yüksekliği kriteri her zaman önem derecesi sırasında öncelikli olmayabilir (Moon, 2011).

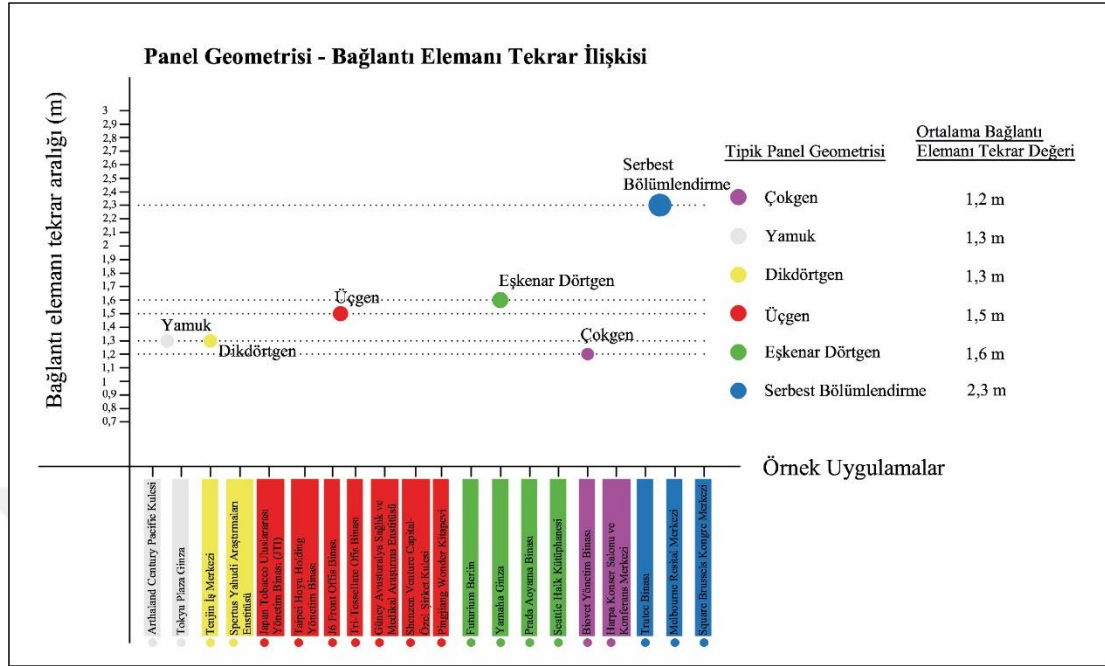
Tablo 4.2’de yer alan diğer nicel veriler, panel genişliği ve bağlantı düzenin tekrarıdır. Panel geometrisi ve bağlantı düzeni arasındaki ilişkiyi tanımlamak amacıyla bu iki veri karşılaştırılacaktır. Şekil 4.43’te panel geometrisine göre ortalama panel genişlik ölçüsü değeri hesap edilmiştir.



**Şekil 4.43:** Panel geometrisine göre ortalama panel genişlik ölçüsü ilişkisi.

Şekil 4.43’teki grafiğe göre yamuk, dikdörtgen ve eşkenar dörtgen biçimlerine sahip panel geometrilerinin en düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi dört kenarlı birer biçim olmaları ve rijitlik endişesinden kaynaklanabilir. 4 kenar 4 düğüm noktası gerektirir. Bu da montaj için dar kenarın döşeme hizasına paralel, geniş olan kenarın ise kat yüksekliğinde açıklık daha fazla olduğundan ‘y’ ekseninde uzanmasını gerektirir. Örneğin üçgen biçim 3 kenar ve düğüm noktasına sahiptir. Bağlantının rijit olabilmesi için en geniş uzunluğa sahip olan taban kenarı üzerinden

montaj gerçekleştirilir. Bu durumda üçgen dörtgen biçime kıyasla daha geniş bağlantı elemanı düzeni gerektirecektir (Dimcic, 2011).



**Şekil 4.44 :** Panel geometrisine göre ortalama bağlantı elemanı tekrar ilişkisi.


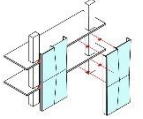

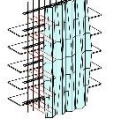

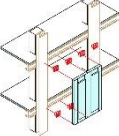

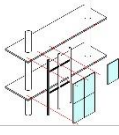
Panel geometrisi ve bağlantı elemanı tekrar ilişkisi grafiği şekil 4.44'te görülmektedir. En geniş tekrar aralığı serbest bölümlendirme tekniğiyle tasarlanan geometrik biçimindedir. Çizelge 4.2'de verilen panel genişliği ve bağlantı tekrar düzeni ortalama değerlerinden nerdeyse her biçimlenişin bağlantı elemanı tekrar aralığı panel genişliği uzunluğundadır. Bu durum bağlantının yapılacağı iki düğüm noktası arasında kalan kenar uzunluğuyla ilişkilendirilebilir. Düğüm noktasını oluşturduğundan kenar sayısı bağlantı elemanı düzeninde etkili bir kriterdir (Dimcic, 2011).

**Çizelge 4.2 :** Panel genişliği ve bağlantı elemanı tekrar sıklığı ilişkisinin kıyaslanması

Tipik Panel Geometrisi	Panel Genişliği (m)	Bağlantı Elemanı Düzeni (m)	Fark Değeri (m)
Yamuk	1,4	1,3	0,1
Dikdörtgen	1,4	1,3	0,1
Üçgen	1,7	1,5	0,2
Eşkenar Dörtgen	1,6	1,6	0
Çokgen	1,8	1,2	0,6
Serbest Bölümlendirme	2,2	2,3	0,1


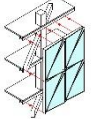

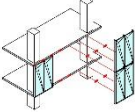

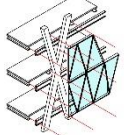

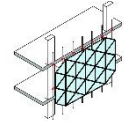


**Tablo 4.2 : Hafif giydirme cephe uygulama örneklerinin karşılaştırılması**


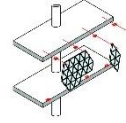

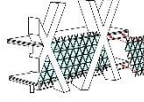

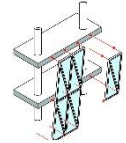

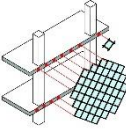
Hafif Giydirme Cephe Uygulama Örneklerinin Karşılaştırılması														
Yapı Bilgileri				Değerlendirme Kriterleri										
No:	Fotoğrafı	Adı, Tarihi	Çizime Aktarılan Alan	Kullanım	Cephe düzlemi	Taşıyıcı Sistemi	Panel Geometrisi	Kenar Sayısı	Panel Genişliği	Kat Yük.	Malzeme	Yapım Sistemi	Modül Geometrisi	Bağlantı Elemanı Düzeni
01		Arthaland Century Pacific Kulesi, 2016		Ofis	Simetrik	Betonarme	Yamuk	4	1,5m	3m	Cam	Panel	Yamuk	Döşeme üzerinden 1,4m arayla
02		Tokyu Plaza Ginza, 2016		Ofis	Simetrik	Kompozit	Yamuk	4	1,2m	3,4m	Cam	Çubuk ve Panel	Dikdörtgen	Döşeme altından 1,2m arayla
03		Tenjin İş Merkezi, 2021		Ofis	Simetrik	Kompozit	Dikdörtgen	4	1,4m	4,2m	Cam	Panel	Dikdörtgen	Kiriş altından 1,3m arayla
04		Spertus Yahudi Araştırmaları Enstitüsü, 2007		Eğitim	Simetrik	Betonarme	Dikdörtgen	4	1,3m	4,1m	Cam	Çubuk	Dikdörtgen	Döşeme altından 1,3m arayla




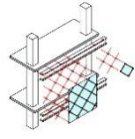

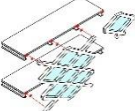

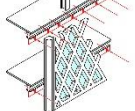

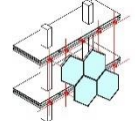
**Tablo 4.2 (devam): Hafif giydirme cephe uygulama örneklerinin karşılaştırılması**

Hafif Giydirme Cephe Uygulama Örneklerinin Karşılaştırılması														
Yapı Bilgileri				Değerlendirme Kriterleri										
No:	Fotoğrafi	Adı, Tarihi	Çizime Aktarılan Alan	Kullanım	Cephe düzlemi	Taşıyıcı Sistemi	Panel Geometrisi	Kenar Sayısı	Panel Genişliği	Kat Yük.	Malzeme	Yapım Sistemi	Modül Geometrisi	Bağlantı Elemanı Düzeni
05		Japan Tobacco Uluslararası (JTI) Yönetim Binası, 2015		Ofis	Simetrik	Çelik	Dik açılı üçgen	3	3m	4,2m	Cam	Panel	Dikdörtgen	Döşeme üzerinden 1,5m arayla
06		Taipei Hoyo Holding Yönetim Binası, 2019		Ofis	Simetrik	Betonarme	Dik açılı üçgen	3	1m	3m	Cam ve kompozit	Panel	Dikdörtgen	Döşeme altından 0,95m arayla
07		J6 Front Ofis Binası, 2008		Ofis	Simetrik	Diyagonal kompozit	İkizkenar üçgen	3	2,6m	4,2m	Cam	Panel	Üçgen	Döşeme üzerinden
08		Tri-Tessellate Ofis Binası, 2018		Ticari	Simetrik	Betonarme	İkizkenar üçgen	3	1,2m	3,5m	Cam ve alüminyum	Çubuk	Üçgen	Döşeme üzerinden 1,2m arayla


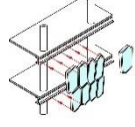

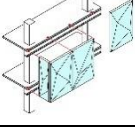

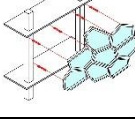

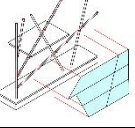
**Tablo 4.2 (devam): Hafif giydirme cephe uygulama örneklerinin karşılaştırılması**

Hafif Giydirme Cephe Uygulama Örneklerinin Karşılaştırılması														
Yapı Bilgileri				Değerlendirme Kriterleri										
No:	Fotoğrafi	Adı, Tarihi	Çizime Aktarılan Alan	Kullanım	Cephe düzlemi	Taşıyıcı Sistemi	Panel Geometrisi	Kenar Sayısı	Panel Genişliği	Kat Yük.	Malzeme	Yapım Sistemi	Modül Geometrisi	Bağlantı Elemanı Düzeni
09		Güney Avustralya Sağlık ve Medikal Araştırma Enstitüsü.,2014		Sağlık	Serbest	Betonarme	Eşkenar üçgen	3	1m	4m	Cam ve metal	Panel	Eşkenar dörtgen	Döşeme üzerinden 2m arayla
10		Shenzen Venture Capital - Özel Şirket Kulesi, 2015		Ofis	Simetrik	Diyagonal kompozit	Eşkenar üçgen	3	1,4m	3,9m	Cam ve kompozit	Çubuk	Üçgen	Kiriş altından 1,4m arayla
11		Pingjiang Wonder Kitabevi, 2018		Kitap satışı	Simetrik	Betonarme	Dar açılı üçgen	3	1,8m	5m	Cam	Panel	Eşkenar dörtgen	Döşeme altından 1,8m arayla
12		Futurium Berlin, 2017		Sergi	Asimetrik	Betonarme	Dik açılı eşkenar dörtgen	4	0,7m	3,5m	Kompozit	Çubuk ve Panel	Eşkenar dörtgen	Döşeme altından 0,7m arayla

**Tablo 4.2 (devam): Hafif giydirme cephe uygulama örneklerinin karşılaştırılması**

Hafif Giydirme Cephe Uygulama Örneklerinin Karşılaştırılması														
Yapı Bilgileri				Değerlendirme Kriterleri										
No:	Fotoğrafi	Adı, Tarihi	Çizime Aktarılan Alan	Kullanım	Cephe düzlemi	Taşıyıcı Sistemi	Panel Geometrisi	Kenar Sayısı	Panel Genişliği	Kat Yük.	Malzeme	Yapım Sistemi	Modül Geometrisi	Bağlantı Elemanı Düzeni
13		Yamaha Ginza, 2010		Ticari	Simetrik	Kompozit	Dik açılı eşkenar dörtgen	4	1,4 m	4 m	Cam	Asma	Eşkenar dörtgen	Kiriş üzerinden 1,4m arayla
14		Prada Aoyama Binası, 2003		Ticari	Simetrik	Çelik Diyagonal	Baklava deseni	4	3,2 m	4 m	Cam	Panel	Eşkenar dörtgen	Döşeme altından 3,2m arayla
15		Seattle Halk Kütüphanesi, 2004		Kütüphane	Asimetrik	Çelik Diyagonal	Baklava deseni	4	1,2 m	5,1 m	Cam	Çubuk	Eşkenar dörtgen	Kiriş altından 1,2m arayla
16		Biovet Yönetim Binası, 2016		Ofis	Simetrik	Kompozit	Düzgün altıgen	6	2,4 m	4,1 m	Cam	Panel ve Asma	Çokgen	Döşeme altından 1,2m arayla

**Tablo 4.2 (devam): Hafif giydirmce cephe uygulama örneklerinin karşılaştırılması**

Hafif Giydirmce Cephe Uygulama Örneklerinin Karşılaştırılması														
Yapı Bilgileri				Değerlendirme Kriterleri										
No:	Fotoğrafi	Adı, Tarihi	Çizime Aktarılan Alan	Kullanım	Cephe düzlemi	Taşıyıcı Sistemi	Panel Geometrisi	Kenar Sayısı	Panel Genişliği	Kat Yük.	Malzeme	Yapım Sistemi	Modül Geometrisi	Bağlantı Elemanı Düzeni
17		Harpa Konser Salonu ve Konferans Merkezi, 2011		Konferans	Asimetrik	Kompozit	Düzensiz çokgen	6	1,2m	3,6m	Cam	Panel	Çokgen	Kiriş alnından 1,15m arayla
18		Trutec Binası, 2006		Ofis	Simetrik	Kompozit	Serbest geometri-Delaunay tekniği	4	2,7m	4,1m	Cam	Panel	Dikdörtgen	Döşeme üzerinden 2,7m arayla
19		Melbourne Resital Merkezi 2009		Konser	Simetrik	Betonarme	Serbest geometri-Voronoi diyagramı	6	2,1m	5,9m	Cam	Panel	Voronoi	Döşeme alnından yaklaşık 2m arayla
20		Square Brussels Kongre Merkezi, 2006		Kongre	Simetrik	Betonarme	Serbest geometri-Keyfi	4	1,7m	4,9m	Cam	Çubuk	Düzensiz dörtgen	Profil üzerinden 2,2m arayla

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mimari tasarımda asırlardır kullanılan geometri kuralları, çağdaş dönemde cephe tasarımında yararlanılan en temel kuralları oluşturur. Yapı kabuğu tasarımında farklı geometrik konfigürasyonların kullanımı son yıllarda artış göstermektedir. Özellikle büyük cephe yüzeylerine sahip, kentsel alanlarda imgesi ile ön plana çıkması istenen binalarda değişen tasarım yaklaşımları ile özgün cephe tasarımlarına yönelim vardır. Mimaride dijital araçların, sayısal ortamdaki yazılımların özellikle giydirme cephe sistemlerinin kullanıldığı yapılarda geometrik düzen ilkeleri ile detaylarda oluşan karmaşık problemleri çözmeye önemli bir araç olduğu da bir gerçektir. Ayrıca inşaatta her zaman önemli bir kriter olan yüksek maliyet sorunlarına, cephe tasarımında geometrik düzen ilkelerinden faydalanılarak çözümler aranmaktadır. Giydirme cephe sistemini oluşturan her bir eleman standart ölçü ve boyutlardan uzaklaştıkça inşaatın maliyeti de aynı oranda artmaktadır. Yaygın kullanıldığından geleneksel yöntem ve biçimsel tasarım yaklaşımları daha makul ve üretilebilirdir. Buna rağmen mimarlık tarihi boyunca binalarda cephe tasarımı çeşitli akımlar ve değişen kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda sürekli bir dinamizm içindedir.

Bu tez çalışmasında, yenilikçi tasarım yaklaşımları bağlamında alışlagelmişin dışındaki geometrik düzenlerle oluşturulmuş cephe tasarımları bulunan binaların incelenmesi ve literatüre özellikle giydirme cephelerin tasarım ve uygulamasında geometrik biçimlerin etkilediği hususların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Giydirme cephelerde alışlagelmişin dışındaki geometrik özelliklere sahip ve standart olmayan panellerin prefabrike olarak üretilebildiği, bu nedenle maliyet, zaman ve enerji kayıplarının en aza indirilebildiği bilinmektedir. Bu bağlamda tez kapsamında oluşturulan panel geometrisi sınıflandırması nicel ve nitel birtakım ölçütlerce kıyaslanarak bir optimizasyon stratejisi geliştirebilmeyi amaçlamıştır.

Çalışmada Tablo 4.2'de değerlendirme kriterlerine göre 20 adet örnek bina karşılaştırılmıştır. Her ne kadar incelenen örneklerin sayısı kısıtlı olduğundan kesin yargıların çıkarımında bulunmak güç olsa da ileride yapılacak çalışmalar için bu

örnekler güncellenip geliştirilebilir. Tablo 4.2’de yapılan karşılaştırmalarda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- İncelenen örnek bina uygulamalarının yarısına yakınının cephe tasarımında salt geometrik biçimlenişin kullanımı, özgün bir tasarım yaklaşımının sonucudur. Özellikle Uzak Doğu ülkelerinde kültürel değerler sebebiyle yaygın olduğu görülmüştür. Bu da cephe tasarımında farklı geometrik konfigürasyonların kullanımının estetik kaygılar neticesinde özgün tasarlama yaklaşımları arayışları sebebiyle ortaya çıktığını göstermektedir.
- Panel geometrisinin yapım sistemi üzerinde doğrudan bir etkisi vardır. Genellikle dik açılı ve belirgin geometriler panel (unitized) sistem ile üretilip uygulanmıştır. Bunun sebebi alışılmışın dışındaki ara açılı değerlerinde referans ızgaraları kurulumunun zor olmasından kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde çokgen ve serbest geometrilerin çubuk (stick) sistem ile kurulumu karmaşık bir hal alacaktır. Bu nedenle çok kenarlı ve düzensiz olan cephe panel geometrilerinin panel (unitized) yapım sistemiyle kurulumu daha uygun olacaktır. Konum, maliyet ve zaman faktörlerince ele alınması gereklidir.
- Kat yüksekliği geometrik biçimin uygulanmasında önemli bir kriterdir. Çünkü bağlantı montajının neredeyse her kat yapılması gerekir bu da panel biçiminin düğüm noktasıyla ilgilidir. Düğüm sayısı kenar sayısına göre değişiklik gösterir. Çizelge 4.1’de kat yüksekliği ve panel yüksekliği arasında yapılan kıyaslama neticesinde dik açılı geometriye sahip panel biçimlerinde kat yüksekliğinin doğrudan etkileyici faktör olduğu görülmüştür.
- Her proje kendine özel bağlantı elemanı ve ankraj gerektirir. Ancak bu durum panel geometrisine göre standart hale getirilebilir. Çizelge 4.2’de panel genişliği ve bağlantı elemanı tekrar sıklığı ilişkisinde görüldüğü üzere panel genişliği ile bağlantı elemanı tekrar düzeni aralığı birbirine oldukça yakın değerlerdedir.

Tüm bu tespitler sonucunda aşağıdaki varsayımlar geliştirilebilir.

- Panel genişliği ve bağlantı elemanı tekrar düzeni arasında yapılan karşılaştırma neticesinde, aralarındaki fark değerlerinin oldukça az olması bağlantı elemanı düzenin neredeyse panel genişliğince tekrar ettiğini göstermektedir. Bu açıdan panel geometrisinin tipolojisine göre 0-0,6m aralığında görülen fark değerleri standart ölçülerle sabitlenebilir. Örneğin uygulama örnekleri arasında yapılan

karşılaştırma sonucu Çizelge 4.2’de bağlantı elemanı tekrarı 1,2m ile 2,3m arasında değişiklik gösterdiği görülebilmektedir. Burada tüm panel tipolojisi için bağlantı elemanı tekrar düzeni 1,5-2m bandında sabitlenebilir. Bu aynı zamanda literatürde yer alan 1,5-2m ideal dikdörtgen panel boyutlarıdır. Bu sayede 0-0,6m aralığındaki küçük fark değerleri göz ardı edilerek her panel tipolojisi için ortak bir bağlantı elemanı tekrar düzeyi optimizasyonu sağlanabilir.

- Çizelge 4.1’de kat yüksekliği ve panel yüksekliği ortalama değerleri arasında yapılan kıyaslama neticesinde ortalama kat yüksekliklerinin 3,2m ile 5m arasında dağılım gösterdiği panel yüksekliklerinin de keza yakın ölçülerle 1,5-3,2m arasında olduğu görülmektedir. Bu durum dik açılı geometriye sahip cephe panellerinin kat yüksekliğince montajının nispeten daha kolay yapılabilmesiyle açıklanır. 1,5-3,2m aralığındaki ortalama panel yüksekliği değerleri bağlantı elemanı düzeni kadar az tolerans aralığında olmasa da 2-3m aralığında sabitlenerek panel geometrisine göre yükseklik optimize edilebilir.

Geometri, cephe modülasyonun tekrarı için, bu tekrara dayalılık da endüstriyel anlamda üretilebilirlik için gereklidir. Bu nedenle cephe tasarımında bir geometrik düzen oluşturma kaygısı daima var olacaktır. Sonuç olarak bu tez kapsamında yer alan araştırma bulguları, çalışma ölçeğinin genişletilerek gelecekteki tasarımlarında mimar ve mühendisler için hem tasarım hem de üretim sürecinde yararlanabilecekleri bir optimizasyon stratejisinin oluşturulabileceği, bu stratejinin dijital tasarım ve hatta üretim araçlarında kullanılan yazılımlara aktarılabilceğini göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Abbashlı, U.** (2019). *Biyomimetik Tasarım Yaklaşımları ile Parametrik Oyun Alanı Tasarımı*. (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Açıkgöz, A., Gelişli, M. Ö., & Anova, E. Ö.** (2016). *Otomotiz Endüstrisinde Hesaplı Akışkanlar Dinamiği Uygulamaları*. ANOVA Mühendislik Limited Şirketi. 4 Nisan 2022 tarihinde <https://docplayer.biz.tr/573837-Otomotiv-endustrisinde-hesaplamali-akiskanlar-dinamigi-uygulamalari.html> adresinden alındı.
- Aelenei, L., Aelenei, D., Romano, R., Mazzucchelli, E. S., Brzezicki, M., & Rico-Martinez, J. M.** (2018). *Case Studies – Adaptive Facade Network*. Delft: TU Delft Open.
- Al-Kodmany, K., & Ali, M. M.** (2016). An Overview of Structural and Aesthetic Developments in Tall Buildings Using Exterior Bracing and Diagrid Systems. *International Journal of High-Rise Buildings*, 5 (4), 280-281.
- American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.** (2011). *ASHRAE Handbook - HVAC Applications*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Architecture of the Spertus Building.** (t.y.). 21 Nisan 2022 tarihinde Spertus Institute for Jewish Learningn and Leadership: <https://www.spertus.edu/610at10#> adresinden alındı.
- ARM Architecture.** (13 Eylül 2005). Melbourne Planning Scheme Raporu. *Melbourne Recital Hall and MTC Theatre project, August 2005*. Melbourne, Southbank Boulevard, Avustralya: Melbourne Planning Scheme pursuant to Section 6(2)U) of the Planning and Environment Act 1987.
- Atabey, V.** (29 Ağustos 2020). *Diagrid Sistemler*. 2 Nisan 2022 tarihinde Volkan Atabey: <https://volkanatabey.com.tr/diagrid-sistemler/> adresinden alındı.
- Atalay, B.** (2006). *Alüminyum Giydirme Cephe Sistem Seçiminde Uygulama Öncesi Süreç Analizi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Atasoy, Z. B.** (10 Şubat 2012). *Geometri Mimarlık ve Doğa*. 10 Mayıs 2022 tarihinde Arkitera: <https://www.arkitera.com/haber/geometri-mimarlik-ve-doga/> adresinden alındı.
- Aygün, M.** (1996). *Giydirme Cephelerde Sistem Seçimi*, İ.T.Ü. Araştırma Fonu, İstanbul.



- Ayoubi, A.** (25 Nisan 2018). *Tri Tessellate*. 27 Mart 2022 tarihinde Architect: [https://www.architectmagazine.com/project-gallery/tri-tessellate\\_o](https://www.architectmagazine.com/project-gallery/tri-tessellate_o) adresinden alındı.
- Baaske, B., Ammons, L., Devdas, A., & Soltani, S.** (2015). *Seattle Central Library*. College Station: Texas A&M University College of Architecture ARCH 631.
- Badders, D.** (2015). Inside the New Library. *Seattle Post-Intelligencer*. 20 Mart 2022 tarihinde [http://extras.seattlepi.com/widgets/infographics/library\\_challenge.pdf](http://extras.seattlepi.com/widgets/infographics/library_challenge.pdf) adresinden alındı.
- Bagot, W.** (2014). *SAHMRI – South Australian Health and Medical Research Institute*. 26 Mart 2022 tarihinde Wikiarquitectura: <https://en.wikiarquitectura.com/building/sahmri-south-australian-health-and-medical-research-institute/> adresinden alındı.
- Başarı, B.** (2019). *Tepki Veren Cephelerin Standart Ürünlerle Tasarımı: Yeniden Tasarım Modeli*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bayülgen, C.** (1993). *Çağdaş Strüktür Sistemleri*, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Yayını.
- Bolano, A.** (9 Ocak 2018). *List Of Geometric Shapes And Their Names*. 3 Mayıs 2022 tarihinde Science Trends: <https://sciencetrends.com/list-of-geometric-shapes-and-their-names/> adresinden alındı.
- Briscoe, D.** (29 Nisan 2017). Transplanting Heat island Effects in Tokyo. *Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, 2 (1), 153-163.
- Brock, L.** (2005). *Designing the Exterior Wall: An Architectural Guide to the Vertical Envelope*. Hoboken: John Wiley and Sons.
- Brzezicki, M.** (10 Eylül 2017). *J6 Front / Matsuda Hirata design Inc*. 29 Nisan 2022 tarihinde Architecture Photography Brzezicki: <https://fabrzezicki.wordpress.com/2017/09/10/2017-05-tokyo-omotesando/> adresinden alındı.
- Brzezicki, M.** (2018a). Classification of Oblique Grids in Curtain Walls: A Case-Study of Design Strategies in Modular Edge-Panels. *Journal of Facade Design and Engineering*, 6 (1), 101-115.
- Brzezicki, M.** (2018b). Studies on Glass Facades Morphologies. *Architectural Civil Engineering Environment*, 7-20.
- Burger, S., & Bagot, W.** (2014). South Australian Health and Medical Research Institute (SAHMRI). *Acadia 2014 Design Agency* (s. 201-204). Los Angeles: Riverside Architectural Press.
- Castro, F.** (8 Ocak 2018). *Biovet Headquarters / Atelier Serafimov Architects*. 3 Mayıs 2022 tarihinde Arcdaily: [https://www.archdaily.com/882954/biovet-headquarters-atelier-serafimov-architects?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/882954/biovet-headquarters-atelier-serafimov-architects?ad_medium=gallery) adresinden alındı.
- Castro, F.** (27 Mart 2020). *Tri-Tessellate Office Building in India by AKDA features a Tessellated facade of Aluminium and Glass*. 30 Nisan 2022 tarihinde

- Liniv Spaces: <https://www.livinspace.net/projects/architecture/tri-tessellate-office-building-in-india-by-akda-features-a-tessellated-facade-of-aluminium-and-glass/> adresinden alındı.
- Ceccato, C.** (2010). *The Master-Builder-Geometer. Advances in Architectural Geometry* (s. 9-14). New York: Springer Wien New York.
- Chang, W.** (2018). Application of Tessellation in Architectural Geometry Design. *E3S Web of Conferences* 38 (s. 1-8). Malaysia: EDP Sciences.
- Coates, P., Krakhofer, S. P., & Karanouh, A.** (2005). Generating architectural spatial configurations. Two approaches using Voronoi tessellations and particle systems. *Proceedings of the VIII Generative Art International Conference (GA2005)*, (s. 1-18). Milan.
- Conway, J. H.** (2008). *The Symmetries of Things*. Taylor & Francis.
- Corbusier, L.** (1999). *Bir Mimarlığa Doğru*. Yapı Kredi Yayınları.
- Cruz, A. G.** (2020). This is the world's first EDGE Zero Carbon building. *PropertyGuru Property Report Magazine*, 160.
- Datta, S., Hanafin, S., & Woodbury, R. F.** (2014). Responsive envelope tessellation and stochastic rotation of 4-fold pentiles. *Frontiers of Architectural Research*, 3 (2) 192-198.
- Dimcic, M.** (2011). *Structural Optimization of Grid Shells Based on Genetic Algorithms*. University of Stuttgart, Supporting Structures Institute an Constructive Design, Stuttgart.
- Dong, D., & Vilennia, R.** (2016). *VC-PE Tower*. 5 Mayıs 2022 tarihinde Homify: <https://www.homify.hk/projects/13765/vc-pe-tower> adresinden alındı.
- Conway, H. J.,** (2008). *The Symmetries of Things*. Birleşik Krallık: Taylor & Francis.
- Fedorov, E. S.** (1891). *Symmetry of Crystals, American Crystallographic Association Monograph No. 7*. Buffalo, N.Y.: American Crystallographic Association, 1971, pages 50–131.
- Findley, J.** (2016). *Shenzhen Venture Capital – Private Enterprise Tower*. 30 Nisan tarihinde Council on Tall Buildings and Urban Habitat: <https://www.skyscrapercenter.com/building/shenzhen-venture-capital-private-enterprise-tower/15170> adresinden alındı.
- Fisher, P.** (2014). *SAHMRI – South Australian Health and Medical Research Institute*. 8 Mayıs 2022 tarihinde Wiki Arqitectura: <https://en.wikiarquitectura.com/building/sahmri-south-australian-health-and-medical-research-institute/> adresinden alındı.
- Fujii, K.** (2017). *Tokyu Plaza Ginza*. 5 Nisan 2022 tarihinde Archello: <https://archello.com/project/tokyu-plaza-ginza> adresinden alındı.
- Fedorov, E. S.** (1891). *Symmetry in the plane*. 2.baskı (Rusça), 28: 345-390.
- Gazi, A.** (2010). *A Method to Design Kinetic Planar*. (Master of thesis). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gazi, A., & Korkmaz, K.** (2015). *Uluslararası Katılımlı 17. Makina Teorisi Sempozyumu* (s. 441-447). İzmir: Makina Teorisi Derneği.

- Giostra, S., Masera, G., Pesenti, M., & Pavesi, P.** (2019). Use of 3D tessellation in curtain wall facades to improve visual comfort and energy production in buildings. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 296 (s. 1-12). Milan: IOP Publishing.
- Glenane, P.** (15 Eylül 2009). *Ashton Raggatt Mcdougall: Melbourne Recital Centre & MTC Theatre*. 22 Nisan 2022 tarihinde Designboom: <https://www.designboom.com/architecture/ashton-raggatt-mcdougall-melbourne-recital-centre-mtc-theatre/> adresinden alındı.
- Gosztonyi, S.** (2018). The Role of Geometry for Adaptability: Comparison of Shading Systems and Biological Role Models. *Journal of Facade Design and Engineering*, 6 (3), 163-174.
- Gowri, K.** (1992). *Building codes and performance standards as knowledge-bases for design*. Proceedings Joint CIB Workshops on Computers and Information in Construction, Montreal, 12-15 May 1992, 235-24.
- Grima, J.** (8 Eylül 2011). *Eliasson's kaleidoscope*. 21 Nisan 2022 tarihinde Domus: <https://www.domusweb.it/en/architecture/2011/09/08/eliasson-s-kaleidoscope.html> adresinden alındı.
- Groza, D., & Renou, S.** (20 Haziran 2018). *Futurium Berlin / Richter Musikowsk*. 3 Nisan 2022 tarihinde Archdaily: [https://www.archdaily.com/896679/futurium-berlin-richter-musikowski?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/896679/futurium-berlin-richter-musikowski?ad_medium=gallery) adresinden alındı.
- Grünbaum, B., Shephard, G. C.** (1987). *Tilings and Patterns*. New York: W.H. Freeman.
- Gür, N. V.** (2001). *Hafif Giydirme Cephelerin Analiz ve Değerlendirilmesi İçin Bir Model*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Halfen** (11 Eylül 2020). *TRUTEK Building*. 27 Nisan 2022 tarihinde Halfen: <https://www.halfen.com/hu/1931/referenciak/?search%5Bproduct-category%5D=1&reference=73> adresinden alındı.
- Harlow, G. E.** (1997). *The Nature of Diamonds*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hartshorne, R.** (2000). *Geometry: Euclid and beyond*. New York: Springer.
- Hasol, D.** (2014). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: Yem Yayın.
- Henning Larsen** (2011). *Harpa Concert Hall and Conference Center*. 5 Mart 2022 tarihinde Henning Larsen: <https://henninglarsen.com/en/projects/featured/0676-harpa-concert-hall-and-conference-center> adresinden alındı.
- Henning Larsen Architects.** (2013). Harpa Reykjavik Concert Hall & Conference Centre, Iceland. *1*(5).
- Herzog, T., Krippner, R., & Lang, W.** (2017). *Facade Construction Manual*. Munich: Detail Business Information GmbH.
- Hoag, M. J.** (2007). *Spertus Institute*. 20 Nisan 2022 tarihinde Chicago Architecture Center: <https://www.architecture.org/learn/resources/buildings-of-chicago/building/spertus-institute/> adresinden alındı.

- Hu, K.** (19 Kasım 2018). *Taipei Hoyu Holdings Headquarters / r.c. Architects*. 8 Mart 2022 tarihinde Archdaily: <https://www.archdaily.com/905676/taipei-hoyu-holdings-headquarters-rc-architects> adresinden alındı.
- Kamin, B.** (2008). Like a cut diamond, Krueck and Sexton Architects' Spertus Institute of Jewish Studies fits seamlessly into Chicago's downtown street wall. *Architectural Record*, 86.
- Kaskal Company Limited.** (2017). *Arthaland Tower*. 22 Nisan 2022 tarihinde Kaskalthai: <http://www.kaskalthai.com/projects/arthaland-tower/> adresinden alındı.
- Kepler, J.** (1619). *Harmonices Mundi*. Linz.
- Khaira, J.** (2009). What are Tilings and Tessellations and how are they used in Architecture? *Young Scientists Journal*, 7, 35-46.
- Khanna, A.** (2018). *Tri Tessellate*. 7 Nisan 2022 tarihinde AKDA: <https://www.akda.in/tri-tessellate-1> adresinden alındı.
- Kido, E. M., & Cywin'ski, Z.** (2017). Aesthetic perception of steel-glass architecture in Japan. *Stahlbau*, 86 (6), 520-522.
- Kim, L. B.** (2019). Japanese Postmodernity and Flat Architecture. *Architectural Research*, 21 (4), 102-103.
- Kinayoglu, G., & Şenyapılı, B.** (2017). Circular-Planned Diagrid Systems and an Interrelated Technique Using Planar Elements. *Nexus Network Journal Architecture and Mathematics*, 20, 218-219.
- Kinder, G. D.** (2009). *Square Brussels Meeting Center*. 27 Nisan 2022 tarihinde Lerobel: <https://archello.com/project/square-brussels-meeting-center> adresinden alındı.
- Klein, T.** (2013). *Integral Facade Construction. Towards a New Product Architecture*. (Phd thesis). Delft University of Technology, Faculty of Architecture, Architectural Engineering + Technology department, Aachen.
- KMC MAG Group Inc.** (1 Temmuz 2014). *MANILA | ArthaLand Century Pacific Tower*. 12 Aralık 2021 tarihinde Skyscraper City: <https://www.skyscrapercity.com/threads/manila-arthaland-century-pacific-tower-136m-32-fl-com.1736036/#post-115354152> adresinden alındı.
- Knaack, U., Klein, T., Bilow, M., & Auer, T.** (2007). *Façades: Principles of Construction*. Birkhäuser Architecture.
- Kritz, B.** (28 Aralık 2016). ArthaLand Century Pacific Tower work 'in full swing'. *Manila Times Gazetesi*. Erişim adresi : <https://www.manilatimes.net/2016/12/28/business/real-estate-and-property/arthaland-century-pacific-tower-work-full-swing/304012>.
- Kusunose, T.** (21 Ekim 2021). *Tenjin Business Center / OMA*. 6 Mart 2022 tarihinde Archdaily: <https://www.archdaily.com/photographer/tomoyuki-kusunose> adresinden alındı.

- Küçük, M., & Arslan, H. İ.** (2020). Investigation of Diagrid Structures Over Gherkin Tower. *3. International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism* (s. 2-22). Alanya: Alanya HEP University.
- Kültür, S.** (2019). *A Holistic Decision Support Tool for Facade Design*. (Phd thesis). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lee, A. D., Shepherd, P., Evernden, M. C., & Metcalfe, D.** (2018). Optimizing the Architectural Layouts and Technical Specifications of Curtain Walls to Minimize Use of Aluminium. *Structures*, *13*, 8-25.
- Lelli, L., & Loutan, J.** (2018). Advanced analyses of the membrane action of composite slabs under natural fire scenarios A case study of the JTI headquarters. *Journal of Structural Fire Engineering*, *9* (3), 77-88.
- Magritte, R., Delvaux, P., Quinze, A., & Van Lint, L.** (2010). *Square Brussels Meeting Center*. 27 Nisan 2022 tarihinde Lerobel: <https://www.lerobel.be/p/square-brussels-meeting-center.html> adresinden alındı.
- Maining, M., & Vargas, R.** (2013). Digital Fabrication Processes of Mass Customized Building Facades in Global Practice. *Digital Fabrication*, *1* (7), 415-419.
- Mainini, A. G., Polia, T., Zinzib, M., & Speronia, A.** (2014). Spectral Light Transmission Measure of Metal Screens for Glass Façades and Assessment of Their Shading Potential. *Energy Procedia*, *48*, 1292-1301.
- Malik, D.** (2018). *Tri- Tessellate /AKDA*. 29 Mart 2022 tarihinde Archdaily: <https://www.archdaily.com/892991/tri-tessellate-akda> adresinden alındı.
- Marburg, J.** (30 Ocak 2017). *Herzog & De Meuron Prada Aoyama*. 25 Mart 2022 tarihinde Divisare: <https://divisare.com/projects/336109-herzog-de-meuron-johannes-marburg-prada-aoyama> adresinden alındı.
- Marburg, J.** (2020). *JTI Headquarters, Geneva*. Designing Buildings the Construction Wiki: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/JTI\\_Headquarters,\\_Geneva#:~:text=In%20March%202016%2C%20a%20major,%2C%20Owings%20%26%20Merrill%2C%20Inc.](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/JTI_Headquarters,_Geneva#:~:text=In%20March%202016%2C%20a%20major,%2C%20Owings%20%26%20Merrill%2C%20Inc.) adresinden alındı.
- Mckinlay, B., Beaman, D., & Carlson, A.** (2003). Pushing the Envelope. *Civil Engineering*, 62-67. 18 Nisan 2022 tarihinde LMN Architects: <https://lmnarchitects.com/case-study/seattle-central-library-curtain-wall-design> adresinden alındı.
- Megahed, N.** (2013). Towards Math-Based Architectural Education in Egyptian Engineering Faculties. *Nexus Network Journa*, *15*, 565-581.
- Moon, K. S., Connor, J. J., & Fernandez, J. E.** (2007). Diagrid structural systems for tall Buildings characteristics and methodology for preliminary design. *The structural design of tall and special buildings*, *16*(2), 205-230.

- Moon, K. S.** (2008). Optimal Grid Geometry of Diagrid Structures for Tall Buildings. *Architectural Science Review*, 51 (3), 239-251.
- Moon, K. S.** (2011). Diagrid Structures for Complex-Shaped Tall Buildings. *Procedia Engineering*, 14, 1343-1350.
- Morris, F.** (2013). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice. P. A. Memari içinde, *Curtain Wall Systems: A Primer* (s. 3-7). Amerika Birleşik Devletleri: ASCE Publications.
- Murray, S.** (2009). *Contemporary Curtain Wall Architecture*. New York: Princeton Architectural Press.
- Musella, C. M.** (2 Şubat 2022). *OMA'S Pixelated Architecture Strives For The Monumental Without Losing Sight of The Human-Scale*. 7 Nisan 2022 tarihinde Elle Decor: <https://www.elledecor.com/it/best-of/a38963651/tenjin-business-center-japan-oma-offices/> adresinden alındı.
- Nakamoto, T.** (2019). *AAA 2019*. 4 Nisan 2022 tarihinde Architecture Asia: <https://www.architecture-asia.com/Data/List/AAA2019> adresinden alındı.
- Narangerel, A., Lee, J.-H., & Stouffs, R.** (2016). Daylighting Based Parametric Design Exploration of 3D Facade Patterns. *Shape, Form and Geometry / Grammars and Concepts*, (s. 382-383).
- Nashed, F.** (1995). *Time-Saver Details for Exterior Wall Design*. McGraw-Hill Professional.
- Novoselski, A.** (8 Ocak 2016). *Biovet Headquarters / Atelier Serafimov Architects*. 1 Mayıs 2022 tarihinde Arcdaily: [https://www.archdaily.com/882954/biovet-headquarters-atelier-serafimov-architects?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/882954/biovet-headquarters-atelier-serafimov-architects?ad_medium=gallery) adresinden alındı.
- Novozhilova, M.** (15 Nisan 2014). *Yamaha Ginza by Nikken Sekkei*. 7 Ocak 2022 tarihinde Novozhilovam: <http://novozhilovam.weebly.com/blog-hidden/031-yamaha-ginza-by-nikken-sekkei> adresinden alındı.
- Okabe, A., Boots, B., Sugihara, K., & Chiu, S. N.** (2000). *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams*. New York: John Wiley & Sons.
- Oliveira, L. A., & Melhado, S. B.** (2011). Conceptual Model for the Integrated Design of Building Façades. *Architectural Engineering and Design Management*, 190-204.
- Oraklıbel, A.** (2014). *Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerinin Bina ile Bütünleşmesinde Kullanılabilecek Performans Ölçütlerinin ve Bağlı Önemlerinin Belirlenmesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ostermann, A., & Wanner, G.** (2012). The Elements of Euclid. A. Ostermann, & G. Wanner içinde, *Geometry by Its History* (s. 27-59). New York: Springer.

- Özdemir, M., Arslanoğlu, Ş. F., & Sert, S.** (2020). Geçmişten Günümüze Karahindibağ (*Taraxacum officinale*) Bitkisi. 3. *Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi*, (s. 81-82). Samsun.
- Özüer, Ç.** (2020). *Modersn Yapı Kabuklarının Geometrik Tasarımı ve Uygulaması*. (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Peñas, M. L., & Guzon, A.** (2011). Tilings, Patterns and Technology. *Ateneo de Manila University Mathematics Faculty Publications*, 9-12.
- Pinto, L. V.** (2021). *Façade Proposal*. 4 Şubat 2022 tarihinde Studio Blnk: <https://www.studioblnc.com/trutecfa%C3%A7adeproposal> adresinden alındı.
- Polat, H., & İlerisoy, Z. Y.** (2020). A Geometric Method on Facade Form Design with Voronoi Diagram. *Modular Journal*, 3(2), 183.
- Pottmann, H., Asperl, A., Hofer, M., & Kilian, A.** (2007). *Architectural Geometry*. Pensilvanya: Bentley Institute Press.
- Pottmann, H., Eigensatz, M., Vaxman, A., & Wallner, J.** (2015). Architectural Geometry. *Computers and Graphics*, 145-164.
- Prohl, I.** (2021). The Materialities of AI Belief at the Futurium, Berlin. *Material Religion*, 17(2), 286-290.
- Quintial, F. G., & Barrallo, J.** (2015). Freeform Surfaces Adaptation Using Developable Strips and Planar Quadrilateral Facets. *Journal of Facade Design and Engineering*, 3(1), 59-70.
- Reyes, R. R.** (3 Nisan 2018). 22 Ekim 2021 tarihinde *ArthaLand eyes leadership in green building development*. Business Mirror: <https://businessmirror.com.ph/2018/04/03/arthaland-eyes-leadership-in-green-building-development/> adresinden alındı.
- Rinaldi, M.** (6 Aralık 2016). *Tokyu Plaza Ginza by Nikken Sekkei*. 5 Mart 2022 tarihinde Aasarchitecture: <https://aasarchitecture.com/2016/12/tokyu-plaza-ginza-nikken-sekkei/> adresinden alındı.
- Ruault, P.** (2004). *Seattle Central Library / OMA + LMN*. 7 Nisan 2022 tarihinde Archdaily: <https://www.archdaily.com/11651/seattle-central-library-oma-lmn> adresinden alındı.
- Rush, R.** (1991). *The Building Systems Integration Handbook: The American Institute of Architects*. New York: Princeton Architectural Press.
- Sekkei, N.** (2012). *Yamaha Ginza*. 5 Mart 2022 tarihinde Nikken Experience Integrated: [https://www.nikken.co.jp/en/projects/commercial\\_retail/yamaha\\_ginza.html](https://www.nikken.co.jp/en/projects/commercial_retail/yamaha_ginza.html) adresinden alındı.
- Serafimov, R.** (2015). *Office Building of Biovet Ad*. 3 Mayıs 2022 tarihinde Atelier Serafimov Architects: <https://www.asa-bg.com/project/office-building-of-biovet-ad/> adresinden alındı.
- Seymour, D., Britton, J.** (1989). *Introduction to Tessellations*. Dale Seymour Publications, Canada.

- Shaikh, T., Jamali, H., Shaikh, R., Norhona, A., Mujawar, S., Dange, Z., & Ansari, S.** (6 Mayıs 2021). *Stick framing system with glazing*. 20 Nisan 2022 tarihinde Slide Share a Scribd Company: <https://www.slideshare.net/DanishPathan7/stick-framing-system-with-glazing> adresinden alındı.
- Shuang, H.** (5 Aralık 2018a). *First Sight Bookstore of Pingjiang Wonder / Shanghai Tianhua Architectural Design*. 5 Nisan 2022 tarihinde Archdaily: <https://www.archdaily.com/906740/first-sight-bookstore-of-pingjiang-wonder-shanghai-tianhua-architectural-design> adresinden alındı.
- Shuang, H.** (19 Kasım 2018b). *Taipei Hoyu Holdings Headquarters / r.c. Architects*. 18 Nisan 2022 tarihinde Archdaily: <https://www.archdaily.com/905676/taipei-hoyu-holdings-headquarters-rc-architects> adresinden alındı.
- Singhal, S.** (17 Mart 2013). *Harpa – Reykjavik Concert Hall and Conference Center in Iceland by Henning Larsen Architects*. 21 Nisan 2022 tarihinde Aeccafe: <https://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2013/03/17/harpa-reykjavik-concert-hall-and-conference-center-in-iceland-by-henning-larsen-architects/> adresinden alındı.
- Singhal, S.** (18 Şubat 2018). *Biovet Headquarters in Peshtera, Bulgaria by Atelier Serafimov Architects*. 30 Nisan 2022 tarihinde Aeccafe: <https://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2018/02/18/biovet-headquarters-in-peshtera-bulgaria-by-atelier-serafimov-architects/> adresinden alındı.
- Singhal, S.** (30 Ekim 2021). *Tenjin Business Center in Fukuoka, Japan by OMA*. 6 Nisan 2022 tarihinde Aeccafe: <https://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2021/10/30/tenjin-business-center-in-fukuoka-japan-by-oma/> adresinden alındı.
- Singleton, G.** (2014). *Heart of Innovation*. 21 Nisan 2022 tarihinde Woods Bagot Projects: <https://www.woodsbagot.com/projects/south-australian-health-and-medical-research-institute/> adresinden alındı.
- SOM .** (2021). *Arthaland Century Pacific Tower*. 25 Kasım 2021 tarihinde SOM: <https://www.som.com/projects/arthaland-century-pacific-tower/> adresinden alındı.
- Sönmez, M.** (2013). Çağdaş Mimarlıkta Cephe-Yüzey Kavramı Tartışmaları. *Journal of New World Sciences Academy*, 8(2), 79-90.
- Stefansson, P.** (2011). A New Tone. *Iceland Review* 49(2), 58-63.
- Sum, D., Nouredine, S., & Fernandez, M.** (16 Nisan 2021). *Effective Curtain Walls for Longer Life of Buildings*. 2 Mart 2022 tarihinde Wfmmedia: <https://wfmmedia.com/effective-curtain-wall-for-longer-life-of-high-rise-buildings/> adresinden alındı.
- Suzuki, K.** (20 Şubat 2011). *Yamaha Ginza / Nikken Sekkei*. 7 Nisan 2022 tarihinde Archdaily: [https://www.archdaily.com/112205/yamaha-ginza-nikken-sekkei?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/112205/yamaha-ginza-nikken-sekkei?ad_medium=gallery) adresinden alındı.



- Takata, A.** (12 Kasım 2020). *Japanet relocates some functions of Tokyo office to Fukuoka "Tenjin Big Bang" No. 1 project.* 9 Mart 2022 tarihinde Nikkei:<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO66144330S0A111C2LX0000/> adresinden alındı.
- Tanno, Y., Kozuka, H., Nakai, M., & Ohata, M.** (2018). PRADA Boutique Aoyama, Japan. *Structural Engineering International*, 15(1), 28-31.
- Centre for Window and Cladding Technology** (1993). *Standard and Guide to Good Practice for Curtain Walling.* University of Bath.
- Terzi, N.** (2009). *Mimarlıkta Hesaplamalı Teknolojiler ve Geometri.* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.İstanbul.
- Venema, G.** (2006). *The Foundations of Geometry.* New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Verliefden, M., & D'Helft, B.** (2009). *Square Brussels Meeting Centre.* 6 Mayıs 2022 tarihinde A2RC Architects: <https://www.a2rc.be/copie-de-fiche-120-eau-new> adresinden alındı.
- Vigener, N., & Brown, M.** (5 Ekim 2016). *Curtain Walls.* 4 Haziran 2022 tarihinde Whole Building Design Guide: <https://www.wbdg.org/guides-specifications/building-envelope-design-guide/fenestration-systems/curtain-walls> adresinden alındı.
- Wallis, S.** (Nisan 2016). *SOM Completes Japan Tobacco International's Headquarters.* 9 Nisan 2022 tarihinde Architectural Digest: <https://www.architecturaldigest.com/story/som-japan-tobacco-internationals-headquarters> adresinden alındı.
- Wetherille, K.** (2016). Growth on The Ginza. *WWD: Women's Wear Daily*, 42.
- World Green Building Councils Online Case Study Library.** (t.y.). *Case Study - Arthaland Century Pacific Tower.* 22 Nisan 2022 tarihinde World Green Building Councils: <https://www.worldgbc.org/case-studies/arthaland-century-pacific-tower> adresinden alındı.
- Wurm, J.** (2020). *Facade modularisation meets variability: the curtain walling of tomorrow.* 3 Mayıs 2022 tarihinde Arup: <https://www.arup.com/projects/futurium> adresinden alındı.
- Wurm, J., Guariento, N., Schneider, J., & Hilcken, J.** (20 Nisan 2020). *The Futurium Berlin: Ventilated Facade System with Structurally Bonded Textured Glass.* 25 Mayıs 2022 tarihinde Glass on Web: <https://www.glassonweb.com/article/futurium-berlin-ventilated-facade-system-with-structurally-bonded-textured-glass> adresinden alındı.
- Yang, L., Pottmann, H., Wallner, J., & Yang, Y. L.** (2006). Geometric Modeling with Conical Meshes and Developable Surfaces. *ACM Transactions on Graphics*, 25(39), 681-689.
- Ye, R., Zhang, J., Yuan, H., Chen, J., Jin, T., Wang, X., Zhu, G.** (19 Haziran 2020). *Pingjiang Wonder Bookstore Bookstore by AICO.* 19 Nisan 2022 tarihinde A Design Award and Competition: <https://competition.adesignaward.com/design.php?ID=106790> adresinden alındı.

- Zaera-Polo, A.** (2009). Patterns, Fabrics, Prototypes, Tessellations. *Architectural Design*, 79(6), 18-27.
- Zbaren, W.** (2008). *Spertus Institute*. 2 Nisan 2022 tarihinde Zbaren: <https://william-zbaren-9hua.squarespace.com/spertus-institute> adresinden alındı.
- Zeng, J.** (6 Aralık 2018). *First Sight Bookstore of Pingjiang Wonder / Shanghai Tianhua Architectural Design*. 19 Nisan 2022 tarihinde Arcdaily: <https://www.archdaily.com/906740/first-sight-bookstore-of-pingjiang-wonder-shanghai-tianhua-architectural-design> adresinden alındı.
- Zheng, A., Kim, J., Clermont, J., Song, L., & Yerin, W.** (2020). *Prada Aoyama Tokyo, Herzog & De Meuron*. New York: Columbia University.



## **EKLER**

**EK A:** Başarır'a (2019) göre literatürde yer alan cephe tasarım kriterleri



## EK A

Ana Kriterler	Alt Kriter Sayısı	Kaynak
Fonksiyon	10	Allen ve Rand, 2016
Yapılabilirlik	3	
Estetik	9	
Maliyet	12	Zavadskas ve diğ., 2013
Performans		
Çevresel etki		
Strüktürel ve fiziksel özellikler		
Maliyet	2	Mols ve diğ., 2017
Yapım karmaşıklığı	1	
Termal direnç	2	
Yönetim karmaşıklığı	1	
Kullanıcı ihtiyaçlarına adaptasyon	2	
İnsan faktörü etkisi	1	
Estetik değer	1	
Çevresel etki	4	Nadoushani ve diğ., 2017
Maliyet	5	
Performans	5	
Sosyal yarar	3	
Fonksiyon	10	Wigginton ve Harris, 2002
Tasarımla ilişkili kriterler	12	Natee ve diğ., 2016
Yapıla ilişkili kriterler	6	
Çevresel etki	18	
Maliyet		
Sosyal etki		
Yapılabilirlik		
Tasarım ihtiyaçları	3	Gowri, 1990
Tasarım kısıtlamaları	3	
Malzeme kısıtlamaları	10	Gowri, 1992
Bileşen kısıtlamaları		
Sistem kısıtlamaları		
Konfor		Marcel, 2012
Termal ihtiyaçlar		
Görsel ihtiyaçlar		
Hijyenik ihtiyaçlar		
Akustik ihtiyaçlar		
Verimlilik		
Dış mekân	3	Herzog ve diğ., 2004
Cephe düzlemi	3	
İç mekân	3	
Fonksiyon	14	Schittich ve diğ., 2006
Form		
Yapım		
Ekoloji		
Fonksiyonel ihtiyaçlar		Knaack ve diğ., 2014
Termal ihtiyaçlar		
Görsel ihtiyaçlar		
Hijyenik ihtiyaçlar		
Su	3	Smith, 2010
Hava filtreleme	3	
Enerji	2	
Yoğuşma	4	
Ses	3	
Güvenlik	2	Moghtadernejad ve diğ., 2018
İnsan konforu	9	
Sürdürülebilirlik	3	
Dayanıklılık ve bakım kolaylığı	4	
Maliyet etkinliği	4	
Dayanıklı bir yapı oluşturma	26	Klein, 2013
Makul yapım yöntemlerine olanak sağlama	11	
Konforlu bir iç mekân iklimi sağlama	26	
Sürdürülebilirlik açısından sorumluluk taşıma	21	
Binanın kullanımını destekleme	15	
Cephenin mekânsal olarak biçimlendirilmesi	18	

Ana Kriterler	Alt Kriter Sayısı	Kaynak
Organizasyonel hedefler		Boswell, 2013
Görsel hedefler		
Performans hedefleri		
Maliyet hedefleri		
Zaman hedefleri		
Lojistik	4	Emmitt ve Gorse, 2014
Tedarik	3	
Motivasyon	3	
Test, izleme, hizmet	3	
Yerinde montaj	3	
Tasarım	4	
Yapı tipi ve kullanımı		Chudley ve Greeno, 2008
Yapı sahibinin gereksinimleri ve tercihleri		
Yerel planlama kısıtlamaları		
Yasal kısıtlamalar ve şartlar		
İnşaat alanı kısıtlamaları		
Sermaye kaynakları		
Gelecekteki bakım ve adaptasyon politikası		
Erişilebilirlik	6	de Haas, 2013
Sökülebilirlik	6	
Esneklik	8	
Gelecek	4	
Sistemden kaldırma bağımlılıkları	11	
Enerji	5	
Yeniden kullanım	4	
Geri dönüşüm	2	
Yok etme	2	
Koruma	2	
Yapının lokasyonu	8	Brock, 2005
Yapının kullanım amacı	8	
İlgili kodlar	4	
Form ve strüktür tasarımı	5	
Yapım ve ihale stratejileri	4	
Bütçe	10	
Çevresel maliyet, dayanıklılık	2	
İhtiyaçlar		
Isı ve kütle	5	Jin ve Overand, 2014
Akustik	3	
Işık	2	
Yangın	3	
Hizmet ömrü	3	
Maliyet	1	
Sürdürülebilirlik	1	
Adapte olma	4	Chen ve Clements-Croome, 2004
Alım gücü	6	
Dayanıklılık	7	
Enerji	4	
Akıl (intelligence)	4	
Sihhat (well-being)	12	
Dayanıklılık	7	Gerth ve diğ., 2013
Yapılabilirlik	7	
Üretim ve yönetim	8	
Fonksiyon	6	
Güvenlik	31	BRI, 1970
Sağlık ve konfor	31	
Dayanıklılık	35	
Üretim	20	