

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI MİMARİ DİLLERDE FRAKTALLERE DAYALI  
FORM ÜRETİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Mimar Gaye GÖZÜBÜYÜK**

**Anabilim Dalı : MİMARLIK**

**Programı : MİMARİ TASARIM**

**HAZİRAN 2007**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI MİMARİ DİLLERDE FRAKTALLERE DAYALI  
FORM ÜRETİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Mimar Gaye GÖZÜBÜYÜK  
(502041017)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007  
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2007**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Gülen ÇAĞDAŞ  
Diğer Jüri Üyeleri Y.Doç.Dr. Yüksel DEMİR  
Prof.Dr. Lale BERKÖZ**

**HAZİRAN 2007**

## ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında başlangıcından sonuçlanmasına kadar tüm aşamalarında değerleri fikirleri ile bana yol gösteren, katkıda bulunan ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ ' a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışmalarım sırasında sağladığı dokümanlar için Y. Doç. Dr. Yüksel DEMİR' e teşekkür ederim.

Gösterdikleri sonsuz sevgi, anlayış ve verdikleri destek için aileme teşekkürlerimi sunarım.

Gaye GÖZÜBÜYÜK

Haziran, 2007

## İÇİNDEKİLER

|                                                              |             |
|--------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>KISALTMALAR</b>                                           | <b>vi</b>   |
| <b>TABLO LİSTESİ</b>                                         | <b>vii</b>  |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b>                                         | <b>viii</b> |
| <b>ÖZET</b>                                                  | <b>xii</b>  |
| <b>SUMMARY</b>                                               | <b>xiv</b>  |
| <b>1. GİRİŞ</b>                                              | <b>1</b>    |
| 1.1. Tezin Amacı                                             | 2           |
| 1.2. Tezin Kapsamı                                           | 3           |
| <b>2. FRAKTALLER VE FRAKTAL GEOMETRİ</b>                     | <b>5</b>    |
| 2.1. Fraktaller                                              | 6           |
| 2.1.1. Fraktal Geometri ve Kendine Benzerlik                 | 7           |
| 2.1.2. Fraktal Geometrinin Kullanım Alanları                 | 9           |
| 2.2. Geometri ve Boyut                                       | 11          |
| 2.2.1. Euclidean Boyut                                       | 11          |
| 2.2.2. Topolojik Boyut                                       | 12          |
| 2.2.3. Fraktal Boyut                                         | 12          |
| 2.2.4. Fraktal Boyut Hesaplama Yöntemleri                    | 13          |
| 2.2.4.1. Hausdorff – Besicovitch Boyutu                      | 14          |
| 2.2.4.2. Kutu Sayım Yöntemi                                  | 15          |
| 2.2.4.3. Benzerlik Boyutu                                    | 17          |
| 2.2.4.4. Kütle Boyutu                                        | 19          |
| 2.2.4.5. Alan Çevre İlişkisi                                 | 20          |
| 2.3. Kaos ve Fraktal Geometri                                | 21          |
| 2.3.1. Kaos                                                  | 21          |
| 2.3.1.1. Belirlenimcilik                                     | 22          |
| 2.3.1.2. Başlangıç Durumu                                    | 22          |
| 2.3.1.3. Evrensellik                                         | 23          |
| 2.3.2. Kaos'un İfade Edilmesi                                | 23          |
| 2.4. Fraktaller ve Hücresel Özdevinim                        | 27          |
| 2.4.1. Konum Uzayı                                           | 28          |
| 2.4.2. Hücre Komşuluğu                                       | 28          |
| 2.4.3. Hücrelerin Sahip Olabileceği Konumların Sayılabilmesi | 30          |
| 2.4.4. Hücresel Özdevinim Kuralları                          | 31          |
| 2.5. Çoklu Fraktaller                                        | 31          |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5.1. Eşit Olmayan Olasılıklar                                          | 31        |
| 2.5.2. Değişken Olasılık Histogramları                                   | 32        |
| <b>3. FRAKTAL TÜRLERİ VE FRAKTAL ÜRETİM YÖNTEMLERİ</b>                   | <b>35</b> |
| 3.1. Doğal Fraktaller                                                    | 35        |
| 3.2. Yapay Fraktaller                                                    | 38        |
| 3.2.1. Düzenli Fraktaller ve Üretim Yöntemleri                           | 39        |
| 3.2.1.1. Gerçek Matematiksel Fraktaller                                  | 39        |
| 3.2.1.2. Yinelenen Fonksiyon Sistemi ile Oluşturulan Fraktaller          | 42        |
| 3.2.1.3. Lindenmayer Sistemi                                             | 43        |
| 3.2.1.4. Kaotik Fraktallerin Oluşturulma Yöntemleri                      | 44        |
| 3.2.1.5. Orbital Fraktalların (Garip Çekicilerin) Oluşturulma Yöntemi    | 45        |
| 3.2.2. Düzensiz Fraktaller ve Üretim Yöntemleri                          | 46        |
| 3.2.2.1. Brownian Hareketi                                               | 46        |
| 3.2.2.2. Yayılma ile Sınırlı Küme ve Üretim Yöntemi                      | 47        |
| 3.2.2.3. Orta Noktanın Yer Değiştirmesi Yöntemi                          | 47        |
| 3.2.2.4. Düzenli Fraktallerden Üretilen Düzensiz Fraktaller              | 48        |
| 3.2.3. Kendine Benzerlik Özelliklerine göre Fraktaller                   | 49        |
| 3.2.4. Fraktal Üretim yöntemlerinin Mimarlıkta Kullanılması              | 50        |
| <b>4. MİMARİDE FRAKTALLER</b>                                            | <b>53</b> |
| 4.1. Mimarlık ve Geometri                                                | 54        |
| 4.1.1. Mimarlık ve Euclidean Geometri                                    | 54        |
| 4.1.2. Mimarlık ve Fraktal Geometri                                      | 55        |
| 4.1.3. Mimaride Fraktal Karakteristiğinin Belirlenmesi                   | 58        |
| 4.1.4. Mimaride Fraktal Karakteristiği Etkileyen Faktörler               | 61        |
| 4.2. Mimarlık Tarihi ve Fraktal Kurgular                                 | 67        |
| 4.2.1. Gotik Mimari                                                      | 68        |
| 4.2.2. Barok Ve Rokoko                                                   | 69        |
| 4.2.3. Modern Mimari                                                     | 70        |
| 4.2.4. Organik Mimari                                                    | 72        |
| 4.2.5. Çağdaş Mimari                                                     | 78        |
| 4.3. Fraktal Kentler                                                     | 82        |
| 4.3.1. Tarihsel Süreç İçerisinde Fraktal Kentler                         | 85        |
| 4.3.2. Kent Modelleri                                                    | 90        |
| <b>5. FARKLI YÖRESEL MİMARİLER İÇİN FRAKTALLERE DAYALI KÜTLE ÜRETİMİ</b> | <b>98</b> |
| 5.1. Yöresel Mimariler ve Fraktal Değer                                  | 99        |
| 5.2. Alan Çalışması: Kariye                                              | 99        |

|                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2.1. Proje Alanı                                                   | 100        |
| 5.2.2. Kariye Bölgesi İçin Yapılan Fraktal Değer Analizleri          | 102        |
| 5.2.2.1. Vaziyet Planı Ölçeğinde Yapılan Fraktal Değer Hesaplamaları | 102        |
| 5.2.2.2. Sokak Ölçeğinde Yapılan Fraktal Değer Hesaplamaları         | 105        |
| 5.2.2.3. Bina Ölçeğinde Yapılan Fraktal Değer Hesaplamaları          | 109        |
| 5.2.3. Kariye Bölgesi İçin Fraktallere Dayalı Kütle Üretimi          | 111        |
| 5.3. Alan Çalışması: Mardin                                          | 116        |
| 5.3.1. Proje Alanı                                                   | 118        |
| 5.3.2. Mardin İli için Yapılan Fraktal Değer Analizleri              | 119        |
| 5.3.2.1. Vaziyet Planı Ölçeğinde Yapılan Fraktal Değer Hesaplamaları | 119        |
| 5.3.2.2. Bina Ölçeğinde Yapılan Fraktal Değer Hesaplamaları          | 121        |
| 5.3.3. Mardin İli İçin Fraktallere Dayalı Kütle Üretimi              | 124        |
| <b>6. SONUÇLAR</b>                                                   | <b>129</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                                     | <b>133</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                                      | <b>138</b> |

## KISALTMALAR

|                      |                                                          |
|----------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>DNA</b>           | :Deoksiribonükleik asit                                  |
| <b>HB</b>            | :Hausdorff-Besicovitch boyutu                            |
| <b>D<sub>b</sub></b> | :Kutu sayım metoduna göre fraktal boyut                  |
| <b>d<sub>s</sub></b> | :Benzerlik boyutu                                        |
| <b>IFS</b>           | :(Iterated Function System)Yinelenen Fonksiyon Sistemi   |
| <b>DLA</b>           | :(Diffusion-Limited Aggregation)Yayılma ile sınırlı küme |
| <b>DBM</b>           | :(Dielectric Breakdown Model) Yalıtkan Kırılma Modeli    |

## TABLO LİSTESİ

|                                                                                  | <b>Sayfa No</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Tablo 2.1</b> Fraktal geometri ve Euclid geometrisi arasındaki farklar.....   | 8               |
| <b>Tablo 2.2</b> Hücre komşuluk türleri.....                                     | 29              |
| <b>Tablo 4.1</b> Planların fraktal boyutu.....                                   | 59              |
| <b>Tablo 4.2</b> Cephelerin fraktal boyutu.....                                  | 60              |
| <b>Tablo 4.3</b> Simetrik cephe kurgusunun fraktal boyutu.....                   | 62              |
| <b>Tablo 4.4</b> Asimetrik cephe kurgusunun fraktal boyutu.....                  | 62              |
| <b>Tablo 4.5</b> Tuğla cephe kurgusunun fraktal boyutu.....                      | 63              |
| <b>Tablo 4.6</b> Ahşap cephe kurgusunun fraktal boyutu.....                      | 64              |
| <b>Tablo 4.7</b> Gosaldo evlerinin fraktal boyutu.....                           | 65              |
| <b>Tablo 4.8</b> Borca evlerinin fraktal boyutu.....                             | 66              |
| <b>Tablo 4.9</b> Syracuse'daki Dor tapınağının bölümlerinin fraktal boyutu.....  | 76              |
| <b>Tablo 5.1</b> Kariye Bostanı Sokak ve yakın çevresine ait yerleşim planı..... | 101             |
| <b>Tablo 5.2</b> Vaziyet planının fraktal boyutu.....                            | 105             |
| <b>Tablo 5.3</b> Sokak Silüetinin fraktal boyutu.....                            | 107             |
| <b>Tablo 5.4</b> Diğer Sokak Silüetinin fraktal boyutu.....                      | 109             |
| <b>Tablo 5.5</b> Binanın fraktal boyutu.....                                     | 110             |
| <b>Tablo 5.6</b> Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu.....   | 113             |
| <b>Tablo 5.7</b> Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu.....   | 113             |
| <b>Tablo 5.8</b> Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu.....   | 114             |
| <b>Tablo 5.9</b> Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu.....   | 114             |
| <b>Tablo 5.10</b> Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu.....  | 115             |
| <b>Tablo 5.11</b> Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim kutu tablosu..... | 115             |
| <b>Tablo 5.12</b> Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim kutu tablosu..... | 116             |
| <b>Tablo 5.13</b> Ana cadde ve Mardin'deki proje alanı.....                      | 118             |
| <b>Tablo 5.14</b> Vaziyet planının fraktal boyutu.....                           | 121             |
| <b>Tablo 5.15</b> Binanın fraktal boyutu.....                                    | 124             |
| <b>Tablo 5.16</b> Özgün kütle ve orijinal kütle arasındaki benzerlik.....        | 126             |
| <b>Tablo 5.17</b> Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu.....  | 126             |
| <b>Tablo 5.18</b> Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu.....  | 127             |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                              | <b>Sayfa No</b> |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 2.1 :Tekrarlar sonucu oluşma .....                                     | 6               |
| Şekil 2.2 :Cantor Kümesi .....                                               | 7               |
| Şekil 2.3 :Britanya Kıyıları .....                                           | 7               |
| Şekil 2.4 :Kendine Benzerlik .....                                           | 8               |
| Şekil 2.5 :Kendine Benzerlik bütün parça ilişkisi.....                       | 8               |
| Şekil 2.6 :Kendine Benzerlik ve Koch eğrisi .....                            | 9               |
| Şekil 2.7 :Fraktal Resimler .....                                            | 10              |
| Şekil 2.8 :Peano eğrisi .....                                                | 12              |
| Şekil 2.9 :Menger süngeri.....                                               | 13              |
| Şekil 2.10 :Etkisiz Ölçüm .....                                              | 14              |
| Şekil 2.11 :Koch Eğrisi .....                                                | 15              |
| Şekil 2.12 :Kutu Sayım Yöntemi .....                                         | 15              |
| Şekil 2.13 :Kutu Sayım Yöntemi - Koch eğrisi .....                           | 16              |
| Şekil 2.14 :Koch Eğrisi .....                                                | 16              |
| Şekil 2.15 :Kutu Sayım yöntemi Grafiği ve bu grafikte kullanılan değerler..  | 16              |
| Şekil 2.16 :Dikdörtgen .....                                                 | 17              |
| Şekil 2.17 :Kutu sayım yöntemi Grafiği ve bu grafikte kullanılan değerler... | 17              |
| Şekil 2.18 :Tekrarlanan parçaların boyutlarının aynı olduğu durum.....       | 18              |
| Şekil 2.19 :Tekrarlanan parçaların boyutlarının aynı olmadığı durum.....     | 18              |
| Şekil 2.20 :Moran Formülü Uygulaması .....                                   | 19              |
| Şekil 2.21 :Kütle Boyutu .....                                               | 19              |
| Şekil 2.22 :Alan Çevre ilişkisi .....                                        | 20              |
| Şekil 2.23 :Lorenz'in Başlangıç Durumuna Hassas Bağlılık grafiği .....       | 23              |
| Şekil 2.24 :İkiye Katlama .....                                              | 23              |
| Şekil 2.25 :Test fonksiyonları .....                                         | 23              |
| Şekil 2.26 :Grafiksel Tekrar .....                                           | 24              |
| Şekil 2.27 :Zaman Serileri .....                                             | 24              |
| Şekil 2.28 :Histogram .....                                                  | 25              |
| Şekil 2.29 :Çatallanma Diyagramı .....                                       | 25              |
| Şekil 2.30 :Dönüş Haritası .....                                             | 26              |
| Şekil 2.31 :Driven IFS Plot .....                                            | 26              |
| Şekil 2.32 :Kelly Plot .....                                                 | 26              |
| Şekil 2.33 :Sabit Noktalar .....                                             | 27              |
| Şekil 2.34 :N. Döngüsü .....                                                 | 27              |
| Şekil 2.35 :Tek boyutlu hücre düzenlemesi .....                              | 28              |
| Şekil 2.36 :İki boyutlu hücre düzenlemesi .....                              | 28              |
| Şekil 2.37 :Tek boyutlu hücre dizimi N=3 .....                               | 29              |
| Şekil 2.38 :Tek boyutlu hücre dizimi N=5 .....                               | 29              |
| Şekil 2.39 :İki boyutlu hücre dizimi N=5 .....                               | 30              |
| Şekil 2.40 :İki boyutlu hücre dizimim N=9 .....                              | 30              |
| Şekil 2.41 :Komşuluk Düzeni .....                                            | 30              |
| Şekil 2.42 :Pascal Üçgeni .....                                              | 31              |
| Şekil 2.43 :Eşit olmayan olasılıklar .....                                   | 32              |
| Şekil 2.44 :Nesnenin parçalarındaki olasılık oranı .....                     | 32              |
| Şekil 2.45 :Bir çoklu fraktalin ilk dört çevrimi.....                        | 33              |
| Şekil 2.46 :Çoklu fraktal'in Kesitleri .....                                 | 33              |

|                   |                                                                                            |    |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 2.47</b> | :Çoklu fraktaller ve olasılıkların çeşitlenmesi .....                                      | 33 |
| <b>Şekil 3.1</b>  | :Dağlar .....                                                                              | 36 |
| <b>Şekil 3.2</b>  | :Dalgalar.....                                                                             | 36 |
| <b>Şekil 3.3</b>  | :Nil Nehri.....                                                                            | 37 |
| <b>Şekil 3.4</b>  | :Şelale.....                                                                               | 37 |
| <b>Şekil 3.5</b>  | :Ağaç Dalları.....                                                                         | 38 |
| <b>Şekil 3.6</b>  | :Tropikal Yaprak.....                                                                      | 38 |
| <b>Şekil 3.7</b>  | :Cantor Seti.....                                                                          | 40 |
| <b>Şekil 3.8</b>  | :Koch eğrisi .....                                                                         | 40 |
| <b>Şekil 3.9</b>  | :Minkowski Eğrisi .....                                                                    | 41 |
| <b>Şekil 3.10</b> | :Sierpinski Üçgeni.....                                                                    | 41 |
| <b>Şekil 3.11</b> | :Sierpinski Halısı.....                                                                    | 41 |
| <b>Şekil 3.12</b> | :Eğrelti otu.....                                                                          | 42 |
| <b>Şekil 3.13</b> | :Kar tanesi.....                                                                           | 43 |
| <b>Şekil 3.14</b> | :L-Sistemi .....                                                                           | 43 |
| <b>Şekil 3.15</b> | :L-Sistemi ile oluşturulan ağaç formları .....                                             | 44 |
| <b>Şekil 3.16</b> | :Mandelbrot Kümesi.....                                                                    | 44 |
| <b>Şekil 3.17</b> | :Julia Kümesi .....                                                                        | 45 |
| <b>Şekil 3.18</b> | :Lorenz Çekicisi .....                                                                     | 45 |
| <b>Şekil 3.19</b> | :Lorenz Çekicisi.....                                                                      | 46 |
| <b>Şekil 3.20</b> | :Brownian Hareketi.....                                                                    | 46 |
| <b>Şekil 3.21</b> | :Yayılma ile Sınırlı Küme.....                                                             | 47 |
| <b>Şekil 3.22</b> | :Orta noktanın Yer değiştirmesi.....                                                       | 47 |
| <b>Şekil 3.23</b> | :Orta noktanın Yer değiştirmesi yöntemi ile üretilen yüzey<br>şekilleri.....               | 48 |
| <b>Şekil 3.24</b> | :Üretici yönü.....                                                                         | 48 |
| <b>Şekil 3.25</b> | :Düzensiz Koch Eğrisi.....                                                                 | 48 |
| <b>Şekil 3.26</b> | :Anti-Koch Eğrisi .....                                                                    | 49 |
| <b>Şekil 3.27</b> | :Üretici ve başlangıç biçiminin boyutlarının değişmesi.....                                | 49 |
| <b>Şekil 3.28</b> | :Hilbert Bina blokları .....                                                               | 50 |
| <b>Şekil 3.29</b> | :Fraktal leke etüdü .....                                                                  | 51 |
| <b>Şekil 3.30</b> | :Cardiff Opera binası .....                                                                | 51 |
| <b>Şekil 3.31</b> | :Medine’de akıllı köy projesi.....                                                         | 51 |
| <b>Şekil 3.32</b> | :Ağaç kent projesi .....                                                                   | 52 |
| <b>Şekil 4.1</b>  | :Farnsworth House .....                                                                    | 55 |
| <b>Şekil 4.2</b>  | :Paris Opera binası.....                                                                   | 56 |
| <b>Şekil 4.3</b>  | :İlk aşamada algılanan bina konturları .....                                               | 57 |
| <b>Şekil 4.4</b>  | :İkinci aşamada algılanan Pencere ve kapı boşlukları .....                                 | 57 |
| <b>Şekil 4.5</b>  | :Üçüncü aşamada algılanan detaylar.....                                                    | 57 |
| <b>Şekil 4.6</b>  | :Kadaifçi evleri plan düzenine uygulanan kutu sayım<br>yönteminin 1. ve 2. çevirimi .....  | 59 |
| <b>Şekil 4.7</b>  | :Kadaifçi evleri plan düzenine uygulanan kutu sayım<br>yönteminin 3. ve 4. çevirimi .....  | 59 |
| <b>Şekil 4.8</b>  | :Kadaifçi evleri cephe düzenine uygulanan kutu sayım<br>yönteminin 1. ve 2. çevirimi ..... | 60 |
| <b>Şekil 4.9</b>  | :Kadaifçi evleri cephe düzenine uygulanan kutu sayım<br>yönteminin 3. ve 4. çevirimi ..... | 60 |
| <b>Şekil 4.10</b> | :Simetrik cephe kurgusu üzerinde fraktal boyut analizi .....                               | 61 |
| <b>Şekil 4.11</b> | :Asimetrik cephe kurgusu üzerinde fraktal boyut analizi .....                              | 62 |
| <b>Şekil 4.12</b> | :Tuğla cephe kurgusu üzerinde fraktal boyut analizi .....                                  | 63 |
| <b>Şekil 4.13</b> | :Ahşap cephe kurgusu üzerinde fraktal boyut analizi .....                                  | 63 |
| <b>Şekil 4.14</b> | :Düzensiz bir çevredeki bina dokusu .....                                                  | 64 |
| <b>Şekil 4.15</b> | :Düzgün bir çevredeki bina dokusu .....                                                    | 65 |
| <b>Şekil 4.16</b> | :Gosaldo evlerinin kutu sayım yöntemi ile fraktal boyutunun<br>hesaplanması .....          | 65 |

|                   |                                                                                              |     |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 4.17</b> | :Borca evlerinin kutu sayım yöntemi ile fraktal boyutunun hesaplanması .....                 | 66  |
| <b>Şekil 4.18</b> | :Sıra evler ve fraktal ritm .....                                                            | 67  |
| <b>Şekil 4.19</b> | :Gotik katedralde kullanılan sivri kemer formu .....                                         | 68  |
| <b>Şekil 4.20</b> | :Reims Katedrali .....                                                                       | 69  |
| <b>Şekil 4.21</b> | :Chartres Katedrali gül pencere .....                                                        | 69  |
| <b>Şekil 4.22</b> | :Saint Karl Kilisesi .....                                                                   | 70  |
| <b>Şekil 4.23</b> | :Dresden'de Zwinger .....                                                                    | 70  |
| <b>Şekil 4.24</b> | :Nature Morte a la Pile D'assiettes .....                                                    | 71  |
| <b>Şekil 4.25</b> | :Villa Savoye .....                                                                          | 71  |
| <b>Şekil 4.26</b> | :Ozenfant stüdyo .....                                                                       | 72  |
| <b>Şekil 4.27</b> | :Rietveld Schröder evi .....                                                                 | 72  |
| <b>Şekil 4.28</b> | :Mısır kolonları ve papirüs bitkisi .....                                                    | 73  |
| <b>Şekil 4.29</b> | :Robie Evi .....                                                                             | 74  |
| <b>Şekil 4.30</b> | :Robie Evi .....                                                                             | 74  |
| <b>Şekil 4.31</b> | :Robi evi çelik pencere doğraması .....                                                      | 75  |
| <b>Şekil 4.32</b> | :Unity Tempel .....                                                                          | 75  |
| <b>Şekil 4.33</b> | :Syracuse'daki Dor tapınağı .....                                                            | 76  |
| <b>Şekil 4.34</b> | :MIT öğrenci yurtları .....                                                                  | 78  |
| <b>Şekil 4.35</b> | :Cincinnati üniversitesi sanat ve mimarlık fakültesi .....                                   | 79  |
| <b>Şekil 4.36</b> | :Galinski okulu .....                                                                        | 79  |
| <b>Şekil 4.37</b> | :Amsterdam Binası .....                                                                      | 80  |
| <b>Şekil 4.38</b> | :Parc la Vilette .....                                                                       | 80  |
| <b>Şekil 4.39</b> | :Victoria&Albert Müzesi .....                                                                | 81  |
| <b>Şekil 4.40</b> | :Federasyon Meydanı .....                                                                    | 81  |
| <b>Şekil 4.41</b> | :Federasyon Meydanı .....                                                                    | 82  |
| <b>Şekil 4.42</b> | :Soho Shang Du .....                                                                         | 82  |
| <b>Şekil 4.43</b> | :Dairesel ve Yıldız Şeklinde büyüyen kentler .....                                           | 84  |
| <b>Şekil 4.44</b> | :Londra Kentinin sınırı – 1830 .....                                                         | 84  |
| <b>Şekil 4.45</b> | :Londra Kentinin sınırı – 1960 .....                                                         | 85  |
| <b>Şekil 4.46</b> | :Viyana Kent Sınırı .....                                                                    | 85  |
| <b>Şekil 4.47</b> | :Safranbolu .....                                                                            | 86  |
| <b>Şekil 4.48</b> | :New York .....                                                                              | 86  |
| <b>Şekil 4.49</b> | :Geometrik planlı kent örnekleri .....                                                       | 87  |
| <b>Şekil 4.50</b> | :Kent planları .....                                                                         | 87  |
| <b>Şekil 4.51</b> | :Chandigarh .....                                                                            | 88  |
| <b>Şekil 4.52</b> | :İslamabat .....                                                                             | 89  |
| <b>Şekil 4.53</b> | :Modern bir kentin fraktal olmayan yapısı .....                                              | 90  |
| <b>Şekil 4.54</b> | :Yaşayan kent .....                                                                          | 90  |
| <b>Şekil 4.55</b> | :Fraktal Halılar ve kent planları .....                                                      | 91  |
| <b>Şekil 4.56</b> | :DLA- benzetim ve "gerçek" bir şehir .....                                                   | 91  |
| <b>Şekil 4.57</b> | :DBM kullanılarak yapılan Cardiff şehrinin kentsel büyüme simülasyonu .....                  | 92  |
| <b>Şekil 4.58</b> | :Tokyo Sokak dokusu .....                                                                    | 93  |
| <b>Şekil 4.59</b> | :“Fractal” programı ile yapılan benzetimler .....                                            | 94  |
| <b>Şekil 4.60</b> | :Sovetskii bölgesinin haritası .....                                                         | 95  |
| <b>Şekil 4.61</b> | :En az kare yöntemi ile oluşturulan grafikler.....                                           | 95  |
| <b>Şekil 4.62</b> | :En az kare yöntemi ile oluşturulan grafiklerin Sovetskii haritası üzerine oturtulması ..... | 95  |
| <b>Şekil 4.63</b> | :Fraktal değer tablosu ve fraktal özellik gösteren bölgelerin belirtilmesi .....             | 96  |
| <b>Şekil 4.64</b> | :Fraktal yüzeylerin oluşturulması .....                                                      | 96  |
| <b>Şekil 4.65</b> | :Devriye rotasının belirlenmesi .....                                                        | 96  |
| <b>Şekil 5.1</b>  | :Kariye Camisi .....                                                                         | 100 |
| <b>Şekil 5.2</b>  | :Kariye Camisi .....                                                                         | 100 |

|                   |                                                                                                                          |     |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 5.3</b>  | :Tekfur Sarayı .....                                                                                                     | 100 |
| <b>Şekil 5.4</b>  | :Kariye Bostanı Sokak .....                                                                                              | 101 |
| <b>Şekil 5.5</b>  | :Kariye Bostanı Sokak .....                                                                                              | 101 |
| <b>Şekil 5.6</b>  | :1. çevirim: Izgara sistemi yatay doğrultuda 7 düşey doğrultuda 5 sıradan oluşmaktadır .....                             | 103 |
| <b>Şekil 5.7</b>  | :2. çevirim: Izgara sistemi yatay doğrultuda 14, düşey doğrultuda 10 sıradan oluşmaktadır .....                          | 103 |
| <b>Şekil 5.8</b>  | :3. çevirim: Izgara sistemi yatay doğrultuda 28 düşey doğrultuda 20 sıradan oluşmaktadır .....                           | 104 |
| <b>Şekil 5.9</b>  | :4. çevirim: Izgara sistemi yatay doğrultuda 56 düşey doğrultuda 40 sıradan oluşmaktadır .....                           | 104 |
| <b>Şekil 5.10</b> | :1. çevirim .....                                                                                                        | 106 |
| <b>Şekil 5.11</b> | :2. çevirim .....                                                                                                        | 106 |
| <b>Şekil 5.12</b> | :3. çevirim .....                                                                                                        | 106 |
| <b>Şekil 5.13</b> | :4. çevirim .....                                                                                                        | 106 |
| <b>Şekil 5.14</b> | :1. çevirim .....                                                                                                        | 107 |
| <b>Şekil 5.15</b> | :2. çevirim .....                                                                                                        | 107 |
| <b>Şekil 5.16</b> | :3. çevirim .....                                                                                                        | 108 |
| <b>Şekil 5.17</b> | :4. çevirim .....                                                                                                        | 108 |
| <b>Şekil 5.18</b> | :Bina ölçeğinde yapılan hesaplamaların 1. ve 2. çevirimi .....                                                           | 109 |
| <b>Şekil 5.19</b> | :Bina ölçeğinde yapılan hesaplamaların 3. ve 4. çevirimi .....                                                           | 110 |
| <b>Şekil 5.20</b> | :Kariye Bostanı Sokağın Mevcut durumu .....                                                                              | 111 |
| <b>Şekil 5.21</b> | :Kariye için üretilen kütle alternatifleri (Fraktal Değer 1.7) .....                                                     | 112 |
| <b>Şekil 5.22</b> | :Kariye için üretilen kütle alternatifleri (Fraktal Değer 1.5) .....                                                     | 112 |
| <b>Şekil 5.23</b> | :Kariye için üretilen kütle alternatifleri (Fraktal Değer 1.2) .....                                                     | 112 |
| <b>Şekil 5.24</b> | :Alternatif 1 .....                                                                                                      | 113 |
| <b>Şekil 5.25</b> | :Alternatif 2 .....                                                                                                      | 113 |
| <b>Şekil 5.26</b> | :Alternatif 3 .....                                                                                                      | 114 |
| <b>Şekil 5.27</b> | :Alternatif 4 .....                                                                                                      | 114 |
| <b>Şekil 5.28</b> | :Alternatif 5 .....                                                                                                      | 115 |
| <b>Şekil 5.29</b> | :Alternatif 6 .....                                                                                                      | 116 |
| <b>Şekil 5.30</b> | :Alternatif 7 .....                                                                                                      | 116 |
| <b>Şekil 5.31</b> | :Tepede yerleşim .....                                                                                                   | 117 |
| <b>Şekil 5.32</b> | :Mardin'den bir görünüş .....                                                                                            | 117 |
| <b>Şekil 5.33</b> | :Avlular.....                                                                                                            | 117 |
| <b>Şekil 5.34</b> | :Ana cadde .....                                                                                                         | 119 |
| <b>Şekil 5.35</b> | :1. çevirim .....                                                                                                        | 120 |
| <b>Şekil 5.36</b> | :2. çevirim .....                                                                                                        | 120 |
| <b>Şekil 5.37</b> | :3. çevirim .....                                                                                                        | 120 |
| <b>Şekil 5.38</b> | :4. çevirim .....                                                                                                        | 121 |
| <b>Şekil 5.39</b> | :1. çevirim .....                                                                                                        | 122 |
| <b>Şekil 5.40</b> | :2. çevirim .....                                                                                                        | 122 |
| <b>Şekil 5.41</b> | :3. çevirim .....                                                                                                        | 123 |
| <b>Şekil 5.42</b> | :4. çevirim .....                                                                                                        | 123 |
| <b>Şekil 5.43</b> | :Mardin için 1. alternatif (Fraktal Değer 1.8, x, y, z koordinat sisteminde başlangıç biçimleri sayısı 8 / 3 / 2) .....  | 124 |
| <b>Şekil 5.44</b> | :Mardin için 3. alternatif (Fraktal Değer 1.8, x, y, z koordinat sisteminde başlangıç şekilleri sayısı 8 / 3 / 3 ) ..... | 124 |
| <b>Şekil 5.45</b> | :Mardin için 3. alternatif (Fraktal Değer 1.4, x, y, z koordinat sisteminde başlangıç şekilleri sayısı 8 / 3 / 3 ) ..... | 125 |
| <b>Şekil 5.46</b> | :Mardin için 3. alternatif (Fraktal Değer 1.4, x, y, z koordinat sisteminde başlangıç şekilleri sayısı 8 / 3 / 2 ) ..... | 125 |
| <b>Şekil 5.47</b> | :Alternatif 1(Mardin) .....                                                                                              | 127 |
| <b>Şekil 5.48</b> | :Alternatif 1(Mardin) .....                                                                                              | 127 |

## FARKLI MİMARİ DİLLERDE FRAKTALLERE DAYALI FORM ÜRETİMİ

### ÖZET

Bilgisayar destekli tasarım kavramı, bu kavram yardımıyla geliştirilen tasarım yaklaşımları ve mimari temsil yöntemleri, günümüz mimarlığını birçok yönden etkilemektedir. Gerek tasarımın ilk aşamalarında yaratıcılığı destekleyecek şekilde gerekse de son aşamalarında sonuç ürünün ortaya koyulması sırasında tasarımcıya yeni olanaklar ve alternatifler sunmaktadır. Tasarım sürecinin her aşamasında kendine yer bulan bu yöntem ve yaklaşımlar nedeniyle günümüz mimarlığı hızlı bir gelişim ve değişim göstermektedir.

Tez çalışması kapsamında mimari tasarımda uyum kavramı bilgisayar destekli mimari tasarım alanıyla birlikte ele alınmıştır. Bu bağlamda fraktaller ve mimari tasarım konusu incelenmiş ve fraktallerden yararlanılarak form alternatifleri geliştirilmesi hedeflenmiştir. Kendine özgü mimari bir dili olan yöresel mimarilerde, bölgenin karakteristiğinin fraktal kavramı bağlamında tanımlanması ve bu karakteristiğe uygun yeni formların oluşturulması amaçlanmıştır.

Bu amaçla çalışmanın ilk bölümünde, çalışmanın amacı ve kapsamı açıklanmış ve çalışmada izlenen yöntemden bahsedilmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde fraktal ve fraktal geometri kavramları incelenmiştir. İlk olarak Fraktal kavramı ve temel özellikleri araştırılmıştır. Fraktallerin ve fraktal geometrinin günümüzdeki kullanım alanları ele alınmıştır. Fraktal karakteristiğinin göstergesi olan fraktal boyut kavramı, Euclidean boyut ve topolojik boyut ile birlikte incelenmiştir. Daha sonra kaos kuramı ve hücrel özdevinim ile ilişkisi irdelenmiştir.

Üçüncü bölümde fraktal türleri ve üretim yöntemleri ele alınmıştır. Fraktallerin oluşumlarındaki temel özellikleri incelemiştir. Hem doğadaki fraktal kurgular, hem de insan eliyle oluşturulan fraktal kurgular araştırılmış ve insan eliyle oluşturulan fraktallerin üretim aşamaları irdelenmiştir. Mimari tasarımda fraktal üretim yöntemlerinin kullanıldığı örnekler incelenmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde mimarlık ve fraktal geometri ilişkisi incelenmiştir. Bu bölümün ilk aşamasında mimarlık ve geometri ilişkisinin çeşitli dönemlerdeki mimari tasarım anlayışı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Tarihsel süreç içerisinde fraktal nitelik gösteren mimari örnekler incelenmiştir. Daha sonraki aşamada mimarlık alanında fraktal karakteristiği etkileyen unsurlar irdelenmiştir. Bu bölümün son aşamasında ise fraktal geometri ve mimarlık ilişkisi kent ölçeğinde ele alınmış kentlerin fraktal özellik gösteren kısımları ve yönleri ele alınmıştır.

Çalışmanın beşinci bölümünde ise fraktal geometri, mimarlık ve yöresel mimari dillerin özgünlüğünün sürdürülebilmesi düşüncesinden yola çıkılarak dokuyla uyumlu alternatiflerin oluşturulması süreci açıklanmıştır. Geliştirilmiş olan model ile belirli bir mimari dile sahip bölgelerde özgün doku ile günümüzde yapılacak yeni binalar arasında bina kütle ve oranları açısından uyum sağlayacak tasarımlar yapılması hedeflenmiştir. Model, uygulanabilirliği ve çalışma sonucunda elde edilecek

sonuçların değerlendirilmesi için Türkiye'nin farklı iki yöresel mimari karakteristiğine sahip olan Mardin iline ve İstanbul'daki Kariye semtine uygulanmıştır.

Çalışmanın sonuç bölümünde ise, izlenen yaklaşımın öngördüğü tasarımı sisteminin uygulanması ile elde edilen sonuçlar, özgün dokunun srdrlebilirliği, modelin uygulanabilirliği ve ileriye dnk alışmalarda neler yapılabileceği üzerinde durulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Bilgisayar destekli mimari tasarım, Fraktal Geometri, Mimari Diller, Form retimi

## **FRACTAL BASED FORM GENERATION IN DIFFERENT ARCHITECTURAL LANGUAGES**

### **SUMMARY**

Computer aided architectural design concept, design approaches and architectural design methods that have been developed with this concept, affect contemporary architecture in various ways. They present new facilities and alternatives to designers whether in the first stages of design process to support creativity or in the last stages to introduce the product. Due to the this methods and approaches which find place in every stage of design process, contemporary architecture shows a rapid improvement and change

In the scope of the thesis study, harmony in architectural design discussed with architectural design area. In this sense, fractals and architectural design subject were examined, and generating form alternatives via the use of fractals, was targeted. In the local architecture which have own peculiar architectural language, describing architectural characteristic of the area in the context of the fractals and generating new forms according to the characteristic is aimed.

For this purpose, in the first part of the study, aim and scope of the study are stated and followed methods are mentioned.

In the second part of the study, the fractal concept and fractal geometry are examined. In the first stage, fractal concept and its fundamental features are researched. Application areas of fractals and fractal geometry are explained. As the sign of fractal characteristic, fractal dimension is examined with Euclidean dimension and topological dimension. Then the relationships between fractals and chaos theory and between fractals and cellular automaton are considered

In the third part, fractal types and generation methods are discussed. Basic characteristic in the generation process of the fractals are researched. Generation process of both, natural fractals and artificial fractals are considered. The examples, in which fractal-generating methods in architectural designs are used, are examined.

In the forth part of the study, the relationship between architecture and fractal geometry is discussed. In the first stage of this part, the effects of the relation ship between architecture and geometry in different periods are researched. Architectural examples having fractal characteristic are examined in the context of the historical process are examined. In the next stage, the components affect fractal characteristics in architecture are considered. The relationship between architecture and fractal geometry in the city scale and parts and features of cities showing fractal characteristic are taken up in the last stage of this part.

In the fifth part of the study, the process of generating alternatives being in harmony with the texture, starting from the thought of continuing originality of architecture and local architectural languages, is explained. With the developed model creating new designs being in harmony with original architectural texture in terms of the building

form and proportions in areas, which have a certain architectural language, is aimed. To evaluate the solutions of the study and applicability, model is applied to two regions having different local architectural characteristic of Turkey Mardin city and Kariye district located in Istanbul.

In the last part of the study; the results obtained by applying the design system which is anticipated by following approach presented in the scope of the study, sustainability of original texture, applicability of the model and feasible studies could be done with this approach in the future are considered.

**Key Words:** Computer Aided Architectural Design, Fractal Geometry, Architectural Languages, Form generation

## 1. GİRİŞ

Mimarlık; insanoğlu için yaşama alanları oluşturma biçimidir. Dolayısıyla tasarlayanın zihnindeki düşüncelere, bu düşüncelerin oluştuğu sosyal ve kültürel çevreye ve düşüncelerin ifade biçimine bağlıdır. Bu da mimarlık ürününün çok çeşitli olmasını sağlar. Bir başka deyişle, farklı dönemlerde farklı bölgelerde, farklı mimari biçimlenişler, akımlar ve diller oluşmuştur ve zaman içerisinde bu oluşum yeni tasarım yöntemleri ve anlayışları ile devam etmektedir. Günümüzde bu oluşumlar her alanda varlığını sürdüren bilgisayarların tasarım alanında da büyük bir yer edinmesiyle farklı bir boyuta taşınmıştır.

Bu da bina ve çevre ilişkisi, bina ve tasarımcı ilişkisi ve de mimari tasarım ve zaman ilişkisi üzerine yeni yaklaşımlar ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bilgisayar destekli tasarım yöntemleri ve temsil araçları yoluyla, bir bina ve içinde bulunduğu bina grubunun karakteristik özellikleri çıkarılarak bu gruba ait yeni yapıların oluşturulması üzerine çalışmalar yapıldığı gibi, bir tasarımcının yarattığı yapıların karakteristik özellikleri incelenerek onun mimari diline sahip binalar oluşturulmuştur. Günümüz mimari tasarım yaklaşımlarında, farklı zaman dilimlerinde oluşturulmuş olan özgün mimari örüntüler ve bu örüntüleri oluşturan mimari diller dijital teknolojiler yardımıyla yeniden ele alınmakta ve yorumlanabilmektedir. Koning ve Eizenberg'in F. L. Wright'ın kır evleri (Koning, 1981 ),Flemming'in Queen Anne Evleri (Flemming, 1987) Mitchell'in Palladio Villaları (Mitchell, 1990), Çağdaş'ın Geleneksel Türk evleri (Çağdaş, 1996) Duarte'nin Alvora Siza'nın evleri (Duarte, 1998), üzerine yapılan çalışmalar bunlardan birkaçıdır.

Bilgisayar destekli tasarımın mimarlık alanındaki bir başka etkisi de tasarım süreci içerisinde oluşan aşamalar arasındaki sürenin kışalmasına, hatta sürecin ilk aşamaları ile son aşamalarının aynı anda işleyebilir olmasına olanak sağlamasıdır. Böylece bir mimari ürünü tasarlama ve bu ürünü yapılacağı yerde görebilme aşamaları arasındaki süre oldukça kısalmıştır.

İnsanoğlunun yaşadığı dönem ve bu dönemin koşullarına bağlı olarak ortaya çıkan ve kabul gören tasarım alanındaki tüm bu yenilikler bilgiye ve bilginin kaynağına ulaşabilme, bilgiyi derleme, kıyaslama ve bunlar doğrultusunda tasarıma yön verme,

var olan ile yeni arasındaki ilişkiyi kurabilme ve sonuca ulaşabilme konularında tasarımcıya yeni imkânlar sunmaktadır.

### 1.1. TEZİN AMACI

Kent ve mimarlık kavramı, günümüzde tasarımcıların ve tasarım sorunlarının en çok odaklandığı noktalardan biri olarak ortaya çıkmaktadır. Gerek yeni kent parçaları oluşturmak gerekse kentin içinde, kentin bir parçası olarak kendine yer bulan, gerekse de kente veya içinde bulunduğu kent parçasına yeni anlamlar yükleyen birçok tasarım uygulamaları yapılmaktadır. Eski olarak adlandırabileceğimiz kent dokusu ve kente ait olan ile yeni olarak adlandırabileceğimiz tasarım ürünleri arasındaki ilişki, uyum ya da aykırılık; bu çalışmalar ile birlikte hedeflenenlerin veya arananların elde edilmesinin kısa bir özetidir.

Mimari tasarım; geçmişten günümüze birçok düşünce biçiminin etkisinde kalmış ve dolayısıyla mimari form bu düşüncelere paralel olarak şekillenmiştir. Tüm bu dönemler içinde bazen Euclid geometrisi etkisinde oluşan zaman zaman anıtsal ölçekte olan saf formlar, bazen de doğanın etkisiyle gelişen daha karmaşık ancak insan ölçeğinde olan formlar ortaya çıkmıştır. Tüm bu biçimleniş ait olduğu dönemin sosyal ve kültürel yapısı ve bilim ve sanattaki değişim süreciyle ilişkili olarak ortaya çıkmaktadır. Gerek tüm bu akımlar sonucu oluşan ürünlerin bir araya gelmesiyle ortaya çıkan karmaşıklık, gerekse de bilim adamlarının evren ve doğayı anlama sürecinde karşılaştıkları karmaşa ile ortaya çıkan kaos kavramı mimarlık alanında da kendini göstermiştir. Günümüz kentlerinin mimari durumu en karmaşık sistemlerde bile bir düzenin olduğu ya da aynı sistem içinde düzenli ve düzensiz anlarının yan yana bulunması olarak tanımlanan kaosun mimarlık alanındaki görüntülerinden biridir.

İstanbul gibi geçmişten günümüze kadar varlığını sürdürebilen kentlerde farklı dönemlerde farklı sosyal ve kültürel düşünceler, yeni tasarım yöntemleri ve tasarım teknolojileri ile üretilen yeni yapılar eklenmiştir. İçinde bulundukları döneme ait bu yeni yapılar kentlerin sahip olduğu özgün mimari dile bazen yeni cümleler eklemekte bazen de bu dili yabancılaştırmakta ve karmaşaya neden olmaktadır. (Çağdaş, ve diğ, 2005)

Kültürel mirasını geçmişten günümüze taşıyan kentlerin, kent parçalarının sahip oldukları mimari özgünlüğünün fraktal geometri yardımıyla tanımlanması çalışma kapsamında ele alınmıştır. Günümüzde yeni mimari ürünler oluşturma sürecinde, bu binaların tasarımının kentin bir parçası haline getirilmesi yönünde yeni tasarım

olanakları ve yöntemleri yardımıyla öneriler geliştirilmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Bu bağlamda mevcut bir mimari dokuya uygun kütle üretimi amacıyla geliştirilmiş bir modelin (Ediz, 2003) farklı niteliklerdeki mimari dokulara sahip kent veya kent parçalarına uygulanarak tasarım alternatifleri üretilmesi ve bu model ile, içinde bulunduğu dönemin gerek yapım gerekse tasarım yöntemlerine göre üretilcek yeni mimari ürünün içinde bulunduğu dokuya uyumun sağlanırlığının test edilmesi amaçlanmıştır.

Tezde, Türkiye gibi geniş bir mimari zenginliği olan ve bu zenginliği sahip olduğu kentlerin yöresel mimari dillerinden olan bölgelerde modelin uygulanması hedeflenmiştir. Bu nedenle dijital tasarım yöntemlerinden ve bu yöntemlerle temsil edilebilen fraktal geometriden yararlanılmıştır. Geçmişten günümüze birçok mimarlık örneğinde karşılaşılan fraktal karakteristik ve fraktal boyut kavramları, kullanılan modelin kütle tasarım sürecinde nasıl temsil edilebileceği sorusuna da cevap olmuştur. Bu çalışmada, yöresel mimari örüntüler ve bu örüntülere ait özgün mimari diller ile günümüz mimari ürünlerin tasarımda yol gösterici olacak bir modelle üretilen kütle alternatifleri, 3 boyutlu bilgisayar modelleri üzerinde denenerek aralarındaki uyum irdelenmiştir.

## **1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI**

Çalışmanın amacı doğrultusunda ilk aşamada fraktal ve fraktal geometri kavramları incelenmiştir. Fraktal teriminin ortaya çıkışı, nitelediği oluşumlar ve kullanım alanları incelenmiştir. Daha sonra fraktal geometri ve fraktal boyut kavramı incelenmiştir. Kaos ve hücrel otomata ile ilişkisi araştırılmıştır. Bir sonraki aşamada fraktal türleri ve üretim modelleri incelenmiştir.

Çalışma kapsamında, fraktal geometri ve mimarlık ilişkisi yapı ve kent ölçeğinde incelenmiştir. Mimarlık alanının bina, kent parçası ve kent gibi değişik katmanlarında fraktal etkisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda mimarlık tarihi içerisinde fraktal özellik gösteren yapılar ve fraktal geometrinin günümüz mimarisinde nasıl kullanıldığı araştırılmıştır.

Mimarlık ve mimari dokuların sürekliliğini incelemek amacıyla fraktal geometri ve kent ilişkisi üzerine araştırmalar yapılmıştır. Kentlerin tarihsel gelişimi ve fraktal geometri ilişkisi incelenmiştir. Fraktallerin günümüz kentleri üzerindeki etkileri ve bu etkilerin mimari ve sosyal alandaki yansımaları üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

Fraktal geometrinin mimarlık alanı içerisinde tasarıma yardımcı bir araç olarak kullanılması ve özgün doku ile yeni mimari ürün arasındaki ilişkiyi irdelemek amacıyla Türkiye'deki iki farklı özgün mimari dokuya sahip bölge olan İstanbul'un Kariye semti ve Mardin ilinde alan çalışması yapılmıştır.

Yöresel mimarilere ait dokunun oluşumunda etkili olan topografya gibi doğal faktörler ile sosyal hayat gibi toplumun sosyo-kültürel yapısına ait faktörlerin fraktal karakteristiğe yansımaları, bu iki bölgenin seçilmesinde etkili olmuştur. Farklı iki bölgede yer alan örneklerin seçilmesi ise tez kapsamında önerilen yaklaşımın, farklı koşullar altında oluşmuş özgün mimari dillere uygulanabilirliğinin irdelenmesidir. Bu doğrultuda bu bölgelerdeki dilin sürekliliğinin sağlanması konusu da ele alınmıştır.

Çalışma kapsamında bu bölgelerin fraktal karakteristikleri belirlenmiştir. Bir sonraki aşamada, belirlenen fraktal boyutlar veri olarak kullanılarak bir fraktal form üretim modeli aracılığıyla (Ediz, 2003) form alternatifleri oluşturulmuştur.

Tez kapsamında, alan çalışması yapılan bölgelerin dijital ortamda üç boyutlu modellemeleri yapılmıştır. Seçilen bölgelerin fraktal karakteristiği doğrultusunda üretilen yeni formlar bu üç boyutlu modeller içine yerleştirilerek eski ve yeni arasındaki uyum ve ilişki irdelenmiştir.

## 2. FRAKTALLER VE FRAKTAL GEOMETRİ

Doğadaki sistemlerin ve oluşumların yapıları ve bu yapılarla ilgili bilinmeyenlerin bulunması, bunlara ait soruların cevapları, bilim adamlarının evrenin ve yeryüzünün oluşumunu keşfetmeleri için yüzyıllardır yaptıkları araştırmaların temelini oluşturmaktadır. Bu bilinmeyenlerin içinde yer alan karmaşa ve düzensizlik durumu ancak yirminci yüzyılda ortaya çıkan kaos adı verilen yeni bir bilim dalının yardımıyla anlaşılabilir hale gelmiştir.

Düzensizliğin ya da karmaşanın içindeki düzen olarak da tanımlanabilen kaos biliminin ortaya çıkması ile birlikte bu bilim dalına ait bir dil de oluşmuştur. “Kaos, karmaşıklığın temelinde yatan muazzam ve hassas yapıyı yakalayabilmek için hem bilgisayar kullanımında özel bazı teknikler hem de birtakım özel grafik resim ve çizgi türleri icat etmiştir.” (Gleick, 2005 ) Fraktal adı verilen karmaşık şekiller de kaosa ait bu ifade biçimlerinden biri olarak kullanılmaktadır.

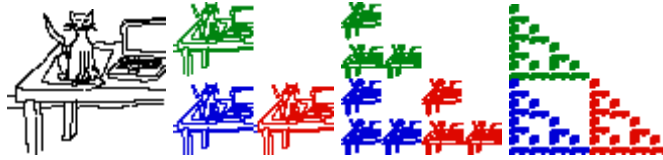
Fraktaller, ilk olarak yeryüzü şekillerinin formlarının tanımlanmasına yönelik bir çalışma ile gündeme gelmiştir. Bu çalışma ile birlikte, doğadaki formların tanımlanması için fraktal geometri adı verilen yeni bir matematiksel dil ortaya çıkmıştır. Barnsley'e göre her şeyin farklı görünmesini sağlayacak bu dil; bulutlar, ormanlar, galaksiler, yapraklar, kuş tüyleri, çiçekler, kayalar, dağlar, su akıntıları, halılar ve tuğlalar gibi pek çok şey ile ilgili çocukluk görüşlerini değiştirecek, her şeyin farklı yorumlanmasına neden olacaktır.(Barnsley, 1993 )

Fraktal kurgulara sadece doğada değil, fizik, matematik, mimari, ekonomi, tıp gibi çeşitli bilim dallarında yapılan araştırmalarda da rastlanmaktadır. Fraktallerin birçok alanda kullanılabilmesi onların birtakım çevrimli algoritmalar yardımıyla bilgisayar ortamında üretilebilir olmalarından kaynaklanmaktadır. Bilgisayarların araştırmalarda önemli roller üstlenmesiyle birlikte fraktaller de bu alanlarda yapılan çeşitli çalışmalarda hücrel otomasyon gibi çeşitli modellerle birlikte kullanılabilir. Mimarlıkta form üretimi, şehircilikte kent benzetimleri, biyolojide bitkilerin büyüme modelleri üzerine yapılan bazı çalışmalar, fraktal geometriden yararlanılan bu tür bilgisayar destekli modellere ait örneklerden birkaçıdır.

## 2.1 FRAKTALLER

“Parçalanmış” ya da “kırılmış” anlamına gelen Latince “**fractus**” sözcüğünden türetilen fraktal terimi, ilk olarak Polonya asıllı matematikçi Beneoit B. Mandelbrot (1983) tarafından ortaya atılmıştır. Mandelbrot, doğaya ait kırık, bükük, girintili çıkıntılı, karmaşık, düğümlenmiş şekilleri tanımlamak için fraktal kelimesini kullanmıştır. Fraktallerin en önemli özellikleri; tekrarlar sonucu oluşmaları, kendine benzerlik özelliği, ölçekten bağımsız olmaları ve kesir boyut adı verilen bir parametre ile tanımlanabilen, düzensiz şekiller olmalarıdır.

Fraktaller, bir şeklin, motifin ya da matematiksel bir denklemin yinelenmesiyle oluşturulmaktadır (Şekil 2.1). Oluşumları başlangıç biçimine bağlıdır.



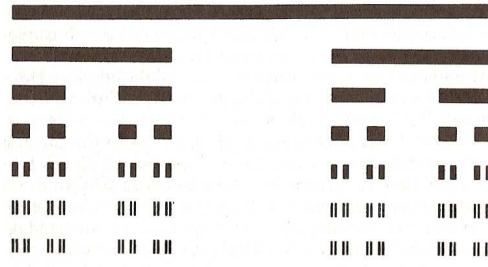
**Şekil 2.1.** Tekrarlar sonucu oluşma (Frame ve diğ, 2005)

Fraktaller, en küçük parçaları ile bütünü birbirine benzeyen geometrik nesnelerdir. “Fraktaller, formları hiçbir yerde düzgün olmayan, bu nedenle düzensiz olarak tanımlanan ve düzensizlikleri birçok ölçekte kendini geometrik olarak tekrarlayan tüm nesnelerdir.” (Batty ve Longley, 1994)

Fraktal bir nesneye daha yakından bakıldığında bir başka deyişle ölçek küçüldüğünde genellikle sahip oldukları düzensizlik derecesi aynı kalır. Bu nedenle ölçekten bağımsızdırlar.

Fraktaller, büyütüldükçe detay zenginliği artan girintili çıkıntılı nesnelerdir (Pickover, 1995). Dolayısıyla sonsuz detaya sahiptirler.

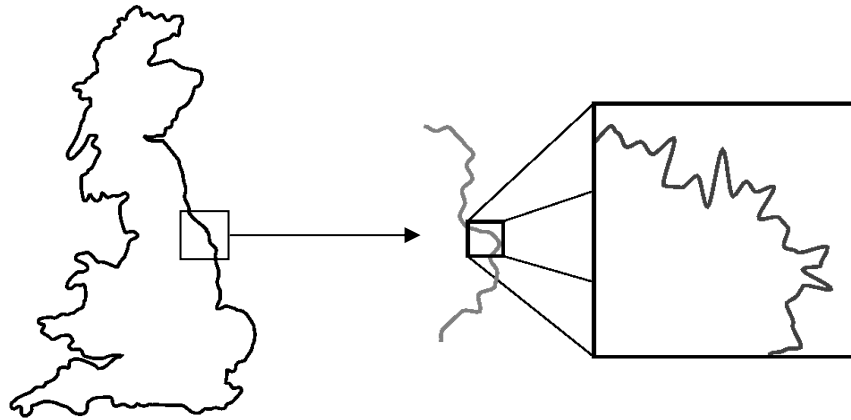
Her ne kadar ilk olarak 1975 yılında ortaya atılsa da yirminci yüzyılın başlarında birçok matematikçinin çalışmalarında fraktal özellik gösteren şekiller ve formlar yer almaktadır. Sahip oldukları düzensizlik ve karmaşıklık nedeniyle canavarlar olarak adlandırılan bu biçimler, Mandelbrot’un fraktal kavramını oluştururken yararlandığı ve etkilendiği kaynaklar olmuşlardır. Matematikteki küme teorisinin temelini oluşturan ve George Cantor tarafından geliştirilen Cantor kümesi, birçok fraktal kurgunun temelini oluşturan ve klasik fraktaller olarak adlandırılan bu kaynaklardan biridir (Şekil2.2).



**Şekil 2.2.** Cantor Kümesi (Gleick, 2005)

### 2.1.1 FRAKTAL GEOMETRİ VE KENDİNE BENZERLİK

Mandelbrot Britanya kıyılarının uzunluğunun ne kadar olduğu sorusundan yola çıkarak doğal formların tanımlanmasında klasik geometriye ait formların yetkin olmadığını fark etmiştir (Şekil2.3). “Bulutlar küre, dağlar koni, kıyılar daire değildir. Şimşek düz bir yol izlemez. Doğadaki birçok form ve örüntüler düzensiz ve parçalanmıştır.” Ona göre doğadaki nesneler bir şeklin tekrarından oluşan karmaşık formlara sahiptirler. Doğadaki bu karmaşık formlar, Euclid geometrisinin yalın formlarını bozan şekilsiz nesneler olarak görülmüştür. Mandelbrot, fraktal adını verdiği şekillerden yola çıkarak doğaya ait yeni bir geometri oluşturmuştur (Mandelbrot, 1982).



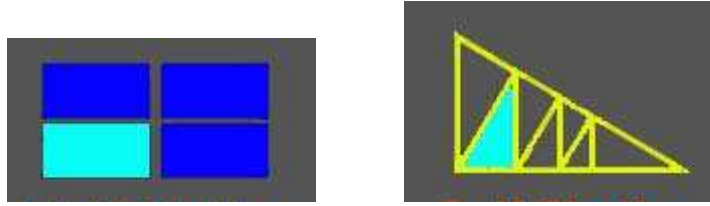
**Şekil 2.3.** Britanya Kıyıları (Web 1)

Bu yeni geometri yardımıyla, Euclid geometrisi aracılığıyla tanımlanamayacak pek çok şey tanımlanabilmektedir. Tablo 2.1 de fraktal geometri ve Euclid geometrisi arasındaki farklar gösterilmiştir.

**Tablo 2.1.** Fraktal geometri ve Euclid geometrisi arasındaki farklar

| Fraktal geometri                                                                 | Euklid geometrisi                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modern                                                                           | Geleneksel                                                                                                               |
| Doğadaki formlara uygulanabilir                                                  | Basit objeler için uygulanır                                                                                             |
| Algoritmiktir                                                                    | Cebirseldir                                                                                                              |
| Stokastik yani rastgeledir                                                       | Düzenlidir                                                                                                               |
| İstatistik olarak ölçeklenirler                                                  | Sayısal olarak ölçeklenirler                                                                                             |
| Kesirlerle ifade edilirler                                                       | Tam sayılarla ifade edilirler                                                                                            |
| Uzamsal açıdan düzensiz olguyu ve düzensiz biçimli tanımlama yeteneğine sahiptir | Ötelenme bakışına sahiptirler. (Ötelenme bakışına sahip bir cisim kendi çevresinde döndürüldüğünde görünümü aynı kalır.) |
| Bir şeklin çevresi arttıkça alanı doğru orantılı olarak artmaz                   | Bir şeklin çevresi arttıkça alanı doğru orantılı olarak artar.                                                           |

Tüm fraktallar kendine benzer ya da en azından tümüyle kendine benzer olmamakla birlikte, çoğu bu özelliği taşır. Kendine benzerlik, bir sistemin parçaları ve sistemin bütünü arasındaki geometrik benzerlik ve fiziksel uygunluktur. (Şekil2.4)



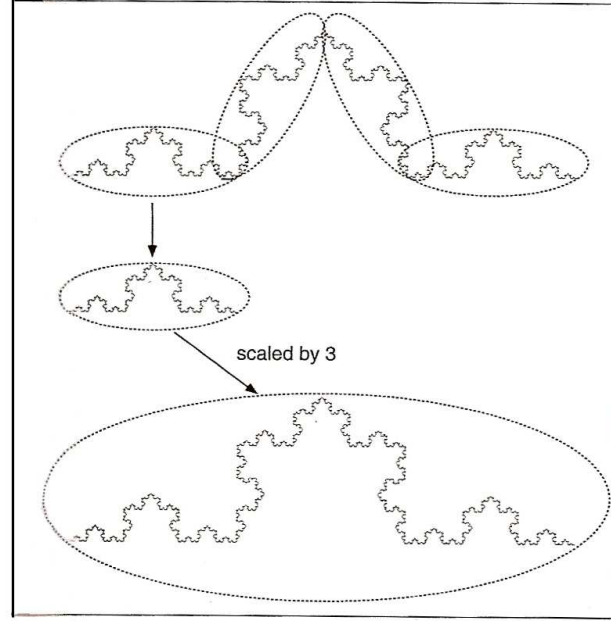
**Şekil 2.4.** Kendine Benzerlik (Web 2)

Kendine benzer bir cisimde cismi oluşturan parçalar ya da bileşenler cismin bütününe benzer. Düzensiz ayrıntılar ya da desenler giderek küçülen ölçeklerde yinelenir ve tümüyle soyut nesnelerde sonsuza değin sürebilir; öyle ki, her parçanın her bir parçası büyütüldüğünde, yine cismin bütününe benzer. (Şekil2.5)



**Şekil 2.5.** Kendine Benzerlik bütün parça ilişkisi (Lanius, 2006)

Ancak fraktal geometri de bu ilişki ölçek küçüldükçe kendisini gösterir. Bu fraktal olgusu, kar tanesi ve ağaç kabuğunda kolayca gözlenebilir. (Krippendorff,1986) Örneğin, bir holografik imajın her bir parçası bütünü hakkında bilgi verir. Bu imajın önemli bir parçası, bütününe ait önemsiz bir bilginin kaybolması ile yok olabilir. Fraktal geometride bütүн ve parçaların kompozisyonu arasında benzer bir ilişki vardır.(Şekil 2.6)



**Şekil 2.6.** Kendine Benzerlik ve Koch eğrisi (Peitgen ve diğ, 1992)

### 2.1.2 FRAKTAL GEOMETRİNİN KULLANIM ALANLARI

Fraktal kavramı, yalnızca matematik değil, fizik, kimya, biyoloji, fizyoloji akışkanlar mekaniği ve mimarlık gibi değişik alanlar üzerinde önemli etkiler yaratan yeni bir geometri sisteminin doğmasına yol açmıştır.

Fizikçiler, örneğin şimşek çakması, sıvanın içine suyun yürümesi, ya da Petri çanağında üreyen bir bakteri kolonisi kadar birbirinden farklı sistemlerin, birbirlerine tıpatıp benzeyen fraktal şekiller oluşturduklarını öğrenmişlerdir. Aynı zamanda bu şekillerin oluşum kurallarının matematik dilinde ifadesi de tıpatıp birbirine benzeyebilmektedir.

Kendine benzerlik ve tamsayı olmayan boyutlu kavramlarıyla birlikte fraktal geometri, istatistiksel mekanikte, özellikle görünürde rasgele özelliklerden oluşan fiziksel sistemlerin incelenmesinde giderek daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, gökada kümelerinin evrendeki dağılımının saptanmasında ve

akışkan burgaçlaşmalarına ilişkin problemlerin çözülmesinde fraktal benzetimlerden (simülasyon) yararlanılmaktadır.

Fraktal geometri, ayrıca biyologların, jeofizikçilerin hatta iktisatçıların, farklı ölçeklerde kendilerini sonsuz kez tekrar eden bulutlar, fay hatları ya da borsa dalgalanmaları gibi pek çok değişik olguyu matematiksel olarak algılama, betimleyebilme ve üzerinde düşünebilmeleri için her gün başvurdukları bir araç haline gelmiş durumdadır.

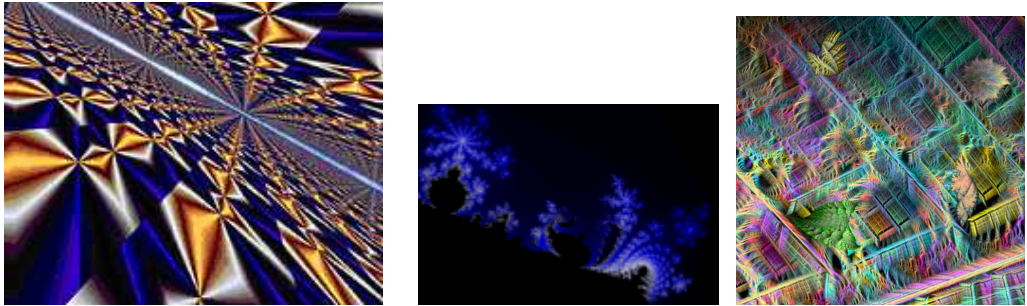
Fraktal geometri biyomatematikçilerin araştırmalarında da bir yöntem olarak kullanılmaktadır. New York' da Mount Sinai tıp Fakültesi araştırmacıları kanser hücrelerinin niceliksel olarak tanımlanmasında fraktal geometriyi kullanmaya başlamışlardır. Kanserli hücrelerin bir özelliği, gösterdikleri düzensizlikleri ölçek ne olursa olsun tekrarlamasıdır. Böylece incelenen hücre görüntüsüne bir fraktal boyut verilebilir ve bu boyut düzensizliği ölçebilir. Yapılan hesaplamalara göre kanserli hücrelerin fraktal boyutu sağlıklı hücrelerinkinden fazladır. Bu yöntemi kullanan biyomatematikçiler %95 oranında doğru sonuç almışlardır (Bilim ve Teknik).

Fraktaller, müzik, kalp atışları, DNA dizisi gibi birbirinden farklı birçok ritmin analiz edilmesinde de kullanılmaktadır (Bunde ve Havlin1994).

Fraktal geometri bilgisayar grafiklerinde de yararlı olmaktadır.

Fraktal algoritma ise, engebeli dağlık araziler ya da ağaçların karışık dal sistemleri gibi karmaşık, çok düzensiz doğal cisimlerin gerçektekine benzer görüntülerinin oluşturulabilmesini olanaklı kılmıştır.(Ediz,2003)

Fraktallerin kullanıldığı bir başka alan ise fraktal resim sanatıdır. Fraktal kurguya dayalı ifade teknikleri kullanılması ile üretilen birçok örneğe rastlanmaktadır. (Şekil 2.7)



**Şekil 2.7.** Fraktal Resimler (Web 3)

## 2.2 GEOMETRİ VE BOYUT

Yunanca yer anlamına gelen “geo” ve ölçüm anlamına gelen “metria” kelimelerinden oluşan geometri, sözlük tanımına göre matematiğin uzamsal ilişkilerle ilgilenen alt dalıdır. İki temel kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan ilki şekiller ve örüntülerin analiz edildiği kısım diğeri de bu şekillere ve örüntülere dayanan ölçüm yöntemleridir. (Peitgen ve diğerleri) Boyut adı verilen bu ölçüm yöntemleri cisimlerin en, boy, yükseklik gibi temel özelliklerinin tanımlanmasında kullanılmaktadır. En basit matematiksel tanıma göre boyut, nesnelerin uzaydaki yerinin belirtilebilmesi için gereken parametre sayısıdır. Tarihsel süreç içerisinde matematik alanındaki yeni yaklaşımlarla birlikte matematikçiler farklı boyut kavramları geliştirmişlerdir.

### 2.2.1 EUCLIDIEN BOYUT

Eucliden boyut objenin yerleştiği uzayın boyutudur. Objeler Eucliden uzaydaki noktalar kümesi olarak tanımlanırlar. Uzay nokta adı verilen varlıklar topluluğudur. Her iki terim de belirsizdir. Ancak aralarındaki ilişki önemlidir: uzay üst, nokta asttır. Basit anlamda nokta; tüm olası konumları kapsayan uzaydaki bir pozisyon ya da konumdur. Nokta bir nokta biçiminde olmak zorunda değildir. Herhangi bir obje de nokta olabilir. Diğer geometrik nesneler (çizgi, düzlem, daire, elips konik kesitler), cebirsel kavramlar (fonksiyon, değişken, parametre, sabitler) ya da fiziksel ölçüler ( zaman, hız, sıcaklık) de uzayda bir nokta olarak kabul edilebilirler. Hatta gerçek nesneler bile uzayda bir nokta olarak kabul edilebilirler. Örneğin bir ulusun nüfus uzayı içinde insanlar birer noktadır ya da ülkeler küresel politik alanda bir noktadır ya da telefonlar telekomünikasyon ağı içinde bir noktadır( Elert, 2005).

Akla gelen herhangi bir uzay boyut adı verilen, kendisiyle ilgili bazı karakteristik sayılara sahiptir. Bu yüzden boyut uzaydaki tüm noktaları tanımlamak için gereken parametrelerin sayısı olarak tanımlanabilir. Örneğin bir düzlemi tanımlamak için iki parametreye ihtiyaç duyulur dikdörtgensel koordinatlar için (x,y) polar koordinatlar için (r, theta) parametrelerine ihtiyaç duyulur. İki parametre ile tanımlandığı için dikdörtgen iki boyutludur.

Bir tek noktayı tanımlamak için parametreye gerek duyulmadığı için noktanın boyutu sıfırdır. Ancak bir uzaydaki iki noktanın tanımlandığı uzay iki boyutludur. Çünkü bu iki noktanın ayırt edilebilmesi için bir parametreye ihtiyaç duyulur. Bu parametre noktanın gerçel sayılar doğrusu üzerinde temsil ettiği değerdir.

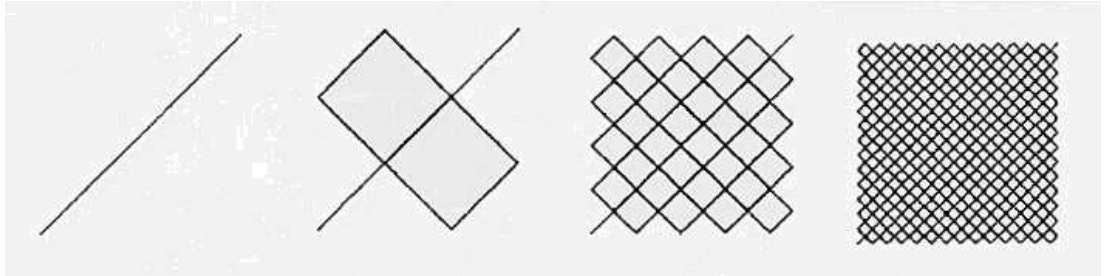
### 2.2.2 TOPOLOJİK BOYUT

Topoloji, Yunanca'da yüzey veya uzay anlamına gelen topos ve bilim anlamına gelen logos kelimelerinden türetilmiştir. Dolayısıyla, topoloji, uzaylar veya yüzeyler bilimidir. Bir başka tanıma göre topoloji, şekiller bükülme, gerilip uzatılma ya da sıkıştırma sonucunda deforme olduğunda değişmeden kalan özellikleri inceleyen bir bilim dalıdır. Temelini Homomorfizm kavramından alır. Homeomorfizm bir uzayın diğer bir uzaya düzgün deformasyonlar yoluyla, kesilme ya da birleştirme olmaksızın dönüşmesidir. Bu süreç içinde topolojik boyut değişmez. Bir küre topolojik olarak bir küp ile eşdeğerdir. Bir çizgi herhangi bir noktasından düz olma özelliğini yitirecek şekilde çekilebilir ancak bu dönüşüm onun 1 olan topolojik boyutunu değiştirmez.

( Elert, 2005)

Topolojik boyut bir nesnenin nasıl bölünebileceği ile ilgilidir. Örneğin bir çizgi tek boyutludur. Çünkü sadece noktalara bölünebilir. Bir yüzey iki boyutludur. Çünkü bir yüzey eğrilere ve noktalara bölünebilir. (Reljin, 2002)

Topolojik boyut,  $D_T$  ile gösterilir. Bir varlığın topolojik özelliği birebir dönüşümler ve homeomorfizm sonucunda değişmeden kalır.



**Şekil 2.8.** Peano eğrisi (Edgar, 1990)

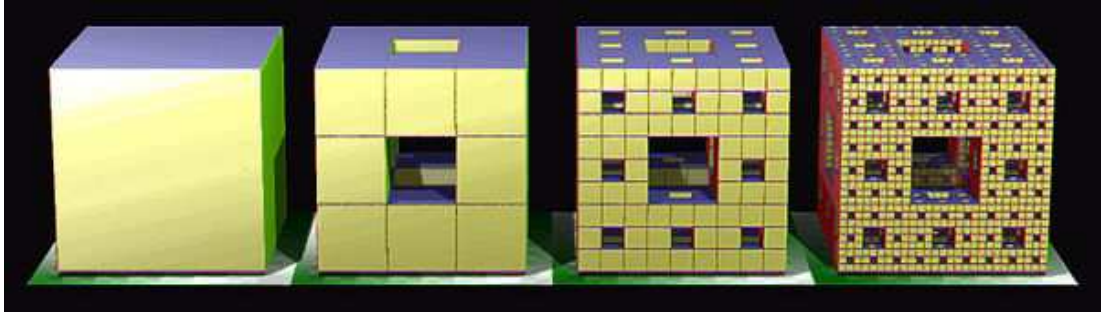
Basit değişimler ile topolojik boyutun değişmemesi gerekirken Peano eğrisi gibi bazı nesnelerde dönüşümlerin tekrar tekrar uygulanması ile başlangıçta topolojik boyutu 1 olan bir nesneden topolojik boyutu 2 başka bir nesne oluşturulabilir. Bu tür fraktal nesnelerin boyutları tanımlanan farklı yöntemlerle hesaplanırlar ve genellikle tamsayı olmayan bir değere sahiptirler.

### 2.2.3 FRAKTAL BOYUT

Fraktal boyut, fraktal bir cismin karmaşıklık derecesinin ifade edilmesinde kullanılan matematiksel bir parametredir. Karmaşıklık derecesi, boyut, alan ve hacmin ne hızda arttığının belirlenmesi ile ölçülebilmektedir.

Çizgi parçalarından oluşan Peano eğrisi örneğinde, eğrinin uzunluğu her çevrimde artmaktadır. Belirli bir derecedeki çevrimden sonra bu uzunluk değeri sonsuza gitmektedir. Dolayısıyla bu noktadan sonra uzunluk gibi Euclid geometrisine ait kavramlar fraktallerin tanımlanmasında kullanılan karakteristik özellikler değildir. Fraktallerin ayırt edici özellikleri; uzunluk, alan gibi çeşitli parametrelerin sonsuz değere ne hızda gittiğini gösteren fraktal boyuttur. (Bovill,1996) Fraktal boyut, fraktal nesne ne kadar büyütülürse büyütülsün ya da bakış açısı ne kadar değiştirilirse değiştirilsin, hep aynı kalan bir özelliktir.

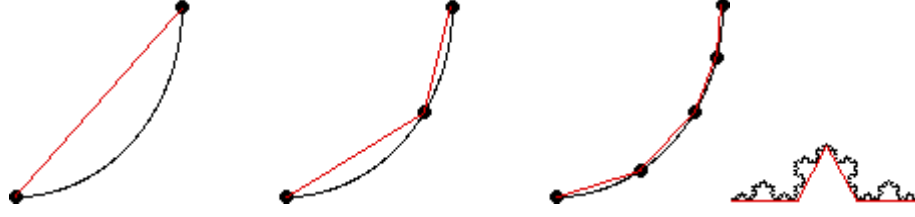
Fraktal boyut, tam sayı olmayan bir değerle ifade edilir. Bu nedenle kesir boyut olarak da adlandırılmaktadır. Fraktal boyutun tam sayı olmamasının nedeni fraktallerin bir örüntü oluşturmaları ve uzayda kapladıkları alanla ilişkilidir. Çizgilerden oluşan Koch eğrisi, sonsuz uzunlukta olmasına rağmen belirli bir alanın dışına çıkmaz. Ancak bu alanı tamamıyla kaplamamaktadır. Dolayısıyla boyutu; çizginin boyutu 1 ile alanın boyutu 2 arasında bir değer olan 1.26'dır. Başlangıç biçimi bir küp olan ve bu küpten küçük küplerin çıkarılmasıyla oluşan Menger süngerinin fraktal boyutu alanın boyutu olan 2 ve hacim boyutu olan 3 arasında bir değer olan 2.72'dir. Bunun nedeni çevrimler sonucu oluşan nesnenin başlangıçtaki küpün ayrıtları ile sınırlı bir hacimde sonsuz yüzeye sahip olmasıdır. (Şekil 2.9)



**Şekil 2.9.** Menger sünger (Web 4)

#### **2.2.4 FRAKTAL BOYUT HESAPLAMA YÖNTEMLERİ**

Matematikte problem alanına göre çeşitli boyut hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır. En basit yöntem, herhangi bir eğrinin ölçüsünün yaklaşık olarak hesaplanabildiği etkisiz ölçüm yöntemidir. Eğri üzerinde noktalar alınır ve bu noktalar birleştirilir. Noktaların birleştirilmesiyle oluşan düz çizgilerin uzunluğu ölçülerek eğrinin yaklaşık uzunluğu hesaplanır. Seçilen eğrilerin boyutu küçüldükçe hesaplanan değer artmaktadır. Dolayısıyla bu yöntem uzunluğu sonsuza giden fraktaller için etkili bir yöntem değildir (Şekil 2.10).



**Şekil 2.10.** Etkisiz Ölçüm (Frame ve diğ, 2005)

Fraktal boyut hesaplamada kullanılan yöntemler, genellikle parçaların bütüne oranı ve parça sayısına dayalı matematiksel denklemlere dayanmaktadır ve hesaplanmasında farklı yöntemler kullanılabilmektedir. Bu yöntemlerin bazıları matematiksel verilere dayalı analitik yöntemler, bazıları da çeşitli grafiksel ifadelerle dayalı deneysel yöntemlerdir.

Mandelbrot Fraktal boyut hesaplamada 20. yüzyılın başında Felix Hausdorff tarafından geliştirilen bir yöntemden yararlanmıştır. Ona göre fraktal nesneler Hausdorff-Besicovitch boyutu topolojik boyutundan büyük olan nesnelerdir. ( $D > D_T$ ). Bir başka yöntemde hesaplama, fraktallerin temel özelliklerinden biri olan kendine benzerlik kavramı doğrultusunda yapılmaktadır.

Koch eğrisi veya Sierpinski üçgeni gibi kesin bir kendine benzerlik özelliği ve tekrarlanan parçaların tam olarak aynı olmadığı fraktallerde ya da mimarlık gibi farklı disiplinlerde yapılan hesaplamalarda da deneysel yöntemler kullanılmaktadır.

#### **2.2.4.1 HAUSDORFF-BESICOVITCH BOYUTU**

Bu boyut metrik uzayda tanımlanan diskler yardımıyla nesnelerin boyutunun hesaplanması fikrine dayanır. Mesafeye dayanan ilişkiler metrik ve onların yer aldığı uzaylar ise metrik uzay olarak adlandırılmaktadır. Metrik uzaylar tanımlanan diskler ile nesneler arası mesafenin üniteler cinsinden hesaplanmasında kullanılmaktadır. Diskler nesnenin üzerini kapatmak için kullanılan nesnelerdir. En bilinen Euclidean olmayan metrik uzay Manhattan metriğidir. Blokların ve meydanların, tanımlanan diskler ile koordinat sisteminde gösterilmesidir. Böylece blokların ve meydanların oluşturduğu mesafeler tanımlanabilir. Metrikler ayrıca komşuluklar oluşturmada da kullanılırlar. ( Elert,2005)

Hausdorff-Besicovitch boyutunun hesaplanması için bir nesnenin üzerini kaplayacak disklerin sayısı ve büyüklüğünün bilinmesi gerekmektedir. Büyüklük küçüldükçe nesnenin üzerini kaplayacak disk sayısı da artar. Örneğin Koch eğrisi (Şekil 2.11)1 birim çapındaki 1 tane disk ile ya da 1/3 birim çapındaki 4 disk ile ya da 1/9 birim

çapındaki 16 disk ile tanımlanabilir. Buna göre bir nesnenin metrik uzaydaki Hausdorff-Besicovitch boyutu aşağıdaki formülü ile tanımlamaktadır.

$$HB = \log(N) / \log(1/s) \quad (2.1)$$

**HB:** Hausdorff-Besicovitch boyutu

**N:** disk sayısı

**1/s:** disk boyutu

Koch eğrisi için:  $\log(4)/\log(3)=1,2618595$

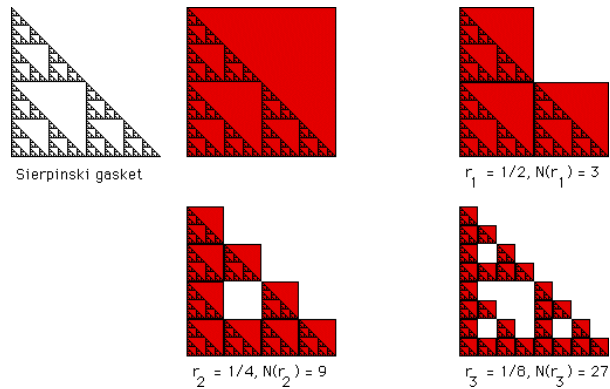


**Şekil 2.11.** Koch Eğrisi

Çizgi parçalarından oluşan Koch eğrisinin Hausdorff Besicovitch yöntemiyle hesaplanan 1,26 boyut değeri çizginin topolojik boyutu olan 1 değerinden yüksektir. Dolayısıyla Koch eğrisi topolojik boyutu 1 olan çizgi ve 2 olan düzlem arasında bir yerde yer almaktadır.

#### 2.2.4.2 KUTU SAYIM YÖNTEMİ ( $D_B$ )

İki boyutlu imajlar üzerinden fraktal boyutun ölçülmesinde kullanılan yöntemdir. Fraktal boyutu hesaplanacak nesne üzerine karelerden oluşan bir ızgara sistem oturtulur. Her çevrimde karelerin boyutları yarı yarıya küçültülür. Bu çevrimlerde içerisinde veri bulunan kutular sayılır (Şekil 2.12 -2.13). Bu kutuların boş kutulara oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanarak fraktal boyut bulunur.



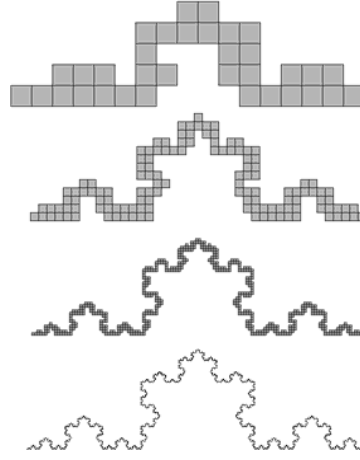
**Şekil 2.12.** Kutu Sayım Yöntemi (Frame ve diğ, 2005)

$$D_{(b)} = \frac{[\log(N(s_2)) - \log(N(s_1))]}{[\log(1/s_2) - \log(1/s_1)]} \quad (2.2)$$

$D_b$  = kutu sayım metoduna göre fraktal boyut

$N(s)$  = içinde veri bulunan kutu sayısı

$1/s$  = alt sıradaki kutu sayısı

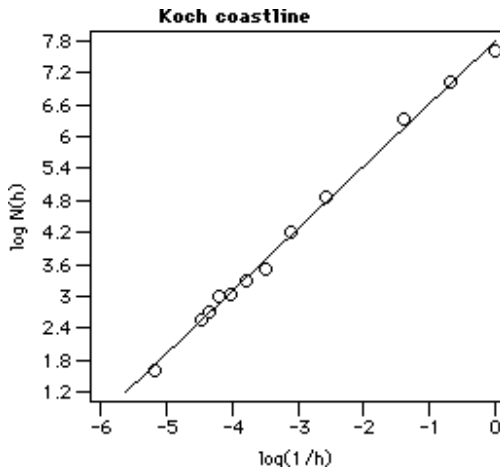


**Şekil 2.13.** Kutu Sayım Yöntemi - Koch eğrisi (Elert, 2000)

Formül,  $N(s)$  değerlerinin logaritması alınarak bir grafiğin düşey ekseninde,  $(1/s)$  değerlerinin logaritması alınarak grafiğin yatay ekseninde işaretlenmesiyle ortaya çıkan noktaların birleştirilmesiyle oluşan eğrinin eğiminin hesaplanmasına dayanır. Eğim fraktal boyutu verir. Örneklerde Koch eğrisi ve dikdörtgen için G. Elert tarafından yapılan kutu sayım yöntemi ve Hausdorff-Besicovitch yöntemiyle fraktal boyut hesapları yer almaktadır.(Şekil 2.14 – 2.18) Bazı durumlarda her iki yöntemle hesaplanan değerler birbirinden farklı olabilmektedir.



**Şekil 2.14.** Koch Eğrisi



| $\log (1/h)$ | $\log N(h)$ |
|--------------|-------------|
| 0            | 7.60837     |
| -0.69315     | 7.04054     |
| -1.38629     | 6.32972     |
| -2.56495     | 4.85981     |
| -3.09104     | 4.21951     |
| -3.49651     | 3.52636     |
| -3.78419     | 3.29584     |
| -4.00733     | 3.04452     |
| -4.18965     | 2.99573     |
| -4.34381     | 2.70805     |
| -4.47734     | 2.56495     |
| -5.17615     | 1.60944     |

**Şekil 2.15.** Kutu Sayım yöntemi Grafiği ve bu grafikte kullanılan değerler (Elert, 2000)

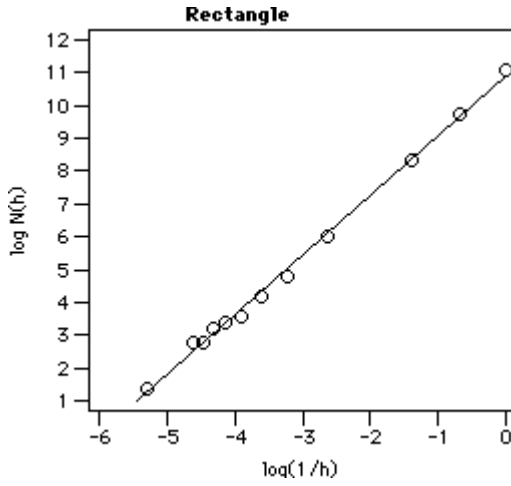
Boyut (deneysel) = 1.18

Boyut (analitik)= 1.26

Sapma = 6%



Şekil 2.16. Dikdörtgen



| log (1/h) | log N(h) |
|-----------|----------|
| 0         | 11.0904  |
| -0.69315  | 9.71962  |
| -1.38629  | 8.31777  |
| -2.63906  | 5.99146  |
| -3.21888  | 4.79579  |
| -3.61092  | 4.15888  |
| -3.91202  | 3.58352  |
| -4.12713  | 3.40120  |
| -4.31749  | 3.21888  |
| -4.46591  | 2.77259  |
| -4.60517  | 2.77259  |
| -5.29832  | 1.38629  |

Şekil 2.17. Kutu sayım yöntemi Grafiği ve bu grafikte kullanılan değerler(Elert, 2000)

Boyut(deneysel) =1.82

Boyut(analitik) =2

Sapma=%9

#### 2.2.4.3 BENZERLİK BOYUTU ( $d_s$ )

Benzerlik boyutu, fraktallerin kendine benzerlik ve ölçekten bağımsız olma özelliklerine dayanmaktadır. Fraktal nesneyi oluşturan parça sayısı ve şeklin bütünü ile parçaları arasındaki küçültme faktöründen yararlanılarak oluşturulan matematiksel bir denklem yardımıyla hesaplanmaktadır. Bütünü oluşturan parçaların özdeş olup olmamasına bağlı olarak iki farklı şekilde hesaplanabilmektedir. (Frame ve diğ, 2005)

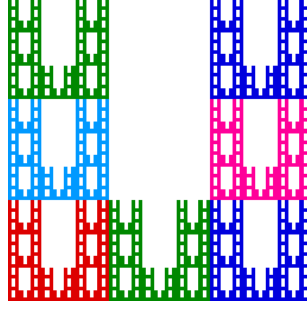
a-) Tekrarlanan parçaların boyutları aynı olduğu zaman (Şekil 2.18) fraktal boyut

$$d_s = \log(N)/\log(1/r), \quad (2.2)$$

N= tekrarlanan parça sayısı

r = küçültme faktörü

formülü ile hesaplanabilmektedir.



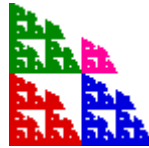
**Şekil 2.18.** Tekrarlanan parçaların boyutlarının aynı olduğu durum (Frame ve diğ, 2005)

N = 7 parça, her biri r = 1/3 ölçeği ile boyutlandırılıyor.

$$d_s = \log(7)/\log(3) = 1.77$$

b-) Moran formülü:

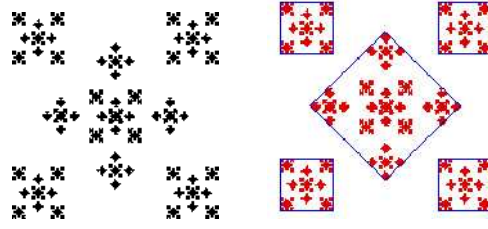
Bu sistem tekrarlanan parçaların boyutları aynı olmadığı zaman uygulanmaktadır. (Şekil 2.19)



**Şekil 2.19.** Tekrarlanan parçaların boyutlarının aynı olmadığı durum (Frame ve diğ,2005)

$$1=r_1^d+\dots+r_N^d \quad (2.3)$$

Aşağıdaki örnekte 4 parçası özdeş bir parçası farklı olan bir fraktal cismin boyutunun Moran Formülü yardımıyla hesaplanması gösterilmektedir. (Şekil 2.20)



**Şekil 2.20.** Moran Formülü Uygulaması (Frame ve diğ, 2005)

4 parça  $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 1/4$ , bir parça  $r_5 = 1/2$ .

Buradan Moran denklemi kullanılarak;

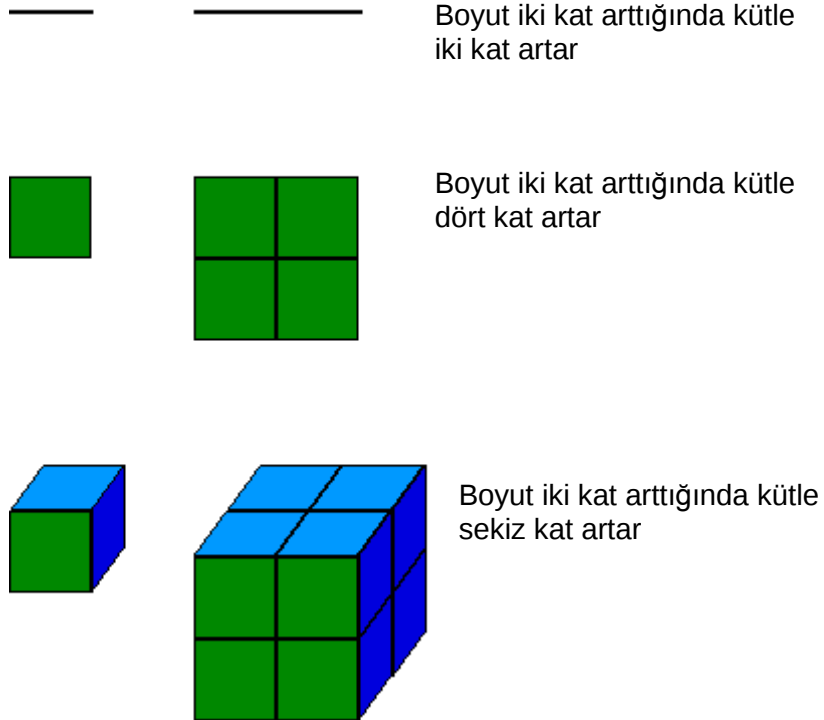
$$1 = 4(0.25^d) + 0.5^d$$

$$d = 1.35702 \dots$$

değeri elde edilir.

#### 2.2.4.4 KÜTLE BOYUTU

Bir objenin kütesinin objenin boyutuyla nasıl ölçülebileceği düşüncesine dayanmaktadır. ( yoğunluğun değişmediği farz edilir.) Aşağıdaki örnekte çizgi kare ve küp gibi bilinen nesnelerin kütle ve boyut ilişkisi görülmektedir. (Şekil 2.21)



**Şekil 2.21.** Kütle Boyutu (Frame ve diğ, 2005)

Ancak toz yığını ve doğal süngerler gibi hiyerarşik yapıya sahip objelerin tamsayı olmayan kütle boyutları vardır.  $d_m$  ile ifade edilen kütle boyutu; objenin içine (merkezin yakınlıklarına) yerleştirilen bir P noktası ve  $M(r)$  olarak nitelendirilen; objenin içinde bulunan c merkezli r yarıçaplı bir dairenin kütlesi (eğer obje bir düzlemde değil de bir uzayda bulunuyorsa küre) ile tanımlanır. (Frame ve diğ, 2005)

Güç kanununa göre bu ilişki;

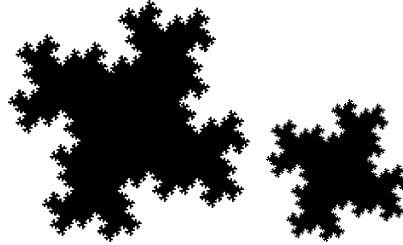
$$M(r) = k r^d \quad (2.4)$$

denklemini ile ifade edilir.

r çok büyük çıkarsa tüm obje dairenin içinde bulunmaktadır ve  $M(r)$  r'nin artmasıyla değişmez. Eğer r çok küçükse objeyi oluşturan küçük bir parçanın (atom v.s.) içinde bulunuyoruz demektir.

#### 2.2.4.5. ALAN ÇEVRE İLİŞKİSİ

Aynı özelliğe sahip iki fraktal bölgenin kıyaslanmasında kullanılır (Şekil 2.22). Bunun için bölgelerin benzer olması ve aynı sayıdaki tekrardan oluşmuş olması gerekir. (Frame ve diğ, 2005)



**Şekil 2.22.** Alan Çevre ilişkisi (Frame ve diğ, 2005)

$R_1 = 1.$  bölge  $R_2 = 2.$  bölge

$$P_1(s)/P_2(s) = (A_1(s)/A_2(s))^{d/2} \quad (2.5)$$

$P_1 = 1.$  bölgenin çevresi

$P_2 = 2.$  bölgenin çevresi

$A_1 = 1.$  bölgenin alanı

$A_2 = 2.$  bölgenin alanı

$d =$  fraktal boyut

## 2.3 FRAKTAL GEOMETRİ VE KAOS

Fraktaller ve kaos, doğadaki ve diğer sistemlerdeki karmaşıklığın ve dengelerin anlaşılmasında kullanılan yöntemlerdir. Karmaşık sistemlerin özelliklerini analiz etmek ve anlamak için kullanılan çizgisel olmayan yaklaşımlardır.

Peitgen'e göre fraktallerin ve kaos teorisinin bir başka ortak noktası da bu alanlarda yapılan öncü keşiflerin ancak bilgisayarlar yardımıyla görülebilmesidir. Bu alanlarda kullanılan yeni yöntemler ve terminoloji ekolojiyi, iklimleri ve birçok evrensel problemle ilgili çok daha etkin çözümler sunmaktadır.(Peitgen, 1992)

Fraktal uzaydaki bir nesnedir. Bu nesne sonsuz sayıdaki sonsuz küçük parçadan oluşur. Kendine benzerdir yani küçük parçalar büyük parçanın küçültülmüş bir kopyasıdır. Bazı fraktaller için küçük parçalar büyük parçaların birebir kopyasıdır. Doğadaki birçok fraktal örneğinde küçük parçalar büyük parçaların benzeridir. Ağaç bir fraktal gibidir. Olabildiğince çok sayıda olabildiğince küçük dalı vardır. Bir fraktal zaman içindeki bir işlem de olabilir. Olabildiğince küçük çoklukların kararsızlığı olabildiğince çok sayıdadır. Fraktal deneysel verilerden oluşan sayılardan oluşan bir küme de olabilir. Burada olabildiğince küçük sayının olabildiğince çok sayısı olabilir.

Çizgisel olmayan sistemleri tanımlamak için seçilen başka kelime de kaos kelimesidir. Karmaşık sonuçların çok karmaşık sistemlerin sonucu olması gerektiği düşünüldü. Kaos bazı çizgisel olmayan ancak çok basit olan sistemlerin de karmaşık sonuçlar doğurması anlamına gelir. Bu sistemlerin şaşırtıcı özelliği kısa süreler içinde sistemin değerlerinin tahmin edilebilir olmasına karşın uzun süreler içinde sistem değerlerinin tahmin edilemez olmasıdır. (Peitgen, 1992)

### 2.3.1 KAOS

Kaosun sözlük anlamı telaş, türbülans, boşluk ve istenmeyen tesadüfiyettir ancak bilim adamları kaosu başlangıç durumuna duyarlı şey olarak tanımlarlar. Kaos yunanca uçurum, boşluk, derinlik kelimesinden türemiştir. İki anlamı vardır:

1. Şansın çok önemli (büyük olasılık)olduğu nesneler durumu: Özellikle farklı formların yaratılmasından önceki karmaşık, düzensiz olan başlangıçtaki durum( var olan);
2. Tamamen karmaşa durumu. Buna göre kaos popüler anlamda tesadüf ile eşdeğerdir. Bu da doğal olarak kaosun matematiksel tanımıyla uyuşmaz. Farkı vurgulamak için kaosun matematiksel anlamı belirlenimci (deterministik) kaos olarak ifade edilir (Frame ve diğ, 2005).

Kaos ayrıca bir sistemin nasıl davranacağı ile ilgili uzun süreli tahminler yapıp yapılamaması sorusuyla da ilgilidir. Kaotik bir sistem düzenli ve sakin bir yolla da oluşabilir.

Kaosun ifade ettiği karmaşıklık, doğal ve insan yapısı sistemlerde hatta sosyal yapılarda ve insanların kendilerinde bile görülebilir. Karmaşık sistemler çok büyük ya da çok küçük olabilir. Genellikle karmaşık bir sistemde büyük ve küçük parçalar bir arada bulunurlar. Karmaşık bir sistem ya tamamen düzenli ya da tamamen düzensiz değildir, her iki karakteri de gösterebilir. Günlük hayatta trafik akışı, hava durumu, nüfus değişiklikleri, kentsel gelişme karmaşıklığının görüldüğü yerlerdir.

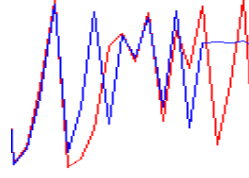
Kaosu tanımlamada kullanılan temel kavramlar belirlenimcilik, başlangıç durumu ve değişkenliktir. Bu kavramlar fraktalların oluşumunda da etkilidir.

#### **2.3.1.1. BELİRLENİMCİLİK**

Belirlenimcilik her hareketin önceki hareketin sonucu olduğu anlayışıdır. Bu yüzden en azından prensipte tüm davranışlar önceden tahmin edilebilir. Antik yunan da felsefi bir inanç olarak ortaya çıkmıştır ve sebep sonuç ilişkisinin materyal seviyesindeki tüm yapıları ve hareketleri yönettiği düşüncesine dayanarak 1500 llerde bilimin içine dâhil edilmiştir. Belirlenimcilik bilim modeline göre uzay zaman içinde tıpkı bir makinenin çalışması gibi hiçbir ayrılma olamadan ve belirlenimci kurallardan sapmadan yayılmaktadır. Newton sayesinde belirlenimcilik modern bilim alanında önemli bir yer edinmiştir. Klasik fraktaller, bir denklem veya kural algoritmasının sonucunun bir sonraki aşamada veri olarak kullanıldığı belirlenimci bir süreç içerisinde oluşturulmaktadır.

#### **2.3.1.2. BAŞLANGIÇ DURUMU**

Kaos, bir sistem başlangıç durumuna çok fazla duyarlı ise oluşur. Başlangıç durumu belirtilen bir başlama anındaki ölçümlerin değeridir. Başlangıç durumundaki küçük bir değişiklik sonuç üzerinde büyük bir değişikliğe neden olabilir. Biraz daha karmaşık dinamikler çok daha karmaşık davranışlara yönelebilirler, bu tür davranışların başlangıcı olabilirler. Kelebek etkisi olarak da adlandırılan bu tür davranışlar başlangıç durumuna hassas bağıllık olarak ifade edilmektedir. Edward Lorenz'in "Bir kelebeğin Brezilya'da kanat çırpması Texas'ta fırtınaya neden olabilir mi?" sorusuyla ortaya çıkmıştır. (Şekil 2.23) Kaotik davranış gösteren sistemlerin, başlangıç durumuna hassas bağımlı oldukları için davranışları hakkında uzun süreli tahminler yapılamayacağı görüşüne dayanmaktadır. Fraktal yaklaşımda ise başlangıç durumuna hassas bağıllık, fraktal nesnenin düzensiz bir yapıya sahip olmasına ve doğadakilere benzer formlara sahip olmasına neden olmaktadır.



**Şekil 2.23.** Lorenz'in Başlangıç Durumuna Hassas Bağlılık grafiği (Frame ve diğ,2005)

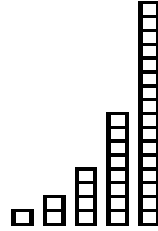
### 2.3.1.3.EVRENSELLİK

Evrensellik, farklı sistemlerin aynı şekilde davranış göstermeleridir. Gleick'e göre evrensellik, çizgisel olmayan sistemlerdeki aynı davranış biçimlerini ve bu biçimlerin hesaplanabilir olduğunun bir göstergesidir. Düzensiz fraktallerin oluşturulma yöntemlerinden biri olan yayılma ile sınırlı kümeler evrensellik özelliği gösteren kurgulardan biridir. (Gleick, 2005)

### 2.3.2 KAOSUN İFADE EDİLMESİ

Kaos, fraktaller, bifürkasyonlar (dallanmalar), intermitensiler ve periyodiklikler gibi kendine özgü terimlerden oluşan bir dil oluşturmuştur. Kaos karmaşıklığının temelinde yatan olağanüstü ve hassas yapıyı yalayabilmek için hem bilgisayar kullanımına özel hem de birtakım özel grafik resimleri icat etmiştir (Gleick, 2005).

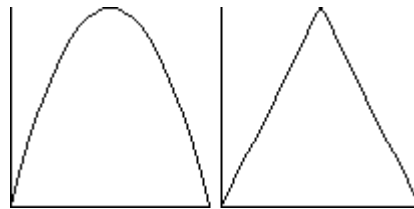
#### A. İKİYE KATLAMA:



**Şekil 2.24.** İkiye Katlama (Frame ve diğ, 2005)

Aslında etkisiz gibi görünen 2 sayısı ile çarpılarak çok küçük bir nesneden çok büyük bir oluşuma ulaşılabilir düşüncesi ile karmaşıklığın bazen basit etmenlerden oluştuğu fikrini desteklemektedir (Şekil 2.24).

#### B. TEST FONKSİYONLARI



**Şekil 2.25.** Test fonksiyonları

Kaos alnındaki çalışmalardaki test fonksiyonları; lojistik harita ve çadır haritasıdır.(şekil 2.25) Lojistik harita bir parabol ile çadır haritası ise kırık çizgi ile tanımlanır.

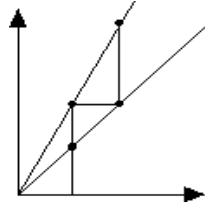
Her ikisi de:

1.  $x=1/2$  de simetriktir.
2. Tepe noktasının yüksekliği bir fonksiyonlar ailesini tanımlamak için çeşitli değerler alır. Yükseklik aile parametresini verir.

### C. BİR $f(x)$ FONKSİYONUNA

Bir  $f(x)$  fonksiyonu ve  $x_0$  başlangıç noktası verildiğinde  $x_0$ 'ın yörünge si  $x_1=f(x_0)$ ,  $x_2=f(x_1)$  eşitliği ile hesaplanır. Yörünge nin uzun süreli davranışını göstermek için farklı yöntemlere başvurulabilir. Bunlar deneysel bilgiler içererek herhangi bir aralıktaki değerleri analiz edebilir (Frame ve diğ, 2005).

#### C1. Grafiksel tekrar



**şekil 2.26.** Grafiksel Tekrar

Grafiksel tekrar, sürecin geometrik olarak görselleşitildiği bir yöntemdir. Bir  $y=f(x)$  fonksiyonu ve  $y=x$  doğrusu yardımıyla yörünge oluşturulur.  $x=x_0$  dan başlayarak tekrarlanan  $y=f(x)$  fonksiyonunun grafiğine düşey bir çizgi çizilir ve  $(x_0, f(x_0))= (x_0, x_1)$  noktasında grafiği keser. Bu nokta yatayda  $y=x$  doğrusuna bir çizgi çizilir. Düşeyde grafiğe, yatayda diyagonale çizgi çekilerek tekrarlanır.

#### C2. Zaman serileri



**şekil 2.27.** Zaman Serileri (Frame ve diğ, 2005)

Düzen içindeki yörünge değerlerinin işaretlenmesidir. Yani  $(0, x_0)$ ,  $(1, x_1)$ ,  $(2, x_2)$ ... noktalarının grafiğidir. (şekil 2.27)ok fazla nokta işaretlendiğinde düzenleme birbirini izleyen noktaları bağlayan bir çizgi çizilerek vurgulanabilir. Bu geçici

kalıpların görselleştirilmesi için en bilinen yöntemdir. İstatikte, ekonomide bir değişkenin birbirini takip eden zaman birimleri içinde aldığı değerlerin sıralanması ile elde edilen zaman serilerinde fraktal boyut, grafiklerdeki benzer veya birbirinden çok farklı bölümlerin belirlenmesinde kullanılabilir.

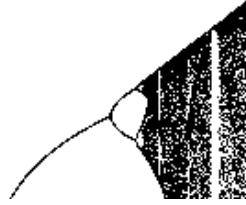
### C3. Histogram



**Şekil 2.28.** Histogram

Histogramlar, bir veri dizisindeki değişiklikleri gösteren çubuk grafiklerdir. Aynı zamanda frekans dağılımı olarak da adlandırılır çünkü verilen herhangi bir değer görülmeye sıklığı çubuğun uzunluğu ile gösterilir. Bir yörüngeye ait histogramın bulunması ilk olarak menzilin (yörünge min ve yörünge max ) kutulara bölünmesiyle olur. Grafik tekrarlar uygun olabilmesi için düşey olarak temsil edilir. (Şekil 2.28) Her yörünge noktası birkaç kutuya aittir ve yörüngede takip edildiği gibi her nokta ait olduğu kutudan başlayarak çizilen yatay çizgiyi artırır. Histogram yörüngesinin her menzil bölgesinde geçirdiği zaman miktarı ile yaklaşık bir ölçü verir.

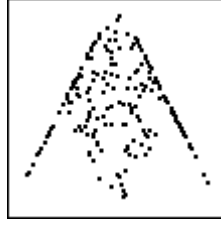
### C4.Çatallanma diyagramı



**Şekil 2.29.** Çatallanma Diyagramı (Gleick,2005)

Herhangi bir dinamik sistemde parametre değerlerinin değişmesiyle sistemin uzun süreli davranışlarında meydana gelen ani değişikliklerin gösterildiği grafiklerdir. (Şekil 2.29) Her bir parametre değeri (yatay olarak işaretlenen) için alınan olası değerlerinin (düşey olarak işaretlenen) bir kayıttır. Grafik parametre değiştiğinde dinamiklerin nasıl çeşitlendiğiyle ilgili bir kayıt verir. Parametre değeri yükseldikçe sistemin kararlı hali bozulur. Değer daha da arttıkça sistemin dengesi ikiye ayrılır. Değer arttıkça bölünmeler hızlanır. Sistemin kaotik özellik gösterdiği kısımlardaki bölünmeler büyütüldüğünde sistemin bütününe benzer bir yapı gösterdiği için fraktal nitelik göstermektedir (Gleick,2005).

#### C5.Dönüş haritası:



**Şekil 2.30.** Dönüş Haritası (Frame ve diğ, 2005)

$(x_0, x_1), (x_1, x_2), (x_2, x_3), (x_3, x_4) \dots$  noktalarının işaretlenmesidir.

$x_{i+1} = f(x_i)$  fonksiyonunun yörüngesi için dönüş haritası  $y = f(x)$  grafiği üzerinde noktalar üretir. (Şekil 2.30) Böylece deneysel bilgi için dönüş haritası, tek boyutlu dinamikler tarafından verinin ne kadar iyi temsil edilebileceğini gösterir.

#### C6. Driven IFS Plot



**Şekil 2.31.** Driven IFS Plot (Frame ve diğ, 2005)

Bu yöntemde menzil dört kutuya bölünür ve oluşan birim karelerin köşeleri 1'den 4'e kadar olan sayılarla numaralanır.  $(1/2, 1/2)$  den başlayan plot  $p_{i+1}$  in  $p_i$  nin orta noktası olduğu ve  $p_i$  nin içinde bulunduğu köşelerin numaralandığı  $p_0, p_1 \dots$  noktalarından oluşur (Şekil 2.31).

#### C.7. Kelly Plot

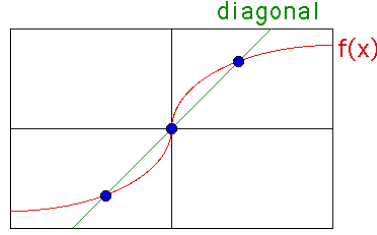


**Şekil 2.32.** Kelly Plot (Frame ve diğ, 2005)

Kelly plot, Ellsworth Kelly'nin resimlerinden etkilenecek oluşturulan bir veri temsil yöntemidir. Bu yöntemde veri değerlerinden oluşan bir sıralama sayılardan oluşan bir sıralamaya dönüştürülür ve her sayı bir renk ile temsil edilir. Bunun için her bir veri noktasını temsil eden küçük karelerden oluşan bir kare çizilir. Bu yöntem sabit

düzensizliklerin, aralıkların ve diğer dinamiklerin görselleştirilmesinde kullanılmaktadır (Frame ve diğ) (Şekil 2.32).

#### D. Sabit noktalar

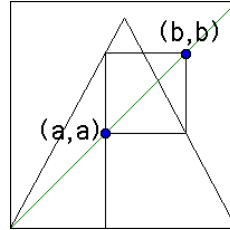


**Şekil 2.33.** Sabit Noktalar

Sabit noktalar  $y = f(x)$  fonksiyonu üzerindeki noktalardır. Bu noktalar fonksiyonun tekrarı sırasında dinamikler tarafından değiştirilemeyen  $x$  değerleridir. Grafikte  $y = x$  ile tanımlanan diyagonal ve  $y=f(x)$  fonksiyonunun kesiştiği mavi noktalar sabit noktalardır. Sabit bir noktanın zaman serisi yatay bir çizgidir (Şekil 2.33).

#### E. N Döngüsü

$N$  devirleri;  $x_1, x_2, \dots, x_N$  noktalarından oluşan bir toplamadır. Ardışık olarak  $x_1$ 'i takip eden  $x_N$  lerden oluşur. Bir  $f(x)$  fonksiyonunun tekrarından oluşan sıralar için döngü  $x_2 = f(x_1), x_3 = f(x_2), \dots, x_1 = f(x_N)$  ile gösterilir. Bu döngü  $y=x$  ve  $y=f^N(x) = f(f(\dots(f(x))))$  fonksiyonlarının kesişimidir. Döngü olarak adlandırılmasının sebebi tekrarın  $x_1$  den  $x_2$  ye,  $x_2$  den  $x_3$  e, ..., ve  $x_N$  tekrar  $x_1$  e doğru olmasıdır (Frame ve diğ) . Aşağıdaki şekil çadır harita için yapılan 2'li döngüyü göstermektedir (Şekil 2.34)



**Şekil 2.34.** .N. Döngüsü

## **2.4 FRAKTALLER VE HÜCRESEL ÖZDEVİNİM**

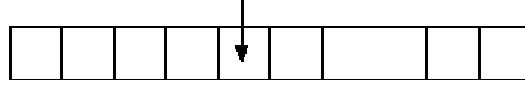
Hücresel otomata (CA) “Bir makine kendisinin kopyalayabilir mi?” sorusundan yola çıkılarak oluşturulan soyut matematiksel makinelerdir. Çok basit kurallarla tanımlanan hücresel otomata çok çeşitli davranışlar üretebilir. Bu davranışların bir kısmı organik ve onların büyük bir kısmı da fraktaldır. Bir hücre, ona ait başlangıç durumu ve kurallar grubundan oluşmaktadır. Hücresel otomata temel biyolojik paradigmalardan birinin bilgisayar uygulaması olan genetik algoritmanın

keşfedilmesi için uygun bir ayarlamadır. Günümüzde önemli bir modelleme ve benzetim aracı olarak kullanılmaktadır. Hücresel otomata dört özellik ile tanımlanır.

#### 2.4.1 KONUM UZAYI

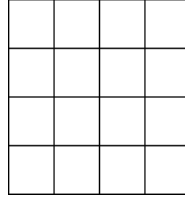
Hücresel otomatanın konum uzayı, eylemin meydana geldiği evren olarak tanımlanır. Konum uzayı dünyanın bir modeli ve hücreler topluluğudur. Evrenin bölünmez parçalarından, hücrelerden oluşan bir topluluktur. Konum uzayı içerisinde birçok hücre düzenlemesi yer alır. Örneklerde bunlardan sadece ikisi olan tek boyutlu ve iki boyutlu hücre düzenlemeleri gösterilmektedir. (Şekil 2.35 -2.36)

##### Tek boyutlu



**Şekil 2.35.** Tek boyutlu hücre düzenlemesi

##### İki boyutlu



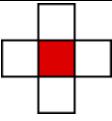
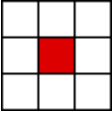
**Şekil 2.36.** İki boyutlu hücre düzenlemesi

Genel olarak konum uzayı sonsuz büyüklükte kabul edilir. Herhangi bir bilgisayar benzetimi ise sınırlı olmak zorundadır dolayısıyla da sonsuz durum uzayı doğru bir şekilde temsil edilemez. Bu sorun genellikle sarmal formlarla çözülür.

#### 2.4.2 HÜCRE KOMŞULUĞU

Bir hücrenin komşuluğu, hücrenin etrafındaki dolu ve boş hücreleri ve bu hücrelerle ilişkisini gösterir. Hücrelerin şu an ki durumu başka bir hücrenin sonraki durumunu etkilemektedir.

**Tablo 2.1.** Hücre komşuluk türleri (Frame ve diğ, 2005)

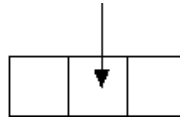
|                                            |                                                                                     |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Tek boyutlu, N=3</u> komşuluk           |  |
| <u>Tek boyutlu, N=5</u> komşuluk           |  |
| <u>İki boyutlu, von Neumannn</u> komşuluğu |  |
| <u>İki boyutlu, Moore</u> komşuluğu        |  |

N: komşuluk içindeki hücre sayılarını gösterir.

Tek boyutlu, N = 3

Komşuluk merkez hücre ve onun sağ ve sol yanındaki birer hücreden oluşur. (Şekil 2.37)

Merkez hücre

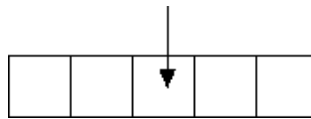


**Şekil 2.37.** Tek boyutlu hücre dizimi N=3

Tek boyutlu, N = 5.

Komşuluk merkez hücre ve onun sağ ve sol yanındaki ikişer hücreden oluşur. (Şekil 2.38)

Merkez hücre

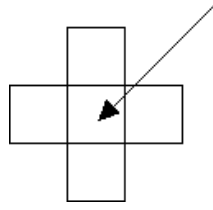


**Şekil 2.38.** Tek boyutlu hücre dizimi N=5

İki boyutlu, N = 5 (von Neumann komşuluğu)

Komşuluk merkez hücre ve onun kuzey, güney, doğu ve batısında bulunan birer hücreden oluşur. Bu komşulukta merkez hücre ve diğer dört hücrenin birer kenarı ortaktır. (Şekil 2.39)

Merkez hücre

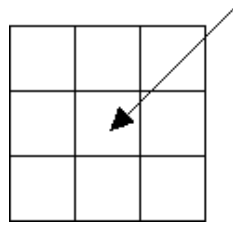


**Şekil 2.39.** İki boyutlu hücre dizimi N=5

İki boyutlu, N = 9 (Moore komşuluğu)

Komşuluk merkez hücre ve onunla bir kenarı ya da bir köşesi ortak olan hücrelerden oluşur. (Şekil 2.40)

Merkez hücre

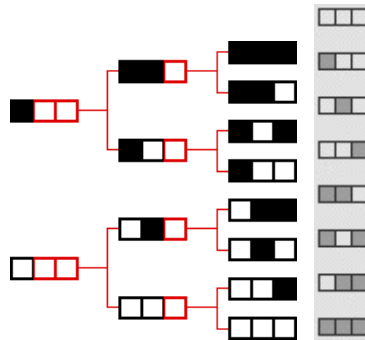


**Şekil 2.40.** İki boyutlu hücre dizimi N=9

### 2.4.3 HÜCRELERİN SAHİP OLABİLECEĞİ KONUMLARIN SAYILABİLMESİ

Bu özellik, hücrenin o an içinde bulunduğu detay seviyesini gösterir. Konum sayısı S ile gösterilir. Genellikle canlı (siyah) ve ölü (beyaz) hücrelerden oluşan ikililer ( $S = 2$ ) olarak düşünülür. Hücre sayısı N ve her bir hücrenin konum sayısı S olan bir komşulukta  $S^N$  tane komşuluk biçimi vardır.

Aşağıdaki örnekte  $S=2$  ve  $N=3$  olan bir komşuluk düzeni gösterilmiştir. Hesaplama kullanılmayan hücreler kırmızı ile gösterilmiştir. Bu örnekte  $2^3 = 8$  tane hücre konumu oluşur.(Şekil 2.41)



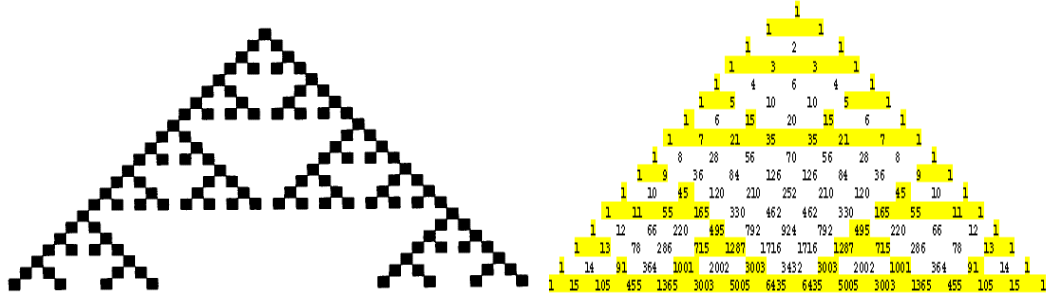
**Şekil 2.41.** Komşuluk Düzeni (Frame ve diğ, 2005)

## 2.4.4 HÜCRESEL ÖZDEVİNİM KURALLARI

Kurallar, komşuluk içindeki bir hücrenin şu anki durumunun, başka bir hücrenin sonraki durumunu nasıl etkileyeceğini belirler. Özellikle durum sayısı azsa ve komşuluk küçük ise tüm bu özellikleri uygulamak çok basittir. Kapsanan ihtimallerin zenginliği kuralların sayısı hesaplanarak bulunur. Hücresel otomata fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyal etkileşimleri modellemede kullanılır. Bu uygulamaların birçoğunda, yaşayan hücrelerin komşuluk içindeki durumu yaşayan hücrelerin sayısı kadar önemli değildir.

Hücresel otomata kuralı, konum uzayı içindeki canlı ve ölü hücrelerden oluşan şu anki grubun, bir sonraki canlı ve ölü hücrelerden oluşan grubu nasıl oluşturacağını tanımlar. Kural, biçimin bir ölü hücrenin oluşumuna mı, yoksa canlı hücrenin oluşumuna mı yol açacağını gösterir.

Hücresel özdevinim kuralları yardımıyla çeşitli fraktal doku örnekleri oluşturulabilir. Oluşturulan en çok bilinen fraktal örüntü örneği Sierpinski üçgenidir. Pascal üçgenindeki tek sayıların işaretlenmesine dayanan bir kural dizisiyle oluşturulur (Şekil 2.42).



Şekil 2.42. Pascal Üçgeni (Web 5)

## 2.5 ÇOKLUFRAKTALLER

Feder'e göre bir şey geometrik yapısından dolayı bir ölçüye sahip olabiliyorsa ve o ölçünün yapının farklı parçalarında farklı fraktal boyutu varsa o ölçü çoklufraktaldir. Farklı yöntemlerle oluşturulabilirler. (Feder, 1988)

### 2.5.1 EŞİT OLMAYAN OLASILIKLAR

Olasılıkların belirlenmesiyle IFS yöntemiyle bir fraktal nesnenin parçaları nesne içinde yer alan kendilerine ait alanı farklı oranda doldurabilir (Frame ve diğ., 2005).



**Şekil 2.43.** Eşit olmayan olasılıklar (Frame ve diğ, 2005)

Yukarıdaki şekilde birim karenin 1/ 4 lük her bir parçası birçok fraktalde olduğu gibi aynı şekilde doldurulmamıştır.(Şekil 2.43) P ile temsil edilen olasılıklar da kutunun birinci bölümünde resmi oluşturan noktaların 0.1'i 2, 3 ve 4. kutularda ise noktaların 0.3'ü gösterilmiştir

$$p_1 = 0,1, p_2 = p_3 = p_4 = 0,3$$

## 2.5.2 DEĞİŞKEN OLASILIK HİSTOGRAMLARI

Resmi oluşturan birim kutuların yükseklik boyutuyla tanımlanmasıyla histogramlar oluşur. Farklı bölgelere ayrılarak belirtilen resme uygulanan her dönüşümün uygulanması olasılıkları, o bölgedeki dönüşüm tarafından belirlenen çevrimlerin kesrini gösterir (Frame ve diğ).

IFS ve olasılıklarla oluşturulan eşit olmayan olasılıklar örneğinde , 1. kutuda yaklaşık olarak noktaların 0.1i ; ve 2., 3. ve 4. kutularda ise 0.3 ü yer almaktadır(Şekil 2.44).

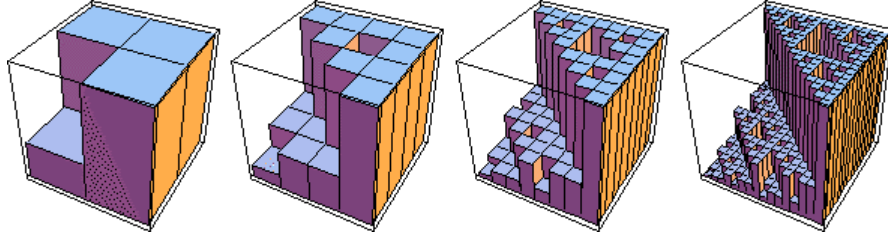
$$p_1 = 0,1, p_2 = p_3 = p_4 = 0,3. \text{ (p: olasılıklar)}$$

|    |    |     |     |     |     |
|----|----|-----|-----|-----|-----|
| .3 | .3 | .09 | .09 | .09 | .09 |
|    |    | .03 | .09 | .03 | .09 |
| .1 | .3 | .03 | .03 | .09 | .09 |
|    |    | .01 | .03 | .03 | .09 |

**Şekil 2.44.** Nesnenin parçalarındaki olasılık oranı (Frame ve diğ, 2005)

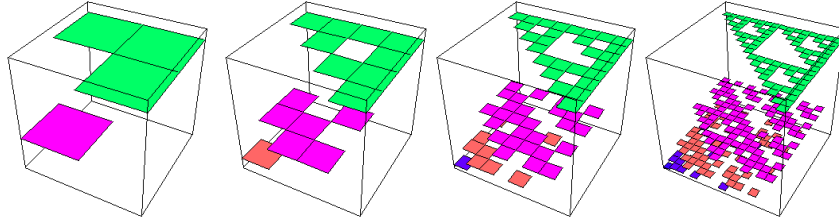
Aynı şekilde 11. kutuda noktaların yaklaşık olarak  $0.01 = 0.1 \cdot 0.1$ 'i , 12. kutuda  $0.03 = 0.1 \cdot 0.3$  ü yer alacaktır.

Kare 44, noktaların 0,09 unu ve kare 444, noktaların 0,027 sini göstermektedir.



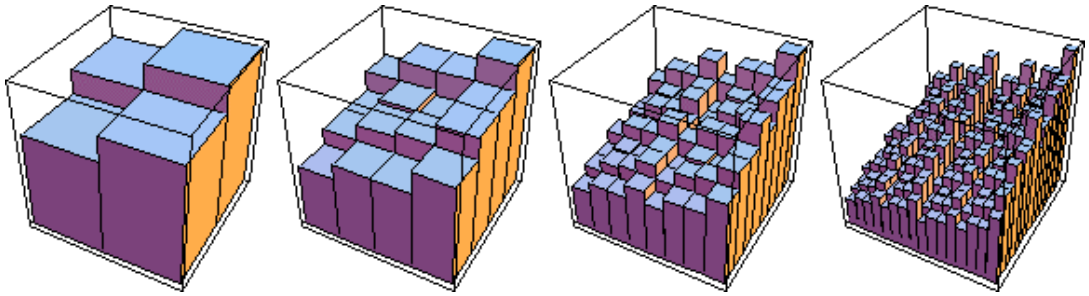
**Şekil 2.45.** Bir çoklu fraktalin ilk dört çevrimi (Frame ve diğ, 2005)

Bu örneklerde histogram ilk dört tekrara ait olasılıkları göstermektedir. Bu olasılıklar birim küplerin yüksekliğinin kesri alınarak uygulanan dönüşümler ile üretilmiştir. En yüksek olasılık bölgesinde bilinen bir şekil oluşmuştur. Sol alt, sağ alt ve sağ üst dönüşümler aynı olasılığa sahip oldukları için Sierpinski üçgeni oluşmuştur. (Şekil 2.45) Aşağıdaki şekillerde ise ana küp içinde oluşturulan çoklu fraktalin kesitleri gösterilmektedir. (Şekil 2.46)



**Şekil 2.46.** Çoklu fraktal'in Kesitleri (Frame ve diğ, 2005)

Olasılıklar daha çok çeşitlendiğinde daha karmaşık şekiller ortaya çıkmaktadır. (Şekil 2.47)



**Şekil 2.47.** Çoklu fraktaller ve olasılıkların çeşitlenmesi (Frame ve diğ, 2005 )

$p_1 = 0.2$ ,  $p_2 = 0.25$ ,  $p_3 = 0.25$ , ve  $p_4 = 0.3$ . (p: olasılık)

Fraktaller ve fraktal geometriye, günümüzde kaos kuramının popüleritesinin artması ve karmaşa ve düzensizliğin yer aldığı her alanda sahip olduğu yeri güçlendirmesi ile birlikte kaos' a ait bir temsil biçimi olarak ve kaos gibi karmaşa ve düzensizliği içermesi nedeniyle bir çok alanda rastlanılmaktadır.

Fraktal boyut ile birlikte tanımlanabilir ve hesaplanabilir olmaları fraktallerin, hem bir değerlendirme aracı hem de tanımlama aracı olmasını sağlamaktadır. Matematik alanında ortaya çıkmış olsalar da şekillere ve örüntülere dayanmaları daha kolay anlaşılabilir olmalarını sağlamaktadır. Bu özellikleri bir takım kurallar ve algoritmalar yardımıyla dijital ortamlarda temsil edilmelerine de olanak vermektedir. Bu özellikleri de günümüzde birçok alanda hem hücresel otomata gibi bilgisayar destekli modellerle birlikte kullanılmalarına hem de çeşitli benzetim modellerinde kullanılmalarını ve birçok araştırmada yer almalarına neden olmaktadır.

Çıkış noktasının doğanın geometrisi olması nedeniyle fraktaller, doğa ve evrene ait bilinmeyenlerin çözümlenmesinde doğa benzeri yapıların oluşturulmalarında da kullanılabilmektedirler.

### 3. FRAKTAL TÜRLERİ VE FRAKTAL ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Fraktallerin yapılarını oluşturan ve kaos teorisinin bir parçası olarak gündeme gelmesini sağlayan temel özelliklerinden olan kendine benzerlik, tekrarlar sonucu oluşma ve başlangıç durumuna duyarlılık, matematik, fizik, astronomi, biyoloji, mimarlık, resim, ekonomi ve doğa gibi kaotik özellik gösterebilen birçok bilim alanında görülen özelliklerdir. Bu alanlarda var olan dinamik sistemlerin, çizgisel olmayan sistemlerin, ölçekten bağımsız oluşumların ve karmaşık şekillerin yapısında çeşitli fraktal kurgular görülmektedir. Dolayısıyla bu bilim dallarına ait çeşitli problem alanlarına ait çözümlemelerde de fraktallerden ve fraktal geometriye ait temsil biçimlerinden yararlanılmıştır.

Birçok bilim dalını kapsayan bu çeşitlilik içerisinde farklı sınıflara ait birçok fraktal türünden yararlanılmış ve bu türlerin oluşturulmasına yönelik fraktal üretim yöntemleri kullanılmış ve yeni yöntemler geliştirilmiştir.

Fraktal türlerine yönelik en temel sınıflandırma; Mandelbrot'a göre doğanın geometrisi olan fraktallerin doğada göründükleri oluşumlara ve doğadaki oluşumlardaki kural ve formel özelliklerden yararlanılarak insan eliyle yapılan fraktal grafiklere göre olan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmaya göre fraktaller, doğal fraktaller ve yapay fraktaller olarak iki ana gruba ayrılmaktadır.

Belirtilen her iki sınıflandırmada da insan eliyle üretilen fraktallerin oluşturulmasında çeşitli üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları matematiksel denklemlere dayanmaktadır. Bazı yöntemlerde ise geometrik şekillerden ve bu şekillere uygulanan dönüşüm kurallarından yararlanılmaktadır. Gerek matematiksel kurallar gerekse dönüşüm kuralları ile fraktallerin üretilmesinde en önemli faktör tekrardır. Biçim gramerlerinin bir alt kümesi olarak da tanımlanan fraktaller, çevrimli algoritmalar yardımıyla günümüzde bilgisayar destekli modellerle de oluşturulabilmektedir. (Schmitt ve Chen, 1996).

#### 3.1 DOĞAL FRAKTALLER

Doğadaki oluşumların ve nesnelerin gerek fiziksel, gerek kimyasal gerekse de biyolojik yapılarında tekrar ve tekrarlar sonucu oluşan kendine benzerlik özelliği dolayısıyla fraktal nitelik bulunmaktadır. Doğal fraktaller olarak adlandırılan bu

oluşumlarda üç veya dört çevirime kadar kendine benzerlik özelliği görülmektedir. (Peitgen ve diğerleri) Yeryüzü şekillerinin düzensiz, girintili çıkıntılı ve euclid geometrisi ile tam olarak tanımlanamayan formları doğal fraktallerin en çok bilinen örneklerindendirler. Dağların, nehirlerin, kıyıların şekilleri incelendiğinde, tüm bu oluşumların geometrik yapılarının tekrarlar sonucu oluşan karmaşık formlar olduğu görülmektedir. Bir sıradağ kütlesi incelendiğinde her bir dağ kütlesini oluşturan birbirine benzer girinti ve çıkıntılar görülmektedir. Ölçek küçültüldüğünde görülen dağ yüzeyindeki küçük bir çıkıntının geometrik biçiminin dağın geometrik biçimine benzer olduğu görülür (Şekil 3.1).



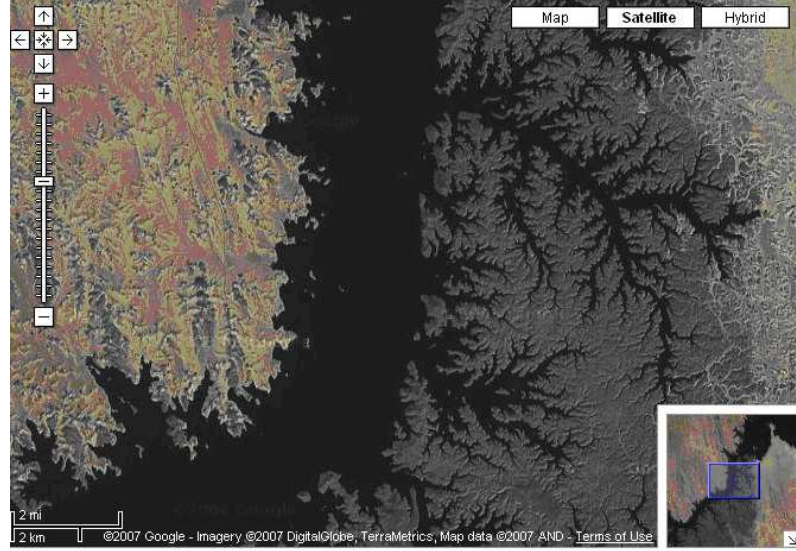
**Şekil 3.1.** Dağlar (Web 6)

Denizlerde ve göllerdeki dalgaların oluşturduğu yüzeyler de tıpkı dağlarda olduğu gibi girintili çıkıntılı bir görüntü oluşturmaktadır. Deniz yüzeyinin üzerindeki bu pürüzlü görüntü yüzeye daha yakından bakıldığında da görülmektedir (Şekil 3.2).



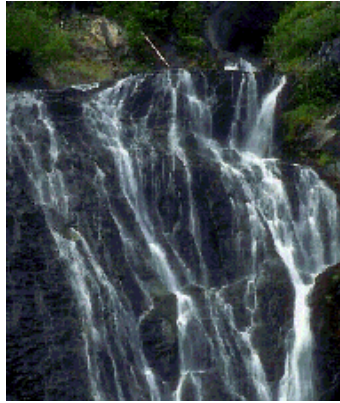
**Şekil 3.2.** Dalgalar (Web 7)

Aynı şekilde nehirlerin formlarına bakıldığında belli bir noktadan başlayan çatallanmalar ve bu çatallanmaların oluşturduğu karmaşık formlar görülmektedir. Bu çatallanmalar ile oluşan nehir kollarının nehrin kendisine benzeyen şekiller olduğu görülmektedir (Şekil 3.3).



**Şekil 3.3.** Nil Nehri (Web 8)

Nehirler üzerindeki şelalelerde de aynı özellik görülmektedir. Suyun kayalara çarpması ile çatallanmalar oluşmakta ve su daha da küçük kayalara çarptıkça yüzeyde daha çok çatallanma oluşmakta ve bu çatallanmalar da şelalenin ana kurgusuna benzer kurgular oluşturmaktadır (Şekil 3.4).



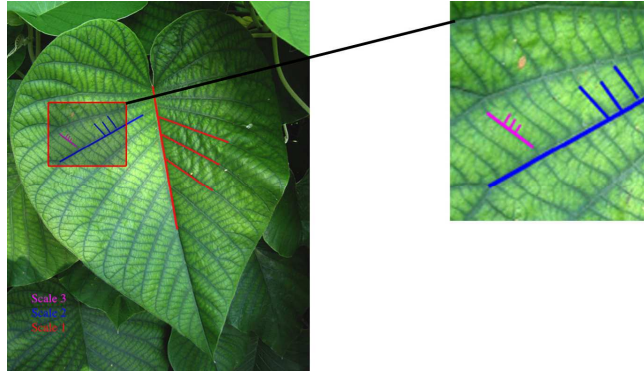
**Şekil 3.4.** Şelale (Web 9)

Ağaçlar, kendine benzerlik özelliğinin ve aynı formun tekrarının yoğun olarak görüldüğü doğal nesnelerdir. Bir ağacın toprak üstündeki kısmı olan dalları ve toprak altında kalan kısmı olan kökleri çatallanmalar sonucu oluşan karmaşık geometrik yapılara sahiptirler (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5.** Ağaç Dalları (Web 10)

Yaprakların üzerindeki damarların kurgusunda da tekrar ve kendine benzerlik özelliği görülmektedir. Yaprığın ortasındaki ana damar kollara ayrılmaktadır. Daha sonra da bu kollar kendilerine benzer daha küçük kollara ayrılmaktadır (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6.** Tropikal Yaprak (Bourke, 2002)

### 3.2 YAPAY FRAKTALLER

Kaos teorisiyle birlikte bilim adamlarının doğadaki dinamik sistemlerin oluşumlarını ve durumlarını tanımlamada çeşitli denklemler yardımıyla oluşturdukları şekiller ve doğadaki fraktal kurguların analiz edilmesiyle ortaya çıkan yapılanmalar yapay fraktaller olarak adlandırılmaktadırlar. Çeşitli matematiksel denklemler ve bir başlangıç biçimine uygulanan dönüşüm kuralları ile oluşturulmaktadırlar. Her iki oluşum yönteminde de sonsuz tekrar söz konusudur. Bu nedenle sonuç ürün kendine benzer bir yapıya sahiptir. Fraktal geometriyle, üretilen basit bir biçim tekrar eden algoritmik bir yapıyla sonuçta karmaşık bir yapıya dönüşmektedir (Çağdaş, 1994). Üretimlerindeki sonsuz tekrar nedeniyle genellikle bilgisayarlar yardımıyla çevirimli algoritmalarla üretilirler.

Yapay fraktaller oluşumlarına ve sahip oldukları kendine benzerlik özelliğine göre çeşitli gruplara ayrılmaktadırlar. Oluşumlarına göre yapay fraktaller, düzenli (determinist) ve düzensiz (rasgele-random) fraktaller olarak ikiye; kendine benzerlik özelliklerinin derecesine göre de kesin kendine benzerlik, yarı kendine benzerlik ve statiksel kendine benzerlik gösteren fraktaller olarak üçe ayrılmaktadırlar.

### **3.2.1 DÜZENLİ FRAKTALLER VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ**

Düzenli fraktaller, belirlenmiş bir kural algoritmasının tekrarlanması ya da belirlenen bir noktanın matematiksel bir denklemde kullanılması ve elde edilen sonucun tekrar bu denklem içinde kullanılması ile üretilen fraktallerdir. Düzenli fraktaller genellikle belirgin bir kendine benzerlik özelliğine sahiptirler. Üretilmeleri sırasında belirli bir başlangıç biçimine yani üreticiye bir kural algoritmasının birden fazla tekrar ile uygulandığı düzenli fraktaller çizgisel fraktaller olarak adlandırılmaktadırlar. Çizgisel fraktallerin üretilmeleri sırasında matematiksel yöntemler kullanılmaktadır. Belirlenen bir noktanın koordinatlarının bir formül içinde kullanılması ile oluşturulan düzenli fraktallere noktasal fraktaller adı verilir. (Lorenz,2003). Mandelbrot Seti gibi kaotik fraktaller ile garip çekiciler bu gruba dahil fraktal türleridir.

Düzenli fraktallerin en bilinen örnekleri:

- Gerçek Matematiksel (Klasik) fraktaller,
- Yinelenen Fonksiyon Sistemi (IFS) ile oluşturulan fraktaller,
- L-Sistemleri - Lindenmayer-Sistemi ile oluşturulan fraktaller,
- Kaotik Fraktaller,
- Garip Çekiciler (Orbital Fraktaller) dir.

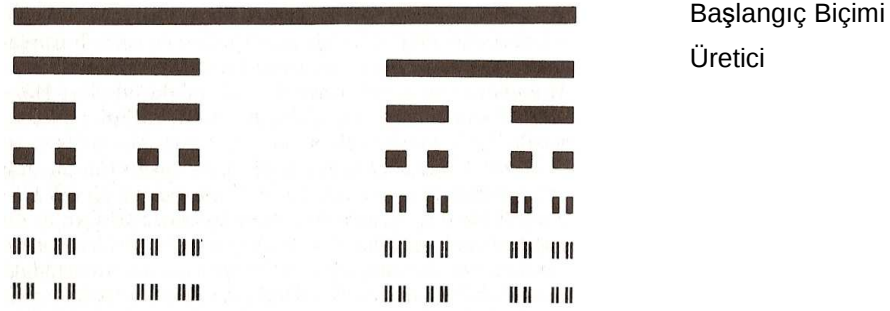
#### **3.2.1.1 GERÇEK MATEMATİKSEL FRAKTALLER**

Her ne kadar fraktal terimi yirminci yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkmış ve birçok bilim dalında fraktal nitelik gösteren oluşumlara rastlanmış olsa da fraktaller, bu kavram ortaya atılmadan çok önce birçok matematikçinin çalışmalarında yer almıştır. İsveçli matematikçi Helge von Koch tarafından 1904 yılında tanımlanan Koch eğrisi, Georg Cantor tarafından 1872 yılında oluşturulan Cantor seti, Polonyalı matematikçi Waclaw Sierpinski tarafından 1915 yılında oluşturulan Sierpinski üçgeni ve Sierpinski halısı ve İtalyan Matematikçi Giuseppe Peano'un 1890 yılında yarattığı alan dolduran eğri olarak da tanımlanan Peano eğrisi bilim dünyasında "fraktal" kelimesi bilim literatürüne girmeden önce ortaya atılan fraktal nitelik gösteren oluşumlardan bazılarıdır.

Gerçek Matematiksel fraktaller olarak da adlandırılan bu fraktaller, bir başlangıç biçimi, üretici ve basit kurallar yardımıyla oluşturulurlar. Hiçbir zaman çok karmaşık değildirler. Çizgisel fraktaller oluştururlar. Katı bir kendine benzerlik özelliği gösterirler. Üretilen biçimin her parçası başlangıç biçiminin küçültülmüş bir kopyasıdır. Bir önceki aşamadaki sonuç ürün bir başka deyişle çıktı, bir sonraki aşamadaki ürünün girdisidir. Dolayısıyla kesin bir başlangıç biçimine duyarlılık söz konusudur.

#### Cantor Seti

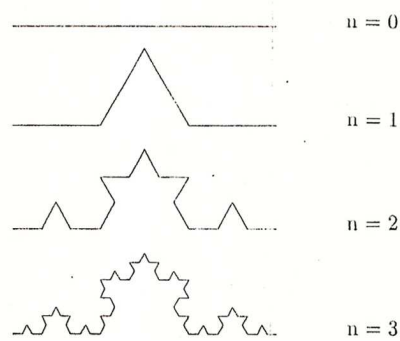
Başlangıç biçimi düz bir çizgidir. Bu çizginin üç eşit parçaya bölünüp, ortadaki çizginin çıkarılmasıyla üretici biçim oluşturulur. Daha sonraki çevrimde oluşan her iki çizgi üç eşit parçaya bölünür ve üretici biçimde olduğu gibi ortadaki çizgi çıkarılır. Kuralın birkaç çevrim daha uygulanması ile Cantor Seti oluşur. Çevrim sayısının sonsuza yaklaşmasıyla çizgilerin yerini noktalar kümesi alır (Şekil 3.7).



**Şekil 3.7.** Cantor Seti (Gleick, 2005)

#### Koch eğrisi

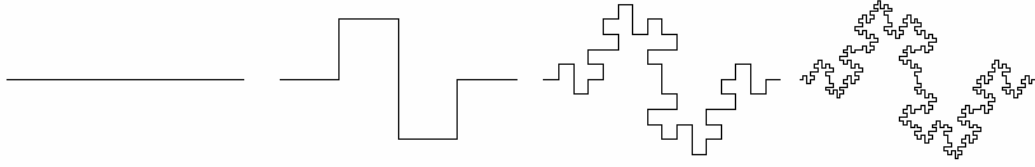
Başlangıç biçimi düz bir çizgidir. Bu çizginin üç eşit parçaya bölünüp ortadakinin çıkarılarak yerine bir eşkenar üçgen koyulması ve bu eşkenar üçgenin taban kenarının kaldırılmasıyla üretici biçim oluşturulur. Sonraki aşamalarda her bir çizgi için aynı işlem yapıldığında Koch eğrisi oluşturulur (Şekil 3.8).



**Şekil 3.8.** Koch eğrisi (Bunde ve Havlin, 1994)

### Minkowski Eğrisi

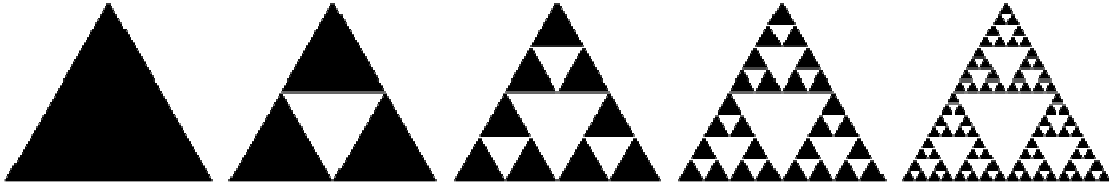
Başlangıç biçimi düz bir çizgidir. İlk aşamada bu çizgi uzunluğu başlangıç biçiminin  $1/4$  ü olan birbirine eşit sekiz parçadan oluşan bir üretici ile yer değiştirir. Yer değiştirme kuralının her bir çizgi için tekrarlanmasıyla eğri oluşur (Şekil 3.9).



**Şekil 3.9.** Minkowski Eğrisi

### Sierpinski Üçgeni

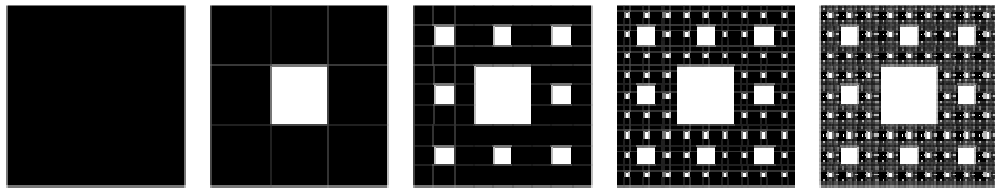
Sierpinski üçgeni kendine benzer matematiksel kümelerin en bilinen örneklerinden biridir. Başlangıç biçimi bir eşkenar üçgendir. Bu üçgenin kenarlarının ortalarının işaretlenmesi ve bu noktaların birleştirilmesi ile dört eş eşkenar üçgen oluşturulur. Ortadaki üçgenin çıkarılması ile üretici oluşturulur. Uygulanan bu kuralın yeni oluşan eşkenar üçgenlere uygulanması ile fraktal şekil oluşur (Şekil 3.10).



**Şekil 3.10.** Sierpinski Üçgeni (Web 11)

### Sierpinski Halısı

Sierpinski üçgenine benzer bir kural algoritmasıyla oluşturulur. Başlangıç biçimi olan kare, bu kare içine yerleştirilen dokuz eşit kareden ortadakinin çıkarılmasıyla oluşan üretici ile yer değiştirir. Kural algoritması sonsuz çevrime kadar devam ettirilebilir (Şekil 3.11).



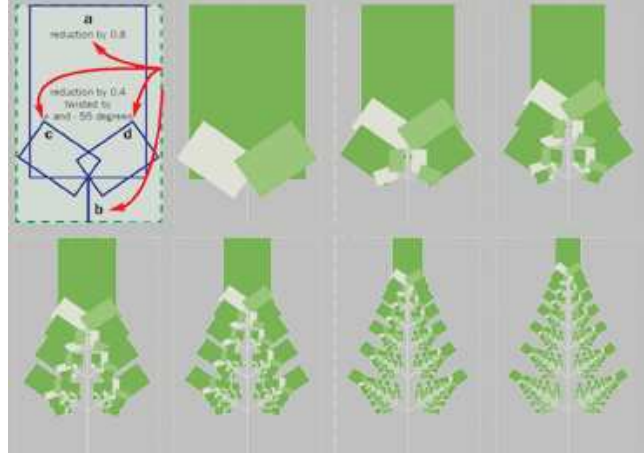
**Şekil 3.11.** Sierpinski Halısı (Weisstein, 2007)

### 3.2.1.2 YİNELENEN FONKSİYON SİSTEMİ İLE OLUŞTURULAN FRAKTALLER

Yinelenen Fonksiyon Sistemi (IFS - Iterated Function System), belirlenen bir başlangıç biçimine yansıma, ölçeklenme, yer değiştirme veya döndürme gibi geometrik dönüşüm kurallarının uygulanması ile fraktal nesneler oluşturulması yöntemidir. Peitgen, Jürgens ve Saupe ye göre fraktal geometri bir dil olarak kabul edilirse IFS, elemanları basit dönüşüm kuralları ve basit algoritmalar olan bir fraktal geometri diyalektidir. Başlangıç biçimi herhangi bir eğrisel form ya da herhangi bir çokgen olabilir. Oluşan fraktal form bu yapıların iç içe geçmesinden meydana gelmektedir. Matematiksel fraktallerle doğal fraktaller arasında yer alırlar. Doğadakine benzer yüksek dereceli kendine benzerlik özelliği göstermektedirler.

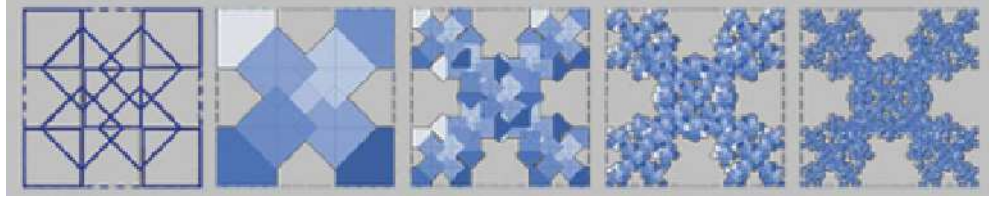
Eğrelti otu

En çok bilinen IFS fraktal örneğidir. İlk olarak Barnsley tarafından ortaya atılmıştır. Dört aşamadan oluşan bir kural ile üretilir. İlk aşamada başlangıç biçimi olarak bir dikdörtgen seçilir. İkinci aşamada bu dikdörtgenin alt kenarının orta noktasından bir çizgi çizilir. Bu çizgi eğrelti otunun sapını temsil eder. Üçüncü ve dördüncü aşamada ise başlangıç biçiminin bu çizgi üzerinde döndürülmesi ve küçültülmesi ile iki küçük dikdörtgen çizilir. Birkaç tekrardan sonra oluşan nesne eğrelti otunu oluşturur (Şekil 3.12).



**Şekil 3.12.** Eğrelti otu  
(Lorenz, 2003)

Kar tanesi

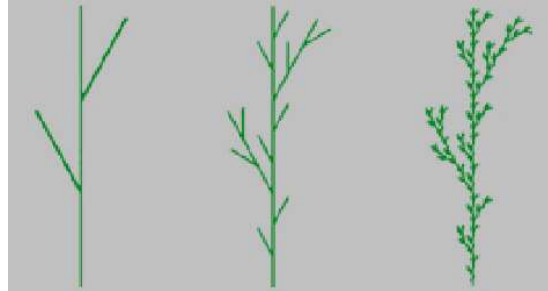


**Şekil 3.13.** Kar tanesi (Lorenz, 2003)

Başlangıç biçimi olarak bir kare seçilir. Kare dokuz küçük kareye bölünür. Bu karelerin kenarlarının orta noktalarını köşe kabul eden dört kare daha çizilir. Kural oluşan her bir kare için tekrarlandığında kar tanesi oluşur (Şekil 3.13).

### 3.2.1.3 LINDENMAYER SİSTEMİ

Biyolog Lindenmayer tarafından bitki formlarının büyüme biçimlerini tanımlamak amacıyla geliştirilmiş bir gramer sistemidir. Harfler ve semboller kümesinden oluşan bir alfabe, bu harflerle temsil edilen bir başlangıç biçimi ve bunlarla tanımlanan kurallardan oluşur. Çizgisel fraktaller oluşturur. Doğal fraktallere benzer karakteristik özelliklere sahip yapay fraktaller oluşturmaktadır (Şekil 3.14–3.15).



**Şekil 3.14.** L-Sistemi (Lorenz, 2003)

Kural = "I [ + I ] I [ - I ] I"

I = çizgi

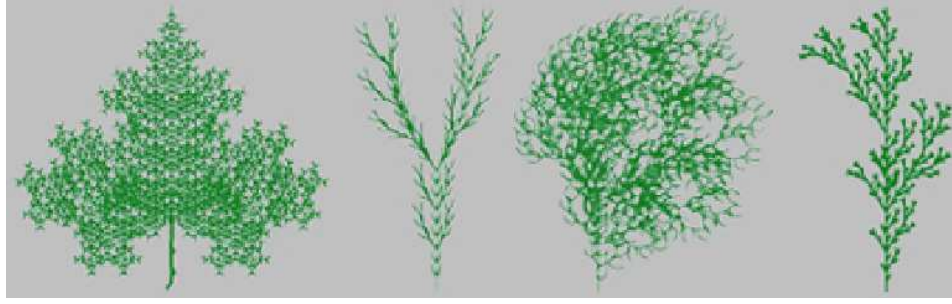
+ = +28.58 derece

- = -28.58 derece

[ = dalın başlangıcı

] = dalın bitişi (Lorenz)

Kuralın tekrarlanmasıyla çeşitli ağaç formları oluşturulabilir.



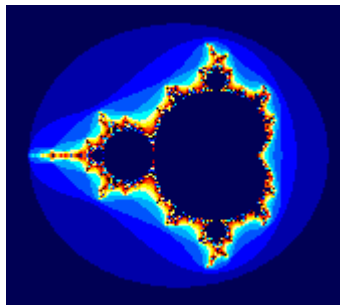
**Şekil 3.15.** L-Sistemi ile oluşturulan ağaç formları (Lorenz, 2003)

#### 3.2.1.4 KAOTİK FRAKTALLERİN OLUŞTURULMA YÖNTEMİ

Karmaşık sayılı fraktaller olarak da adlandırılırlar. Parçaları, çözümü karmaşık sayılar olan basit bir matematiksel denklem ile oluşturulur. Kaos teorisi ile ilişkilendirilirler. Grafik ifadelerinde bilgisayar ekranı üzerindeki her noktanın bir karmaşık sayıya denk geldiği düşünülür. Belirlenen bir başlangıç sayısı matematiksel bir denklem içinde kullanılır. Sonuç sayı tekrar bu denklemde yerine koyulur. Belirli bir tekrardan sonra iki farklı sonuç çıkar. İlki sonucun sonsuza gitmesidir. İkincisi ise sonucun belirli bir sayı değerine ulaşması ya da periyodik olarak belirli sayılar arasında gidip gelmesi ile tanımlanan sabit nokta durumuna ulaşmasıdır. Bu iki duruma göre başlangıç noktası belirlenen bir renk ile işaretlenir. Tüm bu işlemler sırasında ekran üzerinde bir grafik oluşur. Çizgisel fraktallerin oluşumundan farkı, sonuç değerin kullanılması nedeniyle eklenerek büyümesidir. En çok bilinen örnekleri Mandelbrot Kümesi ve Julia Kümesidir.

Mandelbrot Kümesi

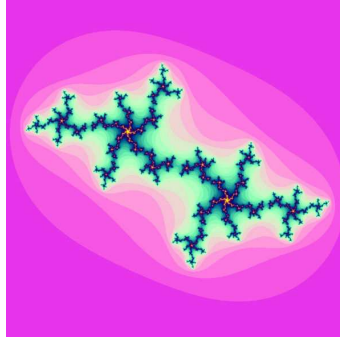
$Z_{(n+1)}=Z_n+c$  denklemi ile oluşturulur. Oluşturulması sırasında başlangıç sayısı sabit nokta durumuna gelirse Mandelbrot Kümesinin bir parçası olarak kabul edilir ve siyah renk ile işaretlenir. Eğer başlangıç sayısı sonsuza yaklaşırsa kaç tekrar sonucu sonsuza yaklaştığı dikkate alınarak daha önceden belirlenen başka bir renk ile işaretlenir (Şekil 3.16).



**Şekil 3.16.** Mandelbrot Kümesi (Web 12)

## Julia Kümesi

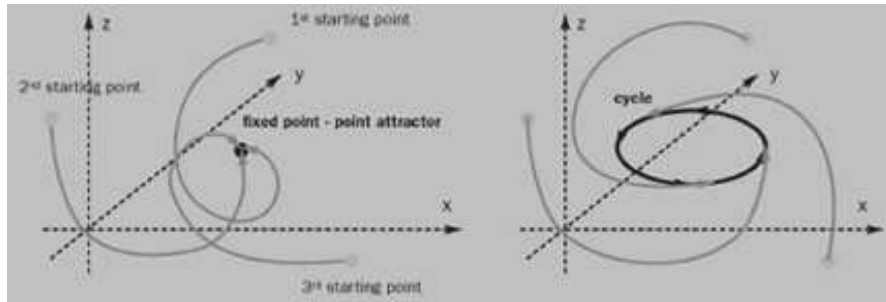
Fransız matematikçi Gaston Julia tarafından 1920'lerde oluşturulmuştur. Mandelbrot kümesinde kullanılan denklem ile oluşturulur. Aralarındaki fark Mandelbrot kümesinde  $Z_0$  değeri sabit  $c$  değeri değişken iken, Julia kümesinde başlangıç  $Z_0$  değeri değişken  $c$  değerinin sabit olmasıdır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Julia Kümesi (Web 13)

### 3.2.1.5 ORBİTAL FRAKTALLERİN (GARİP ÇEKİCİLERİN ) OLUŞTURULMA YÖNTEMİ

Bir sistem ve sistem içindeki çekiciler ile tanımlanan orbital fraktaller hava durumu gibi bazı doğal olayların tanımlanmasında kullanılır. Çekiciler sistemin durumunu ifade etmek için kullanılır. Oluşturulması kaotik fraktallerin oluşumu ile benzerlik gösterir. Aralarındaki fark, burada oluşan her sayı ekranda işaretlenir. İşaretlenen sayılar bir yörünge davranışı gösterir (Şekil 3.18 -3.19)(Lorenz,2003)

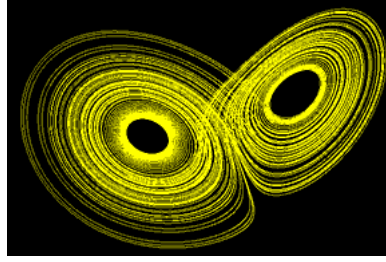


Şekil 3.18. Lorenz Çekicisi (Lorenz, 2003)

$$x^2 = a^*(y-x) \quad (3.1)$$

$$y^2 = b^*x - x^*z - y \quad (3.2)$$

$$z^2 = x^*y - c^*z \quad (3.3)$$



**Şekil 3.19.** Lorenz Çekicisi (Elert, 2005)

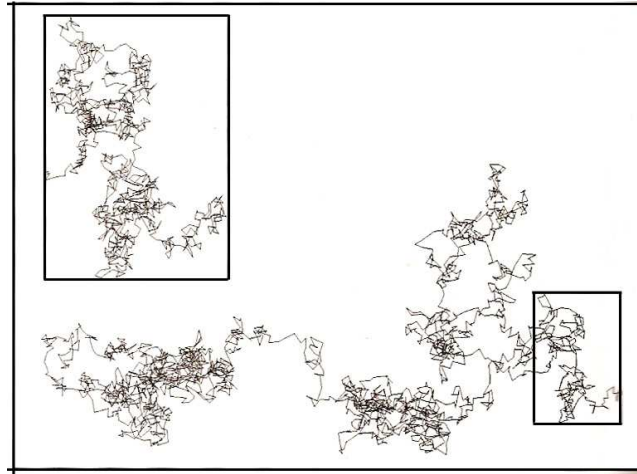
### 3.2.2 DÜZENSİZ FRAKTALLER VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Düzensiz (random) fraktaller genellikle bilgisayar grafiklerinde doğa benzeri yapıların oluşturulduğu fraktallerdir. Düzensiz fraktaller, düzenli fraktaller gibi belirli bir başlangıç biçimi, üretici ve tekrarların oluşturduğu deterministik bir yolla değil de üreticiye bağlı olmayan stokastik bir süreç sonucunda oluşurlar. (Bunde ve Havlin, 1994) Düzenli fraktallerin aksine birden fazla üreticiye sahip olabilirler. Üretilmeleri sırasında genellikle;

- Brownian Hareketini temel alan DLA Modeli ve
- Orta Noktanın yer değiştirmesi yöntemi kullanılmaktadır.

#### 3.2.2.1 BROWNIAN HAREKETİ

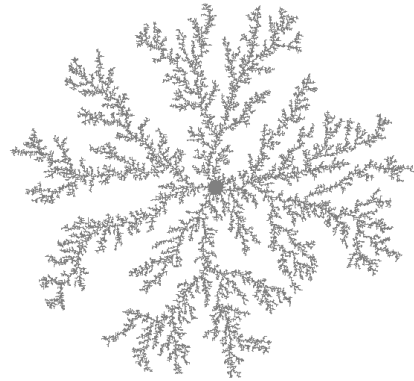
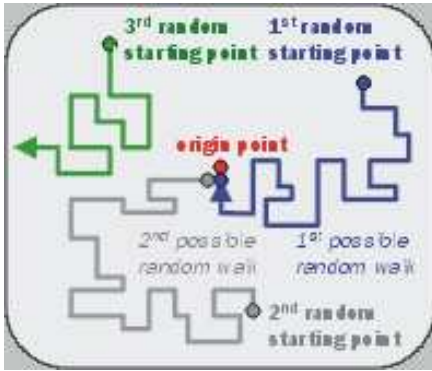
Brownian Hareketi, bir parçacığın bir sıvı içindeki gelişigüzel hareketine verilen addır. Botanist Robert Brown'ın suyun içinde hareket eden polen taneleri üzerine yaptığı araştırmalar sonucu bu adı almıştır. Mikroskobik düzeyde görülebilen bir harekettir. Parçacığın çevresindeki moleküllerle çarpışması sonucu yaptığı hareketlere ve bu hareketler sonucu oluşan izlere dayanmaktadır. Bu hareketler küçük bir parçasının bütününe benzediği statiksel kendine benzerlik özelliği gösteren grafikler oluşturmaktadır. (Şekil 3.20)



**Şekil 3.20.** Brownian Hareketi (Peitgen ve diğerleri, 1992)

### 3.2.2.2 YAYILMA İLE SINIRLI KÜME VE ÜRETİM YÖNTEMİ

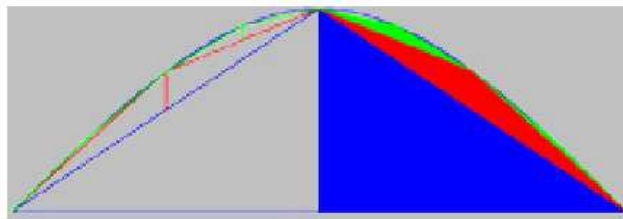
Yayılma ile sınırlı küme (DLA - Diffusion-Limited Aggregation) benzetim yoluyla açıklanır. Modelin oluşma süreci bir koordinat sistemi üzerindeki merkez noktanın belirlenmesi ile başlanır. Bilgisayar grafiklerinde bu noktanın ekranın orta noktası olduğu kabul edilir. Daha sonra ekran üzerinde bu noktaya uzak başka bir nokta seçilir. Bu noktanın yürüyüşü başlatılır. Eğer nokta merkez noktaya ulaşırsa hareket sona erer. Tekrar bir nokta seçilir, bu nokta ekran dışına çıkarsa yürüyüş durdurulur ve yeni bir nokta seçilir. Merkez noktaya ulaşan noktaların çizdiği yol fraktal bir yapılanma gösterir (Şekil 3.21) DLA kent sokaklarının büyüme şekilleri, bakteri kolonilerinin hareketi gibi çeşitli süreçlerin açıklanmasında kullanılmaktadır.



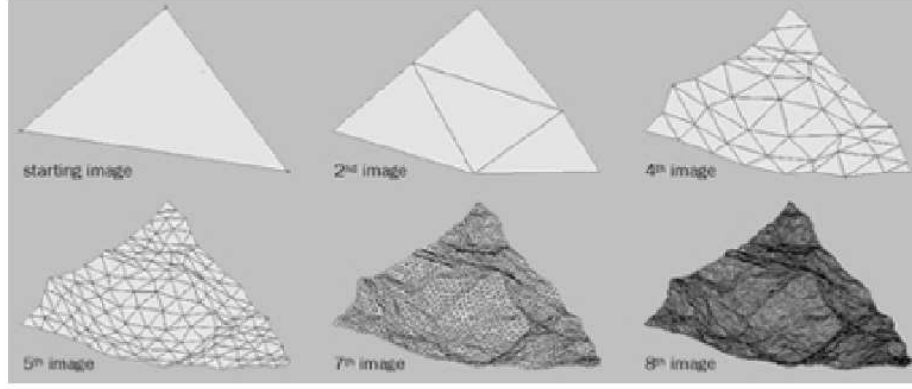
Şekil 3.21. Yayılma ile Sınırlı Küme (Lorenz, 2003)

### 3.2.2.3 ORTA NOKTANIN YER DEĞİŞTİRME YÖNTEMİ

Yöntem bir parabol ve parabol içine çizilen üçgenlerle açıklanabilir. İlk olarak bir parabol ve parabolün iki noktasını birleştiren bir çizgi çizilir. (Şekil 3.22) Daha sonra bu çizginin orta noktasından parabolün tepe noktasına bir çizgi çizilir. Bu işlem oluşan her çizgide tekrarlanır ve böylece parabolün altında birbirine benzer üçgenler oluşturulur. Yüzey şekillerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. (Şekil 3.23)



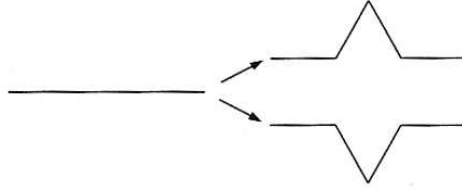
Şekil 3.22. Orta noktanın Yer değiştirmesi (Lorenz, 2003)



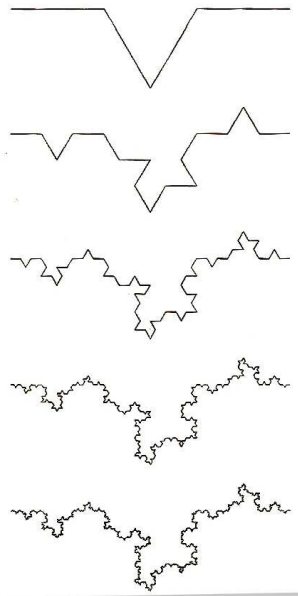
**Şekil 3.23.** Orta noktanın Yer değiştirmesi yöntemi ile üretilen yüzey şekilleri (Lorenz, 2003)

#### 3.2.2.4 DÜZENLİ FRAKTALLERDEN ÜRETİLEN DÜZENSİZ FRAKTALLER

Düzenli (determinist) fraktaller, başlangıç biçimi, üretici veya kural algoritmasında yapılacak küçük değişikliklerle daha düzensiz hale getirilebilmekte ve bu yolla doğa benzeri oluşumlar yaratılabilmektedir. Peitgen, Koch eğrisinin başlangıç biçimini ve üreticiyi değiştirmeden sadece kural aşamasında üreticinin yönü üzerinde yaptıkları bir değişiklik ile daha düzensiz bir fraktal oluşturmuşlardır (Şekil 3.24 – 3.25)

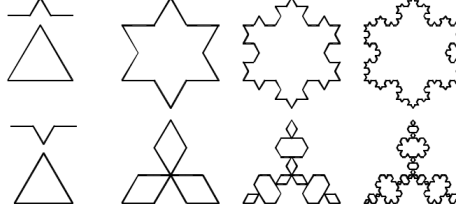


**Şekil 3.24.** Üretici yönü (Peitgen ve diğerleri, 1992)

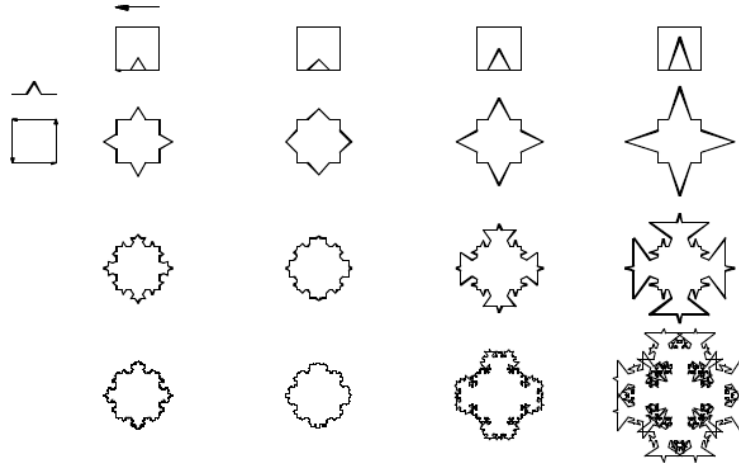


**Şekil 3.25.** Düzensiz Koch Eğrisi (Peitgen ve diğerleri,1992)

İbrahim ve Krawczyk, çizgisel fraktallerde parçalarının yönünün ve başlangıç biçimi ve üretici arasındaki oranların fraktal üretim sürecindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu alanlarda yapılan değişikliklerle farklı görsel karakteristikleri olan fraktaller üretmişlerdir (Şekil 3.26 – 3.27)(İbrahim ve Krawczyk, 2001).



**Şekil 3.26.** Anti-Koch Eğrisi (İbrahim ve Krawczyk, 2001)



**Şekil 3.27.** Üretici ve başlangıç biçiminin boyutlarının değişmesi (İbrahim ve Krawczyk, 2001)

### 3.2.3 KENDİNE BENZERLİK ÖZELLİKLERİNE GÖRE FRAKTALLER

Fraktallerde görülen kendine benzerlik özelliği üç grupta incelenebilmektedir.

#### 1. Kesin kendine benzerlik (Exact self-similarity)

Kendine benzerliğin en güçlü olduğu fraktallerdir. Fraktal, her ölçekte aynıdır. Matematiksel fraktaller genellikle bu özelliği taşır.

#### 2. Yarı kendine benzerlik (Quasi self-similarity ya da Approximate self-similarity)

Kendine benzerlik özelliğinin biraz daha zayıf olduğu fraktallerdir. Fraktaller farklı ölçeklerde benzerlik gösterirler ancak tamamen aynı değildirler. Bu gruba ait fraktaller bütünün biraz değişikliğe uğramış küçük kopyalarını içerirler. Mandelbrot set bu gruptaki fraktallere örnek olarak gösterilebilir.

### 3. Statiksel kendine benzerlik (Statistical self-similarity)

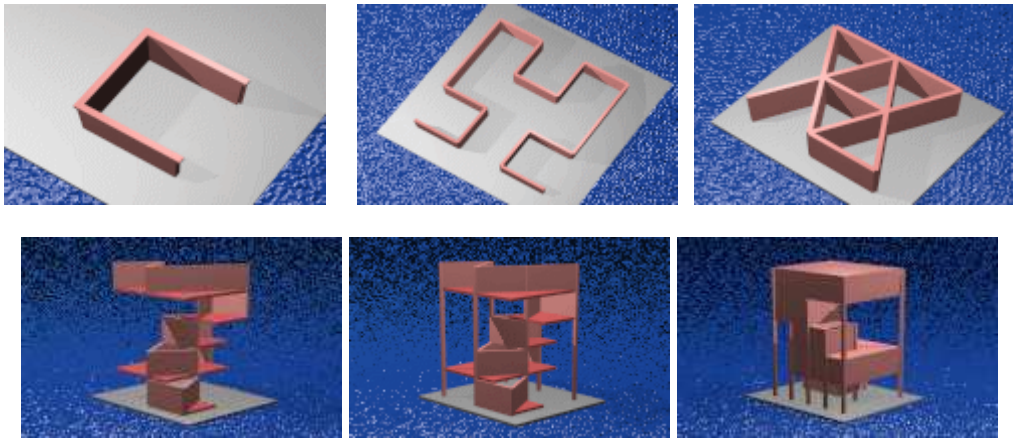
Kendine benzerlik özelliğinin en zayıf olduğu fraktallerdir. Bu fraktallerin özelliği farklı ölçeklerde korunan sayısal ya da istatistik ölçülere sahip olmalarıdır. ( fraktal boyutun kendisi de farklı ölçeklerde korunan sayısal bir ölçüdür.) Fraktal yüzey şekilleri gibi tesadüfi fraktaller bu gruba dâhildir. (Bourke, 2002)

#### 3.2.4 FRAKTAL ÜRETİM YONTEMLERİNİN MİMARLIKTA KULLANILMASI

Üretken sistemlerin bir parçası olan yapay fraktallerin oluşturulmasında kullanılan yöntemler, bilgisayar destekli tasarım sistemlerinin bir parçası olarak günümüzde mimarlık alanında birçok tasarımcının çalışmalarında kullanılmaktadır.

Robert J. Krawczyk tarafından geliştirilen Hilbert bina blokları, Matematiksel fraktallerde kullanılan kural algoritmalarının benzeri bir yaklaşımla bina formları üretilmesinde kullanılmaktadır. Alman matematikçi David Hilbert'in alan dolduran eğrilerinden yola çıkılarak kurgulanan bir algoritma ile bina tasarımı yapan bir programdan oluşmaktadır (Krawczyk, 1995)

Program fraktal geometrinin üretici ve başlangıç biçimi özelliğinden yararlanılarak yazılmıştır. Üretici olarak kabul edilen üç çizgi diğer üreticilerle birleşerek yapının formunu oluşturmaktadır. Doksan derece dışındaki değerlerle yapılan dönüşümlerle farklı alternatifler üretilmektedir (Şekil 3.28).



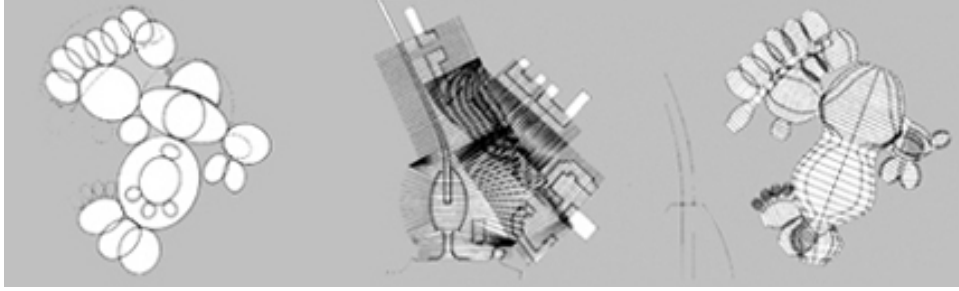
**Şekil 3.28.** Hilbert Bina blokları (Krawczyk, 1995)

Gerg Lynn'in Cardiff opera binası için hazırladığı tasarımda, operanın başlangıç formu, tıpkı matematiksel fraktallerde olduğu gibi başlangıçtaki biçimin üç ayrı biçimle yer değiştirmesine dayanan bir dönüşüm kuralı ile yaratılıyor (Şekil 3.29). Sonuç çizim fonksiyon, strüktür ve form oluşturma düşüncesi ile bir daha dönüşüme uğratılıyor.



**Şekil 3.29.** Fraktal leke etüdü (Lorenz, 2003)

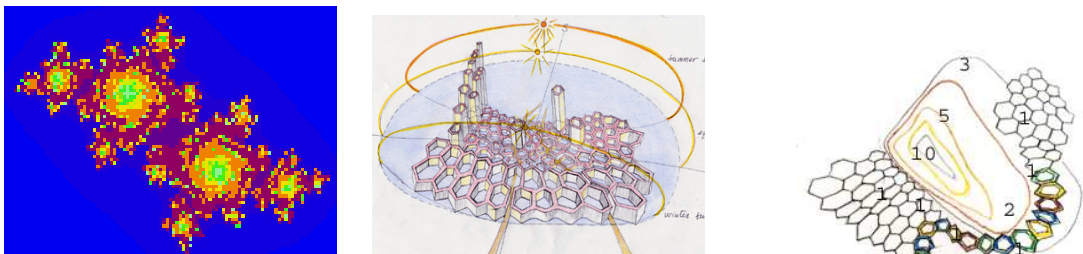
Fraktal form değişikliğe uğruyor ve kütle fuaye, opera salonu, sahne ve soyunma odalarının organizasyonu nedeniyle tekrar kurgulanıyor (Şekil 3. 29 – 3.30).



**Şekil 3.30** Cardiff Opera binası - Greg Lynn (Lorenz, 2003)

Yukarıdaki resimdeki soldaki imaj kütlelerin ilk alternatifini, ortadaki imaj hafif metro, metro ve komşu binaların sınırları gibi arazi verilerini, sağdaki imaj program gereksinimleri doğrultusunda yeniden şekillenen kütlelerin araziye oturtulmuş şeklini göstermektedir.

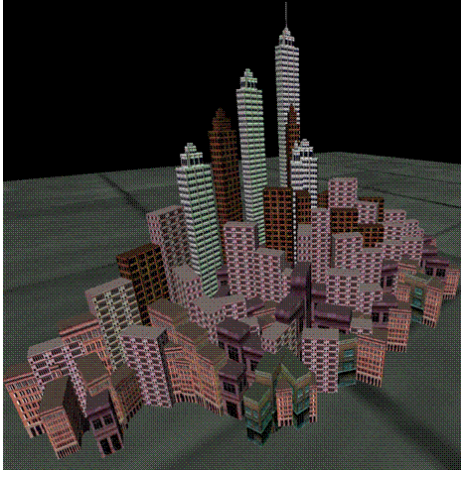
Yapay genetik kodlama, hücresel otomata ve fraktal ekosistem kurgusundan yararlanılarak oluşturulan Medine’de akıllı köy projesinde amaç optimum arazi kullanımı ve yüksek enerji verimliliği olan bir yerleşim ünitesi oluşturmak. Ünitelerin oluşturulması sırasında Mandelbrot setinin fraktal kurgusu vaziyet planını şekillendirmiştir. Sistem gerektiğinde eklenip çıkartılabilen petek şeklindeki yapılardan oluşmaktadır. Sistemin bu şekilde eklemlenebilir olması için hücresel otomata ve fraktal vaziyet planı kurgusundan yararlanılmaktadır (Şekil 3.31)



**Şekil 3.31.** Medine’de akıllı köy projesi (Magnoli, 2001)

Fraktal ağaç oluşturma yönteminin mimari mekân oluşturmak amacıyla kullanıldığı etkileşimli bir program ile oluşturulan ağaç kent projesi ise Kullanıcının parametreleri değiştirilerek basit veya karmaşık ağaç formlarından bir kent modeli

oluşturabilmesine olanak vermektedir (3.32). Rasgele seçilen sayılar kentlerin oluşumu ile ağaç formu arasındaki benzerliği ortaya koymaktadır. Ağaç kabuğunu asfalt ve yapraklar binalar ile değiştirildiğinde küçük bir kent ortaya çıkmaktadır. Parametreler büyüdüğünde kent de metropole dönüşmektedir. Programın yaratılmasında L-sistemlerinden yararlanılmıştır.



**Şekil 3.32.** Ağaç kent projesi (Web 14)

Kaos teorisinin bir uzantısı olarak fraktal oluşumların doğa ile ilgilenen birçok bilim alanındaki karmaşıklık ve bu alanlardaki dinamik sistemlerin yapısının çözümlenmesinde yararlanılan bir yöntem olması, bu alanlardaki sorulara cevap olacak çok farklı fraktal çözümlerlerin oluşmasına neden olmuştur. Ortak özellikleri bir durumun tekrarı ve sistemin en küçük parçasının bütünün bir benzeri olması ilkeleri olan bu çözümler aracılığıyla matematiksel denklemler veya grafiksel tekrarlardan oluşan ve doğadaki karmaşıklık durumunun bir benzetimi olan çeşitli fraktal kurgular oluşturulmuştur. Bu kurgusal oluşumlar mimarlık, kentsel tasarım, iktisat gibi farklı alanlarda da kullanılmıştır.

#### 4. MİMARİDE FRAKTALLER

Mimarlık alanında fraktallere, gerek günümüz yaklaşımlarının önemli bir bölümünü oluşturan bilgisayar destekli tasarım yöntemlerinin bir parçası olarak veya bu yöntemlerin sonuç ürünlerinde, gerekse de geçmişten günümüze gelen birçok farklı mimari tasarım ürününde, mimari akımlarda ve yerel mimarilere ait örneklerde rastlanılmaktadır.

Günümüzde tasarım alanında bilgisayarların kullanılmaya başlanması ve zaman içerisinde kullanımlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, bilgisayar destekli tasarım yöntemleri mimarlık alanı içerisinde önemli bir yer edindi ve tasarımcılar ve programcılar tarafından tasarımın gerek ilk aşamalarında yaratıcılığı destekleyecek yönde gerekse tasarımın diğer aşamalarında tasarıma yardımcı bir araç olarak kullanıldı. Bu etkileşimle birlikte günümüz tasarım yaklaşımları, bilgisayar destekli tasarım ortamında algoritmalarla temsil edilebilen biçim gramerleri, hücresel özdevinim ve fraktal geometriyi temel alan modellerle desteklendi.

Günümüz tasarım yaklaşımlarında fraktal geometri mimarlık alanında iki farklı yöntemle kullanılmaktadır. Bunlardan ilki; fraktal kurgunun bilgisayar destekli tasarım yardımıyla mimari modeller üretmek için kullanılmasıdır. Fraktallerin temel özelliklerinden biri olan tekrarlar sonucu oluşma, farklı çevrimlerle ve dönüşüm kuralları uygulanması ile birçok alternatif tasarım modeli oluşturulmasına olanak vermektedir. Bu modeller ile bina, yerleşim birimi gibi farklı ölçeklerde tasarımlar yapılabilir. İbrahim ve Krawczyk (2001), fraktal üretim süreci ve süreç içinde kullanılan elemanlar üzerine yapılan bir çalışma ile mimari form geliştirmeye katkıda bulunacak alternatifler üretmişlerdir (İbrahim ve Krawczyk, 2001).

Bu alanda kullanılan diğer yöntem ise, tasarım sürecinin ilk aşamalarında, mimari karakteristiğin analizi için fraktal boyutun bir araç olarak kullanılmasıdır. Bu yöntem, bir yapının, sokağın ya da bir bölgenin fraktal boyutunun hesaplanması esasına dayanmaktadır. Elde edilen fraktal değer, bu bölgeler için tasarlanacak olan yeni oluşumlar için tasarım sürecinin sonraki aşamalarında yardımcı bir araç veya girdi olarak kullanılmaktadır.

Fraktal ve fraktal geometri, yirminci yüzyılın son yarısında ortaya atılmış yeni kavramlar olmaları nedeniyle mimari tasarım alanına son dönemlerde dâhil

olmuşlardır. Ancak Euclid geometrisinin hâkim olduğu mimarlık alanında bu kavramların ortaya atılmasından çok daha önce de fraktal özellik gösteren kurgulara rastlanılmaktadır. Oluşumlarında doğanın önemli bir rol oynadığı yerel mimari örneklerde, doğadan etkilenilen mimari akımlara ait örneklerde veya bir formun tekrarıyla oluşturulan çeşitli yapılarda fraktal özellik görülmektedir.

#### **4.1 MİMARLIK VE GEOMETRİ**

Mimarlık için yapılan tanımların ortak özelliği, matematik, sosyal bilimler, tarih, doğa, astronomi, politika gibi bilim dallarının etkileşimiyle ortaya çıkan, teknoloji ile ilişkili olan bir sanat olmasıdır. Virivius'a göre mimarlık; düzenleme, armoni, uygunluk ve ekonomiye dayanır, sağlamlık, kullanışlılık ve güzelliştir. Le courbusier göre, taşı ve betonu bir araya getirmek ve bir ev yapmak inşaat, yaratıcılık ve sanatın içinde olduğu kişileri mutlu eden, iyi hissettiren, bu güzeldir dedirten şey mimarlıktır. Modern yaklaşımlarda mimarlık, fonksiyonellik, estetik ve içinde bulunduğu çevreye ve topluma kattığı değer kavramlarıyla bir arada anılmaktadır. (Vitruvius, 1998 - Le Courbusier, 1986)

Geometri, geçmişten günümüze kadar tüm yaklaşımlarda gerek strüktürel gerek de görsel yönden mimarlığın ulaşmak istediği hedef noktaya erişmesinde en etkili olan bilim dalıdır. Eski Yunan mimarisinde güzel olanı elde etmek amacıyla altın orandan yararlanılmıştır. Mısır mimarisinde yapıların formlarının ve plan düzenlerinin oluşturulmasında astronomi bilimi etkisinde geliştirilen çeşitli geometrik oranlar ve hesaplamalar kullanılmıştır. Rönesans mimarisinde simetri etkisindeki geometri ve perspektif önemli rol oynamıştır. Modern mimarinin çizgisel, kübik formları, dikdörtgen duvarları Euclid Geometrisinin özelliklerini göstermektedir.

Doğa etkisinde kalınan mimari akımlar ise, doğadaki nesnelerin oluşum biçimlerinden ve yapılarındaki oranlardan etkilenmiştir ve dolayısıyla doğanın geometrisi olarak tanımlanan fraktal geometrinin bazı karakteristik özelliklerini göstermektedirler. Bilgisayar destekli tasarım ve kaosun etkisi ile karmaşık formlardan oluşan günümüz mimarisinde de fraktal etkisi görülmektedir.

“İyi mimari ise düzgün Euclidean ile daha karmaşık arasında yatar ve fraktal şekillerin içerdiği deterministik kaos ile karakterize edilir. Çok fazla karmaşık fraktal boyutu yüksek olan anlaşılamayan mimariyi ortaya çıkarır “( Lorenz, 2003) .

##### **4.1.1 MİMARLIK VE EUCLIDEAN GEOMETRİ**

İlk çağlardan beri insanların ürettiği nesnelerin biçimsel özellikleri Euclid geometrisinin basit formlarını temel almaktadır. Birçok nesne; çizgi, düzlem, küp,

küre, prizma gibi saf formlardan ya da bu formların bir araya gelmesinden oluşmaktadır. İnsanlar tarafından oluşturulan mimari formlar da uzun yıllar Euclid geometrisi etkisi altında kalmıştır. Bu etki yirminci yüzyılın başında ortaya çıkan modern mimari ile iyice artmıştır. Mimaride basit formların benimsenmesi, gereksiz olduğu düşünülen detaylardan ve süsten kaçınma, formun fonksiyonu izlediği düşüncesi bu etkinin artmasına neden olan önemli faktörlerdir. Mies Van der Rohe tarafından tasarlanan Farnsworth evi bu alandaki en çok bilinen örneklerden biridir. Ev döşeme üst örtüyü oluşturan iki düzlem ve bu iki düzlemin yanındaki prizmatik taşıyıcı kolonlar ve terası oluşturan bir başka düzlemden meydana gelmektedir.



**Şekil 4.1.** Farnsworth House – Mies van der Rohe (Web 15)

Sanayi devrimi ile onun getirdiği makine estetiğinin toplum yaşamı ve kültürü üzerindeki etkisi, modern mimarideki Euclid Geometrisi etkisinin artmasının bir diğer nedenidir. Sanayi devrimi ile ortaya çıkan endüstrileşme ve seri üretim kavramı ile tuğla, panel elemanı, kiriş gibi yapı elemanları imalatı daha kolay ve uygun olan Euclidean biçimlerde üretilmiştir. Mimaride, kullanılan alt elemanların formunun, onların bir araya gelmesiyle oluşan sonuç ürünün formunu etkilemesi şaşırtıcı değildir.

#### **4.1.2 MİMARLIK VE FRAKTAL GEOMETRİ**

Mimaride görülen fraktal karakteristik, tekrarlar ve kendine benzerlik sonucu ortaya çıkan detay zenginliği ile ifade edilmektedir. Bovill'e göre mimari bir kompozisyon, ilgi çekici formların oluşturduğu gelişme ile ilgilidir. Bu gelişim bir yapının cephesine uzaktan bakılan noktadan görülenden en küçük detaya kadar olan aşamaları kapsar. Bu gelişim ilgi çekmek için gereklidir. Bir binaya yaklaşıldığında ve içine girildiğinde her zaman kompozisyonun bütünündeki yaklaşımı yansıtan farklı ve daha küçük ölçekler etkileyici detaylar olmalıdır (Bovill, 1996).

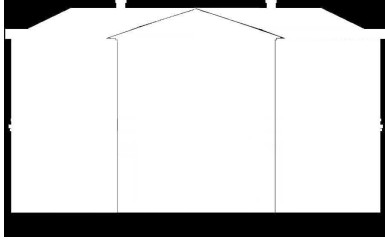
Mandelbrot, yirminci yüzyılın ikinci yarısında sanatta meydana gelen değişimler ve fraktal geometri arasında benzerlikler bulunduğunu belirtmiştir. Mandelbrot'a göre Euclid etkisinin mimarlık alanındaki yansıması Bauhaus mimarisidir. Bu ekolün yetiştirdiği Josef Albers resimlerinin minimal, düzenli, doğrusal, redüksiyonist, geometrik karelerinde de bu etki görülmektedir. Geometrik denemeler basit şekillerden, doğrusal hatlardan ve dairelerden meydana gelir. Geometrik mimari ve resim anlayışı etkisini kaybetmiştir. Geometrik bir şeklin ölçeği, kendine özgü bir büyüklüğü vardır. Oysa insanın gözünü okşayan sanatta ölçek yoktur, ona değer katan öğeler her büyüklükte olabilir. Mandelbrot sanat ve mimarlık alanındaki fraktal etkisini şu sözleriyle ifade etmektedir: "Yeni fraktal geometrik sanat ile Beaux Art mimarisi veya büyük ustaların resimleri arasında şaşırtıcı bir benzerlik bulunmaktadır. Bunun nedeni klasik görsel sanatların, tıpkı fraktallerde olduğu gibi farklı ölçeklerde kendine benzerlik özelliğine sahip olmalarıdır. Modern matematik, müzik, resim ve mimari birbirleriyle ilişkili görülmektedirler. Ancak bu etki mimarlık bağlamında oldukça belirgindir. Bir Mies van der Rohe binası Euclid geometrisinin özelliklerini gösterirken, bir Beaux Arts binası fraktal açıdan oldukça zengindir."(Mandelbrot,1982) Mandelbrot'un vurguladığı şey, Beaux Arts binalarındaki büyük ölçekten küçük ölçeğe detaylarda görülen gelişmenin modern yapılarda olmayışıdır. Bir Beaux Arts mimarisi örneği olan Paris Operası'nın ölçeği yoktur. Binaya farklı uzaklıklardan bakıldığında bile dikkati çeken başka başka ayrıntılar görülmektedir. Mesafe kısaldıkça bu ayrıntılardan meydana gelen kompozisyonlar değişir ve binaya ait yani elemanlar görülür. (Gleick,2005 , Bovill, 1996, Mandelbrot )



**Şekil 4.2.** Paris Opera binası (Web 16)

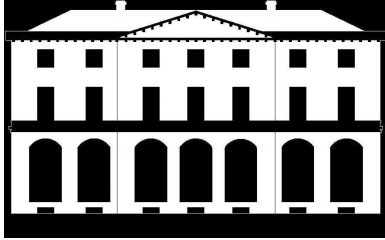
Yapıların sahip olduğu fraktal nitelik matematiksel fraktallerin sahip olduğundan farklıdır. Yapıların fraktal özellik göstermesi görsel algıyla ilgilidir. İlk başta Euclidyen bir düzlem gibi görünen bina daha yakından bakıldığında üç boyutlu bir özellik ve detay zenginliği kazanır.

Bir yapıya uzak bir noktadan bakıldığında yapı boyutu sıfır olan bir noktadır. Biraz daha yaklaşıldığında binanın konturları fark edilir. Bu noktada bina iki boyutlu bir nesnedir. (Şekil 4.3)



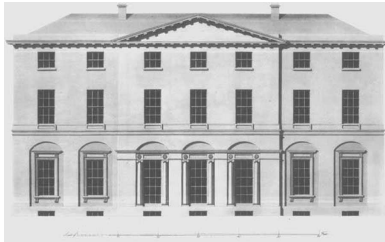
**Şekil 4.3.** İlk aşamada algılanan bina konturları (Jeffery, 2006)

Daha da yaklaşıldığında binanın kapı ve pencere boşlukları fark edilir. Bu noktada bina üç boyutlu bir nesne olur. (Şekil 4.4)



**Şekil 4.4.** İkinci aşamada algılanan Pencere ve kapı boşlukları (Jeffery, 2006)

Mesafe daha da kısaldığında pencere çerçeveleri, kapı kolları, cephedeki süslemeler gibi detaylar algılanır. (Şekil 4.5)



**Şekil 4.5.** Üçüncü aşamada algılanan detaylar (Jeffery, 2006)

Ölçek küçüldükçe ortaya çıkan bu detay zenginliği ve dolayısıyla kendine benzer formlar da fraktal kurgunun başlıca özelliğidir

Fraktal geometrinin temel özelliklerinden biri olan kendine benzerlik mimarlık alanı için yeni bir kavram değildir. Çünkü yerel mimariler, gotik ve barok mimarlık gibi birçok alanda farklı ölçeklerde kendine benzer özellik gösteren formlar vardır. Eğer mimari ilk barınak olan korunaklı mağaradan kereste ve taştan yapılmış yapıya ve Frank Lloyd Wright'ın çalışmalarında olduğu gibi doğanın yorumlanmasına kadar

olan gelişmeyi sürdürebilirse; mimari, doğal materyaller, zaman ve doğal yapılar bir birlik oluşturabilir. Frank Lloyd Wright da yapılarında farklı ölçeklerde birbirini tekrarlayan formlar kullanmıştır. O bu formları kullanırken doğayı inceleyip doğanın yapısal organizasyonunu tasarımlarına yansıtmaya çalışmıştır. Doğa, Euclid geometrisine kıyasla daha çok fraktal geometrinin karakteristik özelliklerini gösterir. Dolayısıyla mimari ve doğa arasındaki materyal ve strüktürden kaynaklanan benzerliklerden dolayı binalarda, binaların görünüşlerinde ve planlarında bazı fraktal özellikler bulunabilir. (Lorenz, 2003)

#### 4.1.3 MİMARİDE FRAKTAL KARAKTERİSTİĞİN BELİRLENMESİ

Her hangi bir nesne veya oluşumdaki karmaşa ve düzenin bir arada bulunması olan fraktal karakteristik, fraktal boyut yardımıyla sayısal olarak ifade edilebilmektedir. Mimarlık alanında da analiz ve kıyaslama amacıyla yapıların cephelerinin ve planlarının fraktal boyutları hesaplanabilmektedir. Bu hesaplama işlemleri için genellikle kutu sayım yöntemi(  $D_b$  ) kullanılmaktadır. Bu yöntemde detaylar arttıkça fraktal boyut da daha büyük çıkar. Dolayısıyla pencere kayıtları, kapılar, duvar köşeleri, cephe strüktürü, cephelerdeki süslemeler gibi detaylar ve hatta yapının bulunduğu çevre fraktal boyutun artmasına neden olmaktadır.

Araştırma kapsamında Kutu sayım yönteminin mimaride kullanımıyla ilgili bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Yeşilköy'deki Kadaifçi evlerinin plan ve cephesinin fraktal boyutu hesaplanmıştır. Plan ve cepheler uygun bir ızgara sistemi ile bölünmüş ve içinde veri olan kutular hesaplanmıştır. Daha sonra kutular yarı yarıya küçültülmüş ve bu işlem dördüncü çevrime kadar sürdürülmüştür. Çıkan değerlerle bir tablo oluşturulmuş ve elde edilen değerler aşağıdaki denklemde yerine koyularak fraktal boyut hesaplanmıştır. (Şekil 4.6 -4.9, Tablo 4.1 – 4.2) Hesaplamalarda;

$$D_b = [\log N(s_2) - \log N(s_1)] / [\log(1/s_2) - \log(1/s_1)] \quad (2.1)$$

formülü kullanılmıştır.

$N(s_1)$  = 1. çevrimde içinde veri bulunan kutu sayısı,

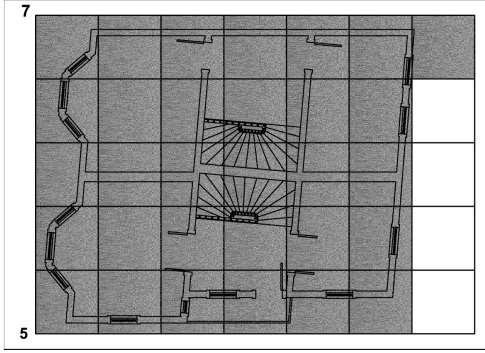
$N(s_2)$  = 2. çevrimde içinde veri bulunan kutu sayısı,

$(1/s_1)$  = 1. çevrimde alt sıradaki kutu sayısı,

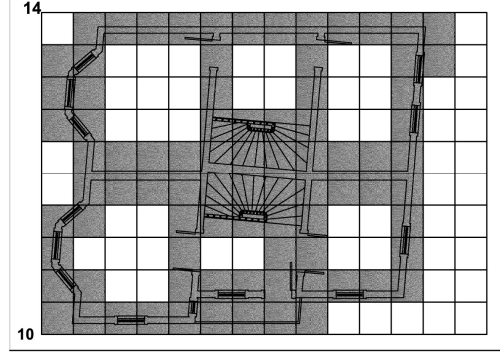
$(1/s_2) = 2$ . çevrimde alt sıradaki kutu sayısı.

Plan ölçeğinde fraktal boyut hesaplanması

1.çevrim; x=7, y=5

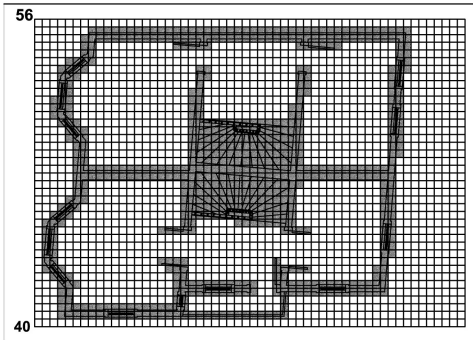


2.çevrim; x=14, y=10

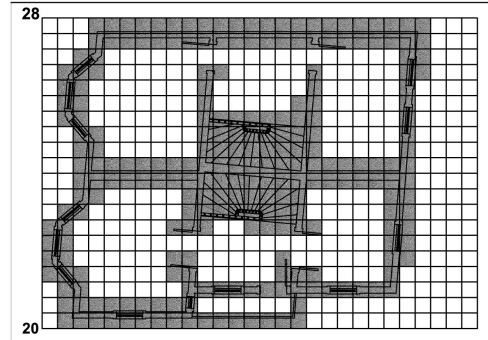


**Şekil 4.6** Kadayıfçı evleri plan düzenine uygulanan kutu sayım yönteminin 1. ve 2. çevrimi

3.çevrim; x=28, y=20



4.çevrim; x=56, y=40



**Şekil 4.7** Kadayıfçı evleri plan düzenine uygulanan kutu sayım yönteminin 3. ve 4. çevrimi

$$D_{(14-7)} = (\log 83 - \log 31) / (\log 14 - \log 7) = 1.421$$

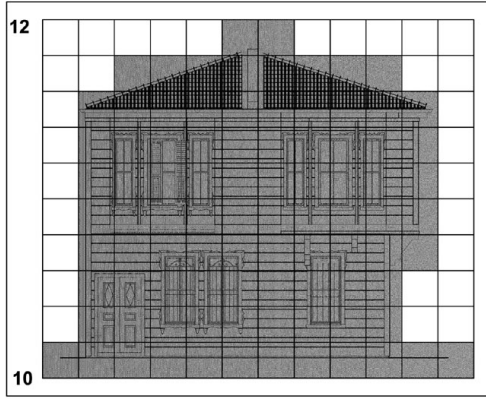
$$D_{(28-14)} = (\log 241 - \log 83) / (\log 28 - \log 14) = 1.538$$

$$D_{(56-28)} = (\log 650 - \log 241) / (\log 56 - \log 28) = 1.431$$

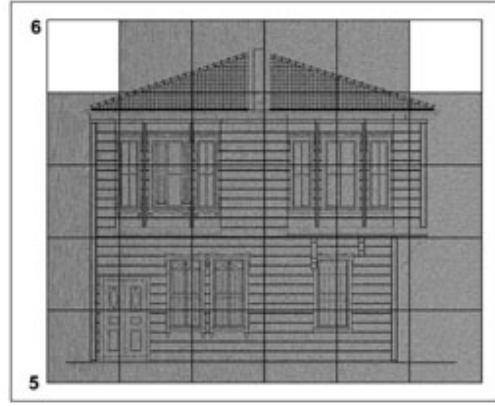
**Tablo 4.1** Planların fraktal boyutu

|           | toplam kutu | boş kutu | dolu kutu | Fraktal boyut |
|-----------|-------------|----------|-----------|---------------|
| 1.çevrim  | 35          | 4        | 31        |               |
| 2.çevrim  | 140         | 57       | 83        | 1,421         |
| 3. çevrim | 560         | 319      | 241       | 1,538         |
| 4.çevrim  | 2240        | 1590     | 650       | 1,431         |

1.çevirim; x=6, y=5

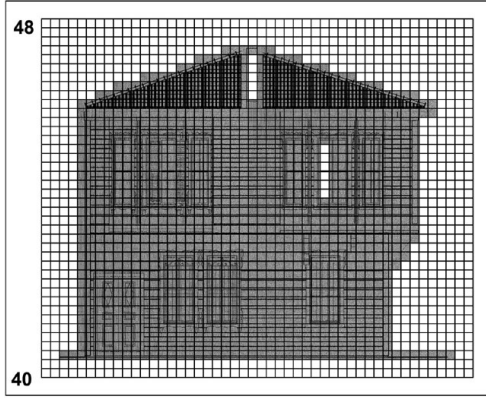


2.çevirim; x=12, y=10

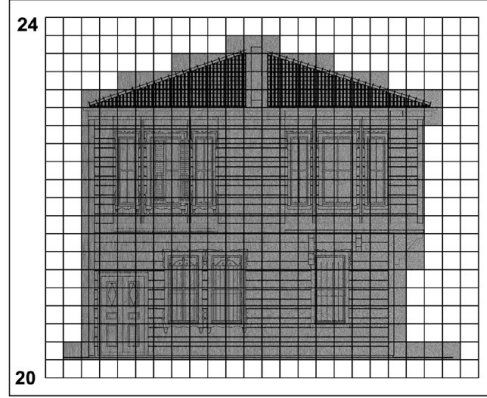


**Şekil 4.8.** Kadaifçi evleri cephe düzenine uygulanan kutu sayım yönteminin 1. ve 2. çevirimi

3.çevirim; x=24, y=20



4.çevirim; x=48, y=40



**Şekil 4.9.** Kadaifçi evleri cephe düzenine uygulanan kutu sayım yönteminin 3. ve 4. çevirimi

$$D_{(12-6)} = (\log 90 - \log 28) / (\log 12 - \log 6) = 1.685$$

$$D_{(24-12)} = (\log 302 - \log 90) / (\log 24 - \log 12) = 1.747$$

$$D_{(48-24)} = (\log 1196 - \log 302) / (\log 48 - \log 24) = 1.986$$

**Tablo 4.2** Cephelerin fraktal boyutu

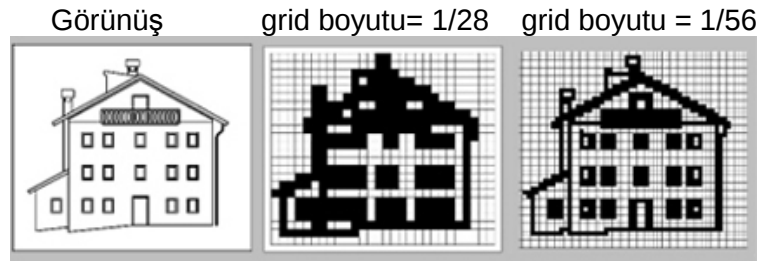
|           | Toplam kutu | Boş kutu | Dolu kutu | Fraktal boyut |
|-----------|-------------|----------|-----------|---------------|
| 1.çevrim  | 30          | 2        | 28        |               |
| 2.çevrim  | 120         | 30       | 90        | 1,685         |
| 3. çevrim | 480         | 172      | 302       | 1,747         |
| 4.çevrim  | 1920        | 724      | 1196      | 1,986         |

Kutu sayım yöntemiyle hesaplanan değerlerin yatay ve düşey ekseninde dolu kutu sayılarının ve bir sırada bulunan kutu sayısının logaritmik değerlerinin olduğu bir grafiğe aktarılması ile kutu sayım yöntemi grafiksel olarak da hesaplanabilir. Hesaplamalar sonucu çıkan değerler birleştirilerek düz bir çizgi oluşturulur. Bu çizginin eğimi de fraktal boyutu verir.

#### 4.1.4 MİMARİDE FRAKTAL KARAKTERİSTİĞİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Cephe düzeni gibi yapının tasarımını oluşturan düzenlemeler, kullanılan malzemelerin türü, boyutu ve çeşitliği, mimari bir kompozisyondaki kendine benzerlik özelliğinin ve detay zenginliğini dolayısıyla da fraktal karakteristiği ve boyutu etkileyen faktörlerdir. Örneklerde aynı yapıya ait farklı cephe kurgusunu gösteren dört örnek yer almaktadır. Lorenz (2003) tarafından yapılan hesaplamalarda cephe düzeni ve malzemenin fraktal boyut üzerindeki etkileri görülmektedir. İlk örnekteki simetrik cephe kurgusu (Şekil 4.10, Tablo 4.3), ikinci örnekte pencere düzeni değiştirilerek asimetrik bir cephe düzenine (Şekil 4.11, Tablo 4.4), dönüştürülmüştür. Pencere yerlerinin değiştirilmesi cephe üzerindeki çizgi sayısını ve boyutlarını değiştirmemektedir ve cephenin sertliği aynı kalmıştır. Kutu sayım yöntemi ile yapılan hesaplamalarda içinde veri bulunan kutu sayısını gösteren N değerleri aynı kalmıştır. Bunun sonucu olarak da örneklerdeki cephede pencere düzeninin değişmesinin fraktal boyut üzerinde neredeyse hiçbir etkisinin olmadığı görülmüştür.

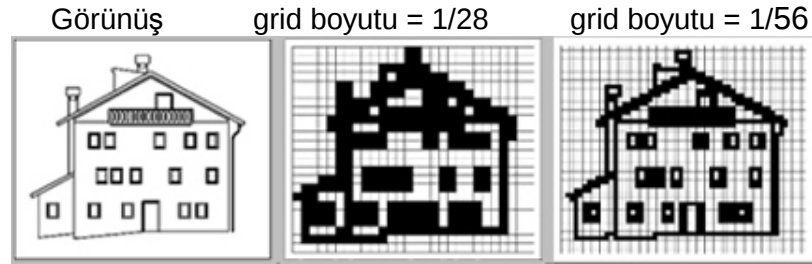
##### Simetrik Cephe



Şekil 4.10. Simetrik cephe kurgusu üzerinde fraktal boyut analizi (Lorenz,2003)

**Tablo 4.3.** Simetrik cephe kurgusunun fraktal boyutu (Lorenz,2003)

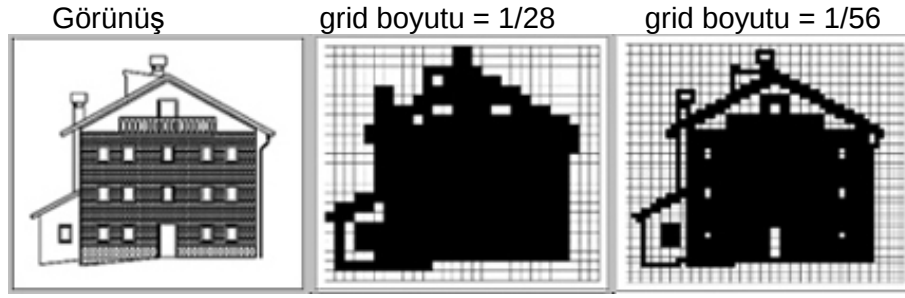
| Simetrik (ölçümler) |                                |         |                  |      |        |           |       |  |
|---------------------|--------------------------------|---------|------------------|------|--------|-----------|-------|--|
| Safha               | Alt sıradaki kutu sayısı "1/s" | log 1/s | "N" parça sayısı |      | log(N) | Boyut     |       |  |
| 1                   | s(1)= 14                       | 1.146   | N(1)=            | 99   | 1.996  |           | D     |  |
| 2                   | s(2)= 28                       | 1.447   | N(2)=            | 296  | 2.741  | D(s1-s2)= | 1.580 |  |
| 3                   | s(3)= 56                       | 1.748   | N(3)=            | 776  | 2.890  | D(s2-s3)= | 1.390 |  |
| 4                   | s(4)= 112                      | 2.049   | N(4)=            | 1897 | 3.278  | D(s3-s4)= | 1.290 |  |
| 5                   | s(5)= 224                      | 2.350   | N(5)=            | 4186 | 3.622  | D(s4-s5)= | 1.142 |  |
|                     |                                |         |                  |      |        | Eğim=     | 1.348 |  |

**Asimetrik Cephe****Şekil 4.11** Asimetrik cephe kurgusu üzerinde fraktal boyut analizi (Lorenz,2003)**Tablo 4.4.** Asimetrik cephe kurgusunun fraktal boyutu (Lorenz,2003)

| asimetrik (ölçümler) |                                |         |                  |      |        |           |       |  |
|----------------------|--------------------------------|---------|------------------|------|--------|-----------|-------|--|
| safha                | Alt sıradaki kutu sayısı "1/s" | log 1/s | "N" parça sayısı |      | log(N) | Boyut     |       |  |
| 1                    | s(1)= 14                       | 1.146   | N(1)=            | 103  | 2.019  |           | D     |  |
| 2                    | s(2)= 28                       | 1.447   | N(2)=            | 280  | 2.447  | D(s1-s2)= | 1.443 |  |
| 3                    | s(3)= 56                       | 1.748   | N(3)=            | 736  | 2.867  | D(s2-s3)= | 1.394 |  |
| 4                    | s(4)= 112                      | 2.049   | N(4)=            | 1898 | 3.278  | D(s3-s4)= | 1.367 |  |
| 5                    | s(5)= 224                      | 2.350   | N(5)=            | 4175 | 3.621  | D(s4-s5)= | 1.137 |  |
|                      |                                |         |                  |      |        | Eğim =    | 1.344 |  |

Malzeme kullanımı ile bir yapının parçalarının ve bütünün benzer özellik göstermesi sağlanabilir, hatta yapının içinde bulunduğu çevre ile benzerlik göstermesi de sağlanabilmektedir. Bu özellik kırsal kesim yapılarında daha belirgindir. Bu yapıların inşasında yerel malzemenin kullanımı yapının bulunduğu çevre ile bütünleşmesini sağlamaktadır. Örneğin kayalık bölgedeki evlerin duvarların taşlardan yapılması, çevredeki kayalık topografya ile benzerlik göstermesini sağlar. Örneklerde (Şekil 4.12- 4.13, Tablo 4.5 – 4.6) kullanılan malzemelerin değiştirilmesi, cephenin sertlik derecesini değiştirdiği için farklı materyal kullanımı fraktal boyutun değişmesine neden olmuştur (Lorenz, 2003).

### Tuğla Cephe

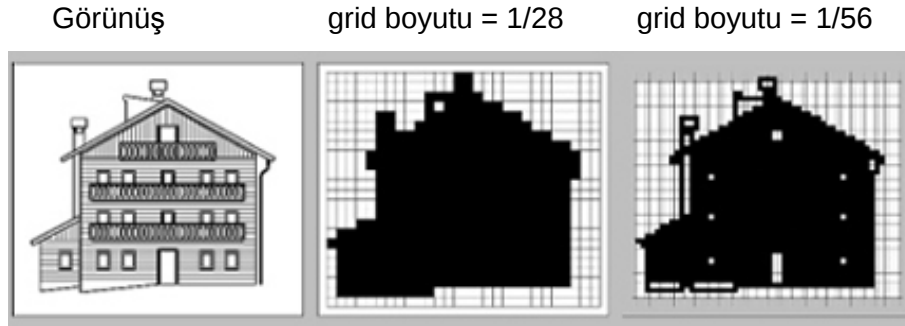


**Şekil 4.12.** Tuğla cephe kurgusu üzerinde fraktal boyut analizi (Lorenz, 2003)

**Tablo 4.5.** Tuğla cephe kurgusunun fraktal boyutu (Lorenz,2003)

| Tuğla cephe (ölçümler) |                   |         |                  |        |       |       |               |              |
|------------------------|-------------------|---------|------------------|--------|-------|-------|---------------|--------------|
|                        | Alt sıradaki kutu |         |                  |        |       |       |               |              |
| safha                  | sayısı "1/s"      | log 1/s | "N" parça sayısı | log(N) | Boyut |       |               |              |
| 1                      | s(1)=             | 14      | 1.146            | N(1)=  | 116   | 2.064 |               | D            |
| 2                      | s(2)=             | 28      | 1.447            | N(2)=  | 388   | 2.589 | D(s1-s2)=     | 1.742        |
| 3                      | s(3)=             | 56      | 1.748            | N(3)=  | 1336  | 3.126 | D(s2-s3)=     | 1.784        |
| 4                      | s(4)=             | 112     | 2.049            | N(4)=  | 4589  | 3.662 | D(s3-s4)=     | 1.780        |
| 5                      | s(5)=             | 224     | 2.350            | N(5)=  | 14330 | 4.156 | D(s4-s5)=     | 1.643        |
|                        |                   |         |                  |        |       |       | <b>Eğim =</b> | <b>1.746</b> |

### Ahşap Cephe



**Şekil 4.13.** Ahşap cephe kurgusu üzerinde fraktal boyut analizi (Lorenz, 2003)

Ahşap cephe örneğinde (Şekil 4.13) ölçek küçüldükçe ortaya çıkan farklı detaylar olmadığı için 2. ve 3.safhada neredeyse aynı olan fraktal boyut 4. safhada düşmeye başlamış, 5. safhada ise iyice düşmüştür (Tablo 4.6).

**Tablo 4.6.** Ahşap cephe kurgusunun fraktal boyutu (Lorenz,2003)

| Ahşap cephe (ölçümler) |                          |       |         |                  |        |       |           |       |
|------------------------|--------------------------|-------|---------|------------------|--------|-------|-----------|-------|
| Sıra                   | Alt sıradaki kutu sayısı | "1/s" | log 1/s | "N" parça sayısı | log(N) | Boyut |           |       |
| 1                      | s(1)=                    | 14    | 1.146   | N(1)=            | 116    | 2.064 |           | D     |
| 2                      | s(2)=                    | 28    | 1.447   | N(2)=            | 403    | 2.605 | D(s1-s2)= | 1.797 |
| 3                      | s(3)=                    | 56    | 1.748   | N(3)=            | 1462   | 3.165 | D(s2-s3)= | 1.859 |
| 4                      | s(4)=                    | 112   | 2.049   | N(4)=            | 4397   | 3.643 | D(s3-s4)= | 1.589 |
| 5                      | s(5)=                    | 224   | 2.350   | N(5)=            | 9531   | 3.979 | D(s4-s5)= | 1.116 |
|                        |                          |       |         |                  |        |       | Eğim =    | 1.617 |

Çevrenin, büyük ölçeklerde yerleşim düzeni, küçük ölçeklerde yapı formunda insan üretimi nesnelerle benzerlik göstermesi, topografya, ışık gibi doğa koşullarının oluşturduğu güçlü karakteristik özelliklerine bağlıdır. Bu özellikler, toplum ve din gibi diğer etkenler ile o bölgede yaşayan kişilere özgün bir karakter ve davranış biçimi vermektedir. Bu da yarattıkları mimari ürünün biçimlenişini etkilemekte ve yapının içinde bulunduğu çevreyi tanımlayan özellikler yapıların karakterlerini etkilemektedir. Bu da o bölgelerdeki yapıların belirli bir fraktal boyuta sahip olmalarına yol açabilmektedir. Böylece fraktal boyut binaların veya ev gruplarının çevreye uygun olup olmadığının ölçülmesinde bir araç olarak kullanılabilir. Carl Bovill (1996) yaptığı ölçümler sonucunda binalar gibi insan yapımı nesneler ile çevrenin benzer fraktal boyutlar doğrultusunda ifade edilebileceğini göstermiştir. Bu özellik kullanılan malzemenin uyumu ve zaman faktöründen kaynaklanmaktadır. Eğer çevre fazla engebeli, kayalık bir başka deyişe düzensiz ise, buradaki evlerin oluşturduğu dokunun bina yükseklikleri, genişlikleri, pencere boyutlarının çeşitlilik gösterdiği daha karmaşık olduğu görülür.



**Şekil 4.14.** Düzensiz bir çevredeki bina dokusu (Bovill, 1996)

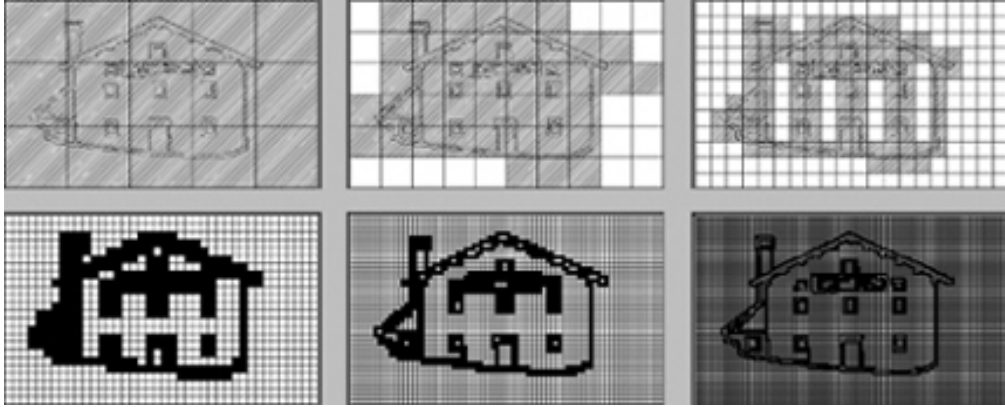
Daha düzgün bir çevredeki evler ise çevre ile oluşturdıkları fraktal boyut benzerliğini daha sade cephesi olan, düzgün bir doku oluşturarak sağlamaktadır.



**Şekil 4.15.** Düzgün bir çevredeki bina dokusu (Bovill, 1996)

Yerel konutlarda ölçek küçüldükçe ortaya çıkan detay zenginliği modern evlerde olduğundan daha fazladır. Bu demektir ki, tıpkı Frank Lloyd Wright'ın evlerinde olduğu gibi evlere yaklaştıkça her seferinde yeni ve şaşırtıcı detaylar ortaya çıkar. Kırsal kesim konutları bölgelere, mevcut malzemeye, kullanıma ve kullanıcılara göre değişiklik gösterir. Aşağıdaki örnekte farklı bölgelerdeki iki ev için Lorenz (2003) tarafından yapılan kıyaslamalar yer almaktadır.

Gosaldo evleri

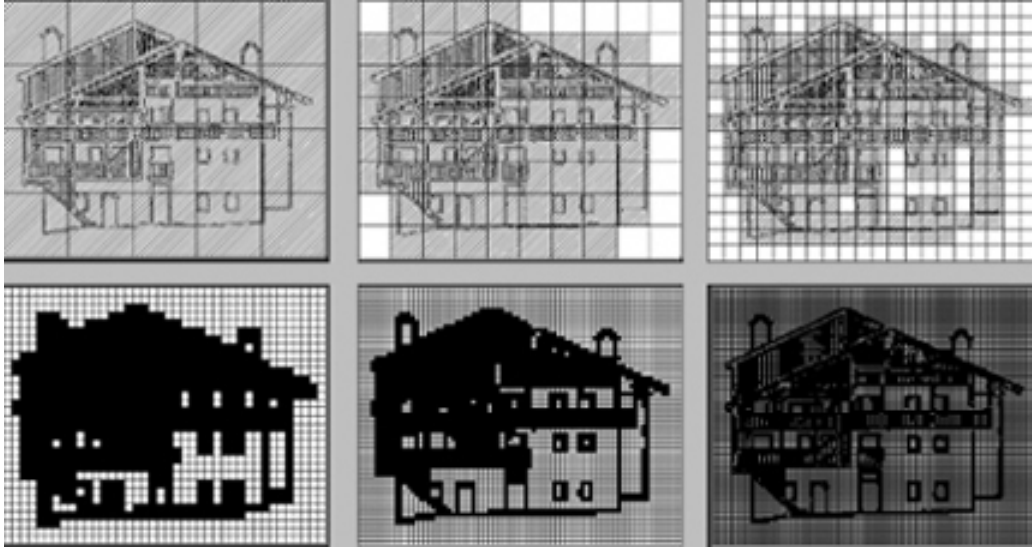


**Şekil 4.16.** Gosaldo evlerinin kutu sayım yöntemi ile fraktal boyutunun hesaplanması (Lorenz,2003)

**Tablo 4.7.** Gosaldo evlerinin fraktal boyutu (Lorenz,2003)

| Safha | Alt sıradaki kutu sayısı "1/s" | log 1/s | "N" parça sayısı | log(N) | Boyut |          |                 |
|-------|--------------------------------|---------|------------------|--------|-------|----------|-----------------|
| 1     | s(1)=                          | 5       | 0.699            | N(1)=  | 14    | 1.146    | D               |
| 2     | s(2)=                          | 10      | 1.000            | N(2)=  | 42    | 1.623    | D(s1-s2)= 1.585 |
| 3     | s(3)=                          | 20      | 1.301            | N(3)=  | 105   | 2.021    | D(s2-s3)= 1.322 |
| 4     | s(4)=                          | 40      | 1.602            | N(4)=  | 283   | 2.452    | D(s3-s4)= 1.430 |
| 5     | s(5)=                          | 80      | 1.903            | N(5)=  | 779   | 2.892    | D(s4-s5)= 1.461 |
| 6     | s(6)=                          | 160     | 2.204            | N(6)=  | 2014  | 3.304    | D(s5-s6)= 1.370 |
|       |                                |         |                  |        |       | D(eğim)= | 1.426           |

## Borca evleri



**Şekil 4.17.** Borca evlerinin kutu sayım yöntemi ile fraktal boyutunun hesaplanması (Lorenz,2003)

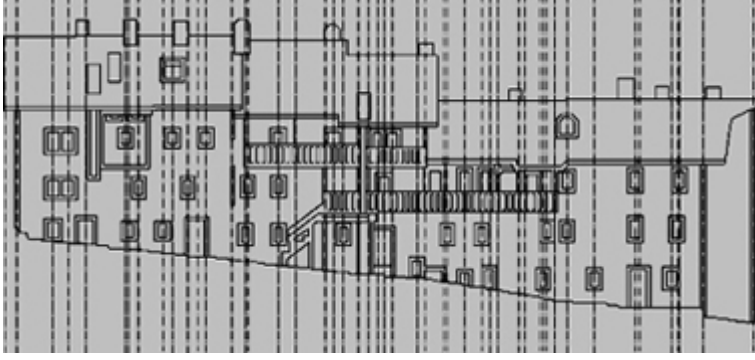
**Tablo 4.8.** Borca evlerinin fraktal boyutu (Lorenz,2003)

| safha | Alt sıradaki kutu sayısı "1/s" | log 1/s | "N" parça sayısı | log(N) | boyut |                     |           |
|-------|--------------------------------|---------|------------------|--------|-------|---------------------|-----------|
| 1     | s(1)=                          | 5       | 0.699            | N(1)=  | 20    | 1.301               | D         |
| 2     | s(2)=                          | 10      | 1.000            | N(2)=  | 66    | 1.820               | D(s1-s2)= |
| 3     | s(3)=                          | 20      | 1.301            | N(3)=  | 208   | 2.318               | D(s2-s3)= |
| 4     | s(4)=                          | 40      | 1.602            | N(4)=  | 688   | 2.318               | D(s3-s4)= |
| 5     | s(5)=                          | 80      | 1.903            | N(5)=  | 2238  | 3.350               | D(s4-s5)= |
| 6     | s(6)=                          | 160     | 2.204            | N(6)=  | 6979  | 3.844               | D(s5-s6)= |
|       |                                |         |                  |        |       | D <sub>eğim</sub> = | 1.692     |

Yapılan hesaplamalar sonucunda ön cephesinde bir merdiven ve ahşap korkulukları olan balkonların olduğu, asimetric olarak düzenlenmiş ahşap cephe kurgusuna sahip Borca evlerinin fraktal boyutunun, simetric ve düzgün cephe kurgusuna sahip Gosaldo evlerinkinden büyük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi Gosaldo evlerinin cephe strüktüründeki detay eksikliğidir.

Zaman içerisinde gerek aile yapısı gerekse mali koşullar nedeniyle yerel evlerdeki mekân düzenlenmesinde değişiklikler olur ya da evlere çeşitli eklemeler yapılır. Dolayısıyla zaman faktörü ile birlikte tesadüfi süreç binalarda da görülmektedir; tıpkı doğada dağlarda, ağaçlarda, bulutlarda, kıyılarda ve nehirlerde olduğu gibi. Nasıl ki doğadaki bu tesadüfi akış fraktal ise, yerel binalardaki ritm ve detayların akışı da fraktal olabilmektedir. Bu nedenle de konutların bulunduğu çevrenin, konutların cephe ve detaylarının ölçülen fraktal boyutları da benzer olacaktır. Bu yolla fraktal

ritm doğal çevrenin ritminden yararlanılarak planlama gridleri oluşturmak için kullanılabilir. Örneğin, bir mimari projenin arkasındaki bir dağ yamacını fraktal boyutu ölçülebilir ve proje tasarımın fraktal boyutuna yol gösterici olabilir. Aşağıdaki örnekte sıra evlerin fraktal boyutları hem fraktal ritme, hem de kutu sayım yöntemine göre hesaplanmıştır (Lorenz, 2003).



**Şekil 4.18.** Sıra evler ve fraktal ritm (Lorenz, 2003)

Düşey aksların ritminin fraktal boyutu  $D = 1.63$

Kutu sayım yöntemine göre fraktal boyut  $D_b = 1.55$

Farklı ölçeklerde fraktal boyut ve çevre ilişkisi tasarıma yol gösterici bir araç olarak kullanılabilir. Örneğin üst ölçeklerde, içinde bulunan çevrenin fraktal boyutu hesaplanarak benzer fraktal değerlere sahip yerleşim düzenleri oluşturulabilir. Daha küçük ölçeklerde ise çevredeki bir ağaç ya da bir binanın fraktal boyutu, yeni yapılacak bir başka binanın cephesinin veya kat planlarının oluşturulmasında kullanılabilir. Tam tersi bir yaklaşımla çevre ve binalarda farklı fraktal boyutlar kullanılarak farklı bir etki elde edilebilir. Bu yöntemler hem doğal çevre hem de yapay çevre için uygulanabilir. Yapılaşmış çevre içinde bir bina yapılıyorsa çevrenin karakteristik özellikleri analiz edilebilir ve tasarıma yardımcı bir araç olarak kullanılabilir. Yapılaşmış çevreye ait bu özellikler; genişlik ve yükseklik çeşitliliği, binaların zemin, orta ve üst bölümleri arasındaki benzerlikleri, pencere, kapı tipi büyüklükleri ve binalardaki geri çekmeler ve çıkıntılardır (Bovill, 1996).

#### **4.2 MİMARLIK TARİHİ VE FRAKTAL KURGULAR**

Mimari nesnelerin fraktal özellik göstermelerine sebep olan en önemli etkenlerden biri olan detay zenginliği, çeşitli dönemlerde farklı bölge ve kültürlerdeki yapılarda mimarlık tarihi boyunca kendini göstermektedir.

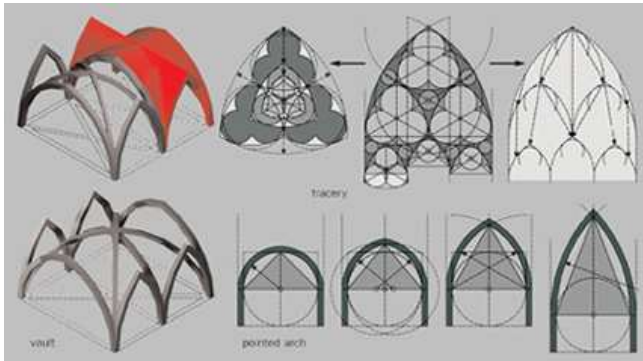
Detay zenginliğinin oluşmasındaki önemli etkenlerden biri de yapım süresidir. Mali sebepler nedeniyle yapımları uzun zaman alan görkemli yapılar, inşaat aşamaları

sırasında birçok farklı dönemi görmüşlerdir. Her bir dönem toplumsal değişiklikler, politik ve sosyal görüşlerdeki değişimler ve ekonomik nedenler doğrultusunda kendi mimari üslubunu oluşturmuştur. Hem bu dönemlere ait çeşitli mimari detayların bir araya gelmeleri hem de her bir dönem içinde yapı üzerinde farklı mimarların çalışması yapıya farklı bir boyut kazandırmıştır. Dolayısıyla bu tip yapılar tıpkı doğadaki nesneler gibi zaman etkisiyle ve çeşitli faktörlerin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Bu da yapılara detay zenginliği katmış ve fraktal nitelik göstermelerine neden olmuştur. Yapımı yüzelli yıl süren Charters katedrali, yetmiş yedi yıl süren Notre Dame katedrali ve yüz yirmi yıl süren St. Peter's katedrali bu tür mimari yapılardan bazılarıdır. (Lorenz, 2003)

Her ne kadar fraktal geometri terimi 19. yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkmış olsa da, mimarlık tarihi içerisinde bu kavram henüz ortaya atılmadan önce yapılmış birçok yapıda fraktal nitelik görülmektedir. Bu yapıların plan veya cephe düzenleri, aynı geometrik formun veya motifin farklı boyutlarının belirli bir mimari düzen doğrultusunda bir araya gelmeleri ya da belirli formların eğrelti otu örneğinde olduğu gibi bir araya gelmeleri ile oluşmaktadır. Dolayısıyla bu tip örneklerdeki fraktal nitelik, kendine benzerlik ve IFS kavramı ile açıklanabilmektedir. (Sala, 2005)

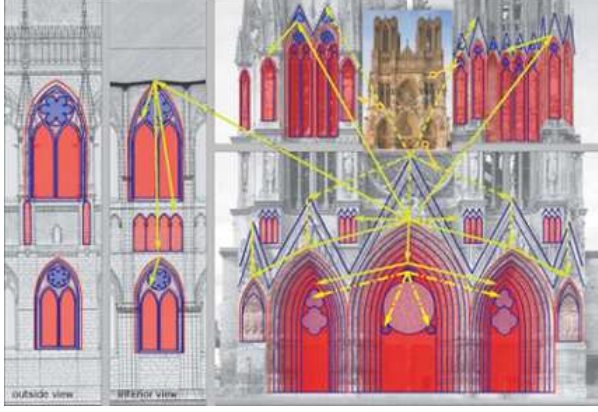
#### 4.2.1 GOTİK MİMARİ

Bina kurgusunu oluşulmasında bir formun çeşitli boyutların belirli bir düzen içerisinde tekrarlanması ile fraktal karakteristik ortaya çıkmaktadır. (Crompton,2001) tasarım felsefesi, tanrıya ulaşmak ve tanrıyı hissetmek için yükselmek doğrultusunda gelişen Gotik mimariye ait yapıların başlıca özelliği sivri kemer formunun, bina formu, cepheler ve çatı örtüsünde farklı ölçeklerde yer almasıdır. Bütünün ve parçalarının oluşturulmasında farklı ölçeklerde benzer formun kullanılması kendine bezer bir strüktür oluşmasını sağlamaktadır.



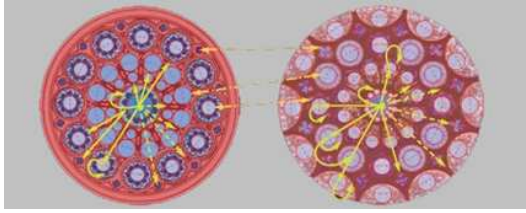
**Şekil 4.19.** Gotik katedralde kullanılan sivri kemer formu (Lorenz,2003)

Fransa'nın Reims kentinde bulunan Reims katedrali kendine benzerlik özelliğinin yoğun olarak görüldüğü bir yapıdır. Şekil 4.19 da binanın genel formu, giriş kapısının ve pencerelerin şekli ve cephede yer alan dekoratif düzenlemelerde farklı ölçeklerde tekrar eden sivri kemer formu kullanılmıştır (Sala, 2005).



**Şekil 4.20.** Reims Katedrali (Lorenz,2003)

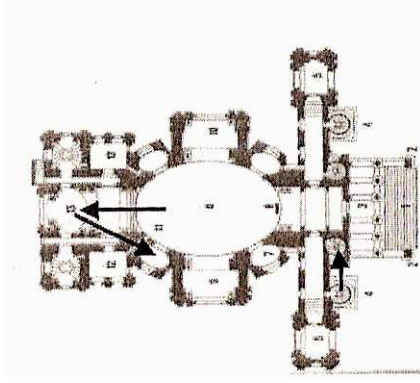
13. yy yapısı olan Chartres katedralinin gül penceresi ise farklı ölçeklerdeki dairelerin bir araya gelmesiyle oluşan fraktal bir kompozisyon oluşturmaktadır.



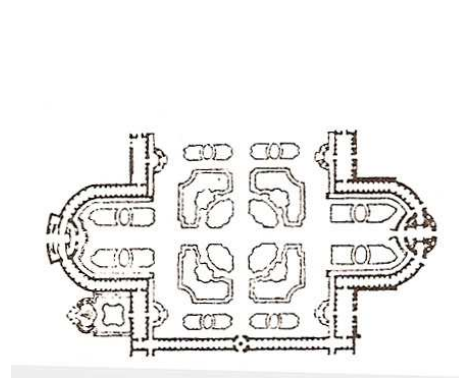
**Şekil 4.21.** Chartres Katedrali gül pencere (Lorenz,2003)

#### 4.2.2 BAROK VE ROKOKO

Barok kelimesi, Portekizce çarpık, şekilsiz incilere verilen ad olan “barruecoa” kelimesinden türemiştir. Rönesans'taki düz çizgiler ve yatay düşey etkisine karşı Barok mimarisinde dairesel formlar, eğriler, onların oluşturduğu girinti ve çıkıntılardan oluşan karmaşık ve dalgalı düzenlemeler ön plana çıkmıştır. Barok mimarisine ait bu temel unsurlar, yapıların bütününden en küçük ayrıntısına; yapıların plan ve cephe düzenlemelerinden, dekorasyona kadar etkili olmuştur. Barok yapılarıdaki fraktal karakteristik, parça ve bütün arasında oluşan bu ilişki doğrultusunda gelişen kendine benzerlik ilkesi ile ortaya çıkmaktadır.(Şekil 4.22)



**Şekil 4.22.** Saint Karl Kilisesi  
(Sala, 2005)



**Şekil 4.23.** Dresden'de Zwinger  
(Hasol,1998)

Rokoko İtalyan Baroğu ve Fransız Rokay tarzından esinlenilmiştir. Barok'daki yuvarlak çizgiler aşırı dereceye götürülüp yapıların her yanı kıvrıntılı süslerle kaplanmıştır. Bir duvarın veya tavanın her yanını süslemelerle doldurulmuş, bu yapılırken de irili ufaklı yuvarlak çizgiler ve yaprak çiçek gibi motifler kullanılmıştır (Şekil 4.23 )(Hasol,1998).

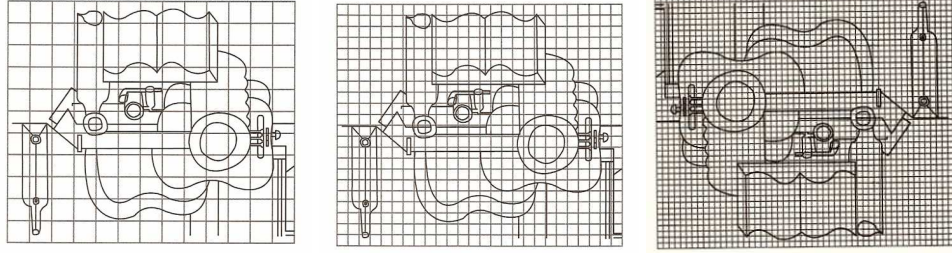
#### 4.2.3 MODERN MİMARİ

Modern resim ve yapılar detay zenginliğinden yoksundur. Mimari tasarımda Euclid geometrisinin yalın formlarına bağlı kalınmış, her türlü süsleme reddedilmiştir. Yapılarda farklı ölçeklerde görülen kompozisyonlar bir başka deyişle yapıya daha yakından bakıldıkça ortaya çıkan detaylar çok azdır ve bu detaylar arasında hiyerarşik bir ilişki yoktur. Dolayısıyla farklı ölçeklerde kendine benzer formların kullanılmasıyla oluşan örüntüler yer almamaktadır. Süslemenin reddedilmesi ile bir yapıdaki 5mm ile 2m arasında değişen bir skaladaki strüktürel farklılıkların dolayısıyla da detay zenginliğinin ortadan kalkmasına neden olunmuştur. Bu nedenlerle modern yapıların fraktal özellikleri zayıftır. (Salingaros, 1999, 2001)

Modern mimarinin önemli temsilcilerinden biri olan Le Courbusier'in yapıtları üzerinde Bovill tarafından yapılan çalışmalar, modern mimari ve fraktal geometri arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Bovill'in çalışmalarında Corbusier'i seçmesinin nedeni, Corbusier'in pürizm tanımından kaynaklanmaktadır. Coubisier ve ressam Ozenfart kübizmi daha da ileriye götürerek pürizm adı verilen bir teori geliştirmişlerdir. Onlara göre insanlar tarafından inşa edilen ve yapılan nesneler de tıpkı doğada olduğu gibi amaca uygunlukları açısından test edilirler. Bu anlamda ekonomi ve uygunluk kuralları tıpkı doğada olduğu gibi nesneleri test eder. Buradan çıkan sonuç, genel uyumu ve düzeni kontrol eden bir kuralın var olduğudur. Böylece pürizmin nesneleri basit Euclidyen şekillere ve temel renklere indirgemesi temel

doğa kurallarını göstermek için yapılan bir teşebbüstür. Ama Bovill'in hesaplamaları bu basit doğa kurallarının resim ve yapılarda sadece belirli bir ölçekte uygulanabildiğini göstermiştir. (Bovill,1996)

Aşağıdaki örneklerde Le Courbusier'in en çok bilinen yapılarından biri olan Villa Savoye'in ve Nature Morte a la Pile D'assiettes adlı resmi üzerinde yapılan fraktal boyutu hesaplamaları yer almaktadır(Şekil 4.24).

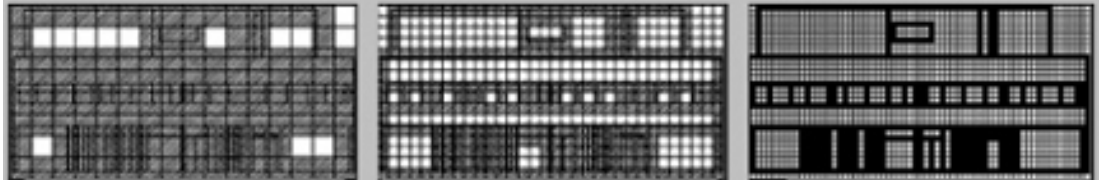


**Şekil 4.24** Nature Morte a la Pile D'assiettes (Bovill, 1996)

$$D(13-26)=(\log 282-\log 98)/(\log 26-\log 13)=1.525$$

$$D(26-52)=(\log 612-\log 282)/(\log 52-\log 26)=1.275;$$

Lorenz tarafından yapılan hesaplamalarda, Courbusier'in yaşamak için bir makine olarak nitelendirdiği "Villa Savoye" nin fraktal boyutunun euclidyen boyut olan 1'e yaklaştığı görülmektedir. Bunun sebebi yapıda doğadaki derinliğin olmaması ve ölçek küçüldükçe detay zenginliğinin azalmasıdır (Şekil 4.25).



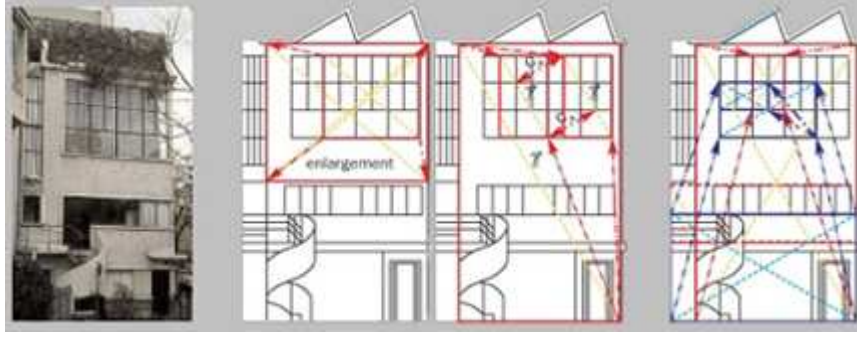
**Şekil 4.25.** Villa Savoye (Lorenz, 2003)

$$D(16-32)=(\log 308-\log 115)/(\log 32-\log 16)=1.42;$$

$$D(32-64)=(\log 773-\log 308)/(\log 64-\log 32)=1.33;$$

$$D(64-128)=1.17$$

Bununla birlikte Le Courbusier, cephelerini oluştururken büyük ve küçük elemanlar arasındaki ilişkiyi sağlamak amacıyla, paralel ve dik çizgilerden yararlanıyordu. Ozenfant stüdyo binasının, bütün cephe ve pencere oranları, IFS deki dönüşüm kurallarına benzer bir yöntemle oluşturulmuştur. Pencere boylarının ve düzeninin oluşturulmasında kullanılan farklı boylardaki diyagonaller ile benzerliğe dayanan bir dönüşüm kuralı uygulanmıştır (Şekil 4.26).



**Şekil 4.26.** Ozenfant stüdyo (Lorenz, 2003)

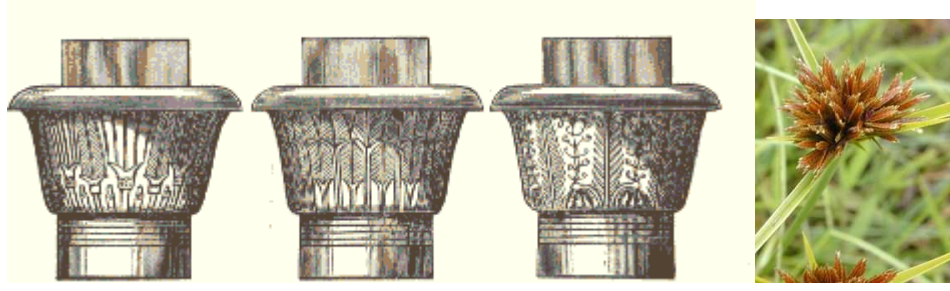
Lorenz'e göre Piet Mondrian'ın geometrik soyutlamasının kübist mimarideki yorumlanma ve gerçekleştirme stili olan De stil mimarisi de Eucliden geometriyi temel almaktadır. Şekil 4.27 da yer alan Rietveld Schröder evi bu akımın en çok bilinen örneklerinden biridir. Plan ve cephe düzenlemelerine ait parçalar yapının bir başka parçası ile benzerlik göstermektedir. Bu parçalar evin çeşitli detaydaki mekânlarında düzenlenmiş olan pencereler, pencereler arası duvar parçaları gibi parçalarıdır. Ancak yapıya ait mekânların, konstrüksiyonun ve yapıyı oluşturan elemanların ayırt edilebilir olması yapının Eucliden geometri etkisinde olduğunu göstermektedir (Lorenz, 2003)



**Şekil 4.27.** Rietveld Schröder evi (Web 17)

#### 4.2.4 ORGANİK MİMARİ

Kökleri Art Nouveau'ya ve Klasik Yunan mimarisine dayanan organik mimari, doğa ve mimarlık arasında bir harmoni yakalamaya çalışmıştır. Tasarım yaklaşımı, çevre ve yapıların iç içe geçtiği uyumlu bir kompozisyon yaratmak üzerine kurulmuştur. Organik mimari anlayışının temsilcileri, tasarımlarında doğadaki örüntülerin organizasyonunu birçok ölçekte kullanırlar. Tasarımda doğal oluşumların kurgusundan yararlandığı ve birçok ölçekte aynı kurgu kullanıldığı için organik mimari örnekleri fraktal özellik göstermektedir. (Jencks, 1997)



**Şekil 4.28.** Mısır kolonları ve papirüs bitkisi (Web 18)

Papirüs bitkisinin formundan esinlenerek inşa edilen Mısır kolonlarında (Şekil 4.28) olduğu gibi mimari yapıyı oluşturan malzemeler doğadan gelmektedir ve mimari bir motif olarak kullanılmaktadır (Lorenz,2003).

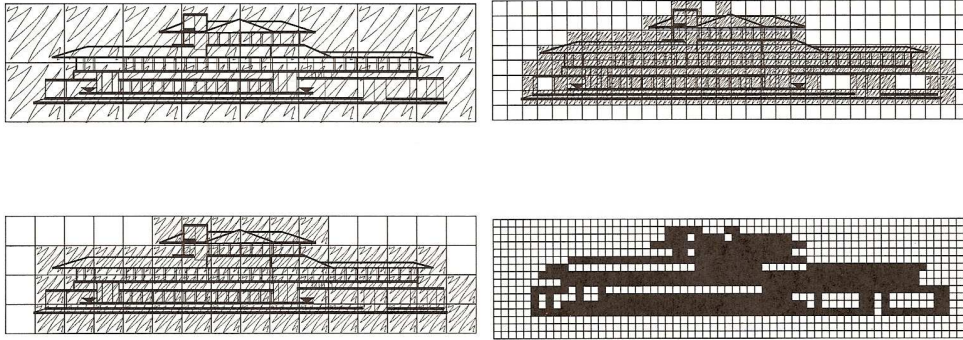
En önemli temsilcilerinden biri Frank Lloyd Wright'dır. Wright yapılarında içeriden dışarıya doğru yönelen bir tasarım yaklaşımı geliştirmiştir. Çevre koşullarını tasarımın bir parçası haline getirmiştir. Doğayı ve insan yapımı mimariyi uyum içinde bir araya getirdiği bozkır evlerinde tasarım amacına uygun olan malzeme ve konstrüksiyon kullanmıştır.

Eaton'a göre Wright doğayı geometrik soyutlamasının temeli olarak kullanıyordu (Eaton, 1998). Wright, doğadan esinlenme olarak belirttiği tasarım anlayışında doğayı kopyalamamış doğadaki oluşumu mimariye aktarmıştır. Bütün yapıyı ifade edebilecek basit bir form arıyordu. Bu temel fikirden ve temel formdan bütünü ve tüm forma ait elemanları türetmiştir. Forma ait elemanlar bir ölçek ve özelliğe bağlı olarak bir araya getirilmiştir. Karmaşık formlar, küçük parçaların bütünün aynası olduğu fikirler ve düşüncelerden meydana geliyordu. Basit kurallardan türeyen fraktallerde olduğu gibi, kurallar basit bir fikre, basit, özellikli, tek bir forma dönüşür, bu form da yineleme sonucu gelişir. Binada yineleme ne kadar çok kullanılırsa o kadar çok detay oluşurdu. Wright'ın Robie (Şekil 4.29) evinde olduğu gibi şaşırtıcı detaylar düzeni pencere doğraması seviyesine kadar inmektedir. (Bovill, 1996.)



**Şekil 4.29.** Robie Evi 1909 (Web 19)

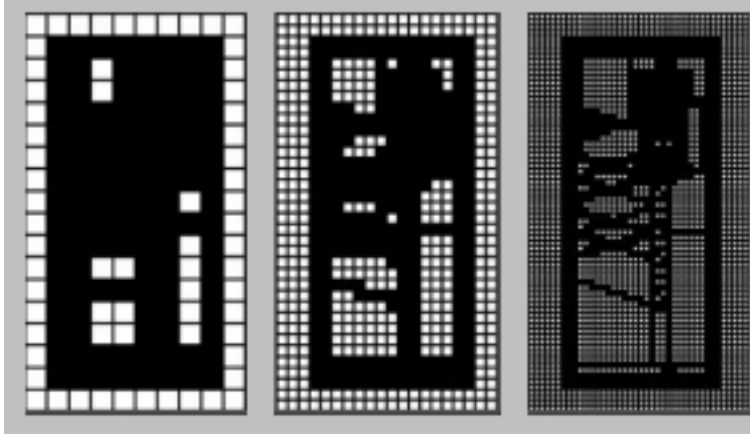
Kutu sayım yöntemi ile cephesi ve penceresi üzerinde yapılan hesaplamalar sonucu, Robie Evi'nin fraktal boyutunun oldukça yüksek olduğu görülmüştür. (Şekil 4.29 - 4.30)



**Şekil 4.30.** Robie Evi (Bovill 1996)

Hesaplamalarda kullanılan Grid ölçüleri =  $1/8$ ,  $1/16$ ,  $1/32$ ,  $1/64$

$D(8-16)=1.645$ ;  $D(16-32)=1.485$ ;  $D(32-64)=1.441$ ;



**Şekil 4.31** Robie evi çelik pencere doğraması (Bovill 1996)

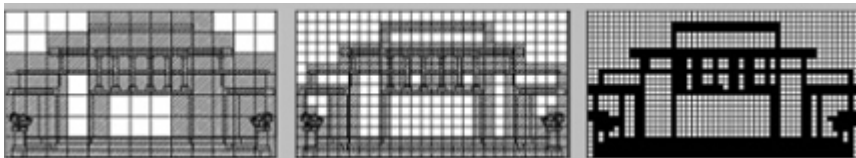
grid boyu = 1/10, 1/20 ve 1/40

$D(10-20)=1.65$ ;  $D(20-40)=1.66$ ;

Hesaplanan değerlere göre çizilen logaritma grafiği doğrultusunda çelik pencere doğramasının fraktal boyutu  $D(\text{eğim } 5-40)=1.56$  bulunmuştur (Şekil 4.31).

Frank Lloyd Wright; bir başka yapısı Unity Temple'in tasarımında, ormandaki strüktürel kurgudan esinlenmiştir. Bir ormanın üst kısmının ışığın süzüldüğü ağaç dallarından oluşan karmaşık bir bölüm, orta kısmında ağaç gövdelerinden oluşan basit bir bölüm ve alt kısımda ise yerdeki yaprakların oluşturduğu karmaşık bir bölüm bulunmaktadır. Aynı şekilde Unity Temple'in üst bölümü daha karmaşık formlardan, gövde kısmı daha basit formlardan ve alt kısım yine karmaşık formlardan oluşmaktadır. Bovill, bu yapının üç bölümünün ve bütünün fraktal boyutunu ayrı ayrı hesaplamış ve aşağıdaki sonuçları bulmuştur. (Şekil 4.32) (Bovill 1996).

Bovill'in Robie evi ve "Unity Temple" in fraktal boyutlarını (Robie evi: 1.485 ve "Unity Temple": 1.482) kıyaslaması sonucunda her iki binanın esas yapısının, binalar tamamen farklı olsa da benzer olduğu ortaya çıkmıştır.



**Şekil 4.32.** Unity Tempel (Bovill, 1996)

Tapınağın bütünü:  $D(40 - 20)=1.621$ ;  $D(40-20)=1.482$ ;

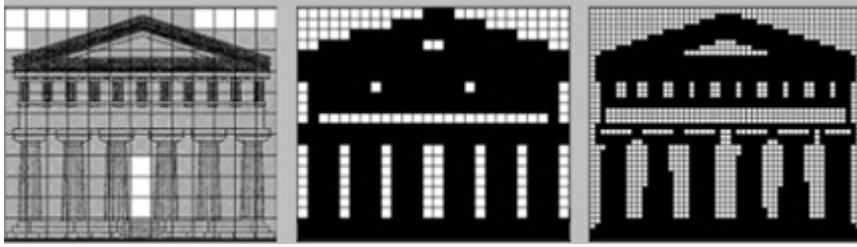
Tapınağın üst bölümü:  $D(40-20)=1.42$ ;

Tapınağın orta bölümü:  $D(40-20)=1.22$ ;

Tapınağın alt bölümü:  $D(40-20)=1.68$ ;

Lorenz (2003), Frank Lloyd Wright'ın Unity Temple ile kıyaslanmak amacıyla çok eski döneme ait tapınakların fraktal boyutunu hesaplamıştır (Şekil 4.33). Bu hesaplamalar bir tablo ile ifade edilmiştir (Tablo 4.9). Tabloda kutu sayım yöntemine göre hem iki ölçek arası değerler hesaplanmış, hem de buradan çıkan değerler sonucu oluşturulan logaritmik grafiğinin eğimine göre fraktal boyut hesaplanmıştır. Tablonun ilk satırında ise Benoit adlı bir programla bütün tapınağın fraktal boyutu hesaplanmıştır.

Syracuse'daki Dor tapınağı



**Şekil 4.33.** Syracuse'daki Dor tapınağı (Lorenz, 2003)

**Tablo 4.9.** Syracuse'daki Dor tapınağının bölümlerinin fraktal boyutu (Lorenz, 2003)

| <b>Bütün tapınak: Benoit: <math>D_b=1.585</math>; en büyük kutu 1/13; kutuların küçülme katsayısı =2; 15°, 5 kutu</b> |                                   |       |         |                  |      |        |           |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|---------|------------------|------|--------|-----------|-------|
| Safha                                                                                                                 | Alt sıradaki kutu sayısı<br>"1/s" |       | log 1/s | "N" parça sayısı |      | log(N) | Boyut     |       |
| 1                                                                                                                     | s(1)=                             | 1/13  | 1.114   | N(1)=            | 158  | 2.199  |           | D     |
| 2                                                                                                                     | s(2)=                             | 1/26  | 1.415   | N(2)=            | 480  | 2.681  | D(s1-s2)= | 1.603 |
| 3                                                                                                                     | s(3)=                             | 1/52  | 1.716   | N(3)=            | 1297 | 3.113  | D(s2-s3)= | 1.434 |
| 4                                                                                                                     | s(4)=                             | 1/104 | 2.017   | N(4)=            | 3581 | 3.554  | D(s3-s4)= | 1.465 |
| picture: 2046X2342 pixels                                                                                             |                                   |       |         |                  |      |        | D(eğim)=  | 1.494 |
| <b>Üst bölüm: Benoit: <math>D_b=1.621</math>; en büyük kutu 1/13; kutuların küçülme katsayısı =2; 15°, 5 kutu</b>     |                                   |       |         |                  |      |        |           |       |
| Safha                                                                                                                 | Alt sıradaki kutu sayısı<br>"1/s" |       | log 1/s | "N" parça sayısı |      | log(N) | Boyut     |       |

| 1                                                                                                    | s(1)=                             | 1/13  | 1.114   | N(1)=            | 59   | 1.771  |           | D     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|---------|------------------|------|--------|-----------|-------|
| 2                                                                                                    | s(2)=                             | 1/26  | 1.415   | N(2)=            | 176  | 2.246  | D(s1-s2)= | 1.577 |
| 3                                                                                                    | s(3)=                             | 1/52  | 1.716   | N(3)=            | 546  | 2.737  | D(s2-s3)= | 1.633 |
| 4                                                                                                    | s(4)=                             | 1/104 | 2.017   | N(4)=            | 1674 | 3.224  | D(s3-s4)= | 1.616 |
| picture: 2048X1494 pixels                                                                            |                                   |       |         |                  |      |        | D(eğim)=  | 1.611 |
| <b>Orta bölüm: Benoit: Db=1.473; en büyük kutu 1/13; kutuların küçülme katsayısı=2; 15°, 5 kutu</b>  |                                   |       |         |                  |      |        |           |       |
| Safha                                                                                                | Alt sıradaki kutu sayısı<br>"1/s" |       | log 1/s | "N" parça sayısı |      | log(N) | Boyut     |       |
| 1                                                                                                    | s(1)=                             | 1/13  | 1.114   | N(1)=            | 73   | 1.863  |           | D     |
| 2                                                                                                    | s(2)=                             | 1/26  | 1.415   | N(2)=            | 205  | 2.312  | D(s1-s2)= | 1.490 |
| 3                                                                                                    | s(3)=                             | 1/52  | 1.716   | N(3)=            | 553  | 2.743  | D(s2-s3)= | 1.432 |
| 4                                                                                                    | s(4)=                             | 1/104 | 2.017   | N(4)=            | 1500 | 3.176  | D(s3-s4)= | 1.440 |
| picture: 2048X1494 pixels                                                                            |                                   |       |         |                  |      |        | D(eğim)=  | 1.451 |
| <b>Alt bölüm: Benoit: Db=1.368; en büyük kutu 1/13; kutuların küçülme katsayısı =2; 15°, 5 boxes</b> |                                   |       |         |                  |      |        |           |       |
| Safha                                                                                                | Alt sıradaki kutu sayısı<br>"1/s" |       | log 1/s | "N" parça sayısı |      | log(N) | Boyut     |       |
| 1                                                                                                    | s(1)=                             | 1/13  | 1.114   | N(1)=            | 26   | 1.415  |           | D     |
| 2                                                                                                    | s(2)=                             | 1/26  | 1.415   | N(2)=            | 99   | 1.996  | D(s1-s2)= | 1.929 |
| 3                                                                                                    | s(3)=                             | 1/52  | 1.716   | N(3)=            | 198  | 2.297  | D(s2-s3)= | 1.000 |
| 4                                                                                                    | s(4)=                             | 1/104 | 2.017   | N(4)=            | 407  | 2.610  | D(s3-s4)= | 1.040 |
| picture: 2048X1494 pixels                                                                            |                                   |       |         |                  |      |        | D (eğim)= | 1.291 |

Sonuç değerlere göre Dor tapınağının cephesinin fraktal boyutu oldukça yüksektir. Aynı şekilde tapınağın üst ve orta bölümünün de fraktal değeri yüksektir. Bunun sebebi yapıya yaklaşıldıkça yeni elemanların ve detayların görülmesidir. Fakat alt bölümün fraktal değeri 2'den 1.38 e düşmektedir.

Courbusier ve Wright'ın yapılarının fraktal boyutu arasındaki fark mimari anlayışlarından kaynaklanmaktadır. Le Corbusier yapılarında makine ve endüstri kaynaklı materyaller ve formlar kullanmıştır. O, doğadaki verimlilik ve uygunluk kurallarını benimsemiş ve yapılarında da bu kuralları uygulamıştır. Salingaros'a göre Courbusier'in yapıları düz ve donuktur (Salingaros, 1999). Frank Lloyd Wright ise

doğal materyallerin gelişiminden yararlanmış ve onları mimari motif olarak kullanmıştır. Doğal materyallerin tıpkı doğanın kullandığı gibi kullanılmasıyla da karmaşa ve düzen oluşmuştur. IFS' de olduğu gibi başlangıç imajına değil de, kurala bağlılık Le Corbusier ve Frank Lloyd Wright'ın mimari tasarım anlayışları arasındaki farktır. Önemli olan başlangıç materyali ya da program değil materyallerin nasıl kullanıldığıyla ilgili kurallardır (Bovill, 1996).

#### 4.2.5 ÇAĞDAŞ MİMARİ

Karmaşıklığın yeni bilimi kaos birlikte kainata bakış açısı mekanik sistem anlayıştan, atomdan galaksiye her aşamada kendini organize eden sistem anlayışına doğru yöneldi. Yeni bilimin parçası olan fraktaller, karmaşık sistemler, çizgisel olmayan dinamiklerin günümüzde algoritmalar ve bilgisayarlar yardımıyla mimari tasarıma adapte edilebilmesiyle birlikte yeni bir mimari dil oluştu. Bu dilin bir parçası olarak fraktaller, kendine benzer, sürprizli yapıları ile günümüz mimarisine ait çeşitli örneklerde tasarımın bir parçası olarak yer almaktadır (Jencks, 2003).

Yeni mimari dilin gelişiminden önce tasarlanan bazı son dönem yapılarında da fraktal geometrinin etkisi görülmektedir. Bu yapılarda mimari kompozisyonları oluşturan elemanlar ve kompozisyonun bütünü arasındaki kendine benzerlik unsuru fraktal karakteristiği oluşturmıştır.



**Şekil 4.34.** MIT öğrenci yurtları (Web 20)

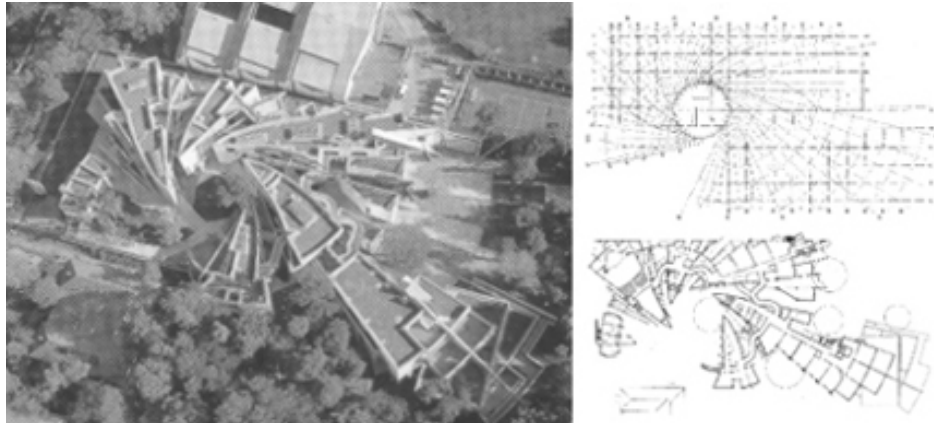
Steven Holl'un MIT için yaptığı yurt binası fraktal özellik gösteren günümüz yapılarından biridir. Holl, binanın formunu oluştururken bir doğal süngerin yapısından etkilendiğini belirtmiştir. Binanın strüktürel kurgusu Menger Süngeri ile benzerlik göstermektedir. Bina kütlesi tıpkı Menger süngerinde olduğu gibi prizmatik bir başlangıç biçiminden boşaltmalar yoluyla oluşturulmuştur. Hiyerarşik bir düzenlemede farklı boyutlardaki boşlukların olduğu binadaki boşluklu yapı, ölçek küçüldükçe de devam etmektedir (Şekil 4.34).

Fraktal etkisindeki günümüz mimarisi, insan yapımı çevre ile doğal çevre arasında bir rekabet ve uyum içinde olmayı hedeflemiştir. Eisenmann tarafından tasarlanan Cincinnati üniversitesi sanat ve mimarlık fakültesi binası, arazi ile zig - zag şeklindeki eski bina arasında bir geçiş elamanı görevi üstlenmiştir (Şekil 4.35).



**Şekil 4.35.** Cincinnati üniversitesi sanat ve mimarlık fakültesi (1992–95) / Peter Eisenman (Web 21)

İsraili mimar Zwi Hecker'in Berlin'de yaptığı okul binası geometrik formunu ayçiçeğinden, almıştır. Yapının yılan şeklinde koridorları, dağ şeklinde merdivenleri ve balık şeklinde odaları vardır. Dikdörtgensel gridler ve ayçiçeği formu sonucunda yapıda kendine benzer birçok oda oluşmuştur. Ayçiçeği formu sayesinde yapının etrafına ağaçlar yerleştirilebilmiş ve tarihi şehirlerde olduğu gibi şekilleri tesadüfen ortaya çıkan küçük, kıvrımlı sokaklar ve patikalar oluşmuştur (Şekil 4.36). Karmaşık form ve yapı içinde yön bulmayı sağlamak için yapının parçaları farklı renklere boyanmıştır. Bu da Jencks'in mimarilerini eklenmiş yeryüzü şekillerine benzettiği "land- form" binalarda sıkça görülen karmaşayı okunabilir hale getirmiştir. Benzer binalardaki birçok örnekte de karmaşanın azaltılması için basit malzemeler ve basit formlar kullanılmıştır. Karmaşık bir objeyi basit kurallar veya algoritmalar ile tanımlamak fraktal geometrinin bir başka özelliğidir. (Jencks, 1997)



**Şekil 4.36.** Galinski okulu /Berlin - Zwi Hecker - (Jencks, 1997)



**Şekil 4.37.** Amsterdam Binası (Web 22)

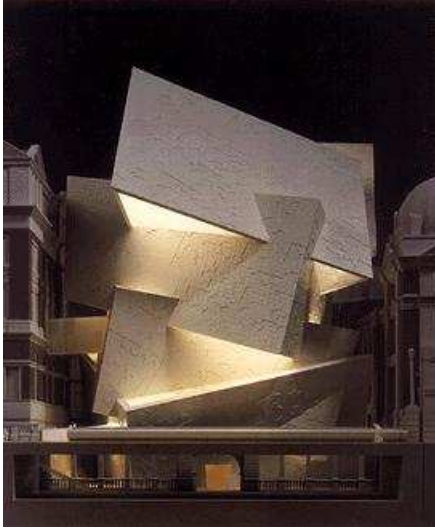
MRDV 'in tasarladığı Amsterdam konut bloğunda birbirine benzer formlarla kütleyi ve cephe düzenini oluşturmuştur. Binada kutu formu ana kütle, ana kütleden çıkan daha küçük kütleler ve bunlar üzerindeki balkonlarda olmak üzere üç farklı ölçekte tekrarlanmıştır (Şekil 4.37).

Bir dekonstrüksiyon mimari örneği olan Parc de la Villette 'de Tschumi bütün programı parçalara bölmüştür. Parçalar bir grid üzerinde yer almaktadır. Sonuç strüktür "point attractors", düz galeriler ve tesadüfî eğrilerden oluşan dolaşım alanlarından oluşmaktadır (Şekil 4.38). Bu üç parça tıpkı Julia set'de olduğu gibi başlangıç ve bitiş noktası olmayan bir strüktür oluşturmaktadır. Genellikle sonsuz yinelenme özelliğinden dolayı fraktallerin bir başlangıç ve bitişi yoktur. Julia setin sınırlarına bakıldığı zaman hep daha fazla karmaşa ile karşılaşılır.(Lorenz,2003)



**Şekil 4.38.** Parc la Vilette/Paris - Bernard Tschumi (Web 23)

Daniel Libeskind'in, Londra'da Victoria & Albert müzesi ek binası için yaptığı tasarım, birbiri içine geçmiş altı küp parçasından oluşmaktadır. Tasarım, büyük ölçekte birbirine benzer, fraktal altı küp parçası ve üç aşamadan oluşan küçük ölçeklerde "fractaliles" adı verilen L ve V şeklindeki parçalardan meydana gelmektedir. (Şekil 4. 39 )

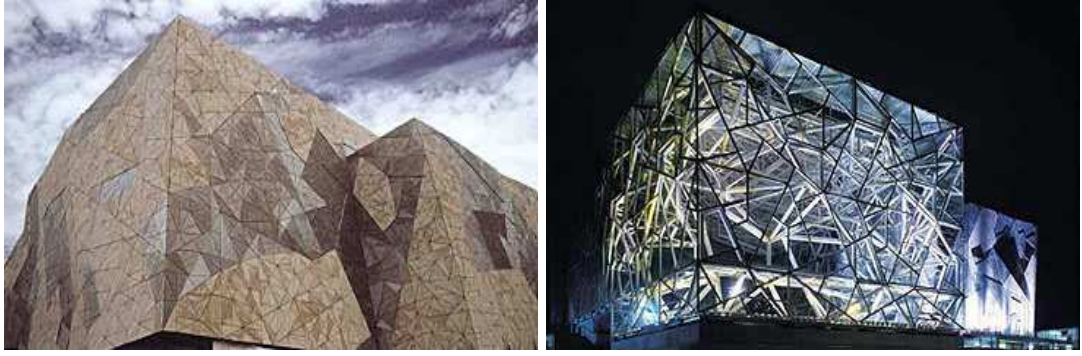


**Şekil 4.39.** Victoria&Albert Müzesi, Daniel Liebskind (Web 24)

LAB mimarlık ofisinin Avustralya'nın Melburn kentinde yaptığı altı farklı ancak birbiriyle bağlantılı binadan oluşan komplekste mimar, yapıların cephesini oluştururken fraktallere dayanan bir sistemden yararlanmıştır. Sistem basit bir üçgen formuna dayanmaktadır. Sistemi oluşturan her panel birbirine benzer beş üçgen parçadan her mega - panel de beş panelden oluşmaktadır. (Şekil 4.40 – 4.41)



**Şekil 4.40.** Federasyon Meydanı- Melbourne (Web 25)



**Şekil 4.41.** Federasyon Meydanı- Melbourne (Web 25, Web 26)

LAB mimarlık ofisinin tasarladığı, yaşama, alışveriş ve eğlence gibi bir çok fonksiyonun bir araya gelmesi ile oluşturulan Soho Shang Du'nun karmaşık tasarımı aynı şeklin iç mekan organizasyonundan, kulelerin oluşumuna kadar değişen farklı ölçeklerde kullanıldığı fraktallere dayanmaktadır. Tasarımcıları yapıyı oluştururken kristal formundan etkilendiklerini ve bu formları kullanarak doğa ile insanların yaşadığı yerler arasında bağlantı kurmaya çalıştıklarını belirtmişlerdir. (Şekil 4.42)



**Şekil 4.42.** Soho Shang Du (Web 27)

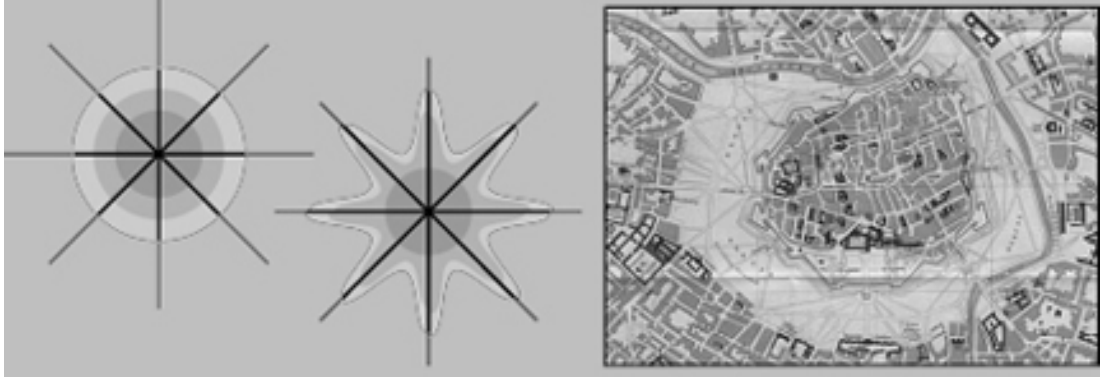
### 4.3 FRAKTAL KENTLER

Kentler, onları oluşturan alt sistemler ve bağlantılar, içinde bulundukları hiyerarşik oluşum nedeniyle fraktal özellik gösterirler. Kente ait ulaşım sistemleri, yerleşim birimleri, nüfus yoğunluğu gibi alt sistemler farklı ölçeklerde benzer kurgular, örüntüler oluştururlar. Alexander, her kent ve binanın kendine ait bir dili olduğunu ve bu dilin çeşitli elemanların bir araya gelmesiyle farklı ölçeklerde oluşan örüntülerden meydana geldiğini söylemektedir. Her bir örüntü kendisiyle özdeş örüntülerle bir arada olduğunda var olmakta ve bir araya gelerek daha büyük bir örüntüyü oluşturmaktadır. Kentlerin bu özelliği de fraktal kavramın temelini oluşturan kendine benzerlik ilkesi ile paralellik göstermektedir. (Alexander, 1977)

Form, kenti oluşturan ağ sistemleri, yapılar ve açık alanlar olarak ifade edilen fiziksel elemanların mekânsal düzeni demektir. İnsan aktiviteleri ve karşılıklı ilişkilerin mekânsal organizasyonunu ise strüktürü oluşturur. Strüktür, elemanlardan, elemanların ilişkilerinden ve elemanların fonksiyon ve etkileşimlerinden oluşur. Fraktal geometri, kentin sadece formunun değil, strüktürünün incelenmesinde de yardımcı bir araç olarak kullanılabilir. Dış form olan biçim, iç form olan strüktür ile tanımlanır. Kentlerde elemanlar, gelişimin birimleri olarak adlandırılan konutlar ya da bloklardır. Bu birimler birbirlerine çeşitli iletişim ağlarıyla bağlanırlar. Bu elemanlarla ilgili fonksiyonlar, istihdam, ticaret, eğitim ve rekreasyon alanlarına aittir. Kentin tüm bu elemanları ve ilişkileri şehrin karmaşık geometrisini oluşturmaktadır (Lorenz, 2003).

Hiyerarşi, bir yerleşmenin karmaşıklığının bir sisteme oturtulmasına olanak veren kavramsal çerçeveyi oluşturur. Bu sistem yapılarını ayrıştırmak, yeni alt sistemler üretmek ve bir hiyerarşiye göre düzenlenmiş parça grupları içermek aynı formun farklı seviyelerde görülebilir ki bu da kendine benzerliktir. Hiyerarşik olarak kentler; semtler, mahalleler, caddeler, sokaklar, yapı adaları ve bu bölgelerdeki nüfus yoğunluğu, nüfusu oluşturan sınıflar, gruplar olarak fiziksel ve sosyal bölünmelerden oluşmaktadır. Farklı ölçeklerdeki şehir parçalarında, boş zaman aktiviteleri için alanlar, trafik, çalışma ve yaşama bölümleri yer almaktadır. Batty ve Logley'e göre kent dinamiğinin imzası olan her ölçekte kendine benzerlik ve düzen, fraktal geometrinin damgasıdır (Kaya,2005, Batty ve Longley, 1994).

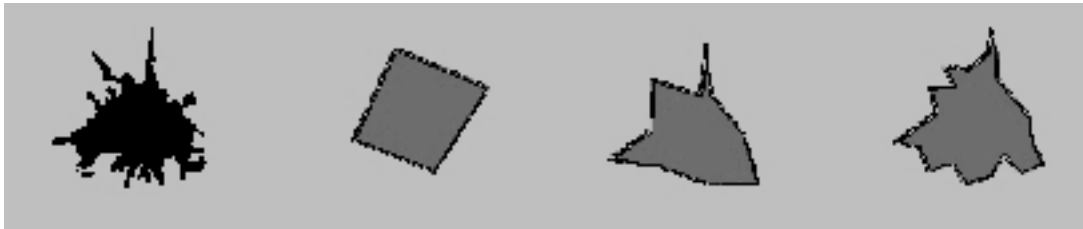
Kentler, gelişme biçimleri incelendiğinde doğal ve planlanmış olarak iki temel model görülmektedir. Doğal gelişim gösteren kentler planlanmış kentlere göre fraktal karakteristiği yüksek, merkezdeki bir tarihi çekirdek ve onun etrafında gelişen dalgasal formlardan oluşan organik büyüme gösteren kentlerdir (Batty ve Longley, 1997). Bu kentlerde gelişimi etkileyen faktörler, büyümeyi hızlandıran ırsal ulaşım yolları arazi şekline ve büyümeyi sınırlandıran şehir surlardır (Şekil 4.43).



**Şekil 4.43.** Dairesel ve Yıldız Şeklinde büyüyen kentler - Viyana şehir surları (Lorenz, 2003)

Kentleri çevreleyen sınır çizgileri genellikle düzensizdir, düzgün bir formu yoktur ve kapalıdır. Dolayısıyla tek boyutlu bir çizgiden fazla ve iki boyutlu alandan azdır ve bu yüzden fraktal boyutu 1 ile 2 arasındadır. Farklı yerleşim birimleri arasındaki geçiş noktaları olan sınırların formunu etkileyen ilk neden coğrafi koşullardır. Zamanla teknolojik gelişmelerle birlikte ulaşım ağlarının gelişmesi ve yapılaşma ile birlikte sınırlar insanlar tarafından değiştirilir. Kent merkezlerine ulaşmanın kolaylaşması ve beton ve prefabrikasyon sistemlerin kullanımıyla birlikte kent merkezinin dışında evlerin yapılması, sınırların fraktal boyutu üzerinde azaltıcı yönde etkili olmuştur. Arazi kullanım biçimlerinin değişmesi de kent sınırlarının değişmesine neden olmuştur. Batty ve Longley, küçük ölçekler üzerinde kontrolün artmasının ölçek küçüldükçe fraktal boyutun azalmasına neden olduğunu dolayısıyla zamanla yapım teknolojileri ve arazi gelişimi üzerindeki kontrolün artmasıyla birlikte fraktal boyutun azaldığını belirtmişlerdir. (Batty ve Longley, 1994) Aşağıdaki örnekte Londra kentinin sınırlarının farklı tarihlerdeki fraktal boyutuna ait hesaplamalar yer almaktadır(Şekil 4.44 – 4.45).

Londra 1830



**Şekil 4.44.** Londra Kentinin sınırı – 1830 (Lorenz, 2003)

Hesaplanan boyut

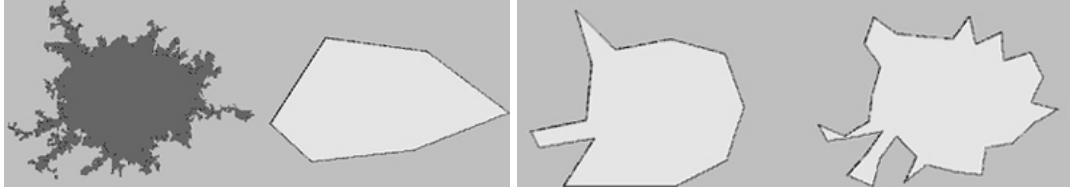
$$D(s_1-s_2)=1.368$$

$$D(s_2-s_3)=1.138$$

$$D(s_3-s_4)=1.384$$

$$\text{eğim } (D_{s1}-D_{s4})=1.28$$

Londra 1960



**Şekil 4.45.** Londra Kentinin sınırı – 1960 (Lorenz, 2003)

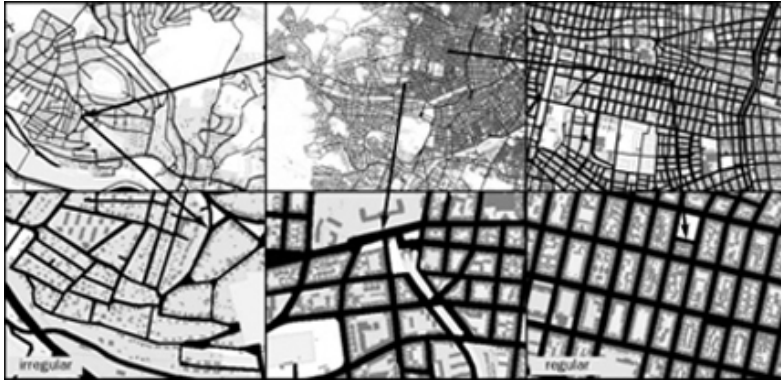
Hesaplanan boyut

$$D(s_1-s_2)=1.303$$

$$D(s_2-s_3)=1.379$$

$$D(s_3-s_4)=1.334$$

Dikkate alınması gereken bir başka konu ise düzensiz (doğal büyüyen) ve düzenli (planlanmış) formların aynı şehir içinde farklı ölçeklerde görülebilmeleridir. Bir ölçekte şehir düzenli olabiliyorken, diğer bir ölçekte bakıldığında düzensiz olabilir. Bu demektir ki eğer bir şehrin formu fraktal boyut ile tanımlanabiliyorsa bu boyut ölçeğe göre değişebilir. Şekil 4.46 Viyana kentinin ölçek değiştikçe sahip olduğu düzenli ve düzensiz formları göstermektedir (Lorenz, 2003).



**Şekil 4.46.** Viyana Kent Sınırı (Lorenz, 2003)

#### 4.3.1 TARİHSEL SÜREÇ İÇERİSİNDE FRAKTAL KENTLER

Tarih boyunca 20 yüzyıla kadar gelen kentsel tipolojiler fraktal yapılanma göstermektedir. Modern dönem öncesi kentlerde birçok ölçekte fraktal özellik görülmektedir. Ortaçağ kentleri küçük ölçeklerde fraktal özellik gösterirken 19. yy kentleri büyük ölçeklerde fraktal özellik göstermektedirler. (Salingaros, 2001).

Doğal olarak gelişen fraktal kentlerde tüm mekân organizasyonları yaya kullanımına göre düzenlenmiştir. Bu tür kentlerde her adımda binalar arası ilişki değişir, yapılar birbirine daha yakındır, sokaklar daha dardır. Yaya şehrin mekânsal kurgusunu, sokakların sırasını ve meydanları algılayabilir (Şekil 4.47). Yeni planlanan şehirlerde ise yüksek hızdaki zaman mekân ilişkisi öne çıkmaktadır. Önemli olan bir noktadan diğer bir noktaya daha çabuk gitmektir. Bu yüzden şehrin mekânsal kurgusu araçla harekete göre düzenlenmiştir (Şekil 4.48). Sokaklar daha geniş ve binalar birbirlerine daha uzaktır. Araç içindeki insanın şehri deneyimlemesi zayıftır.



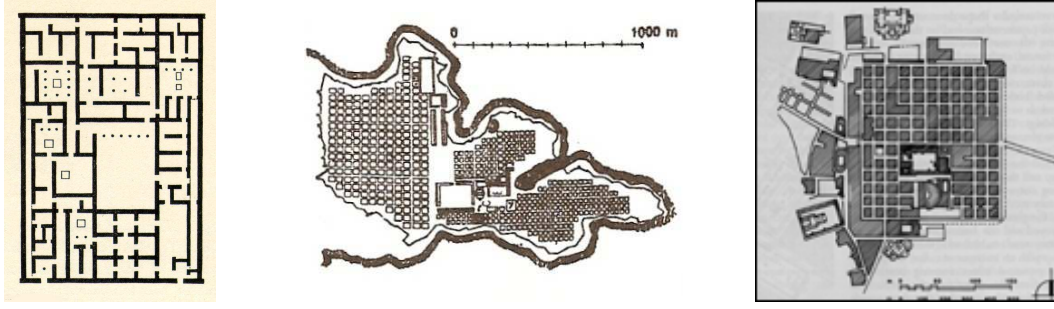
**Şekil 4.47.** Safranbolu  
(Web 28)



**Şekil 4.48.** New York  
(Web 29)

Yeni kentlerin büyük ölçeklerdeki düzenlemeleri, insan ölçeğinde algılanabilen malzeme detayına kadar inen küçük ölçeklerde ortaya çıkan kentsel ara yüzleri içermektedir. Dolayısıyla geleneksel kentlerdeki ara yüzlerin oluşturduğu karmaşa ve düzen ilişkisi bir başka deyişle fraktal karakteristik günümüz kentlerinde zayıftır (Salingaros, 2001).

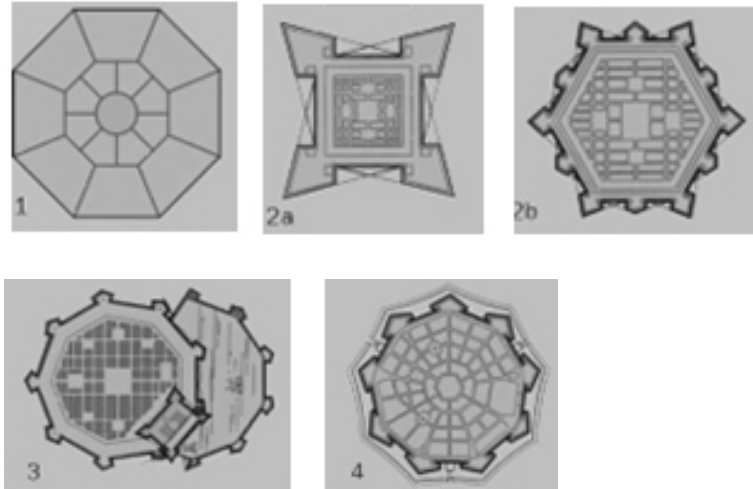
Geometrik planların kullanıldığı ilk kentsel düzenlemeler, kentsel gelişimin hızlı ve çabuk olması gerektiği durumlarda ve politik, dini veya ekonomik gücün göstergesi olan kentlerde görülmektedir. Mısır'daki işçi kampları, kolonial eski Yunan kentleri ve Romalıların askeri kampları geometrik düzenlemelerin görüldüğü kent örnekleridir. (Şekil 4.49)(Lorenz, 2003).



**Şekil 4.49.** Geometrik planlı kent örnekleri; Solda, Timgad Askeri Kampı- (Web 30) ortada Milet(Hasol,1998) sağda Mısır işçi Kampı (Web 31)

Orta çağın sonlarına doğru da askeri amaçlı veya ticari amaçla kısa zaman içinde bir kent kurulması gerekiyorsa geometrik prensiplere dayalı gridal şehir planları kullanılmaktaydı. Bu planlanan grup dışında orta çağ şehirlerinin büyük bir kısmı kompakt ama bununla beraber düzensizlerdi. Bu şehirlerde genellikle binalar arazi formunu da dikkate alarak (jeomorfik prensip), merkezdeki ticari bir meydan veya kilise etrafına yerleştirilmekteydi. Kent kurgusu farklı sosyal sınıflara göre oluşmaktaydı. Ruhban sınıfı, aristokrat sınıfı, halk ve işçiler ayrı binalarda ayrı sokaklarda hatta ayrı mahallelerde yaşıyorlardı. Küçük ölçek de farklı bölgeler bulunuyordu.

Orta çağ, sona erdiğinde birçok şehir özgürlüğünü ve refahını, prensliklerin yeni gücüne karşı korumak zorunda kalmıştı. Bu yeni güç kendisini yeni şehir planlarında da gösteriyordu (Şekil 4.50)



**Şekil 4.50.** Kent planları 1) ideal şehir - Vitruv, M.Ö. 1.yy 2)ortogonal sokak sistemi olan 4 - 12-köşeli şehir formu Pietro Cataneo, 16. yy 3) hisar ile deniz limanının kuvvetlendirilmesi Pietro Cataneo, 1554 Palmanova - ideal barok kenti 1593-95/ (Lorenz, 2003)

Roman ve Grek mimarisinin yeniden keşfedilmesinin etkisiyle güçlendirme mimarisindeki gelişmeler şehir planlarının ıııısal olmasına neden oldu. Nüfus artışı ve 14. yy ın ortalarında Avrupa kıtasındaki kentleşmenin neredeyse tamamlanmış olmasından dolayı bu teorik kent planlarının sadece birkaçı gerçekleştirilebildi.

Barok dönemde nüfusun artması, duvarları içinde artık tüm halkı barındıramayan eski kentlerin ferahlaması için yeni kentlerin kurulmasını gerektirdi. Rönesans döneminin bakış açısına göre şehirler; prestijin göstergesi olan fonksiyonel, hesaplanmış, homojen ve ayrıntılı bir sanat çalışmasıydı. Rönesans dönemindeki bu görüş Barok dönemde uygulamaya konuldu. Şehri güçlendirmek için inşa edilen yapılar vasıtasıyla ideal şehir planları önceden kurulmuş şehirlere de uygulandı. İdealize edilmiş şehir planı kavramı bugün karmaşık formları oluşturmak için basit kuralların kullanıldığı fraktal geometri fenomeni ile yorumlanabilmektedir. Bütün ve parçaları aynı prensipler doğrultusunda oluşturulmaktadır ve bu şekilde birlik sağlanmaktadır.

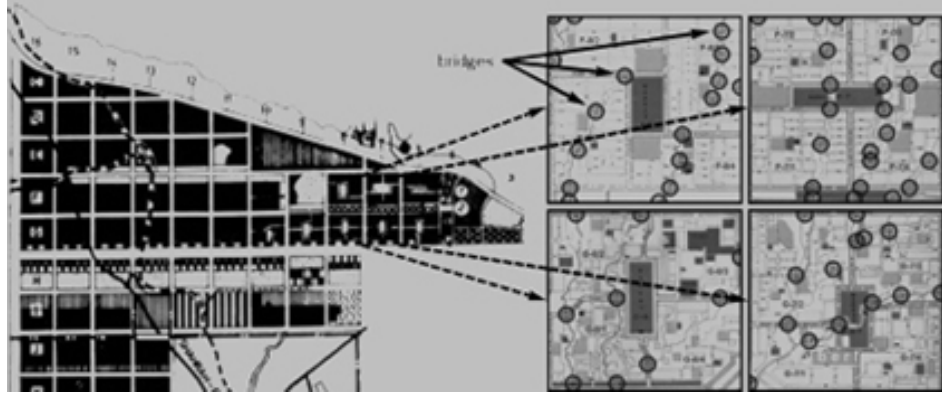
Dairesel formdaki ideal şehir planı anlayışından sonra kent plancıları tekrar gridal planlı şehir anlayışına döndüler. Fiziksel zorlamalar ve bireysel kararlar bu tür saf gridal formlardan oluşan planları değıştirse de, 18.yy sonlarında, Amerika'nın şehirleri dikdörtgen şekillerdeki kent planlarına göre oluşturuldu. Avrupa'da da 19. yy'ın başlarındaki hızlı gelişme sonucu ortaya çıkan şehirlerin genişlemesi ihtiyacı ise, hızlı ve uygun olduğu için gridal formları temel alan bir planlama anlayışı getirdi. 20. yy da ise ideal kentin geometrisi değışti; iletişim ağı etrafında düzenlenen, binadan çok arazi kullanımını hedef alan daha eğrisel bir hal aldı (Lorenz, 2003).



**Şekil 4.51.** Chandigarh - Le Corbusier (Lorenz, 2003)

Le Corbusier'in planlanmış şehri Chandigarh (Şekil 4.51), taşıtlara göre planlanmış gridal şehirlerin bir örneği olarak tanımlanmaktadır. Her şey düzenlenmiş ve birbirinden ayrılmıştır. Farklı sosyal sınıflar için ayrı yaşama alanları, oteller, bankalar, alışveriş için ayrı alanlar vardır. Le Corbusier'in ideal kenti sadece büyük

ölçekteki kentsel yapılanmaya dayanıyordu. Bu yüzden de fraktal değildi. Kenti oluşturan elemanları gökdelenler, otobanlar ve uçsuz bucaksız taşla döşenmiş boşluklardı. Le Corbusier, büyük parklarda yükselen gökdelenler çizmişti. Tüm kentsel doku iki ya da üç büyük ölçekle tanımlanabiliyordu. Gökdelenlerin genişliği altında belirli bir mesafede görülen ölçekte çok az farklı yapı vardı. 1cm'den 2m'ye kadar olan mesafedeki insan ölçeğinde ise hiçbir şey yoktu. Corbusier, yaşayan bir kent için gerekli olan küçük ölçeklerin gerekliliğini dikkate almamış ve geleceğin kentinin nasıl görüleceğini yanlış yorumlamıştı. Gökdelenler, geleneksel kentsel dokunun yerini almıştı. Yaşayan bir kent için gerekli olan iki şey vardır: düzen ve sürpriz. Dolayısıyla bu örnek fraktal geometri ile oluşan düzen ve sürprizi barındıran kent yapısı için kötü bir örnektir. (Salingaros, 2003)



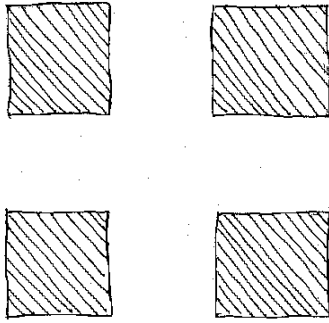
**Şekil 4.52.** İslamabat / Pakistan (Lorenz, 2003)

İslamabat yeni gridal şehirler için bir başka örnektir (Şekil 4.52). Şehir planı su ögesi ile kesintiye uğramıştır. Ancak gridal çizgileri kesintiye uğratan daha fraktal, doğal büyüyen ve çevreye duyarlı bir şehir planı oluşturmak yerine birçok yüksek maliyetli köprü yapılarak gridal form devam ettirilmiştir.

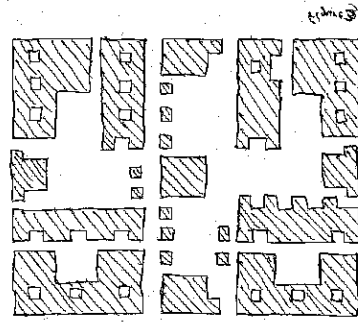
Tarihsel süreç içerisinde bazı kentlerde, kentlerin büyümesi ile birlikte tarihsel kent dokusuna müdahale edilmişti. Bu bağlamda Haussmann'ın Paris'e müdahalesi fraktal ölçeklendirme olarak açıklanabilmektedir. Belirli bir büyüklükteki Ortaçağ Paris'i, dar sokakları artan trafiği karşılayamayacak kadar büyüdüğünde, ona daha büyük ölçekte yeni yapılanmalar eklenmesi gerekli olmuştur. Bu nedenle şehre daha büyük ve uzun caddeler eklemek için şehrin bazı bölgelerinde kentsel dokuyu bozmak zorunlu olmuştur. 5. papa Sixtus tarafından aynı uygulama Roma'da da yapılmıştı. Aynı süreç geniş kentsel parkların kente eklenmesi sırasında da işlemiştir. Kent belirli bir coğrafik alanın dışına kadar genişletilmiş ve bu yüzden de daha fazla yeşil alana ihtiyaç duyulmuştur. Kentsel dokunun yerini alan 19. yy parklarının örnekleri tüm büyük şehirlerde yerlerini almıştır. 20. yy da böyle büyük

ölçekteki kentsel müdahaleler (caddeler ve parklar) yanlış anlaşılmış ve müdahalelerin sadece yıkıcı etkisi bir model olarak kopyalanmıştır.

Günümüz mimarisi 1cm'den 2m'ye kadar mesafede olan insan ölçeği üzerindeki düzenlenmiş karmaşayı kabul etmediği için anti-fraktaldır. Modernitenin imajı pürüzsüz, dik açılı geometrik şekillerdir(Şekil 4.53). Bu özellik modern dönem kentlerinin şekillenmesinde önemli rol oynamıştır. Yeni yapılanmanın yaşayan bir kentin (Şekil 4.54) işleyişi ve çalışması ile hiçbir ilgisi yoktur. Halk kentsel yaşamla hiçbir ilgisi olmayan ve kentsel dokuyu bozan bir seçimler kümesine uymak zorunda kalmıştır. (Salingaros, 2003)



**Şekil 4.53.** Modern bir kentin fraktal olmayan yapısı (Salingaros, 2003)



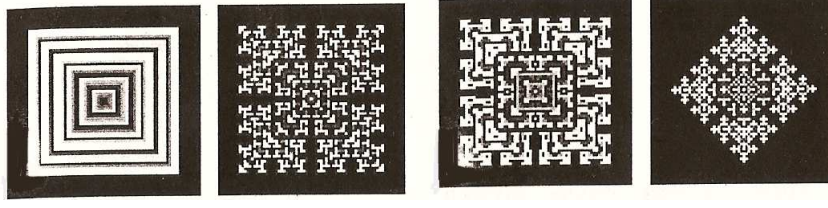
**Şekil 4.54.** Yaşayan kent (Salingaros, 2003)

Postmodernist ve dekonstruktivist yapılar, çok küçük bir kısmı hariç, kalıp, süs ve dekoratif malzeme ve yüzey üzerindeki yasağı miras olarak almışlardır. Kelime dağarcıkları ileri teknoloji malzemeleri ve saf yüzeylerden oluşur. Yapısal dilleri tutarsızdır. Bir kentin yapısal ve bağlayıcı hiyerarşisi kendisine ait küçük ölçekteki oluşumları önemsemediği sürece kentler fraktal olmayacaktır. Taraftarlarının şaşırtıcı iddialarına rağmen dekonstruktivist mimarinin kasıtlı düzensiz karakteristiği gerçek bir fraktalın doğal yapısının karşısındadır. (Salingaros, 2003)

#### 4.3.2 KENT MODELLERİ

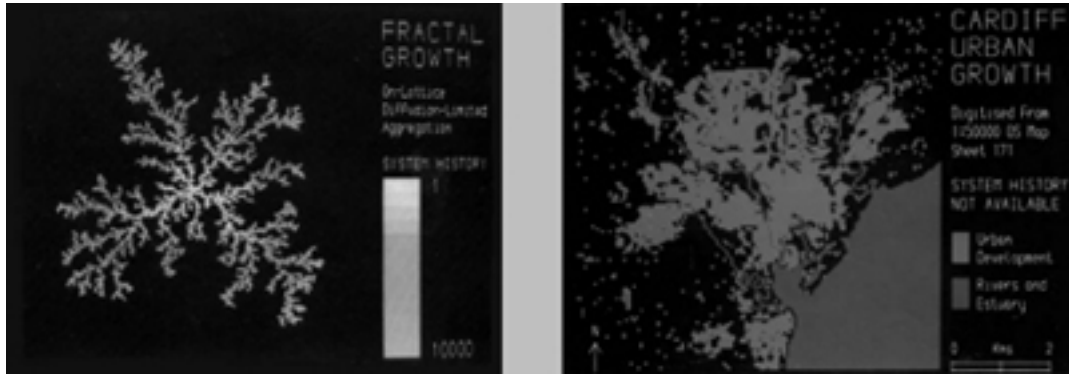
Günümüzde bilgisayarlar yardımıyla fraktal boyut, kentlerin büyüme ve gelişme biçimlerinin, sınırlarının, nüfus yoğunluklarının, analiz edilmesinde bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Elde edilen bu değerler yardımıyla kentlerin geçmişten günümüze geçen süre içindeki değişimi ve zaman faktörünün kentsel gelişimdeki etkisi araştırılabilir gibi bu değerler kullanılarak dinamik kent benzetimleri yapılabilir.

Fraktal örüntüler, caddelerin, yaya yollarının planlanması için görsel bir yardımcı olarak kullanılabilirler (Şekil 4.55).



**Şekil 4.55.** Fraktal Halılar ve kent planları (Batty ve Longley, 1997)

Algoritmik olarak gelişen bilgisayar grafikleri ile çevre, deniz, gökyüzü ve ormanlar uzun zamandır modellenebiliyorken, kentsel çevrenin modellenemediği bir teknik henüz tam olarak geliştirilememiştir. Planlama ve geliştirme safhasında birçok çalışma yapılmaktadır. Michael Batty ve Paul Longley, DLA (Yayılma ile sınırlı küme) den yararlanarak geliştirdikleri bir benzetim modeli ile farklı fraktal kentler oluşturmuşlardır (Şekil 4.56). DLA modelde kentler merkezdeki çekirdek olarak tanımlanan bir noktaya hücreler veya temel üniteler eklenmesi ile oluşmaktadır. Bu da kendine benzerlik gibi fraktal özellikler gösteren ağaç benzeri ya da ağaç benzeri, dallantılı (dendritic) formların oluşmasına neden olur. Bu model kentlerin büyüme şekillerinin benzetildiği bir esas model olarak kabul edilebilir.



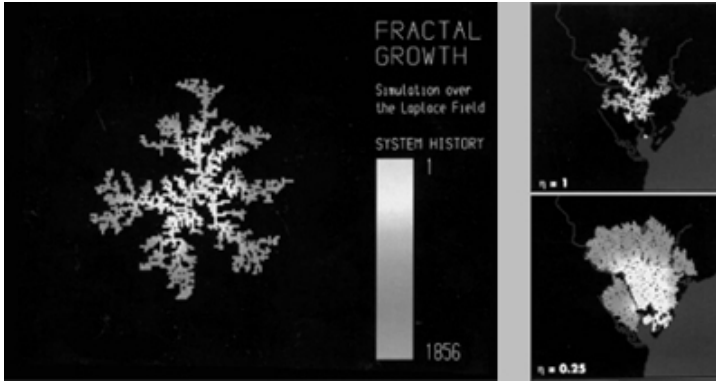
**Şekil 4.56.** DLA (*Diffusion-Limited Aggregation*) - benzetim ve "gerçek" bir şehir, Cardiff (Batty ve Longley, 1994) .

Batty and Longley "*Fractal Cities*" adlı kitaplarında büyüme sürecinin kendisinin de form veya fonksiyonlarında kendine benzerlik gösteren ünitelerin organizasyonu ile ilgili kodlar içerdiklerini belirtmektedirler.

DLA modelin ve şehirlerin büyüme sürecine daha yakından bakıldığında farklılıklar ortaya çıkar. İlk olarak DLA modeli tarafından oluşturulan yapı kentsel gelişmenin aksine geri döndürülemez şekilde büyümektedir. İkinci olarak şehir kalıpları daha kompakttır. Üçüncü olarak DLA modeldeki hücre yürüyüşünün şehirlerde hiçbir örneği yoktur. Bunun yanında, gerçek şehirlerin kıyaslanabilir dinamik yapılarını DLA model kullanılarak elde etmek için her bireyin pozisyonunun ve onunla ilgili alanların bilinmesi gerekmektedir. Gerçek şehirlerin yapısı hakkındaki bu veri eksikliği

şehirlerin gridlere bölündüğü bir yöntemle giderilebilir. İlk olarak şehirler gridlere bölünür. Daha sonra nüfus sayımı verilerinden yararlanılarak şehirdeki nüfus dağılımı hesaplanabilir. Yüksek nüfus yoğunluğunun olduğu alanlardaki gridler canlı hücreler olarak kabul edilir ve bu şekilde DLA metodu uygulanabilir. Yöntem çok genel olduğu için oluşan kent imajı da ağaç benzeri forma daha az benzer (Lorenz,2003).

DLA modelinin elektrik alanıyla birleştiren DBM (Dielectric Breakdown Model- Yalıtkan Kırılma Modeli) benzetim, fraktal boyut ve yoğunluk arasındaki ilişkiyi kullanarak kentler için büyüme modelleri oluşturulmasını sağlamaktadır (Şekil 4.57). Bir hücrenin kullanım olasılığını azaltmak yoğunluğu değiştirir. (Batty ve Longley, 1994). Bununla birlikte doğal bölgeler de bu bölgelerdeki yapılaşma yasağı ya da yapılaşma zorluğu nedeniyle difüzyona katılabilir. Ayrıca eklenilen modeller yardımıyla tüneller ya da köprüler oluşturulabilir.



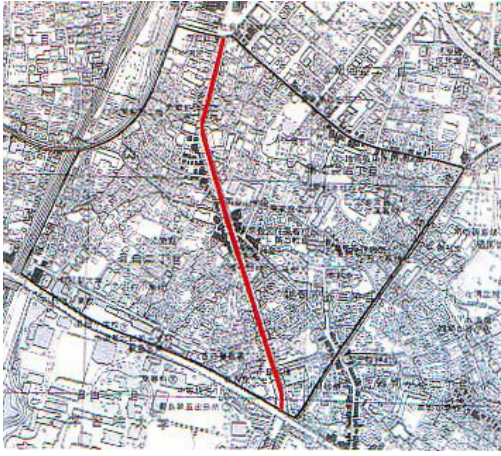
**Şekil 4.57.** DBM (Dielectric Breakdown Model) kullanılarak yapılan Cardiff şehrinin kentsel büyüme benzetimi – sistemin sınırlayıcıları liman ve nehir (Batty ve Longley, 1994)

Elena Rodina, Vladimir Rodin and Vladislav Dumachev, yaptıkları bir çalışmada Tokyo ve Rusya kentlerinin sokaklarının fraktal boyutunu hesaplamış ve düzensiz sokak dokularının fraktal boyutunun hesaplanmasının kaotik kentsel yapıda stratejik güvenliği sağlamaya ne şekilde katkıda bulunabileceğini araştırmışlardır. Hesaplamaları yüksek yoğunluklu sokak bölgelerinde sınırlı bir alanda yapmışlar ve sokakların uzunluğu ile alanları arasındaki ilişkiden yararlanmışlardır.

Çalışmanın ilk aşaması, Tokyo kentinin fraktal boyutunun hesaplanması amacıyla yapılan analizler ve bu analizler doğrultusunda geliştirilen bir bilgisayar programını kapsamaktadır. Fraktal boyutun hesaplanmasında fraktal geometrideki çevre alan ilişkisi esas alınmıştır. Fraktal geometride çevre ve alan arasında Euclid geometrisinde olduğu gibi sabit bir oran yoktur. Tokyo'nun kaotik kentsel çevresi üzerine yapılan araştırmalarda topolojik bağıllık irdelenmiştir. Bu bağıllık belirlenen

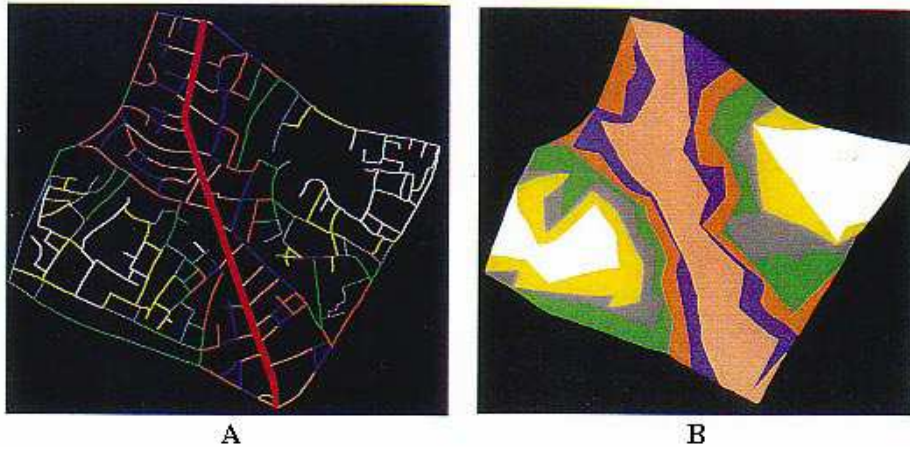
altı sınırlı kaotik bölge içindeki sokakların toplamı ve bu sokakların hizmet ettiği alanları kapsamaktadır. Araştırmada bu sınırlı kaotik alanlardaki sokaklar için hiyerarşik bir sıralama belirlenmiştir. Bu sokak düzenleri ana caddeden ölü noktalara kadar inen bir yapılanma dikkate alınarak belirlenmiştir. En üst sırada kendisine bağlanan ikincil sokaklar olmayan sokaklar yer almaktadır. Yapılan bu sıralamalar sırasında sokaklar tarafından doldurulan alanlar olduğu görülmüştür.

Araştırmalar sokak zonlarının bir fraktal boyutu olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan analizlerde Tokyo'nun kentsel yapısının fraktal boyutunun yüksek olan dallanmalar arasında yer aldığı görülmüştür. Çalışma aynı zamanda Tokyo'nun Sokak (Şekil 4.58) dokusunun sahip olduğu görsel kaosu göstermektedir (Rodina ve diğ. 2003).



**Şekil 4.58.** Tokyo Sokak dokusu (Rodina ve diğ. 2003)

Tokyo caddeleri üzerine yapılan bu araştırma bir bilgisayar programının test versiyonunun geliştirilmesi ile sonuçlanmıştır. “fractal” adı verilen bu program kent haritasının işlenmesi kent içindeki bölgelerin fraktal değerlerin tanımlanması aşamalarından oluşur. Dinamik grafik programlama için “hayalet sistemi” kullanılmaktadır. İlk aşamada kent haritasının durağan kısımlarını oluşturan konut, sanayi bölgeleri, meydanlar ve parklar belirli bir renkle arka planı oluşturmak üzere işaretlenmektedirler. Daha sonra dinamik alanlar olan sokaklar otoyollar caddeler, yaya ve bisiklet yolları gibi iletişim çizgileri işaretlenmektedir. Son aşamada ise hayalet sistem bu iletişim çizgileri üzerinden gidip cadde ve sokaklar tarafından doldurulan alanları belirlemektedir (Şekil 4.59).



**Şekil 4.59.** “Fractal” programı ile yapılan benzetimler (Rodina ve diğ. 2003)

Fraktal geometri ve kent ilişkisinin sadece araştırma düzeyinde kalmaması için fraktal analizlerden bazı çalışmalarda uygulama alanında yararlanılmıştır. Bu çalışmalardan biri kaotik dokusu olan sokakların bulunduğu bölgelerde stratejik güvenlik düzenlemeleri için kullanılmıştır. Yüksek fraktal boyuta sahip olan bu alanlarda suç oranı oldukça yüksektir. Radikal sosyal ve ekonomik değişmelerin olumlu ve olumsuz etkilerinin görüldüğü Rusya’da bu konu ile ilgili bir çalışma yürütülmüştür. Ekonomideki bozulmaların hırsızlık oranını arttırması, halkın mal varlığının korunması için yeni düzenlemeler yapılmasını gerekli kılmıştır. Güvenlik güçleri bu tür düzenlemeler sırasında bilimsel araştırmalardan da yararlanmaktadırlar.

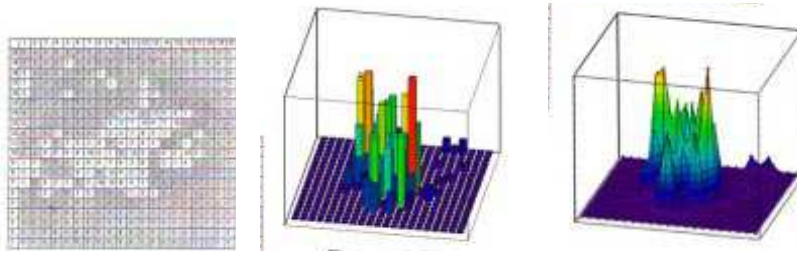
Yapılan analizler sonucunda hırsızlık vakalarının % 45 inin polisin olay yerine geç gelmesi nedeniyle yapılabildiğini göstermektedir. Bu gecikmenin sebebi düzensiz sokak düzenlemeleridir. Gridal yapılı, düzensizliğin az olduğu bölgelerde polisin olay yerine ulaşması daha kısa sürmektedir. Suçluların eylemleri için polise yakalanmalarının zor olduğu, kaçmanın kolay olduğu yüksek fraktal değere sahip düzensiz sokakları olan bölgeleri seçtikleri ortaya çıkmıştır. Çalışmada Fraktal değere dayanan bir düzene göre belirlenen devriye rotaları ile suç oranının azalacağı söylenmektedir. Voronezh’deki Sovetskii bölgesinin alan çalışması için seçildiği bu uygulama beş aşamada tamamlanmıştır (Rodina ve diğ. 2003).

1. Semtlerdeki kuyumcuların, bankaların ve dükkânların bulunduğu bölgelerin yüzey yoğunluğunun belirlenmesi ve potansiyel yüzeylerin gösterildiği haritaların oluşturulması (Şekil 4.60)



**Şekil 4.60.** Sovetskii bölgesinin haritası (Rodina ve diğ. 2003)

2. En az kare yöntemi ile potansiyel alanlara benzeyen yüzeylerin grafiklerini oluşturulması (Şekil 4.61). Bu aşamada 20x20 boyutundaki karelerden oluşan bir ızgara seçilmiştir.



**Şekil 4.61.** En az kare yöntemi ile oluşturulan grafikler (Rodina ve diğ. 2003)

Bu ızgarada kuyumcu banka gibi değerli şeylerin bulunduğu alanlar yükseltilerek belirtilmiştir. Grafikte kırmızı ile gösterilen alanlar bu tür yerlerin yoğun olarak bulunduğu noktalar. Daha sonra bu grafiğin üst görünümü harita üzerine oturtulmuştur (Şekil 4.62).



**Şekil 4.62.** En az kare yöntemi ile oluşturulan grafiklerin Sovetskii haritası üzerine oturtulması (Rodina ve diğ. 2003)

3. Bölge içindeki sokakların fraktal değer sabitinin belirlenmesi ve fraktal bölgelerin gösterildiği haritalar oluşturmaktır (Şekil 4.63).



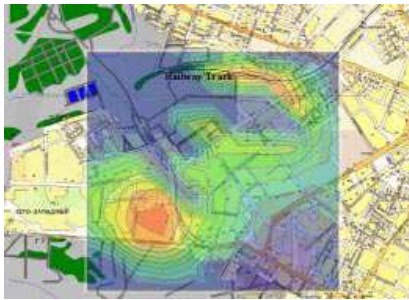
**Şekil 4.63.**Fraktal değer tablosu ve fraktal özellik gösteren bölgelerin belirtilmesi (Rodina ve diğ. 2003)

4. Kuyumcu ve bankaların bulunduğu yerlerin fraktal yüzeylerinin oluşturulması (Şekil 4.64)



**Şekil 4.64.** Fraktal yüzeylerin oluşturulması (Rodina ve diğ. 2003)

5. Devriye rotasının fraktal yüzey grafiğinde belirlenen maksimum değerlerine göre değiştirilmesi (Şekil 4.65)



**Şekil 4.65.** Devriye rotasının belirlenmesi (Rodina ve diğ. 2003)

Fraktal geometri henüz otuz yıllık bir kavram olsa da, mimarlık alanında oldukça uzun zaman öncesine ait olan yapılarda da fraktal özellik görülmesi doğadaki benzer kurguların mimari tasarım alanında kullanılmasının bir göstergesidir. Doğa ve yapı arasındaki ilişkinin kurulmasında doğaya gösterilen saygı ve çeşitli nedenlerle doğaya uygun yapı yapma zorunluluğu yöresel mimarilerde de fraktal kurgulara rastlanılmasına neden olmuştur. Bir diğer neden görkemli yapılarda ve dini yapılarda yapıların ihtişamının yapının en küçük detayına kadar yansıtılması ve

yapıların genelinde hakim olan benzer formlar ile elde edilmek istenilen biçimsel uygunluk ve güzelliştir. Kaos teorisinin, günümüzün kent ve mimarlık alanında sosyal çevre kültürel çevre ve yapay çevre ve doğal çevre üzerindeki etkileri ve geçmişin insan odaklı tasarım anlayışları da bu alanlarda fraktal oluşumların görülmesine neden olmuştur.

## 5. FARKLI YÖRESEL MİMARİLER İÇİN FRAKTALLERE DAYALI KÜTLE ÜRETİMİ

Tez kapsamında, yöresel mimarilerin fraktal karakteristikleri incelenerek, söz konusu mimarilere ait özgün dokunun sürekliliğini sağlayacak yeni formların üretilmesini sağlayan modelin farklı yöresel mimarilere uygulanabilirliği ve sonuç ürün ile özgün doku arasındaki uyumun irdelenmiştir.

Mimarlık, ürünü ait olduğu topluma, toplumun yapısına ve ihtiyaçlarına, içinde bulunduğu zamana ve bulunduğu dönemdeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak oluşan ve çeşitlenen bir disiplindir. Mimarlığın bu özelliği, farklı dönem, bölge ve kültürlerde çok çeşitli yapı tiplerinin oluşmasına neden olmuştur. Aynı ülke içinde oluşan yöresel mimari diller mimarlığın bu özelliğinin en büyük göstergesidir (Çağdaş ve diğ. 2006).

Yöresel mimarilere ait dilin şekillenmesinde en önemli unsurlar doğa ve toplumun sosyo-kültürel yapısıdır. Yapılar içinde bulundukları topografyanın özelliklerine bağlı kalınarak inşa edilmektedirler. Arazideki eğimler, engebeler, bitki örtüsü ve iklim koşulları yapıların gerek strüktürlerin oluşumunu gerekse plan ve cephe kurgularını etkilemektedir. Yapıların oluşturulmasında çevredeki doğal malzemeler kullanılmaktadır. Toplumun sosyo-kültürel yapısı, gelenekler, sosyal hayat, insan ilişkileri yapıların ve mimari dokunun insan ölçeğine uygun olmasına neden olmuştur. Oluşumlarındaki doğa etkisi ve insan ölçeğine uygunluk yöresel mimarilerin geometrik biçimlenişlerinin fraktal nitelik göstermelerine neden olmaktadır (Çağdaş ve diğ. 2006).

Günümüz mimari tasarım yaklaşımlarında, özgün mimari örüntüler ve bu örüntüleri oluşturan mimari diller, dijital 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 kullanılmaktadır (Gözübüyük, ve diğ, 2006).

Çalışma kapsamında, gerek sosyo-kültürel, gerekse de bölgesel farklılıkları olan, strüktürel ve kullanılan mimari malzemeler bakımından birbirinden farklılık gösteren Türkiye'nin iki bölgesinde alan çalışmaları yapılmıştır.

## 5.1 YÖRESEL MİMARİLER VE FRAKTAL DEĞER

Yöresel mimari dilin fraktal değerine bağlı olarak form üretme amacıyla geliştirilen model (Ediz, 2003) İstanbul Kariye ve Mardin dokularında uygulanmıştır. Türkiye'nin geleneksel batı mimari özelliklerini gösteren "Kariye" semtinin ve yine geleneksel ancak doğu mimari özelliklerini gösteren "Mardin" ili alan çalışması için seçilmiş ve bu doğrultuda üç aşamalı bir tasarım yaklaşımı uygulanmıştır.

İlk aşamada seçilen bölgelerin tarihi ve sosyo-kültürel yapısı araştırılmış ve mimari dilleri fraktal boyut doğrultusunda analiz edilmiştir. Yapılan hesaplamalar ile seçilen yöresel mimari dilin geometrik biçimlenişi fraktal nitelik yönünden belirlenmiştir. Fraktal niteliğin ifade biçimi olan fraktal boyut, bölgede yeni yapılacak olan yapılarla özgün doku arasındaki uyumun sağlanması ve dokunun sürekliliğin sürdürülmesi amacıyla benzer nitelikli form alternatifleri üretilmesinde kullanılabilecektir.

Analiz sürecinin ikinci aşamasında yöresel mimarilere ait özgün dokuyu bozduğu görülen yapılar tespit edilmiş ve bu yapılara ait alanlar çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

İkinci aşamada model, elde edilen değerler ile uygulanarak alternatif kütleler üretilmiştir.

Üçüncü aşamada ise, seçilen bölgelerin üç boyutlu modelleri dijital ortamda oluşturulmuş ve üretilen alternatif formlar bu modellerde yerine konulmuştur. Böylece özgün doku ve günümüz tasarım yaklaşımları doğrultusunda oluşturulan yeni ürünün ilişkisine dair görsel bir veri elde edilmiştir.

## 5.2 ALAN ÇALIŞMASI: KARIYE

Kariye semti, İstanbul Edirnekapı'da yer almaktadır. Kariye kelimesinin sözlük anlamı, Yunanca'da şehrin dışı, sur dışı, kırsal alan köy anlamlarına gelmektedir. İstanbul'un ilk surlarının dışında kaldığı için bölge bu adı almıştır. Daha sonra ikinci surlarla birlikte kent alanının içine katılmıştır.

Kariye, İstanbul'daki Osmanlı ve Bizans mimarisine ait örneklerin bir arada bulunduğu bir semttir. Bölgede bu dönemlerden kalan birçok anıtsal yapı bulunmaktadır. Kariye Camisi (Şekil5.1, Şekil5.2), Tekfur Sarayı(Şekil5.3) ve Kastoria Sinagogu bu yapılardan bazılarıdır.

Bölgenin sembolü olan Kariye Camisi (müzesi), kent surları dışında yer alan bir ibadet alanında, İmparator Justinianus döneminde kilise olarak inşa edilmiştir. İstanbul'un fethiyle birlikte 1511 yılında camiye dönüştürülen kilise mozaik ve freskleriyle ünlüdür.



**Şekil 5.1.** Kariye Camisi  
(Web 32)



**Şekil 5.2.** Kariye Camisi  
(Web 33)



**Şekil 5.3.** Tekfur Sarayı (Web 34)

Caminin yakın çevresinde 19. yüzyılda yaşanan batılılaşma hareketi sonrası yapılan Osmanlı döneminin geleneksel ahşap sıra evleri yer almaktadır. Batılılaşma döneminin etkisiyle geleneksel İstanbul konutlarında mekânsal organizasyon ve malzeme kullanımında farklılıklar oluşmuştur. Şehir dokusuna yabancı, en fazla iki cephesi olan bir konut tipi olan, ucuz yapı ve ısı kaybını önleyen ekonomik çözümler üretebilen dizi konutlar, şehrin mimari mirasından kaynaklanan çoğulcu strüktürüne adapte olmuştur. (Kırşan,1998) Cami çevresinde yer alan geleneksel konutlar 1974 yılında başlatılan bir çalışma ile koruma altına alınmış ve onarılmıştır.

### 5.2.1 PROJE ALANI

Osmanlı döneminin yöresel batı mimarisinin örneklerinden olan dizi konutların bulunduğu Kariye Bostanı Sokağı alan çalışmasının yapılacağı bölge (Tablo 5.1) olarak belirlenmiştir.

**Tablo 5.1.** Kariye Bostanı Sokak ve yakın çevresine ait yerleşim planı

|                                                                                   |                                                                                    |                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|  |  | Fraktal değeri hesaplanan binalar               |
|                                                                                   |  | Yeni form alternatiflerinin üretildiği alan     |
|                                                                                   |  | Çalışma alanına komşu olan diğer binalar        |
|                                                                                   |  | Çalışma alanına komşu olan diğer tarihi binalar |

Sokağın proje alanı olarak seçilmesinin nedeni sokak dokusunun önemli ölçüde korunmuş olmasıdır. Sokağın neredeyse tamamen korunmuş olan tarafında iki ve üç katlı cumbalı ahşap evler yer almaktadır (Şekil 5.4).



**Şekil 5.4.**Kariye Bostanı Sokak

Sokağın diğer tarafında ise geleneksel konutların yanında yakın geçmişte yapılan betonarme binalar yer almaktadır (Şekil 5.5). Binaların bazıları kat sayıları ve cephe oranları açısından geleneksel konutlarla benzerlik göstermektedir. Ancak sokağın köşesinde yer alan bina mevcut dokuya hiçbir şekilde uyum göstermemektedir. Bu nedenle binanın bulunduğu parsel proje alanı olarak seçilmiş ve önerilen tasarım yaklaşımı bu alana uygulamıştır. (Tablo5.1 de Mavi ile renklendirilmiş olan bina)



**Şekil 5.5.** Kariye Bostanı Sokak

### **5.2.2 KARIYE BÖLGESİ İÇİN YAPILAN FRAKTAL DEĞER ANALİZLERİ**

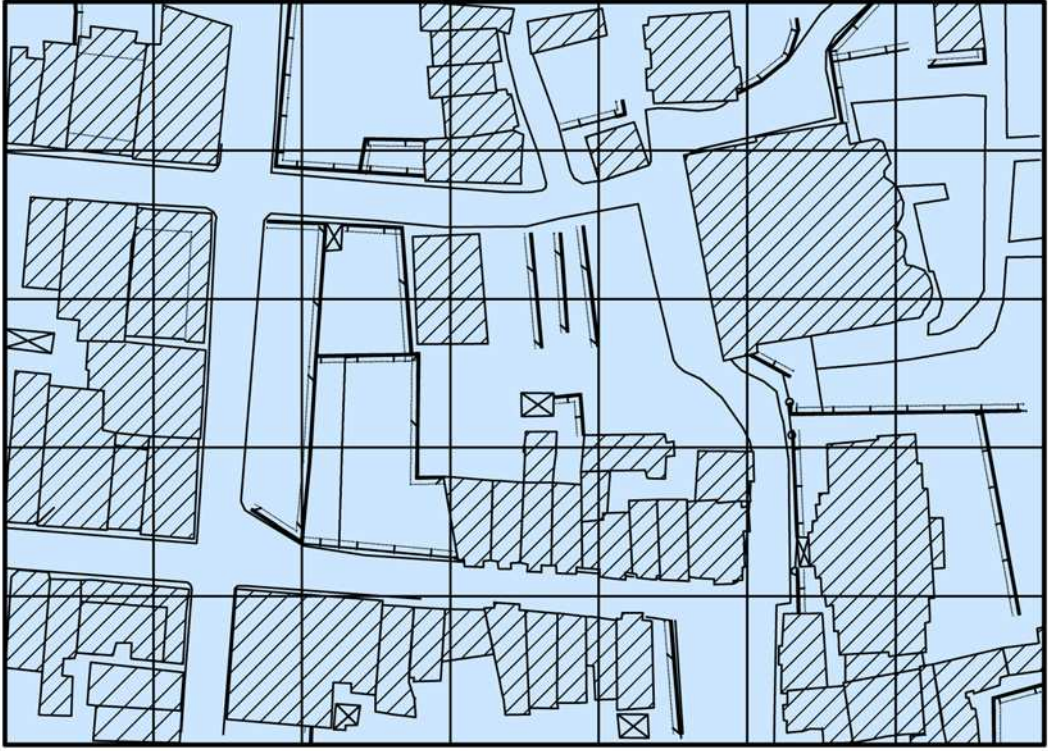
Kariye bölgesi için yapılan fraktal değer analizleri vaziyet planı, sokak ve bina ölçeği olmak üzere üç farklı ölçekte kutu sayım yöntemi ile yapılan fraktal boyut hesaplamalarını içermektedir.

Farklı ölçeklerde yapılan analiz çalışmalarıyla bölgenin biçimsel sürekliliğinin farklı ölçeklerde ve plan, cephe gibi farklı düzlemlerde incelenmiş olacağı düşünülmüştür. Böylece hem mimari dokuya ait farklı ölçeklerdeki düzenlemeler arasındaki benzerlik ve farklılıklar görülmüş olacak hem de dokunun sürekliliğini sağlayacak alternatiflerin çeşitlenmesi sağlanacaktır.

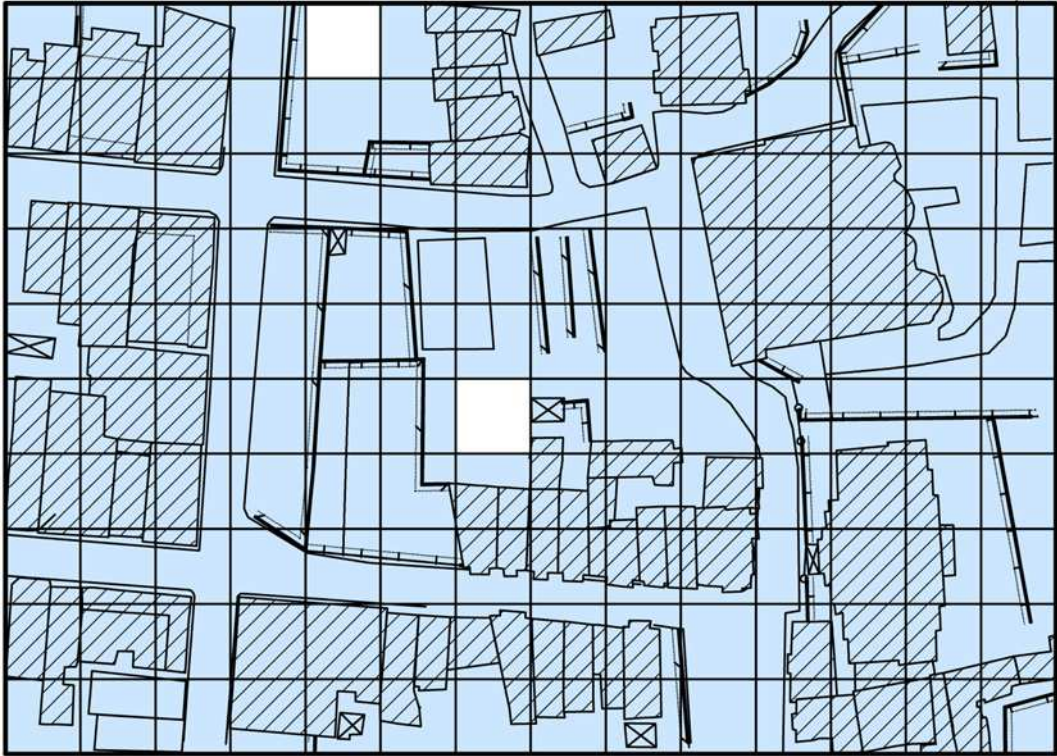
#### **5.2.2.1 VAZİYET PLANI ÖLÇEĞİNDE YAPILAN FRAKTAL DEĞER HESAPLAMALARI**

Vaziyet planı ölçeğinde yapılan hesaplamalarda Kariye Bostanı Sokağın ve yakın çevresinin haritaları elde edilmiştir. Hesaplamalar sokak ve yakın çevresinde bulunan yapılar, yapıları çevreleyen bahçe duvarları ve sokak kurgularının bulunduğu plan şeması üzerinde yapılmıştır.

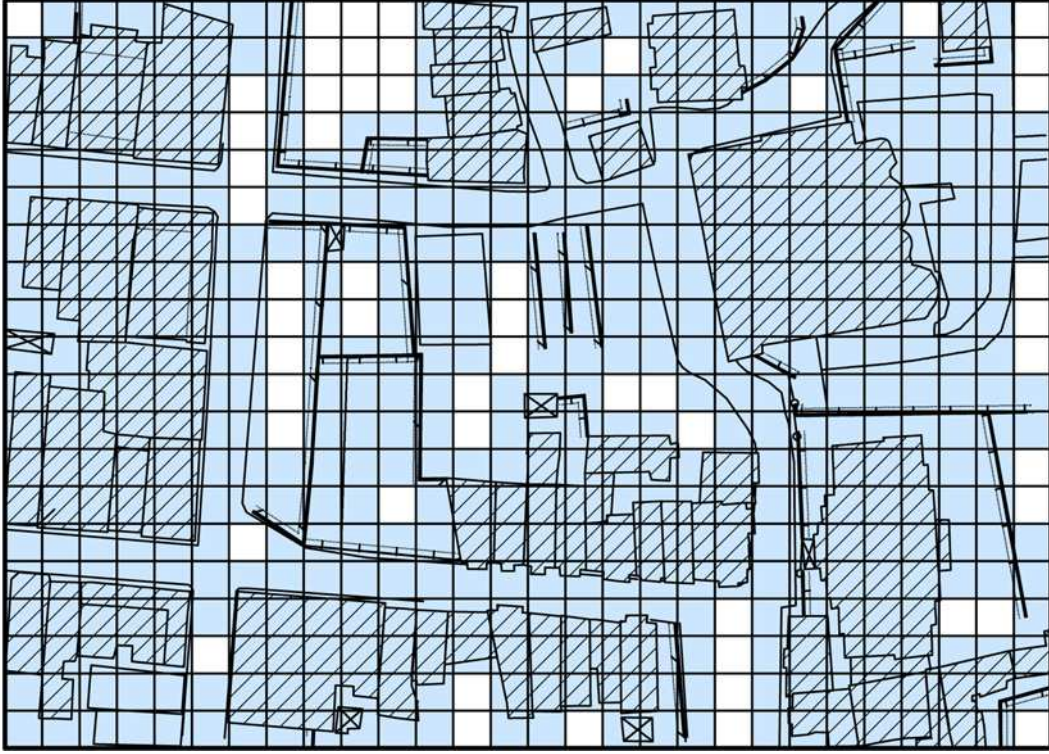
İlk olarak kutu sayım yönteminin uygulanacağı alan belirlenmiştir. Kariye Bostanı Sokak ve sokak çevresinde yer alan yapı adalarının ilk binalarını kapsayan bir alan seçilmiştir. Daha sonra belirlenen alanın plan şeması üzerine uygun boyutlarda bir ızgara yerleştirilmiştir. Her bir çevrimde ızgarayı oluşturan kutuların boyutları yarı yarıya küçültülmüştür. Dört çevrim sonucu toplam kutu sayısı ve içinde veri bulunan kutu sayısı hesaplanmıştır. İlk çevrimde 7x5 lik bir ızgara sistemi oluşturulmuştur (Şekil 5.6–5.9). İkinci çevrimde kutuların boyutlarının yarı yarıya küçültülmesi ile 14x10 luk bir ızgara sistemi meydana gelmiştir. 3. ve 4. çevrimde sırasıyla 28x20 ve 56x40 kutudan oluşan ızgaralar ile hesaplamalar yapılmıştır.



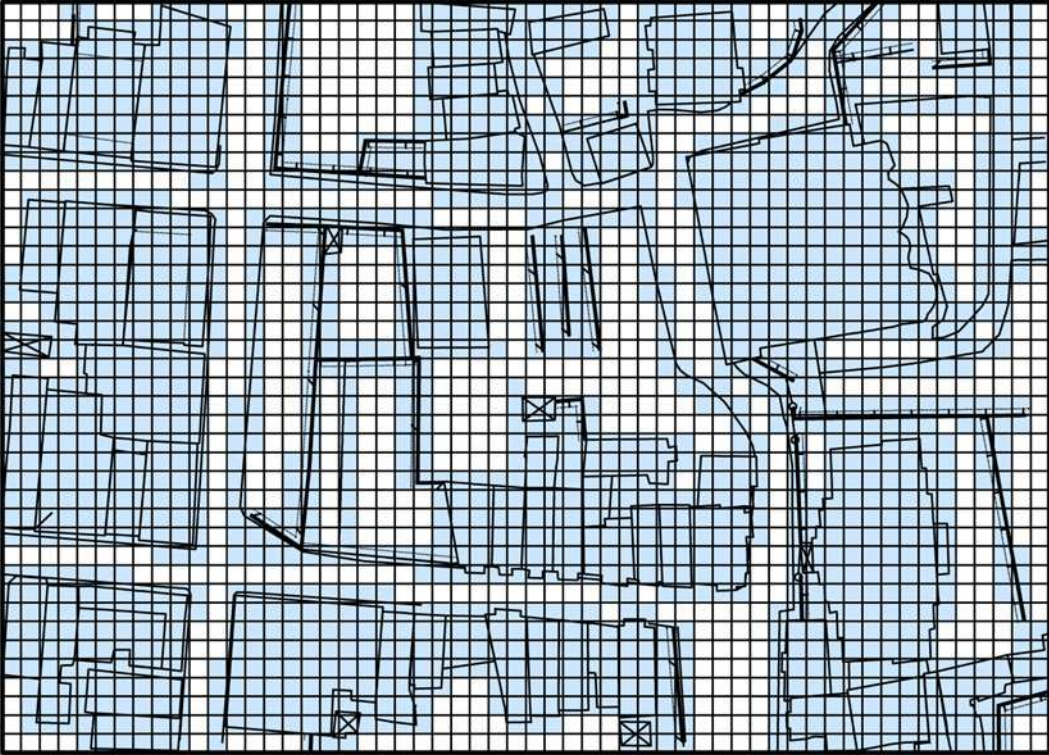
**Şekil 5.6.** 1. çevirim: Izgara sistemi yatay doğrultuda 7 düşey doğrultuda 5 sıradan oluşmaktadır.



**Şekil 5.7.** 2. çevirim: Izgara sistemi yatay doğrultuda 14, düşey doğrultuda 10 sıradan oluşmaktadır



**Şekil 5.8.** 3. çevirim: Izgara sistemi yatay doğrultuda 28 düşey doğrultuda 20 sıradan oluşmaktadır.



**Şekil 5.9.** 4. çevirim: Izgara sistemi yatay doğrultuda 56 düşey doğrultuda 40 sıradan oluşmaktadır.

Elde edilen değerlerin Bölüm 4.1.3 de belirtilen formülde kullanılmasıyla fraktal boyut hesaplanmıştır. Her bir çevrimde oluşan kutu sayıları ve fraktal değerler Tablo 5.2 de gösterilmiştir.

$$D_b = [\log N(s_2) - \log N(s_1)] / [\log(1/s_2) - \log(1/s_1)] \quad (5.1)$$

$$D_{(72-36)} = \frac{\log 138 - \log 35}{\log 140 - \log 35} = 1,979$$

$$D_{(144-72)} = \frac{\log 505 - \log 138}{\log 560 - \log 140} = 1,872$$

$$D_{(288-144)} = \frac{\log 1615 - \log 505}{\log 2240 - \log 560} = 1,677$$

**Tablo 5.2.** Vaziyet planının fraktal boyutu

|          | Toplam kutu sayısı | Dolu kutu sayısı | Boş kutu sayısı | Fraktal değer |
|----------|--------------------|------------------|-----------------|---------------|
| 1.çevrim | 35                 | 35               | 0               |               |
| 2.çevrim | 140                | 138              | 2               | 1,979         |
| 3.çevrim | 560                | 505              | 55              | 1,872         |
| 4.çevrim | 2240               | 1615             | 625             | 1,677         |

Yapılan işlemler sonucu fraktal boyut 1,677 olarak bulunmuştur. Fraktal boyutun vaziyet planı ölçeğinde oldukça yüksek çıkmasının sebebi fraktal boyutu hesaplanan bölgedeki binaların, insan ölçeği dikkate alınarak yapılan dolayısıyla daha küçük boyutlu, geleneksel sıra konutlar olmasıdır. Bir diğer neden bölgede yer alan geleneksel cumbalı evlerin ve anıtsal yapıların girintili çıkıntılı formlara sahip olmalarıdır.

### 5.2.2.2 SOKAK ÖLÇEĞİNDE YAPILAN FRAKTAL DEĞER HESAPLAMALARI

Sokak ölçeğinde yapılan fraktal boyut hesabı ile seçilen proje alanının cephe kurgusunun fraktal değeri belirlenmiştir. Bu amaçla ilk aşamada Kariye Bostanı sokağın silüetleri çizilmiştir. Silüet çizimlerinde kapı pencere boşlukları, cumbalar, balkonlar, merdivenler, kat yükseklikleri ve bina yükseklikleri, boş alanlar, bahçe duvarları gibi silüet oluşturan tüm doluluk ve boşluklar belirtilmiştir. Daha sonra çizilen silüetler üzerine uygun ölçüdeki ızgara sistemi oturtulmuş ve kutu sayım yöntemiyle fraktal boyutlar hesaplanmıştır.

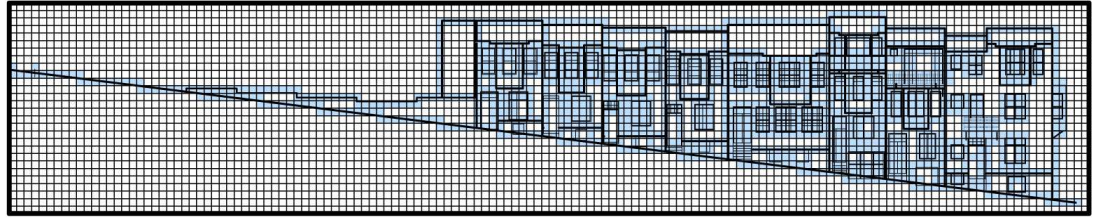
Sokağın neredeyse tamamen korunmuş olan cephesine ait silüet çiziminin üzerine ilk çevrimde 36x7 kutudan oluşan bir ızgara sistemi oturtulmuştur. Her bir çevrimde kutu boyutlarının yarı yarıya küçültüldüğü dört çevrimde fraktal boyut hesaplanmıştır (Şekil5.10–5.13).



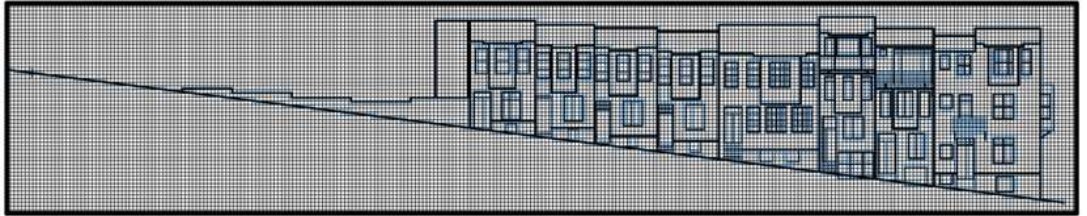
**Şekil 5.10.** 1. çevirim



**Şekil 5.11.** 2. çevirim



**Şekil 5.12.** 3. çevirim



**Şekil 5.13.** 4. çevirim

Değerlerin formülde yerin koyulması ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

$$D_{(72-36)} \frac{\log 450 - \log 156}{\log 72 - \log 36} = 1,50$$

$$D_{(144-72)} \frac{\log 1035 - \log 450}{\log 144 - \log 72} = 1,536$$

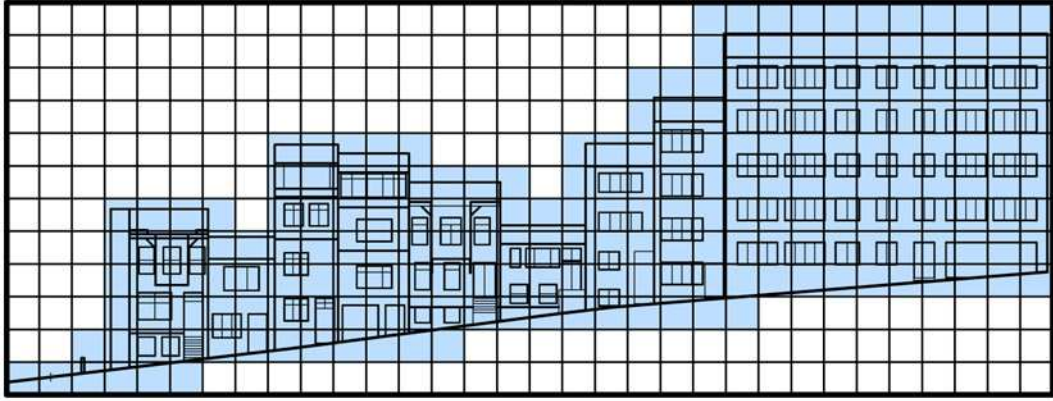
$$D_{(288-144)} \frac{\log 3160 - \log 1305}{\log 288 - \log 144} = 1,275$$

Hesaplanan değerler ve bu değerler doğrultusunda bulunan fraktal değerler tablo 5.3' de belirtilmiştir.

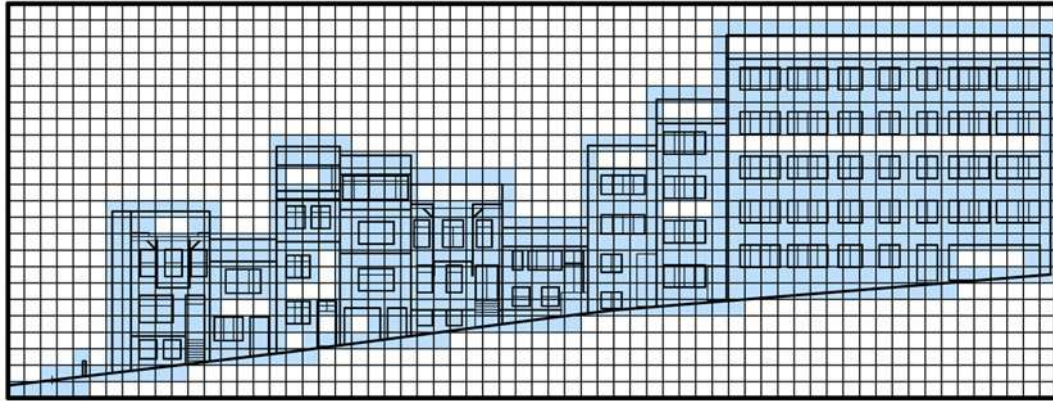
**Tablo 5.3.** Sokak Silüetinin fraktal boyutu

|            | Toplam kutu sayısı | Dolu kutu sayısı | Boş kutu sayısı | fraktal değer |
|------------|--------------------|------------------|-----------------|---------------|
| 1. çevirim | 252                | 159              | 93              |               |
| 2. çevirim | 1008               | 450              | 558             | 1,50          |
| 3. çevirim | 4032               | 1305             | 2727            | 1,536         |
| 4. çevirim | 16128              | 3160             | 12968           | 1,275         |

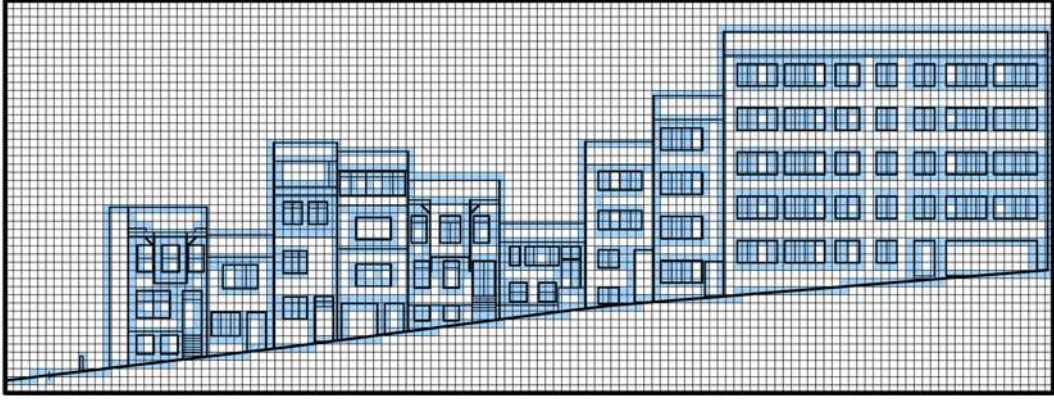
Sokağın diğer tarafına ait silüet çizimi üzerine 32x12 kutudan oluşan bir ızgara yerleştirilmiştir. Kutuların yarı yarıya küçültülmesi ile elde edilen 2.çevrimde 64x24 kutudan, 3. çevrimde 128x48 ve 4. çevrimde 256x96 kutudan oluşan ızgaralar kullanılmıştır. (Şekil 5.14 – 5.17)



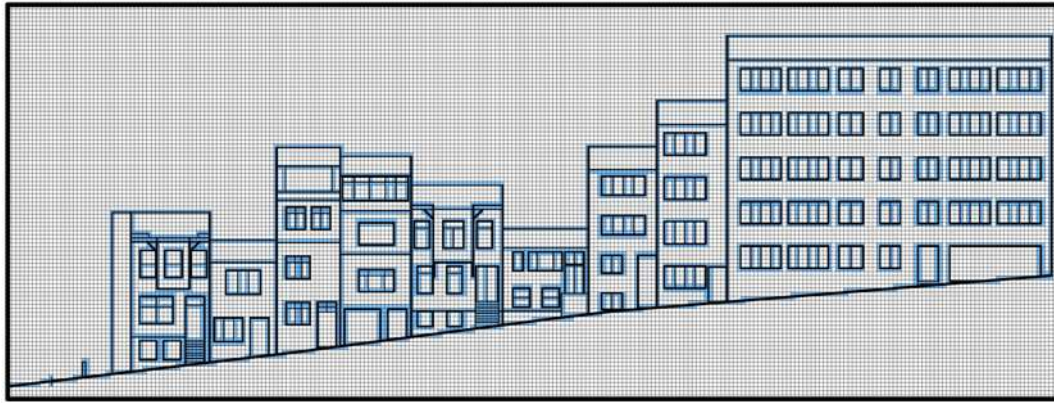
**Şekil 5.14.** 1. çevrim



**Şekil 5.15.** 2. çevrim



**Şekil 5.16.** 3. çevirim



**Şekil 5.17.** 4. çevirim

Ardışık iki çevirimdeki dolu kutu sayıları ve bir satırdaki kutu sayılarının formülde yerine koyulması ile

$$D_{(64 - 32)} \frac{\log 687 - \log 215}{\log 64 - \log 32} = 1,603$$

$$D_{(128 - 64)} \frac{\log 1864 - \log 687}{\log 128 - \log 64} = 1,44$$

$$D_{(256 - 128)} \frac{\log 4316 - \log 1864}{\log 256 - \log 128} = 1,211$$

değerleri elde edilmiştir. Kutu sayılarını ve fraktal boyutu gösteren tablo aşağıda gösterilmiştir. (Tablo 5.4)

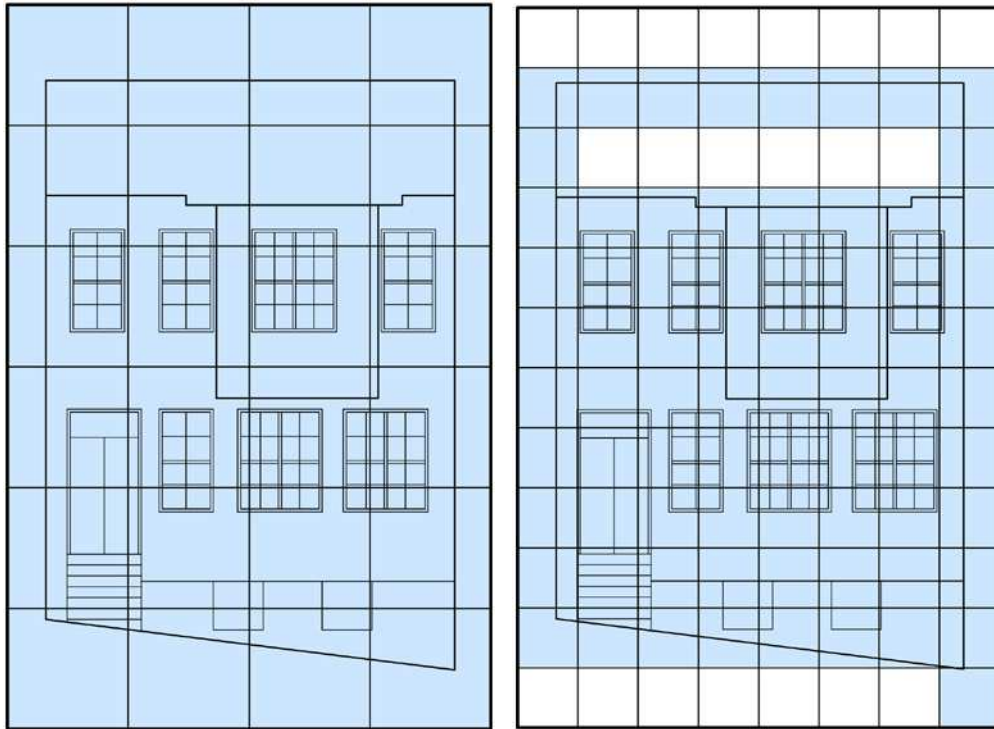
**Tablo 5.4.** Diğer Sokak Silüetinin fraktal boyutu

|            | Toplam kutu sayısı | Dolu kutu sayısı | Boş kutu sayısı | fraktal değer |
|------------|--------------------|------------------|-----------------|---------------|
| 1. çevirim | 384                | 215              | 169             | 1,603         |
| 2. çevirim | 1536               | 687              | 849             | 1,44          |
| 3. çevirim | 6144               | 1864             | 4280            | 1,211         |
| 4. çevirim | 24576              | 4316             | 20260           |               |

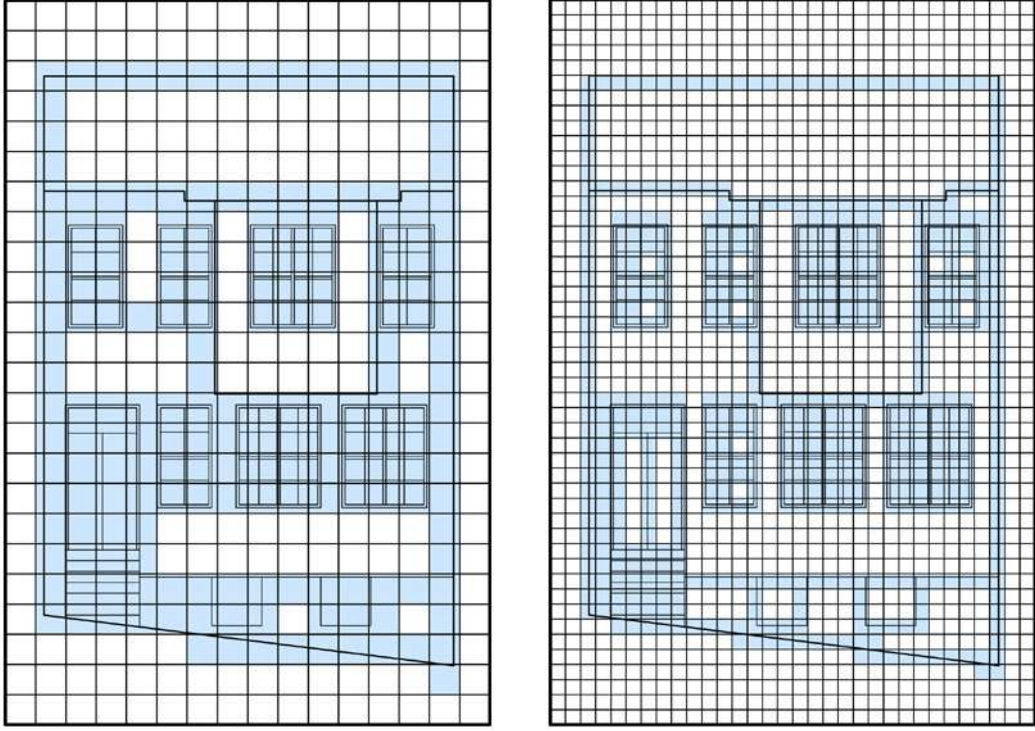
Sokak ölçeğinde silüetler üzerinde yapılan hesaplamalarda fraktal boyut, 1.275 ve 1.211 bulunmuştur. Sokağın korunmuş tarafında bulunan park ve onun yarattığı kütleli boşluk nedeniyle bu tarafın fraktal boyutu niteliksiz yapıların bulunduğu tarafın fraktal boyutuna yakın çıkmıştır.

### 5.2.2.3 BİNA ÖLÇEĞİNDE YAPILAN FRAKTAL DEĞER HESAPLAMALARI

Bina ölçeğinde yapılan hesaplamalarda yöresel mimari dili oluşturan geleneksel sıra evlerin cephe düzenleri birbirine benzer olduğu için burada yer alan evlerden sadece birinin fraktal boyutu hesaplanmıştır. İlk çevirimde 4x6 kutudan oluşan ızgara sistemi, kutu boyutlarının yarıya küçültülmesi ile 2. çevirimde 8x12, 3. çevirimde 16x24 ve 4. çevirimde 32x48 kutudan oluşan bir sisteme dönüşmüştür. (Şekil 5.18, 5.19)



**Şekil 5.18.** Bina ölçeğinde yapılan hesaplamaların 1. ve 2. çevirimi



**Şekil 5.19.** Bina ölçeğinde yapılan hesaplamaların 3. ve 4. çevirimi

Kariye Bostanı sokak'ta bina ölçeğinde yapılan fraktal değer hesaplamalarında

$$D_{(8-4)} = \frac{\log 75 - \log 24}{\log 8 - \log 4} = 1,644$$

$$D_{(16-8)} = \frac{\log 189 - \log 75}{\log 16 - \log 8} = 1,333$$

$$D_{(32-16)} = \frac{\log 553 - \log 189}{\log 32 - \log 16} = 1,538$$

değerleri bulunmuştur. Her bir çevirimdeki toplam kutu sayısı ve dolu kutu sayısı ile fraktal değerler Tablo 5.5 de gösterilmiştir.

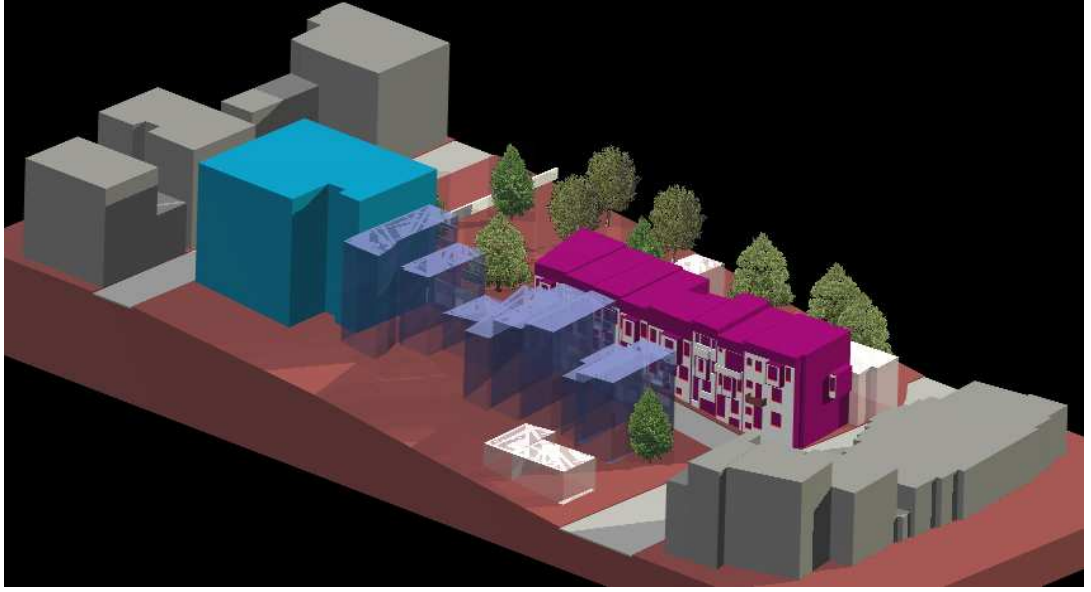
**Tablo 5.5.** Binanı fraktal boyutu

|            | toplam kutu sayısı | dolu kutu sayısı | boş kutu sayısı | fraktal değer |
|------------|--------------------|------------------|-----------------|---------------|
| 1. çevirim | 24                 | 24               | 0               |               |
| 2. çevirim | 96                 | 75               | 21              | 1,644         |
| 3. çevirim | 384                | 189              | 195             | 1,333         |
| 4. çevirim | 1536               | 553              | 983             | 1,538         |

Bina ölçeğinde yapılan hesaplamalarda 1.538 gibi yüksek bir fraktal değer bulunmuştur.

### 5.2.3 KARIYE BÖLGESİ İÇİN FRAKTALLERE DAYALI KÜTLE ÜRETİMİ

Kütle üretim süreci, analiz çalışmalarında yerleşme, sokak silueti ve bina ölçeğinde elde edilen değerlerin, Ediz(2003) tarafından geliştirilmiş olan bir bilgisayar modelinde kullanılarak belirlenen proje alanında çeşitli alternatif kütleler oluşturulmasını kapsamaktadır. Geleneksel konutların oluşturduğu özgün dokuya uymayan ve sokağın köşesinde yer alan, binanı yeri proje alanı olarak, seçilmiştir. (Şekil 5.20)

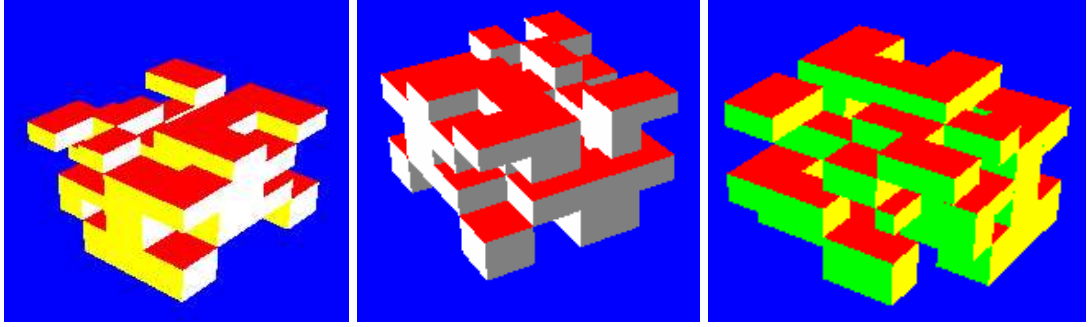


**Şekil 5.20.** Kariye Bostanı Sokağın Mevcut durumu

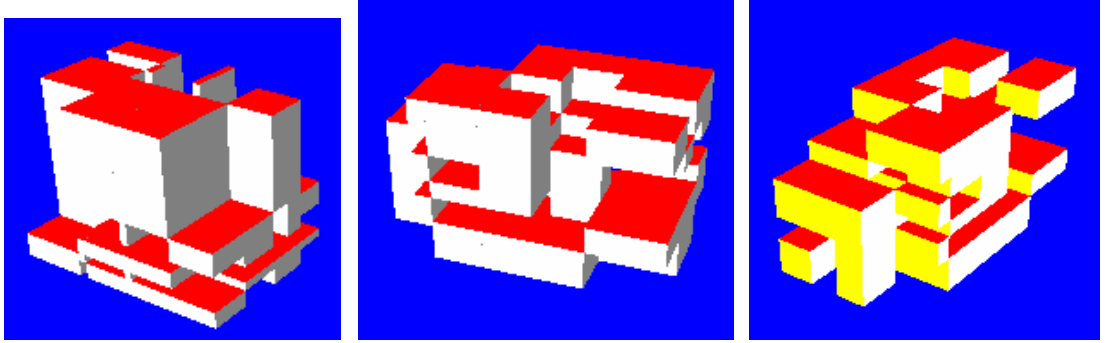
Süreç, proje alanının boyutlarına göre bir başlangıç biçimi ve boyutu belirlenmesi ve belirlenen bu biçime hesaplanan fraktal değerlerin uygulanması aşamalarından meydana gelmektedir.

Alternatiflerin oluşturulduğu alanın boyutu 18 m x 18 m'dir. Bu boyuta göre proje alanı üzerinde plan düzleminde 3mx3m'lik 6 kareden oluşan bir gridal sistemin olduğu varsayılmıştır. Oluşturulacak alternatifler için kat yüksekliğinin 3m olarak belirlenmesiyle 3mx3mx3m boyutlarında bir birim küp başlangıç biçimi olarak tanımlanmıştır. Proje alanının boyutlarına göre tabanı 3.60 x 3.60 ve yüksekliği 3m kabul edilen birim kutulardan oluşan bir başka başlangıç biçimin daha tanımlanabileceği görülmüştür. Alternatif kütleler, belirlenen fraktal değerler doğrultusunda birim küplerin kompozisyonu ile üretilmektedir.

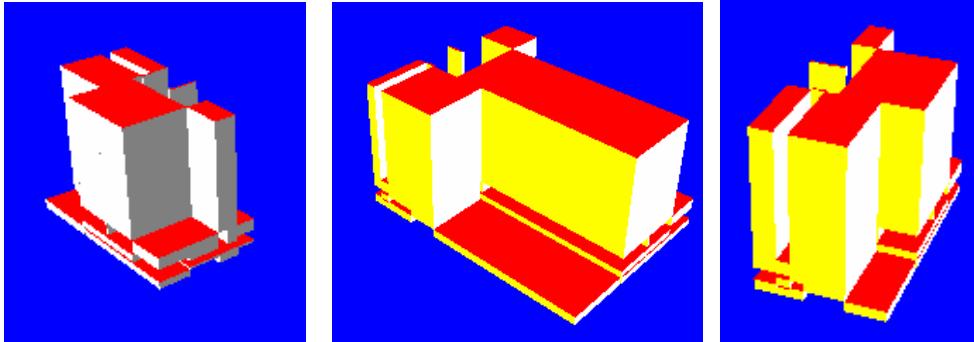
Kariye bölgesinde yapılan hesaplamalarda fraktal değer; yerleşme alanında yaklaşık 1.7, silüette yaklaşık 1.3 ve 1.2, bina ölçeğinde yaklaşık 1.5 olarak bulunmuştur. Aşağıdaki şekillerde 1.7, 1.5 ve 1.2 fraktal değerleri ve belirlenen başlangıç biçimleri doğrultusunda üretilen kütleler yer almaktadır.



**Şekil 5.21.** Kariye için üretilen kütle alternatifleri (Fraktal Değer 1.7)



**Şekil 5.22.** Kariye için üretilen kütle alternatifleri (Fraktal Değer 1.5)



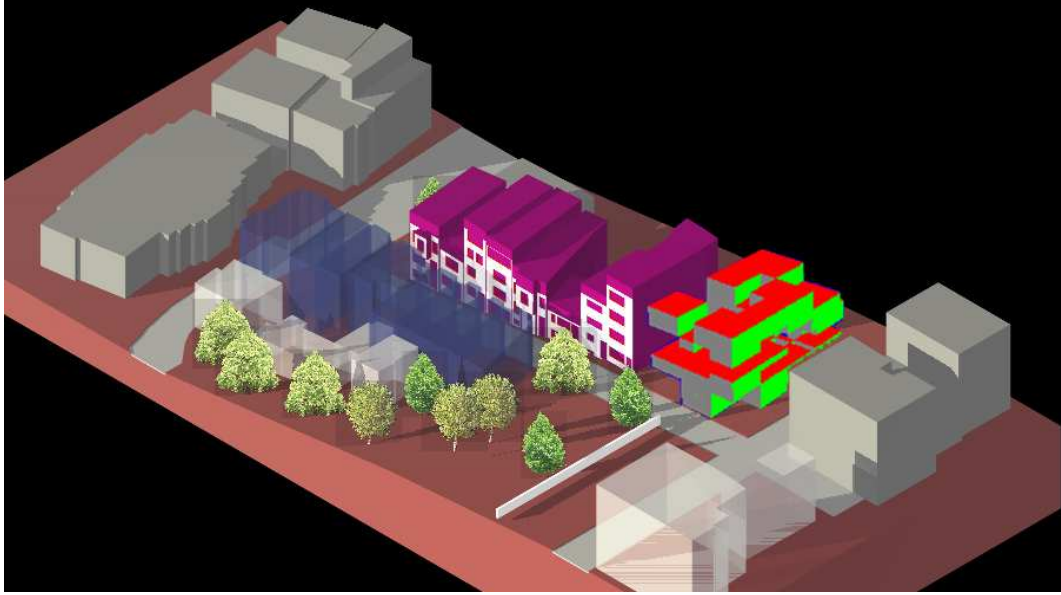
**Şekil 5.23.** Kariye için üretilen kütle alternatifleri (Fraktal Değer 1.2)

Üretilen form alternatifleri Kariye Bostanı Caddesi'nin 3 Boyutlu sanal modelinde, sanal çevrede sokak dokusunun içine yerleştirilmiş ve doku ile ilişkisine bakılmıştır.(Şekil 5.24 – 5.30, Tablo 5.6 – 5.12 )

1.

**Tablo 5.6.** Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu

| Fraktal boyut | X-eksenindeki birim küp sayısı | Y-eksenindeki birim küp sayısı | Z-eksenindeki birim küp sayısı |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1.5           | 6                              | 6                              | 4                              |
|               | IndX=2;IndX<8                  | IndY=2;IndY<8                  | IndZ=2;IndZ<6                  |



**Şekil 5.24.** Alternatif 1

2.

**Tablo 5.7.** fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu

| Fraktal boyut | X-eksenindeki birim küp sayısı | Y-eksenindeki birim küp sayısı | Z-eksenindeki birim küp sayısı |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1.7           | 6                              | 6                              | 5                              |
|               | IndX=2;IndX<8                  | IndY=2;IndY<8                  | IndZ=2;IndZ<7                  |



**Şekil 5.25.** Alternatif 2

3.

**Tablo 5.8.** fraktal değeri ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu

| Fraktal boyut | X-eksenindeki birim küp sayısı | Y-eksenindeki birim küp sayısı | Z-eksenindeki birim küp sayısı |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1.5           | 6                              | 6                              | 5                              |
|               | $\text{IndX}=2;\text{IndX}<8$  | $\text{IndY}=2;\text{IndY}<8$  | $\text{IndZ}=2;\text{IndZ}<7$  |



**Şekil 5.26.** Alternatif 3

**Tablo 5.9.** fraktal değeri ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu

| Fraktal boyut | X-eksenindeki birim küp sayısı | Y-eksenindeki birim küp sayısı | Z-eksenindeki birim küp sayısı |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1.5           | 6                              | 6                              | 5                              |
|               | $\text{IndX}=3;\text{IndX}<9$  | $\text{IndY}=3;\text{IndY}<9$  | $\text{IndZ}=2;\text{IndZ}<7$  |



**Şekil 5.27.** Alternatif 4

5.

**Tablo 5.10.** fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu

| Fraktal boyut | X-eksenindeki birim küp sayısı | Y-eksenindeki birim küp sayısı | Z-eksenindeki birim küp sayısı |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1.2           | 6                              | 6                              | 5                              |
|               | IndX=3;IndX<9                  | IndY=3;IndY<9                  | IndZ=3;IndZ<8                  |



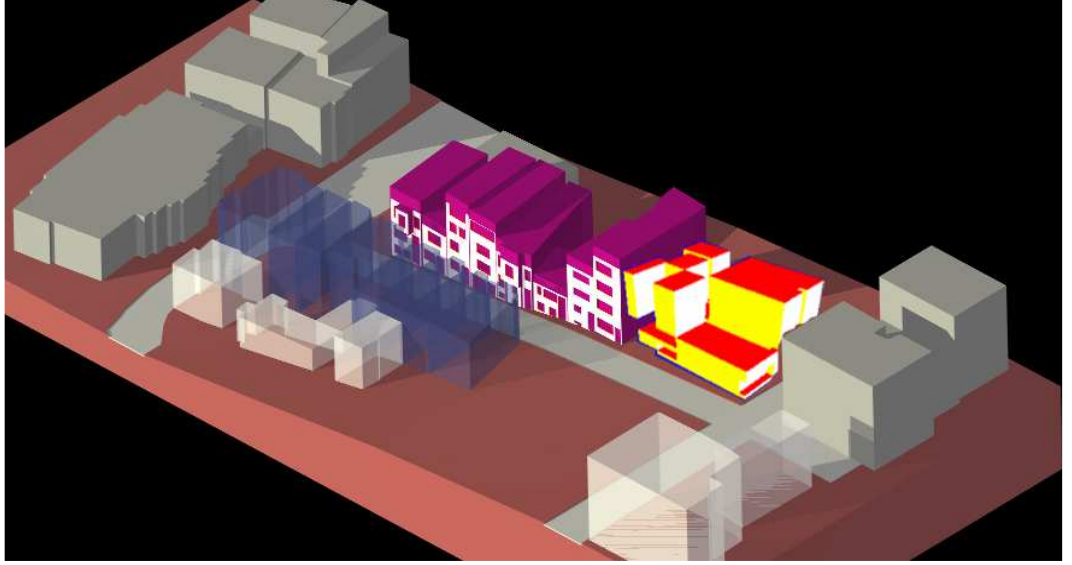
**Şekil 5.28.** Alternatif 5

İlk beş alternatifte belirlenen ilk başlangıç biçimi olan küp kullanılmıştır. Altıncı ve yedinci alternatiflerde ise tablolarda birim kutu ile ifade edilen diğer başlangıç biçimi olarak belirlenen kare prizma kullanılmıştır.

6.

**Tablo 5.11.** fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim kutu tablosu

| Fraktal boyut | X-eksenindeki birim kutu sayısı | Y-eksenindeki birim kutu sayısı | Z-eksenindeki birim kutu sayısı |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1.5           | 5                               | 5                               | 5                               |
|               | IndX=4;IndX<9                   | IndY=4;IndY<9                   | IndZ=4;IndZ<9                   |



**Şekil 5.29.** Alternatif 6

7.

**Tablo 5.12.** fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim kutu tablosu

| Fraktal boyut | X-eksenindeki birim kutu sayısı | Y-eksenindeki birim kutu sayısı | Z-eksenindeki birim kutu sayısı |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1.5           | 5                               | 5                               | 5                               |
|               | IndX=2;IndX<7                   | IndY=2;IndY<7                   | IndZ=2;IndZ<7                   |



**Şekil 5.30.** Alternatif 7

### 5.3 ALAN ÇALIŞMASI: MARDİN

Türkiye'nin güney-doğusunda yer alan Mardin pitoresk bir yerleşmedir. Yapılan arkeolojik kazılara ve çeşitli araştırmalara bakıldığında Mardin tarihinin İsa'dan önce 4500 yıllarına kadar dayandığı görülür. Tepenin üzerine oturan ve Mezopotamya ovasına bakan şehir, yüzyıllarca birçok değişik medeniyete ev sahipliği yapmıştır.

Şehirde yer alan insanlar topluluğu birçok farklı kültürel gruptan oluşur. Yerleşim tepenin güney yamacında 1052 metre yükseklikte olup, Roma döneminde yapılan kalenin çevresinde oluşmuştur.



**Şekil 5.31.** Tepede yerleşim (web 35)



**Şekil 5.32.**Mardin'den bir görünüş (Web 36)

Geleneksel Mardin konutları tarihi süreç içerisinde teraslar şeklinde oluşmuş ve güneye, Mezopotamya ovasına bakacak şekilde meydana gelmiştir (Şekil 5.31, Şekil 5.32). Konutlar; kapalı, yarı açık ve açık mekân olmak üzere üç temel mekândan oluşmaktadır (Alioğlu,2000). Mardin'in yöresel mimari dilinin en önemli unsurlarından biri, sokak tarafındaki yüksek duvarların içeride yer alan avluları çevrelemesidir (Şekil 5.33).



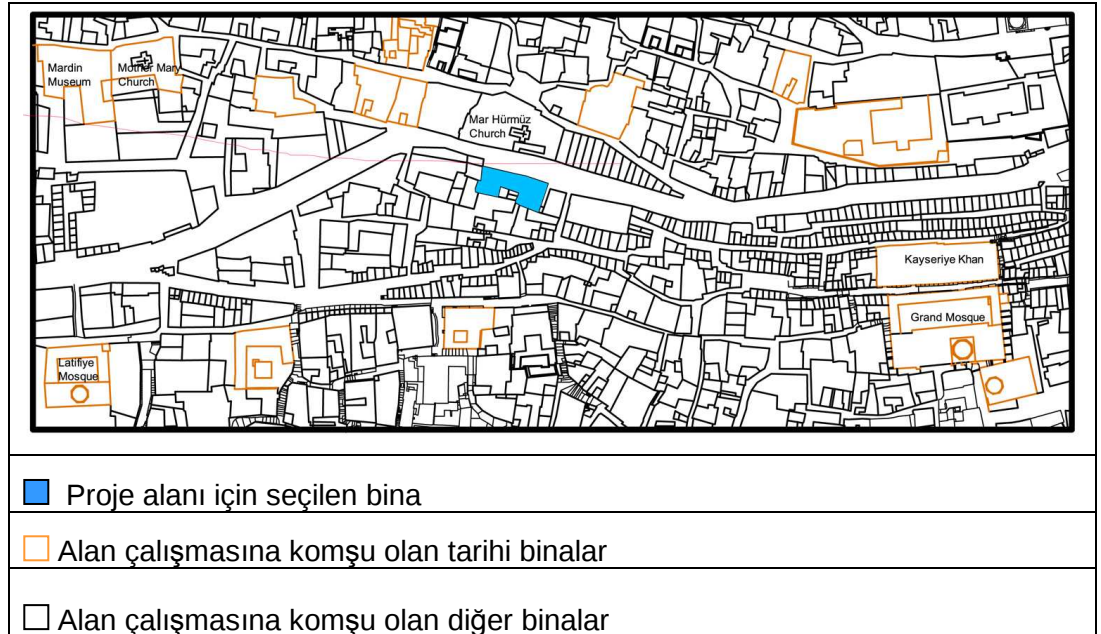
**Şekil 5.33.** Avlular (Dalkılıç ve Aksulu, 2004)

Geleneksel konutların biçimlenişinde topografya ve sosyo-ekonomik durum en önemli etkenlerdir. Yerleşim topografyaya paralel olarak topografyanın eğimine göre oluşmuştur. Ailenin ihtiyaçları değiştikçe yeni üniteler eklenerek konutun büyüklüğü ve yapısı değişmiştir. Örneğin evin oğlu evlendiği zaman mevcut ev kurgusuna yeni bir oda eklenmiştir. Dolayısıyla Mardin Konutların biçimlenişinde yükseklik, kat adedi ve plan kurgusunda oluşan çeşitlilikler, arazinin eğimi, güneye yönelme, ünitelerin yerleşiminden kaynaklanan mimari kurgu ve ailenin sosyo-ekonomik durumu ile zenginleşmektedir (Cordan, 2005 ).

### 5.3.1 PROJE ALANI

Mardin’de proje alanı (Tablo 5.13) olarak, ana cadde üzerinde yer alan bir yapı seçilmiştir. Cadde üzerinde yer alan bazı yapılar (Şekil 5.34) yöresin özgün mimari dilinin özelliklerini gösterse de seçilen yapının yol yapımı ve üzerine kat eklenmesi nedeniyle geleneksel kurgusu bozulmuştur. Yeni formlar oluşturmak amacıyla yapının bozulmamış - özgün yapı kısmı olan alt katının ve yakın çevresinin fraktal değeri hesaplanmış ve bu değerler mevcut yerleşim dokusuyla uyum gösteren, yöresel dokunun özgünlüğünün devamını sağlayacak yeni formların üretilmesinde kullanılmıştır.

**Tablo 5.13.** Ana cadde ve Mardin’deki proje alanı (Demir, 2006)





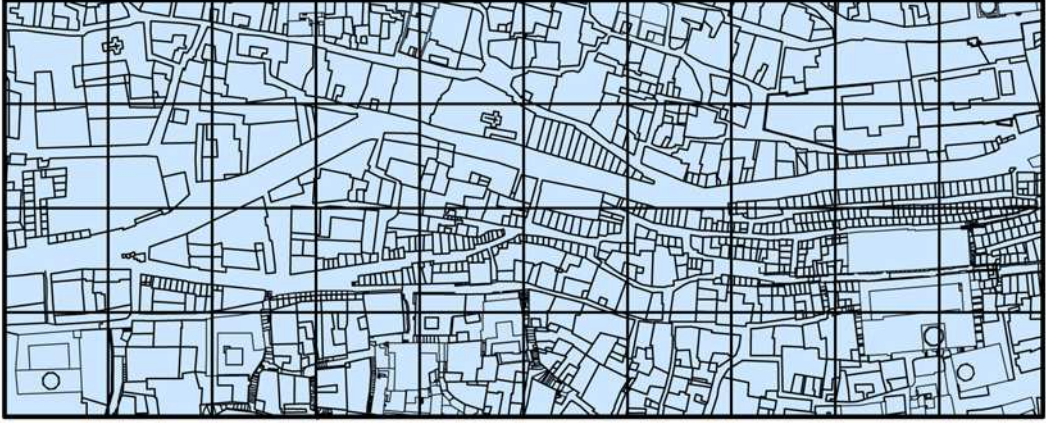
**Şekil 5.34.** Ana cadde (Demir, 2006)

### **5.3.2 MARDİN İLİ İÇİN YAPILAN FRAKTAL DEĞER ANALİZLERİ**

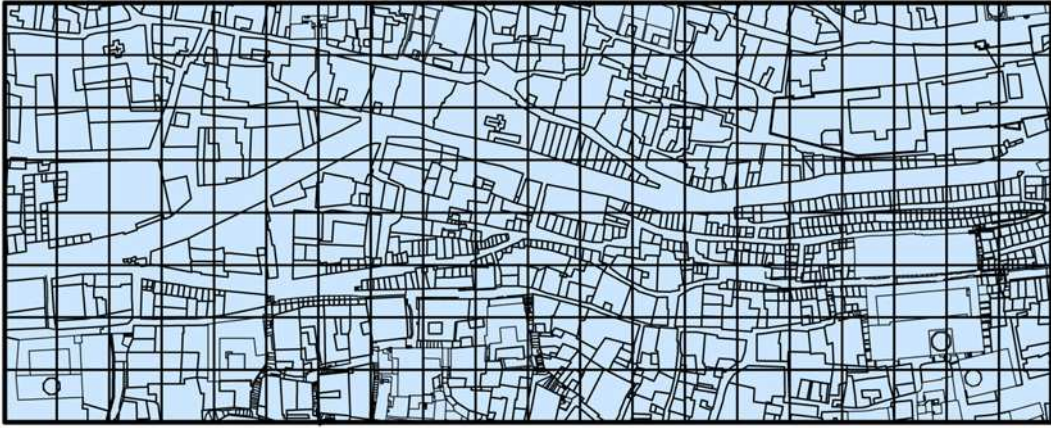
Mardin’de yapılan fraktal değer analizleri yerleşim ve bina ölçeklerinde yapılmış ve kutu sayım yöntemi kullanılarak bu ölçeklerdeki fraktal boyut hesaplanmıştır. Yerleşim ölçeğinde yapılan hesaplamalar ile topografya ve yerleşim dokusu arasındaki ilişki incelenmiştir. Bina ölçeğinde yapılan hesaplamalar ise yerleşim ve bina ilişkisinin irdelenmesine olanak vermiştir. Böylece hem özgün dokunun sürekliliğini sağlayacak alternatif kütleler üretilmesi, hem de elde edilen farklı fraktal değerler ile Kariye örneğinde olduğu gibi üretilecek alternatif sayısının artması sağlanmıştır.

#### **5.3.2.1 VAZİYET PLANI ÖLÇEĞİNDE YAPILAN FRAKTAL DEĞER HESAPLAMALARI**

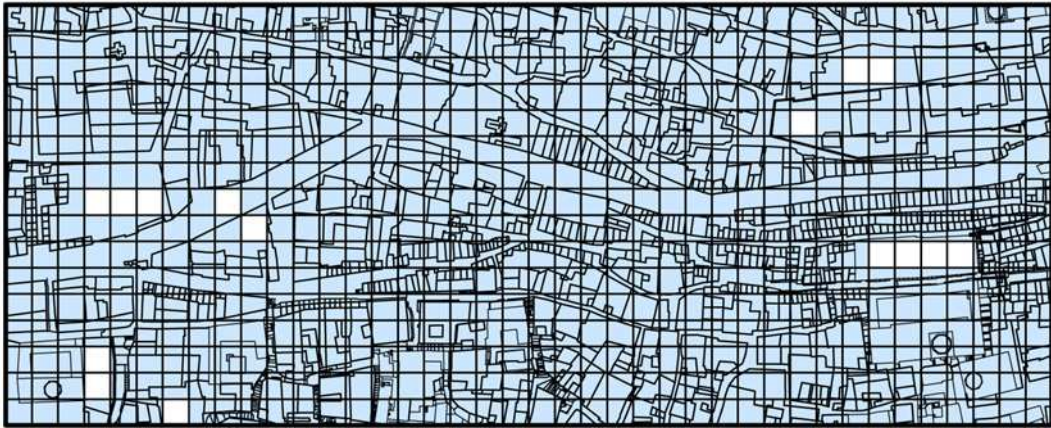
Çalışmanın bu aşamasında, Mardin’de belirlenen proje alanı ve yakın çevresinin yerleşme ölçeğinde fraktal boyutu kutu sayım yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak hesaplamaların yapılacağı alan belirlenmiştir. Yerleşimin topografyaya paralel olduğu bu bölgede proje alanının yer aldığı ana cadde ve onun paralelindeki sokakları kapsayan bir alan seçilmiştir. Belirlenen bölgeye ait vaziyet planı çizimlerinin üzerine uygun boyutlarda kutulardan oluşan bir ızgara sistem oturtulmuştur. 7 yatay 5 düşey sıradan oluşan ızgara sisteminde ilk çevirimde 35 olan kutu sayısı, kutu boyutlarının yarı yarıya küçültülmesi ile 2. çevirimde 140, üçüncü çevirimde 560 ve dördüncü çevirimde 2240 olmuştur. İçinde yapı duvarı, avlu duvarı, sokaklar veya Mardin’in geleneksel mimarisinin bir parçası olan merdiven ve sokaklara ait bir çizgi bulunan kutular sayılarak dolu kutu sayıları bulunmuştur. (Şekil 5.35- 5.38)



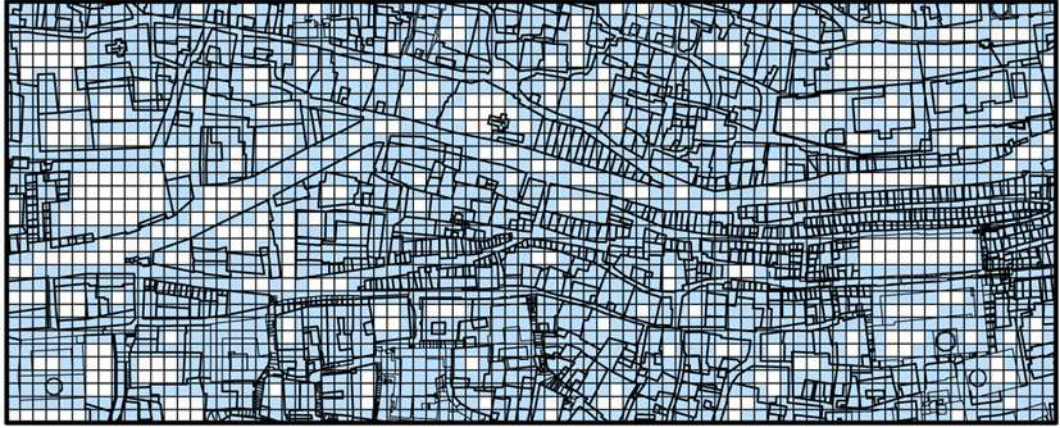
Şekil 5.35. 1. çevirim



Şekil 5.36. 2. çevirim



Şekil 5.37. 3. çevirim



**Şekil 5.38.** 4. çevrim

Belirlenen kutu sayıları kutu sayım yöntemi formülünde yerine konulmuş ve

$$D_{(72 - 36)} = \frac{\log 160 - \log 40}{\log 20 - \log 10} = 2$$

$$D_{(144 - 72)} = \frac{\log 625 - \log 160}{\log 40 - \log 20} = 1,966$$

$$D_{(288 - 144)} = \frac{\log 2109 - \log 625}{\log 80 - \log 32} = 1,755$$

değerleri bulunmuştur. Bu değerler ve kutu sayılarıyla bir tablo oluşturulmuştur (Tablo 5.14)

**Tablo 5.14.** Vaziyet planının fraktal boyutu

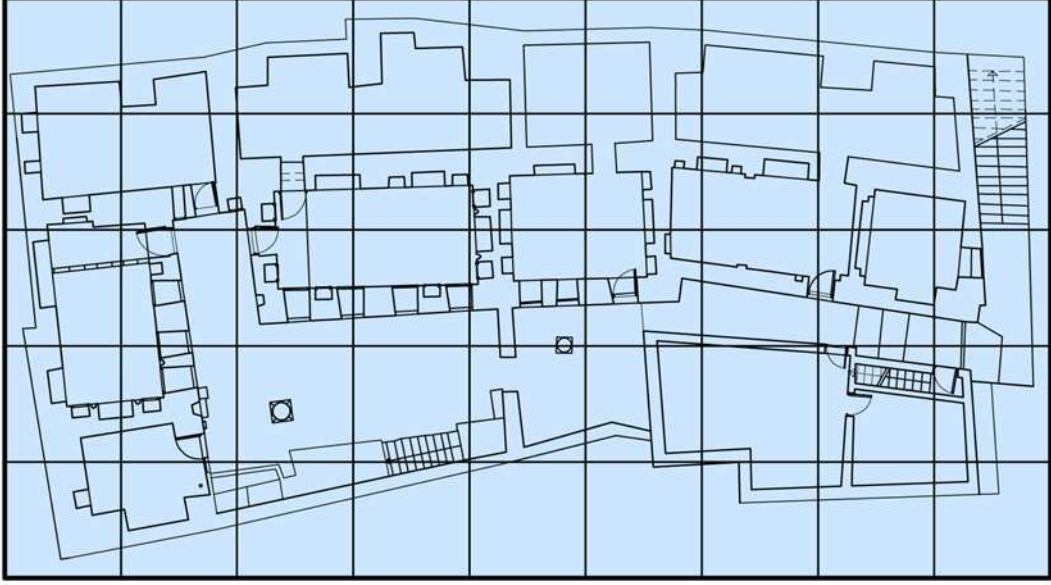
|          | Toplam kutu sayısı | Dolu kutu sayısı | Boş kutu sayısı | Fraktal değer |
|----------|--------------------|------------------|-----------------|---------------|
| 1.çevrim | 40                 | 0                | 40              |               |
| 2.çevrim | 160                | 160              | 0               | 2             |
| 3.çevrim | 640                | 625              | 15              | 1,966         |
| 4.çevrim | 2560               | 2109             | 451             | 1,755         |

Mardin'de yerleşme ölçeğinde fraktal boyutun 1.8 gibi oldukça yüksek bir değerde olması, yerleşmenin oluşumunda topografyanın ve doğal çevrenin önemli bir rol oynamasıdır.

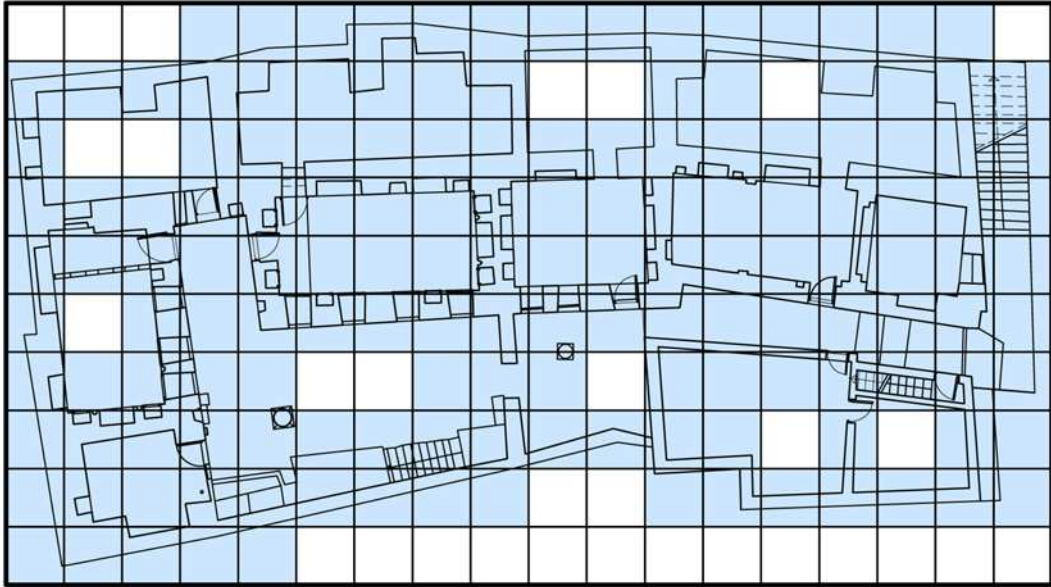
### 5.3.2.2 BİNA ÖLÇEĞİNDE YAPILAN FRAKTAL DEĞER HESAPLAMALARI

Çalışmanın bu bölümünde, Mardin ana cadde üzerinde yer alan bir konutun plan şeması üzerinde bina ölçeğinde fraktal boyut hesabı yapılmıştır. Hesaplamalarda yapının özgün plan kurgusu dikkate alınmıştır.

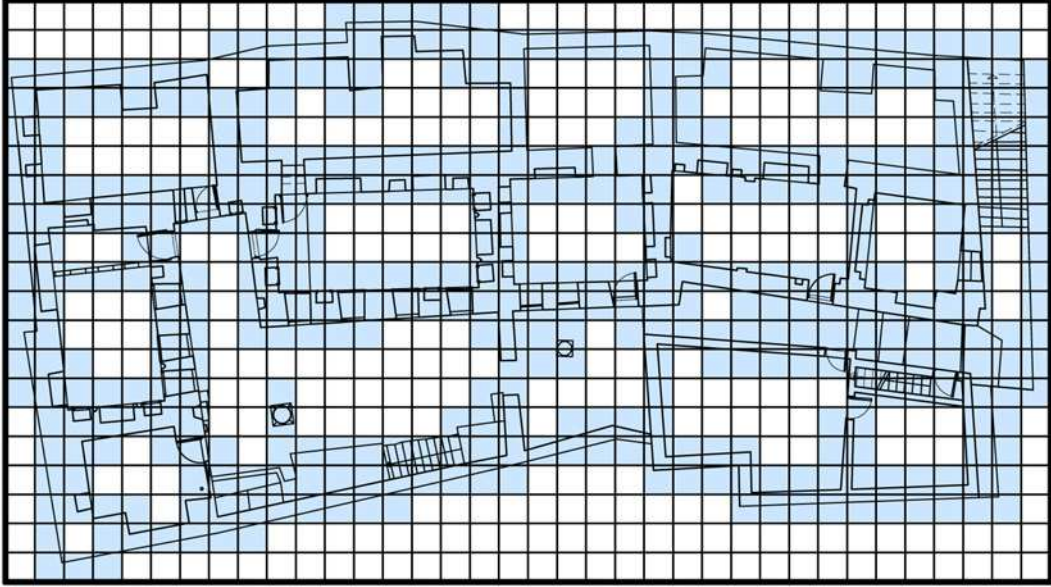
Plan şemasının üzerine 9x5 kutudan oluşan bir ızgara düzeni oturtulmuştur. Bu düzeni oluşturan kutu sayılarıyla hesaplama işlemine başlanmıştır. Dört çevrim boyunca uygulanan hesaplama işlemleri 36/20 kutudan oluşan dördüncü ızgara düzeni ile bitirilmiştir.



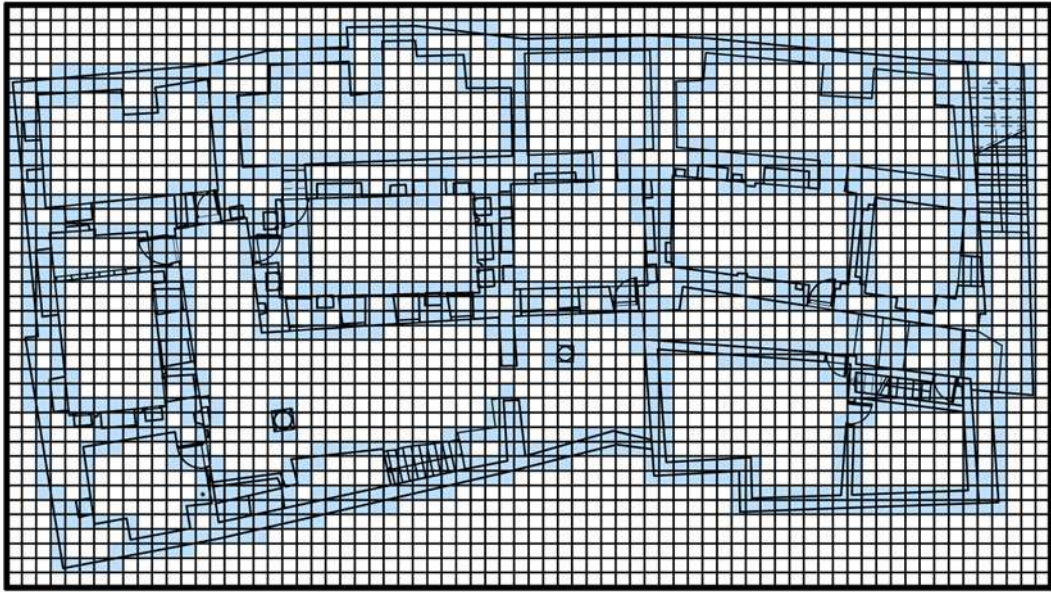
**Şekil 5.39.** 1.çevrim



**Şekil 5.40.** 2.çevrim



**Şekil 5.41.** 3.çevirim



**Şekil 5.42.** 4. çevirim

Dört çevrim boyunca yapılan hesaplamalar ile

$$D_{(72 - 36)} \frac{\log 150 - \log 45}{\log 18 - \log 9} = 1,737$$

$$D_{(144 - 72)} \frac{\log 431 - \log 150}{\log 36 - \log 118} = 1,523$$

$$D_{(288 - 144)} \frac{\log 1129 - \log 431}{\log 72 - \log 36} = 1,389$$

değerleri elde edilmiştir. Hesaplamalar sonucu bulunan değerler Tablo 5.15 de gösterilmiştir.

**Tablo 5.15.** Binanı fraktal boyutu

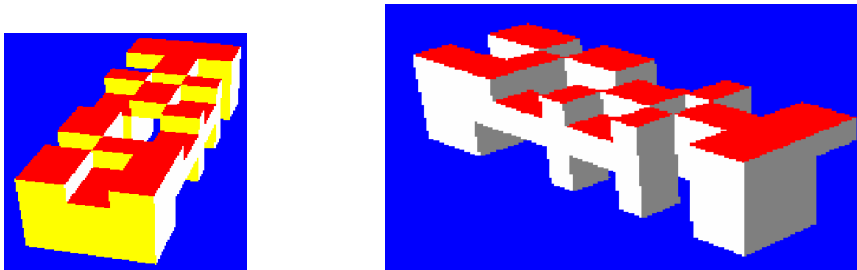
|          | Toplam kutu sayısı | Dolu kutu sayısı | Boş kutu sayısı | Fraktal değer |
|----------|--------------------|------------------|-----------------|---------------|
| 1.çevrim | 45                 | 45               | 0               |               |
| 2.çevrim | 180                | 150              | 30              | 1,737         |
| 3.çevrim | 720                | 431              | 289             | 1,523         |
| 4.çevrim | 2280               | 1129             | 1751            | 1,389         |

### 5.3.3 MARDİN İLİ İÇİN FRAKTALLERE DAYALI KÜTLE ÜRETİMİ

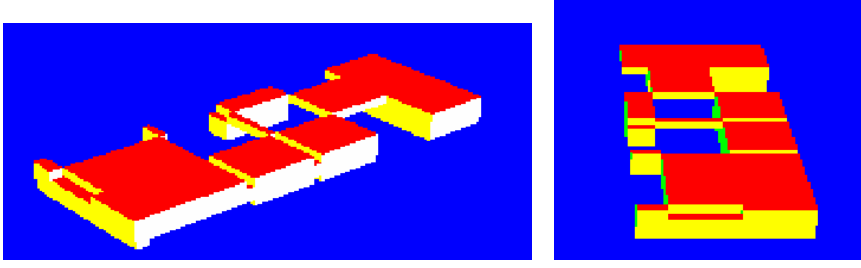
Mardin ilinin mimari diliyle uyumlu, bölgenin karakteristik özelliklerine sahip yeni form alternatifleri üretmek amacıyla, Kariye semtinde izlenilen aşamalar aynen takip edilmiştir. İlk aşamada Ana Cadde'de yer alan ve tarihi bir evin kalıntıları üzerine yapılan bir konutun yeri, proje alanı olarak seçilmiştir. Seçilen proje alanına uygun başlangıç biçimi belirlenmiştir. Başlangıç biçimi olarak boyutları 4mx4mx4m küp seçilmiş ve proje alanı üzerine bir koordinat sistemi yerleştirildiği düşünülerek x, y ve z eksenleri yönündeki başlangıç biçimi sayıları belirlenmiştir. Son aşamada ise yerleşme ölçeğinde 1.8, bina ölçeğinde ise 1.4 olarak hesaplanan fraktal değerler, yeni formlar oluşturmak için başlangıç biçimin sayılarıyla birlikte bilgisayar programında veri olarak kullanılmış ve kütle alternatifleri üretilmiştir (Şekil 5.43 – 5.46).



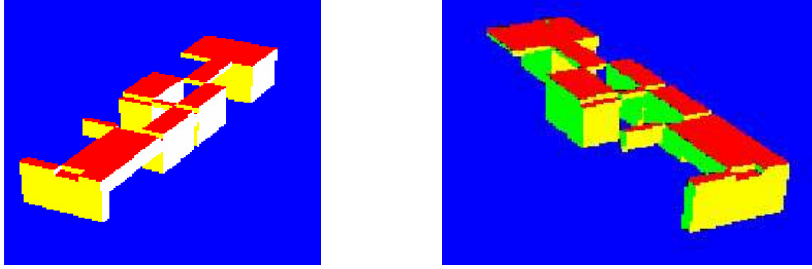
**Şekil 5.43.** Mardin için 1. alternatif (Fraktal Değer 1.8, x, y, z koordinat sisteminde başlangıç biçimleri sayısı 8 / 3 / 2)



**Şekil 5.44.** Mardin için 3. alternatif (Fraktal Değer 1.8, x, y, z koordinat sisteminde başlangıç şekilleri sayısı 8 / 3 / 3 )



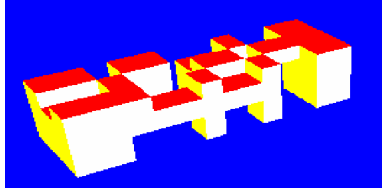
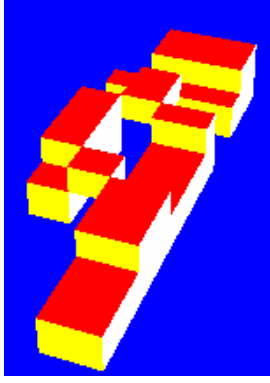
**Şekil 5.45.** Mardin için 3. alternatif (Fraktal Değer 1.4, x, y, z koordinat sisteminde başlangıç şekilleri sayısı 8 / 3 / 3 )



**Şekil 5.46.** Mardin için 3. alternatif (Fraktal Değer 1.4, x, y, z koordinat sisteminde başlangıç şekilleri sayısı 8 / 3 / 2 )

Model kapsamında oluşturulan yeni formlar, Mardin konutlarının özgün karakteristiğini destekler nitelikte özellikler göstermekte olup ayrıca, açık, yarı açık tamamen kapalı mekânlardan (avlular, teraslar, eyvanlar ve odalardan) oluşmaktadır(Gözübüyük ve diğ. 2006). Kıyaslama yapmak amacıyla Mardin kent dokusunu gösteren resimler ve modeller Tablo 5.16'da yan yana gösterilmiştir.

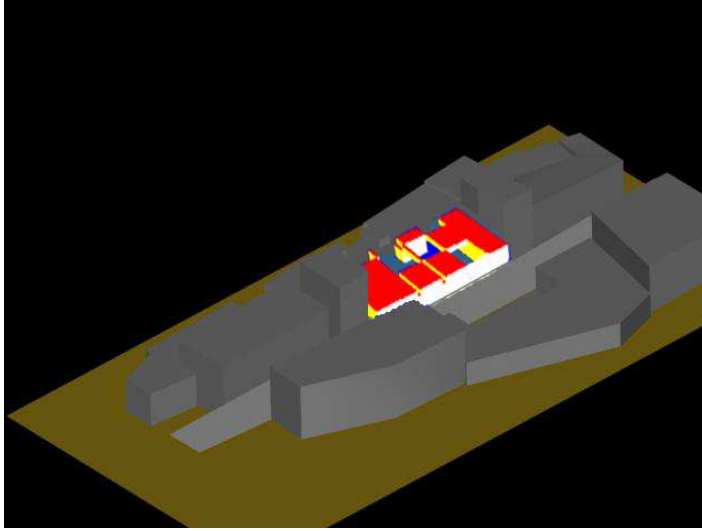
**Tablo 5.16.** Özgün kütle ve üretilen kütle arasındaki benzerlik (Özgün kütle resimleri, Dalkılıç ve Aksulu, 2004)

| Özgün kütle                                                                        | Üretilen kütle                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
|  |  |

Üretilen kütleler proje alanını ve yakın çevresini kapsayan üç boyutlu bir dijital modelde yerine koyulmuş ve dokunun sürekliliği üzerindeki etkisine bakılmıştır.

**Tablo 5.17.** Fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu

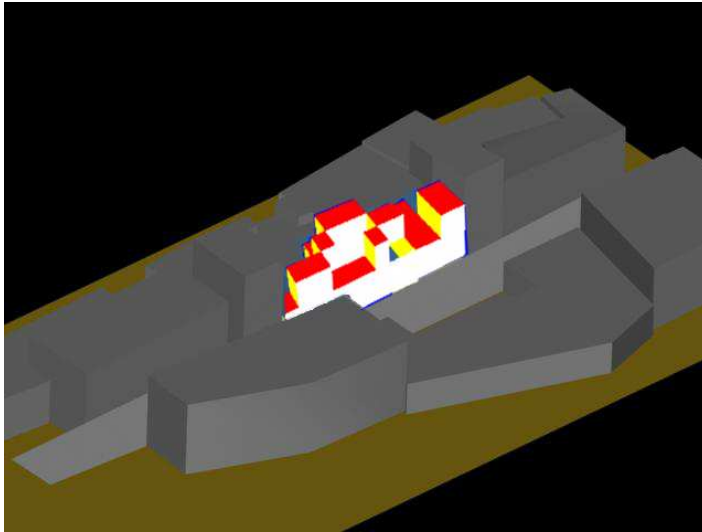
| Fraktal boyut | X-eksenindeki birim kutu sayısı | Y-eksenindeki birim kutu sayısı | Z-eksenindeki birim kutu sayısı |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1.4           | 8                               | 3                               | 3                               |
|               | IndX= ;IndX<                    | IndY= ;IndY<                    | IndZ= ;IndZ<                    |



**Şekil 5.47.** Alternatif 1(Mardin)

**Tablo 5.18.** fraktal değer ve x,y,z doğrultusundaki birim küp tablosu

| Fraktal boyut | X-eksenindeki birim kutu sayısı | Y-eksenindeki birim kutu sayısı | Z-eksenindeki birim kutu sayısı |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1.8           | 8                               | 3                               | 2                               |
|               | IndX=;IndX<                     | IndY=;IndY                      | IndZ=;IndZ<                     |



**Şekil 5.48.** Alternatif 2 (Mardin)

Alan çalışması kapsamında fraktal karakteristiğe dayanan bir tasarım yaklaşımı önerilmiş ve bu yaklaşım iki farklı bölgede uygulanmıştır. Bu doğrultuda yöresel mimarilere ait dilin özgünlüğünün sürdürülebilmesi için Kariye ve Mardin’de seçilen proje alanlarındaki dokuyu bozan yapılar yerine alternatif bina kütleleri oluşturulmuştur. Özgün dokunun geometrik biçimlenişi fraktal karakteristik bakımından belirlendiği ve alternatif kütleler bu karakteristik özellikleri gösteren fraktal değerler doğrultusunda oluşturulduğu için, içinde bulundukları mimari dille uyum göstermişlerdir. Fraktal karakteristik farklı ölçeklerde ele alınıp bu ölçeklerin

her biri için farklı fraktal boyut hesaplamaları yapılması oluşturulan alternatif kütlelerin sayısının artmasını ve yöresel mimari dillere ait dokunun farklı ölçeklerdeki karakteristiğinin belirlenmesini sağlamıştır.

## 6. SONUÇLAR

Tez kapsamında yöresel mimarilere ait özgün dilin sürekliliğini sağlayacak kütleler üretmek amacıyla fraktallere dayanan bir tasarım yaklaşımı önerilmiştir. Bu doğrultuda kaos kuramının bir parçası olan fraktal geometri ve mimarlık alanındaki etkileri incelenmiştir.

Tezde, ilk olarak fraktaller ve fraktal geometrinin tanımı, temel özellikleri, kullanıldıkları alanlar incelenerek günümüzdeki etkileri ve etkinliği araştırılmıştır.

Mimarlık alanında fraktal özellik gösteren örnekler araştırılmış ve çalışmalar doğrultusunda mimarlıkta fraktal etkisinin bu kavram ortaya atılmadan çok önce de var olduğu görülmüştür. Tarihsel süreç içerisinde fraktal özellik gösteren birçok örneğe rastlanılmıştır. Çevirimli algoritmalar yardımıyla oluşturulan fraktaller, bilgisayarların yardımıyla günümüz tasarım yaklaşımlarının önemli bir parçası olmuş ve bu alanda oluşturulan son dönem örneklerde mimari kurgunun oluşturulmasında yararlanılan bir kaynak haline gelmiştir.

Çalışma kapsamında fraktal niteliğin sayısal ifade biçimi olan fraktal boyut kavramı ve mimaride nasıl kullanıldığı incelenmiş ve elde edilen bilgiler önerilen yaklaşım doğrultusunda alan çalışmasında kullanılmıştır. Önerilen yaklaşım, mimari tasarım sürecinin ilk aşamasında yaratıcılığı destekleyecek yönde kullanılacak bir kütle üretim modelinin (Ediz,2003) uygulanmasını içermektedir. İstanbul'daki Kariye semti ve Mardin ili, alan çalışması yapılacak bölgeler olarak seçilmiş ve üç aşamalı bir çalışma yöntemi izlenmiştir.

Yöntemin ilk aşamasında seçilen yöresel mimariye ait dilin fraktal karakteristiği, farklı ölçeklerde yapılan fraktal boyut hesaplamaları ile belirlenmiştir. Böylece bu dilin oluşturduğu özgün doku ile bu bölgelerde yeni oluşturulacak binalar arasındaki ilişkinin kurulmasında bir başka deyişle uyumun sağlanmasında yardımcı olacak bir veri elde edilmiştir.

Yöntemin ikinci aşamasında, önceden geliştirilmiş olan bir kütle üretim programı ile belirlenen fraktal değerler doğrultusunda yeni yapılacak binalar için kütle alternatifleri oluşturulmuştur.

Yöntemin üçüncü aşamasında ise oluşturulan kütle alternatifleri, Kariye ve Mardin'de çalışmanın yapıldığı proje alanlarının yakın çevrelerinin dijital ortamda

oluşturulan üç boyutlu modellerinde yerlerine koyulmuş ve yöresel mimarinin özgün dokusu ile yeni öneriler arasındaki ilişki irdelenmiştir.

Tez kapsamında önerilen tasarım yaklaşımı doğrultusunda elde edilen sonuçlar, modelin uygulanması ile özgün dokunun sürdürülebilirliği, tasarım yönteminin uygulanabilirliği ve yöresel mimarilere ait dili oluşturan tasarım ilkelerinin yeni tasarımlarda günümüz yaklaşımları ile birlikte kullanılması açısından değerlendirilmiştir.

Her iki çalışma alanında da yöresel mimari dillin oluşturduğu dokuyu bozan yapıların yerlerine alternatif kütleler oluşturulmuştur. Dolayısıyla önerilen tasarım yaklaşımının uygulanması ile özgün dokunun sürdürülebilirliği açısından bakıldığında, her iki çalışma alanında da başlangıçtaki duruma göre doku ile daha uyumlu binalar oluşturulduğu görülmüştür.

Kariye bölgesinde yöresel mimari dokunun yerleşme, sokak ve bina olmak üzere üç farklı ölçekte incelenmesi ile elde edilen fraktal değerler doğrultusunda kütle alternatifleri üretilmiştir. Yapılan hesaplamalarda yerleşme ölçeğinde 1.7, bina ölçeğinde 1.5 ve sokak ölçeğinde 1.3 ve 1.2 olarak bulunan fraktal boyut, hem alan çalışmasının fraktallere dayanan bir tasarım yaklaşımına uygunluğunu, hem de dokuyu bozan etmenlerin fraktal değer üzerindeki etkisini göstermektedir.

Yerleşme ölçeğinde yapılan hesaplamalar Kariye bölgesinde büyük ölçekte korunmuş olan bir alan üzerinde yapılmıştır. Bu nedenle daha küçük bir alanda inşa edilmiş geleneksel mimariye ait konut kütlelerinin oluşturduğu doku yoğunluğu, kütlelerdeki cumbalar gibi girinti çıkıntılar ve insan ölçeğinde düzenlenmiş dar sokaklar bu ölçekte fraktal karakteristiğinin yüksek olmasına neden olmuştur.

Sokak ölçeğinde yaklaşık 1.3 ve 1.2 olarak hesaplanan fraktal değerlerin yerleşme ölçeğine göre daha düşük olmasının nedeni, hesaplamalarda kullanılan sokak silüetlerinin oluşturduğu dokuların özgünlüğünün zamanla bozulmasıdır. Sokağın bir tarafında, dokuyu bozan son dönem yapısı, diğer tarafında ise parkın yarattığı boşluk, sokak ölçeğinde fraktal değerinin düşük çıkmasına neden olmuştur.

Bina ölçeğinde bakıldığında pencere düzenlemeleri, cumbalar ve balkonlar nedeniyle ölçek küçüldükçe artan bir detay zenginliği ve dolayısıyla 1.5 gibi yüksek bir fraktal değer elde edilmiştir. Bina ölçeğindeki değerlerin yerleşim ölçeğindeki değere yakın çıkması, binaların sahip olduğu detay zenginliğinin farklı ölçeklerde sürdüğünü ve yerleşme ile arasında bir bağ bulunduğunu göstermektedir.

Her üç değer dikkate alınarak oluşturulan alternatif kütlelerin, doluluk boşluk, yükseklik oranları açısından başlangıçtaki yapıya göre dokuyla daha uyumlu olduğu görülmüştür. Yeni kütleler, çalışma alanı çevresinde gelişen günümüz yapıları ile özgün doku arasında kütle biçimlenişi açısından bir geçiş elemanı olmuştur.

Mardin bölgesinde yapılan çalışmalar, yöresel mimari dokunun yerleşme ve bina ölçeğinde fraktal karakteristiği yönünden incelenmesine dayanmaktadır. Oldukça yoğun bir dokuya sahip Mardin yerleşmesinin fraktal boyutu 1.8 olarak hesaplanmıştır. Yerleşmenin oluşumunda topografyaya ve arazi eğimlerine paralel bir doku oluşturulması ve evlerin sosyo - kültürel yapıdan kaynaklanan eklenerek büyüme özelliği fraktal karakteristiğinin oldukça yüksek olmasını sağlamıştır.

Bina ölçeğinde ise, fraktal değer 1.4 olarak bulunmuştur. Bu değerler sonucu oluşturulan kütlelerin kentin geleneksel dokusuyla neredeyse birebir uyum sağladığı görülmüştür. Mardin evlerinin mimari yapısı, farklı fonksiyonlara ait prizmatik ünitelerin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Ünite ölçeğinde bakıldığında her ünitenin sahip olduğu fonksiyon doğrultusunda duvar nişleri oda içerisindeki fonksiyonları birbirinden ayıran yükseklik farkları evin genel dokusunun bir benzeridir. Bina formları, hem yapıyı oluşturan parçalarla, hem de yerleşme dokusuyla benzer niteliktedir. Büyük ölçekten küçük ölçeğe görülen bu kendine benzerlik özelliği ve detay zenginliği dolayısıyla fraktal nitelik yüksek olmuştur.

Kullanılan bilgisayar modeli doğrultusunda üretilen alternatif kütlelerdeki doluluk ve boşlukların oluşturduğu kurgu ve birbirleriyle ilişkileri, Mardin evindeki açık, yarı açık ve kapalı mekânlardan oluşan birimlerin oluşturduğu mimari kurgu ile benzerlik göstermekte ve özgün dokunun sürdürülebilirliği sağlanmaktadır.

Bölgenin mimari dilinin bir başlangıç biçimi ve kural algoritması ile temsil edilebilir nitelikte olması ve kullanılan program dahilindeki başlangıç biçimi ve araştırmalar sonucunda başlangıç biçimi boyutlarının, bölgedeki ünitelerin boyutlarına yakın olması, özgün doku ile oluşturulan kütle alternatifleri arasındaki benzerliğin belirgin olmasına neden olmaktadır.

Her iki bölgede yapılan hesaplamalarda bulunan farklı fraktal boyutlar elde edilmesi ile çok sayıda alternatif kütle üretilmiştir.

Önerilen yöntemin uygulanabilirliği açısından bakıldığında, Kariye ve Mardin'de yapılan alan çalışmaları ve elde edilen sonuçlar yöntemin farklı bölgelerdeki yöresel dillere uygulanabileceğini gösterir niteliktedir. Modelin uygulanabilirliği açısından iki önemli sonuç elde edilmiştir. İlki, yöresel mimari dillerin özgünlüğünün, bu bölgelerde yakın geçmişte yapılan niteliksiz yapılarla birlikte yok olma tehlikesi altında olduğu Kariye bölgesi örneğinde olduğu gibi en azından kütle biçimlenişi açısından oransal bir uygunluk sağlayan binalar oluşturulabileceğidir. İkinci sonuç ise Mardin örneğinde olduğu gibi özgün dokuyu devam ettirir nitelikte yeni örnekler oluşturulabilmesidir.

Önerilen tasarım yaklaşımının, yöresel mimarilerdeki özgün dokunun farklı ölçeklerde gösterdiği karakteristik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılarak bu

bölgeleri tanımlayıcı bir kaynak oluşturmak amacıyla da kullanılabilir olması, modelin uygulanabilirliğini destekleyen bir başka özelliğidir.

Önerilen tasarım yaklaşımı bir adım daha ileri götürülerek tasarımın ilk aşamasında yaratıcılığı destekleyecek yönde kütle oluşturulabileceği gibi pencere ve kapı boşluklarının oluşturulduğu cephe kurguları, çeşitli fonksiyonlara ait mekânların bir araya geldiği plan kurguları da oluşturularak yöresel dile ait özgünlüğün daha küçük ölçeklerde de sürdürülebilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

Model farklı mimari dillere uygulanarak, tasarımı oluşturan topografya, bitki örtüsü, iklim, malzeme kullanımı, sosyal yaşam veya kültürel yaşamdaki değişikliklerin mimari doku üzerindeki etkilerinin, farklı bölge veya ülke ölçeğinde değerlendirilmesi ve bu bölgeler için oluşturulan alternatif kütleler yardımıyla mukayese yapılmasına olanak sağlayabileceği düşünülmektedir.

Yöresel mimarilere ait tasarım ilkelerinin günümüz yaklaşımları ile birlikte kullanılması açısından bakıldığında yaklaşımın sağladığı yarar, insan odaklı, doğaya saygılı bina oluşturma yaklaşımının hakim olduğu geleneksel örneklerdeki, yerleşim ölçeği, cephe kurgusu, plan kurgusu gibi tasarım aşamalarında kullanılan oranların fraktal karakteristik yardımıyla belirlenip günümüz tasarım yaklaşımlarında veri olarak kullanılmasına olanak sağlayabilecek olmasıdır. Bu doğrultuda alan çalışmasında üretilen örneklerde olduğu gibi alternatif kütleler oluşturulabileceği gibi yerleşim dokuları ve plan veya cephe kurguları oluşturulabilir.

Çalışma kapsamında yapı, kent ile bir bütün olarak değerlendirilmiş ve bu doğrultuda yöresel mimari dile ait karakteristik özellikler doğrultusunda yeni kütleler oluşturularak kent ve kent parçasına ait doku ile uyumu aranmıştır. Bu bağlamda önerilen yaklaşım herhangi bir yapı ile içinde bulunduğu kent veya kent parçası arasındaki uyumun fraktal geometri yardımıyla test edilmesinde de kullanılabilmesi öngörülmektedir.

Kullanılan tasarım yaklaşımında yer alan uyum ilişkisi, bir bina ile ait olduğu kent dokusu arasında aranacağı gibi, bir mimarın farklı dönemlerdeki yapıları incelenerek tasarım anlayışının nasıl oluştuğu veya süreç içerisinde değişiklik gösterip göstermediği ya da ne tür değişiklikler gösterdiği de fraktal karakteristik açısından sorgulanabilir.

Modelin uygulanması ile elde edilen ve elde edilebileceği düşünülen tüm bulgular, fraktal geometrinin mimari tasarım alanında, gerek yeni mimari ürünler oluşturulmasında, gerekse de var olan mimari dokunun korunmasında yol gösterici bir araç, tasarım sürecine dahil olabilecek bir veri, değerlendirme yapılmasında kullanılacak bir öge olarak kullanılabilmesini gösterir niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- Alexander, C.**, 2002, The Nature of Order: an essay on the art of building and the nature of the universe / Christopher Alexander, Center for Environmental Structure, Berkeley, California
- Alexander, C.**, 1977, A Pattern Language : Towns.Buildings.Construction, Oxford University Press, Newyork
- Alioğlu, E. F.**, 2000, Mardin Şehir Dokusu ve Evler, Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih vakfı, İstanbul
- Batty, M. ve Longley, P.**, 1994, Fractal Cities, Academic Press, New York
- Batty, M. ve Longley, P.**, 1997, The Fractal Cities, *Architectural Design*, **67**,74 -83
- Barnsley M. F.**, 1993, Fractals everywhere, Academic Press Professional, Boston
- Bovill, C.**,1996, Fractal Geometry in Architecture and Design, Birkhauser, Boston
- Bourke, P.**, 2002, Fractals, Chaos, Erişim Tarihi Nisan 2006  
<http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/fractals/selfsimilar/>
- Bunde, A. ve Havlin, S.**,1994, Fractals in Sience, Springer-Verlag, Berlin
- Cordan, O.**, 2005 "Housing Environments: The Old and New Responses to Culture: The Case of Mardin", pp 105-118, *Third International Symposium, IAPS-CSBE NETWORK, July 5-6 2005 under the umbrella of XXII nd UIA World Congress of Architecture, UIA 2005, Istanbul-Turkey, July 2-7 2005*
- Crampton, A.**, 2002, Fractal and Picturesque composition, *Environment and Planning B*, vol.29 s,451–459
- Çağdaş, G.**, 1994, Fraktal Geometri ve Bilgisayar Destekli Mimari Tasarımdaki Rolü, CAD+Bilgisayar Destekli Tasarım ve Ötesi, **23**, 28-31
- Çağdaş, G.**, 1996, "A shape Grammar: The Language of Traditional Turkish Houses", *Environment and Planning B: Planning and Design*, **23 (5)**, 443 – 464.
- Çağdaş, G., Gözübüyük, G., Ediz, Ö.**, 2006, "Mimari Tasarımda Fraktal Kurguya Dayalı Form Üretimi", *İstanbul Kültür Üniversitesi Güncesi*, **4 (2)**, 1-12
- Çağdaş, G., Gözübüyük, G., Ediz, Ö.**, 2005," Fractal Based Generative Design for Harmony between Old and New", 8th *Generative Art Conference*, Politecnico di Milano University, Milano, Italy, *December 14-17, 2005*, pp. 150-159,

- Dalkılıç, N., Aksulu, I.**, 2004, Midyat Geleneksel Kent Dokusu Ve Evleri Üzerine Bir İnceleme, Erişim Tarihi Şubat 2006, [http://www.mmf.gazi.edu.tr/journal/2004\\_3/313-326.pdf](http://www.mmf.gazi.edu.tr/journal/2004_3/313-326.pdf)
- Demir, Y.**, 2006, Mardin proje alanı bilgileri, harita ve resimler, Mimari Proje 7 dersi
- Duarte, J. P.**, 2005, "Towards the mass customization of housing: the grammar of Siza's houses at Malagueira" *Environment and Planning B: Planning and Design*, **32(3)**, 347 – 380
- Eaton, L.K.**, 1998, Fractal Geometry in the Late Work of Frank Lloyd Wright, pp. 23-38 in *Nexus II: Architecture and Mathematics*- Erişim Tarihi Nisan 2007, <http://www.nexusjournal.com/conferences/N1998-Eaton.html>,
- Edgar, A. G.**, 1990, Measure, Topology and Fractal Geometry, Springer-Verlag
- Ediz, Ö.**, 2003, Mimari Tasarımda Fraktal Kurguya Dayalı Üretken Bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Elert, G.**, 2005, The Chaos Hypertextbook, Erişim Tarihi Ocak 2005 <http://www.hypertextbook.com/chaos/33.shtml>
- Feder, J.**, 1988, Fractals, Plenum Press, New York
- Flemming, U.**, 1987, "More than the sum of its parts: the grammar of Queen Anne houses," *Environment and Planning B: Planning and Design*, **14**, 323-350.
- Fractal Geometri ve Kanser, (1998, Haziran), *Bilim ve Teknik*, **367**, 12
- Frame, M., Mandelbrot, B., Neger, N.**, 2005, Fractal Geometry, Erişim Tarihi Ocak 2005, <http://classes.yale.edu/fractals/>
- Gleick, J.**, 2005, Kaos, Tübitak yayınları, Ankara
- Gözübüyük, G., Çağdaş, G., Ediz, Ö.**, 2006, "Fractal Based Design Model for Different Architectural Languages", *Game Set and Match II Conference*, Delft University of Technology, Delft-The Netherlands, March 29 - April 1 pp. 280 – 285
- Hasol, D.**, (1998) "Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü", Yem Yayınları, İstanbul
- İbrahim, M. M., Krawczyk, R. J.**, 2001, Generating Fractals Based On Spatial Organizations, Erişim Tarihi Nisan, 2007 <http://www.iit.edu/~krawczyk/fract01.pdf>
- Jencks, C.**, 1997, The Architecture of the Jumping Universe, Academy Editions, Boston
- Jencks, C.**, 2003, The new paradigm in architecture, *The Architectural Review*, Feb **223 (2)**, 72 – 77
- Jeffery, M.**, 2006, Self-Similarity, Fractals and Architecture, Erişim Tarihi Nisan 2006, <http://homepages.uel.ac.uk/1953r/mainpage.htm>

- Kaya, S.**, 2003, Kentsel Mekân Zenginliğinin Kaos Teorisi Ve Fraktal Geometri Kullanılarak Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi* İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kırşan, Ç., Çağdaş, G.**, 1998, " The 19<sup>th</sup> Century row – houses in Istanbul: A morphological analysis", *Open House International*, **23 (3)**, 45 – 56
- Koning, H. ve Eizenberg, J.**, 1981, "The language of the prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie houses", *Environment and Planning B*, **8(3)**, 295 – 323.
- Krawczyk, R. J.**, 1995, Hilbert's Building Blocks, *Mathematics & Design Conference*, June, 1998, San Sebastian, Spain
- Krippendorff, K.**, 1986, Self-Similarity, Erişim Tarihi Nisan 2007, <http://pespmc1.vub.ac.be/ASC/Self-Simila.html>,
- Lanius, C.**, 2006, Fractals, , Erişim Tarihi Nisan 2005, <http://math.rice.edu/~lanius/frac/>
- Le Courbusier**, 1931, Towards a new architecture, 1986 Dover, New York
- Lorenz, W. E.**, 2003, Fractals and fractal architecture, Erişim Tarihi Nisan 2005, <http://www.iemar.tuwien.ac.at/modul23/Fractals/subpages/01Introduction.html>
- Magnoli, G. C.**, 2001, The Medina Smart Village, Erişim Tarihi Mayıs 2005, <http://architecture.mit.edu/~carlo/medinaindex.htm>
- Mandelbrot B.**, 1983, The fractal geometry of nature, Freeman, New York
- Peitgen, H. O. Jürgens, H. ve Saupe, D.**, 1992, Chaos and Fractals, Springer-Verlag, New York
- Pickover, C. A.**, 1995, The pattern book: fractals, art and nature, World Scientific, Singapore
- Reljin, I. S. ve Reljin, B. D.**, 2002, Fractal geometry and multifractals in analyzing and processing medical data and images, Erişim Tarihi, Mayıs 2005, <http://www.doiserbia.nbs.bg.ac.yu/img/DOI/0354-7310/2002/0354-73100204283R.pdf>
- Rodina, E. Rodin, V., Dumachev, V.**, 2003, Methods and principles of police deployment within the chaotic urban structure, *4th International Space Syntax Symposium*, 17-19 June, London
- Sala, N.**, 2005, Fractal Component in the Gothic and Baroque Architecture, *Generative Art 2005*, Milan-İtalya 14-17 Aralık 2005, s 316-321
- Salingaros, N. A.**, 2001, Fractals in the New Architecture, Erişim Tarihi Nisan 2005, <http://www.math.utsa.edu/~salingar/fractals.html>,
- Salingaros, N. A.**, 1999, Architecture, Patterns, and Mathematics, Nexus Network Journal, Erişim Tarihi, Nisan 2005, <http://www.emis.de/journals/NNJ/Salingaros.html>

- Salingaros, N. A.**, 2003, Connecting the Fractal City, Keynote speech, 5th Biennial of towns and town planners in Europe, Barcelona, Erişim Tarihi Nisan 2005, <http://www.math.utsa.edu/sphere/salingar/connecting.html>
- Schmitt, G. N., Chen C. C.**, 1991, Classes of Design – classes of methods – classes of tools, *Design Studies*, **12 (4)**, 246–251
- Stiny, G., Mitchell, W. J.**, 1978, The Palladian grammar, *Environment and Planning, B*, **5**, 5-18.
- Vitruvius**, 1998, Mimarlık Üzerine On Kitap, Yem Yayın, İstanbul
- Web 1**, <http://www.math.vt.edu/people/hoggard/FracGeom/node2.html>
- Web 2**, <http://homepages.uel.ac.uk/1953r/selsim.htm>
- Web 3**, <http://www.fractalism.com/fractal-art.htm>
- Web 4**, [http://en.wikipedia.org/wiki/Menger\\_sponge](http://en.wikipedia.org/wiki/Menger_sponge)
- Web 5**, <http://library.thinkquest.org/26242/full/types/ch7.html>
- Web 6**, <http://classes.yale.edu/fractals/Panorama/Nature/MountainsReal/Mountains9.gif>
- Web 7**, <http://www.kolumbus.fi/jkald/pages/iter.htm>
- Web 8**, <http://maps.google.com/>
- Web 9**, <http://classes.yale.edu/fractals/Panorama/Nature/Rivers/Waterfall2.gif>
- Web 10**, <http://www.rustyvalentine.com/branches009.jpg>
- Web 11**, [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Sierpinski\\_triangle\\_evolution.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Sierpinski_triangle_evolution.svg)
- Web 12**, [http://en.wikipedia.org/wiki/Mandelbrot\\_set](http://en.wikipedia.org/wiki/Mandelbrot_set)
- Web 13**, [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Time\\_escape\\_Julia\\_set\\_from\\_coordinate\\_%28phi-2%2C\\_phi-1%29.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Time_escape_Julia_set_from_coordinate_%28phi-2%2C_phi-1%29.jpg)
- Web 14**, <http://www.hitl.washington.edu/projects/treetown/>
- Web 15**, [http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbi.cgi/Farnsworth\\_House.html/cid\\_1143232167\\_IMG\\_1686\\_crop.html](http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbi.cgi/Farnsworth_House.html/cid_1143232167_IMG_1686_crop.html)
- Web 16**, [http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbi.cgi/Paris\\_Opera.html/cid\\_3028867.html](http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbi.cgi/Paris_Opera.html/cid_3028867.html)
- Web 17**, [http://en.wikipedia.org/wiki/Rietveld\\_Schr%C3%B6der\\_House](http://en.wikipedia.org/wiki/Rietveld_Schr%C3%B6der_House)
- Web 18**, <http://www.kenseamedia.com/august/column.htm>
- Web 19**, [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Robie\\_House\\_HABS1.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Robie_House_HABS1.jpg)
- Web 20**, [http://www.stevenholl.com/PT173\\_1C.htm](http://www.stevenholl.com/PT173_1C.htm)
- Web 21**, <http://www.bluffton.edu/~sullivanm/eisenmancin/daap.html>
- Web 22**, [http://www.ivarhagendoorn.com/photos/architecture/mvrdv\\_wozoco.html](http://www.ivarhagendoorn.com/photos/architecture/mvrdv_wozoco.html)
- Web 23**, <http://www.tschumi.com/home.asp>
- Web 24**, <http://eng.archinform.net/medien/00000697.htm>
- Web 25**, [http://www.arcspace.com/architects/Lab/federation\\_square.htm](http://www.arcspace.com/architects/Lab/federation_square.htm)
- Web 26**, <http://charlesjencks.com/Resources/Hunch-1.jpg>
- Web 27**, [http://www.arcspace.com/architects/Lab/soho\\_shang\\_du.html](http://www.arcspace.com/architects/Lab/soho_shang_du.html)

- Web 28**, [http://www.erolsahin.com/seyyahfotogaleri/safranbolu\\_amasra\\_230906/safranbolu.jpg](http://www.erolsahin.com/seyyahfotogaleri/safranbolu_amasra_230906/safranbolu.jpg)
- Web 29**, <http://www.mccullagh.org/image/10d-13/midtown-manchattan-city-street.html>
- Web 30**, <http://www.brynmawr.edu/Acads/Cities/wld/00073/00073bm.jpg>
- Web 31**, <http://architecture.arizona.edu/COURSES/arc103/trad103/tutorials/fundamentals/glossary/Roman.html>
- Web 32**, <http://www.kenthaber.com/IlceDetay.aspx?ID=450>
- Web 33**, [http://tr.wikipedia.org/wiki/Kariye\\_Camii](http://tr.wikipedia.org/wiki/Kariye_Camii)
- Web 34**, <http://www.turkeytravelplanner.com/go/Istanbul/Sights/WesternDistricts/TekfurSaray.html>
- Web 35**, <http://www.guide-martine.com/southeastern.asp>
- Web 36**, <http://www.e-mardin.com/>
- Weisstein, E.**, 2007, Sierpinski Carpet,  
<http://mathworld.wolfram.com/SierpinskiCarpet.html>

## ÖZGEÇMİŞ

Gaye Gözübüyük, 1980 yılında İstanbul'da doğdu. Orta öğretimini Çağaloğlu Anadolu Lisesinde tamamladı. İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünden 2004 yılında mezun oldu. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Mimari Tasarım Yüksek Lisans Programına kabul edildi. Hazırladığı tez çalışması kapsamında uluslararası sempozyumlarda sunulmuş ve yayınlanmış iki bildirisi, uluslararası katılımlı ulusal sempozyumlarda yayınlanmış bir bildirisi bulunmaktadır.

Bildiriler:

**Gözübüyük, G, Çağdaş, G., Ediz, Ö.,** 2006, "Fractal Based Design Model for Different Architectural Languages", *Game Set and Match II Conference, Eds: Kas Oosterhuis, Lukas Feireiss*, Delft University of Technology, Delft-Hollanda, 29 Mart- 1 Nisan, pp. 280 – 285

**Çağdaş, G., Gözübüyük, G., Ediz, Ö.,** 2006, "Mimari Tasarımda Fraktal Kurguya Dayalı Form Üretimi", *İstanbul Kültür Üniversitesi Güncesi*, **4 (2)**, 1-12

**Çağdaş, G., Gözübüyük, G., Ediz, Ö.,** 2005," Fractal Based Generative Design for Harmony between Old and New", *8th Generative Art Conference Proceeding, Ed.Celestino Soddu*, Politecnico di Milano University, Milan, Italya, *Aralık 14-17, 2005*, pp. 150-159,