

**ERKEN TASARIM SÜRECİNDE  
KUASİKRIŞTAL ÖRÜNTÜLERE DAYALI  
ÜRETKEN BİR YAKLAŞIM**

**Mustafa YILMAZ**



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ERKEN TASARIM SÜRECİNDE  
KUASİKİRİSTAL ÖRÜNTÜLERE DAYALI  
ÜRETKEN BİR YAKLAŞIM**

**Mustafa YILMAZ**

Doç. Dr. Özgür Ediz  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI

BURSA – 2012  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ ONAYI

Mustafa YILMAZ tarafından hazırlanan “Erken Tasarım Sürecinde Kuasikristal Örüntülere Dayalı Üretken Bir Yaklaşım” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman :** Doç. Dr. Özgür EDİZ

**Başkan :** Prof. Dr. Nilüfer AKINCITÜRK İmza  
Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
Mimarlık Anabilim Dalı

**Üye :** Prof. Dr. Necmi GÜRSAKAL İmza  
Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,  
Ekonometri Anabilim Dalı

**Üye :** Doç. Dr. Özgür EDİZ İmza  
Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
Mimarlık Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Kadri ARSLAN**  
**Enstitü Müdürü**

../../....

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına 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 ahlak 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 tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

../../....

**İmza**

**Ad ve Soyadı**



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ERKEN TASARIM SÜRECİNDE KUASİKİRİSTAL ÖRÜNTÜLERE DAYALI ÜRETKEN BİR YAKLAŞIM

**Mustafa YILMAZ**

Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Özgür EDİZ

İnsanlık, mağara yerleşimlerinin ardından, yeni yaşam alanlarının sınırlarını belirlemeye çalışmış, bu yaşam alanları için yeni biçimleri sorgulamıştır. Bu arayışlarda, geometri gibi alanlardan yararlanma, tasarım anlayışında yeni yaklaşımları ortaya çıkarmıştır. Geometrinin mimari tasarımda bir araç olarak kullanılmasıyla, mimari ürünlerin elde edilmesi ve bu ürünlerin değerlendirilmesi daha kolay ve daha verimli olmuştur.

20. yüzyıla kadar, mimari tasarımda ağırlıklı olarak Euclid geometrisinin kullanılması ve bu geometrinin evrensel yapıda olması, ortak özelliklere sahip birçok mimari yaklaşımın oluşmasını sağlamıştır. Bununla beraber, Euclid dışında, farklı geometrilerin sorgulanması ile yapılan çalışmalar daha yeni ve daha farklı mimari tasarım anlayışlarını da ortaya koymaktadır.

Birçok tasarım disiplini, bilgisayarların tasarım sürecine dahil olmasıyla birlikte, keşfedilmemiş - yeni formlarla çalışabilme olanağı bulmuştur. Yeni geometrik sistemler ve bilgisayarlar yardımı ile, kaos bilimi - kozmolojiden, ve daha alt ölçekte olan mikro - atomik düzeydeki yapılanmalara kadar geniş bir çalışma alanı ortaya çıkmıştır.

Mikro ölçekteki kurgulardan biri olan kuasikristaller de, bu çok çeşitliliğin içinde, tasarım oluşturabilen, kompleks geometrilerdendir. Doğal şartlarda, atomik düzeydeki örüntülerde gözlemlenen kuasikristaller, basit geometrik şekillerin oluşturduğu karmaşık sistemler olarak da bilinirler.

Tez kapsamında, kuasikristaller, bilgisayar destekli tasarım yöntemleri kullanılarak üretken mimari sistemler alanında değerlendirilmiştir. Tezdeki ana kurgu ise, bu yaklaşıma paralel olarak, ön tasarım aşamasında, yeni form alternatifleri oluşturmak düşüncesine dayanır. Bu doğrultuda, “biçim gramerleri” yaklaşımı ile kuasikristal örüntüler üretilmiş ve ortaya çıkan sonuçlar tartışılmıştır. Tartışmanın temel omurgası ise, günümüz mimarlığının dinamiklerini oluşturan, yaratıcılık - teknoloji - tasarım gibi bağlamlardır.

**Anahtar Kelimeler:** Mimari tasarım, ön tasarım, geometri, kuasikristaller, örüntü kavramı, bilgisayar destekli tasarım

**2012, xii + 94 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **A GENERATIVE APPROACH BASED ON QUASICRYSTAL PATTERNS IN PRELIMINARY DESIGN PROCESS**

**Mustafa YILMAZ**

Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Architecture

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Özgür EDİZ

After cavity settlement, humankind has attempted to determine the borders of their new habitats, and questioned new architectural designs for their habitats. In these questionings, the utilization of realms like geometry has uncovered novel aspects regarding the sense of design. Moreover, the use of geometry as a tool in architectural design has led architectural production and product evaluation easier and more yielding.

Until the 20th century, the use of Euclidian geometry in architectural design and its universal form has given birth to many similar geometrical approaches. In addition, non-Euclidian works made with questioning different geometrical approaches present newer and more different architectural design concepts, too.

By the inclusion of the computers into design process; numerous design disciplines became capable of working with undiscovered - new forms. With the help of new geometrical systems and computers, a wide variety of work ranging from chaos science - cosmology, to micro - atomic formations as the down scale are figured out.

Quasicrystals, as micro-scale fictions are one of the complex geometries which can form design and are among the above-mentioned variety. In natural conditions, quasicrystals, which are seen in patterns of atomic scale, are also known as complex systems formed by simple geometrical systems.

In this thesis, quasicrystals are evaluated in the realm of generative architectural designs via computer aided design methods. The main fiction in the thesis, in preliminary design process and in parallel with this approach is based on the theory of the generating new form alternatives. In this direction, quasicrystal patterns have been generated with the approach of shape grammars and the results have been discussed. The main backbone of the discussions is contexts that make up the dynamics of today's architecture such as creativity - technology - design.

**Key words:** Architectural design, preliminary design, geometry, quasicrystals, pattern concept, computer aided design

**2012, xii + 94 pages.**

## TEŞEKKÜR

Bu tez alışmamda, bilgisini esirgemeyen ve değerli fikirleriyle beni ynlendiren danışman hocam Do. Dr. zgr EDİZ'e, alışmalarım sırasında bana yol gösteren Prof. Dr. Nilüfer AKINCITRK ve Prof. Dr. Neslihan DOSTOğLU'na çok teşekkür ederim.

Tezimin araştırma ve deney sürecinde deneyimleri ve bilgileriyle bana yardımı dokunan Fizik bölümünden değerli hocam Prof. Dr. Mürsel ALPER'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince tezime ışık tutacak bilgileri benimle paylaşan, kaynaklara erişmemde bana büyük kolaylık sağlayan doktora ğrencisi kardeşim Mesut YILMAZ'a çok teşekkür ederim.

Hayatımın her anında olduğu gibi yüksek lisans dönemi boyunca da bana özveri ve anlayış gösteren annem Mürvet YILMAZ, babam Efraim YILMAZ ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Hacer YILMAZ'a sonsuz teşekkür ederim.

Mustafa YILMAZ

..../..../.....

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı.....	3
1.2. Çalışmanın Kapsamı .....	3
1.3. Çalışmanın Yöntemi .....	4
<b>2. GEOMETRİ VE MİMARLIK</b> .....	<b>5</b>
2.1. Geometrinin Tanımı.....	5
2.2. Euclid Geometrisi .....	6
2.2.1. Vitruvius'un geometri yaklaşımı .....	8
2.2.2. Alberti'nin matematiksel çalışmaları .....	9
2.2.3. Altın oran .....	10
2.3. Euclid Dışı Geometriler .....	14
2.4. Fraktal Geometri .....	15
2.5. Bölüm Değerlendirmesi .....	19
<b>3.MİMARİDE ÖRÜNTÜ KAVRAMI</b> .....	<b>20</b>
3.1. Mikro Ölçekteki Örüntüler .....	23
3.1.1. Atom dizileri .....	24
3.1.2. Nano yapılar.....	26
3.1.3. Dokular .....	28
3.2. Makro Ölçekteki Örüntüler .....	30
3.2.1. Mimarlıkta bezeme .....	31
3.2.2. Mekan örüntüleri.....	32
3.2.3. Kent örüntüleri .....	35
3.3. Mimari Örüntü Üretmek Amaçlı Bir Yaklaşım: Biçim Gramerleri .....	39
3.3.1. Standart gramerler.....	41
3.3.2. Parametrik gramerler .....	42
3.3.3. Renk gramerleri .....	45
3.4. Bölüm Değerlendirmesi .....	46

<b>4. KUASİKİRİSTAL ÖRÜNTÜLER VE MİMARLIK.....</b>	<b>48</b>
4.1. Kuasikristallerin Genel Tanımı.....	48
4.2. Kuasikristal Örüntü Oluşturma Yöntemleri.....	50
4.2.1. Mikro düzeyde biçimleşme.....	51
4.2.2. Geometrik yineleme.....	53
4.2.3. Sayısal tasarım yaklaşımları.....	57
4.3. Fraktaller ve Kuasikristaller.....	58
4.4. Tasarım Kurgusunda Kuasikristallerin Rolü.....	60
4.4.1. İslam mimarisi ve kuasikristal kurgular.....	62
4.4.2. Günümüz mimarlığı ve kuasikristaller.....	66
4.5. Bölüm Değerlendirmesi.....	68
<b>5. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM İLE KUASİKİRİSTALLERİN YENİDEN BİÇİMLENİŞİ.....</b>	<b>69</b>
5.1. Üretken Tasarım Modeli Oluşturma ve Kural Belirleme.....	70
5.2. Bilgisayar Destekli Tasarım Programları ile Biçim Türetme.....	77
5.3. Oluşan Modelin Faydaları ve Potansiyel Kullanım Alanları.....	80
<b>6. SONUÇ.....</b>	<b>82</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>84</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>92</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>94</b>

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$\varphi$	Altın Oran sembolü
$\pi$	Pi sayısı
$\mu\text{m}$	Mikrometre
<b>Al</b>	Alüminyum elementi
<b>C</b>	Karbon elementi
<b>Co</b>	Kobalt elementi
<b>Cr</b>	Krom elementi
<b>Cu</b>	Bakır elementi
<b>Fe</b>	Demir elementi
<b>H</b>	Hidrojen elementi
<b>mm</b>	Milimetre
<b>Mn</b>	Mangan elementi
<b>Ni</b>	Nikel elementi
<b>nm</b>	Nanometre
<b>O</b>	Oksijen elementi
<b>Pd</b>	Palladyum elementi
<b>Rd 1</b>	Dodekahedron biçim grameri 1 numaralı kuralı
<b>Rd 2</b>	Dodekahedron biçim grameri 2 numaralı kuralı
<b>Ri 1</b>	İkosahedron biçim grameri 1 numaralı kuralı
<b>Ri 2</b>	İkosahedron biçim grameri 2 numaralı kuralı
<b>Ri 3</b>	İkosahedron biçim grameri 3 numaralı kuralı
<b>Ri 1'</b>	İkosahedron biçim grameri 1' numaralı kuralı
<b>Ri 2'</b>	İkosahedron biçim grameri 2' numaralı kuralı
<b>Si</b>	Silisyum elementi

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>CAD</b>	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
<b>CAM</b>	Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli Üretim)
<b>DNA</b>	Deoksiribonükleik Asit
<b>HAADF-STEM</b>	High Angle Annular Dark Field - Scanning Transmission Electron Microscopy (Yüksek Açılı Anüler Karanlık Saha - Taramalı Geçirimli Elektron Mikroskobu)
<b>HRTEM</b>	High Resolution Transmission Electron Microscopy (Yüksek Çözünürlüklü Geçirimli Elektron Mikroskobu)
<b>SEI</b>	Secondary Electron Imaging (İkincil Elektronlarla Görüntüleme)
<b>SEM</b>	Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)
<b>TDK</b>	Türk Dil Kurumu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Temel geometrik formlar: Küp, küre, silindir ve koni .....	6
Şekil 2.2. Geometrik formlara yapılan ekleme ve çıkarmalar (Onat 2010) .....	6
Şekil 2.3. Euclidyen geometri örneği ilk mimari yapılar ( <a href="http://philfour.com/blog">http://philfour.com/blog</a> , 2012) ....	8
Şekil 2.4. Vitruvius'a göre bir tapınak ve tapınağın sahip olması gereken oranlar (Vitruvius 1990).....	9
Şekil 2.5. Leon Battista Alberti'nin perspektif kuramını ifade eden bir eskiz ( <a href="http://gallery.cabri.com/en/persp.html">http://gallery.cabri.com/en/persp.html</a> , 2012) .....	10
Şekil 2.6. Notilus kabuklusunda Fibonacci spirali ve altın oranları (Dunlap 1997) .....	11
Şekil 2.7. Fibonacci yaprak dizilimleri (Blacha ve Bots 2008).....	11
Şekil 2.8. Papatyanın 34/21 olan spiral sayı oranı (Karian 2007).....	12
Şekil 2.9. Le Corbusier'in insan ölçüleriyle altın oranı tanımlaması (Alpay 2001).....	13
Şekil 2.10. Altın oran değerlerine sahip Paris Notre Dame Katedrali (Mustafa Yılmaz 2011).....	13
Şekil 2.11. Bir üçgenin küre ve düzlem üzerindeki şekli (Tibell 2008).....	14
Şekil 2.12. Hiperbolik, Euclidyen ve Eliptik geometrik sistemler ( <a href="http://www.absoluteastronomy.com/topics/Non-Euclidean_geometry">http://www.absoluteastronomy.com/topics/Non-Euclidean_geometry</a> , 2012)....	15
Şekil 2.13. Fraktal geometri ve Euclid geometrisi karşılaştırması (Bourke 1991) .....	16
Şekil 2.14. Koch eğrisi örneği (Bovill 1996).....	17
Şekil 2.15. Milano'daki Duomo Katedrali ve katedralin kolon başlıkları (Mustafa Yılmaz 2010).....	17
Şekil 2.16. Mudanya konutlarının fraktal değerinin hesaplanması (Ediz ve Çağdaş 2005) ...	18
Şekil 3.1. Brezilyalı sanatçı Mauro Fuke'ye ait örüntü çalışmaları (Fuke 2011).....	20
Şekil 3.2. XX. yüzyıl mimarlığında örüntü kronolojisi diyagramı (Garcia 2009) .....	21
Şekil 3.3. Kisho Kurokawa'nın Heliks kenti (Kisho 2006) .....	24
Şekil 3.4. Atom dizilimlerine örnek biçimlenişler (Uzun ve ark 2008) .....	25
Şekil 3.5. Brüksel'deki Atomium binası ( <a href="http://atomium.be/#/Photos.aspx">http://atomium.be/#/Photos.aspx</a> , 2012).....	25
Şekil 3.6. Karbon nanotüplerin SEM mikroskopu görüntüsü (Yılmaz 2011) (a) ve strüktürel yapısı (b) .....	26
Şekil 3.7. Karbon nanostrüktürler (a) ( <a href="http://uef.saske.sk/en/dtp/research/">http://uef.saske.sk/en/dtp/research/</a> , 2012) ve Grimshaw Mimarlık, Eden Projesi (b) ( <a href="http://grimshaw-architects.com/project/the-eden-project-the-biomes/">http://grimshaw-architects.com/ project/the-eden-project-the-biomes/</a> , 2012).....	27



Şekil 3.8. Bitki polenlerine ait doku örüntü örneği ( <a href="http://www.ndsu.edu/em_lab/images/sem_images/plant_pollen/">http://www.ndsu.edu/em_lab/images/sem_images/plant_pollen/</a> , 2012) .....	28
Şekil 3.9. Mike Silver Architects'in San Jose State University Sanat ve Bilim Müzesi için tasarladıkları yarışma projesi (Erdoğan ve Sorguç 2011) .....	29
Şekil 3.10. Yosun dokusu (a) ( <a href="http://www.probelog.com">http://www.probelog.com</a> , 2012) ve Hücre Yapılı Gökdelen (b) (Wong ve Lim 2010).....	30
Şekil 3.11. Yapı malzemesinden kent oluşumuna kadar uzanan basit hiyerarşi .....	30
Şekil 3.12. İslam mimarisine ait kubbe süslemesi, pencere korkuluğu ve ayırıcı örneklerinde örüntüler (Mustafa Yılmaz 2011) .....	31
Şekil 3.13. Günümüz mimarlığında bezemelere Singapur mimarisinden örnekler (Mustafa Yılmaz 2010) .....	32
Şekil 3.14. Çatalhöyük yerleşimi (Naumann 1998) .....	33
Şekil 3.15. Moshe Safdie'nin tasarladığı Kanada'daki Habitat 67 projesi ( <a href="http://www.msafdie.com/#/projects/habitat67">http://www.msafdie.com/#/projects/habitat67</a> , 2012) .....	34
Şekil 3.16. Kisho Kurokawa tarafından tasarlanan Japonya'daki Nakagin Kapsül Binası ( <a href="http://www.metalocus.es/content/en/blog/nakagin-capsule-tower-tokyo">http://www.metalocus.es/content/en/blog/nakagin-capsule-tower-tokyo</a> , 2012) .....	34
Şekil 3.17. Arabistan Arman (a), Yunanistan Mykonos (b) ve Mardin kent örüntüleri (Özkaraduman 2007) .....	35
Şekil 3.18. Farklı kentlere ait ağ örüntüleri (Surtees 2008) .....	36
Şekil 3.19. Le Corbusier'nin Voisin Kent Planı ( <a href="http://densityatlas.org/casestudies/profile.php?id=99">http://densityatlas.org/casestudies/profile.php?id=99</a> , 2012) .....	37
Şekil 3.20. Zaha Hadid tasarımı yeni Kartal-Pendik kenti ( <a href="http://www.zaha-hadid.com/masterplans/kartal-pendik-masterplan/">http://www.zaha-hadid.com/masterplans/kartal-pendik-masterplan/</a> , 2012).....	38
Şekil 3.21. Biçimin türetilerek yeni biçimlere dönüşmesi (Stiny ve Gibs 1971).....	40
Şekil 3.22. Mandelbrot Seti (Devaney 1995b).....	40
Şekil 3.23. Duvar mimarisi üretim kuralları (a) ve bu kurallarla üretilmiş yapılanmalar (b) (Knight 2000).....	41
Şekil 3.24. Standart biçim grameri örneği (Knight 1999).....	42
Şekil 3.25. Çin buz kristallerinin parametrik gramer ile biçimlenişi (Yuan ve ark. 2011) .....	43
Şekil 3.26. Penrose karoları (a) ile kural oluşturma (b) ve kuasikristal örüntüsü yaratma (c) (Escudero 2011) .....	43
Şekil 3.27. Bir Portekiz kentinin biçim grameri yöntemiyle değerlendirilmesi (Beirao ve Duarte 2009).....	44
Şekil 3.28. Basit bir renk grameri örneği (Knight 2000) .....	45

Şekil 3.29. Renk gramerleri matrisi (Knight 2000).....	46
Şekil 3.30. Sinir ağları (a) ve Londra otobüs ulaşım ağı (b) benzeşimi ile bir mikroçipin (c) ve Masdar şehrinin (d) benzeşimi (Cavia 2010) .....	47
Şekil 4.1. İkosahedron kuasikristal örüntüsü (Lidin 2011) .....	49
Şekil 4.2. Khatyrkite madeni (a), madendeki $Al_{63}Cu_{24}Fe_{13}$ granülü (b), kuasikristaller (c) (Bindi ve ark. 2009).....	50
Şekil 4.3. Farklı elektron kırınımları ile elde edilen ikosahedral örüntülerin sahip olduğu farklı açı değerleri (Shechtman ve ark. 1984).....	51
Şekil 4.4. Beeli'nin görüntülemiş olduğu $Al_{70}Mn_{17}Pd_{13}$ kuasikristali ( <a href="http://www.solid.phys.ethz.ch/ott/staff/beeli/awards.html">http://www.solid.phys.ethz.ch/ott/staff/beeli/awards.html</a> , 2011) .....	52
Şekil 4.5. On kırıklı simetri düzenine sahip $Al_{72}Ni_{20}Co_8$ kuasikristal örüntüleri (Abe ve Tsai 2004).....	52
Şekil 4.6. (a): $Al_{70}Pd_{20}Mn_{10}$ kuasikristal alaşımından saçılan ikincil elektronların görüntülenmesi. Elektron genlikleri, beşli, üçlü ve ikili simetri eksenlerinin varlığını göstermektedir. (b): Model kuasikristalden bilgisayar ortamında saçınan elektronların görüntüsü. Kristal yüzeyi iki şekilde de aynı yöne döndürülmüştür (Erbudak 2007) .....	53
Şekil 4.7. 4 kırıklı (solda) ve 6 kırıklı (sağda) periyodik simetriten ile 5 kırıklı (ortada) periyodik olmayan simetri (Lidin 2011) .....	54
Şekil 4.8. Wang Karolajı'nda renkler (a), karolar (b) ve aperiodyk örüntüler (c) ( <a href="http://grahamshawcross.com/2012/10/12/wang-tiles-and-aperiodic-tiling/">http://grahamshawcross.com/2012/10/12/wang-tiles-and-aperiodic-tiling/</a> , 2012) .....	54
Şekil 4.9. Robinson Karolajı (Dutch 1999).....	55
Şekil 4.10. Kepler Karolajı (Dutch 1999) .....	55
Şekil 4.11. Kite ve dart çokgenleri (a), birleşim şekilleri (b) ve Penrose Karoları (c) (Schwartz 2007) .....	56
Şekil 4.12. Topkapı Sarayı'nda bulunan kağıt üzerine çizilmiş işlemler ve çokgenlerle oluşturulan örüntüler (Lu ve Steinhardt 2007).....	56
Şekil 4.13. Kuasikristal örüntü üreten Tiling 1.2 yazılımı (Weber 1996).....	57
Şekil 4.14. Kuasikristal örüntü üreten QuasiG yazılımı (Duffy 2001).....	58
Şekil 4.15. Üçgenlerin birleşimiyle oluşan fraktal-kuasikristal örüntü (Willging 2000) .....	59
Şekil 4.16. Beşgenlerin birleşimiyle oluşan fraktal-kuasikristal örüntü (Savard 2012).....	59
Şekil 4.17. Penrose Karolarında; “kite” ve “dart” çokgenlerinin fraktal büyümesi (a) (Savard 2012) ile şematik olarak fraktal büyüme (b).....	60

Şekil 4.18. Jacques Perret'in tasarladığı Rönesans ideal şehir biçimleri (Mindeguia 2012).....	61
Şekil 4.19. St. Peters Bazilikasının Donato Bramante (a) ve Giorgio Vasari (b) çizimleri ( <a href="http://classes.yale.edu/fractals/panorama/Architecture/DomeStPete/DomeStPete.html">http://classes.yale.edu/fractals/panorama/Architecture/DomeStPete/DomeStPete.html</a> , 2012).....	61
Şekil 4.20. Da Vinci'nin kubbeli sekizgen planlı katedral tasarımı ( <a href="http://classes.yale.edu/fractals/panorama/Architecture/daVinci/daVinci.html">http://classes.yale.edu/fractals/panorama/Architecture/daVinci/daVinci.html</a> , 2012).....	62
Şekil 4.21. Topkapı Sarayı Bağdat Köşkü sedef işlemleri (Mustafa Yılmaz 2011).....	63
Şekil 4.22. İran Maragha'da bulunan Gunbad-ı Kabud Türbesi'ne ait girih karolar (Lu ve Steinhardt 2007).....	64
Şekil 4.23. İran İsfahan'da bulunan Darb-ı İmam Türbesi'nin kemer üst işlemleri (Lu ve Steinhardt 2007).....	64
Şekil 4.24. Bağdat Abbasi El-Mustansiriya Mescidi'nde görülen işlemler (Prange 2009) ...	65
Şekil 4.25. Bursa Yeşil Cami, Sultan Locası'ndaki süslemeler (Prange 2009).....	65
Şekil 4.26. Quasi Cabinet ve etkilendiği mikro ölçekli ikosahedral yapı (Aranda ve Lasch 2007).....	66
Şekil 4.27. Storey Hall binası iç ve dış görünüşleri ( <a href="http://ztfnews.wordpress.com/2011/04/21/storey-hall/">http://ztfnews.wordpress.com/2011/04/21/storey-hall/</a> , 2011).....	67
Şekil 4.28. Katar'da bulunan Liberal Sanat ve Bilim Binası (Lockerbie 2012).....	67
Şekil 4.29. Katar'da bulunan Burj Qatar Tower binası (Laylin 2012).....	68
Şekil 5.1. Eskizden üretime bilgisayar ile tasarım modeli (Ediz ve Kırılı 2012).....	69
Şekil 5.2. Türetilmiş iki boyutlu İslami geometrik örüntü örneği (Ulu 2009).....	70
Şekil 5.3. Kuasikristal örüntü analizi ve üretimi (a) ile elde edilen maket ürün (b) (Mustafa Yılmaz 2010).....	71
Şekil 5.4. Platon katıları: Tetrahedron (P1), ikosahedron (P2), dodekahedron (P3), oktahedron (P4) ve küp (P5). Archimedes katıları: Kesik tetrahedron (A1), kesik ikosahedron (A2), basık küp (A3), basık dodekahedron (A4), eşkenar dörtgenli ikosidodekahedron (A5), kesik ikosidodekahedron (A6), kesik küpoktahedron (A7), ikosidodekahedron (A8), eşkenar dörtgenli küpoktahedron (A9), kesik dodekahedron (A10), küpoktahedron (A11), kesik küp (A12) ve kesik oktahedron (A13) (Torquato ve Jiao 2009).....	72
Şekil 5.5. Dodekahedron (a) ve ikosahedron (b) geometrilerinin strüktürel yapıları.....	72
Şekil 5.6. Cornell Medikal Üniversitesi Dodekahedral (a) ve İkosahedral (b) yapıları ( <a href="http://www.asergeev.com/pictures/k/Cornell_campus.htm">http://www.asergeev.com/pictures/k/Cornell_campus.htm</a> , 2012).....	73

Şekil 5.7. Buckminster Fuller'dan ilham alınarak Minsoo Lee tarafından tasarlanan ikosahedral yapı (Lee 2011).....	73
Şekil 5.8. Dodekahedron (1) ve ikosahedron (2) yapılarının a / b / c oranları.....	74
Şekil 5.9. İkosahedron yapı (a), ikosahedronlardan elde edilen dodekahedron kümesi (b) ve bu biçimlenişin periyodik tekrarları (c) (Bourdillon 2011b).....	75
Şekil 5.10. Aksel birleşimler ve aksel olmayan birleşimler.....	76
Şekil 5.11. Dodekahedron $R_d 1$ ve $R_d 2$ kuralları .....	76
Şekil 5.12. İkosahedron $R_i 1$ , $R_i 2$ ve $R_i 3$ kuralları .....	77
Şekil 5.13. Dodekahedron biçiminin kurallı türetimleri .....	78
Şekil 5.14. İkosahedron biçiminin kurallı türetimleri .....	79
Şekil 5.15. İkosahedron grupları için $R_i 1'$ ve $R_i 2'$ kuralları .....	79
Şekil 5.16. İkosahedron gruplarının kurallı türetimleri.....	80
Şekil 5.17. Türetilmiş dodekahedron konut alternatifleri .....	81
Şekil 5.18. Türetilmiş ikosahedron konut alternatifleri.....	81

## 1. GİRİŞ

Özgünlük, her tasarım mesleğinde olduğu gibi, mimarlık alanında da, mimari ürünlerin ayırt edilebilmesi ve tasarım çeşitliliğinin oluşabilmesi açısından önemli bir olgudur. Mimarlar, mesleğin uygulamaya konduğu ilk zamanlardan itibaren fark oluşturabilecek tasarımları hedeflemişler, mimari karakter özelliklerini sorgulamışlar, bu doğrultuda, biçim ve işleyişte en iyiye ulaşma kaygılarını taşımışlardır. Mimarlar bu arayışlarında, bazen doğada gözlemledikleri bir olguyu, bazen karşlarına çıkan bir biçimi, matematiksel bir oranı ya da kavram olarak geometriyi, yardımcı unsur olarak kullanmaktadır.

Geometrinin, mimariye temel oluşturacak biçimde ele alınması ilk olarak Euclid yaklaşımlarına dayandırılır. XX. yüzyıl ortalarına kadar, mimaride Euclid geometrisinin kullanılıyor olması, mimarlık için bilimsel bir vizyon oluşturmuş, böylelikle matematiksel tanımları ve temelleri olan bir mimari anlayış ortaya çıkmıştır. Bu mimari anlayış, Antik dönem uygarlıklarını inşa eden, Rönesans'ı şekillendiren ve Sanayi Devrimi ile çağdaşlaşan, evrensel boyutta bir anlayış olmakla birlikte, kuralları Euclid geometrisinin kuralları gibi rasyoneldir.

Ancak, teknoloji alanındaki hızlı gelişim ile 1960'lı yıllarda yeni bir dönem ortaya çıkmış, kitlesel üretim biçimlerinde değişimler meydana gelmiştir. Mimarlar artık, karmaşık ve sıra dışı formların arayışı içinde yer almaktadır. Bu tür formların bilgisayar ortamında algoritmalarla üretilebilir hale gelmesi, mimari form ve biçim arayışlarında tasarımcıya yeni ufuklar sunduğu ve bilgisayarların tasarımcıları özgürleştirdiği söylenebilir. Böylece Euclid formları dışında kalan diğer formların da sayısal ortamda tanımlanıp üretilebilmesi mümkün olmuştur (Ediz ve ark. 2010).

Mimaride, çoğunlukla tasarım ve çizim aracı özelliğinde kullanılan bilgisayarlar, bir yönüyle de sayısal beyin olarak nitelendirilebilecek potansiyel tasarımcılardır. İnsan zekası ve bilgisayar yardımıyla oluşturulan çalışma biçimleri, bugün artık doğrudan bilgisayar zekası ile çalışan ve tasarlayan mekanizmalara dönüşmektedir. Bu mekanizmanın içinde yer alan ve mimaride de kullanılan “biçim gramerleri” adındaki

biçim üretme tekniği, var olan ilkesel biçimleri bilgisayar desteği ile anlamlı ve kurallı şekilde üretebilmektedir. “Mimari biçim” oluşturmaya yarayacak geometrik yapılar bu söz dizim sistemlerinin yardımıyla dönüşüm ya da başkalaşım geçirerek yeni biçimler haline gelebilmektedir.

Çoğunlukla, atomik düzeydeki biçimlenişlerde gözlemlenebilen kuasikristal örüntüler de, bu geometrik yapıların nitelikli birer örneğidir. Günümüze kadar, gerek süslemelerde, gerek mimari tasarım ya da kent tasarımında kuasikristallerin geometrik özelliklerinin kullanılmış olması, örüntülerin biçim grameri çalışmaları için de yenilikçi modeller olabileceğini düşündürmektedir.

Örneğin, Topkapı Sarayı’nda yer alan kristal yapıdaki bir sedef işlemenin sahip olduğu olağan üstü geometrik örüntünün, günümüz yapı teknolojilerini nasıl şekillendireceği merak uyandırmaktadır. Bilim adamlarının yüzyıllar sonra atom örüntüleri şeklinde keşfettiği bu türdeki işlemler, mimaride tekrar kullanıldığında daha güçlü yapı strüktürlerinin oluşması sağlanabilir mi? Ya da, fraktal büyüme özelliğine sahip bu örüntü düzeni sayısal olarak analiz edilebilecek yapılaşma örnekleri mi sunacaktır? Bu durum ancak, kuasikristalleri matematiksel olarak tanımlayan kavramların ön tasarım sürecinde değerlendirilmesiyle netlik kazanabilir.

Ön tasarım / erken tasarım süreci, yaratıcılığı arttıran ve motive eden en önemli tasarım evresidir. Ayrıca, ilkesel kararların ardından tasarımın ana kurgusunu oluşturacak kararların alındığı bir aşamadır. Bu süreçte mimar, tasarıma dair işlev, ebat, karakter, görüntü ve mekanlar arasındaki ilişki özelliklerini, tasarımı talep eden kişinin ve kendisinin belirlediği istekler doğrultusunda şekillendirir. Bu aşama aynı zamanda, alternatif tasarım çözümlerini keşfetme ve uygun tasarım kavramlarını oluşturma yolundaki en önemli süreçtir (Barba 2011).

Bu doğrultuda, erken tasarım sürecinde, kuasikristallerin alışlagelmiş iki boyutlu örüntüleri yerine dodekahedron ve ikosahedron gibi üç boyutlu geometrik yapılarla çalışmak, biçim gramerleri için gerekli olan temel modelleri oluşturma adına yararlı olacaktır. Dodekahedron ve ikosahedron yapılarının kuasikristal örüntü sistematiğine

uygun olarak, biçim gramerleri ile türetilmesi, mikro ölçekte yapı oluşturma yeteneğine sahip özelliklerin de mimari tasarım alanına aktarılmasını sağlayacaktır. Böylelikle, mikro düzeydeki biçim ve işleyiş özellikleri olumlu bulunan bu sistemlerin makro düzeydeki nitelikleri de sorgulanabilir.

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

Kuasikristal örüntüler tarihte sezgisel olarak, kentsel tasarımdan peyzaja, mimariden nesne tasarımı ve süslemelere kadar birçok alanda kullanılır olmuştur. Bu geometrik tiplerin biçimsel ve mantıksal tanımları, tarihsel anlamlarıyla da ele alınarak mimari tasarım kurgusunda yeniden değerlendirilebilir. Bu bağlamda, biçim gramerleri analiz sistemleri kullanılarak, farklı türdeki kuasikristal örüntülerinin bilgisayar destekli tasarım kapsamında yeniden üretilmesi amaçlanmakta, mimaride ön tasarım sürecinde kullanılabilecek yeni kavramların ve tasarım ilkelerinin oluşturulması hedeflenmektedir.

### **1.2. Çalışmanın Kapsamı**

Son yıllarda gelişen bilgisayar teknolojilerinin, birçok alana olduğu gibi, mimariye de önemli etkileri olmuştur. Bilgisayarın mimarlar için çok yönlü bir tasarım aracı olmasının yanında, programlama teknikleri ile biçim gramerleri oluşturabilen ve mimari tasarım ilkeleri ortaya koyabilen yönlerinin de var olduğu bilinmektedir.

Bu tez kapsamında öncelikle, kuasikristalleri anlamlı kılan geometri kavramı, tanımlarıyla ve mimariyi şekillendiren yönleriyle ele alınacaktır. Matematiğin mimaride geometri ile ne şekilde anlam bulduğu değerlendirilecek, “matematik–mimarlık–geometri” ilişkisi irdelenecektir.

Sonraki bölüm örüntü kavramına yer vermektedir. Geometrinin kapsamında yer alan örüntü kavramının mikro ölçekten makro ölçeğe kadar mimarlığı etkileyen yönleri ele alınacak ve örüntü türeten bir teknik olan biçim gramerleri incelenecektir.

Kuasikristal örüntüleri tanımlamayla devam eden diğer bölümde, biçimleniş ilkelerinden sayısal ifadelerine kadar kuasikristal yapıların analizleri yapılacak ve mimari tasarım kurgusunda kuasikristallerin nasıl bir yere sahip olduğu araştırılacaktır.

Bu belirlemeler sonucu, üretken sistemlerde tasarım oluşturabilecek kuasikristal modellerin tespiti yapılacak ve kurallı türetim yöntemleri kullanılarak yeni mimari örüntülerin oluşumu sorgulanacaktır. Bu mimari örüntüler, bugüne kadar somut biçimler olarak kullanılmış kuasikristallerin, soyutlanmış biçimleriyle de ön tasarım ya da erken tasarım sürecinde değerlendirilmesini sağlayacaktır.

### **1.3. Çalışmanın Yöntemi**

Tez kapsamında,

- Araştırılması yapılacak konunun bilimsel altyapısının belirlenmesi
- İlgili konular arasında, ilişkiler şemasının belirlenmesi ve yol haritasının oluşturulması
- Konuya ışık tutacak doğru kaynakların belirlenerek çalışmayı ileriye götürecek önemli bilgilerin saptanması
- Üniversitelerde ve konuyla ilgisi bulunan bilimsel kurum ve kuruluşlardaki çalışmaların değerlendirilmesi
- Tez konusu kuasikristal örüntülerin örnek olarak kullanıldığı tasarım sistemlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi
- Amaçlanan yaklaşımın, oluşan sonuçlar kapsamında genel değerlendirmesinin yapılması

yöntemleri uygulanacaktır.



## 2. GEOMETRİ VE MİMARLIK

Düşünce kavramının somut bir hal alması ve belirli kalıplar ile belirlenmesi, geometri gibi bilimsel araçlarla sağlanmaktadır. Mimari tasarım söz konusu olduğunda, geometri; öngörülerin gerçeğe dönüştürülmesi ve değerlendirilmesi açısından vazgeçilmez sistemlerden birisidir. Temelde matematik tabanlı olan bu sistemin yüzyıllar içindeki gelişimi mimarlık ile paralellik göstermiş, en basit düzeyden en karmaşık düzeylere ulaşırken de mimarlık bilimini beraberinde taşımıştır. Geometri – mimarlık işbirliğinin birbirini karşılıklı etkileyen bu gelişimi, süreç olarak bakıldığında, Euclid'in temel geometri kavramlarıyla başlar ve kompleks geometri kavramlarının kullanıldığı günümüze kadar uzanır.

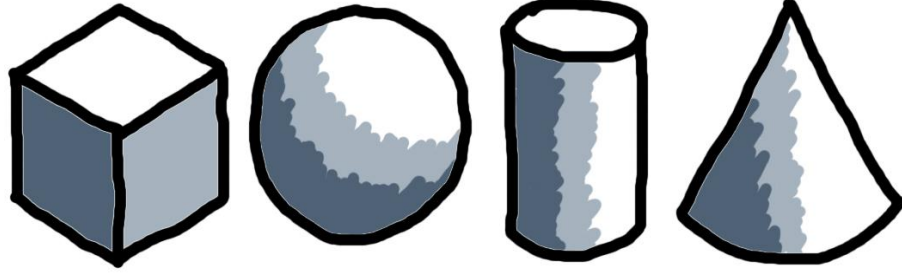
### 2.1. Geometrinin Tanımı

Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğünde geometri; noktalar, çizgiler, yüzeyler ile cisimlerin özelliklerini, ölçümlerini ve aralarındaki bağıntıları inceleyen matematik dalıdır (<http://www.tdk.org.tr/>, 2011). “Yer” anlamına gelen “geo” ve “ölçüm” anlamındaki “metrum” kelimeleri ile türetilmiş bir sözcük olan geometri, çeşitli biçimlerin sayısal olarak ifade edilebilmesini ve analizini kolaylaştıran bir bilimdir.

Mimaride, çevre, insan ve yapı arasında bir oran sağlaması, görsel etkileşimi düzenlemesi ve yapıların biçimsel karakterlerini oluşturması, geometriyi önemli tasarım araçlarından biri haline getirmektedir. İlk çağlardan günümüze kadar süregelen tarihsel süreçte mimarlar, sezgisel ya da bilimsel yöntemlerle geometriyi kullanmışlar, bu yolla mimarlık için gerekli matematiksel tanımları elde edebilmişlerdir.

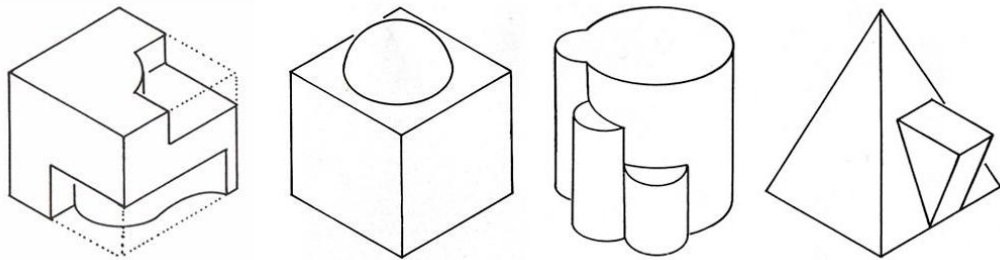
Geometriye dair, düşüncede oluşan ilk yaklaşım; kesin ve sınırları olan uzaysal şekilleri tanımlamaktadır. Euclid geometrisinin kapsamında yer alan bu yaklaşım, evrensel gerçeklerin, görsel olarak ifadesinin ancak geleneksel formlarla olabileceğini savunur (Kepes 1995). Mimari tasarım anlayışının ortaya çıkışında da, dörtgen, üçgen, çember gibi düzlem geometrisinin basit şekilleri etkili olmuş, yapısal biçimler de bu şekillerin boyut değiştirmiş hallerinden meydana gelmiştir. Özellikle XX. yüzyıl öncesi dönemde, bu basit geometri – mimarlık ilişkisi açıkça görülmektedir. Bu dönemde küp, küre,

silindir ve koni (Şekil 2.1) gibi temel geometrik formların baskın olduğu bir mimari yapılanma dikkati çekmektedir.



**Şekil 2.1.** Temel geometrik formlar: Küp, küre, silindir ve koni

Baskın geometriler (küp, küre, silindir ve koni) olarak bilinen bu formlara yapılan tasarım müdahaleleri (ekleme ve çıkarma) ile yeni mimari yapı örnekleri oluşturulabilmektedir. Onat (2010)'ın çalışmalarında da bu tasarım müdahalelerini örnekleyen biçimlenişler görülmektedir (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2.** Geometrik formlara yapılan ekleme ve çıkarmalar (Onat 2010)

## 2.2. Euclid Geometrisi

Günümüzde kullanılan ve bugüne değin hiç değişmemiş geometrinin temel dallarından biri Ptolemy I Soter döneminde (MÖ 323-285/83) Euclid tarafından ortaya konmuş ve onun on üç kitabından oluşan Stoicheia (Elementler) yapıtında açıklanmıştır (Sbacchi 2001). Stoicheia'da Euclid ilk kez temel geometrik gerçekleri mantığın reddedemeyeceği haliyle ortaya çıkarmış ve bunları sistemli hale getirmiştir. Böylelikle, temeli mantığa ve ispata dayanan bu gerçekler; nokta, çizgi, yüzey, açı gibi kavramların

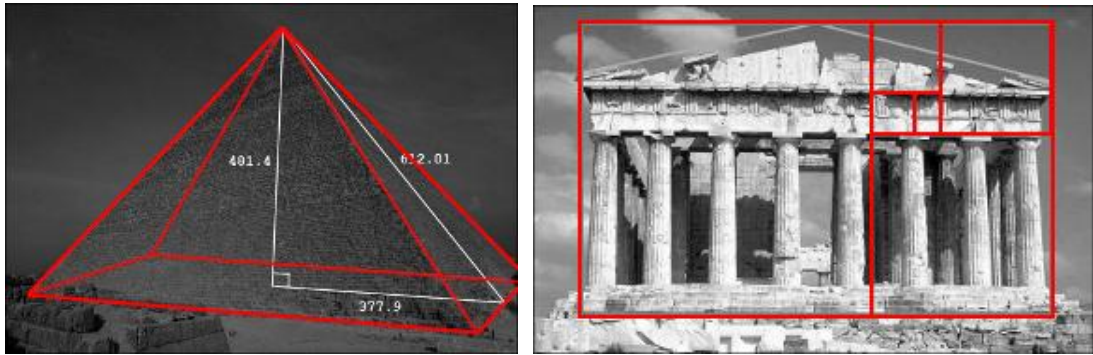
tanımları ve birbirileri arasındaki ilişkileri ele alarak sistemli aksiyomlar ortaya koymaktadır (Sakai 1996). Euclid'in temel geometri yaklaşımı olan ve en bilinen beş önermesi de bu aksiyomların içinde yer almaktadır:

- Herhangi iki noktayı bağlayacak şekilde düz bir çizgi parçası çizilebilir.
- Herhangi düz bir doğru parçası, tanımlanmış diğer düz bir doğru içerisinde uzanabilir.
- Düz bir doğru parçasının uç noktasından çizilen aynı uzunluktaki doğrular bir çember oluşturabilir.
- Bütün dik açılar birbirine eşittir.
- İki düz doğruyu kesen üçüncü bir doğru varsa ve bu doğrunun bir tarafında kalan iç açılar toplamı 180 dereceden küçük ise, bu iki doğru, iç açılar toplamının 180 dereceden küçük olduğu yönde kesişir. Bu ön doğru paralellik önermesiyle eşdeğerdedir

(Mullen 1997).

Euclid alanının mucidi olmasına karşın, izole edilmiş ve yapıtları özgün olmayan bir dahi olarak bilinmektedir. Matematik tarihçileri onun özellikle Thetaus ve Eudoxous gibi başka kaynaklardan esinlenmiş olabileceğini belirtmişlerdir. Genel anlamda, icat etmekten çok Yunan aydınlarının bilgilerini taslak biçiminde sistematize etmiş bir bilgin olarak da nitelendirilebilir. Bu nedenle onun en önemli özelliği sıra dışı çizim ve sentez yeteneğidir. Pek çok zıtlıklara ve açıklanamayan bölümlerine rağmen "Elementler" adlı yapıtı zamanının geleceğe atılmış dev bir adımı olmuştur. Özellikle, geometrinin bölümler halinde ele alındığı yöntemlerle kıyaslandığında "Elementler" kısa sürede geometrinin kullanıldığı tüm alanlarda son derece yararlı bir doküman haline gelmiştir. Optik, ölçüm, araştırma, navigasyon, astronomi, tarım gibi çeşitli alanlar için bu yeni ve kapsamlı kurallar, bütün geometrik sorunlara çözüm oluşturmuştur. Popülaritesi arttıkça, "Elementler" pek çok dile çevrilmiştir. Çoğu Yunanlılara ait bilimsel yazınlar gibi kısa sürede Arapçaya da çevrilmiş ve günümüze kadar ulaşmıştır (Sbacchi 2001).

Günümüzde Euclid yöntemlerinin mimariyle ilişkilerinin, özellikle Vitruvius teorisinin baskınlığına karşın daha da güçlendiği bilim adamları tarafından kabul görmektedir (Sbacchi 2001). Bu durum, Euclid'in ortaya koymuş olduğu düzenin, mantıksal uzayda hesaplanabilir olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, XX. yüzyıl öncesine kadarki dönemde mimari tasarım kuramında sıklıkla kullanılan geometriler bütünü olduğu söylenebilir (Şekil 2.3). Ancak, teknolojik gelişmelerle beraber matematiksel hesaplama yöntemlerinin kolaylaşması Euclid dışı geometrilere hız kazandırmış, böylelikle günümüz mimarlığı da şekillenmeye başlamıştır.



**Şekil 2.3.** Euclid geometri örneği ilk mimari yapılar (<http://philfour.com/blog>, 2012)

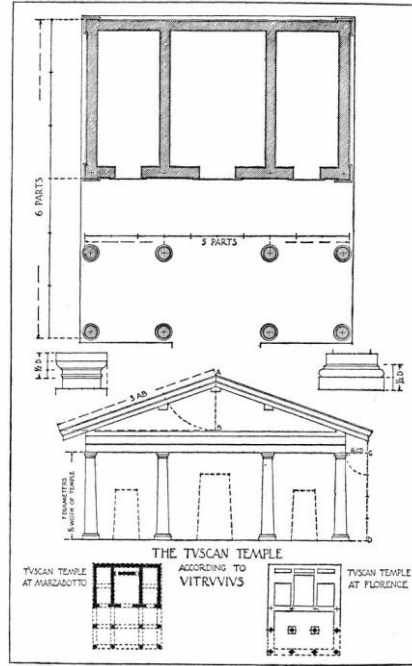
Newton'un deneysel çalışmaları ve Euclid geometrilerinin doğayı kontrol etme ve dönüştürmedeki potansiyelinin yetersizliğinden dolayı, XVII. yüzyıla kadar modern bilimlerce de desteklenmiş ve geliştirilmiş olan geometri kavramı bloke edilmiştir (Gomez ve Pelletier 1997).

### **2.2.1. Vitruvius'un geometri yaklaşımı**

Mimarlık tarihinin ilk eserlerinden biri MÖ I. yüzyılda yaşamış Vitruvius tarafından on kitap halinde kaleme alınmıştır. Vitruvius'un bu çalışmasında; malzemedен – renk bilgisine, yapısal elemanlardan – makine yapımına, astrolojiden – inşaat tekniklerine kadar birçok öğretici yer almaktadır.

Euclid geometrisi ile Vitruvius teorileri kıyaslandığında ortaya çıkan en önemli ayrışma; Euclid'in mimari öğeleri ve unsurları pusula ve cetvel kullanılarak çizgilerle

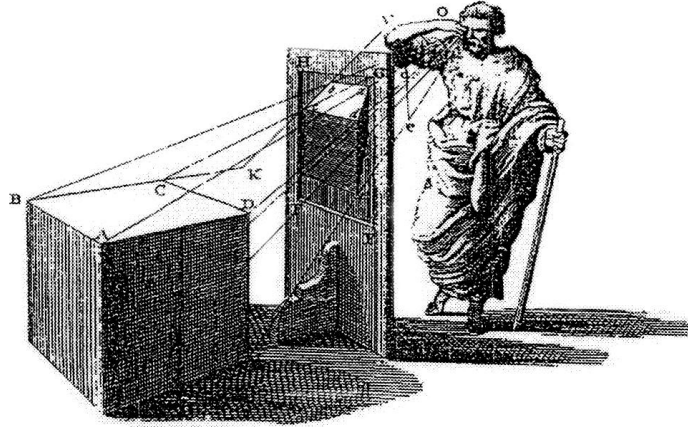
ifade etmesi, Vitruvius'un ise mimarideki tüm sayısal ifadeleri yine mimari şekil ve boyutlara göre düzenlemesidir (Sbacchi 2001). Çünkü Vitruvius (1990) bir tapınak tasarımında dahi tasarımı bakışma dayandırır; mimar bakışım ilkelerini titizlikle gözetmelidir (Şekil 2.4). Bu ilkeler orantıya bağlıdır. Orantı, bir yapıtın öğeleri arasında bulunan ve tümünün, birim olarak belirlenen belli bir öğeye göre uygunluğudur. Bakışım ilkeleri bundan kaynaklanmaktadır.



**Şekil 2.4.** Vitruvius'a göre bir tapınak ve tapınağın sahip olması gereken oranlar (Vitruvius 1990)

### 2.2.2. Alberti'nin matematiksel çalışmaları

Leon Battista Alberti, 1435'te Latince kaleme aldığı eseri De Pictura (Resim Üzerine) ile perspektifin ilk kuramcısı olarak tarih sahnesinde yerini almıştır. Alberti fiziksel/bedensel dünyayı (fiziksel varlık göstermeyen) nokta, çizgi ve yüzeyler ve matematiksel hesaplar aracılığıyla görsel olarak tanımlayarak Descartesçi düşünceye zemin hazırlamıştır (Talu 2010) (Şekil 2.5).



**Şekil 2.5.** Leon Battista Alberti'nin perspektif kuramını ifade eden bir eskiz (<http://gallery.cabri.com/en/persp.html>, 2012)

İtalyan resim ve kabartma sanatını doğrudan ve derinden etkileyen kitabı ile Alberti, perspektife dayalı Rönesans üslubunun ferah ve geometrik, düzenli, kusursuz mekanının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Alberti tarafından Brunelleschi'ye ithaf edilen bu başarıya rağmen merkezi perspektife Albertian perspektif de denilmektedir (Kurt 2010).

### 2.2.3. Altın oran

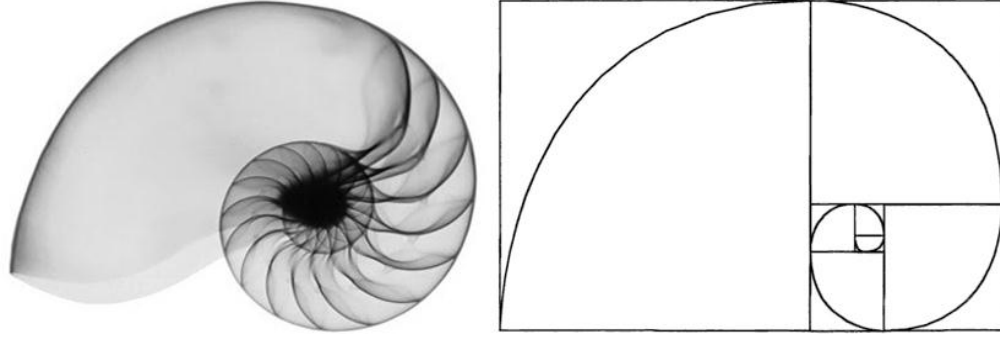
Euclid, oran kavramı ile ilgili Stoicheia adlı yapıtında “öyle bir dikdörtgen bulunuz ki, bu dörtgende uzun kenarın kisasına oranı, bu dikdörtgenden bir kare çıkarıldığında da aynı olsun” diyerek, gerçekte “altın oran” kavramını yalın bir halde ortaya koymuştur (Alpay 2001).

Altın oran,  $(1 + \sqrt{5})/2$  ya da 1,618 olarak da ifade edilebilen bir irrasyonel sayıdır. Antik çağlardan beri matematikçilerin, fizikçilerin, filozofların, mimarların, sanatçıların ve hatta müzisyenlerin ilgisini çekmiş olan bu oran, Yunanca'da “kesmek” anlamına gelen  $\phi$  harfiyle sembolize edilmiştir (Dunlap 1997).

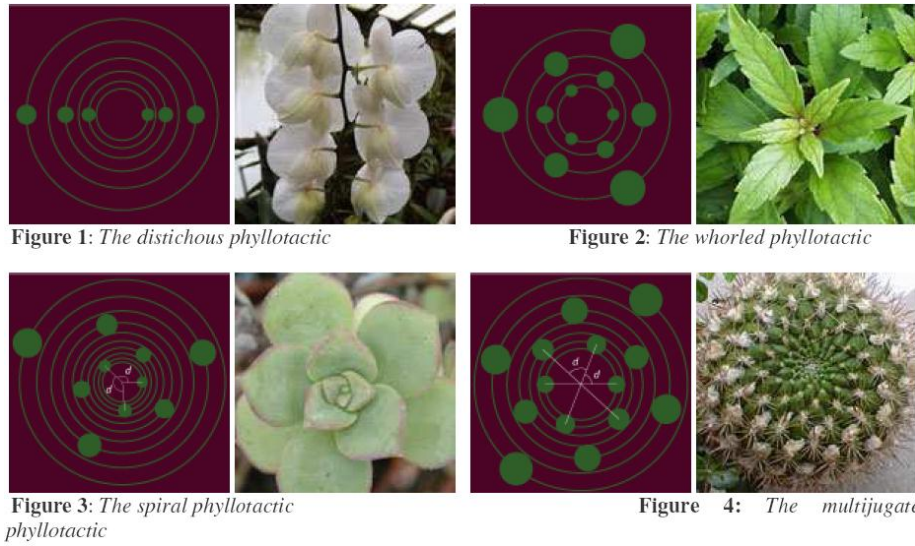
Doğanın dengesi olarak da tanımlanabilen bu matematiksel ifade, doğada gözlemlenebilecek birçok oluşumun içerisinde yer almaktadır (Şekil 2.6 ve 2.7). Bu dengeyi ilk keşfeden Fibonacci doğal dengede periyodik yapıda olan bir sayı dizisi

bulduğunu ve bu sayıların birbiriyle oranının altın orana eşit olduğunu belirtmektedir. Sayılar:

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584,... şeklinde sıralanmaktadır. Buradaki sıralamanın kuralı; her sayının kendinden önceki iki sayının toplam değerinde olmasıdır.



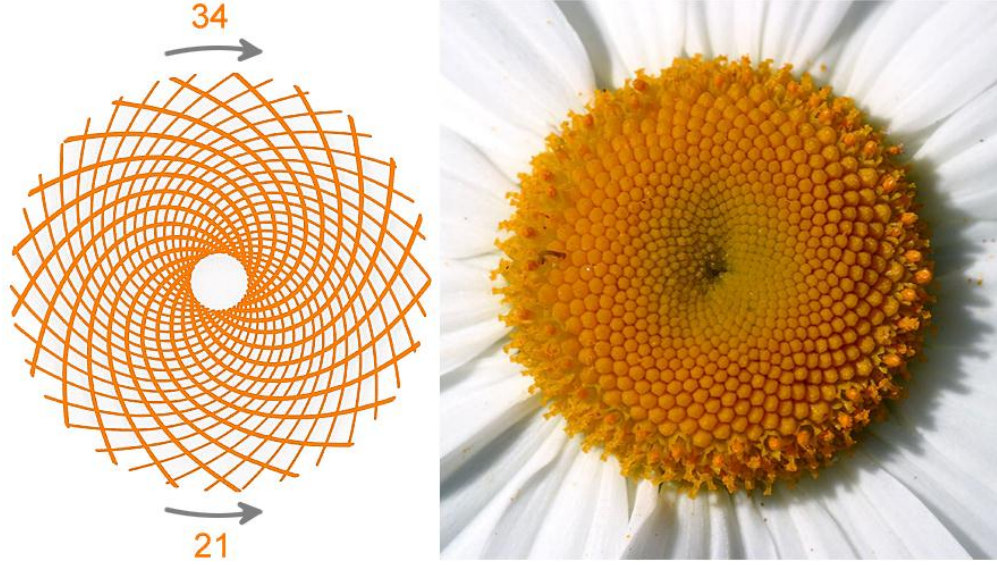
**Şekil 2.6.** Notilus kabuklusunda Fibonacci spirali ve altın oranları (Dunlap 1997)



**Şekil 2.7.** Fibonacci yaprak dizilimleri (Blacha ve Bots 2008)

Altın oran değerinin kolay hesaplanabildiği doğal bir oluşum da, papatya ya da ayçiçeği gibi bitkilerin orta kısmındaki karpellerde görülmektedir. Papatyanın orta kısmındaki karpelde sağ ve sol spiraller sayıldığında 34/21 değerinde (1,619), altın orana çok yakın bir değer ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.8).





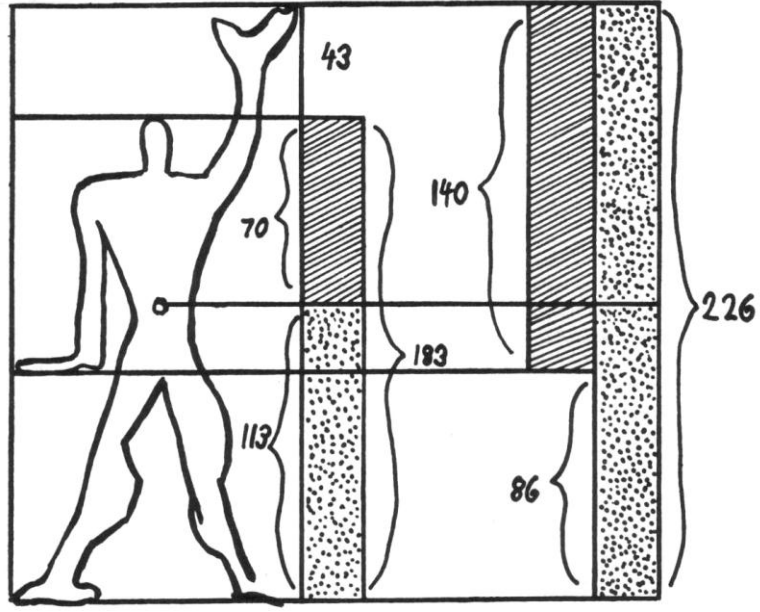
**Şekil 2.8.** Papatyanın 34/21 olan spiral sayı oranı (Karian 2007)

Mimaride, biçimler oluşturulurken, geometrinin içyapısına yüklenmiş anlamlarla (sezgisel olarak) tasarıma yönlenebilir. Fibonacci sayı dizileri ile daha net ifade edilebilen bu sezgisel yaklaşımlar, tasarımda mantık ilkelerinin önemli bir yere sahip olduğunu ispatlar niteliktedir.

Phi olarak da sembolize edilmiş altın oran kavramı, Yunan heykeltıraş Phidias'a da dayandırılır. Phidias bu oranı heykellerinde ve mimari yapıtlarında sıklıkla kullanmıştır. Atina'da bulunan Parthenon, Phidias'ın bu oran sistemini belirgin bir şekilde yansıtmaktadır (Jan ve Simpson 2007).

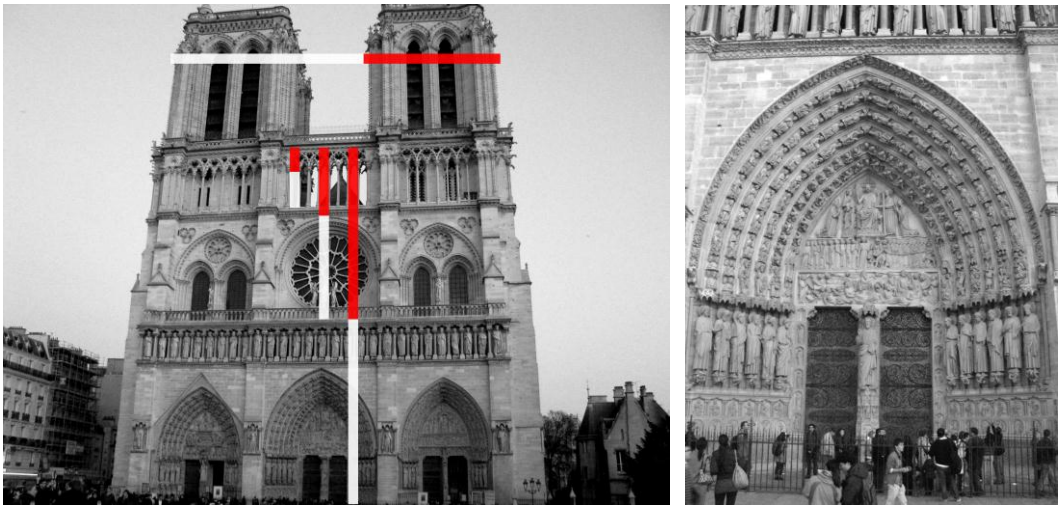
Phidias gibi Le Corbusier de altın oranın işlerliği ile ilgili çalışmalar yapmış ve mimarlık için bir takım öngörüler belirlemiştir. Le Corbusier'e göre, insan vücudu zengin bir altın oran kaynağıdır. Corbusier yukarı kaldırılmış kol ile ayaklar arasındaki uzaklıkta iki farklı altın oran ileri sürer. Bunlardan birincisi yukarı kaldırılmış koldan, normal duran kolun bileğine kadar olan uzaklık ile normal koldan ayaklara kadar olan ve Şekil 2.9'da "86/140" ile gösterilen orandır. Diğer altın oran ise şekildeki "70/113" oranını veren baş ve göbek arasındaki uzaklık ile göbekten, ayaklara olan uzaklığın oranıdır (Alpay 2001).





**Şekil 2.9.** Le Corbusier'in insan ölçüleriyle altın oranı tanımlaması (Alpay 2001)

Corbusier'in bu yaklaşımı XX. yüzyıl öncesine kadar uygulanmış mimari yapıların birçoğunda gözlemlenir. Bu dönemde, insan ölçeğini temel alan ve Euclid geometrisi ile biçimlenen mimari eserlerde, plan yerleşimi, taşıyıcı strüktür, cephe elemanları ve süslemelere kadar uzanan bir dizide altın oranın uygulandığı fark edilmektedir (Şekil 2.10).



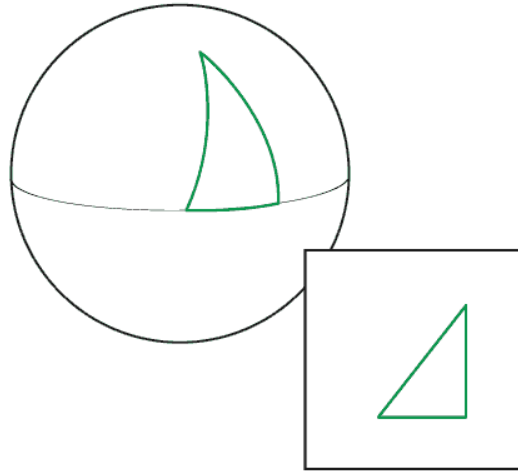
**Şekil 2.10.** Altın oran değerlerine sahip Paris Notre Dame Katedrali (Mustafa Yılmaz 2011)

### 2.3. Euclid Dışı Geometriler

"Uzayda iki nokta arasındaki en kısa yol bir doğru değildir".

A.Einstein

Bolyai'ye (2006) göre, Euclid dışı geometrilerin ortaya çıkmasından önce geometri, çevremizdeki gerçek dünyadan ayrılmaz bir bilim dalı olarak algılanmış, hayal edilebilirlik sınırları da Euclid geometrisinin biçimlendirdiği bir uzay içerisinde yer almıştır. Bu durum, yüzyıllar boyunca doğruluğu sorgulanamayan geometri kavramlarını; Euclid aksiyomları olarak da bilinen kuramları var etmiştir. Ancak, birçok bilim adamı, bu kuramlar üzerinde, özellikle de Euclid'in paralellik önermesinde yoğunlaşmakta, buna göre birbirine paralel iki doğrunun, gerçekte bir noktada kesişebileceğini savunmaktadır. Örneğin, Dünya üzerindeki meridyenlerin birbirine paralel olması, ancak bu meridyenlerin kutup noktalarında kesişmesi Euclid dışı geometri yaklaşımı ile ifade edilmektedir. Bu yaklaşım ayrıca, küre üzerindeki bir üçgenin iç açılarının toplamının 180 derece olamayacağını da savunmaktadır (Şekil 2.11).

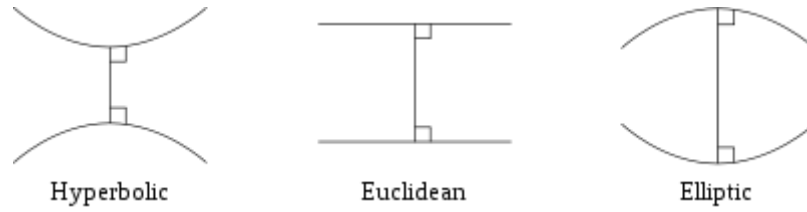


**Şekil 2.11.** Bir üçgenin küre ve düzlem üzerindeki şekli (Tibell 2008)

Paralellik aksiyomunu Euclid'in diğer yargılarına dayanarak kanıtlamanın ya da bunlara bağlı olmadığını göstermenin olanaksızlığı, Bolyai'den başka, Gauss ve Lobachevsky gibi matematikçileri de Euclid dışı geometriye doğru adım atmaya yöneltmiştir

(Anonim 1986). Euclid dışı geometri kavramı Einstein'ın da gerçekçilik teorisinin matematiksel kaynağıdır. Kusserow'a (1998) göre yıldızlara bakıldığında evrenin olguları Elementler'in basitliğiyle değil, Euclid dışı teoremlerle açıklanabilmektedir.

Matematikçilerin çalışmalarında mekanların sadece eğrisel değil çok boyutlu olabileceği de görülmüştür (Çakır 2006). Buna bağlı olarak Euclid dışı geometri tanımlarında eliptik / küresel ve hiperbolik geometrilerden de söz edilebilir (Şekil 2.12). Bu geometrilerin ortaya çıkışı, günümüzde, kompleks ve reel geometrik kurguların daha net anlaşılmasını sağlamış, yeni biçimlenmeler için yeni ufuklar açılmıştır.



**Şekil 2.12.** Hiperbolik, Euclidyen ve Eliptik geometrik sistemler ([http://www.absoluteastronomy.com/topics/Non-Euclidean\\_geometry](http://www.absoluteastronomy.com/topics/Non-Euclidean_geometry), 2012)

## 2.4. Fraktal Geometri

1975 yılına kadar çok fazla bilinmeyen bir kelime olan “fraktal” doğayı tanımlayan yeni bir geometridir. Birçok pürüzlü ve karmaşık formu ölçüp sayısallaştırabilmesi bu yeni geometriyi matematiğın önemli araçlarından biri haline getirmiştir (Mandelbrot 1997). Yapraklar, ağaç dalları, dağ sırtları, küçük derelerin birleşimiyle oluşmuş nehirler, dalgalar ve sinir hücreleri gibi doğal biçimler ve ritimler bu kendine benzer biçimlenişlerdeki devamlılığı ortaya koymaktadır (Bovill 1996).

Modern fiziğın “kesinsizlik” ve “belirsizlik” ilkeleri, günümüze ait “kaos” bilimi ve “Euclid dışı” ile “fraktal” geometrileri, mantık temelli olmayan, estetik akılla daha iyi tanımlanabilecek kavramlardır (Koh 2004). Bilim adamları uzun yıllardır karmaşık ve bilinmeyenlerin çözümüne yönelik çalışmalarda bulunmuştur. Kaos adı verilen bu düzensizlik durumu, belirsizliklerin anlaşılmasına yardımcı olacak bir bilim dalı olarak ortaya çıkmaktadır (Gözübüyük 2007).

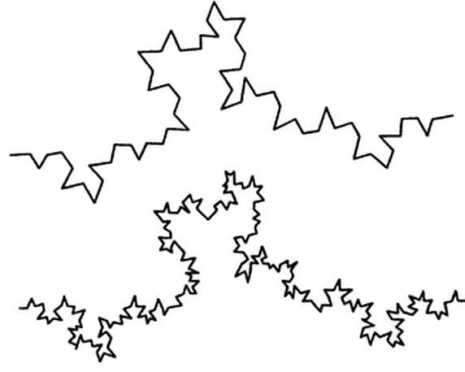
Örneğin, atmosfer ile ilgili birçok kişinin bilgisi ve öngörüsü oluşmuştur. Ancak, bu bilgi ve öngörüler son yıllara gelinene kadar net olarak açıklanamamıştır. Günümüzde daha kapsamlı sistemlerle, atmosfer gibi karmaşık kavramlar için çözümler üretilebilmektedir. İki kategori haline ele alınabilecek bu çözümleme sistemleri daha alt kategorilerle de desteklenmektedir. Bu kategorilerden ilki gerçek ya da gerçekleşebilir fiziksel sistemleri konu alırken, diğeri matematiksel olarak tanımlanmış sistemler üzerine odaklanır (Lorenz 1996). Kaos kuramının kapsamında ele alınan bu gibi sistemlerde fraktal geometri; birçok problemi matematiksel ifadelerle dönüştürmekte, problemleri sayısallaştırmakta ve çözümleyebilmektedir. Gleick'e (1995) göre, düşünce gözüyle bakıldığında fraktaller sonsuzluğu gösteren bir yoldur.

Euclid geometrilerinin kesin ve katı yargılarından ayrılan fraktal geometriler Euclid dışı geometrilerle benzer özellikte, özgür, rastgele ve düzensiz olarak nitelendirilebilir (Şekil 2.13).

Fraktal Geometri	Euclid Geometrisi
<p>Modern bir buluştur Kesin ölçüleri ya da ebatları yoktur Doğanın geometrisini tanımlamak için uygundur Algoritmalar ile tanımlanır</p>	<p>Gelenekseldir Karakteristik ölçülere ya da ebatlara dayanır İnsan yapımı objeleri tanımlamak için uygundur Oldukça basit formüller ile tanımlanır</p>

**Şekil 2.13.** Fraktal geometri ve Euclid geometrisi karşılaştırması (Bourke 1991)

Euclid biçimlerinde dokuların detayları ya da derinlikleri bölünme özelliği göstermez. Daha net ifadeyle, Euclid biçimleri düz doğruları ve pürüzsüz eğrileri tanımlamaktadır. Koch eğrisi gibi biçimler ise ancak fraktallere örnek olarak gösterilip incelenebilecek sistemlerdendir (Şekil 2.14). Özyineleme yolu ile tasarlanmış Koch eğrisi, kendisini tekrarlayarak çok daha küçük ölçeğe kadar sürüp gider. Bu eğri, bölümlü / dilimli kendine benzer strüktür özelliklerini belirgin biçimde ortaya koyar (Bovill 1996).



**Şekil 2.14.** Koch eğrisi örneği (Bovill 1996)

Bilimin ruhu ya da ışığı olarak da nitelendirilebilen ve “sanal” bir kavram olan fraktal geometri, bilimin diğer dallarını etkileyen, birçok bilim dalı arasında ilişki kurduran ve onları bir arada tutan bir disiplindir (Mandelbrot 2002). Mimarlık bilimi de, bu etkileşimlerin içerisinde yer alır. Fraktal geometri kullanılarak mimaride; tasarım, sayısal analizler, ölçme ve değerlendirmeler yapılabilmektedir. Mimaride sıklıkla karşılaşılan; bir yapının kendisine benzeyen daha küçük yapılarla tekrar edilmesi ancak fraktal geometri kavramı ile ifade edilebilmektedir. Fraktal yapılanmanın en belirgin örneklerine gotik katedrallerin kolon başlıklarında rastlanır (Şekil 2.15). Bu kolon başlıkları katedralin küçük birer örneği biçimindedir (Ediz ve Çağdaş 2005).

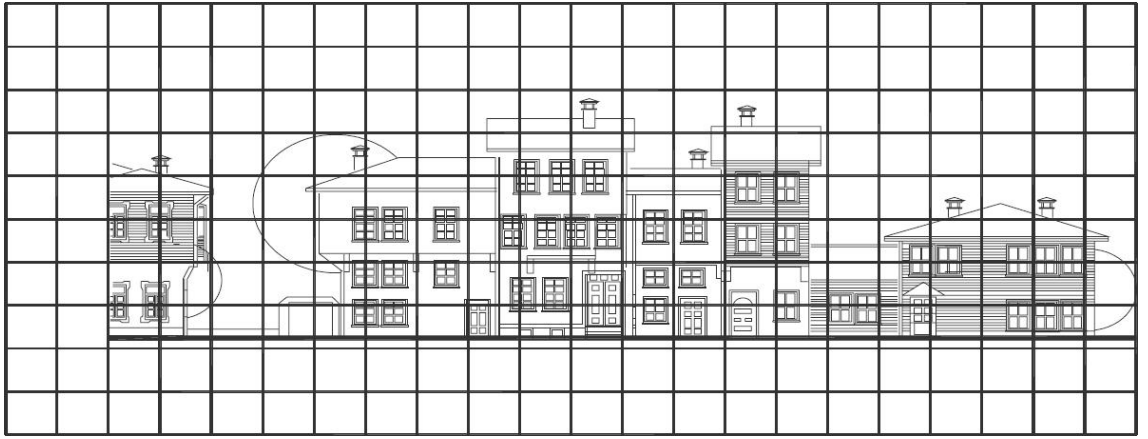


**Şekil 2.15.** Milano'daki Duomo Katedrali ve katedralin kolon başlıkları (Mustafa Yılmaz 2010)

Euclid dışı geometrilere olduğu gibi fraktal geometrilerin de daha doğru ve bilimsel analizleri bilgisayar destekli tasarım araçlarıyla yapılabilmektedir. Üretken mimari tasarım için yeni bir yaklaşım olan fraktal geometri, bilgisayar ortamında çevrimli algoritmalarla soyutlaştırılarak mimari yapı öğeleri şeklinde temsil edilebilirler (Ediz ve Çağdaş 2005). Bu sistemde, bir mimari yapının cephe çizimlerinden yararlanarak yapının fraktal değerini ölçmek, bu değerle de yapının detay zenginliğini belirlemek mümkündür (Şekil 2.16).



Kutu sayım yöntemi,  $x=12$ ,  $y=5$



Kutu sayım yöntemi,  $x=24$ ,  $y=10$

**Şekil 2.16.** Mudanya konutlarının fraktal değerinin hesaplanması (Ediz ve Çağdaş 2005)

## 2.5. Bölüm Değerlendirmesi

Doğada belirgin bir simetri düzeni vardır. Daha detaylı bakıldığında karmaşık bir çeşitliliğin varlığı da görülebilir. Örneğin, tüm insanlar aynı ebatta ve biçimde olamazlar. Meşe ağaçları bile özdeş değildir. Ancak, bu karmaşanın çözümü için geliştirilen yeni simetri kavramları doğadaki çeşitliliğin altında yatan gerçekleri ortaya çıkarabilmektedir (Bovill 1996). Önceleri Euclid geometrileri ile açıklanmaya çalışılmış bu karmaşa düzeni, sonrasında bir dizi önerme ile farklı bir boyutta ele alınmıştır. Astroloji ve matematik alanındaki çalışmalar, sonraları fraktaller gibi yeni geometri kavramlarının ortaya çıkması, yeni tasarımların kurgulanmasına ve mimarlığa zenginlik katmıştır. Bilgisayar teknolojilerinin de bu sayısal değerlendirme sürecine dahil olması, karmaşa ya da kaos olgularını çözüme kavuşturmaya başlamıştır. Mimarlar, Euclid formlarının dışında, yeni ve farklı formları ya da örüntüleri sorgulayabilmektedir. Euclid dışı geometrilerin kapsamında yer alan bu yaklaşımlarla, mantık sınırları aşmakta ve sayısal tasarım yolu ile yeni bir dönem ortaya çıkmaktadır.

### 3. MİMARİDE ÖRÜNTÜ KAVRAMI

Geometrinin tanım alanında yer alan örüntü kavramı, TDK sözlüğüne göre; olay veya nesnelerin düzenli bir biçimde birbirini takip ederek gelişmesidir (<http://www.tdk.gov.tr/>, 2011). Motif, bağlılık, şablon, konfigürasyon, organizasyon, şekil, düzenleme, mozaik, sistem, çeşitlilik, yineleme, düzen ve doku kelimeleri, örüntülerle eş anlamda ya da ilişkili diğer kavramlardır. Bu anlam çokluğu, uzayın oluşum süreci, yaradılış, üreme ve evrim gibi rollerde örüntü kavramının varlığını işaret etmektedir (Garcia 2009).

Bir düzlemi kaplayan iki boyutlu örüntülerden başka, bir boşluğu dolduran ve tanımlayan örüntü örnekleri de bulunmaktadır (Şekil 3.1). Doğal yapıda kendiliğinden oluşan ya da insanlar tarafından sezgisel olarak üretilen örüntülerin yanında, tasarım eylemleriyle de birçok örüntü sistemi ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 3.1.** Brezilyalı sanatçı Mauro Fuke'ye ait örüntü çalışmaları (Fuke 2011)

Mimaride örüntü, XX. yüzyıla kadar sadece yapısal öğelerin ya da yapı gruplarının birlikteliğini ifade eden bir kavram olarak bilinmekteydi. Ancak, gelişen teknolojilerle, mikro kozmos gibi yeni alanların keşfedilmesi ve yeni biçimlerin tanınması, mimari tasarıma ışık tutacak yeni örüntü kavramlarının da oluşmasını sağlamıştır. Bu doğrultuda, XX. yüzyıl mimarlığına ait geometri ve strüktür örneklerinde gözlenen önemli örüntü türleri derlenerek kronolojik bir diyagram oluşturulmuştur. Bu kronolojik taksonomi, geometrik örüntü sistemlerinin, mimari ve mühendislik alanlarını ne ölçüde etkilediğini, bu alanlara ne tip yararlar sağladığını ve ne türde yenilikler getirdiğini göstermektedir (Garcia 2009) (Şekil 3.2).



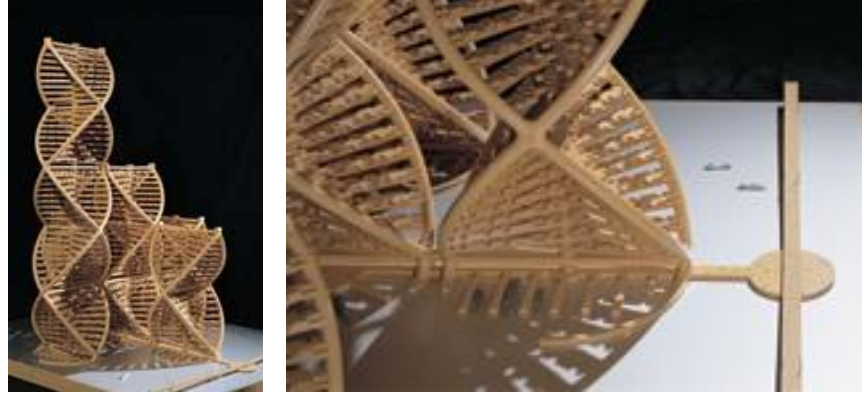




### 3.1. Mikro Ölçekteki Örüntüler

Mimarinin günümüzdeki konu alanlarından biri de, mikro ölçekteki oluşumlarla koordineli bir biçimde çalışmak ve mimarların kullanabileceği tasarım ilkelerini ya da yapısal özellikleri ortaya çıkarmaktır. Çünkü bir obje, ölçek farklılaşmasının sonucunda yapısal mantığından hiçbir şey kaybetmemektedir. Bu alanda günümüz teknolojilerinin sağladığı imkânlar dâhilinde herhangi bir objenin yani bütünün onlarca, binlerce ya da milyonlarca kez büyütülmesi sonucunda tüm parçaları yeni bileşenleri gözler önüne serebilmektedir. Bu bilimsel yaklaşım bize bambaşka bir dünyanın kapılarını açmış ve herhangi bir objenin doğasını açıklayabilmemiz konusunda yardımcı olmuştur. İnsan gözünün basit bir geometri olarak gözlemleyebildiği bir yaprak yüzeyi kendi içinde son derece karmaşık bir yapıya sahiptir ve gerçek anlamda biyolojik bir çeşitliliği işaret etmektedir. Bunun yanında yine bir yaprak yüzeyinin hücre yapısı ile bir tektonik plaka oluşumu neredeyse bir benzerliği paylaşmaktadırlar (Özülkü 2010). Dolayısıyla, gerek organik, gerekse inorganik oluşumların mikro yapıları incelendiğinde, ortaya çıkacak birçok sanal veri, mimari tasarımla gerçeğe dönüştürülebilir.

Sanal ve gerçek fiziksel ortamlar arasındaki ilişki, sanal ortamdaki gibi matematiksel formüllerle şekillenebilen, programlanabilen bir maddenin gerçek ortamda kullanılabilmesi ile sağlanabilir. Örneğin, tüm canlı hücrelerde bulunan DNA, gerçek fiziksel ortam ve sanal ortam arasında ilişkinin kurulması için bir ortak bileşen olabilme potansiyeli taşır. Bu durum, sanal ortamda tasarlanan mimarlık ürünlerinin, gerçek fiziksel ortamda gerçekleşmesi hayali için bir olasılık oluşturmaktadır. Genetik teknolojisinin ilgi alanı olan bu malzeme, mekanla ilişkilendirildiğine mimarlığın konusu haline dönüşür. Örnek olarak, bir DNA sarmal strüktürünün mimarideki biçimsel etkisi Metabolist akımın ilk projelerinden sayılan, 1961 tarihli Kisho Kurokawa'nın Helix kent projesinde açıkça görülebilmektedir (Mutlu 2006) (Şekil 3.3).



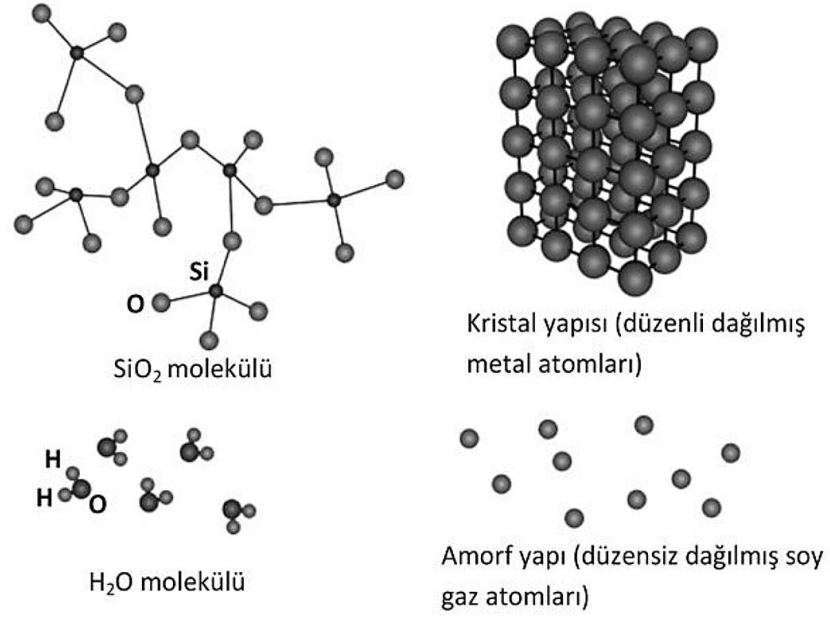
**Şekil 3.3.** Kisho Kurokawa'nın Heliks kenti (Kisho 2006)

### **3.1.1. Atom dizileri**

Atomlar, TDK sözlüğünde “bir çekirdek içinde çeşitli sayıda proton, nötron gibi temel parçacıklar ile çekirdek çevresinde çeşitli konumlarda (erke düzeylerinde) yer alan elektronlardan oluşan ve öğelerin kimyasal tepkimelere katılan en küçük birim nicelikli parçacıklarıdır” şeklinde tanımlanmıştır (<http://www.tdk.gov.tr/>, 2011).

Atomların dizilme şekillerine bağlı olarak, malzemelerin özellikleri ve mikro yapıları değişmektedir. Atom dizilişleri amorf, moleküler ve kristal yapıli olmak üzere üç ayrı biçimde gözlemlenir.

Gazlarda, sıvılarda ve cam gibi malzemelerin özelliklerinde görülen amorf yapılarda atomlar düzensiz bir şekilde dizilmektedir. Kuvvetli bağlarla bağlanmış atomlardan oluşan moleküllerin birbirlerine zayıf bağlarla bağlanması da H<sub>2</sub>O ya da CO<sub>2</sub> gibi moleküler yapıli atom dizilişlerini oluşturur. Kristal yapıda ise atomların üç boyutlu ve belirli bir geometrik düzene göre dizilmeleri gözlemlenir. Kristal yapıli dizilişlere; bütün metaller, çoğu seramik malzemeler ve bazı polimerler örnek olarak gösterilebilir. (Uzun ve ark. 2008) (Şekil 3.4).



**Şekil 3.4.** Atom dizilimlerine örnek biçimlenişler (Uzun ve ark. 2008)

Atom dizileri, mimari tasarım anlayışı içerisinde de yer bulmaktadır. Belçikalı mühendis Andre Waterkeyn tarafından, 1958 yılındaki Ekspo fuarı için tasarlanmış anıtsal bir yapı olan Atomium bu ilkesel mikro tasarım anlayışını yansıtmaktadır. 102 metre yüksekliğindeki yapı, kristal haldeki demir atomlarının 165 milyar kez büyütülmüş dev bir maketini sergilemektedir. Heykel ya da mimari eser olma sınırı arasında kalan bu futuristik yapı; müze, sergi ve fuar merkezi olarak işlevlendirilmektedir (Şekil 3.5).



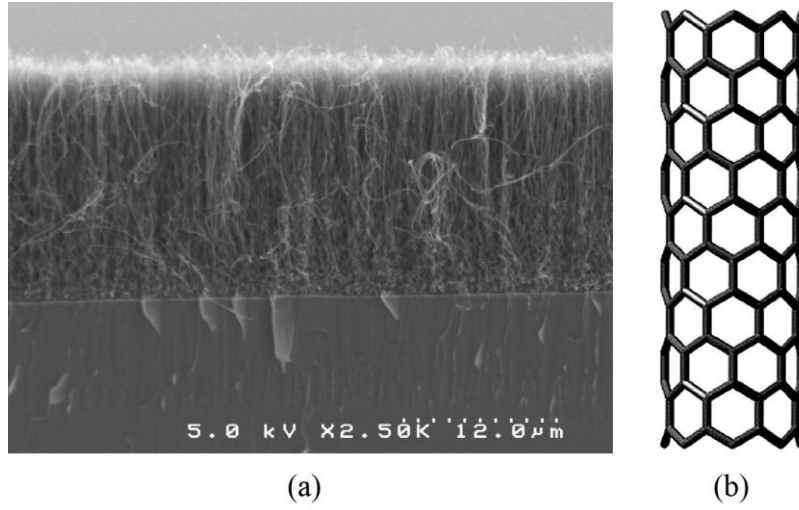
**Şekil 3.5.** Brüksel'de bulunan Atomium binası (<http://atomium.be/#/Photos.aspx>, 2012)



### 3.1.2. Nano yapılar

Nanoteknoloji, bir metrenin milyarda bir ölçeğindeki yapıları anlama ve onları kontrol etme adına ortaya çıkmış yükselen bir bilim / teknoloji dalıdır. Çalışılma alanı çoğunlukla atomik ölçek olsa da, birçok malzemeyle çalışması ve çoğu malzemeye de uygulanabilmesi nanoteknolojiyi değerli kılmaktadır (Yılmaz 2011).

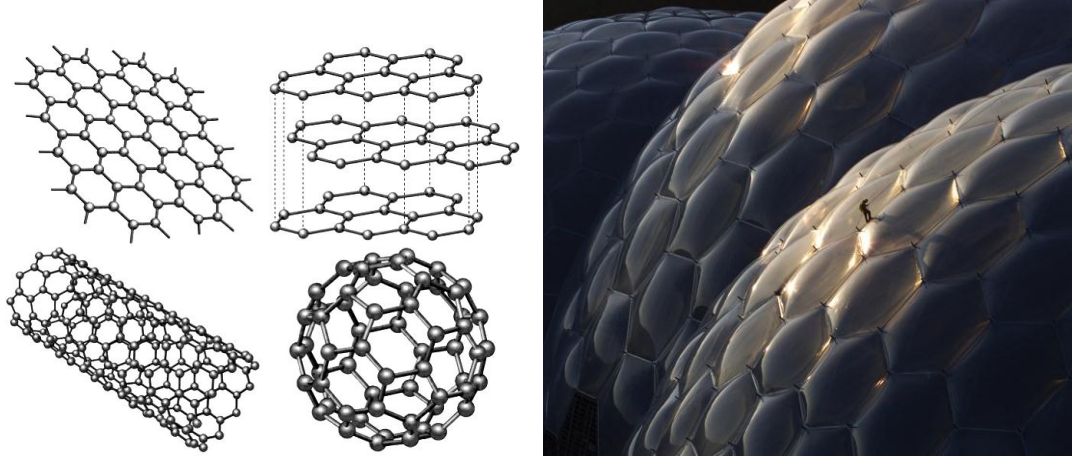
Nanoteknolojiye ilişkin soruların cevabının, yeryüzündeki tüm karbon esaslı yaşamlarda yatmakta olduğu belirtilmektedir. Canlı hücreler, belli formatlara sahip çiçek, hayvan, insan gibi çok daha büyük bir yapıyı oluşturmak üzere kendi kendilerine çoğalma yeteneğine sahiptir (Utkutuğ 2002). Doğada bol bulunan bu karbon elementinin kolay işlenir bir yapı taşı olması, nanoteknoloji alanında kullanımına da olanak tanımakta, böylelikle, insan üretimi mikro yapılar inşa edilebilmektedir (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6.** Karbon nanotüplerin SEM mikroskopu görüntüsü (Yılmaz 2011) (a) ve strüktürel yapısı (b)

Karbon atomun farklı yeni dizilimleri ile elde edilmiş olan karbon nanotüpler, silindirik olarak kıvrılmış kapalı bir tüp şeklinde, bal peteği görünümünde ve altıgen biçimindedir. Bu yapı bilinen en iyi yük taşıma yapısı olduğu için tercih edilmiştir ve bu sayede yüksek dayanımı ile geleceğin yapıtaşı olacağı düşünülmektedir (Özülkü 2010). Bu doğrultuda, birçok yapının strüktürel biçimleri de karbon nanotüplerin biçim

özelliklerine benzemektedir (Şekil 3.7). Böylelikle, makro ölçekte ideal olan anlayış, mikro ölçekteki oluşumlarla da desteklenebilmektedir.

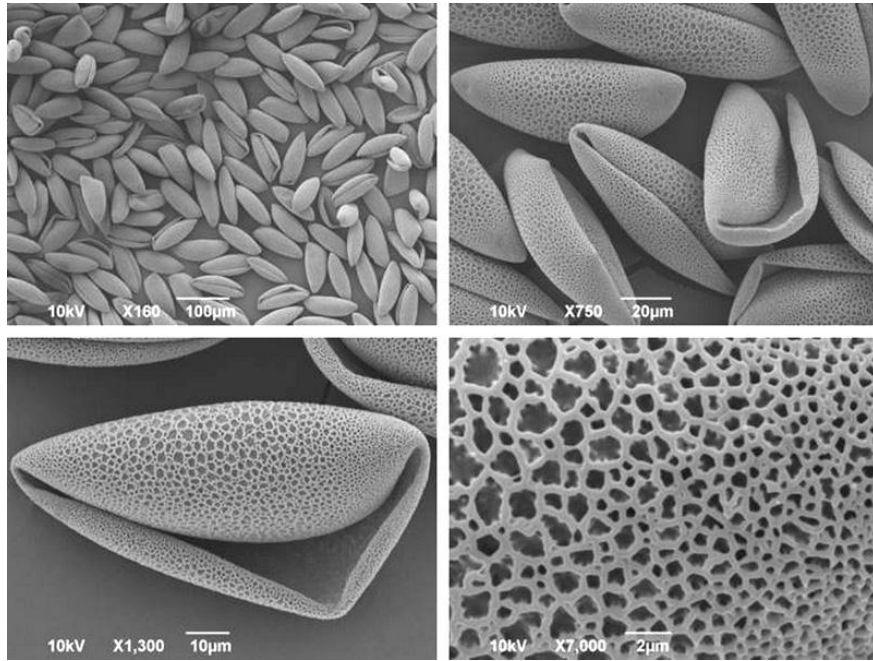


**Şekil 3.7.** Karbon nanostrüktürler (a) (<http://uef.saske.sk/en/dtp/research/>, 2012) ve Grimshaw Mimarlık, Eden Projesi (b) (<http://grimshaw-architects.com/project/the-eden-project-the-biomes/>, 2012)

Nanoteknolojinin strüktür ve malzeme özelliklerinin bilgisayar destekli tasarımda bir araç olarak kullanılmasıyla mimari için yapı üreten bir sistem haline gelmesi de planlanmaktadır. Utkutuğ'a (2002) göre, çok uzak olmayan bir gelecekte binalar dahil bütün büyük boyutlu nesnelerin montajcılar (assemblers) olarak tanımlanan mikroskobik robotlar tarafından yapılabilmesi söz konusu olacaktır. Herhangi bir boyut ya da şekildeki nesneyi üretebilecek siberetik bir yapıştırıcı oluşturmak üzere bir araya gelen mikroskobik robotlar (nanorobotlar) ile bina yapımı gerçekleştirilebilir. Tuğla, taş, çelik profil, çivi, vida gibi görülebilen boyutlarda ve hepsinden öte, alışagelmış, iyi tanınmış malzemeler anlamını yitirebilir. Bu noktada binaların yapı taşları artık atomlar ve moleküller olacaktır. Malzemeler, bambaşka özellikte ve mikroskobik ölçekte tanımlanır hale gelecektir. Form, doku, renk ve dayanım hücre ölçeğinde yeniden belirlenecektir. Yalnızca malzeme değil, standart iskelet yapının prizmatik geometrisi başta olmak üzere, yapı tasarımı, üretim ve montaj teknikleri ile son ürün olarak bina özelliklerinin de büyük değişikliğe uğraması söz konusu olacaktır.

### 3.1.3. Dokular

TDK sözlüğünde dokular; bitki ve hayvan organlarını meydana getiren, aynı görevi yapmak üzere bir arada bulunan, benzer hücre topluluklarının hücreler arası maddeyle beraber oluşturdukları yapılardır. Dokular, botanik ve zoolojide; örtü dokusu, bağ dokusu, kas dokusu ve sinir dokusu şeklinde, resim, heykel ve mimaride ise; bir resmin, heykelin ya da bir yapının iskeleti; yapı kuruluşu olarak işlevlendirilmektedir (<http://www.tdk.gov.tr/>, 2011) (Şekil 3.8).

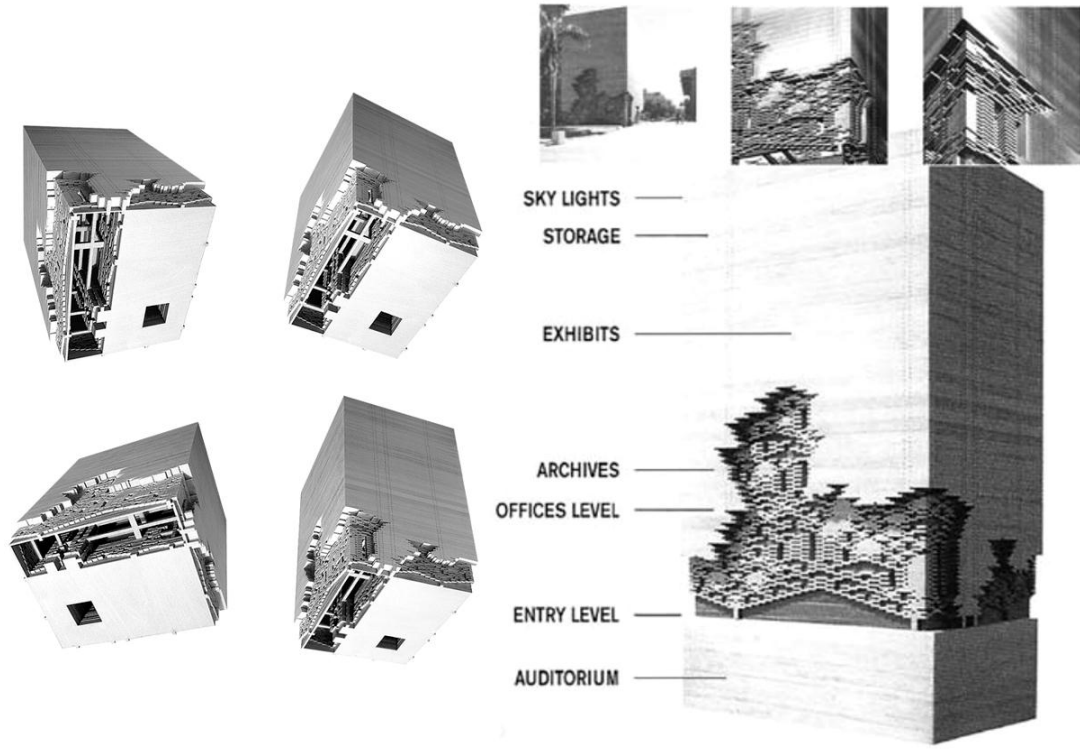


**Şekil 3.8.** Bitki polenlerine ait doku örüntü örneği ([http://www.ndsu.edu/em\\_lab/images/sem\\_images/plant\\_pollen/](http://www.ndsu.edu/em_lab/images/sem_images/plant_pollen/), 2012)

Mimaride yapıların oluşum süreçlerine bakıldığında, yapısal elemanlar arasındaki hiyerarşinin, canlı organizmaların sahip olduğu yapısal hiyerarşiye benzediği görülmektedir. Belirli bir kurgu içerisinde, bir araya getirilmiş tuğla, taş, çelik gibi hücresel elemanlar duvar, döşeme, kabuk gibi dokusal elemanları oluşturmaktadır. Dokuları örnek alarak; strüktürel yapı kurgulama, mekânsal ilişki ve tanım belirleme, kent sistemi oluşturma gibi mimarlığın hesaplama ve analiz yaparak kullanabileceği birçok veri ortaya çıkmaktadır.

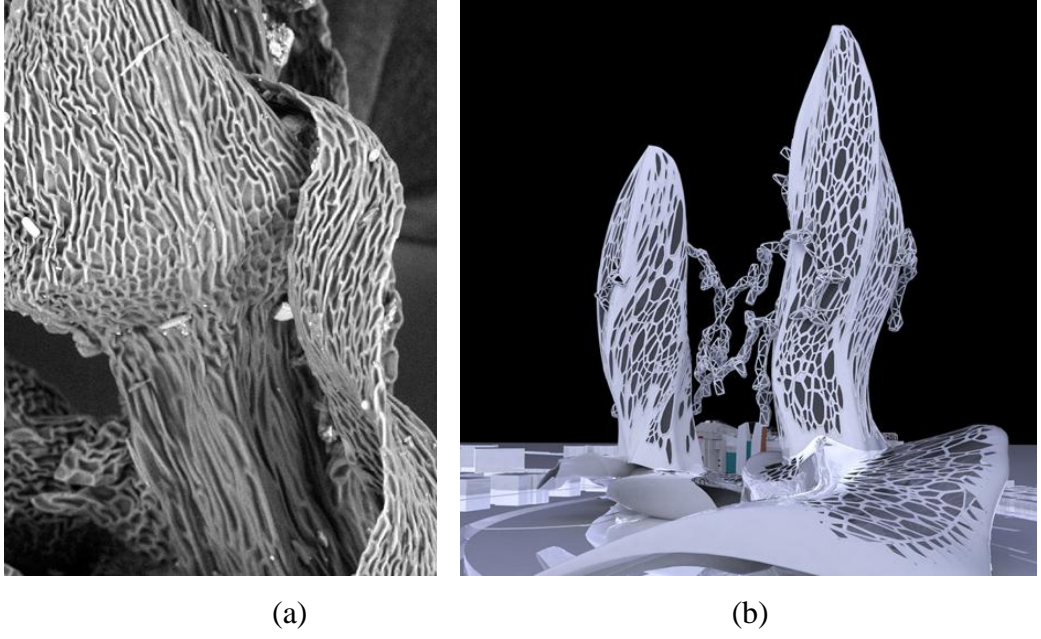


Hesaplamalı düşünce doğal sistemlerin yapısını, ilişkisel bilgi akışını ve büyüme süreçlerini incelemek, anlamak, öğrenmek ve bu bilgiyi mimari biçim üretimine aktarmak konuları mimarlığa yol göstermektedir. Bir örnek olarak, Mike Silver Architects'in San Jose State University Sanat ve Bilim Müzesi için tasarladıkları yarışma projesinde, hücresel otomasyon kurgusu ile tuğla cephenin üretilmesi çalışılmıştır. Tuğla birimlerin bir araya gelme, taşınma ve mekânsal fonksiyona göre geçirgen olma karakterine göre bir sonraki seviyedeki tuğla örüntüsü belirlenmektedir. Böylece ilk aşamadaki örüntü kuralların uygulanmasıyla sonraki nesilleri üretmektedir (Erdoğan ve Sorguç 2011) (Şekil 3.9).



**Şekil 3.9.** Mike Silver Architects'in San Jose State University Sanat ve Bilim Müzesi için tasarladıkları yarışma projesi (Erdoğan ve Sorguç 2011)

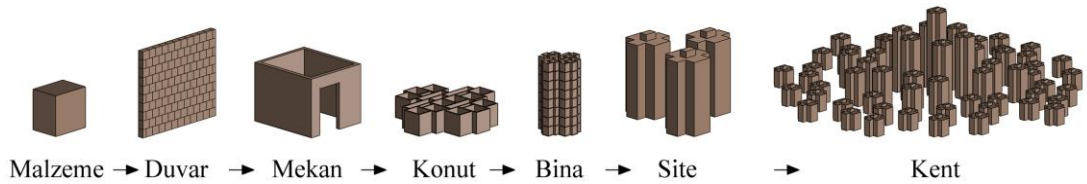
Diğer yandan, 2010 Gökdelen yarışmasında yer alan ve Hong Wong ile Sheung Hok Lim tarafından tasarlanmış olan Hücre Yapılı Gökdelen biçim ve işleyişte hücre ve doku ilişkisini yansıtan bir yapı olma özelliğindedir. Bölünerek çoğalan hücreler gibi, gökdelenin de kullanıcı ihtiyaçları ve amaçlarına göre şekil değiştirmesi öngörülmektedir (Şekil 3.10).



**Şekil 3.10.** Yosun dokusu (a) (<http://www.probelog.com>, 2012) ve Hücre Yapılı Gökdelen (b) (Wong ve Lim 2010)

### 3.2. Makro Ölçekteki Örüntüler

Ölçek bazında bakıldığında, yapısal unsurların belirli bir hiyerarşiye göre örgütlenecek, ebatları daha geniş yeni unsurları oluşturdukları gözlenir. Bu durum, küçük bir yapı malzemesinin çoğaltılarak ortaya çıkardığı büyük bir kent oluşumu ile de örneklendirilebilir (Şekil 3.11). Ancak, örüntü oluşturan sistemler göz önünde bulundurulduğunda, mimaride bezemelerle başlayan, mekan örüntüleri ve kent örüntülerine kadar uzanan bir düzenin varlığı da ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 3.11.** Yapı malzemesinden kent oluşumuna kadar uzanan basit hiyerarşi

### 3.2.1. Mimarlıkta bezeme

Bezeme, yapının asal öğelerini, işlevlerinin gereği olmayan, hatta bazen onlarla bir ölçüde karşılaşabilen, iki ve üç boyutlu biçimler, düzenler ve renklerle süslemektir. Bu istek, birçok tarihi üslupta gözlendiği gibi, işlev, yapım, hatta strüktür gerekliliklerinden daha güçlü olabilmektedir (Kuban 2002).

Mimaride, yapının görsel algısını güçlendirme adına mimari biçim özelliklerinin yanında, cephe kompozisyonları, yer kaplamaları, kapı ve pencere işlemleri, tavan süslemeleri gibi farklı süsleme teknikleri uygulanmaktadır. Bu teknikler, bir yönüyle yapının karakteristiğini, dönem özelliklerini, hangi akımın ve hangi dinin örneklerini sergilediğini de ortaya koymaktadır.

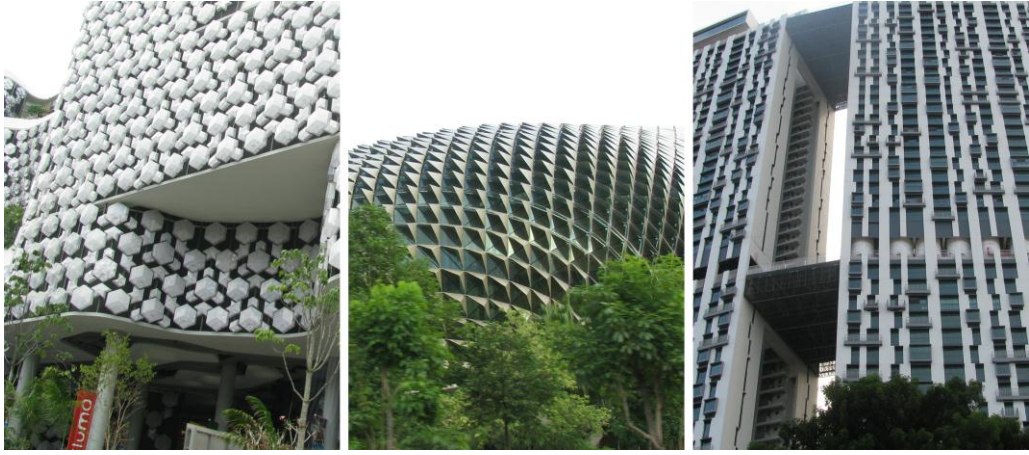
Özellikle İslam mimarisinde sıklıkla kullanılan bezemeler çoğu mimari tarz ya da akımla kıyaslanamayacak denli çeşitlilik sunmaktadır. İslam mimarisinde, ahşap, cam, alçı, taş ve metal malzemeler geometrik biçimlere büründürülerek yapı süslemelerinde yaygın olarak kullanılmıştır (Şekil 3.12).



**Şekil 3.12.** İslam mimarisine ait kubbe süslemesi, pencere korkuluğu ve ayırıcı örneklerinde örüntüler (Mustafa Yılmaz 2011)

Mimari yapıtı süsleme isteği çağımızda, özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan önce, bir minimumdan geçmiştir. Bugün de o etkilerin altında, kuşkusuz ekonomik zorunluluklara bağlı olarak, yapılarda bezemeye harcanan çaba, geçmiş üsluplara göre çok sınırlıdır. Günümüzde, sonradan eklenen değil, fakat yapı sürecinin doğal sonucu olan süsleme tercih edilmektedir. Yani kullanılan malzemenin renk ve dokusu çoğu kez

süs etkileri yaratmak için yeterli bulunmakta, yapının genel biçiminin ve düzeninin estetik etkisi ön planda düşünülmemektedir. Bununla birlikte, mimarlık tarihinin birçok çağında görüldüğü gibi, yapının işlevsel öğelerinin süsleme amacına uygun olarak biçimlendirilmesi isteği İkinci Dünya Savaşı sonrasında bir eğilimi olarak yeniden ortaya çıkmıştır. Özellikle post-modern olarak adlandırılan son dönem, bezemeseli vurgulayan eğilimleri güçlendirmiştir (Kuban 2002) (Şekil 3.13).



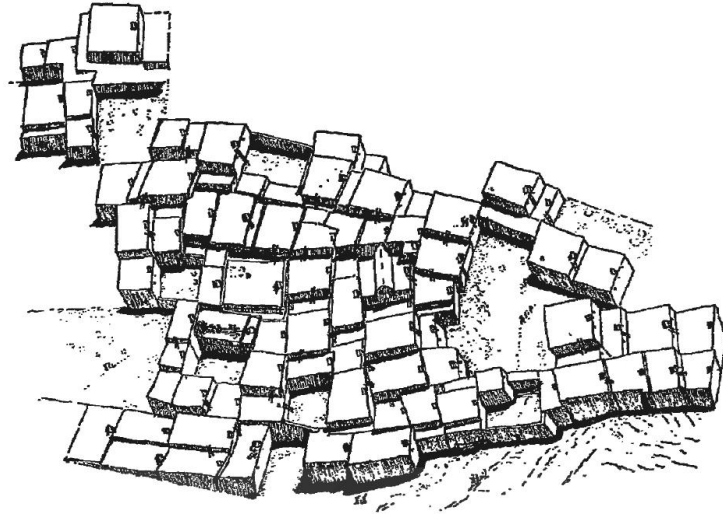
**Şekil 3.13.** Günümüz mimarlığında bezemelere Singapur mimarisinden örnekler (Mustafa Yılmaz 2010)

### 3.2.2. Mekan örüntüleri

Tanım olarak mekan kavramı; insanı çevreden belli bir ölçüde ayıran ve içinde eylemlerini sürdürmesine elverişli olan boşluktur (Hasol 1998). Mekan örüntüsü ise, insanın gereksinim duyduğu işlevler doğrultusunda ortaya çıkan hacimlerin oluşturduğu kurgudur. Bu kurgular düzenli ya da düzensiz, simetrik ya da asimetrik, homojen ya da ayrışık olma özelliklerine göre çeşitlenebilir.

İnsanlık, mağara yaşantısının ardından düzenli bir yerleşim alanı oluşturmaya başlamış, türdeş mekan gruplarının organize edilmesiyle ilk mekansal örüntüler meydana gelmiştir. Bu dönemde, mekanların, öncelikle barınma gibi temel bir işlevi yerine getirmeyi amaçlaması tüm mekan tiplerinde benzer bir karakter oluşturmuş, böylelikle makro ölçekte mekânsal bir örüntü ortaya çıkmıştır.

Neolitik dönemde oluşmuş Çatalhöyük de, bu benzer mekan gruplarının görüldüğü önemli bir yerleşim alanıdır. Ardışık katmanlardan oluşmuş Çatalhöyük yerleşimi yaklaşık olarak yüz otuz dönümlük bir alanı kaplamaktadır. Hiç sokak bulunmayan bu alanda, oldukça sıkışık olarak yerleştirilmiş, zaman zaman avluları olan dikdörtgen evler bulunmakta ve bu evlere giriş çatıdaki bir delik ile sağlanmaktadır (Roth 2000) (Şekil 3.14). Çatalhöyük evlerinin bu yapısı, biçim ve işleyiş özellikleri bakımından modüler mekan kavramının da ilk örneklerini sunmaktadır.



**Şekil 3.14.** Çatalhöyük yerleşimi (Naumann 1998)

Günümüzde mimari, endüstrileşmenin etkisinde kalarak seri üretim sistemlerindeki gibi tek tip mekanlar ile aynı türde yapılar oluşturan yaklaşımlara da yer vermektedir. Bu durum, gelişen teknolojiler ve yenilikçi malzemelerin hız kazanması ile paralellik göstermektedir.

Kanada'da bulunan modüler mekanlara sahip bir yapı bu seri üretim yaklaşımını örneklemektedir. Mimar Moshe Safdie'nin tasarladığı Kanada'daki Habitat 67 projesi Montreal Expo 67 fuarıyla tanınmıştır. Klasik konut anlayışının dışında, bağımsız mekanların yer aldığı bu yapılaşmanın yoğun mekan örüntüsü mimaride tüme varım yaklaşımını sergilemektedir (Şekil 3.15).





**Şekil 3.15.** Moshe Safdie'nin tasarladığı Kanada'daki Habitat 67 projesi (<http://www.msafdie.com/#/projects/habitat67>, 2012)

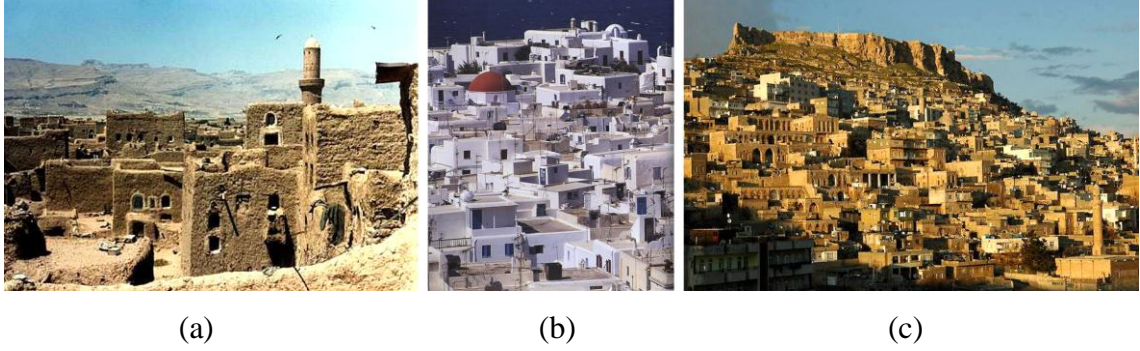
Modüler mekan anlayışını ve örüntü düzenini yansıtan bir diğer yapı da Japonya'da bulunan ve mimar Kisho Kurokawa tarafından 1970 yılında tasarlanmış olan Nakagin Kapsül Binasıdır. Dünyanın ilk kapsül mimarisi örneği olarak da bilinen yapı, tek tip mekan örüntüsünü bina kabuğunun dışında belirgin bir şekilde sergilemektedir (Şekil 3.16).



**Şekil 3.16.** Kisho Kurokawa tarafından tasarlanan Japonya'daki Nakagin Kapsül Binası (<http://www.metalocus.es/content/en/blog/nakagin-capsule-tower-tokyo-1969-72>, 2012)

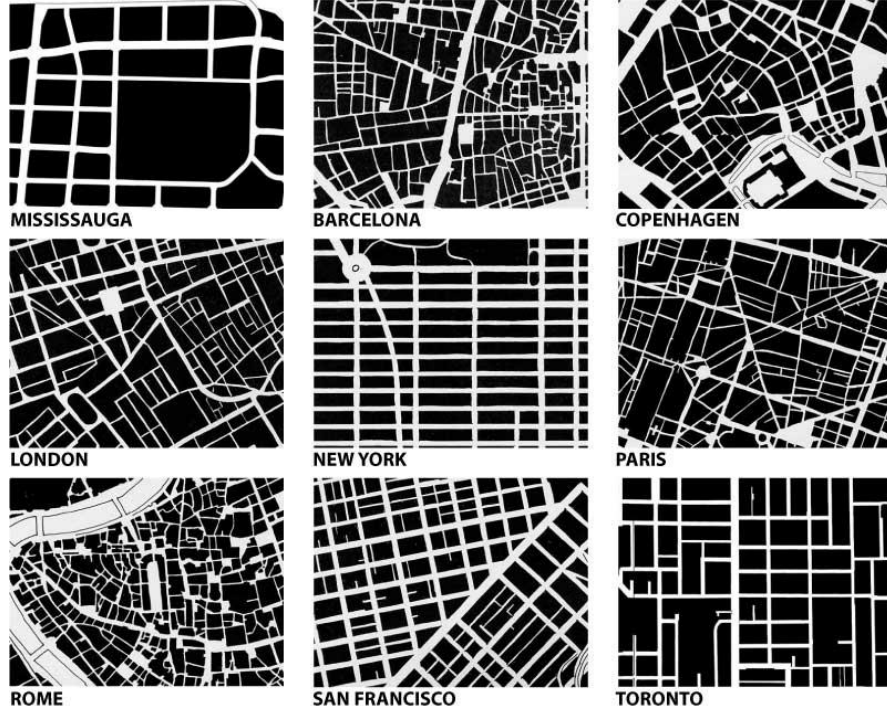
### 3.2.3. Kent örüntüleri

Bir mimari dilin tanımlanabilmesi, okunabilmesi için onu oluşturan kuralların ve geometrik uzamsal ilişkilerin irdelenmesi gerekmektedir. Özellikle mevcut geleneksel kent dokuları incelendiğinde, dokuyu oluşturan ve bölgenin mimari kimliğini belirleyen birçok tekrarlı kuraldan ve örüntüden bahsedilebilir (Özkaraduman 2007) (Şekil 3.17). Mimari kimlik, bir anlamda, kent gibi üst ölçekteki bir yapılanmanın etkisiyle şekillenmekte ve bu şekillenme, tekrar kenti biçimlendiren tepkimeli bir özellik göstermektedir.



**Şekil 3.17.** Arabistan Arman (a), Yunanistan Mykonos (b) ve Mardin kent örüntüleri (Özkaraduman 2007)

Kent dokusunu oluşturan öğeler her ne kadar bağımsız unsurlar olarak algılansa da, gerçekte geniş bir alana yayılmış bir ağ örüntüsünün birbiriyle ilintili modülleri olarak biçimlenmektedirler. Bu modüllerin her biri sosyal niteliklerine göre yapılaşmakta ve kent içerisinde konum almaktadır. Kentteki ilintiler ise, düğüm noktaları olarak da bilinen, önemli kesişim alanlarını temsil etmektedir (Şekil 3.18).



**Şekil 3.18.** Farklı kentlere ait ağ örüntüleri (Surtees 2008)

Kuban’a (2002) göre ilk kentler dini bir nitelik taşımaktaydı. Korkulan Gök Tanrısına bir Zigurat dikip, üzerine tapınağı yerleştirmek ve etrafına ona hizmet edecek rahipler için evler, ona sunulacak hediyeler için depolar ve bütün bunları korumak için bir duvar yapmak, sonra ona doğru uzanan yollar tasarlamak, dini olgunun etkinliğini gösterir. Böylece, başlangıçta ilkel toplumlardaki davranışları yansıtan hücre hücre yan yana gelerek oluşan ilkel yerleşmenin kent haline dönüşmesi, tinsel ve simgesel etkenleri içermektedir.

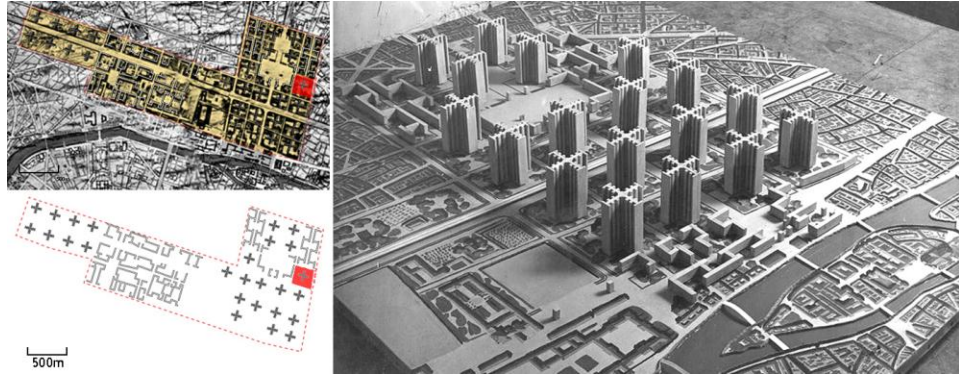
Sonraki dönemlerde, kentlerin niteliği, artan savaflara ve buna bağlı savunma sistemlerine göre şekillenmekteydi. Savaş teknolojilerinin gelişmesi ile yetersiz kalan eski surların yerini yeni surların alması, Rönesans Dönemi kentlerinin yapılanmasında önemli bir rol oynamıştır. Bu sayede Ortaçağ Dönemi’nin organik kent dokusu yerini Rönesans Dönemi’nin “geometrik”, “biçimsel” kent formları eğilimine bırakmıştır (Orbey ve Şener 2012).

XX. yüzyıla gelindiğinde, makineleşmenin getirdiği daha hızlı ve daha kolay üretim biçimleri Le Corbusier gibi tasarımcılar tarafından benimsenmiş, yeni kent tasarımları



oluşturmanın yanında, eski ve sağlıklı kentlerin de dönüştürülüp yenilenmesi fikri ortaya atılmıştır.

Le Corbusier, ütöpik olarak, eski kenti yıkıp yerine yeni konutları üreten, kenti adeta ören devasa makinelerin olabileceğini düşünmektedir. Le Corbusier'nin kent örüntüsüne yönelik bu yaklaşımı, XX. yüzyılın ilk yarısında geliştirdiği “Üç Milyonluk Çağdaş Bir Kent” ütopyasında ve onun, Paris'in göbeğine, kentin en eski tarihsel merkezine uyarlanmış biçimi olan Voisin Planı'nda görülmektedir. Le Corbusier'nin bu önerisi kent kavramını çok değiştirmiş, yalnızca Ortaçağ'dan kalma, eğri-büğü, sağlıklı binaları yıkmakla kalmamış, geleneksel sokakları, caddeleri, meydanları da ortadan kaldırmıştır. Ancak “Üç Milyonluk Çağdaş Bir Kent” projesi yakından incelendiğinde, eski meydanları yok eden Le Corbusier'nin her biri altmış katlı yirmi dört gökdelenden oluşan yerleşme önerisinin merkezindeki mekânın, kentin merkez tren garını da içeren bir meydan olduğu izlenimine ulaşılmaktadır (Tümer 2007) (Şekil 3.19).

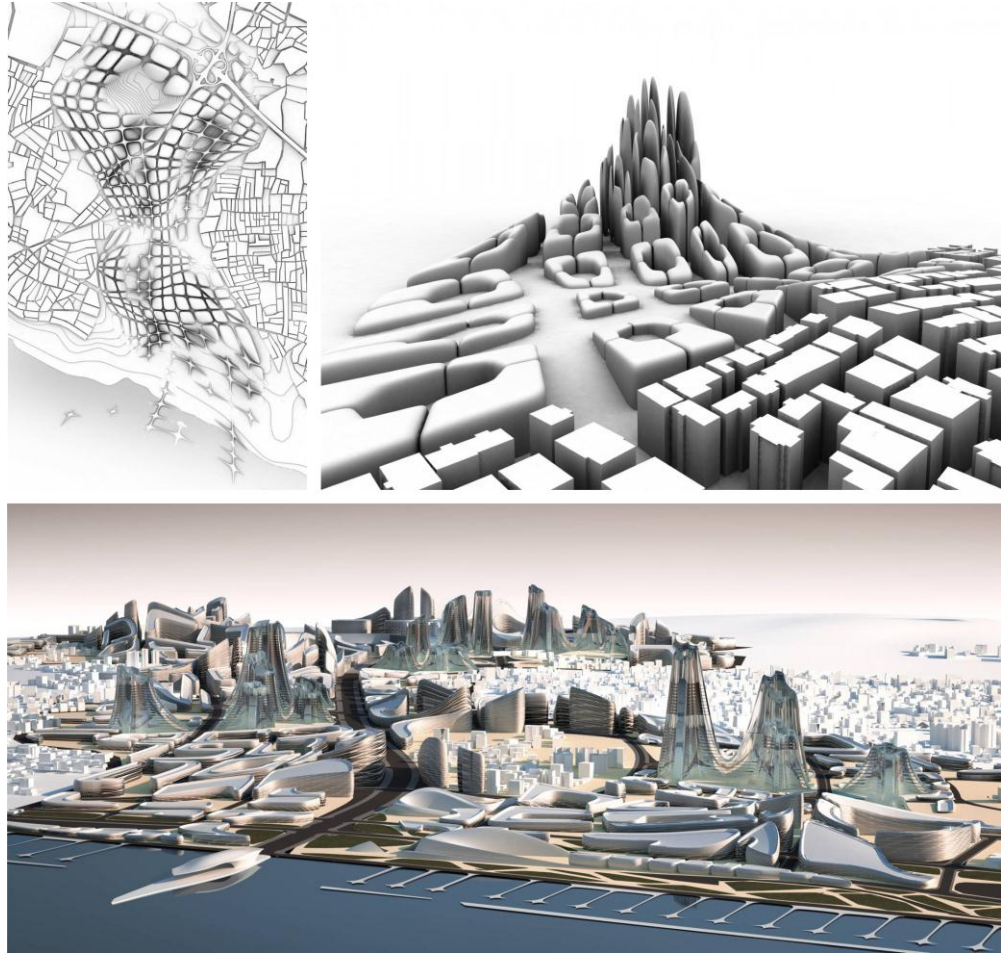


**Şekil 3.19.** Le Corbusier'nin Voisin Kent Planı (<http://densityatlas.org/casestudies/profile.php?id=99>, 2012)

Günümüzde, makro ölçekteki tasarım eylemleri, bilgisayar teknolojilerinden yararlanılarak daha da basite indirgenmiştir. Sayısal ortamda belirlenen parametrelerle, iki ve üç boyutlu kent örüntüleri oluşturulabilmekte, kent için uygun işlev dağılımları yapılabilmektedir.

Örnek olarak, Kartal ve Küçükçekmece'nin kentsel dönüşümü için açılmış uluslararası bir yarışmada, mimar Zaha Hadid'in Kartal ve Pendik bölgesine yönelik projeleri yeni

bir kent örüntüsü sunmaktadır. Bu durum, yarışma jürisinin değerlendirmesinde, “projenin önerdiği düzenleyici ağ’ın esnekliği ve gevşek bir ızgara sistemi, proje alanını çevredeki yapılaşmayla ve şartlarla bağlayacak şekilde başarıyla uygulanmıştır” şeklinde belirtilmiştir (<http://www.arkitera.com/>, 2012) (Şekil 3.20).



**Şekil 3.20.** Zaha Hadid tasarımı yeni Kartal-Pendik kenti (<http://www.zaha-hadid.com/masterplans/kartal-pendik-masterplan/>, 2012)

Bilgisayar destekli tasarım yardımıyla kısa bir süreçte tasarlanan Kartal ve Pendik kentsel dönüşüm projesinde, geometrik şekillere sahip yeni bir mimari ağ oluşturma amaçlanmıştır. Tasarım kapsamında, karayolu ve demiryolu bağlantıları ile konut alanlarını birbirine bağlayan yeni bir metropol yaratılmakta, yeni bir kimlik oluşturarak bunun var olan alana gömülmesi amaçlanmaktadır. İş ve konut kulelerinin yer aldığı projede karşılıklı büyük kulelerin yapılması düşünülmektedir. Küçük binalardan büyük binalara doğru giden bir yapılanmanın hedeflendiği tasarımda, geometrik şekillerden

oluşan değişik mimari parçaların birbiriyle birleşmesi ve kenarlarda boş alanlar bırakarak parkların yapılması öngörülmektedir. Ağırlıklı olarak iş kulelerinin, az miktarda da konutun bulunduğu kentte, kültürel alan, opera evi, park, oteller, restoranlar, yat limanı ve marina da yer almaktadır (<http://www.arkitera.com/>, 2012).

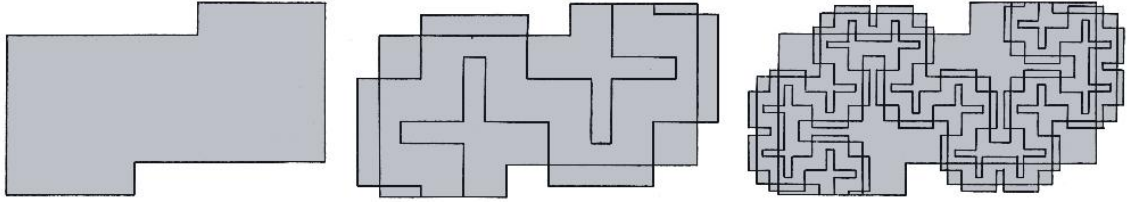
### **3.3. Mimari Örüntü Üretmek Amaçlı Bir Yaklaşım: Biçim Gramerleri**

Tasarım disiplinlerinde, tasarım eylemleri çoğunlukla, insan beyninin üretici bir mekanizma olarak çalışması ile gerçekleşmektedir. Mimari tasarım sürecinde tasarımlar, tasarımcının algı düzeyi, hayal edebilme sınırı, deneyimleri gibi birçok değişken ile şekillenir. Alternatif tasarım ürünlerinin az olduğu bu yaklaşımın aksine, günümüzde mimarlar, ana ilkelerini (kurallarını) kendilerinin belirleyebildiği, çok alternatifli yapı ya da yapı örüntüleri sunan çözümlere yönelmektedirler.

Özellikle kural tabanlı tasarım yöntemiyle (biçim grameri), tıpkı dilde olduğu gibi sonlu sayıda biçim seti (sözcük) ve kurallar (gramer kuralları) ile sonsuz sayıda alternatif tasarım (cümle) türetilir. Biçim setinin elemanları iki veya üç boyutlu biçimler ya da çizgiler olabilir. Tasarımcı biçim setinde yer alan biçimleri çeşitli işlemlerle ilişkilendirebilir, kurallar çerçevesinde farklı kompozisyonlar oluşturabilir. Buradan da anlaşılacağı üzere dildeki temel birim olan sözcük, mimari için biçimlerdir (Bökü 2009).

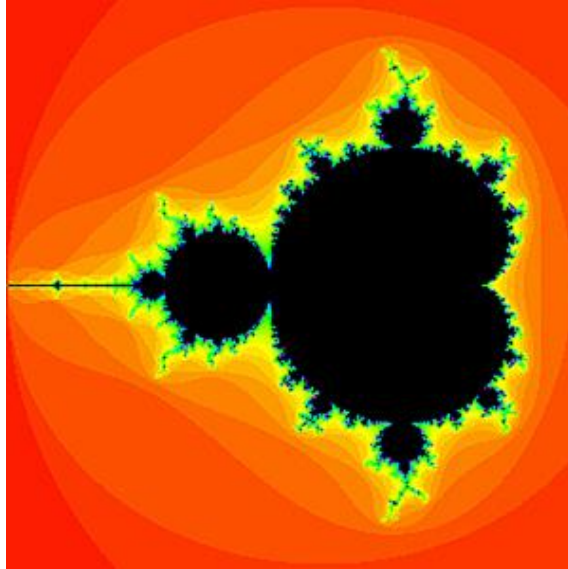
Biçimsel söz dizilim sistemleri ilk olarak Chomsky tarafından ortaya konmuş ve dilbilimde ifade türlerinin strüktür yapılarını çözümlenme amaçlanmıştır. Chomsky'nin dil ve ifade biçimleri çalışmaları biçim kompozisyonlarının ve biçim gramerlerinin analiz edilebilmesinde yardımcı unsur olarak ortaya çıkmaktadır (Stiny ve Gibs 1971).

Stiny ve Gibs'e (1971) göre biçim gramerleri, tanım olarak, şekillerin bir takım kurallar doğrultusunda türetilerek yeni yapılar oluşturmasıdır (Şekil 3.21). Bu doğrultuda, elde edilmek istenen son ürün / ürünler için tahmini saptamalar yapmak gerekmekte ve üretim amaçlı kural ya da kurallar belirlenmelidir. Ürün karakteristiği ilk etapta oluşturulacak bu kural ya da kural tekrarları ile belirlenebilmektedir.



**Şekil 3.21.** Biçimin türetilerek yeni biçimlere dönüşmesi (Stiny ve Gibs 1971)

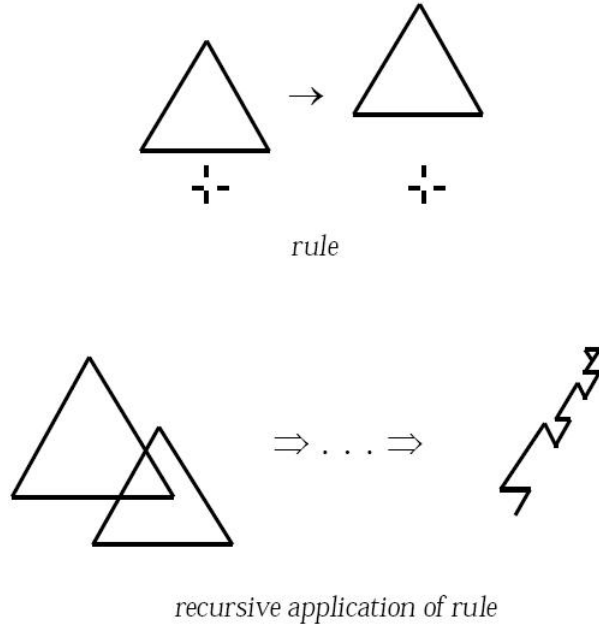
Biçimlerin kurallı yinelenmesi, çevrimli algoritmalarla da ele alınabilir. Devaney'e (1995a) göre çevrim, bir işlemin üst üste tekrar etmesidir. Matematikte bu işlem çoğunlukla matematiksel fonksiyonlara uygulanır. Hesaplamalar sonucu elde edilen sonuç, girdi olarak tekrar fonksiyona aktarılır ve bir yineleme oluşur. Bu kurallı tekrarlarla, Mandelbrot Seti gibi fraktal dizilişlere örnek oluşturacak biçimlenişler açığa çıkmaktadır (Şekil 3.22).



**Şekil 3.22.** Mandelbrot Seti (Devaney 1995b)

1981 yılında Terry Knight tarafından geliştirilen yeni biçim üretim modeline göre, mekan transformasyonlarıyla da dil oluşturmak mümkün olmaktadır. Knight modelinin iki temel amacı vardır: İlki, geçmişte dönüşüme uğramış modelleri yeniden karakterize edebilmeyi hedeflerken, diğeri yeni oluşturulacak tasarımlar için yenilikçi bir model olmayı hedefler (Knight 1999).





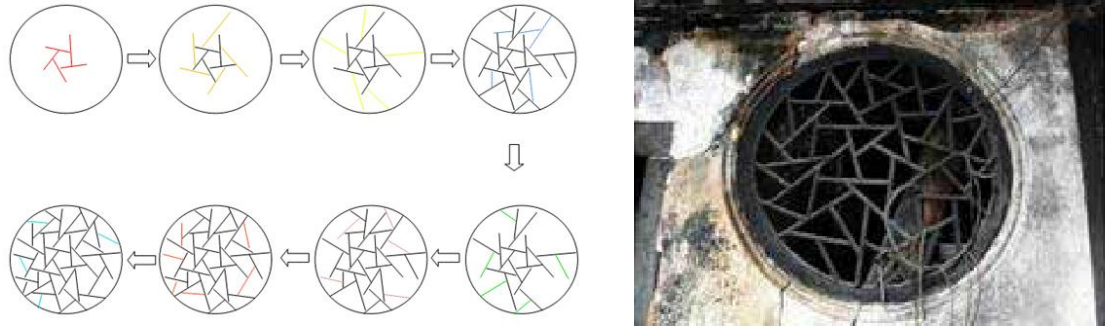
**Şekil 3.24.** Standart biçim grameri örneği (Knight 1999)

### 3.3.2. Parametrik gramerler

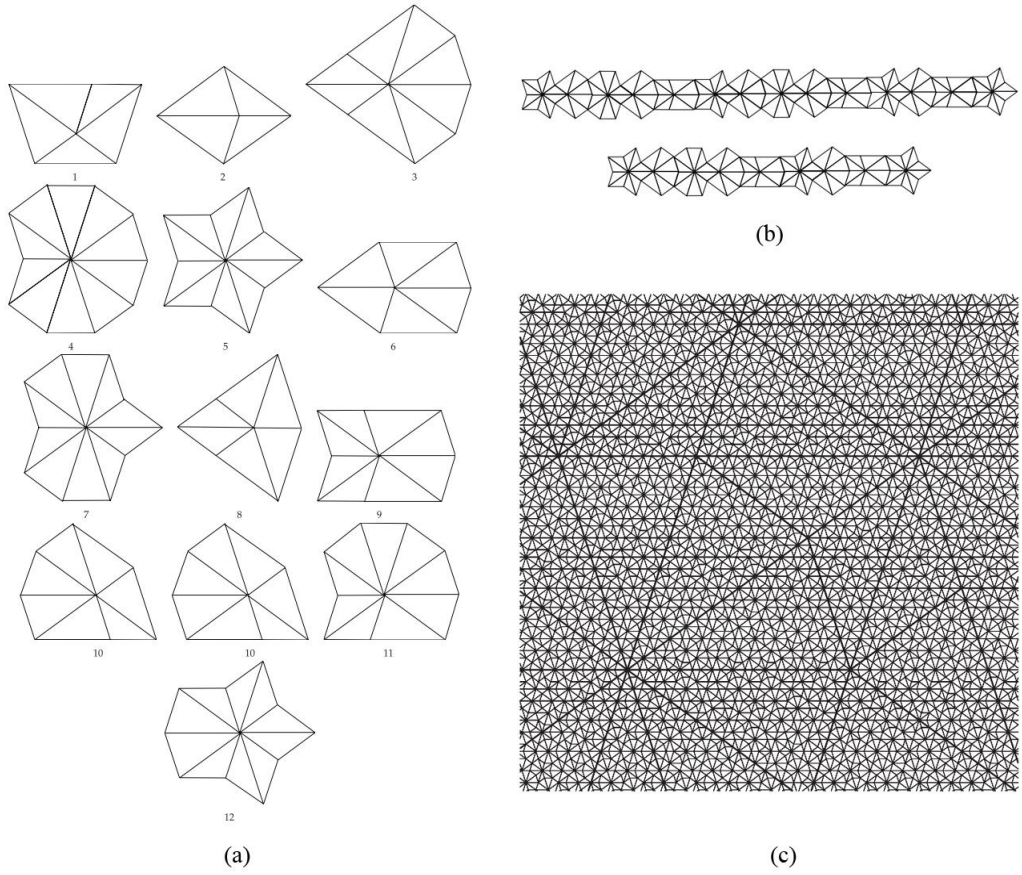
Kural tabanlı geometri üretim yöntemlerinin dışında, değişken kurallar dizisi ya da kuralsızlıklar dizisiyle türetme yöntemleri de bulunmaktadır. Biçimlenişin rasyonel olmadığı parametrik gramer türlerinde, türetimler şekillerin çizgi ve açı oranlarına bağlı olarak gerçekleşmekte, ilk ürünlerin oldukça farklılaşmış yeni halleri ortaya çıkmaktadır.

Bu gramer sisteminde, biçimler arasındaki bağlantıyı oluşturmak çok kolay sayılmaz. Çünkü biçim gramerleri genel anlamda öngörülemez özelliktedir. Oldukça basit görülen kurallar şaşırtıcı derecede karmaşık sonuçlar ortaya koyabilmektedir (Knight 1999). Çin buz kristalleri gibi değişken ama kurallı düzene sahip parçalanma sistemi ya da Penrose karolarıyla oluşturulan ve türetilen iki boyutlu kuasikristal örüntüler, parametrik gramer çalışmalarının gözlenebildiği önemli örneklerdendir (Şekil 3.25 ve 3.26).





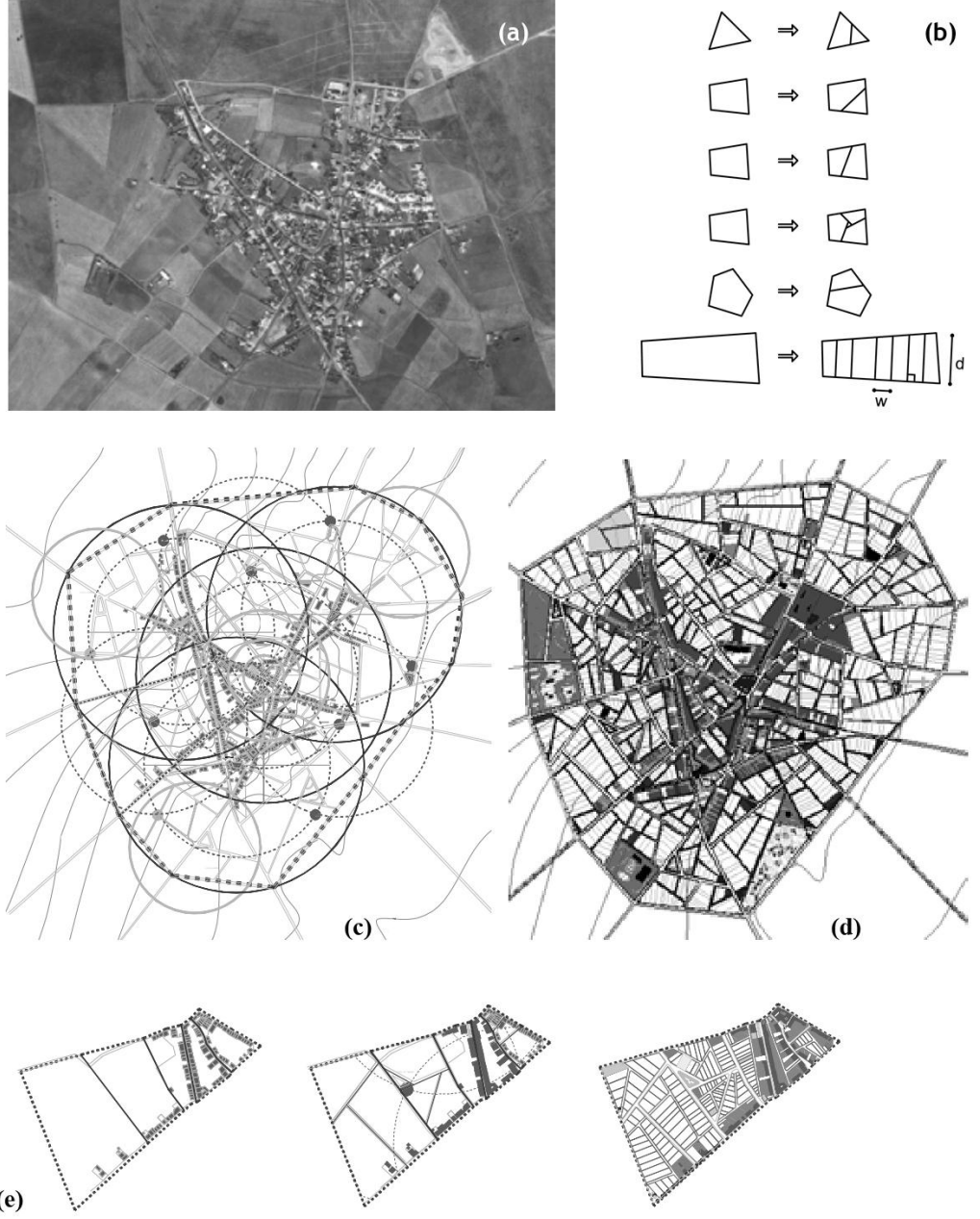
**Şekil 3.25.** Çin buz kristallerinin parametrik gramer ile biçimlenişi (Yuan ve ark. 2011)



**Şekil 3.26.** Penrose karoları (a) ile kural oluşturma (b) ve kuasikristal örüntüsü yaratma (c) (Escudero 2011)

Kentsel tasarım kapsamında, parametrik gramerler ile yaratılan sistemler alternatif kent planlarını ortaya çıkarmaktadır. Beirao ve Duarte (2009) parametrik biçim gramerlerinin Çin buz kristallerini şekillendirmedeki prensiplerinden yola çıkarak üretken bir kentsel

tasarım modeli oluşturmuşlardır. Buna göre, Portekiz'in Alentejo bölgesinde bulunan bir kentin aşağıdaki şekilde de görülen örüntü örnekleri elde edilmiştir (Şekil 3.27).



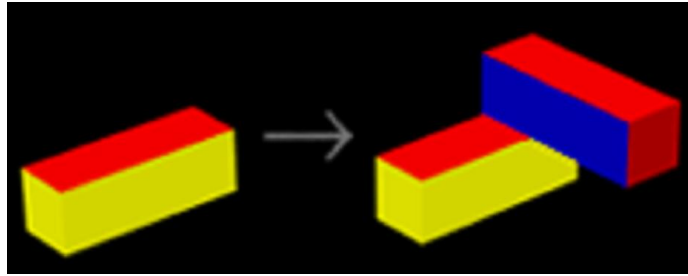
**Şekil 3.27.** Bir Portekiz kentinin parametrik biçim gramerleriyle değerlendirilmesi. a) Mevcut kent strüktürünün hava fotoğrafı. b) Ana üretim kuralları. c) Kuralların parsellere uygulanması. d) Uygulanan kurallar sonucu kentsel plan için muhtemel bir çözüm. e) Kural üretim dizisi ve parseller için oluşturulmuş ek bir kural (Beirao ve Duarte 2009)



Parametrik biçim gramerleri, yapıların karakteristik yönlerini belirlemede de önemli bir araçtır. Örneğin, biçim kuralı şeması yardımıyla; son beş yüzyıl içinde inşa edilmiş klasik Türk Anadolu ve Rumeli evlerinin plan özellikleri de üretken sistem içerisinde değerlendirilmektedir (Çağdaş 1996).

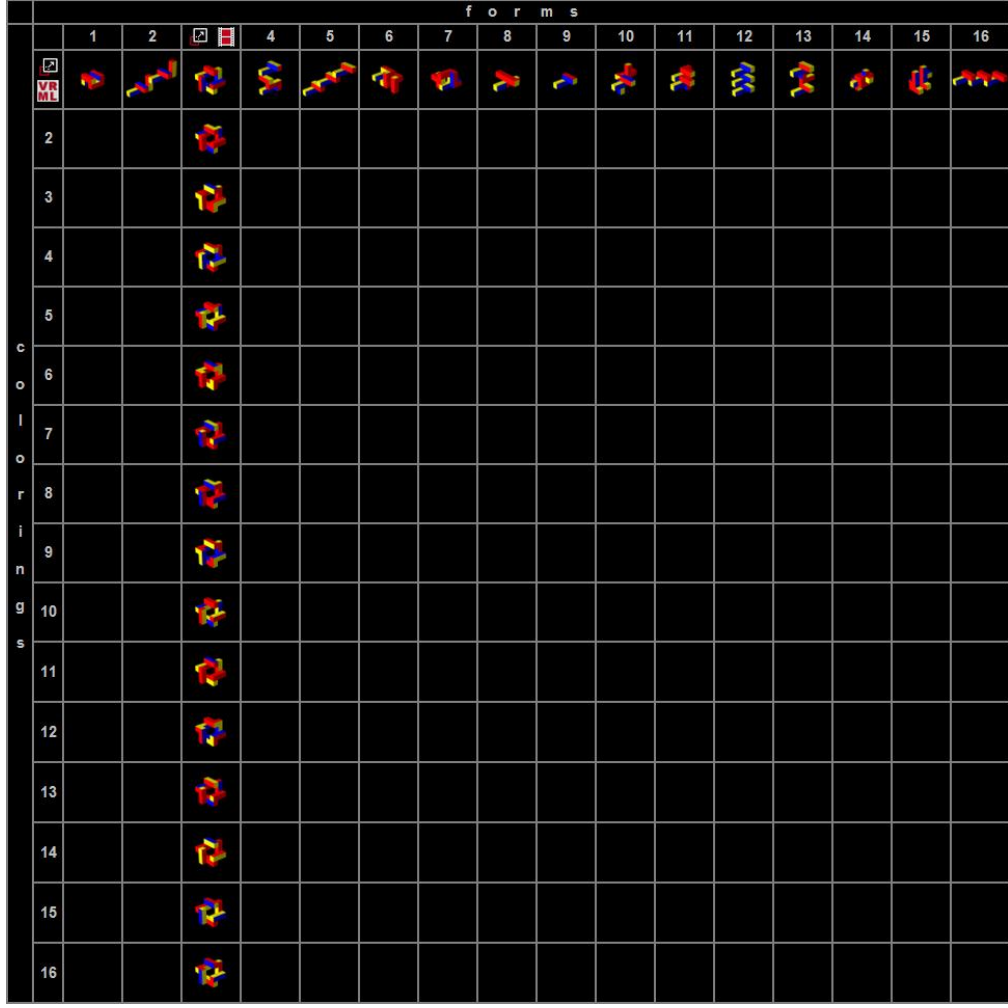
### 3.3.3. Renk gramerleri

Renk gramerleri, biçimlere uygulanan sistematığın, çizgi ya da yüzeylere renk olarak uygulanması şeklinde ifade edilebilir (Şekil 3.28). Renk gramerlerindeki renkler; malzeme, işlev, yapısal eleman ya da renk olarak tanımlanabilecek biçim özellikleri için birer endeks olarak kullanılabilir. Bu yeni gramer türü, tasarımların mekansal ve niteliksel yönlerinin kompozisyonunu da eş zamanlı olarak temsil edebilmektedir (Knight 1993).



**Şekil 3.28.** Basit bir renk grameri örneği (Knight 2000b)

Aşağıdaki tabloda (Şekil 3.29) yer alan kutularda  $16 \times 16 = 256$  farklı biçime sahip ve yer değiştirmiş renk grameri örnekleri gösterilmiştir. Burada, her yer değiştirme farklı bir renk gramerini tanımlamaktadır. Biçim özellikleri bazı kutularda aynı olsa da renk farklılıkları diğerlerinden ayrılmasını sağlar. Bazı renk gramerleri ise mekânsal form oluşturabilmektedir (Knight 2000).

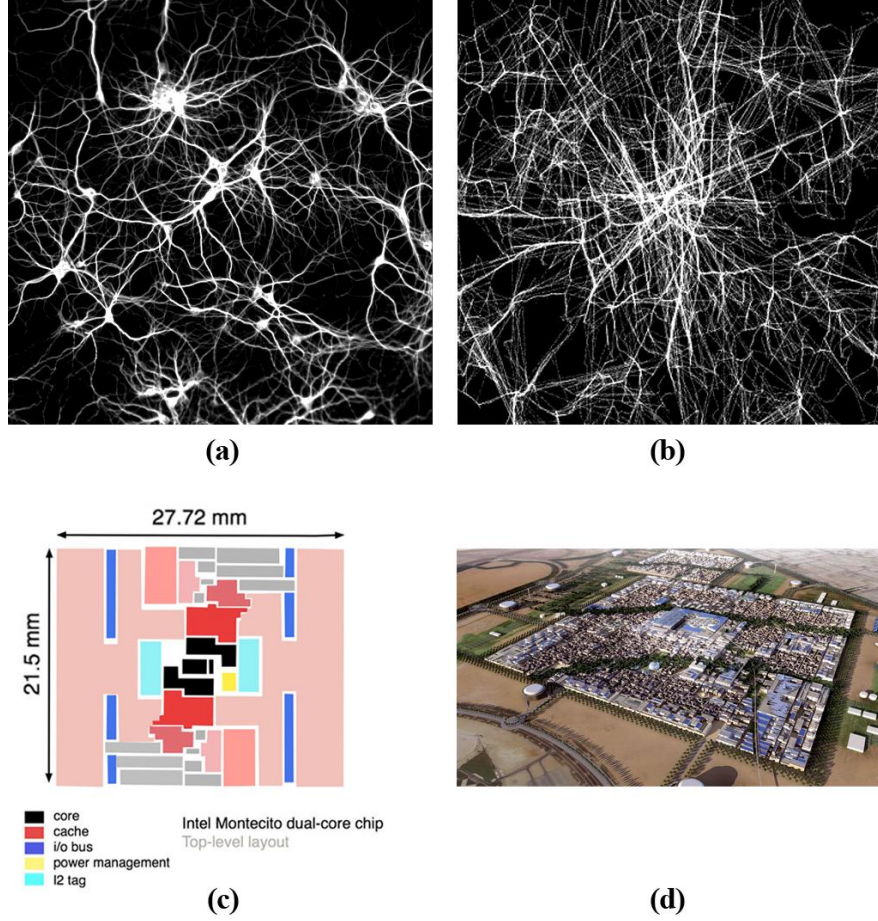


Şekil 3.29. Renk gramerleri matrisi (Knight 2000b)

### 3.4. Bölüm Değerlendirmesi

Mimaride, tasarım ilkelerinin belirlenmesiyle başlayan, yapı oluşturma ve kent organizasyonu gibi üst ölçeğe kadar ulaşan geniş bir alanda, örüntü kavramının etkinliğinden söz edilebilir. Mikro yapıların sahip olduğu örüntü düzenleri, gerek biçim, gerekse işlev yönünden mimari tasarım için yardımcı unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Yapısal ve kentsel örneklerdeki gibi daha üst ölçekteki oluşumlara bakıldığında ise; sezgisel olarak ya da bir planlama dahilinde tasarlanmış örüntüler dikkati çekmektedir. Bu durum, mikro ve makro örüntülerin, ilkesel olarak aynı davranışlara sahip modelleri kullandıklarını göstermektedir. Örneğin, sınır ağları ya da bir mikroçip gibi mikro

ölçekteki bir oluşumun strüktür yapısı ve çalışma mekanizması, kent örüntüleri ile büyük benzerlik taşımaktadır (Şekil 3.30).



**Şekil 3.30.** Sinir ağları (a) ve Londra otobüs ulaşım ağı (b) benzeşimi ile bir mikroçipin (c) ve Masdar şehrinin (d) benzeşimi (Cavia 2010)

Günümüzde, bilgisayar destekli tasarımda kullanılan ve biçim üretme tekniği olarak da bilinen “biçim gramerleri” yöntemiyle bu örüntü örneklerinin birçoğu türetilmekte ve ilkeli yeni ürünler ortaya çıkmaktadır. Mimaride, mekan örgütlenme, kent planlama gibi çoğu alanda kullanılan bu dil sistemi, mikro ölçekteki örüntülerin türetilmesinde de yararlı bir araç olacaktır. Özellikle mikro ölçekte doğal halde gözlemlenen kuasikristal örüntülerin, mimari tasarım oluşturma adına yeniden şekillenmesinde biçim gramerleri tekniğinden büyük ölçüde yararlanılacaktır.

#### 4. KUASİKRIŞTAL ÖRÜNTÜLER VE MİMARLIK

Kristallerin insanı büyüleyici, gizemli yapıları vardır. Bu yapılar, tekrar edilen bir birim hücre ile gösterilir. Birim hücre, basit maddelerde bir atomdan, organik moleküllerde ise binlerce atomdan oluşabilir. Birim hücre herhangi bir yöne itildiği zaman kristalin yapısı değişmez. Buna öteleme simetrisi denir. İkinci bir simetri kavramı, nokta gurubu simetrisi adıyla anılır. Buna göre, hücreler bir eksen etrafında belirli bir açı kadar döndürüldüğü zaman kristalde hiçbir değişiklik olmaz. Bu açı “ $2\pi/n$ ” olarak gösterilir.  $n$  sayısının ancak 2, 3, 4 veya 6 olduğu nokta gurubu simetrisi, öteleme simetrisi ile uyum içindedirler. Kuasikristallerde ise beşli, sekizli, hatta onlu simetri eksenleri gözlenmiştir. Bu eksenlerin varlığı, kristallerin öteleme simetrisiyle uyum sağlamaz. Buna karşı, röntgen ışınları ile yapılan deneyler, kuasikristallerdeki düzenin kristallerinki kadar hatasız olduğunu göstermektedir. Kuasikristallerin uygulamaya yatkın olmaları malzeme bilimcilerini, yapılarının anlaşılmasında yatan temel sorun da kristalografileri bugüne kadar kullandıkları kavramları yenilemek için özendirilmiştir (Erbudak 2007).

Kristalografik motiflerin, aralarında benzerlik, ortak yaşam alanı olan, çeşitli dönemlerde yaşamış halkların motif dilinin ürünü olduğunu kanıtlayan olgular da bulunur. Bu durum, böyle motiflerin hem coğrafyaya, hem zamana, hem de etnik gruplara göre sınırlanmadığını göstermektedir. Bu yapı yöntemleri, el sanatlarından mimariye kadar farklı sanat eserlerinde, halıların sembolik yapısında, minyatürlerin tasvir yapısında, mimari abidelerin hacimsel yapısında temel olarak kullanılmaktadır. Geçen bin yılda, özellikle XI. ve XVI. yüzyıllar arasında kristalografik motiflerin en güzel örnekleri mimari eserlerde kullanılmıştır (Necefoğlu 2010).

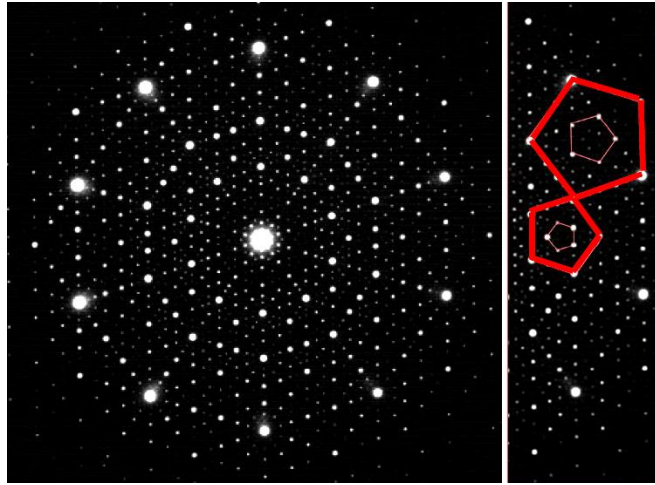
##### 4.1. Kuasikristallerin Genel Tanımı

Laboratuvar ortamında keşfedilmesinden önce kuasikristaller, sezgisel olarak, İslamiyet’te süsleme ve bezeme gibi sanatsal öğelerde, geometrik bir örüntü şeklinde kullanılmıştır. 2011 yılında, İsrail Teknoloji Enstitüsü’nden Daniel Shechtman’ın, kuasikristaller ile ilgili yapmış olduğu çalışmalar sonucu Nobel Kimya Ödülü’nü

alması, XX. yüzyılın son keşiflerinden olan kuasikristal kavramının önemini daha da arttırmıştır.

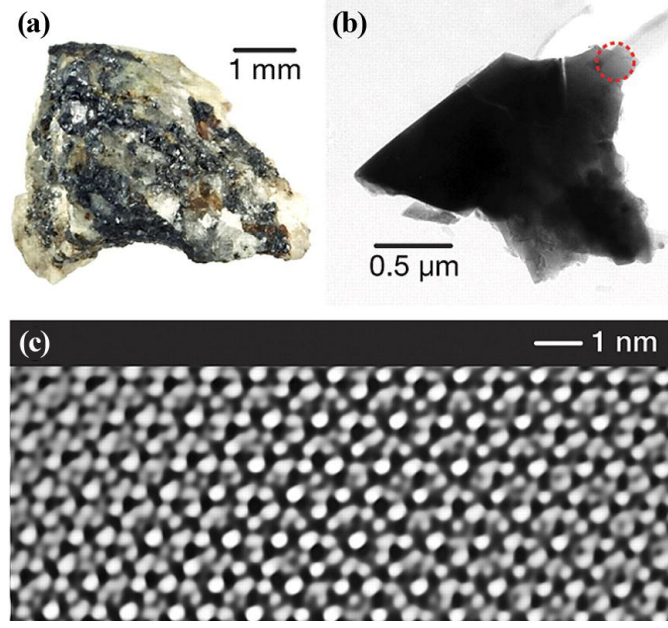
Shechtman 8 Nisan 1982’de laboratuvarında yaptığı deneylerde, yasak simetri olarak da adlandırılan 5 kırımlı simetri eksenini bulduğunun önce farkına varamamıştır. Bulduğu örnekleri daha net tanımlamak için döndürdüğünde, tıpkı 2’li ve 3’lü simetride olduğu gibi 5 kırımlı simetride de eksenelliğin korunduğunu, aynı zamanda bu örneklerin ikosahedronlar olduğunu keşfetmiştir (Lidin 2011).

1984 yılında Shechtman, yayınlamış olduğu makalede, alüminyum ve mangan elementlerinin hızlıca katılaştırılmış halinin mikroskop görüntülerine yer vermiştir. Görüntülerde geniş kombinasyona sahip ikosahedral simetri düzenleri oldukça belirgindir (Şekil 4.1). Bundan beş hafta sonra Levine ve Steinhardt da benzer bir makale yayınlamışlar, kristal gibi olma ya da kristalimsi kavramlarından bahsetmişler ve kelime olarak kuasikristaller ilk kez kullanılmıştır (Lidin 2011).



**Şekil 4.1.** İkosahedron kuasikristal örüntüsü (Lidin 2011)

Steinhardt tarafından sonraki yıllarda yapılan araştırmalarda, İtalya’dan maden araştırmacısı Luca Bindi’nin de yardımlarıyla “khatyrkite” adı verilen bir madenin yapısında, birbirine benzer geometrik biçimler bulunmuştur. Rusya’da, Koryak Dağları’nda keşfedilen khatyrkite madeni, doğal yapıdaki ilk “kuasikristal” örneklerini de ortaya çıkarmıştır (Bindi ve Steinhardt 2012) (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2.** Khatyrkite madeni (a), madendeki  $Al_{63}Cu_{24}Fe_{13}$  granülü (b), kuasikristaller (c) (Bindi ve ark. 2009)

Shechtman'ın öncülüğünde başlatılmış bu kuasikristal örüntü çalışmaları birçok bilim adamına yeni fikirler kazandırmıştır. Bu doğrultuda, laboratuvar ortamında birçok deney yapmış ve kuasikristallerden farklı ürünler elde etmiştir. Bir İsveç şirketi, kuasikristalleri kullanarak çeliği zırh kadar dayanımlı hale getiren ideal bağ yapısını keşfetmiştir. Yapılmakta olan diğer deneylerde, yine kuasikristaller kullanılarak, kızartma tavası ve dizel motor gibi farklı birçok ürün elde edilmektedir (Shechtman 2011).

#### 4.2. Kuasikristal Örüntü Oluşturma Yöntemleri

Katı hali oluşturan atomların nasıl ve ne şekilde sıralandıkları ve bu sıraların nasıl bir düzen ortaya çıkardıkları, kristalografi bilim dalının uğraşısıdır. Ortaya çıkan şekiller mimariyi, mimari süsleri, mimarideki geometrik düzenleri anımsatır. Toplumların yüzyıllar önce yarattıkları sanat şaheserleri, ancak son yıllarda kristalograflar tarafından tekrar keşfedilmiş durumdadır (Erbudak 1998).

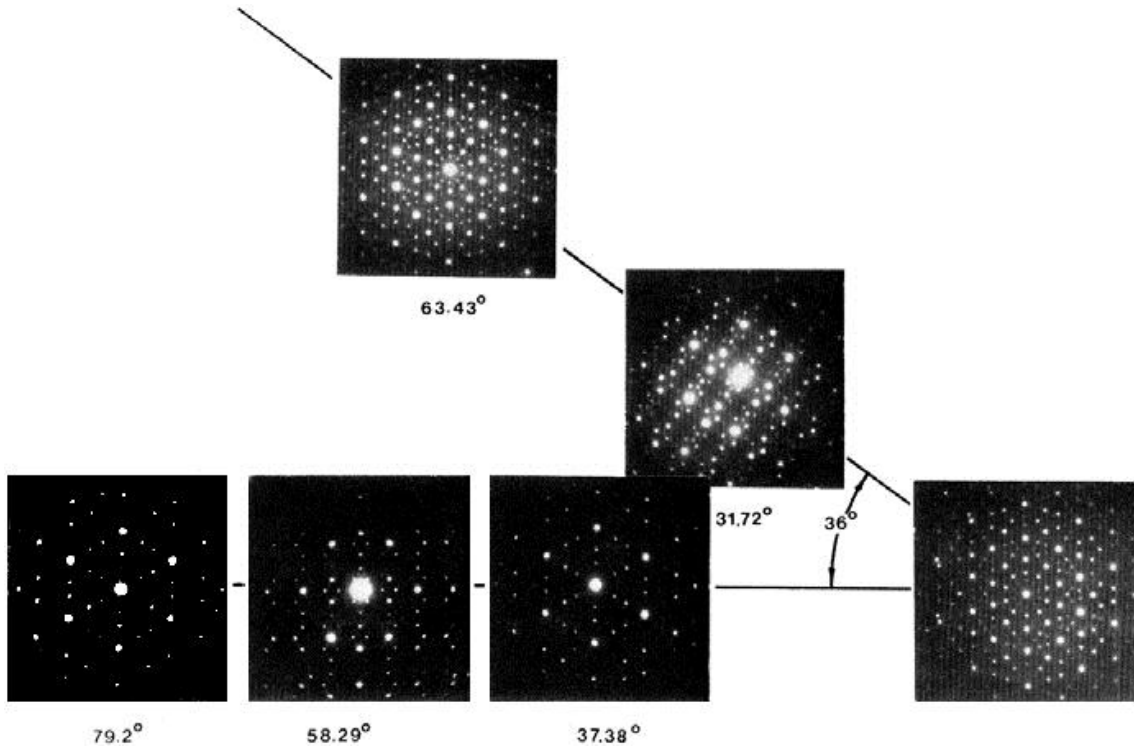
Kristal yapıların analiz edilmesinde kullanılan yöntemler, kuasikristallere de uygulanmaktadır. Ancak, mikro ölçekten, makro ölçeğe kadar tüm kuasikristal

örüntülerin oluşumu, birçok farklı bilim dalının çalışma alanında yer almaktadır. Fizikçiler, matematikçiler ve mimarlar için ortak paydanın örüntü olduğu, atomik, geometrik ve yapısal boyutlar, kuasikristal karakteristiğini belirlemede etkindir.

#### 4.2.1. Mikro düzeyde biçimleşme

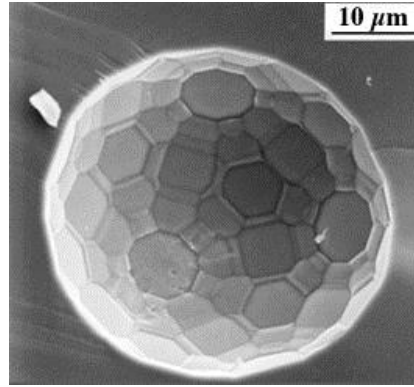
Mikro ölçekte, kuasikristal örüntülerin gözlenmesi, atom gruplarının dizilimleriyle oluşan örüntüler üzerinden yapılmaktadır. Birçok elementin kullanılması ve farklı birçok deneyin yapılmasıyla elde edilen kuasikristal örüntüler, katı hal fiziğinin araştırma alanında yer almaktadır.

Örneğin, ilk olarak Shechtman ve ark. (1984), hızlıca soğutulmuş Al ile %10-14 oranında Mn, Fe ya da Cr elementinin oluşturduğu birleşimi elektron kırınımı yolu ile görüntülemiştir. Geniş yayımlı yönelim düzenine sahip görüntüler, ikosahedral simetri oluşumlarını da ortaya koymaktadır (Şekil 4.3).



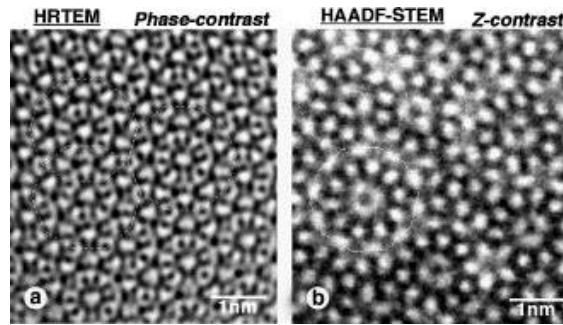
**Şekil 4.3.** Farklı elektron kırınım açıları ile elde edilen ikosahedral örüntülerin sahip olduğu farklı açı değerleri (Shechtman ve ark. 1984)

Katı hal fizikçisi Beeli ise, Yüksek Çözünürlüklü Geçirimli Elektron Mikroskobu (High Resolution Transmission Electron Microscopy, HRTEM) ile temelde ongen şekillere sahip kuasikristal görüntüsü elde etmiştir. Bu kuasikristal, eritilmiş haldeki  $Al_{70}Mn_{17}Pd_{13}$ 'un soğutulmasıyla, maddede meydana gelen genişlemenin bir sonucudur. Beeli'nin bu görüntüsü, 1999 yılında Almanya'da yapılan Yedinci Uluslararası Kuasikristaller Konferansı'nda da katılımcılar tarafından en güzel kuasikristal görüntüsü seçilmiştir (<http://www.solid.phys.ethz.ch/ott/staff/beeli/awards.html>, 2011) (Şekil 4.4).



**Şekil 4.4.** Beeli'nin görüntülediği  $Al_{70}Mn_{17}Pd_{13}$  kuasikristali (<http://www.solid.phys.ethz.ch/ott/staff/beeli/awards.html>, 2011)

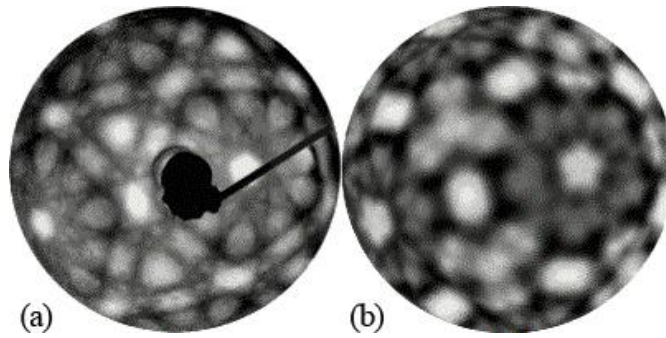
Japonya'dan Abe ve Tsai (2004) HRTEM görüntülerine ek olarak, Yüksek Açılı Anüler Karanlık Saha - Taramalı Geçirimli Elektron Mikroskobu (High Angle Annular Dark Field - Scanning Transmission Electron Microscopy, HAADF-STEM) ile gözlemledikleri  $Al_{72}Ni_{20}Co_8$  örüntülerini yayınlamışlardır. Dekagonal, yani ongen yapıdaki bu kuasikristaller on kırımlı simetri düzenine sahiptir (Şekil 4.5).



**Şekil 4.5.** On kırımlı simetri düzenine sahip  $Al_{72}Ni_{20}Co_8$  kuasikristal örüntüleri (Abe ve Tsai 2004)



Erbudak (2007), İkincil Elektronlarla Görüntüleme (Secondary Electron Imaging, SEI) adlı yöntemle, katı cisimlerin yüzeyinde ve yüzeylerine yakın tabakalarda yer alan atomların geometrik dizilişlerini görüntülemiştir. Örnek yüzeyinden kurtulan ikincil elektronlar, örneğin etrafına yerleştirilmiş yarım küre şeklindeki görüntüleyici aygıt üzerinde atomları birleştiren eksenleri, böylece atomların dağılımlarındaki simetriyi ortaya çıkarmıştır. Örnek döndürülerek tekrarlanan deneyler, maddenin atom yapısının değişik yönlerden gözlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu şekilde, bilinmeyen yapılar, gerçek uzayda çıplak gözle incelenebilmektedir (Şekil 4.6).



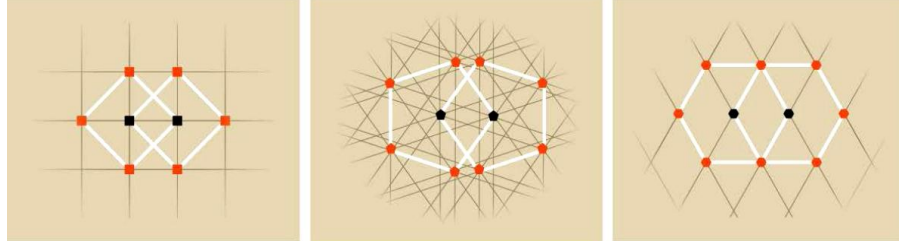
**Şekil 4.6.** (a):  $Al_{70}Pd_{20}Mn_{10}$  kuasikristal alaşımından saçılan ikincil elektronların görüntülenmesi. Elektron genlikleri, beşli, üçlü ve ikili simetri eksenlerinin varlığını göstermektedir. (b): Model kuasikristalden bilgisayar ortamında saçınan elektronların görüntüsü. Kristal yüzeyi iki şekilde de aynı yöne döndürülmüştür (Erbudak 2007)

#### 4.2.2. Geometrik yineleme

Kuasikristaller bilim dünyasına, kimya ya da fizik araştırmalarından önce, matematikçiler tarafından, periyodik olmayan örüntü modellerinin araştırılması sonucu tanıtılmıştır. İslam mimarisinin süslemelerinde sıklıkla kullanılmış bu geometrik örüntünün, matematiksel olarak tanımlanabilmesi de yine aperiodyk örüntü kavramının çözümüne dayanmaktadır.

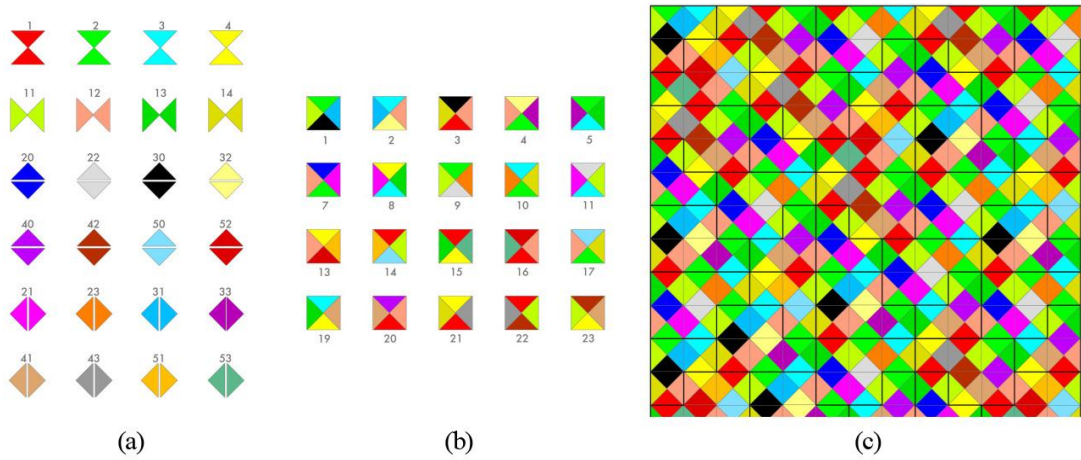
Genel anlayışa göre kristaller, periyodik tekrarlara sahip geometrik biçimler olarak bilinir. Bundan dolayı, kristallerin en önemli özelliği uzay-grubu simetriye sahip olmalarıdır. İXX. yüzyılın sonlarında Fedorov, Barlow ve Schoenflies tarafından 230 uzay-grubu örüntü türü sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada, geometrik yinelemelere olanak tanıyan 2, 3, 4, ve 6 kenarlı biçimlerin katları kabul görmüş, ancak, 5 ve 7'den

sonraki sayılarda bu kesin simetri özellikleri bulunamamıştır. Bunun basitçe bir kanıtı, paralel doğrular ile oluşturulacak şekiller ile açıklanabilir (Şekil 4.7). 4 ve 6 kırımlı şekiller döndürüldüğünde simetri özellikleri korunurken, 5 kırımlı şekilde bu simetri özelliği bulunmamaktadır (Lidin 2011).



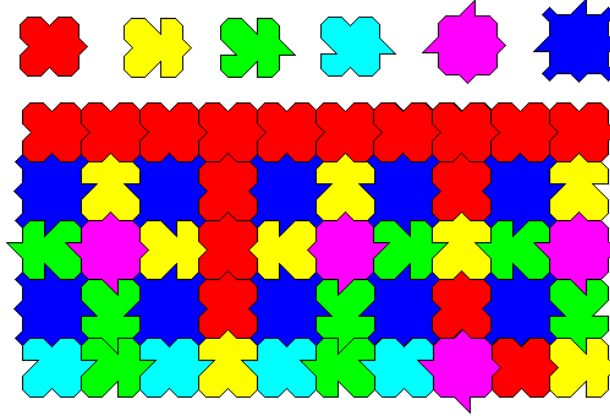
**Şekil 4.7.** 4 kırımlı (solda) ve 6 kırımlı (sağda) periyodik simetriler ile 5 kırımlı (ortada) periyodik olmayan simetri (Lidin 2011)

1961 yılında Hao Wang, bir örüntünün düzlem içerisindeki yayılımının algoritmik olarak çözümlenip çözümlenemeyeceğini sorgulamıştır. Wang bu sorgulamalar sonucu, örüntü setlerine dayanan hipotezinde, her bir örüntü türünün bir düzlem üzerinde periyodik tekrarlarla türetileceğini savunmuştur. Ancak, Wang'ın bu araştırmalarından iki yıl sonra, öğrencisi Robert Berger, günümüzde Wang Karolajı olarak da bilinen ve yirmi bin kareye sahip, periyodik olmayan bir örüntü seti oluşturmuştur (<http://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Quasicrystal.html>, 2012) (Şekil4.8).



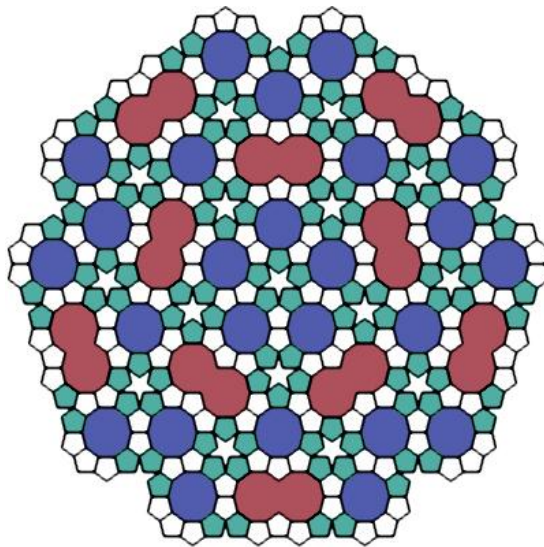
**Şekil 4.8.** Wang Karolajı'nda renkler (a), karolar (b) ve aperiyojik örüntüler (c) (<http://grahamshawcross.com/2012/10/12/wang-tiles-and-aperiodic-tiling/>, 2012)

Berger'in bu çalışmasına ek olarak, 1976 yılında Raphael Robinson, 6 set ile oluşturulan basitleştirilmiş bir örüntü sistemi yaratmıştır. Wang'ın örüntüsündeki gibi kare mantığı ile oluşmuş bu şekillerin kenar ve köşe biçimleri farklılaştırılmıştır (Dutch 1999) (Şekil 4.9).



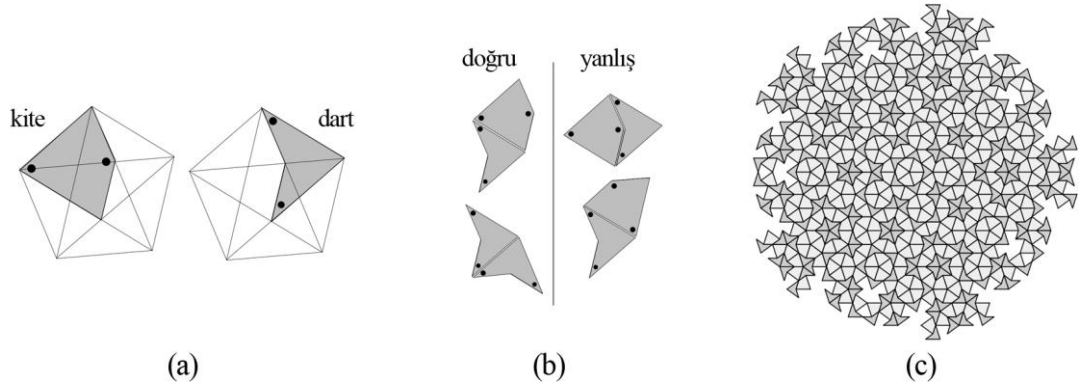
**Şekil 4.9.** Robinson Karolajı (Dutch 1999)

Karolaj örüntülere dair modern çalışmalardan bir diğeri de Johannes Kepler tarafından yapılmıştır. Kepler aynı zamanda, yıldız şekilleri düzenli örüntü haline getiren ilk matematikçilerdendir. Kepler'in çalışmasındaki çokgenlerin hiçbiri periyodik değildir. Ancak örüntü bütününde periyodik bir dizilim olduğu yanılmasına varılır (Dutch 1999) (Şekil 4.10).



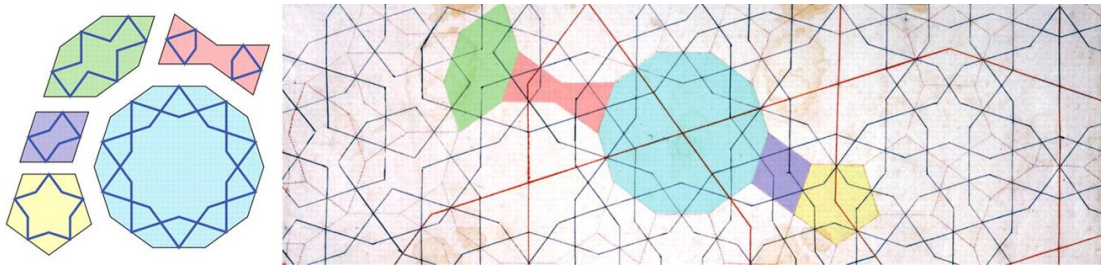
**Şekil 4.10.** Kepler karolajı (Dutch 1999)

1977 yılında yayınlanan bir makalede, İngiliz matematikçi, kozmolog ve fizikçi Roger Penrose'un buluşu olan ve Penrose Karoları da denen, periyodik olmayan örüntü sistemine yer verilmiştir. Temelde, beşgen geometrisi içerisinde yer alan ve simetrik kurgu ile çelişen Penrose Karoları “kite” (uçurtma) ve “dart” (ok) adı verilen iki çokgenden oluşmaktadır. Bu iki çokgenin birleşimi, fraktal yapıda ve sonsuza kadar çoğalabilen bir örüntüyü oluşturmaktadır (Gardner 1997) (Şekil 4.11).



**Şekil 4.11.** Kite ve dart çokgenleri (a), birleşim şekilleri (b) ve Penrose Karoları (c) (Schwartz 2007)

Bununla beraber, Lu ve Steinhardt (2007), İslam mimarlığına ait girih karolar ile ilgili yapmış olduğu çalışmalarda, eşkenar dörtgen, beşgen, ongen, kravat ve papyon gibi beş farklı çokgen türünün de kuasikristal örüntüler oluşturabildiğini ortaya koymuştur. Bunun en iyi örneklerinden biri, Topkapı Sarayı'nda bulunan kağıt üzerine çizilmiş işlemelerde görülmektedir. İşlemelerde bulunan motifler ile beş çokgenli yeni örüntü düzeni tam olarak uyum sağlamaktadır (Şekil 4.12). Bu uyum, gerçekte, benzer türdeki süslemelere sahip birçok İslami geometrik örüntünün de analizini kolaylaştırmaktadır.

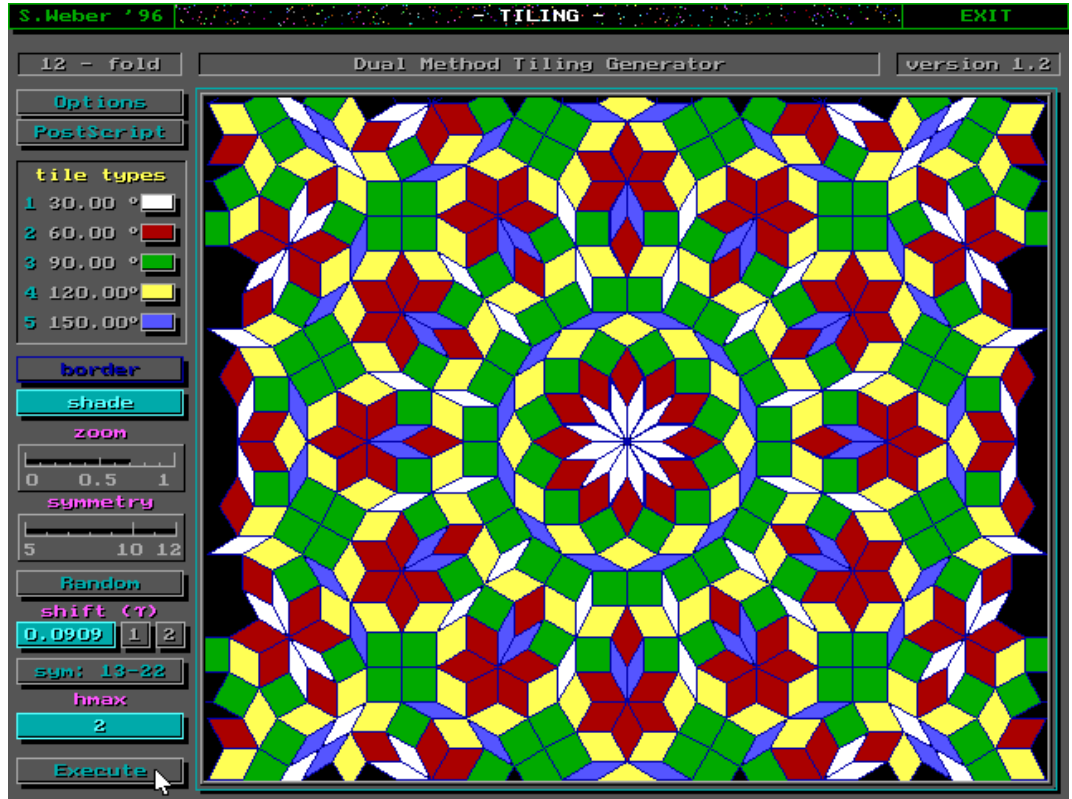


**Şekil 4.12.** Topkapı Sarayı'nda bulunan kağıt üzerine çizilmiş işlemeler ve çokgenlerle oluşturulan örüntüler (Lu ve Steinhardt 2007)

### 4.2.3. Sayısal tasarım yaklaşımları

Bilgisayar destekli üretim metodunda, kuasikristallerin ilgili yazılımlarla, istenen tip ve ebatlarda olması sağlanabilmektedir. Basit parametrelerle, kuasikristal örüntülerin yaratılması ve bu örüntüler üzerinde istenilen değişikliklerin yapılması bilgisayarlar sayesinde oldukça basite indirgenmiştir.

Weber (1996)'in oluşturduğu "Tiling 1.2" adındaki bilgisayar yazılımı, 5 ve 22 kırım arasında değişen simetri düzenlerini üretmektedir. Bunun yanında bu yazılım, örüntülerin ebat, renk ve açı değişimlerini sağlamakta ve rastgele örüntü üretimine de olanak tanımaktadır (Şekil 4.13).

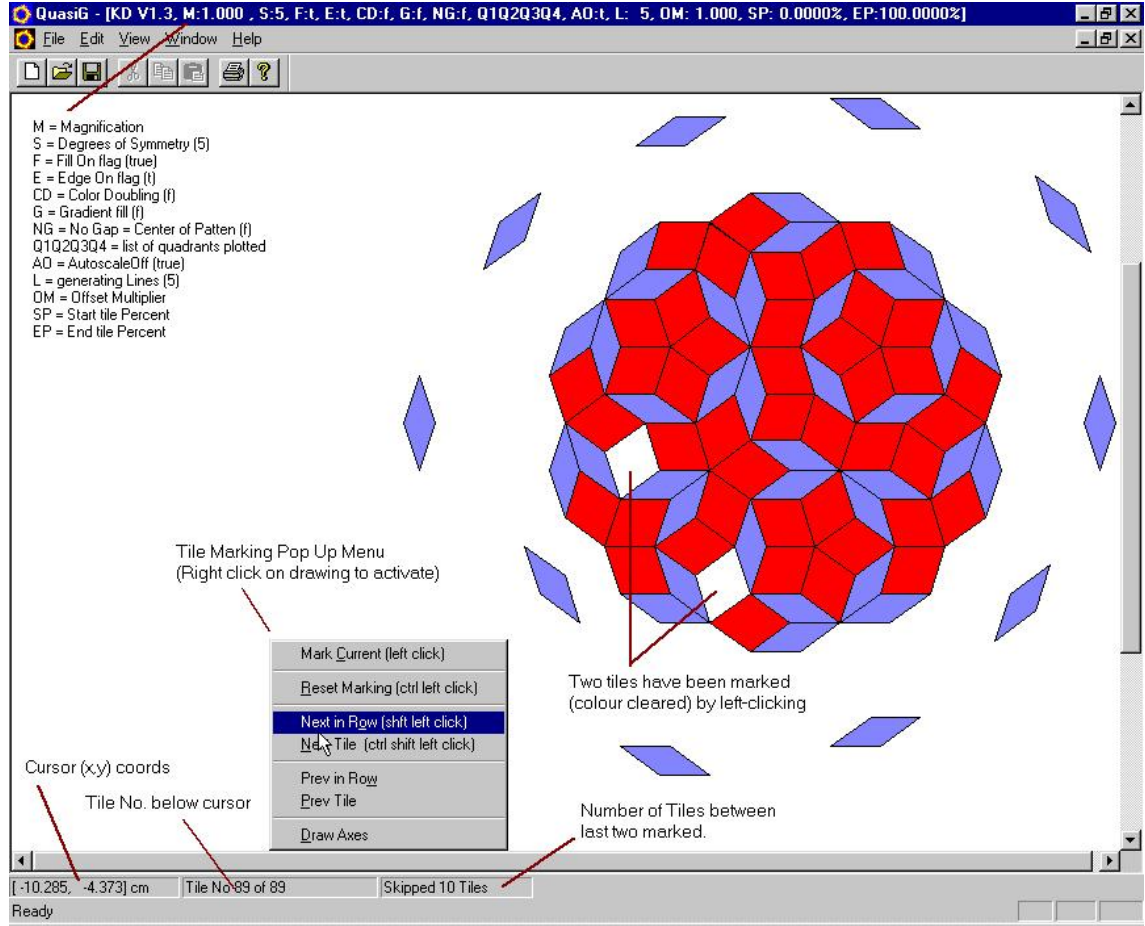


Şekil 4.13. Kuasikristal örüntü üreten Tiling 1.2 yazılımı (Weber 1996)

Sayısal örüntü üretici sistemlerden bir diğeri de, Duffy (2001) tarafından geliştirilen "QuasiG" adındaki bilgisayar yazılımıdır. Çalışma mekanizması Weber'in geliştirdiği yazılım ile benzerlik taşıyan bu yazılımın önemli bir ayrıcalığı; Penrose Karolajı



üretebilen özellikte olması ve oluşturulan örüntülere yönelik hesaplamaları yapabilesidir (Şekil 4.14).

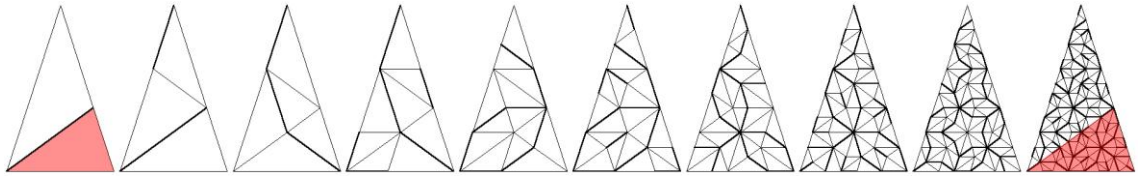


Şekil 4.14. Kuasikristal örüntü üreten QuasiG yazılımı (Duffy 2001)

### 4.3. Fraktaller ve Kuasikristaller

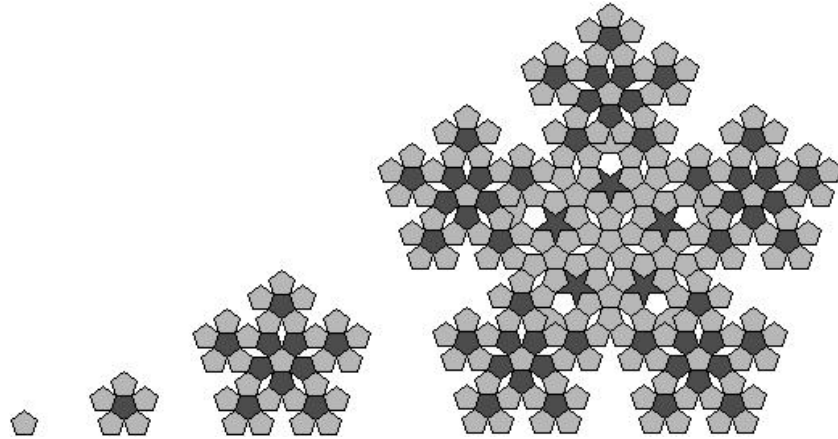
Kuasikristal oluşumların birçoğu, biçim tekrarlarının ardından daha büyük grup düzeninde bir önceki yapıyı taklit etmektedir. Bu durum, kuasikristal geometrilerin fraktallerle de ele alınıp değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Fraktaller, iki boyutlu yapıda algılanan kuasikristal geometrilerin fraktal boyut ile analiz edilmesinde ve kristal strüktür yapılarının açığa çıkmasında önemli rol oynayan sistemlerdir.

Kuasikristaller yapılarında, atomların bağ oluşturarak bütüne; maddenin oluşacağı faza kadar giden hiyerarşik bir tekrarlamaya sahiptir. Sadece atomlarla değil, geometrik yinelemelerle oluşan kuasikristal örüntülerde de aynı kurgu gözlemlenir. Küçük bir geometrik birim, birbiri ardına oluşan kurallı tekrarlarla kendini yineleyen ya da kendi içinde bölümlenen özellik gösterir. Bu yaklaşımın bilinen en basit hali, üçgen mozaiklerin ortaya çıkardığı örüntülerde görülmektedir (Şekil 4.15).



**Şekil 4.15.** Üçgenlerin birleşimiyle oluşan fraktal-kuasikristal örüntü (Willging 2000)

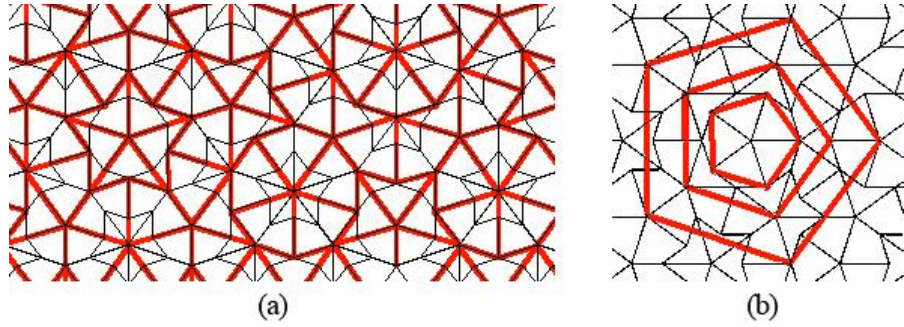
Üçgenler gibi, beşgenler de benzer şekilde; kuasikristal ve fraktal örüntüleri sağlayabilen geometrik biçimlerdir. Üçgenlerin aksine bu örüntülerde simetri bozulması nedeniyle geometrik boşluklar oluşmakta, ancak yine de şematik olarak fraktal düzen bozulmamaktadır (Şekil 4.16).



**Şekil 4.16.** Beşgenlerin birleşimiyle oluşan fraktal-kuasikristal örüntü (Savard 2012a)

Kuasikristal örüntü üreten en önemli modellerden biri olan Penrose Karoları da fraktal özellik göstermektedir. Penrose Karoları'nın ölçekleme ve ölçek amaçlı spektral özellikleri araştırıldığında, bu karoların fraktal boyutu da, analitik olarak elde edilebilmektedir. Bu boyut, Euclidyen boyuta da denk olan boyuttur (Zhengyou ve ark. 1995).

Penrose Karoları'nın fraktal özellikleri incelendiğinde, önemli iki tip fraktal büyümenin olduğu görülebilir. Bunlardan ilki, örüntü içerisinde gözlenen şematik beşgen şekillerin fraktal büyümesidir. Diğer fraktal büyüme tipi ise, "kite" ve "dart" adı verilen çokgen bileşenlerin büyümesine dayanmaktadır (Şekil 4.17).



**Şekil 4.17.** Penrose Karolarında; "kite" ve "dart" çokgenlerinin fraktal büyümesi (a) (Savard 2012b) ile şematik olarak fraktal büyüme (b)

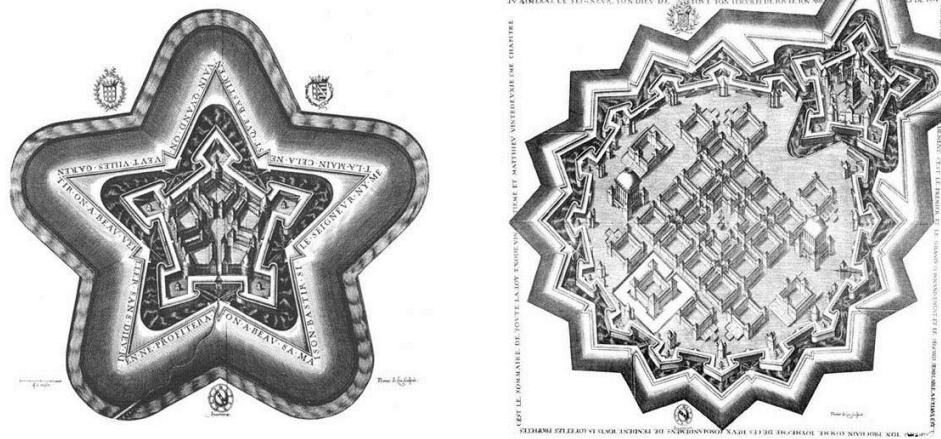
#### **4.4. Tasarım Kurgusunda Kuasikristallerin Rolü**

Biçimsel yapılarında matematiksel özelliklerin tanımlı olması, kuasikristallerin tasarım amaçlı kullanımlarının yolunu açmıştır. Bu geometriler, tarihsel süreçte mimari tasarım, kent tasarımı, peyzaj, süsleme, endüstriyel tasarım gibi birçok disiplinin literatüründe önemli yer tutmuştur. Ancak kuasikristallere dair en önemli mimari oluşumlar İslam Mimarisi'nin konu alanında yoğunlaşmakta, İslam Mimarisi'nin karakteristik özellikleri de yine kuasikristallerin etkisiyle keskinleşmektedir.

İslam Mimarisi'nin dışında, kristal biçimlerin tarihteki diğer uygulamaları ilk olarak Rönesans Dönemi Mimarlığı'nda belirmeye başlamıştır. Rönesans Dönemi kent yerleşimlerinde, kentin bir merkez dışına, belirli yönelmelerle büyümesi, kristalimsi

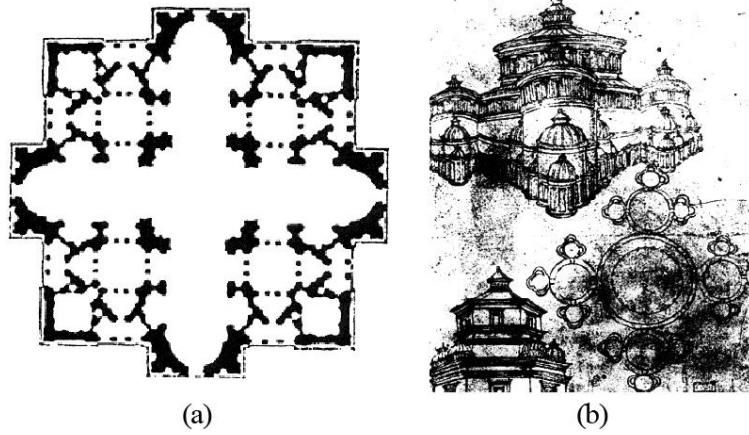


plan yapılarını ortaya çıkarmıştır. Rönesans Dönemi'nde bu plan yapıları üzerine çalışmalar yapmış Jacques Perret, ideal şehir biçimlerini sorgulamış ve kent tasarımına dair belirli geometriler meydana getirmiştir (Şekil 4.18). Oluşan geometrilerin dil özellikleri kuasikristal örüntüler ile kesişim göstermektedir.



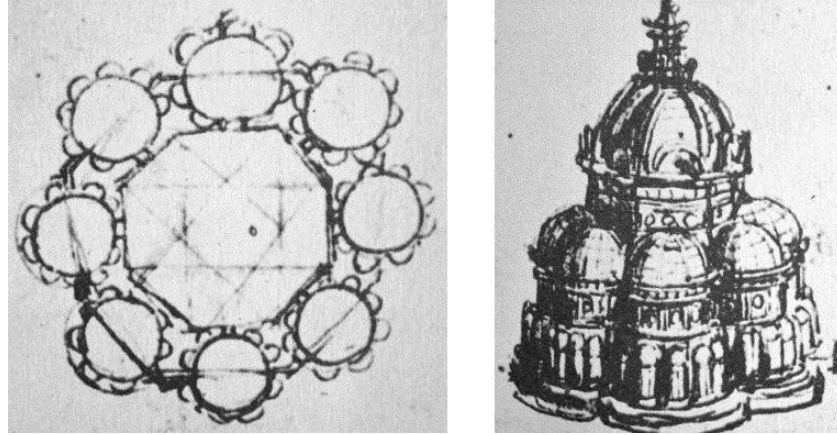
**Şekil 4.18.** Jacques Perret'in tasarladığı Rönesans ideal şehir biçimleri (Mindeguia 2012)

Rönesans Dönemi'nde yapı ölçeğinde de kristal özellikler belirmeye başlamıştır. Vatikan'da bulunan St. Peters Bazilikası gibi yapıların biçim özellikleri kristal ve fraktal geometri oluşumlarına sahiptir. Bu oluşumlar, mimari planda olduğu kadar yapı kütlesi bazında da algılanabilmektedir (Şekil 4.19).



**Şekil 4.19.** St. Peters Bazilikasının Donato Bramante (a) ve Giorgio Vasari (b) çizimleri (<http://classes.yale.edu/fractals/panorama/Architecture/DomeStPete/DomeStPete.html>, 2012)

Da Vinci de benzer yaklaşımla kristal ve fraktal özellikteki katedralleri tasarlamıştır. Da Vinci'nin tasarladığı sekizgen planlı bir katedralde; merkez kubbeyi çevreleyen küçük kubbeler, o kubbeleri de çevreleyen daha küçük kubbeler yer almaktadır (<http://classes.yale.edu/fractals/panorama/Architecture/daVinci/daVinci.html>, 2012) (Şekil 4.20).



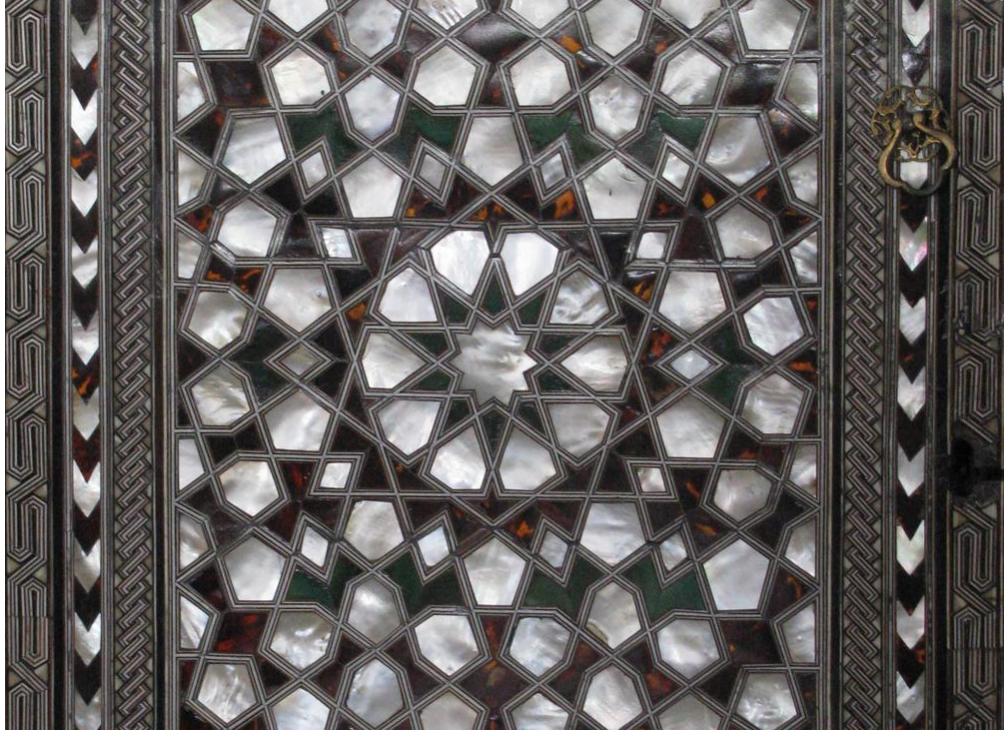
**Şekil 4.20.** Da Vinci'nin kubbeli sekizgen planlı katedral tasarımı (<http://classes.yale.edu/fractals/panorama/Architecture/daVinci/daVinci.html>, 2012)

#### **4.4.1. İslam mimarisi ve kuasikristal kurgular**

7. yy. da şekillenmeye başlamış olan İslam dini, mimarlık kültürüne önemli eserler kazandırmıştır. Temalarında, dini kuralların ve kısıtlamaların etkisiyle, doğanın birebir taklit edilmesi değil, dolaylı, yorumlanarak ortaya çıkarılan geometrik şekiller tercih edilmiştir. Bu dönemde, dinin merkezîyetçi, toplayıcı ve birleştirici yönünün vurgusu biçimsel olarak ifade edilmeye çalışılmıştır. Bu tutum sadece süsleme ve detaylarda değil, yapı ölçeğinde, hatta kent bütününde de gözlemlenir.

İslam mimarisindeki temel biçimlenişler matematiksel olarak analiz edilebilecek basit geometrik düzenlerden oluşmaktadır. Biçimlerdeki genel özellik; gerek eğrisel, gerek ise doğrusal şekillerinin sayısal olarak ifade edilebilirliğe sahip olmasıdır. Bu mimari tarzda, çokgen ve kristalimsi şekiller başta olmak üzere birçok ögenin iki boyutlu ve üç boyutlu varyasyonları bulunur.

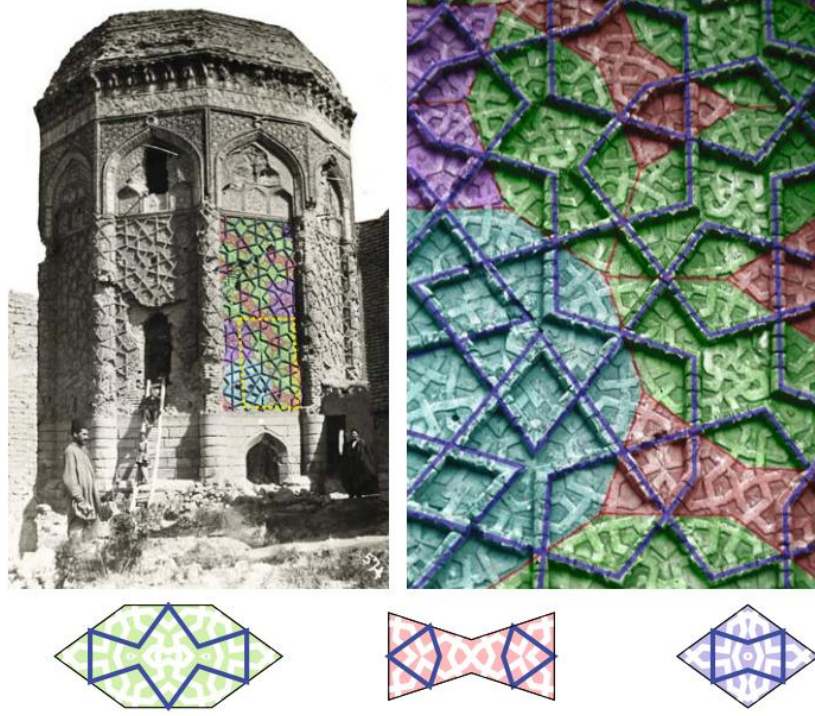
Bunun en güzel örneklerinden biri Topkapı Sarayı Bağdat Köşkü'nde yer alan sedef işlemlerde görülür. On kenarlı geometrik düzene sahip bu işlemler, üçgen, dörtgen, altıgen gibi alışlagelmiş periyodik tekrarların yerine, üretimi daha zor bir örüntü sistemine sahiptir (Şekil 4.21).



**Şekil 4.21.** Topkapı Sarayı Bağdat Köşkü sedef işlemleri (Mustafa Yılmaz 2011)

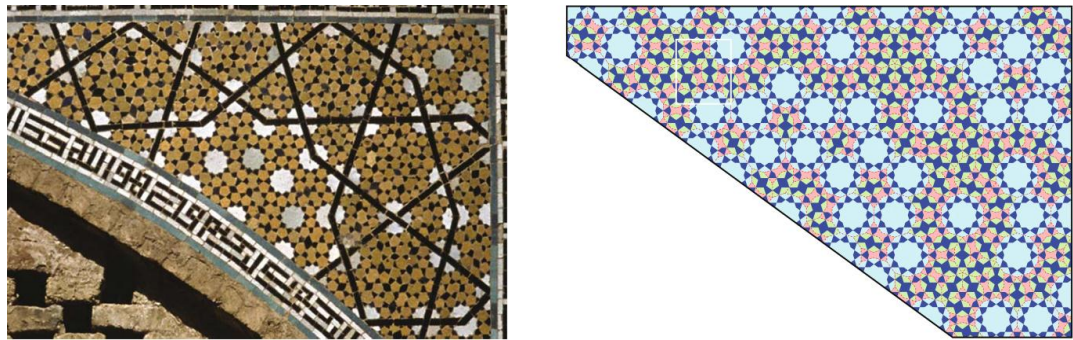
İran Maragha'da 1200'lü yıllarda inşa edilmiş Gunbad-ı Kabud Türbesi incelendiğinde de, cephenin kuasikristal özelliğe sahip girih karolarla kaplı olduğu görülür. Türbe cephesinde yer alan panellerin üzerindeki örüntülerin altıgen, papyon ve eşkenar dörtgen gibi biçimlerle oluşturulabildiği gözlenir. Örüntünün biçimsel yapısı, standart beşgen geometrisinden çok, iç içe geçmiş ve iki kırımlı döngüsel simetriyi yansıtmaktadır (Lu ve Steinhardt 2007) (Şekil 4.22).





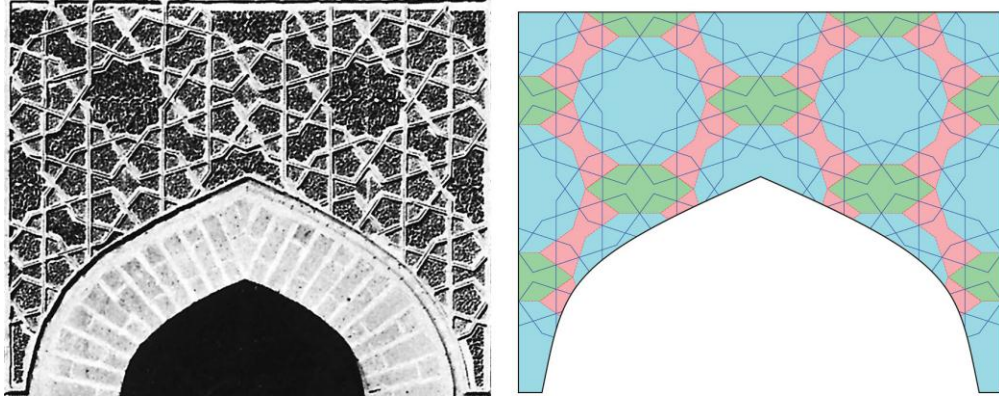
**Şekil 4.22.** İran Maragha'da bulunan Gunbad-ı Kabud Türbesi'ne ait girih karolar (Lu ve Steinhardt 2007)

Girih karolarla örüntülerin oluşturulduğu bir diğer örnek İran İsfahan'da bulunan Darb-ı İmam Türbesi'nin kemer üst işlemlerinde görülür. Ongen motiflere sahip örüntünün teknik çizimle ifadesinde büyük papyon parçalar ve ongenler kullanılır. Bu ongen ve papyonların iç örüntüsü küçük parçalar halinde örüntüyü devam ettirmektedir (Şekil 4.23).



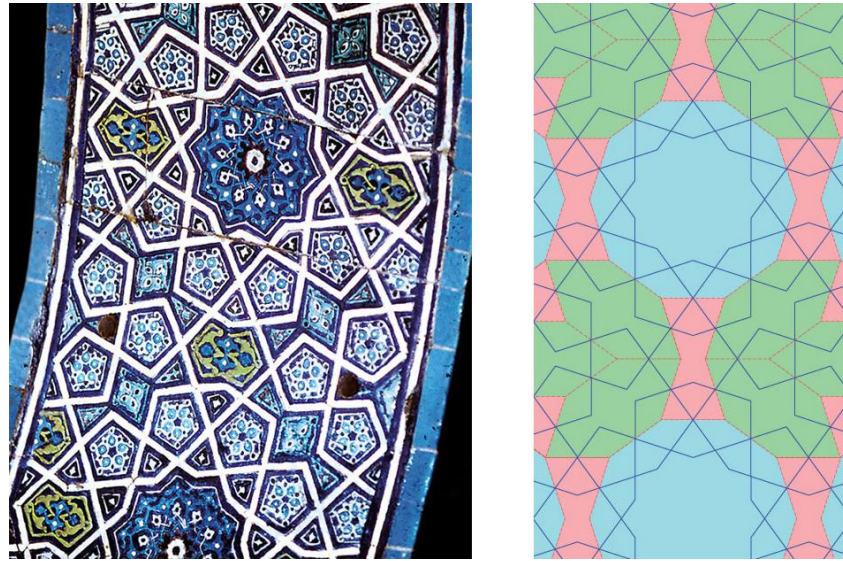
**Şekil 4.23.** İran İsfahan'da bulunan Darb-ı İmam Türbesi'nin kemer üst işlemleri (Lu ve Steinhardt 2007)

Büyük papyon ve ongen parçalara altıgenlerin de eklendiği bir örüntü türü 1227-1234 yılları arasında inşa edilmiş Bağdat Abbasi El-Mustansiriya Mescidi'nde görülür. Mescidin kemer kaidesi üzerindeki işlemlerin örüntüsü basit kurallardan oluşur ve kurgu olarak yine ongen biçimli geometriyle bağdaşır (Şekil 4.24).



**Şekil 4.24.** Bağdat Abbasi El-Mustansiriya Mescidi'nde görülen işlemler (Prange 2009)

Girih karoların papyon, altıgen ve ongenlere dayanan daha karmaşık bir örneği Bursa Yeşil Cami, Sultan Locası'ndaki kemer süslemelerinde gözlenir. Burada, özellikle altıgenlerin gruplaşmaları farklı bir örüntü türünü açığa çıkarmıştır (Şekil 4.25).

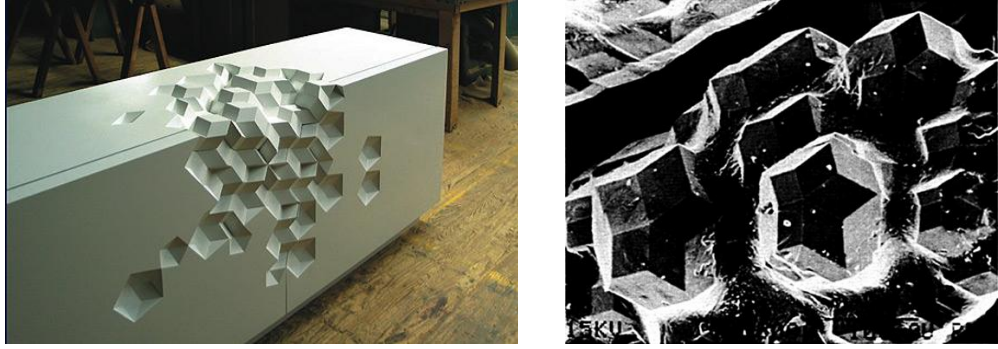


**Şekil 4.25.** Bursa Yeşil Cami, Sultan Locası'ndaki süslemeler (Prange 2009)

#### 4.4.2. Günümüz mimarlığı ve kuasikristaller

Roger Penrose tarafından deneme-yanılma yoluyla bulunan ve kendi adını taşıyan kuasikristal örüntü düzeni 1980 yılında Nicolaas de Bruijn tarafından kurallı ve sistemli hale getirilmiş, yeni bir algoritma yaratılmıştır. Bruijn'in bu algoritması günümüz kuasikristal tasarımlarına vizyon oluşturmuş ve gerçekçilikle geçmiş arasında köprü kurmuştur (Aranda ve Lasch 2007).

Bu etkileşimin örnekleri, mimariden önce nesne tasarımlarında ortaya çıkmıştır. Aranda ve Lasch'ın yorumlayarak şekillendirdiği kuasikristal objeler, geçmişte sezgisel yöntemlerle oluşturulmuş geometrik örüntüler yerine, mikro ölçekte gözlenen kuasikristal örüntüler esas alınarak yaratılmıştır (Şekil 4.26).



**Şekil 4.26.** Quasi Cabinet ve tasarımın çıkış noktası olan mikro ölçekteki ikosahedral yapı (Aranda ve Lasch 2007)

Benzer bir yaklaşım, kuasikristallerin günümüz mimari yapılarını biçimlendirmesinde de gözlenir. Avustralya'da Melbourne Teknoloji Enstitüsüne ait Storey Hall binası bu türdeki bir biçimlenmeye örnek oluşturur. Mimar Ashton Raggatt McDougall kuasikristal yapısını bina cephesi, oditoryum ve fuaye alanları gibi değişik mekanlarda kurgulayarak bütünleşik ve ilkel bir tasarım gerçekleştirmiştir (Şekil 4.27).





**Şekil 4.27.** Storey Hall binası iç ve dış görünüşleri (<http://ztfnews.wordpress.com/2011/04/21/storey-hall/>, 2011)

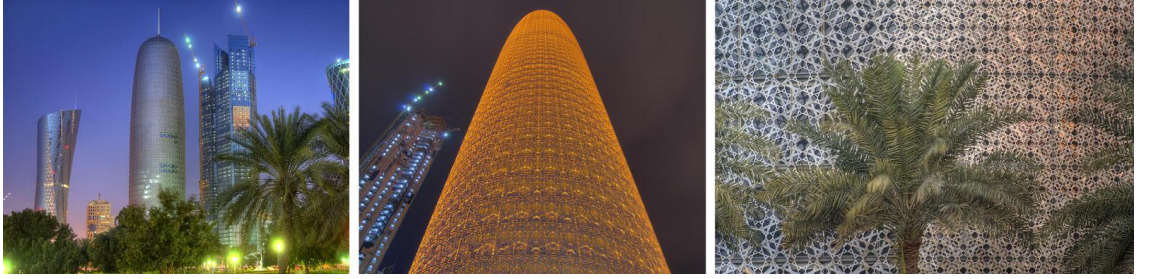
Tasarım ilkelerinin kuasikristal örüntülere dayandırıldığı diğer bir örnek de; Katar'da bulunan Liberal Sanat ve Bilim Binasıdır. İslam ve Arap tasarım prensipleriyle şekillenen binada, cephe bütününde ve iç mekanda kullanılan kuasikristal örüntüler, iç ve dış ortam arasındaki mahremiyet olgusunu düzenleyen biçimler olarak işlevlendirilmiştir (Lockerbie 2012) (Şekil 4.28).



**Şekil 4.28.** Katar'da bulunan Liberal Sanat ve Bilim Binası (Lockerbie 2012)

Katar'da bulunan bir diğer yapı, yoğun biçimde kullanılmış kuasikristal örüntüleriyle ön plana çıkmaktadır. Yöresel mimarinin etkilerini taşıyan Burj Qatar adındaki bu 232 metrelik yüksek yapının tasarımı Jean Nouvel'a aittir. Yapının cephesinde yer alan ve

birçok katmandan oluşmuş kuasikristal strüktür, görsel etkisinin yanında, iç ortam sıcaklığını da düzenlemektedir (Laylin 2012) (Şekil 4.29).



**Şekil 4.29.** Katar’da bulunan Burj Qatar Tower binası (Laylin 2012)

#### **4.5. Bölüm Değerlendirmesi**

İslam Sanatı ve İslam Mimarlığı’nda yüzyıllardır sezgisel olarak uygulana gelmiş kuasikristal örüntülerin, gerçekte, atomik ölçekte de var olduğu, son yıllardaki fizik ve kimya çalışmalarıyla ortaya çıkarılmıştır. Yapılan çalışmalar, sanat ve mimaride iki boyutlu örüntüler olarak ele alınmış kuasikristallerin atomik düzeyde üç boyutlu biçimlenişlere de sahip olduğunu göstermektedir.

Bu biçimleniş ilkelerinin benimsenmesiyle, son yıllarda, tasarım oluşturacak birçok yöntem geliştirilmiştir. Yöntemlerden bazıları, mikro ölçekteki geometrik şekillerle birebir benzeşen, bazıları da Penrose karoları gibi örüntüleri farklı yönleriyle ele alan tasarım örneklerini sunmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım kapsamında, üretken sistemlerle de ele alınan kuasikristal türetimleriyle, mimari tasarımda kaynak olarak kullanılabilir verilerin de oluştuğu gözlenmiştir.

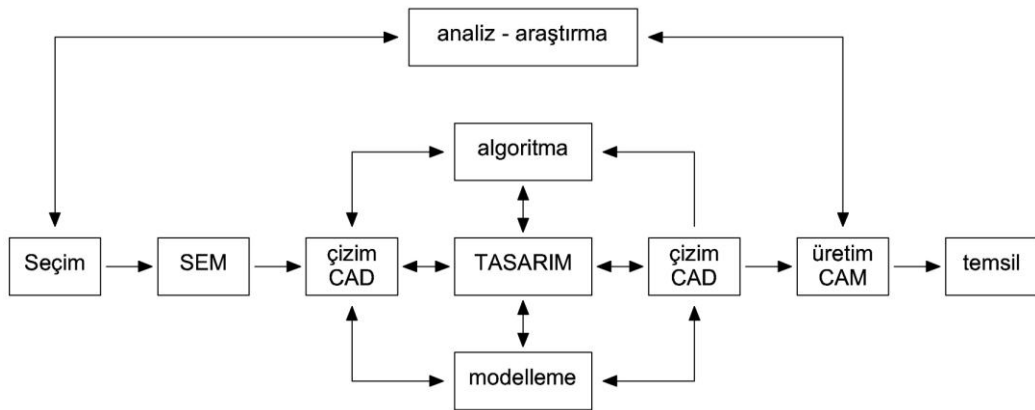


## 5. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM İLE KUASİKİRİSTALLERİN YENİDEN BİÇİMLENİŞİ

Günümüz mimari tasarım yaklaşımlarında, özgün mimari örüntüler ve bu mimari örüntüleri oluşturan mimari diller sayısal teknolojiler yardımıyla yeniden ele alınmakta ve yorumlanmaktadır. Bu alandaki uygulamalar hem var olan dokuyu oluşturan dilin tanımlanmasında, hem de bu dili oluşturan karakteristik özelliklerin tanımlanıp yeni form alternatifleri oluşturmak için bilgisayar destekli tasarımda tasarımcının yaratıcılığını desteklemek amacıyla girdi olarak kullanılmaktadır (Çağdaş ve ark. 2006).

Mikro ölçekteki örüntü örneklerinden biri olan kuasikristallerin karakteristik özellikleri göz önünde bulundurularak, bilgisayar destekli tasarım aracılığıyla tasarımcıya yeni fikirler kazandırması sağlanabilir. Dolayısıyla, mikro yapıların analizinin yapılması ve bu analizlerin bilgisayar destekli tasarımda değerlendirilmesinde izlenen yöntem kuasikristaller için de uygulanabilir.

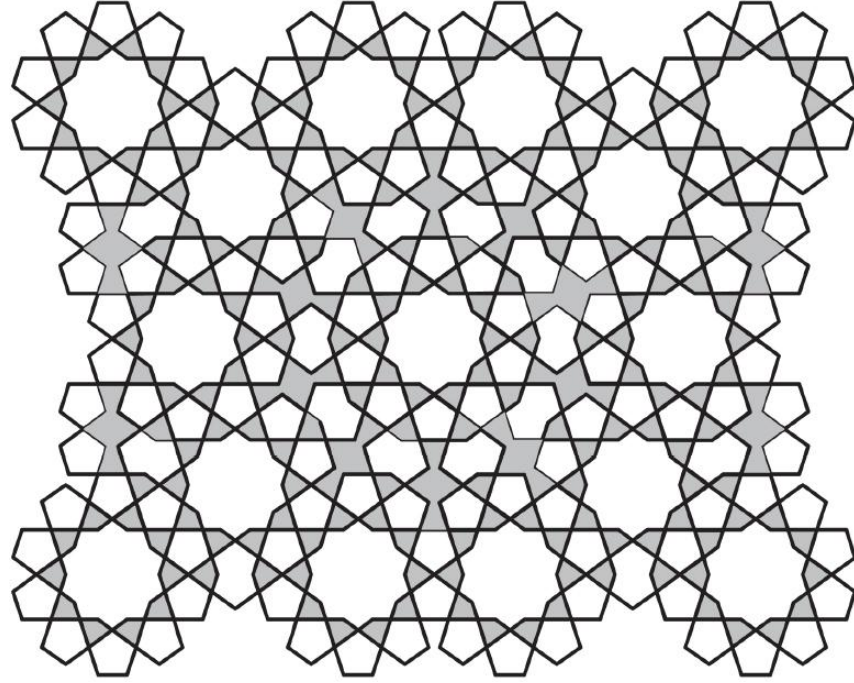
Buna göre, aşağıda yer alan ilişkiler şemasındaki gibi, öncelikle, seçilecek bir kuasikristal örüntünün mikro ölçekteki görüntülerini (SEM) elde etmek gerekir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ortamında sayısallaştırılan görüntüler modellenerek tasarımcıya veri oluşturacak bir algoritma yaratılır. Bu algoritmayla, tasarımda kullanılacak temsili son ürünlerin elde edilmesi sağlanır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Eskizden üretime bilgisayar ile tasarım modeli (Ediz ve Kırlı 2012)

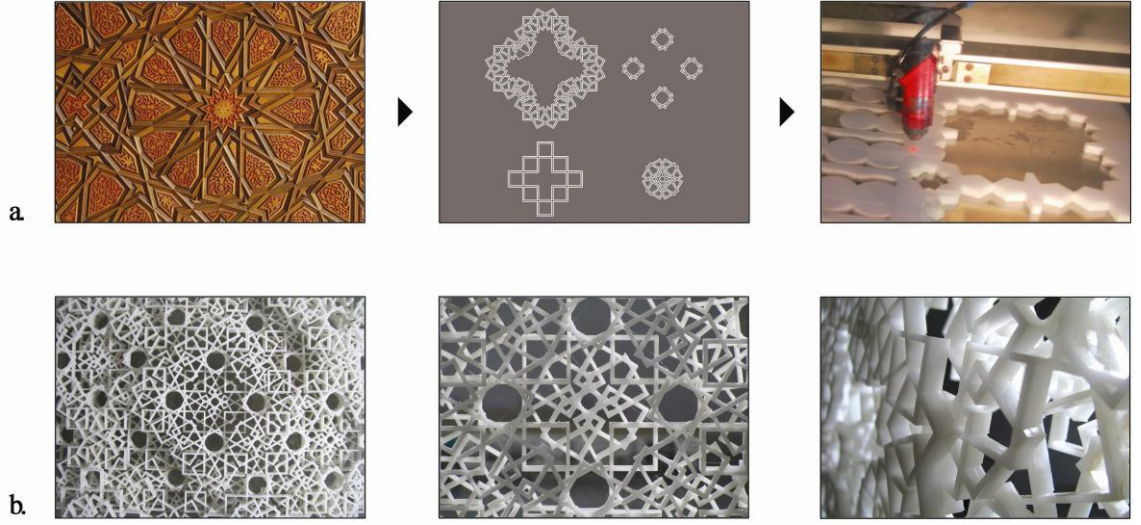
### 5.1. Üretken Tasarım Modeli Oluşturma ve Kural Belirleme

Biçim grameri yöntemiyle kuasikristalleri yeniden biçimlendirmede, kuasikristallerin iki ve üç boyutlu örüntülerinden yararlanılabilir. Ulu (2009)'nun “İslami geometrik örüntü türetimi amaçlı bir biçim grameri modeli” isimli yüksek lisans tez çalışması, ikinci boyutta aynı dili ifade eden kuasikristal örüntüleri “İslami geometrik örüntüler” olarak farklı bir açıdan ele almakta ve bu örüntülerin biçim grameri yöntemiyle türetilmiş sonuçlarını ortaya koymaktadır. Bu çalışma ile elde edilmiş iki boyutlu bulguların görsel düzeyde etkili ve işlevsel olabildiği görülmüştür (Şekil 5.2).



**Şekil 5.2.** Türetilmiş iki boyutlu İslami geometrik örüntü örneği (Ulu 2009)

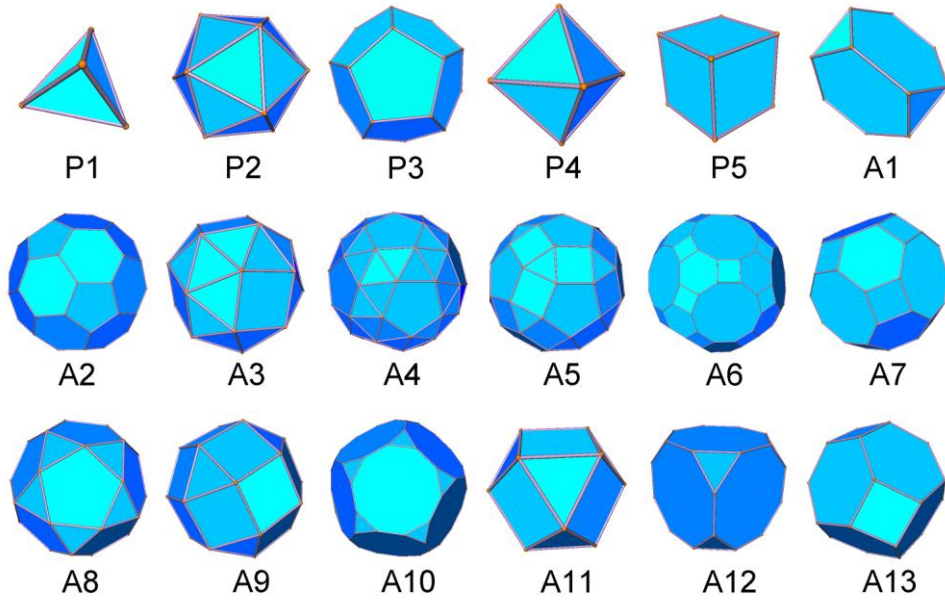
2010 yılında Uludağ Üniversitesi yüksek lisans programında yer alan “dijital mimari tasarım” dersi kapsamında da “mikrokozmozun mimariye aktarılması” başlığı altında kuasikristaller ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada da, iki boyutlu kuasikristal örüntülerin mimari tasarım kurgusu içerisinde değerlendirilmesi amaçlanmış, mekan oluşturacak yönleri sorgulanmıştır (Şekil 5.3).



**Şekil 5.3.** Kuasikristal örüntü analizi ve üretimi (a) ile elde edilen maket ürün (b) (Mustafa Yılmaz 2010)

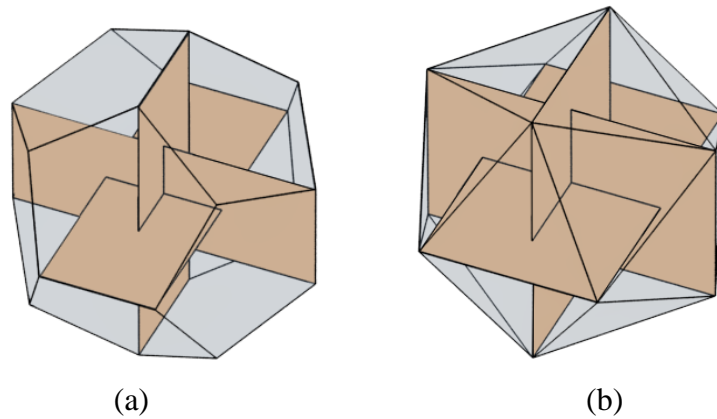
Örnek olarak ele alınmış bir kuasikristal örüntüsü, bilgisayar destekli tasarım kurgusu içerisinde analiz edilerek, örüntünün bileşenleri belirlenmiştir. Bu bileşenlerin farklı modüller halinde ele alınması sonucu, mimari tasarım için yeni verilerin oluştuğu gözlenmiştir. Somut halde ortaya çıkan maket ürün üzerinde yapılan değerlendirmede, ürünün mimari tasarım için düzlemsel bir yapıya sahip olduğu ve mimaride cephe dokusu, gölgelendirme elemanı ya da üst örtü olarak işlevlik kazanabileceği öngörülmüştür. Bu sebeple, mekansal tanım ortaya koyabilecek ön sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, kuasikristallere ait üç boyutlu örüntülerin daha işlevsel sonuçlar ortaya çıkarabileceği düşünülmektedir.

Üç boyutlu örüntü modellerinde, kuasikristal oluşturan yapıların tekil birimleri geometrik tanımlarıyla ele alınabilir. Bu tekil birimler Platon ve Archimedes katıları olarak da bilinen on sekiz geometrik yapıdan meydana gelmektedir (Şekil 5.4).



**Şekil 5.4.** Platon katıları: Tetrahedron (P1), ikosahedron (P2), dodekahedron (P3), oktahedron (P4) ve küp (P5). Archimedes katıları: Kesik tetrahedron (A1), kesik ikosahedron (A2), basık küp (A3), basık dodekahedron (A4), eşkenar dörtgenli ikosidodekahedron (A5), kesik ikosidodekahedron (A6), kesik küpoktahedron (A7), ikosidodekahedron (A8), eşkenar dörtgenli küpoktahedron (A9), kesik dodekahedron (A10), küpoktahedron (A11), kesik küp (A12) ve kesik oktahedron (A13) (Torquato ve Jiao 2009)

Doğada çoğunlukla mikro ölçekte gözlemlenebilen bu geometrik şekillerden strüktür yapıları kartezyen koordinat sistemine, dolayısıyla mimariye en yakın olan dodekahedron (düzgün on iki yüzlü) ve ikosahedron (düzgün yirmi yüzlü) geometrileri türetim için örnek olarak seçilebilir (Şekil 5.5).



**Şekil 5.5.** Dodekahedron (a) ve ikosahedron (b) geometrilerinin strüktürel yapıları

Yüzey-kenar oranı dengeli olan bu katı geometriler; Cornell Medikal Üniversitesi'ndeki gibi yalın halleriyle (Şekil 5.6) ya da Minsoo Lee'nin ikosahedral yapı tasarımındaki gibi soyutlanmış olarak mimaride kullanılabilir (Şekil 5.7).

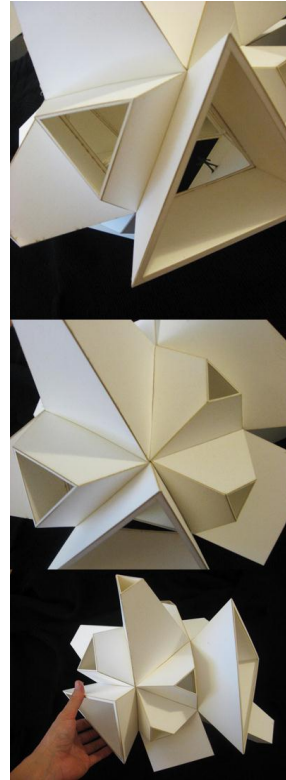
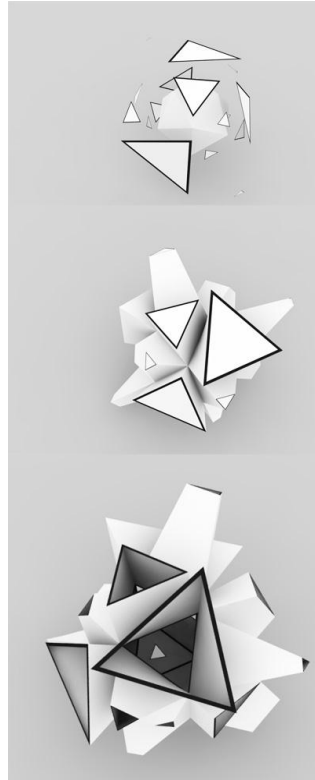


(a)



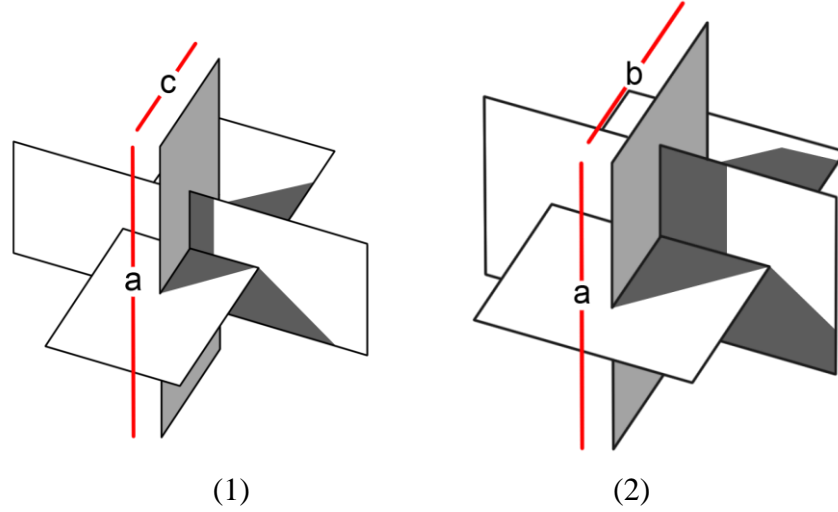
(b)

**Şekil 5.6.** Cornell Medikal Üniversitesi Dodekahedral (a) ve İkosahedral (b) yapıları ([http://www.asergeev.com/pictures/k/Cornell\\_campus.htm](http://www.asergeev.com/pictures/k/Cornell_campus.htm), 2012)



**Şekil 5.7.** Buckminster Fuller'dan ilham alınarak Minsoo Lee tarafından tasarlanan ikosahedral yapı (Lee 2011)

İkosahedral ve dodekahedral geometrilerin dış yüzeyindeki paralel kenarları köşe noktalarından birleştirerek dikdörtgen yüzeyler elde edilir. Bu dikdörtgen yüzeylerin kenarlar uzunlukları; dodekahedronda “a” ve “c” ikosahedronda ise “a” ve “b” olarak gösterilebilir (Şekil 5.8).



**Şekil 5.8.** Dodekahedron (1) ve ikosahedron (2) strüktürlerinin a / b / c oranları

Elde edilen yüzeylerin kenar oranları, ikosahedronlar için (5.1) denklemindeki gibi altın oran değerindedir:

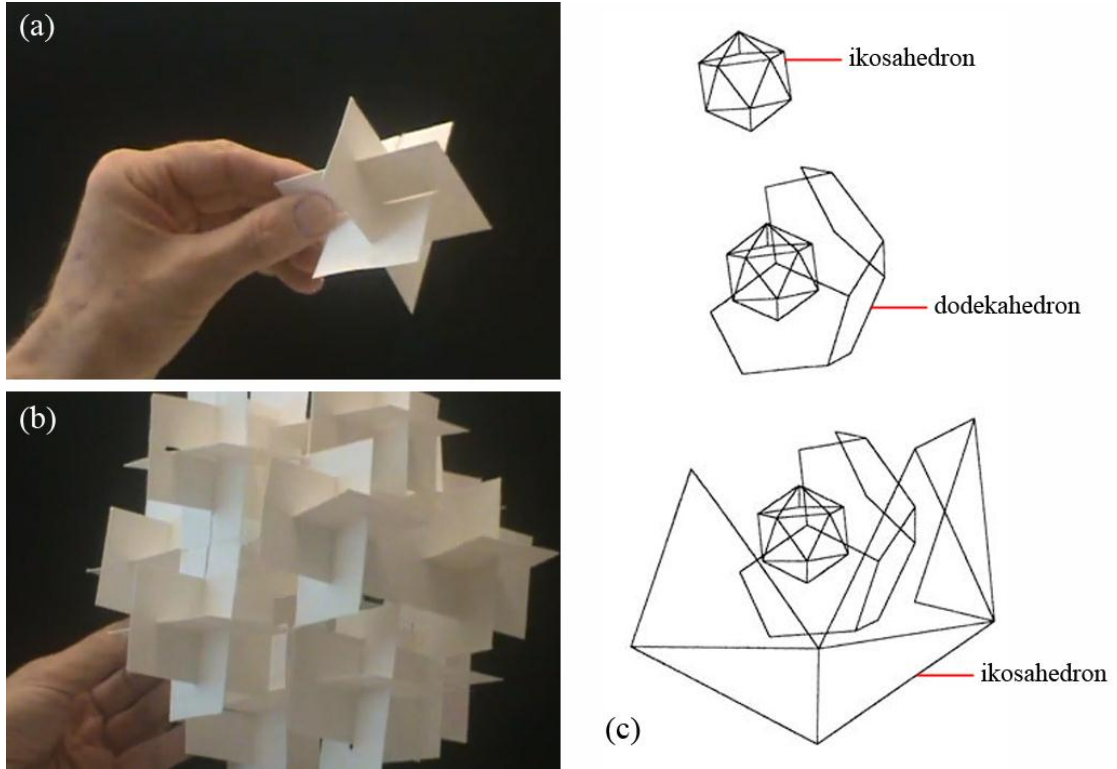
$$\begin{aligned} a/b &= \varphi / 1 \\ &= \varphi \end{aligned} \quad (5.1)$$

Dodekahedronda bulunan kenarların oranı ise (5.2) denklemindeki gibi “ $\varphi+1$ ” değerindedir:

$$\begin{aligned} a/c &= \varphi / (\varphi-1) \\ &= 1.618 / 0.618 \\ &= 2.618 \\ &= \varphi+1 \end{aligned} \quad (5.2)$$

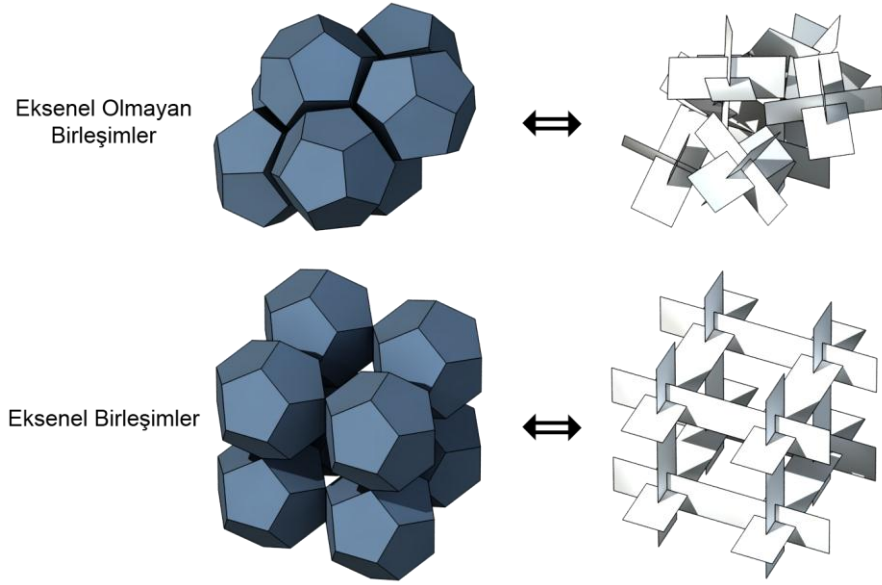


Fizik ve matematik araştırmacısı Bourdillon (2011) da, kuasikristallerin matematiksel olarak hesaplanabilmesine yönelik yaptığı çalışmalarda ikosahedron ve dodekahedron geometrilerini kullanmıştır. Bourdillon “Logaritmik periyodik katılar” isimli çalışmasında, eksenel yapıdaki ikosahedron strktrlerini kurallı biçimde birleştirmiş ve yine eksenel yapıda dodekahedron strüktürünü elde etmiştir (şekil 5.9). Kartezyen koordinat sistemine uygun yapıdaki bu yeni strüktürler ile kuasikristaller logaritmik olarak hesaplanabilmektedir.



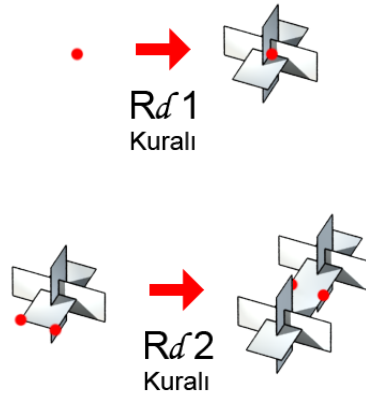
**şekil 5.9.** İkosahedron strüktürü (a), ikosahedronlardan elde edilen dodekahedron kümesi (b) ve bu biçimlenişin periyodik tekrarları (c) (Bourdillon 2011)

Bu doğrultuda, kartezyen koordinat sistemine göre hizalanmış her iki yapının (dodekahedron ve ikosahedron) gerek ana kütleleri, gerek i strüktürleri dikkate alınarak kurallar oluşturulacak, eksenel olmayan birleşim tipleri mimari koordinat dengesini bozacağı için göz ardı edilecektir (şekil 5.10).



**Şekil 5.10.** Eksenel birleşimler ve eksenel olmayan birleşimler

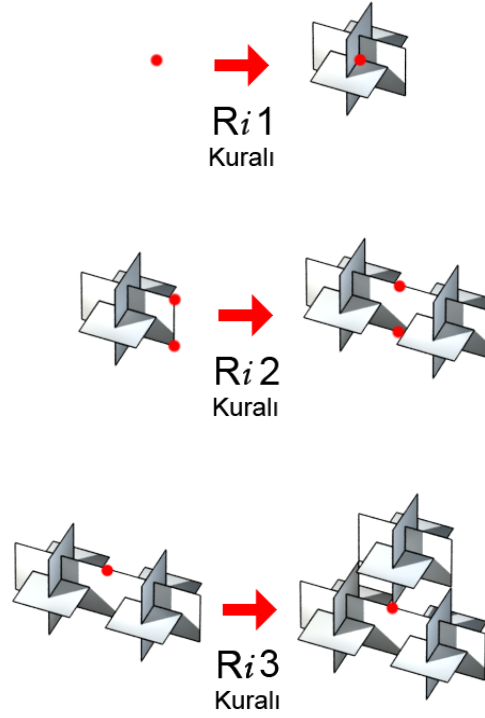
Bu sebeple, ilk olarak dodekahedron geometrisi strüktürel alt yapısının türetime uygun kuralları belirlenmiştir. Bu kural belirlemelerde, yapının sürekliliğini ve eksenelliğini koruyabilmek oldukça önemlidir. Dodekahedronlar için temel kural dizisi aşağıdaki şekilde görülebilir (Şekil 5.11):



**Şekil 5.11.** Dodekahedron **Rd 1** ve **Rd 2** kuralları



Aynı şekilde ikosahedron strüktürleri için de kurallar belirlenebilir (Şekil 5.12):



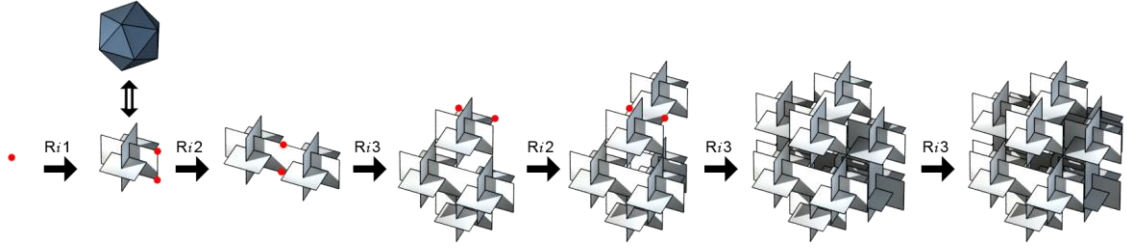
**Şekil 5.12.** İkosahedron **Ri 1**, **Ri 2** ve **Ri 3** kuralları

Strüktürlerin kurallı birleşim biçimleri düşünülürken, strüktür kabuğu olan ana geometrik yapının bu biçimlenişlerde düzensiz bir hal almamasına da dikkat edilmektedir.

## 5.2. Bilgisayar Destekli Tasarım Yazılımları ile Biçim Türetme

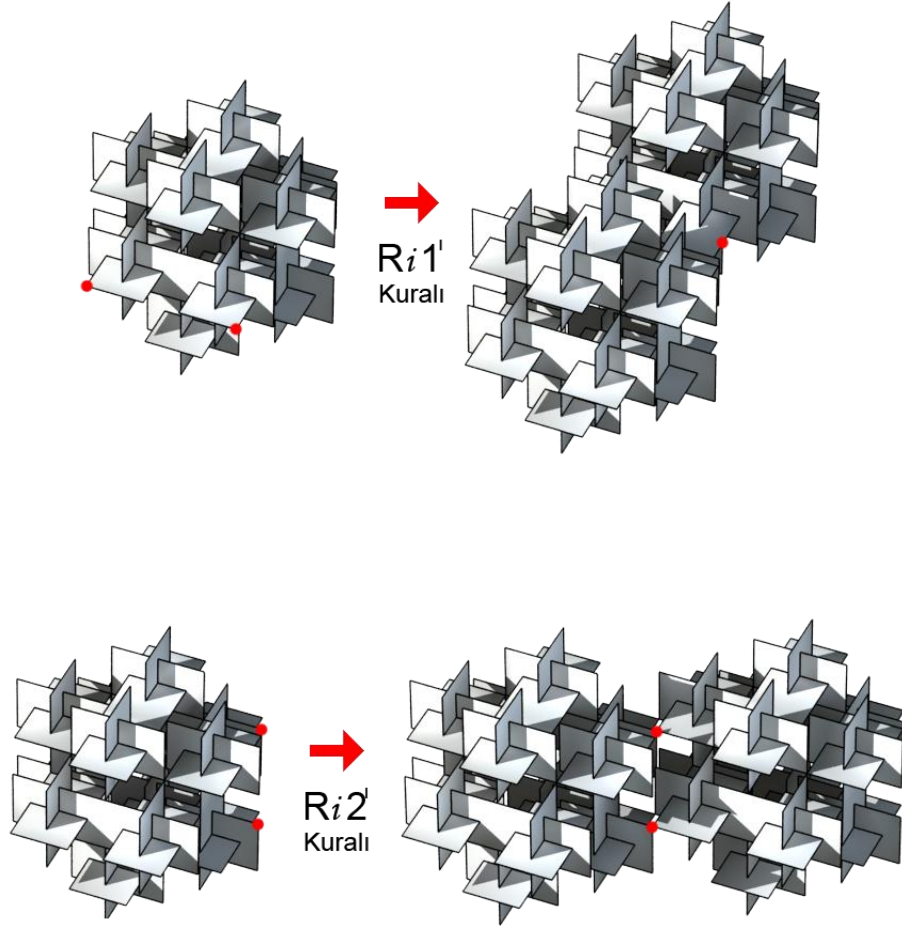
Kullanılan biçim türlerinin üç boyutlu olması, biçim türetiminde CAD tabanlı yazılımların kullanılmasını gerekli kılmaktadır. CAD tabanlı yazılımlar, yazılım içerisine örnek model aktarma ve türetim sonucu oluşacak ürün modelleri de dışarıya aktarma özelliklerinin yanında, ürünün sayısal özelliklerinin de korunabilmesi açısından önemlidir.





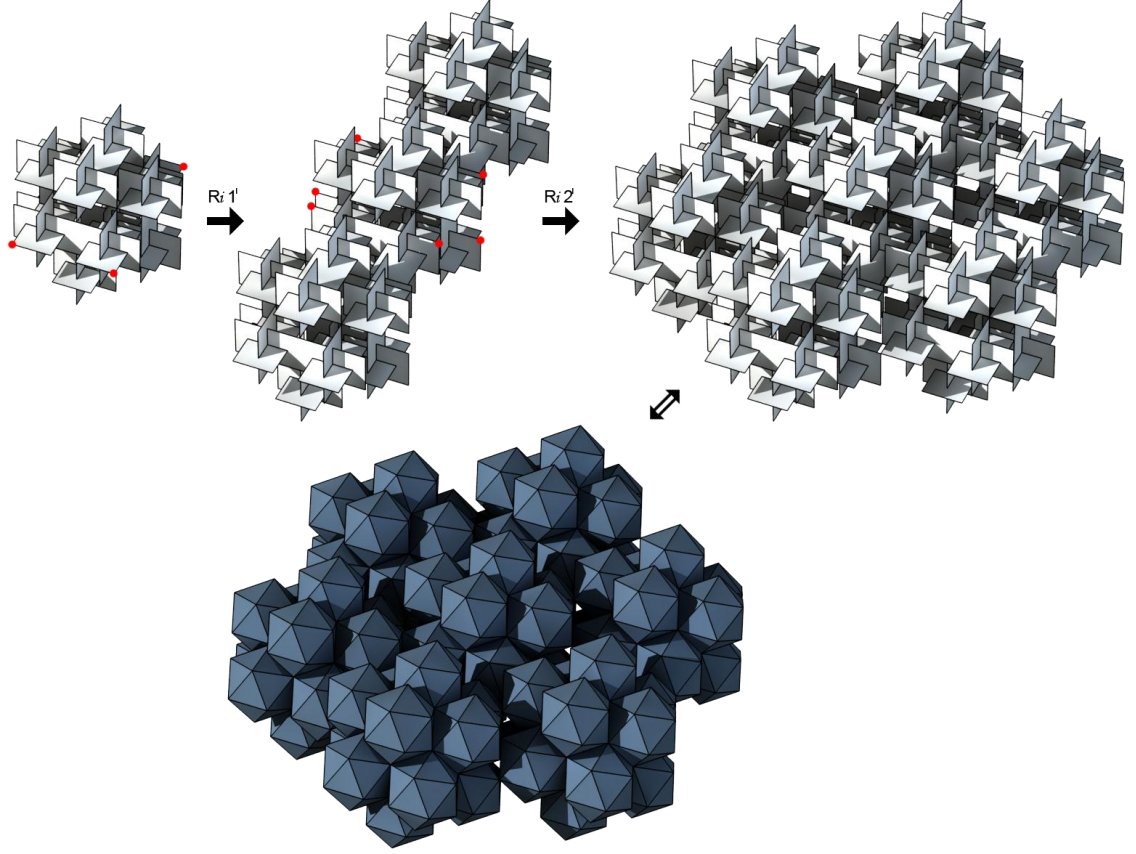
**Şekil 5.14.** İkosahedron biçiminin kurallı türetimleri

İkosahedronun ilk etap türetimleri sonucu oluşan ürününün biçimsel yapısı da bir kuasikristal geometrisi olduğu için eksenellik ilkeleri içerisinde **Ri 1'** ve **Ri 2'** olarak nitelendirilecek yeni kurallar oluşturulabilir (Şekil 5.15).



**Şekil 5.15.** İkosahedron grupları için **Ri 1'** ve **Ri 2'** kuralları

İkosahedron grupları için oluşturulan bu yeni dil yapısının kuralları ile sonsuz düzeye kadar tekrar eden örüntüler elde edilebilir (Şekil 5.16).



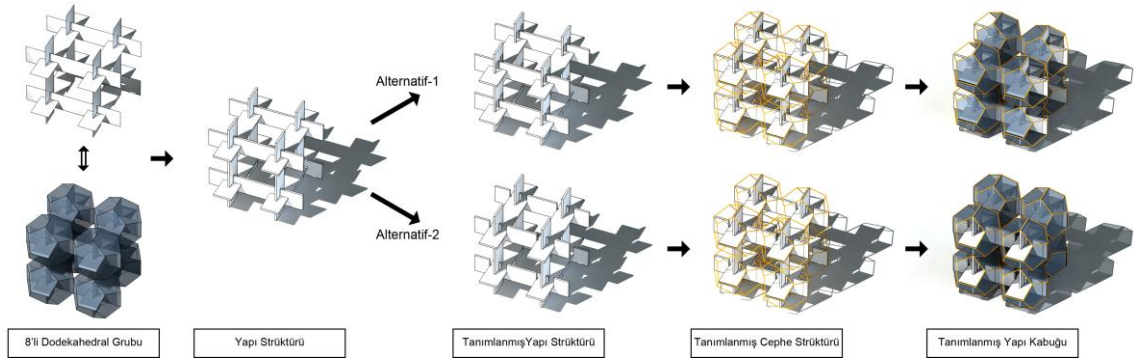
Şekil 5.16. İkosahedron gruplarının kurallı türetimleri

### 5.3. Oluşan Modelin Faydaları ve Potansiyel Kullanım Alanları

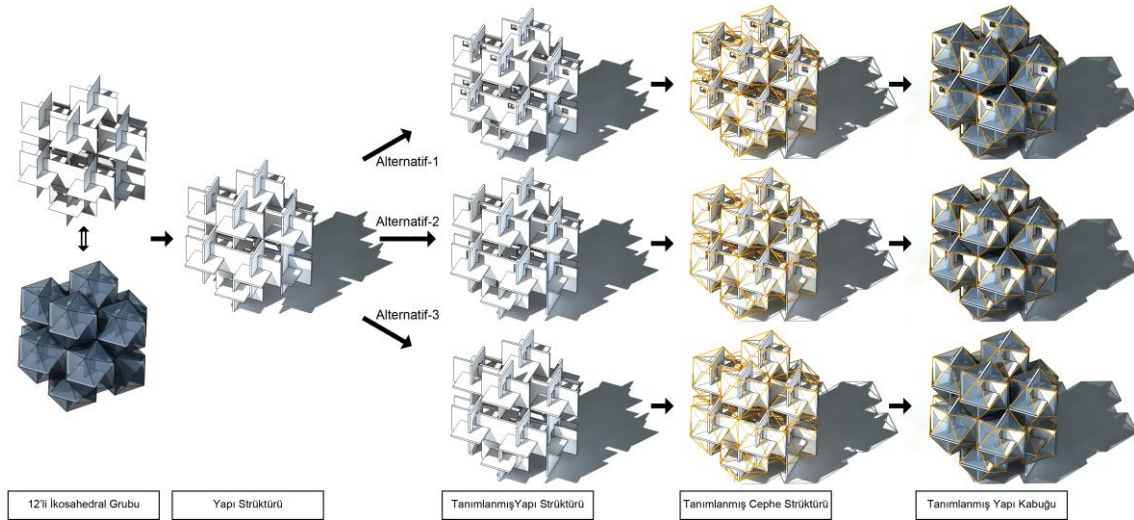
- Mimari tasarımda mekan oluşturacak kurgular düşünüldüğünde, kuasikristal örüntülerde bulunan düzlem kesişim noktaları ve alanları ile kesişimlerin dışında kalan düzlem grupları sistemli hale getirilerek mekansal tanımlar oluşturulabilir. Bu mekansal tanımlar, kullanılan örüntü türünün karakter özellikleriyle de ilişkilendirilebilir Model olarak ele alınacak geometrik yapının, özellikle mikro ölçekte sahip olduğu potansiyel, oluşacak yeni biçimlenişin kimlik özelliklerini belirlemede önemli rol oynayacaktır.

Buna göre, mekanlar atom ya da atom gruplarının ilişkileri gibi birbirileriyle ilişkilendirilebilir. Atom bağlarının sahip olduğu ideal bağ, statik yeterlilik, minimum oranda hacim kaybı ve modülerlik kavramları mekansal dizilimler için kılavuz olma özelliğindedir.

- Türetimler sonucu elde edilen ürünleri birer mimari yapı olarak değerlendirmek ve bunları kendi içinde işlevlendirmek de mümkün olacaktır. Örnek olarak, türetilmiş kuasikristal örüntülerde, konut işlevinde bir yapılanmanın ne şekilde işlerlik kazandığı görülebilir (Şekil 5.17 ve 5.18):



Şekil 5.17. Türetilmiş dodekahedron konut alternatifleri



Şekil 5.18. Türetilmiş ikosahedron konut alternatifleri

## 6. SONUÇ

Tarihte, kumpas ve cetvel yardımıyla mimarların oluşturduğu mükemmel beşli ve onlu sistemler bugün, ileri teknolojilerle üçüncü boyutta yeni anlamlar kazanabilmektedir. Farklı türdeki kuasikristal örüntülerden biri ya da birkaçı örnek olarak ele alınıp, bilgisayar destekli tasarım ve üretim yöntemleri ile çoğaltılmakta, tasarımda etkin olarak kullanılabilen mimari ürünlerin hammaddesi elde edilmektedir.

Dodekahedral ve ikosahedral saf hal geometrilerinin strüktürel alt yapılarından elde edilen verilerle ortaya çıkarılan matematiksel tanımlar, mimarlık bilimi için potansiyeli olan, yorumlanabilir ve yenilikçi fikirlerdir. Doğanın, çözümlerini mikro ölçekte saklı tuttuğu bu matematiksel yapılanmalar mikro ölçekteki işleyiş mekanizmalarının makro ölçekteki işlerliği için de yol gösterici niteliktedir. Güçlü kristal bağ yapısına sahip metallerde gözlenen kuasikristal örüntüler, mimarlık alanında değerlendirildiğinde, güçlü yapı strüktürlerinin de oluşması sağlanacaktır.

Fraktal büyüme olanağına sahip kuasikristal yapılar; mekan-konut-site-kent... büyümesini devam ettirerek, hiyerarşik ve hesaplanabilir yerleşimleri ortaya çıkarabilir. Bu makro ya da gerçek hayata uygulanabilir sistemlerle, mekan dizilimlerinin, vaziyet planı ölçeğindeki yerleşimlerin ve kent planlarının daha aktif olabileceği görüşü ortaya konmaktadır. Moshe Safdie'nin Habitat 67 projesindeki gibi; çevreye daha duyarlı, sosyal paylaşımı daha güçlü ve sürdürülebilir bir mimari oluşumun nitelendirildiği bu aktif yaklaşımlarla, mimarlık kavramı sadece prizmatik ve küresel temel yapıtaşları ile değil, temel geometrik formların türevi olan kristalimsilerle de yeni anlamlar kazanabilme noktasına gelecek ve şekillenecektir.

Mimari tasarım sürecinin en önemli evresi olan ön tasarım evresi, tasarımcının yaratıcılığını destekleyen bir kavram olarak karşımıza çıkar. Bu evrede olabildiği kadar farklı seçeneklerin sunulması, yaklaşım alternatiflerinin ve önerilerin arttırılması önem kazanır. Günümüzde teknolojinin mimari tasarım sürecine dahil olmasıyla birlikte yukarıda bahsedilen kazanımlar ortaya çıkmıştır. Mikro ölçekteki çeşitli örüntülerin

incelenerek, yaratıcı düşünceye katkı sağlayacak mimari kurguların teknoloji destekli oluşturulması, söz konusu düşünceye paralellik gösterir. Ön tasarım süreci böylelikle, yenilikçi ve üretken bir yaklaşım ile desteklenmiş olur.



## KAYNAKLAR

- Abe, E., Tsai, A.P. 2004.** Decagonal structure of  $Al_{72}Ni_{20}Co_8$  studied by atomic-resolution electron microscopy. *Journal of Non-Crystalline Solids*, March, 334–335: 198–201.
- Alpay, Ş. 2001.** Güzelliğin matematiği ya da altın oran. *Bilim ve Ütopya*, Nisan, 66-70.
- Anonim, 1986.** Büyük Larousse sözlük ve ansiklopedisi. İnterpress Basın ve Yayıncılık, Cilt: 8, İstanbul.
- Anonim, 1999.** Büyük Türkçe sözlük, Türk Dil Kurumu. <http://tdkterim.gov.tr/bts/>-(Erişim tarihi: 12.04.2011).
- Anonim, 1999.** Most beautiful quasicrystal image. <http://www.solid.phys.ethz.ch/ott/staff/beeli/awards.html>-(Erişim tarihi: 19.09.2011).
- Anonim, 2006.** Kartal ve Küçükçekmece kentsel dönüşüm projeleri. Zaha Hadid. <http://v3.arkitera.com/competitionproject.php?action=displayProject&ID=88&year=&aID=579>-(Erişim tarihi: 11.07.2012).
- Anonim, 2006.** Kartal ve Küçükçekmece kentsel dönüşüm projeleri. Jüri Değerlendirmesi. <http://v3.arkitera.com/competitionproject.php?action=displayProject&ID=88&year=&aID=587>-(Erişim tarihi: 11.07.2012).
- Anonim, 2006.** Kartal Pendik masterplan. <http://www.zaha-hadid.com/masterplans/kartal-pendik-masterplan/>-(Erişim tarihi: 11.07.2012).
- Anonim, 2007.** Perspective. <http://gallery.cabri.com/en/persp.html>-(Erişim tarihi: 05.08.2012).
- Anonim, 2007.** <http://www.probelog.com>-(Erişim tarihi: 27.07.2012).
- Anonim, 2008.** Carbon nanostructures. <http://uef.saske.sk/en/dtp/research/>-(Erişim tarihi: 08.08.2012).
- Anonim, 2010.** Cornell campus. [http://www.asergeev.com/pictures/k/Cornell\\_campus.htm](http://www.asergeev.com/pictures/k/Cornell_campus.htm)-(Erişim tarihi: 22.04.2012).
- Anonim, 2010.** Plant polen. Electron Microscopy Center. [http://www.ndsu.edu/em\\_lab/images/sem\\_images/plant\\_pollen/](http://www.ndsu.edu/em_lab/images/sem_images/plant_pollen/)-(Erişim tarihi: 27.07.2012).
- Anonim, 2011.** Habitat-67. <http://www.msafdie.com/#/projects/habitat67>-(Erişim tarihi: 30.07.2012).
- Anonim, 2011.** Nakagin Capsule Tower. <http://www.metalocus.es/content/en/blog/nakagin-capsule-tower-tokyo-1969-72>-(Erişim tarihi: 28.07.2012).



**Anonim, 2011.** <http://philfour.com/blog/>-(Erişim tarihi: 17.01.2012).

**Anonim, 2011.** The Plan Voisin, Paris. <http://densityatlas.org/casestudies/profile.php?id=99->(Erişim tarihi: 23.08.2012).

**Anonim, 2011.** Non-Euclidean geometry. [http://www.absoluteastronomy.com/topics/Non-Euclidean\\_geometry-](http://www.absoluteastronomy.com/topics/Non-Euclidean_geometry-)(Erişim tarihi: 03.06.2012).

**Anonim, 2011.** The Penrose tiling in Storey Hall. <http://ztfnews.wordpress.com/2011/04/21/storey-hall/>-(Erişim tarihi: 17.06.2011).

**Anonim, 2012.** <http://atomium.be/#/Photos.aspx>-(Erişim tarihi: 09.08.2012).

**Anonim, 2012.** Quasicrystal. <http://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Quasicrystal.html>-(Erişim tarihi: 09.08.2012).

**Anonim, 2012.** Order, rhythm and pattern. Graham Shawcross Architect. <http://grahamshawcross.com/2012/10/12/wang-tiles-and-aperiodic-tiling->(Erişim tarihi: 14.10.2012).

**Anonim, 2012.** The Eden project: The Biomes. <http://grimshaw-architects.com/project/the-eden-project-the-biomes/>-(Erişim tarihi: 08.08.2012).

**Anonim, 2012.** Euclid's postulates. <http://www.math.harvard.edu/~ctm/home/text/class/harvard/113/97/html/euclid.html>-(Erişim tarihi: 18.06.2012).

**Anonim, 2012.** The dome of St. Peter's. <http://classes.yale.edu/fractals/panorama/Architecture/DomeStPete/DomeStPete.html>-(Erişim tarihi: 09.06.2012).

**Anonim, 2012.** Leonardo's fractal designs. <http://classes.yale.edu/fractals/panorama/Architecture/daVinci/daVinci.html>-(Erişim tarihi: 09.06.2012).

**Aranda, B., Lasch, C. 2007.** Aranda / Lasch: From control to design, parametric / algorithmic architecture, Editörler: Sakamoto, T., Ferre, A., Ingoprint SL, Barcelona, Spain, pp: 194-217.

**Barba, F., 2011.** Schematic design. <http://www.bdgarchitecture.com/architectural.php>-(Erişim tarihi: 04.09.2012).

**Beirao, J.N., Duarte, J.P., 2009.** Urban design with patterns and shape rules. [http://www.bquadrado.com/paginas\\_web/targets/grammars/UrDePaShRu\\_nefi.pdf](http://www.bquadrado.com/paginas_web/targets/grammars/UrDePaShRu_nefi.pdf)-(Erişim tarihi: 24.08.2012).

**Bindi, L., Steinhardt, P.J., Yao, N., Lu, P.J., 2009.** Natural quasicrystals. Science Magazine. [http://www.sciencemag.org/content/324/5932/1306 .full](http://www.sciencemag.org/content/324/5932/1306.full)-(Erişim tarihi: 30.03.2011).

- Bindi, L., Steinhardt, P.J., 2012.** The discovery of the first natural quasicrystal. [http://www.phy.princeton.edu/~steinh/Bindi%20&%20Steinhardt\\_2012\\_elements.pdf](http://www.phy.princeton.edu/~steinh/Bindi%20&%20Steinhardt_2012_elements.pdf)- (Erişim tarihi: 22.05.2012).
- Blacha, M., Bots, A., 2008.** Nature's experiences for building technology. <http://www.arnopronk.com/bestanden/acapulco2%20def%20Arno%20Pronk.pdf>- (Erişim tarihi: 29.04.2011).
- Bolyai, J. 2006.** Non-euclidean geometries. Springer Science & Business Media Inc., New York, USA, 506 pp.
- Bourdillon, A.J., 2011.** Quasicrystals, logarithmically periodic. <http://www.youtube.com/watch?v=A6vpsWv9nsQ->(Erişim tarihi: 13.02.2012).
- Bourke, P., 1991.** An introduction to fractals. <http://paulbourke.net/fractals/fracintro/>- (Erişim tarihi: 08.08.2012).
- Bovill, C. 1996.** Fractal geometry in architecture and design. Birkhauser Verlag AG, Boston, USA, 195 pp.
- Bökü, A. 2009.** Biçim grameri türetme yönteminin Anadolu Selçuklu geometrik bezemeleri üzerinde denenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- Cavia, A.B., 2010.** Microplexes. <http://www.urbagram.net/v1/show/Microplexes-> (Erişim tarihi: 23.08.2012).
- Çağdaş, G., 1996.** A shape grammar: The language of traditional Turkish houses. [http://gsct3237.kaist.ac.kr/e-lib/ShapeGrammar/A%20shape%20grammar\\_the%20language%20of%20traditional%20Turkish%20Houses.pdf](http://gsct3237.kaist.ac.kr/e-lib/ShapeGrammar/A%20shape%20grammar_the%20language%20of%20traditional%20Turkish%20Houses.pdf) -(Erişim tarihi: 07.08.2012).
- Çağdaş, G., Gözübüyük, G., Ediz, Ö. 2006.** Mimari tasarımda fraktal kurguya dayalı form üretimi. *Journal of İstanbul Kültür University*, 1(12): 2 s.
- Çakır, M. 2006.** Bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ile ortaya çıkan form üretim teknikleri. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, İstanbul.
- Devaney, R.L., 1995a.** Iteration. <http://math.bu.edu/DYSYS/FACGEOM/node1.html>- (Erişim tarihi: 26.08.2012).
- Devaney, R.L., 1995b.** The Mandelbrot set. <http://math.bu.edu/DYSYS/FACGEOM/node2.html>-(Erişim tarihi: 26.08.2012).
- Duffy, K., 2001.** Using quasig. <http://condellpark.com/kd/quasigh.htm>-(Erişim tarihi: 10.09.2011).

- Dunlap, R.A. 1997.** The golden ratio and Fibonacci numbers. World Scientific Publishing, Singapore, 163 pp.
- Dutch, S., 1999.** Aperiodic tilings. <http://www.uwgb.edu/dutchs/symmetry/aperiod.htm>-(Erişim tarihi: 15.04.2012).
- Ediz, Ö., Çağdaş, G. 2005.** Mimari tasarımıda fraktal kurguya dayalı üretken bir yaklaşım. *itüdergisi/a*, 4(1): 71-83.
- Ediz, Ö., Erbil, Y., Akıncıtürk, N. 2010.** Günümüz mimarlığının dinamikleri: Iceberg'in görünmeyen yüzü. *Mimarlık*, 47(354): 49-52.
- Ediz, Ö., Kırılı, G. 2012.** Mikro ölçekteki kurguların mimari tasarımıda yaratıcı modeller olarak kullanılması. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu, 18 Mayıs 2012, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Erbudak, M. 1998.** Yüzey atomlarının dizilişleri ve bunların deneylerle saptanması. *Bilim ve Teknik Dergisi*, Şubat 1998, 363: 34-41.
- Erbudak, M., 2007.** Doğal simetriler ve kuasikristallerin atom yapıları. <http://nucleus.istanbul.edu.tr/~cfe/birinci/mak2/index.html>-(Erişim tarihi: 03.08.2012).
- Erdoğan, E., Sorguç, A.G. 2011.** Hesaplamalı modeller aracılığıyla mimari ve doğal biçim üretim ilkelerini ilişkilendirmek. *METU JFA*, 28(2): 269-281.
- Escudero, J. 2011.** Branched surfaces and colored patterns. ISEA 2011, The 17th. International Symposium on Electronic Art 14-21 September, 2011, İstanbul.
- Fuke, M., 2011.** Sculptures. <http://mauro-fuke-sculptures.blogspot.com/>-(Erişim tarihi: 07.08.2012).
- Garcia, M. 2009.** Patterns of architecture. *Architectural Design*, 79(6): 143 pp.
- Gardner, M. 1997.** Penrose tiles to trapdoor ciphers: And the return of Dr Matrix. Cambridge University Press, New York, USA, 329 pp.
- Gleick, J. 1995.** Chaos: making a new science. Penguin Books Inc., New York, USA, 352 pp.
- Gomez, P.A., Pelletier, L. 1997.** Architectural representation and the perspective hinge. MIT Press, Massachusetts, USA, 525 pp.
- Gözübüyük, G. 2007.** Farklı mimari dillerde fraktallere dayalı form üretimi. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- Hasol, D. 1998.** Ansiklopedik mimarlık sözlüğü, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, 520 s.

- Jan, J., Simpson, T., 2007.** The golden ratio: Epitome of mathematical beauty. <http://www.docstoc.com/docs/3571283/Epitome-of-Mathematical-Beauty-Jenny-Jan-and-Tia-Simpson-The->(Erişim tarihi: 15.10.2011).
- Karian, Z., 2007.** Golden section. <http://personal.denison.edu/~karian/goldensection/images/GoldenE.gif>-(Erişim tarihi: 17.01.2012).
- Kepes, G. 1995.** Language of vision. Dover Publications Inc., New York, USA, 224 pp.
- Kisho, K., 2006.** Project for a Helix city. <http://www.kisho.co.jp/page.php/200->(Erişim tarihi: 07.08.2012).
- Knight, T.W. 1993.** Color grammars: the representation of form and color in designs. *Leonardo*, 26(2): 117-124.
- Knight, T.W., 1999.** Applications in architectural design, and education and practice. <http://www.shapegrammar.org/education.pdf>-(Erişim tarihi: 29.04.2011).
- Knight, T.W., 2000a.** Original design: Transformations of grammars. <http://www.mit.edu/~tknight/IJDC/figure12.htm>-(Erişim tarihi: 18.04.2011).
- Knight, T.W., 2000b.** Original design: Transformations of grammars. [http://www.mit.edu/~tknight/IJDC/frameset\\_history\\_design\\_cg.htm](http://www.mit.edu/~tknight/IJDC/frameset_history_design_cg.htm)-(Erişim tarihi: 18.04.2011).
- Koh, J., 2004.** Ecological reasoning and architectural imagination. Wageningen University. <http://edepot.wur.nl/31548->(Erişim tarihi: 22.01.2012).
- Kuban, D. 2002.** Mimarlık kavramları, tarihsel perspektif içinde mimarlığın kuramsal sözlüğüne giriş, YEM Yayınları, İstanbul, 107 s.
- Kurt, E.K., 2010.** Brunelleschi modern sanatçı mitinin ilk temsilcisi miydi? <http://alanistanbul.com/turkce/wp-content/uploads/2010/08/186.pdf>-(Erişim tarihi: 16.04.2012).
- Kusserow, B., 1998.** Sensitive geometry. Damrau Kusserow Architekten BDA. <http://www.damrau-kusserow.de/index.php?pageid=118->(Erişim tarihi: 22.01.2012).
- Laylin, T., 2012.** There's a Burj Qatar by Jean Nouvel and it's the World's best tall building. <http://www.greenprophet.com/2012/10/burj-qatar-by-jean-nouvel/>-(Erişim tarihi: 25.10.2012).
- Lee, M., 2011.** New projects is in under-construction now. [http://itp.nyu.edu/~msl364/interactive\\_architecture/](http://itp.nyu.edu/~msl364/interactive_architecture/)-(Erişim tarihi: 05.06.2012).
- Lidin, S. 2011.** The discovery of quasicrystals. Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry, 5 October 2011, Stockholm, Sweden.

- Lockerbie, J., 2012.** Islamic design. <http://catnaps.org/islamic/islaurb3.html>-(Erişim tarihi: 11.08.2012).
- Lorenz, E.N., 1996.** Predictability: A problem partly solved. [ftp://mana.soest.hawaii.edu/pub/rlukas/LSASI/ENSO/Prediction/Predicability\\_a\\_Problem\\_2006.pdf](ftp://mana.soest.hawaii.edu/pub/rlukas/LSASI/ENSO/Prediction/Predicability_a_Problem_2006.pdf)-(Erişim tarihi: 26.04.2012).
- Lu, P.J., Steinhardt, P.J., 2007.** Decagonal and quasi-crystalline tilings in medieval Islamic architecture. Science Magazine. <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/315/5815/1106>-(Erişim tarihi: 27.08.2012).
- Mandelbrot, B.B. 1997.** Fractals and scaling in finance: Discontinuity, concentration, risk. Springer Science and Business Media Inc., New York, USA, 562 pp.
- Mandelbrot, B.B. 2002.** Gaussian self-affinity and fractals. Springer Verlag New York Inc., New York, USA, 664 pp.
- Mindeguia, F.M., 2012.** Axonometry before Auguste choisy. Arquitectura en Dibujos Exemplars. <http://etsavega.net/dibex/Choisy-antes-e.htm>-(Erişim tarihi: 23.08.2012).
- Mullen, C.T., 1997.** Euclid's postulates. <http://www.math.harvard.edu/~ctm/home/text/class/harvard/113/97/html/euclid.html>-(Erişim tarihi: 08.08.2012).
- Mutlu, N. 2006.** Genetik teknolojisi ve mimarlık arakesitinde var olma olasılıkları. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- Naumann, R. 1998.** Eski Anadolu mimarlığı. Türk Tarih Kurumu, Ankara, 521 s.
- Necefoğlu, H. 2010.** Ortak tarih ve kültür bilincinin oluşmasında kristalografik motiflerin rolü. Yirmibirinci Yüzyılda Türk Dünyası, Uluslararası Sempozyum Bildirileri, 2-5 Aralık, 2010, Lefke, KKTC.
- Onat, E. 2010.** Mimarlık, form ve geometri. YEM Yayın, İstanbul, 104 s.
- Orbey, B., Şener, S.M. 2012.** Kentsel tasarıma sayısal yaklaşımlar. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu, 18 Mayıs 2012, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Özkaraduman, T. 2007.** Geleneksel mimari dil için geliştirilen tasarım grameri: Mardin. *Yüksek Lisans Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özülkü, Ö. 2010.** Modern mimarlıkta doğadan etkilenen form ve geleceğe yönelik yaklaşımlar. *Yüksek Lisans Tezi*, MSGSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- Prange, S.R., 2009.** The tiles on infinity. <http://www.saudiaramcoworld.com/issue/200905/the.tiles.of.infinity.htm>-(Erişim tarihi: 14.05.2012).

- Roth, L.M. 2000.** Mimarlığın öyküsü. Kabalcı Yayınları, İstanbul, 720 s.
- Sakai, T. 1996.** Riemannian geometry. Translations of Mathematical Monographs, vol. 149, American Mathematical Society, USA, 358 pp.
- Savard, J.J.G., 2012a.** Pentagonal tessellations. <http://www.quadibloc.com/math/penint.htm>-(Erişim tarihi: 01.08.2012a).
- Savard, J.J.G., 2012b.** Penrose tilings. <http://www.quadibloc.com/math/pen01.htm>-(Erişim tarihi: 01.08.2012b).
- Sbacchi, M., 2001.** Euclidism and theory of architecture. Nexus Network Journal. <http://www.emis.de/journals/NNJ/Sbacchi.html>-(Erişim tarihi: 22.01.2012).
- Schwartz, R., 2007.** Penrose tiling basics. <http://www.math.brown.edu/~res/MFS/handout7.pdf>-(Erişim tarihi: 09.08.2012).
- Shechtman, D., Blech, I., Gratias, D., Cahn, J.W. 1984.** Metallic phase with long-range orientational order and no translational symmetry. *Physical Review Letters*, 53(20): 1951-1953.
- Shechtman, D., 2011.** A remarkable mosaic of atoms. The Nobel Prize in Chemistry 2011. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2011/press.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2011/press.html)-(Erişim tarihi: 12.08.2012).
- Stiny, G., Gips, J., 1971.** Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture. [www.shapegrammar.org/ifip/SGIFIPSubmitted.pdf](http://www.shapegrammar.org/ifip/SGIFIPSubmitted.pdf)-(Erişim tarihi: 29.04.2011).
- Surtees, M., 2008.** Living patterns. <http://designnotes.info/?p=1242>-(Erişim tarihi: 13.06.2012).
- Talu, N. 2010.** Modernlik söylemi: Endişeli bakışlarda modern birey. *METU JFa* 2010/1, 27(2): 141-171.
- Tibell, G., 2008.** Euclid, mathematics past and present. [http://www.linnaeus.uu.se/online/math/1\\_1.html](http://www.linnaeus.uu.se/online/math/1_1.html)-(Erişim tarihi: 18.04.2011).
- Torquato, S., Jiao, Y., 2009.** Dense packings of the Platonic and Archimedean solids. Nature Journal. [http://www.nature.com/nature/journal/v460/n7257/fig\\_tab/nature08239\\_F1.html](http://www.nature.com/nature/journal/v460/n7257/fig_tab/nature08239_F1.html)-(Erişim tarihi: 18.04.2012).
- Tümer, G. 2007.** İnsanlar, kentler ve meydanlar. *Mimarlık*, (334): s 22.
- Ulu, E. 2009.** İslami geometrik örüntü türetimi amaçlı bir biçim grameri modeli. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, İstanbul.
- Utkutuğ, G. 2002.** Nanorobotlar. *Mimarlık*, Bilim ve Teknik Kasım 2002 eki, s. 23.

**Uzun, H., Fındık, F., Salman, S. 2008.** Malzeme biliminin temelleri. Değişim Yayınları, İstanbul, 288 s.

**Yılmaz, M. 2011.** Dopamine sensing with carbon nanotubes and graphite electrodes. *MSc Thesis*, Faculty of Electrical Engineering, Vanderbilt University, Tennessee, USA.

**Yuan, X., Lee, J.H., Kaist, Y.W., 2011.** A new perspective to look at ice-ray grammar. <http://gsct3237.kaist.ac.kr/Research/2011/CAADRIA11.pdf>-(Erişim tarihi: 06.12.2011).

**Vitruvius, 1990.** Mimarlık üzerine on kitap. Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı, Ankara, 240 s.

**Weber, S., 1996.** Tiling 1.2. <http://www.jcrystal.com/steffenweber/dos/weber12.html>-(Erişim tarihi: 11.09.2011).

**Willging, P., 2000.** Penrose tilings. <http://lrs.ed.uiuc.edu/students/willging/Tiling/Tiling.html> -(Erişim tarihi: 22.07.2012).

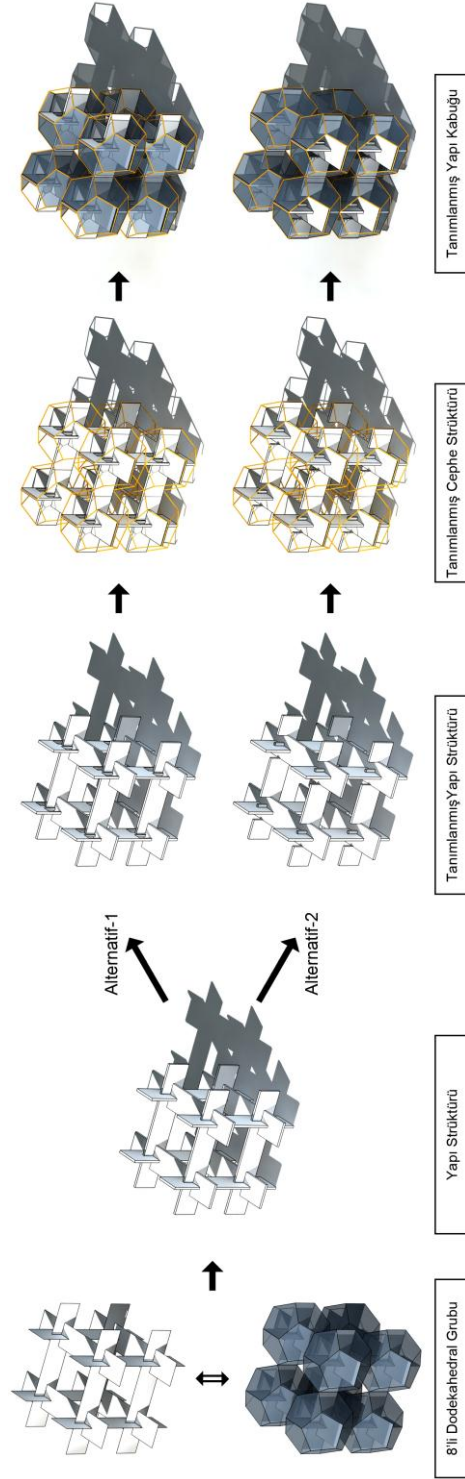
**Wong, H., Lim, S.H., 2010.** Structural cell skyscraper. <http://www.evolo.us/competition/structural-cell-skyscraper/>-(Erişim tarihi: 27.07.2012).

**Zhengyou, L., Youyan, L., Decheng, T., Haibo, X. 1995.** Scaling and scaling-relevant dynamical properties of penrose tiling. *Chinese Physics Letters*, 12(2): 98-101.

## EKLER

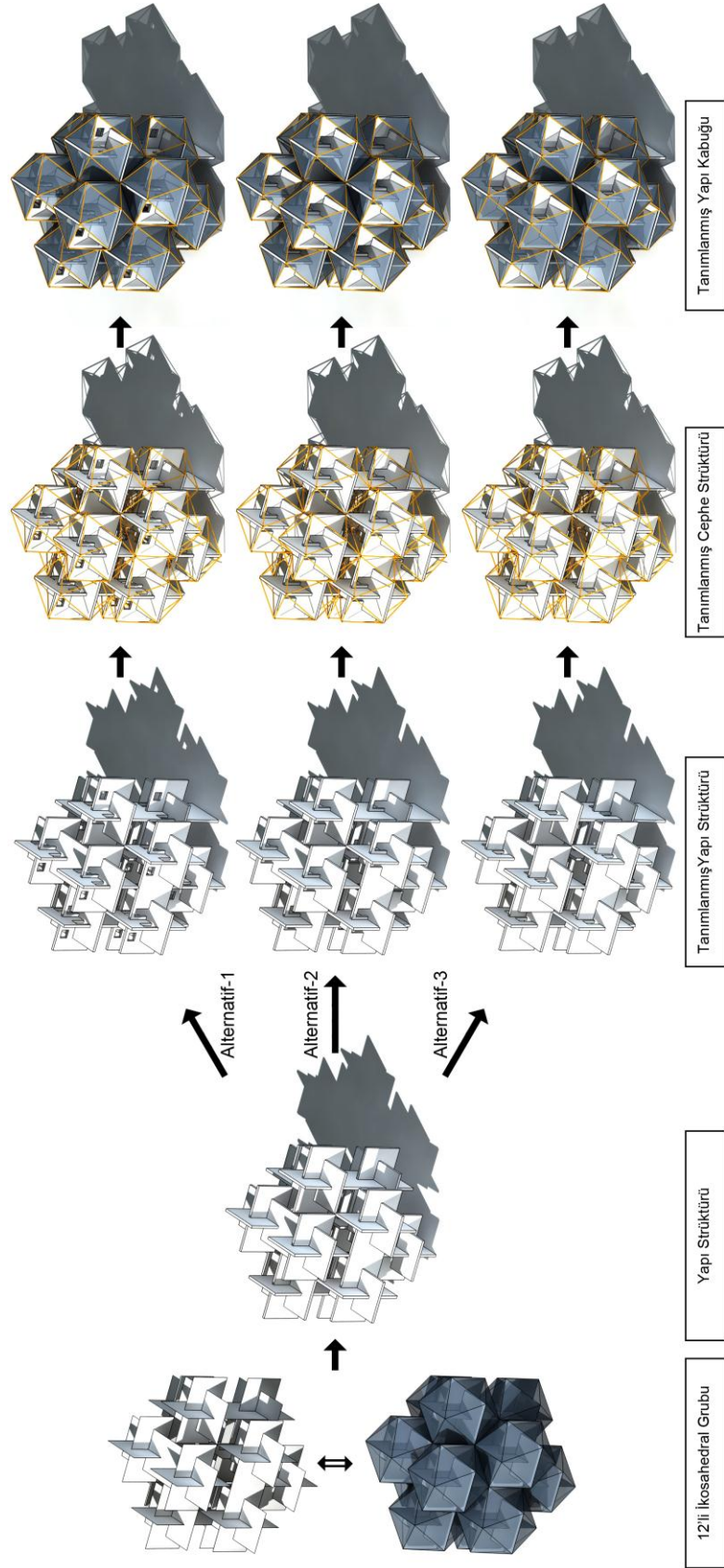
**EK 1:** Türetilmiş dodekahedron konut alternatifleri

**EK 2:** Türetilmiş ikosaedron konut alternatifleri



**Şekil 1.** Türetilmiş dodekahedron konut alternatifleri





Şekil 2. Türetilmiş ikosahedron konut alternatifleri

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa YILMAZ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Kırcaali / BULGARİSTAN - 26.09.1982  
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bursa Erkek Lisesi  
Fen Bölümü –2001 (Mezuniyet)

Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi  
Mimarlık Bölümü –2006 (Mezuniyet)

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi  
Mimarlık Bölümü – 2012 (Mezuniyet)

Çalıştığı Kurum : Bursa Nilüfer Belediyesi  
Fen İşleri Müdürlüğü

İletişim : musyil82@yahoo.com