ÇOK KATMANLI FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ: ŞEHZADE CAMİSİ ÖRNEĞİ

Israa MOHTASIB

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOK KATMANLI FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ: ŞEHZADE CAMİSİ ÖRNEĞİ

Israa MOHTASIB
0000-0001-6018-4233

Prof. Dr. Özgür M. EDİZ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇOK KATMANLI FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ: ŞEHZADE CAMİSİ ÖRNEĞİ

Israa MOHTASIB

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Özgür M. EDİZ

Büyük Osmanlı mimarı Sinan'ın cami mimarisi, birçok araştırmacı ve mimarlık tarihçisinin ilgisini çeken önemli bir çalışma alanı olmuştur. Sinan mimarlığının en önemli özelliklerinden birinin, süsleme yerine formel organizasyona verdiği önceliğe bağlı olduğu öne sürülmüştür. Günümüzde; teknolojinin gelişmesi ile birlikte daha önce öne sürülen Sinan mimarlığı ile ilgili çeşitli görüşleri matematiksel ve bilgisayara dayalı çeşitli analiz yöntemleri ile test etmek mümkün olmaktadır. Bu bağlamda, tez kapsamında Sinan'a ait olan Şehzade Camisi sayısal fraktal analiz yaklaşımı ile çok kapsamlı olarak incelenecektir.

Çalışma; görsel sürekliliğin incelendiği form, form-süsleme ve form, süsleme ve malzeme aşamaları ile ele alınacaktır. Diğer bir aşamada, binaya ait çeşitli detayları da kapsayan taç kapı, pencere detayı çevre duvarı gibi katmanlar da görsel süreklilik kapsamında incelenecektir. Görsel aşama sonrasında ise; vaziyet planı kapsamında külliye kurgusu ve cami planı arasındaki ilişki irdelenecektir. Ortaya çıkan sonuçlar ışığında ise; daha önce bu kapsamda görsel sürekliliği incelenmiş olan ve Sinan'a ait Süleymaniye ve Kılıç Ali Paşa camileri ile Sinan'in mimari yaklaşımındaki değişkenler karşılaştırmalı olarak ele alınacaktır.

Böylelikle tez kapsamında Sinan'a ait olan Şehzade Camisi, fraktal analiz yöntemi kullanılarak; gerek vaziyet planı ve külliye katmanında, gerekse görsel derinliği açısından, mesleki çizgisi bağlamında çok katmanlı olarak ele alınacaktır. Döneme ait matematiksel veriler mimari olarak yorumlanacaktır. Çalışmada elde edilen sayısal değerler, binaya ait sezgisel okumaları güçlü bir şekilde desteklemekte ve çok katmanlı fraktal analiz yönteminin doğruluğunu ve güvenilirliğini kanıtlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar Destekli Analiz, Fraktal Değer, Görsel Süreklilik, Mimar Sinan, , Şehzade Camisi.

2021, ix + 109 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

MULTI LAYERED FRACTAL ANALYSIS METHOD: SAMPLE OF ŞEHZADE MOSQUE

Israa MOHTASIB

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture

Supervisor: Prof. Dr. Özgür M. EDİZ

The mosque architecture of the great Ottoman architect Sinan has been an important field of study that has attracted the attention of many researchers and architectural historians. It has been suggested that one of the most important features of Sinan's architecture is the priority given to formal organization over ornamentation. Today; With the development of technology, it is possible to test various views on Sinan architecture, which were previously put forward, with various mathematical and computer-based analysis methods. In this context, Shehzade Mosque, which belongs to Sinan within the scope of the thesis, will be examined in a very comprehensive way with the digital fractal analysis approach.

The thesis work; in which visual continuity is examined, will be discussed with the stages of form, form-decoration and form, decoration and material layers of the building. In another stage, layers including various details of the building; such as the crown door, window detail and forecourt wall, will be examined within the scope of visual continuity. After the visual phase; within the context of the site plan, the relationship between the complex and the mosque plan will be examined. In the light of the results; Suleymaniye and Kılıç Ali Pasha mosques, whose visual continuity has been examined before in this context, and the variables in Sinan's architectural approach will be discussed comparatively.

Thus, within the scope of the thesis the shehzade Mosque, which belongs to Sinan; will be handled in a multi-layered manner in terms of both the site plan, the social complex and the surrounding area and also its visual depth in the context of Sinan’s professional approch using the fractal analysis method. The mathematical data of the period will be interpreted architecturally. The numerical values obtained in the study strongly support the intuitive readings of the building and prove the accuracy and reliability of the numerical fractal analysis method.

Key words: Architect Sinan, Computational Analysis, Fractal Value, Shehzade Mosque, Visual Complexity.

2021, ix + 109 pages.

TEŞEKKÜR

Her şeyden önce, bu akademik çabaya ilahi müdahale için her şeye gücü yeten ALLAH'a minnettarım.

Yüksek Lisans sürecinde, "Ali Kuşçu Bilim ve Teknoloji Burs Programı" ile vermiş olduğu maddi destek için ve Türkiye'de yüksek lisans mimarlık eğitimimi devam etmek için Yurt Dışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı'na (YTB) sonsuz ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam süresince bana yol gösteren, her durumda desteği, yardımı, anlayışı ve zengin fikirleri için değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Özgür M. EDİZ'e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez jürisinde bulunan Prof. Dr. Yasemin ERBİL'e ve Doç. Dr. Levent ARIDAĞ'a değerli yorumları ve önerileri için teşekkürlerimi sunarım.

Tüm arkadaşlarıma, özellikle Y. Mimar Ceyda İLHAN'a tez çalışmama katkısı ve yardımı için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

AutoCAD çizimleri sağlayan İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca her zaman yanımda olan, maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan annem, babam ve sevgili kardeşlerime teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, doğrudan veya dolaylı olarak bu girişimde yardım elini uzatan herkese teşekkürlerimi sunarım.

Israa MOHTASIB
26/07/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....i
ABSTRACT.....ii
TEŞEKKÜR.....iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....ix
1. GİRİŞ…. 1
2. KURAMSAL TEMELLER….. 6
2.1. Sayısal Analiz ve Sayısal Tasarım…..6
2.2. Biçim Gramerleri ve Fraktaller…….7
2.2.1. Kaos kuramı…….....10
2.2.2. Fraktallerin temel özellikleri.....11
2.2.3. Fraktallerin tarihteki gelişimi …….....17
2.2.4. Mandelbrot ve fraktal geometri...21
2.2.5. Fraktal geometriye dayalı uygulama alanları…..…….....25
3. MATERYAL ve YÖNTEM: SİNAN MİMARLIĞI ve FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMLERİ……...37
3.1. Sinan'ın Şehzade Camisi……...41
3.1.1. Şehzade camisi'nin konumu……..41
3.1.2. Şehzade camisi'nin tarihçesi ve önemi……..46
3.1.3. Şehzade camisi'nin mimari özellikleri……..…….48
3.2. Fraktal Değerin Hesaplanması: Kutu Sayım Yöntemi…….54
3.2.1. Benzer çalışmalar……..……...57
3.3. Çalışmada Kullanılan Yazılım…….……..…...62
4. BULGULAR ve TARTIŞMA: ŞEHZADE CAMİSİ'NİN ÇOK KATMANLI ANALİZİ…… 68
4.1. Cephe Kurgusunda Görsel Süreklilik Analizi……..……68
4.1.1. Cephe detaylarının analizleri…….69
4.1.2. Şehzade camisi'nin cephelerinin analizi……....74
4.2. Külliye Planı Kurgusunda Dokusal Süreklilik Analizi……81
4.3. Mesleki Çizgi Kapsamında Süreklilik Analizi……..…84
5.SONUÇ…….....…90
KAYNAKLAR……94
EKLER.....……101
ÖZGEÇMİŞ .....……109

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
cm	santimetre
D	fraktal değer
D[Fark]	katmanların arasındaki %'lik farkı
D[F]	fraktal değer (form)
D[FS]	fraktal değer (form + süsleme)
D[FSM]	fraktal değer (form + süsleme + malzeme)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Başlangıç şekline kuralın uygulanması (Güzelci 2012) ..... ….8
Şekil 2.2. Biçim gramerleri bileşenleri (Sevgi 2013) 9
Şekil 2.3. Mandelbrot Fraktal Set (Mandelbrot 1977) 11
Şekil 2.4. Fractal Ağaç (Gülderen 2017) 12
Şekil 2.5. Yaprağın Fraktal Yapısı (Mohtasib 2021).……....13
Şekil 2.6. Kar tanesi, brokoli (Çağlar 2020); Şimşek (Anonim 2004)……...13
Şekil 2.7. Çam kozalağı tohumları (Mohtasib); Salyanoz kabuğu (Gunther 2020)…..……..13
Şekil 2.8. İnsan Bedeninde Fraktaller (Kızılkan 2020)..... …14
Şekil 2.8. İnsan vasküler (Dolaşım) sisteminin fraktal yapısı (Anonim 2019)……..…14
Şekil 2.10. Fraktal Nöronlar (Kızılkan 2020)……..……...15
Şekil 2.11. İnsan Beyninde Aksonların Fraktal Yapısı (Anonim 2015)..……15
Şekil 2.12. Fraktal Boyutlar (Gülderen 2017'den değiştirilerek alınmıştır)……...16
Şekil 2.13. Mandelbrot Set (Ediz 2003).....18
Şekil 2.14. Eşpotansiyel eğrileriyle çevrili Mandelbrot Seti (Lesmoir-Gordon ve ark. 1988) 19
Şekil 2.15. Mandelbrot kümesinin bir noktasından büyütülerek alınmış detay görüntüsü (Cınbarcı 2015)……19
Şekil 2.16. Dragon Eğrisi; iterasyon sonucu elde edilen bir fraktal (Gürsakal 2007)…20
Şekil 2.17. Britanya Kıyıları (Hoggard 1997)……..…….....22
Şekil 2.18. Hindu Tapınağı merkezi kubbe fraktal üretimi (Joye 2007)….....23
Şekil 2.19. Sol; Kaşhan'da bir evde sıva kubbe içi. Sağ; İtalya'da Anagni Katedral kat planı (Lu ve ark. 2012)……...…...23
Şekil 2.20. 'Fin d'Out Hou S', Peter Eisenman (Ediz ve Çağdaş 2005)……26
Şekil 2.21. Agri Şapel projesi, Japonya (Harigane 2018)……..……27
Şekil 2.22. Agri Şapel; İç Mekanı (Harigane 2018)…..……..28
Şekil 2.23. Agri Şapel ve Çevresi (Harigane 2018)……...……28
Şekil 2.24. Büyük Mısır Müzesi;(a)(Osman ve ark. 2014), (b)(Samir 2019)…….29
Şekil 2.25. (a) Büyük Mısır Müzesi ve çevresi (Stouhi 2021); (b) Sierpinski Üçgeni (Bovill 1996)……..30
Şekil 2.26. Palmer Evi kat planı ve Palmer evindeki kendine benzer üçgenler (Sala 2002)…….……31
Şekil 2.27. Kayaköy; yerleşim planı ve tasarım alternatifleri (Ediz 2003)……32
Şekil 2.28. Sol: Bey Mahallesi vaziyet planı, Sağ: Çalışma alanları (Gürbüz ve ark. 2010)……33
Şekil 2.29. Tasarım alternatifleri (Gürbüz ve ark. 2010)……33
Şekil 2.30. Gardiff'in kentsel büyümesinin fraktal simülasyonu (Gürbüz Yıldırım 2018)…….....…34
Şekil 2.31. 1975-2005 yılları arasında İstanbul'un değişen mekansal dokusu ve fraktal değerleri (Terzi ve Kaya 2008)……..35
Şekil 3.1. Dört, altı ve sekiz ayaklı baldaken gösterimi (Tuluk 2006)……...39

Şekil 3.2. Şehzade Külliyesi ve yakın çevresi (google haritadan uyarlanmıştır)……...42
Şekil 3.3. Şehzade Mehmet Külliyesi'nin Yerleşim Planı, İstanbul:
1. Cami, 2. Medrese, 3. Tabhaneler, 4. Ahırlı kervansaray,
5. İmaret, 6. Mektep, 7. Şehzade Mehmet Türbesi, 8. Rüstem Paşa Türbesi
(Güney (2002)…….……...……..…..42
Şekil 3.4. Önde Şehzade, arkada Süleymaniye Camisi (Kuban 1998)……...44
Şekil 3.5. Şehzade Külliyesi, izometrik görüntü……..……..45
Şekil 3.6. Şehzade Camisi ve Külliyesi – Havadan görünüş (Güney 2002)……..45
Şekil 3.7. Fransa'da bulunan Saint-Denis Bazilakası (Anonim 2017)……...46
Şekil 3.8. Şehzade Camisi'ndeki kubbeli mekan örtü sistemi (Bilgin 2006)……47
Şekil 3.9. Şehzade Mehmet Camisi'ne ait kesit (Soyluk ve Tuna 2011)……...49
Şekil 3.10. Şehzade Mehmet Camisi Planı (Ali Saim Ülgen)……..…..49
Şekil 3.11. Sol; Şehzade Mehmet Camii Kuzey Cephesi. Sağ; Şehzade Mehmet Camii
Güney Cephesi (Mohtasib 2021)…….....…….51
Şekil 3.12. Sol; Şehzade Mehmet Camii batı Cephesi. Sağ; Şehzade Mehmet Camii
Doğu Cephesi (Mohtasib 2021)..…...…….....…….51
Şekil 3.13. Şehzade Camisi – Bezemeden Bir Detay (Güney 2002)……..53
Şekil 3.14. Şehzade Camisi, Minare – Detay (Kuban 1998)……..53
Şekil 3.15. Mudanya Konutlarının fraktal değerinin hesaplanması
(Ediz ve Çağdaş 2005)…….....55
Şekil 3.16. Konut cepheleri üzerinde fraktal boyut analizi (Kaya ve Bölen 2006)……56
Şekil 3.17. Süleymaniye Külliyesi, genel görünüş (Mohtasib 2021)…..……58
Şekil 3.18. (a) Katman 1; Süleymaniye Camii'nin güney doğu cephesi – Form;
(b) Katman 2; Süleymaniye Camii'nin güney doğu cephesi – Form
Süsleme; (c) Katman 3; Süleymaniye Camii'nin güney doğu cephesi
– Form Süsleme ve Malzeme. (Ostwald ve Ediz 2014)……..59
Şekil 3.19. Kılıç Ali Paşa Camisi – genel görünüş
(Mohtasib 2021)……...……..60
Şekil 3.20. (a) Katman 1; Kılıç Ali Paşa Camii'nin kuzey doğu cephesi – Form;
(b) Katman 2; Kılıç Ali Paşa Camii'nin kuzey doğu cephesi –
Form Süsleme; (c) Katman 3; Kılıç Ali Paşa Camii'nin kuzey doğu cephesi
– Form Süsleme ve Malzeme (Ediz 2015)……...61
Şekil 3.21. FracLac (Image – J) programının arayüzü ……..63
Şekil 3.22. Image – J menüsü……...……..64
Şekil 3.23. FracLac Paneli……..64
Şekil 3.24. FracLac kutu sayma seçenekleri penceresi……..65
Şekil 3.25. FracLac Paneli……..66
Şekil 3.36. Sonuç örneği……...……..67
Şekil 4.1. Şehzade Camisi Avlu Giriş Taç Kapısı – (4a) Form, (4b), Form Süsleme,
(4c) Form Süsleme ve Malzeme……70
Şekil 4.2. Şehzade Camii'nin Kuzeydoğu cephesinin dış duvar detayı - (4d) Form,
(4e), Form Süsleme, (4f) Form Süsleme ve Malzeme……..…….....72
Şekil 4.3. Şehzade Camisi – Genel görünüş (Mohtasib 2021)…….……....75

Şekil 4.4. Şehzade Camisi'nin kuzeybatı cephesi (Giriş Cephesi) – Form……78
Şekil 4.5. Şehzade Camisi'nin güneydoğu cephesi - Form……..……..79
Şekil 4.6. Şehzade Camisi'nin güneybatı cephesi – Form…….……79
Şekil 4.7. Şehzade Camisi'nin kuzeydoğu cephesi – Form……...…80
Şekil 4.8. Şehzade Camisi'nin 4 cephesinin 3 görsel detay seviyesinin fraktal boyutlarının grafiği……..80
Şekil 4.9. Fraclac eklentisinin kutu sayım yöntemiyle tarama aşamaları……..83
Şekil 4.10. Şehzade Camii ile Süleymaniye Camii cephe katmanları için fraktal boyut ölçüleri……..88
Şekil 4.11. Şehzade Camii ile Kılıç Ali Paşa Camii cephe katmanları için fraktal boyut ölçüleri……..88
Şekil 4.12. Kılıç Ali Paşa, Süleymaniye ve Şehzade Camilerinde form, süsleme, veya malzemenin oluşturduğu cephelerin karşılaştırılması…….89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Fraktal ve Ökid Geometrisi (Ediz ve Çağdaş 2005'ten alınmıştır) 24
Çizelge 2.2. 1975- 2005 yılları arasında İstanbul'un değişen fraktal boyutu ve büyüme indeksi (Terzi ve Kaya 2008)……..36
Çizelge 4.1. Şehzade Camisi Avlu Taç Kapısı - fraktal katmanları……...71
Çizelge 4.2. Şehzade Camisi'nin kuzeydoğu cephesinin ön avlusunun dış duvarının detayı - fraktal katmanları…..……..…73
Çizelge 4.3. Şehzade Camisi'nin Final Sonuçları 77
Çizelge 4.4. Şehzade Camisi'nin planı ve Şehzade külliyesi'nin plan çizimine ait hesaplanan fraktal değerleri…….81
Çizelge 4.5. Şehzade Külliyesi ve Şehzade Camisi çizimleri ("Şehzade Külliyesi, (t.y)) - Fraktal değerleri…….....82
Çizelge 4.6. Süleymaniye Camii'nin fraktal katmanları (Ostwald ve Ediz 2014'ten alınmıştır) 85
Çizelge 4.7. Kılıç Ali Paşa Camii'nin fraktal katmanları(Ostwald ve Ediz 2014'ten alınmıştır) 85
Çizelge 4.8. Şehzade Camii'nin ile Süleymaniye Camii arasındaki sonuçların karşılaştırılması 86
Çizelge 4.9. Şehzade Camii'nin ile Kılıç Ali Paşa Camii arasındaki sonuçların karşılaştırılması 87
Çizelge 5.1. Karşılaştırma; Şehzade , Süleymaniye ve Kılıç Ali Paşa Camilerinin güney doğu cepheleri 92

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojideki hızlı değişim ve gelişme ile birlikte yaşantımız birçok alanda etkilenmiştir. Teknolojideki gelişme, özellikle iletişim, ulaşım, eğitim, ekonomi vb. sektörlerdeki günlük alanlarda rutinimizi etkili bir şekilde değiştirmiştir. Bu kapsamda, mimarlık alanı da diğer alanlarda olduğu gibi sürekli değişmekte ve teknolojinin gelişmesi ile meydana gelen etkiler kapsamında evrilmektedir.

Günümüzde, bilgisayar ortamında sunulan çeşitli gelişmelere dayalı imkânlar ile sayısal tasarım ve analiz yöntemlerinden mimari tasarımın birçok aşamasında, analiz aşaması, ön tasarım aşaması, tasarım aşaması vb. faydalanmak mümkün olmaktadır. Mimarlık alanındaki yeni teknolojiler geleneksel yöntemlere göre çok daha hızlı ve derinlikte sayısal yöntemlere dayalı bir çok fırsat sunmaktadır.

'Design Computing' olarak dünyada ortaya çıkan ve ülkemizde 'Sayısal tasarım' başlığı altında toplanan bu yeni yaklaşımlar mimarlık alanını birçok katmanda etkilemiştir. Bu kapsamda yakın dönemde sayısal tasarım alanında yapılan ve biçim gramerleri çalışmaları arasında yer alan;

- Stiny ve Gips'in öncülüğünde geliştirilen biçim gramerleri formalizmi (Stiny ve Gips 1972).
- Çağdaş'ın geleneksel Türk konut tipolojileri üzerindeki çalışmaları (Çağdaş 1996).
- Duarte'nin Siza konut tipolojileri üzerindeki çalışmaları (Duarte 2005).

önemli örnekler olarak sayılabilir.

Biçim gramerlerinin bir alt kümesi olan fraktal geometri alanında ise mimaride birçok uygulama alanı olduğu görülmektedir. Fraktal geometriye dayalı yöntemler analiz aracı ve tasarım yöntemi olarak kullanılmaktadır. Fraktal geometri'ye ait mimarlık alanında uygulama örnekleri birçok çalışmada izlenebilir. Bu örnekler arasında;

- Mimari doku üretme sürecinde deneysel çalışmalarla belirli değerde doku varyasyonlarının üretilmesi (Ediz 2003; Gözübüyük 2007).

- Farklı parametrelerle desteklenerek dokudaki saçılmanın ölçülmesi (Zeng ve diğ 2014).
- Zaman içindeki kentsel büyüme süreçlerinin araştırılması (Tannier ve Pumain 2005, Kaya 2010, İlhan ve Ediz 2019).
- Bir mimarın farklı dönemlerde tasarladığı yapıların ve değişen üslupların karşılaştırılması (Kanatlar 2012).
- Mimarlık, kent ve doğa benzeşimlerinin ortaya konması (Bovill 1996, Vaughan ve Ostwald 2009).
- Mimaride görsel kurguya dayalı sürekliliklerinin çeşitli katmanlarda incelenmesi. (Ediz ve Ostwald 2012) (Lionar ve Ediz 2020) sayılabilir.

Bu çalışmada da, Osmanlı dini mimarisinin gelişiminde önemli bir yerde duran Mimar Sinan'a ait ilk büyük yapı olan Şehzade Mehmet Camisi ve külliyesi fraktal analiz yöntemi ışığında çok katmanlı olarak analiz edilecek ve oluşan matematiksel sonuçlar kapsamında tartışılacaktır.

Amaç

Çalışmanın amacı, Şehzade Camisi ve külliyesinin tasarım stratejisini sayısal analiz yardımıyla anlamaya çalışmak, mimarlık tarihçilerinin cami ve külliye ile ilgili sezgisel tarihi okumalarını ele alarak ve cami'nin görsel sürekliliğini Sinan'ın mimarı anlayışının rehberliğinde çok katmanlı fraktal analiz yöntemi aracılığıyla çözümlemektir.

Bu bağlamda çalışmada aşağıdaki başlıklar tartışılacaktır:

- Binalara ait sezgisel okumaların sayısal analiz yöntemleri kullanılarak tartışılması,
- Sayısal yöntemlerin ve teknolojideki gelişmelerin mimarlığı anlamamız açısından bir araç olarak kullanılması,
- Çok katmanlı fraktal analiz yönteminin mimari bir ürün üzerinde uygulanması,
- Vaziyet planı, plan mimari sürekliliğin fraktal analiz yöntemi ile ele alınması,

- Şehzade camisi'nin, Kılıç Ali Paşa ve Süleymaniye camileri ile ilgili olarak, fraktal analiz yöntemi açısından karşılaştırılması.

Tezin İçeriği

Bu tezde, birinci bölüm, tezin ele aldığı çalışmanın amacını, kullanılan yöntemi ve çalışmada ele alınan başlıkları içermektedir.

İkinci Bölümde, biçim grameri kavramı, ve bileşenleri ele alarak literatür kapsamında incelenmektedir. Kaos kuramının bir sonucu olan fraktal kavramı, geometri, temel özellikleri, fraktal geometrinin rolü ve önemini doğadan ve insan bedeninden, farklı fraktal örüntüler üzerinden örnekler vererek açıklanmıştır. Fraktal geometriye ilişkin temel kavram ve tanımlardan bahsedildikten sonra mimarlık ve kentsel tasarım alanlarında bu geometrinin uygulandığı çalışmalardan bahsedilmiştir.

Üçüncü Bölüm'de, Sinan'ın mimarlığı, mimarı anlayışı ve Şehzade Camisi üzerine yapılan çeşitli mimarı açıklamalar ve anlatımlar ele alınmıştır. Kullanılan yöntemin bileşenlerinden bahsedildikten sonra tezin kurgusunu oluşturan 'çok-katmanlı fraktal analiz' yöntemi anlatılmaktadır. Ayna zamanda bölüm sonunda, bilgisayar ortamında geliştirilen ve hesaplamalarda yararlanılan yazılımdan bahsedilmiştir.

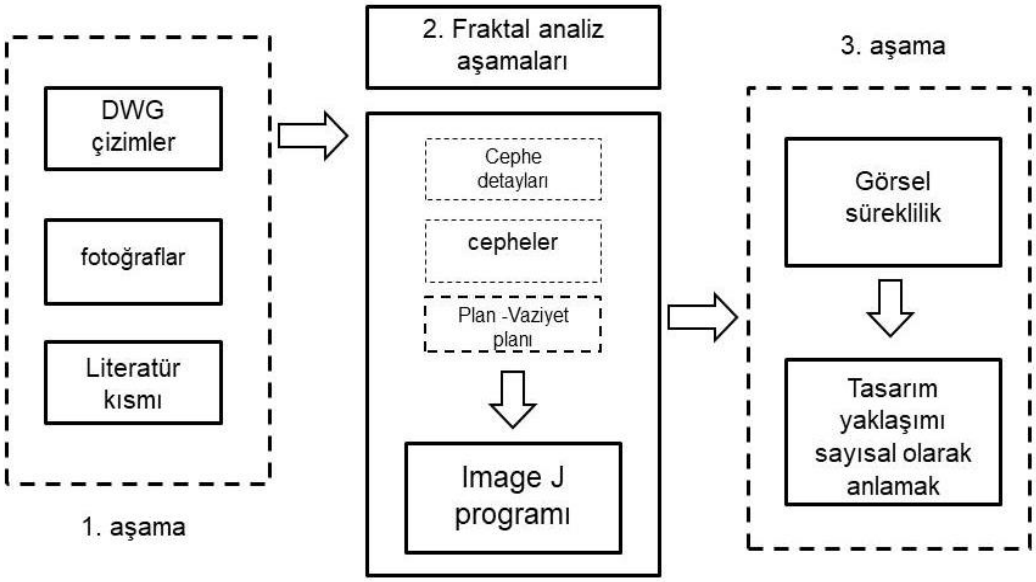
Dördüncü Bölüm'de, çok-katmanlı fraktal analiz yönteminde kullanılan modelin özgün bir mimari öneme sahip olan Şehzade Camisi ve Külliyesi uygulaması anlatılmıştır. Araştırma sonucunda ortaya çıkan sonuçlar ve elde edilen sayısal veriler yapılmış olan çeşitli tarihsel metinlere dayalı düşünceler bağlamında tartışılacaktır.

Beşinci Bölüm'de, ise çalışmada ulaşılan sonuçlar ve değerlendirmeler yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar çalışma kapsamında 3 ana başlıkta ele alınmakta ve tartışılmaktadır. Görsel kurgu, külliye ölçeğindeki kurgu ve mimari çizgideki/yaklaşımdaki karşılaştırmalı analiz.

Çalışmanın Sistemi

Bu çalışma kapsamında yürütülen sayısal analiz süreci şu şekilde özetlenebilir;

- Şehzade Camisi hakkında çok sayıda araştırma, geçmiş teori ve tarihçilerin yorumlarıyla ilgili verilerin toplanması (tarihsel ve mimari tanımlama)
- Caminin cephelerine ait detaylı çizimlere ulaşılması,
- Fraktal analiz yöntemi kullanmak ve sayısal olarak analiz edebilmek üzere AutoCAD programı üzerinde çizimlerin hazırlanması,
- Fraktal analiz programının çıktısı olarak sayısal sonuçların elde edilmesi,
- Sayısal sonuçların, binanın mimari özelliklerini ve tasarım stratejisini yansıtacak şekilde tanımlanması,
- Bu özelliklerin geçmişe dair anlatımlar teoriler ve yorumlarda cami hakkında yazılanlar kapsamında karşılaştırılması, aralarındaki uyumluluk derecesinin gösterilmesi,
- Kaynaklarda yazılanlar ile sayısal analiz sürecinde ortaya çıkan sonuçlar arasındaki ilişkinin tartışılması,
- Binanın görsel karmaşıklık analizinde malzemenin öneminin vurgulanması,
- Mimari kurgunun anlaşılması sürecinde çok katmanlı fraktal analiz yönteminin kullanılması kapsamındaki kazanımların altının çizilmesi.


DWG çizimler
fotoğraflar
Literatür kısmı
1. aşama
2. Fraktal analiz aşamaları
Cephe detayları
cepheler
Plan -Vaziyet planı
Image J programı
3. aşama
Görsel süreklilik
Tasarım yaklaşımı sayısal olarak anlamak

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Sayısal Analiz ve Sayısal Tasarım

Öncelikle, tezin bu başlığı altında sayısal analiz kavramının tanımı açıklanmaktadır. Genellikle bilindiği gibi özellikle ön tasarım ve tasarım aşamalarında kullanılan sayısal tasarım yaklaşımları, tasarım ürününün analizi, eleştirisi aşamalarında da kullanılmaktadır. Sayısal tasarımın tanımı bu kapsamda farklı çalışmalar incelenerek aktarılmaktadır.

Sayısal analiz, - sayısal çözümleme olarak da ifade edilir - matematik problemlerinin bilgisayar yazılımları yardımıyla çözümleme tekniğidir. (Anonim 2020). Girgin'e göre, Sayısal analiz; diferansiyel denklem, integralleri veya denklemleri bilgisayarların yardımıyla analitik olarak değil sayısal olarak çözme tekniğidir. Gerçek hayatta bilinen birçok fiziksel olayın gerçek hali lineer olmayan diferansiyel denklemler ile ifade edilebilmektedir. (Girgin 2016).

Sayısal tasarım, çeşitli disiplinlerdeki bilgi, araç ve yöntemlerin sentezlenmesiyle şekillenmiştir. Sayısal tasarımın doğasının entelektüel temeli, matematik, bilgisayar bilimi, sistem bilimi, biyoloji ve felsefeyi içeren ancak bunlarla sınırlı olmayan alanlardaki belirli bir alan kombinasyonudur. (Acıcan 2019).

Sura Kılıç, Sayısal Tasarımı şunu tariflemektedir: "parametreler ve organizasyonların yalın düzenlemesini hayata geçirmesi yoluyla hem kuramsal hem de biçimsel karmaşık kompozisyonların düzenlenmesine izin veren üretken yenilikçi tasarım sistematiğidir." (Kılıç 2018).

Tarihsel bir süreç olarak değerlendirildiğinde, sanayi devriminin mimaride form ve formların üretim süreçleri üzerindeki etkisinin bir benzeri, günümüzde bilgisayar teknolojisinin kullanımıyla ortaya çıkmaktadır. Sayısal teknolojiler günümüz mimarisinde, mekânlarında ve mobilyalarında dönüşümlere yol açmaktadır.(Sevgi 2013).

Bu çalışmada, Sinan cami mimarisi sayısal analiz yöntemleri ile ele alınmakta ve çıkan sayısal sonuçlar doğrultusunda yorumlanmakta ve tartışılmaktadır.

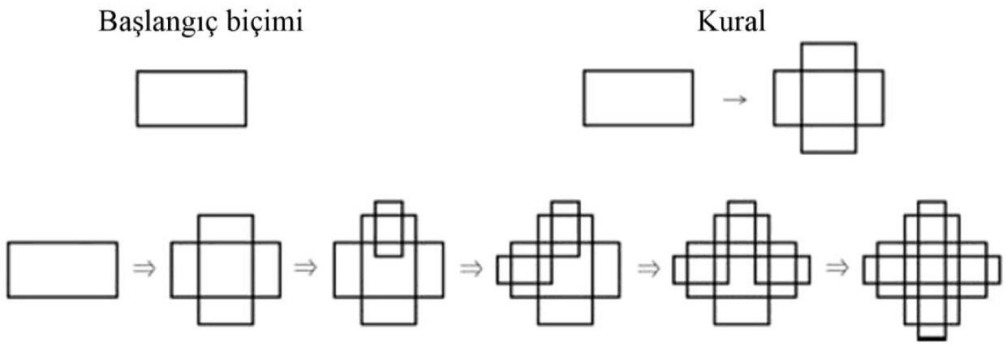
2.2. Biçim Gramerleri ve Fraktaller

Tez kapsamında kullanılan ‘Çok Katmanlı Fraktal Analiz’ yönteminden bahsetmeden önce, fraktal kavramından ve bağlı olduğu aynı zamanda alt başlıklarından biri olduğu biçim gramerlerinden bahsetmek ve ilgili kavramları açıklamakta fayda vardır.

Dil, duygu ve fikirlerin aktarılması yoluyla iletişime izin veren bir araçtır. Dil doğal ve yapay olmak üzere iki grupta incelenebilir. Doğal dil, günlük etkileşimlerde kullanılan düşünce ve duyguları ifade etme aracıdır. Öğeleri harfleri, heceleri, kelimeleri ve cümleleri içerir. Doğal dil, zaman içinde kademeli olarak değişirken temel yapısını korur; hayatta kalmak, değişmek ve gelişmek. Bu arada yapay diller, temel ilkeleri yeniden düşünülebilen ve değiştirilebilen insanlık tarafından üretilen dillerdir. Tasarım dilleri, mimari dil, bilgisayar dilleri ve müzik notaları yapay dillerin örnekleridir. Çizgiler, şekiller, semboller ve notalar bu dillerin ilgili unsurlarıdır. (Öz ve Özen Yavuz 2018)

İster belli bir döneme veya bir mimara ait olsun, mimari bir dilin bazı kompozisyon ilkeleri vardır. Bu ilkeler, dilin gramerini oluşturan bir dizi kuralla tanımlanabilir. Bir mimari dil, mekânsal kalıplarını tanımlayan bir kelime dağarcığı ve dilbilgisi ile karakterize edilir. (Çağdaş 1996). Biçim grameri, temelde belirli bir dili karşılayan formun bütünsel ifadesidir, yani basit modülleri birleştirerek ve yeniden üreterek. Bu modüller birbirine köşelerden bağlanabileceği gibi belli bir dereceye kadar sendeleyerek organize edilebilmektedir. (Kılıç 2018)

Stiny (1980) makalesinde, biçimi, gerçek eksenler ve ilişkili Öklid metrik sistemiyle kartezyen bir koordinat sistemindeki düz çizgilerin belirlediği sınırlı bir düzen olarak tarif etmiştir. (Stiny 1980). Biçim gramerlerinde bir başlangıç biçimi ve buna uygulanan kurallar söz konusudur. Başlangıç biçimine uygulanan kuralın tekrar sayısı ve yeni kurallarla temelde aynı ama birbirinden farklı biçimler elde etmek mümkündür. Şekil 2.1’ de görülen iki boyutlu biçim gramerinde, başlangıç biçimi olan dikdörtgen 90 derece döndürülerek merkezleri eş olacak biçimde kendisine eklenir. Bu kural bir kaç defa uygulandığında tek bir biçimin tekrarından oluşmuş yeni ve daha karmaşık bir biçim elde edilmektedir. (Güzelci 2012)

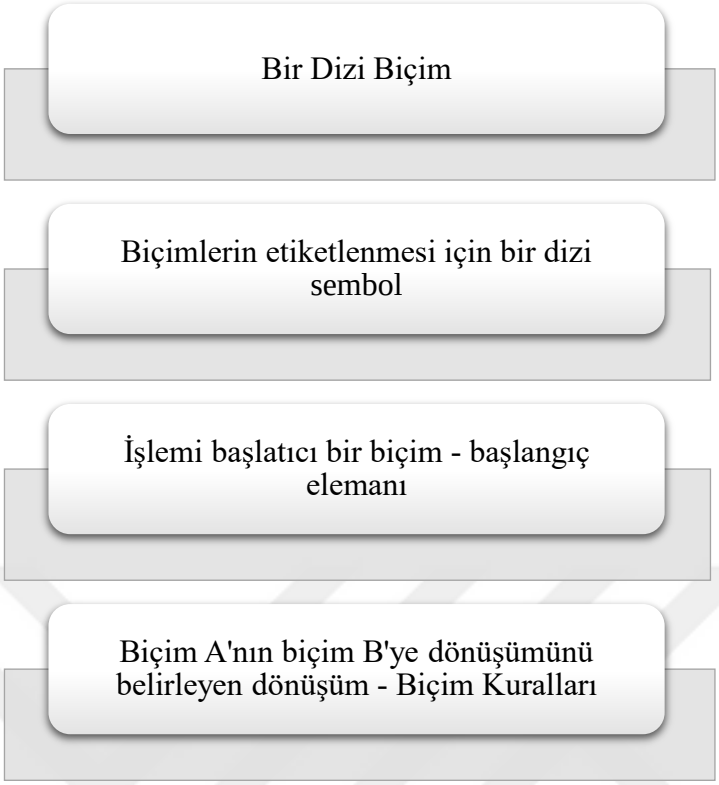


Şekil 2.1. Başlangıç şekline kuralın uygulanması (Güzelci 2012)

Biçim gramerleri mimari tasarım dilleri üretir. Biçim gramerleri ile ilgili birçok araştırma projesinde mimari tasarımların sözdizimsel bilgisini kodlayan kural tabanlı formalizmler araştırılmıştır. (Çağdaş 1996). Fraktaller bilgisayer destekli mimari tasarım alanında, tasarım yardımcı aracı ve sözdizimsel (syntactic) bilginin temseli amacıyla kullanılan biçim gramerlerinin bir alt kümesi olarak kabul edilmektedir. (Ediz ve Çağdaş 2006).

Bir başka deyişle biçim grameri, bir dizi kurala bağlı olarak yeni biçimlerin üretilmesidir. Sözdizimsel olarak tasarım, biçimler ve biçimler arasındaki ilişkilerden oluşan bir kombinasyon olarak tanımlanabilir. Biçim grameri form oluşturmak için kullanılan tüm üretken kurallar kümesidir. Birçok biçim, tek bir biçim gramerinden üretebilmektedir. (Güzelci 2012)

Stiny'e göre biçim gramerleri dört bileşenin bir araya gelmesini gerektirmektedir; (Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Biçim gramerleri bileşenleri (Sevgi 2013)

- **Biçim gramerlerinin alt kümesi; fraktaller**

Fraktaller doğada bulunabileceği gibi yapay olarak da üretilebilirler. Bu üretken algoritmalar, belirli bir sözlükteki sembol dizileri için tanımlanır. Bu diziyi yeniden oluşturmak için çeşitli kuralların eklenmesi gerekir. Biçim gramerleri, üretken algoritmalara bir örnektir. En önemli özelliği, bir dizi geometrik kural eklenerek oluşturulmalarıdır. (Kanatlar 2012).

Biçim oluşturmanın bir yolu, biçim grameri kullanmaktır. Biçim grameri önce bir başlangıç biçimi ile başlar ve onu hazırlanan özel kurallara göre yeniden her çevrimde şekillendirir. Üretken algoritmalara sahip fraktaller, ilk biçimle ve tekrarlayan bir kuralı takip ederek tüm çevrimlerde[1] biçim grameri kapsamında üretilirler. (Kanatlar 2012).

[1] Çevrim: İterasyon

2.2.1 Kaos kuramı

Meteoroloji tahmininde rakamlar yanlış yazılmış olmasına rağmen aynı sonucun alınması sonucunda ortaya çıkan Kaos teorisi; Massachusetts Institute of Technology'de (MIT) çalışan Edward Lorenz tarafından 1963 yılında öne sürülmüştür. Kuram, meteoroloji, matematik, fizik, ekonomi, tıp, mimari, şehir planlama ve şehir coğrafyası dâhil birçok disiplinde yeni ufuklar açmıştır. Kurama göre, kaotik karmaşık sistemlerdeki; parçalar sistemin bütününe dair çeşitli ipuçları içerir; 'düzensizliğin içinde gizli bir düzen' (order of disorder) vardır; kelebek etkisi olarak da adlandırılan "başlangıç koşullarına duyarlılık" ve "garip çekeler" (strange attractors) denilen güçlü odak noktaları vardır. (İlhan 2019).

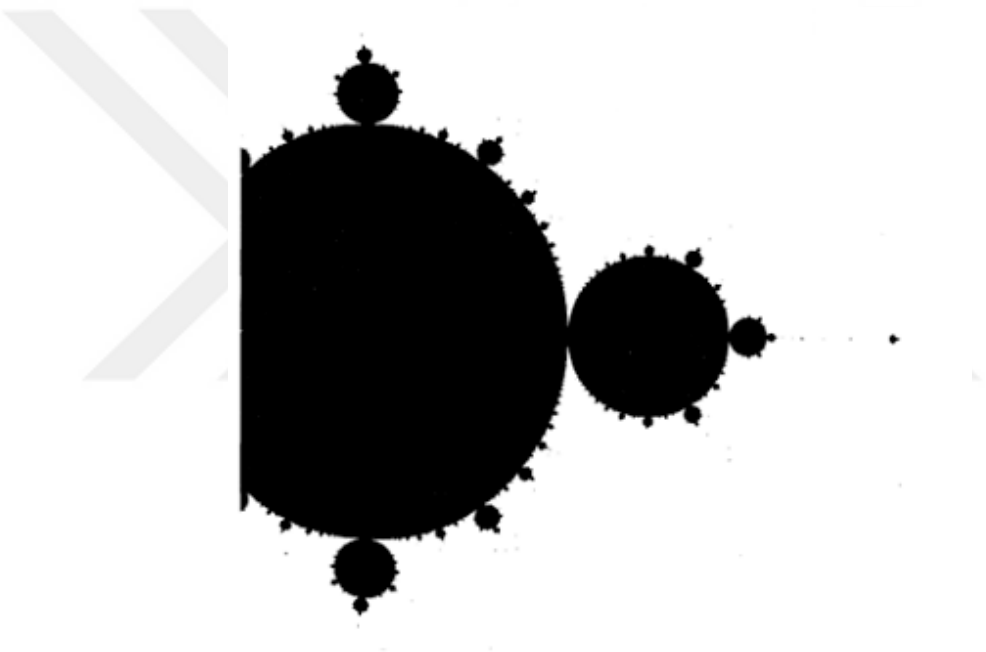
Lorenz'in keşiflerinden sonra, bilgisayar bilimcisi Benoit Mandelbrot, ortaya çıkan karmaşıklık bilimlerine fraktaller (kesirli boyutlar, kırıklar) kavramlarını eklemiş ve 70'lerin ortalarında küçük bir bilim insanı grubu arasında yeni bir doğa görüşü ortaya çıkmaya başlamıştır. 70'lerin ortalarında, birkaç bilim insanı ve filozof arasında, kozmosun doğrusallığın güç topladığından daha fazla doğrusal olmayışına sahip olduğu konusu tartışılmaya başlanmıştır. Evren kurgusunun adeta bir saatten çok bir bulut, bir Öklid yapısından çok büyüyen bir eğrelti otu kurgusu gibi olduğu ortaya çıkmıştır. (Jencks 1997).

Kaos kuramı karmaşıklık kuramının bir alt kümesidir. Gürsakal Kaos'u şu şekilde açıklamaktadır: "Kaos denildiğinde, ilk bakışta akla rassallık (randomness), anarşi, özgürlük gibi sözcükler gelebilir. Oysa bilimsel anlamda Kaos kuramının bunlarla bir ilgisi yoktur. Kaos kuramı daha çok "düzensizliğin içindeki düzen" in (order of disorder) araştırması ile ilgilenmektedir." (Gürsakal 2007).

"Fraktaller" ve "Kaos" kavramları organik olarak iç içedir ve birlikte tek, bütünleşik bir kuramı oluştururlar. Genellikle birlikte kullanılırlar. Kuramda Belli bir yineleme sürecinden geçtiklerinde, her büyütme ölçeğinde kendine benzerlik gösteren düzensiz biçimler ve karmaşık nesnelerle ilgilenirler. Fraktal, kelimenin tam anlamıyla, "parçalanmış" veya "kırılmış" anlamına gelen Latince bir kavramdan Fractus'tan türetilmiştir. (Ben-Hamouche 2011).

Fraktal kavramı ilk olarak 1975 yılında Polonya doğumlu matematikçi Benoit Mandelbrot tarafından tanıtılmıştır, sadece matematik değil aynı zamanda fiziksel kimya, fizyoloji ve fizik gibi farklı alanlar üzerinde de önemli etkileri olan yeni bir geometri sisteminin ortaya çıkmasına yol açmıştır. (Değirmenci 2009) . Matematikte ise fraktal, genellikle kendilerine benzeyen karmaşık geometrik şekillerin ortak adıdır. (Gülderen 2017).

Fraktaller, klasik yanı Öklid geometrisinde kare, daire, küre gibi basit temel şekillerden çok farklıdır (Şekil 2.3). Fraktallar, doğada Öklid geometrisi ile tanımlanamayan birçok uzamsal düzensiz fenomeni ve düzensiz formları tanımlayabilirler. (Değirmenci 2009)



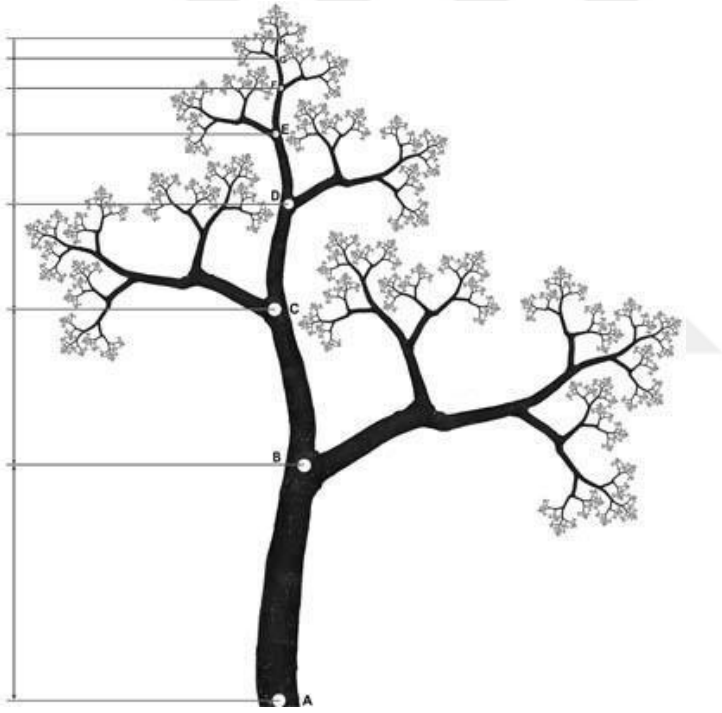
Şekil 2.3. Mandelbrot fraktal set (Mandelbrot 1977)

2.2.2 Fraktallerin temel özellikleri

Bu kısımda; fraktal kavramı ve özellikleri dünyadaki farklı örnekler üzerinden bahsedilerek açıklanmaktadır. Fraktallerin temel özellikleri; Kesir boyutu adı verilen ve bir parametre ile tanımlanabilen; tekrarlar, kendine benzer, ölçekten bağımsız ve düzensiz şekillerin sonucudur. (Güzübüyük 2007)

- **Kendine benzerlik**

Tüm fraktaller kendi parçalarının izlerini taşır. Kaos Teorisi gibi fraktallerdeki detaylara odaklandıkça, tüm fraktal formu görmek mümkündür. Bu özelliğe kendine benzerlik[2] özelliği denir. (Gülderen 2017). Eğer ağacın dallara ayrıldığı boğum noktalarına bakarsak, göreceğimiz şey, dallanma deseninin tüm ağaç boyunca çok benzer olduğudur. Bir ağacın fraktal yapısı çıkarılırken dallanmadaki sıklık ve düzen ilişkisi (Şekil 2.4)'teki gibi "Y" biriminin uçlarına sürekli eklenen küçük "y" ler ile veya bir ana doğru boyunca boğumların mesafeleri oranının ağaç dallanması boyunca tekrarı yönünde gözlenebilir.



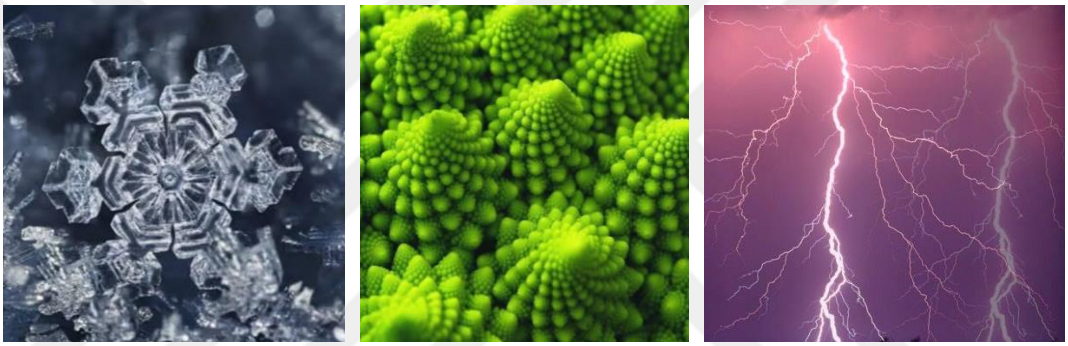
Şekil 2.4. Fraktal ağaç (Gülderen 2017)

Fraktal kurguları çevremizdeki farklı örüntüler üzerinde görmek mümkün olmaktadır. Bir yaprağın içindeki sıvıları hareket ettiren damarlar ağı aslında net bir fraktal yapıyı gösterir. (2.5 - 2.11) şekillerde bulunan görseller, doğada ve insan bedeninde bulunan birçok farklı fraktal örüntüleri örnekleyerek fraktal kavramı ve karakteristiğini göstermektedir.

[2] Kendine benzerlik: Bir objenin kendi parçalarının izlerini taşımasıdır (self-similarity) (Gülderen 2017)



Şekil 2.5. Yaprağın fraktal yapısı (Mohtasib 2021)

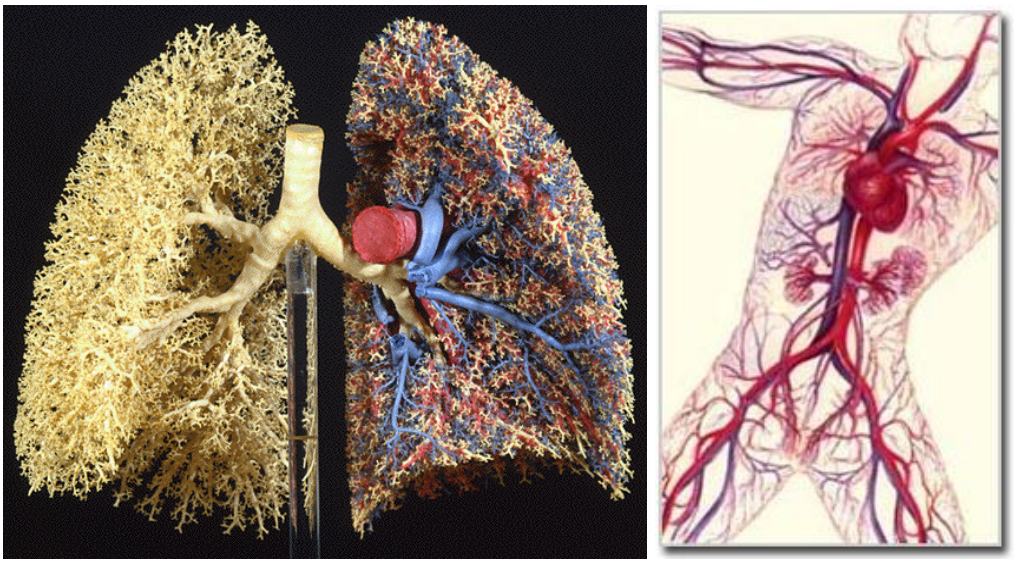


Şekil 2.6. Kar tanesi, brokoli (Çağlar 2020); Şimşek (Anonim 2004)



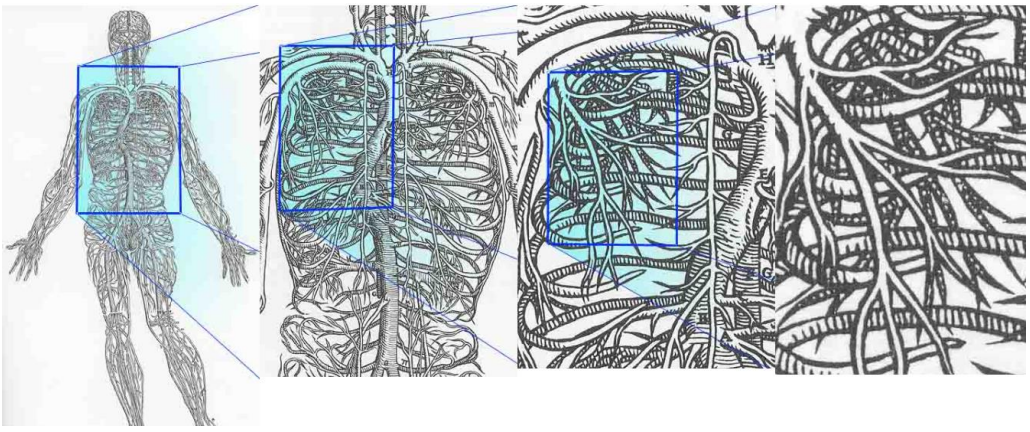
Şekil 2.7. Çam kozalağı tohumları (Mohtasib 2021); Salyangoz kabuğu (Gunther 2020)

Fraktal yapı sadece doğada değil, insan bedeninde de yer bulur; Örneğin, İnsan akciğerindeki bronş tüpleri ilk yedi kuşak için bir fraktal boyuta sahiptir ve oradan da farklı bir fraktal kurgu geliştirir. (Şekil 2.9).



Şekil 2.8. İnsan bedeninde fraktaller (Kızılkan 2020)

Şekil 2.9'daki 4 ayrı fotoğrafı incelediğimizde, dolaşım sistemimizdeki fraktal örüntünün net bir örneğini görebiliriz. Vücudümüzdaki damar sisteminin farklı ölçeklerdeki kısımlarını ele aldığımızda kabaca genel örüntüye benzediğini fark edebiliriz, bu duruma kendine-benzerlik özelliği denmektedir.

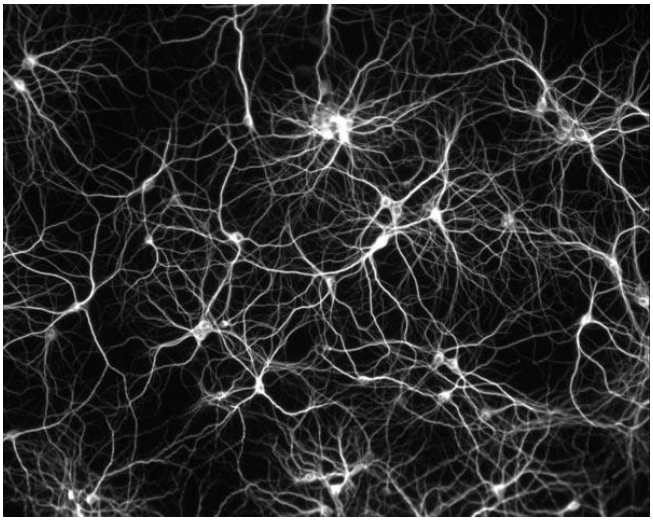


Şekil 2.9. İnsan vasküler (Dolaşım) sisteminin fraktal yapısı (Anonim 2019)

İnsan beyninde de fraktal kurguları görebiliriz. (Şekil 2.10) ve (Şekil 2.11)'de yer alan fotoğraflar, insan beynindeki fraktal yapıları göstermektedir. İnsan beyni yaklaşık 100

milyar nöron içerir. Şaşırtıcı bir şekilde, bu beyin hücreleri arasında yaklaşık 100 trilyon sinaps veya bağlantı vardır. Bu, belirli bir hücre için ortalama 1000 bağlantı olmasına rağmen, bazı nöronlar sadece tek bir bağlantı kurabilirken, diğerleri beynin her tarafındaki hücrelerle yüz binlerce sinaps içerebilir. Mikro ölçekte de vücudumuzda çeşitli noktalarda fraktal kurguları görmek mümkün olmaktadır.

Aksonlar, diğer nöronların dendritleri ile sinaptik bağlantılar kurmak için uzanır. Nöronun aksonlarının ve dendritlerinin fraktal dallanma örüntüsüdür, bu da diğer birçok hücre ile iletişim kurmalarını sağlar. (Kızılkan 2020)



Şekil 2.10. Fraktal nöronlar (Kızılkan 2020)

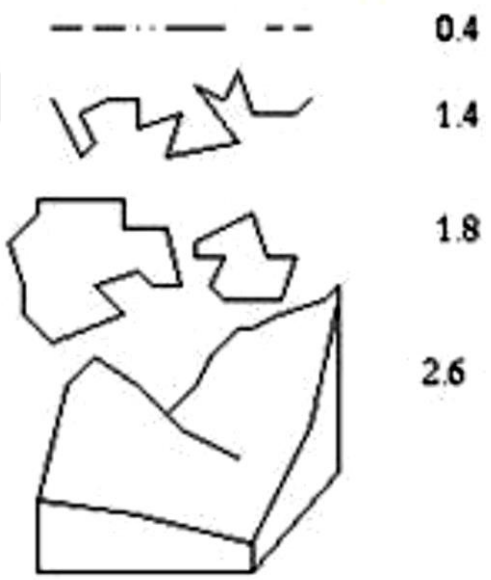


Şekil 2.11. İnsan beyninde aksonların fraktal yapısı (Anonim 2015)

- **Fraktal (Kesirli) boyut**

Bir nesnenin pürüzlülük derecesini tanımlayan boyut, fraktal boyuttur. Klasik geometri (Öklid Geometrisi); bir boyutu düz bir çizgi olarak kabul eder. Örneğin; Bir yüzey 2 boyutludur, bir küp 3 boyutludur. (Şekil 2.12) 'de görüldüğü gibi, fraktallar orta boyutlara sahiptir ve pürüzlüdür. (Gülderen 2017)

Pürüzlülük; yüzeyin bir ucundan diğer ucuna gitmesiyle oluşan pek çok çizikli, düzensiz kısa dalga boyu uzunluklarıdır. (Onut 2016) . Yüzey pürüzlülüğü, genellikle pürüzlülük olarak kısaltılan, yüzey dokusunun bir bileşenidir. Gerçek bir yüzeyin ideal biçiminden normal vektörü yönündeki sapmalar ile ölçülür. Bu sapmalar büyükse, yüzey pürüzlüdür; küçükse, yüzey pürüzsüzdür. (Karagöz 2020). Eğer biri yüzeyin topolojisine yakından bakacak olursa, yüzeydeki düzensizliklerin dalgalılık denilen geniş aralıklı bir yüzey dokusu bileşeni üzerine bindirilmiş olduğunu farkedbilir.



Şekil 2.12. Fraktal boyutlar (Gülderen 2017'den değiştirilerek alınmıştır)

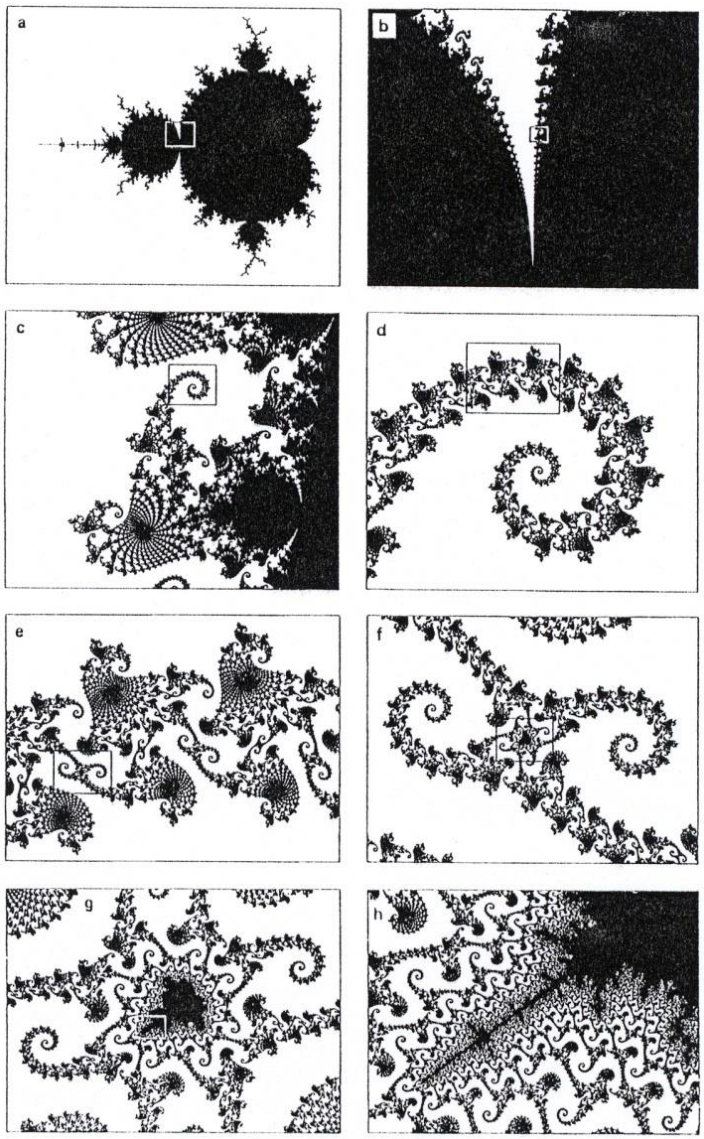
Mandelbrot'a göre fraktal, ölçekten bağımsız herhangi bir eğri, yüzey veya üç boyutlu bir nesne olabilir. Doğruların boyutu 1, yüzeylerin 2, katı cisimlerin 3'tür. Bu çerçevede çok girintili çıkıntılı bir yüzeyin fraktal boyutu ise 1 ile 2 arasında; çok girintili çıkıntılı bir yüzeyin fraktal boyutu ise 2 ile 3 arasında olacaktır. (Gürsakal 2007)

2.2.3. Fraktallerin tarihteki gelişimi

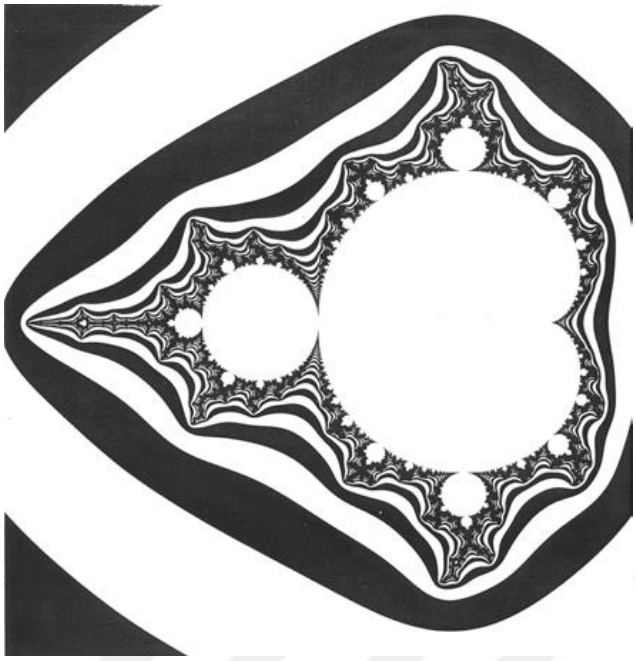
Fraktallerin matematiksel tarihi, 1872'de matematikçi Karl Weierstrass ile başlamıştır; bu, her yerde sürekli olan ancak hiçbir yerde ayırt edilemeyen bir Weierstrass yaklaşımı başlatmıştır. 1904'te Helge von Koch, Weierstrass yaklaşımının tanımını hatırlatır ve 'Koch kar tanesi' olarak adlandırılan benzer bir kurgunun geometrik bir tanımını sunar. 1915'te Waclaw Sierpinski kendine benzeyen kalıplar ve onları oluşturan fonksiyonlar geliştirmiştir. George Cantor 'kendine benzer'lik kavramını öne sürmüş, 19. yüzyılın sonlarında ve 20. yüzyılın başlarında ise fraktaller Henri Poincare, Felix Klein, Pierre Faton ve Gaston Julia tarafından bu çalışmalar daha da ileri götürülmüştür. 1975 yılında Mandelbrot bu çalışmaları bir araya getirerek "fraktal" kavramını gündeme taşımış ve çalışmalarını sürdürmüştür. (Lu ve ark. 2012).

Benoit Mandelbrot tarafından geliştirilen fraktal kurgu, ilk bakışta sadece bir lekeden ibarettir. Ancak lekenin herhangi bir noktasına bakıldığında bu lekenin sonsuz çevrimlerle devam ettiği görülür. Her çevrimden sonra, ilk etapta var olan benzer formu takip etmek mümkündür. Bu düzenlemeyi üretken bir algoritma ile sağlayan Mandelbrot, doğada yalnızca 3 veya 4 çevrimde görülebilen kurguyu sonsuz sayıda tekrar ederek oluşturmayı başarmıştır. (Ediz 2003)

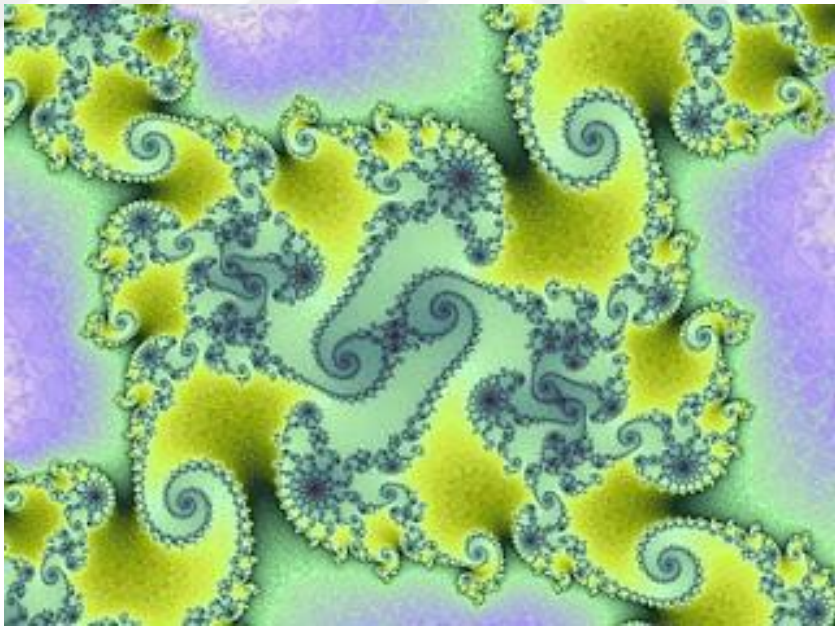
Bu bağlamda bakıldığında, çevrimlerin sonsuz derecede süreklilik göstermesi, Kaos kuramını açıklar niteliktedir. (Ediz 2003). (Şekil 2.13) (Şekil 2.14). Sonsuz karmaşıklığa sahip bir geometrik kurgu olduğundan Mandelbrot Kümesi'nin karmaşıklığı daha yakından incelendikçe artar ve değişir. Bu kurgu her çevrimde birbirine benzeyen ancak birbirlerine aynıları olmayan bir kurguda sonsuza detay sürprizli bir şekilde süreklilik gösterir. (Şekil 2.15)



Şekil 2.13. Mandelbrot set (Ediz 2003)

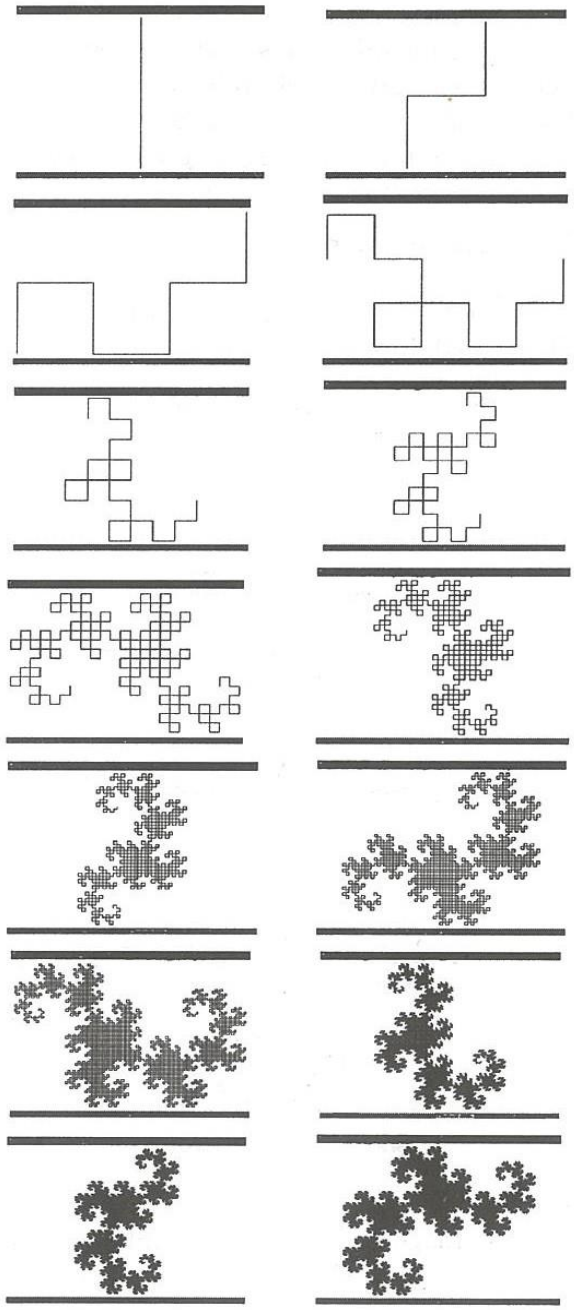


Şekil 2.14. Eşpotansiyel eğrileriyle çevrili Mandelbrot seti.
(Lesmoir-Gordon ve ark. 1988)



Şekil 2.15. Mandelbrot kümesinin bir noktasından büyütülerek alınmış detay görüntüsü
(Cınbarcı 2015)

Aşağıda, çevrim sonucunda fraktallerin nasıl oluştuğuna dair bir örnek verilmiştir. Örnekte dikkat edilmesi gereken ana tema, sistemin çıktısının her aşamada girdi olarak alınması ve aynı işlemin tekrar edilmesidir. (Şekil 2.16)



Şekil 2.16. Dragon Eğrisi; iterasyon sonucu elde edilen bir fraktal kurgu (Gürsakal 2007)

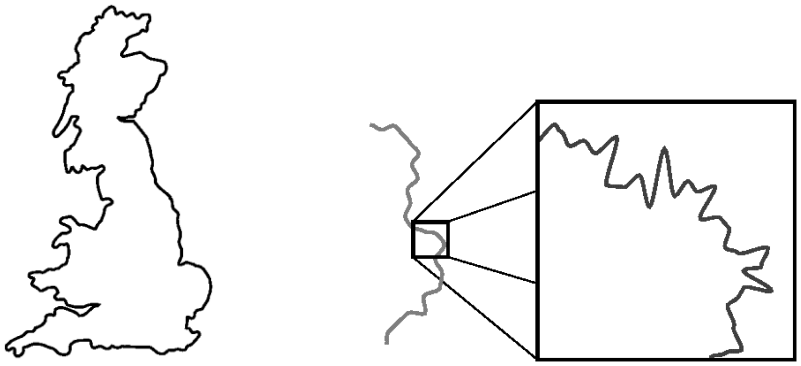
2.2.4. Mandelbrot ve fraktal geometri

- **Fraktal geometrinin keşfi ve rolü**

Benoit Mandelbrot, Britanya kıyılarının ölçümü üzerine yapılan çalışmalar sırasında, bir kıyı şeridini yalnızca metrik olarak ölçmenin yeterli bir sonuç sağlamayacağını savunmuştur. (Şekil 2.17). Ayrıntılı bir ölçüm yapabilmek için ölçüm cihazının küçük olması gerektiğini ancak çok zaman aldığını belirtmiştir. Aynı zamanda pek çok farklı şekle sahip olan sahil çizgisini tek bir hatta ve bir ölçüye indirgemeyi de açıklayıcı bulmamıştır. (Gözübüyük 2007, Gürbüz Yıldırım 2018)

Mandelbrot, bu kıyı çalışmasına dayanarak, klasik geometrik formların doğal formları tanımlamada yeterli olmadığını fark etmiştir. Mandelbrot, *"Bulutlar küre, dağlar koni, kıyılar daire değildir, şimşek düz bir yol izlemez, doğadaki birçok form örüntüler düzensiz ve parçalı bir düzendedir"* diyerek çeşitli doğa olaylarını açıklamıştır. (Bovill 1996). Bu açıklamasında, Öklid geometrisinin yetersiz olduğunu savunmuş ve bu tür formları ifade etmek için kırık, pürüzlü, karmaşık nesneleri tanımlayan fraktal geometri kavramını ortaya koymuştur. Bu yeni geometri sayesinde Öklid geometrisiyle tanımlanamayan birçok şey tanımlanabilir hale gelmiştir. (Gözübüyük 2007, Turhan 2018).

Bu durumu bir örnek üzerinden açıklayacak olursak; uzaydan dünyaya yaklaştığımızı düşünelim. Yaklaştıkça kıyılar daha girintili gözükmeye başlayacaktır. Yer şekillerini ölçmek için metreler gerekirken, daha da yaklaştığımızda çakıl taşları için santimetreler, kum tanecikleri içinse çok daha küçük ölçüm aletleri gerekecektir. Mandelbrot'un yukarıda bahsedilen iddiasına göre, her sahil bir bakıma sonsuz uzunluktadır çünkü bu iş için kullanılan cetvel ne kadar küçük ölçekli ise tahmin edilen uzunlukta o ölçüde artar. Bu bilgi, fraktal geometrinin başlangıcı ve aynı zamanda klasik geometrinin sonudur. (Çağlar 2017)



Şekil 2.17. Britanya kıyıları (Hoggard 1997)

Fraktal geometri ilk önceleri 1970'lerin sonunda ve 1980'lerin başında matematik alanında öne çıkmıştır. Sonuçları ise fraktal geometri, doğrusal olmayan ve karmaşık biçimlerin ölçülmesi ve anlaşılması amacıyla çeşitli yaklaşımların oluştuğu izlenmiştir. Aynı zamanda, günümüze gelindiğinde mimar ve tasarımcıların Öklid geometrisine deneysel bir alternatif olarak fraktal geometriyi kullandıklarını görülmektedir. (Ostwald ve Vaughan 2009).

Fraktal geometri, aynı zamanda doğanın geometrisi olarak da bilinir; aslında fraktal kurgu doğal olayları tanımlama potansiyeline sahiptir ve çevresindeki doğal örüntüleri ölçebilir ve analiz edebilir. Dünyamıza ait bu doğayı tanımlama potansiyeli, fraktal geometrinin kurgusu ile ilgilidir. Öklid geometrisi ise; bu kapsamda yeterli olmayıp; sadece temel ve basit nesneleri yorumlamakla sınırlıdır.

Mandelbrot'un fraktal geometrisi, doğal formlarda gözlemlenen söz konusu ayrıntı akışını açıklama kurgusuna sahiptir. Ayrıca, bir bina cephesinde mevcut olan ayrıntılı, çevrimsel basamağı açıklamak da böylelikle mümkün olabilmektedir. (Bechhoefer ve Bovill 1994). Aynı zamanda fraktal geometri, hiç bitmeyen, kendini simüle eden, parçalı kurgusunu gösteren matematiksel şekillerin oluşturduğu bir alanı da tarif etmektedir. (Wen ve Kao 2005)

Fraktal geometri, tam sayı boyutları arasında var olan düzensiz veya karmaşık çizgileri, düzlemleri ve hacimleri tanımlamak için kullanılabilir. Bu durum, 1, 2 veya 3 boyutuna sahip olmak yerine, fraktal kurguda 1.51, 1.93 veya 2.74 boyutuna sahip olabileceği anlamına gelmektedir. (Ostwald ve Vaughan 2009). Fraktal geometrinin en ayırt edici

özelliklerinden birisi ise; kurgusundaki estetik oluşumdur. Fraktal yapılara bakıldığında kişinin ilgisini çekebilecek ve her çevrimde farklılaşan birbirinden tamamen farklı görüntüye ve güzel şekillere sahiptir. Fraktal geometri alanındaki, sürekli ve sonsuz kurguları oluşturma durumu, evreni birlik ve parçalanma yoluyla metaforize etme potansiyeline sahip çeşitli inanca dayalı çeşitli örneklerde de sıkça ele alındığı tespit edilmiştir. (Abdelsalam ve Ibrahim 2019). Örneğin; Fraktal geometri, mimari kapsamındaki, tarihte birçok farklı kültür ve inanç sistemlerinde var olmuştur; eski Maya yapılarında, Hindu Tapınaklarında, Gotik mimaride ve İslam mimarisinde fraktal oluşumlara rastlamak mümkündür. (Şekil 2.18)



Şekil 2.18. Hindu Tapınağı merkezi kubbe fraktal üretimi (Joye 2007)

Fraktaller kurgular Avrupa'da, 12. yüzyılın başlarında çeşitli mimari örneklerde bulunmuştur. 1104 yılında inşa edilen İtalya'daki Anagni katedralinin zemini, Sierpinski üçgeni ile oluşan fraktal kurguya sahip onlarca mozaikle süslenmiştir. Orta Doğu'da da fraktal oluşumlar, kubbe iç mekânlarının dekorasyonu için tipik bir Fars sanat formu olan sıva tasarımında yaygın olarak benimsenmiştir. (Şekil 2.19)

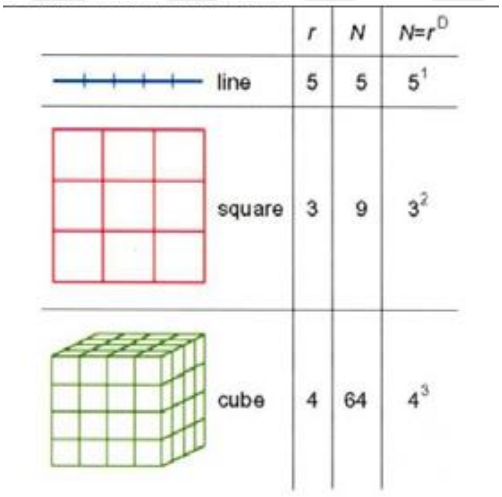
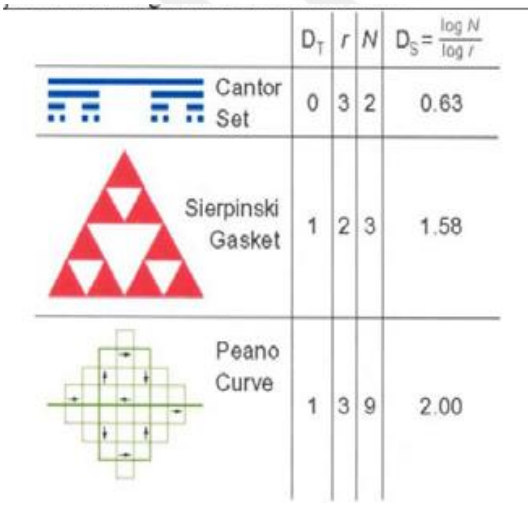


Şekil 2.19. Sol: Kaşhan'da bir evde sıva kubbe içi. Sağ: İtalya'da Anagni katedral kat planı (Lu ve ark. 2012)

- **Fraktal geometri ve Öklid geometrisi arasındaki farklar**

Öklid Geometrisi; doğadaki formların sadeleştirilmesi üzerine inşa edilmiş basit formlar için uygulanan bir cebirsel geometridir. Fraktal Geometri ise; doğanın çeşitli geometrik kurgusunda da izlenen algoritmik bir geometridir. Aynı zamanda fraktal geometri, doğal kurguların nasıl oluştuğunu açıklayan ve onları modellememize yarayan ve istatistiksel olarak ölçeklenebilen bir geometridir. Fraktal geometride, pürüzlü olma durumu (detaylardaki süreklilik) ölçülebilir kurguya sahip olup, kesirlerle ifade edilmektedir. (Gülderen 2017)

Çizelge 2.1. Öklid Geometrisi ve Fraktal geometri (Ediz ve Çağdaş 2005'ten yararlanılmıştır)

Öklid Geometrisi	**Fraktal Geometri**
Geleneksel (> 200Yıl)	Modern (~ 40 Yıl)
Karakteristik bir ölçek ve boyut var	Özel bir şekilde ya da ölçekte değil
Basit objeler için uygulanır	Doğadaki formlara uygulanabilir
Bir formül ile tanımlanabilir	Çevrimli bir algoritma ile tanımlanabilir
Determinist	Kaotik
Seri üretim	Kitlesel bireyselleştirme
	

Voss'a (1988) göre, "Mandelbrot'un fraktal geometrisi, doğadaki ve bilimlerdeki görünüşte karmaşık formların ve kalıpların çoğu için hem bir açıklama hem de matematiksel bir model sunar". (Vaughan ve Ostwald 2009).

2.2.5. Fraktal geometriye dayalı uygulama alanları

Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature* adlı kitabında analiz edilip ölçülebilen özel doğal formları ve sistemleri dikkate alır. Eseri, bilim insanları tarafından doğal dünyaya niceliksel bir anlayış sağlama yöntemi olarak benimsenmiştir. Örneğin, Morse, Lawton, Dodson ve Williamson (1985), bazı bitkilerin ana hatlarının fraktal boyutlarını hesaplar ve daha sonra üzerinde yaşayan böceklerin, bitkinin daha düşük veya daha yüksek fraktal boyutlarından nasıl etkilenebileceğini araştırmalardır. Fraktal geometri, bu kapsamda ölçekler üzerindeki ölçümleri yineleyerek, doğal formların karakteristik görsel karmaşıklığını belirlemek için de uygulanmış ve kullanılmıştır.

Fraktal boyut analizi tıbbi araştırmalar (Oshida ve diğerleri 1994), şehir çalışmaları (Lu ve Tang 2004) ve ekoloji (Imre ve Bogaert 2004) gibi çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Bu yöntem, mimarlık alanında ise, 1990'lardan beri tartışılmış ve kullanılmıştır (Batty ve Longley 1994; Bovill 1996). Bu kapsamda fraktal geometri ve fraktal boyut analizi mimari araştırmalara daha sık raslanmıştır. (Bechhoefer ve Appleby 1997; Lorenz 2003; Ediz ve Çağdaş 2004; Gözübüyük vd. 2006; Ostwald vd. 2008; Ediz 2009; Vaughan ve Ostwald 2010; Burkle-Elizondo ve diğerleri 2014). (Lionar ve Ediz 2020)

Aynı zamanda Mandelbrot (1977), fraktal geometrinin doğadaki örüntülere uygulanmasına yönelik öncülük etmekle kalmayıp, sanat ve mimarlık gibi yaratıcılık gerektiren alanlarda da kullanılabileceğini öne sürmüştür. (Mandelbrot 1977) . Bovill'e (1996) göre, "Bir binanın genel profilini belli bir mesafeden gözlemleyerek mimariyi deneyimliyoruz; Yaklaştıkça, pencere ve dış cephe kalıpları dikkat çeker; Yaklaştıkça kapı ve pencere çerçevelerinin detayları, kapı topuzunun nasıl olduğuna dikkat çekiyor. Daha sonra süreç binanın içinde devam eder. Bir mimari kompozisyonun fraktal özelliği, ilginç bir ayrıntıya yaklaşırken, bir binaya girip girerken ve onu kullandığında ilginç ayrıntıyı sunar". (Bovill 1996).

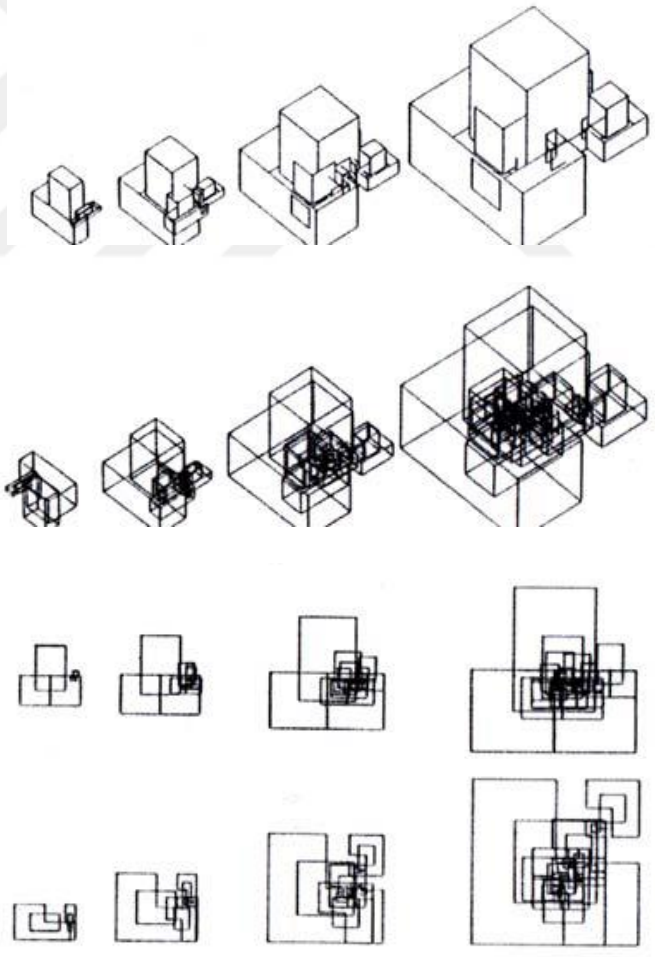
Fraktal geometriye dayalı çeşitli uygulamaları hayatımızın birçok farklı alanında görebilmekteyiz. Birçok farklı kültürde geçmişte oluşan fraktal oluşumları gördüğümüz gibi; günümüze ait çeşitli modern ve çağdaş mimaride de fraktal tasarımları izlemek mümkün olmaktadır. Aşağıdaki başlıkta, fraktal geometrinin uygulaması mimari ve

kentsel tasarım alanında farklı bölgelerden çeşitli çalışma örnekleri üzerinden anlatılmıştır.

- **Mimari tasarımda fraktal uygulamaları**

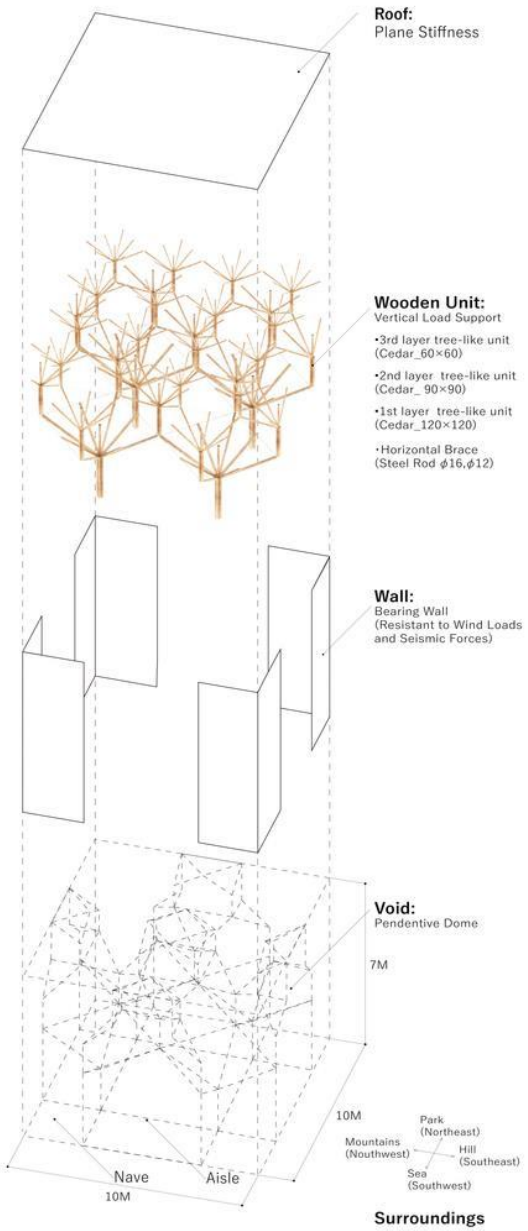
Fraktal geometriye dayalı çeşitli yöntemlerin kullanılmasıyla bir yapının her ölçeğinde (plan, görünüş, iç mekân vs.) çeşitli çalışmalar yapmak mümkündür. Bu çalışmalar özellikle analiz ve erken tasarım sürecinde araştırmalar yapmak amaçlı mimalık alanında birçok çalışmada kullanılmaktadır.

P. Eisenman'in tasarladığı "Fin d'Ou T Hou S" konut projesi hem 3 boyutta hem de plan düzleminde birbirine benzer geometrik kurguların üretilmesiyle tasarlanmıştır. (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. "Fin d'Ou T Hou S" konut projesi, Peter Eisenman (Ediz ve Çağdaş 2005)

Yu Momoeda mimari imzalı Agri Şapel, tasarımcıları tarafından "fraktal strüktüre sahip bir yapı" olarak tanımlanmaktadır. Projeye daha yakından baktığımız zaman tasarım ekibi, yalın ve kübik forma sahip kütlenin iç mekânında, ağaç gibi dallanan ahşap strüktür ile tonoz kurgusu yaratmış olduğunu izlemek mümkün olmaktadır. (Şekil 2.21). Mimari kurgu; 12x12 cm'lik ahşap kolonlardan 9x9 cm'lik ve daha sonra 6x6 cm'lik dallar şeklinde incelerek yükselen bir strüktür olarak tasarlanmıştır. (Şekil 2.22)



Şekil 2.21. Agri şapel projesi, Japonya (Harigane 2018)



Şekil 2.22. Agri şapel; iç mekânı (Harigane 2018)

Bulunduğu ulusal park üzerinden sahip olduğu kimliği tasarımına yansıtan Agri Şapel, doğa ile el ele veren tasarımının yanı sıra yine Nagasaki'de bulunan ve en eski gotik şapel olarak bilinen "Ohura Tenshudou" ile ortak bir dil kurmaktadır. (Şekil 2.23)



Şekil 2.23. Agri şapel ve çevresi (Harigane 2018)

Kendine benzerlik, farklı ölçeklerde kurguların oluşması ve sonsuz özellikleriyle fraktal geometri, mimarlıkta biçimlendirici bir fikir ve form üreteci olarak kullanılmaktadır. Mimarlar, fraktal geometri kullanarak tasarlarken, estetik odaklı kullanma eğiliminde oldukları görünmektedir. Bu, çekici cepheler tasarlamak için fraktal geometrinin kullanılması, dekoratif karmaşık desenlerin de geliştirilmesini gündeme getirmiştir. (Osama ve ark. 2014).

Fraktal geometriye dayalı bir mimari kurguya sahip olan ve Heneghan Peng tarafından tasarlanan Büyük Mısır Müzesi projesi, azalan kırılmış benzer bileşenlerden oluşan mega kare kurgusu ile tasarlanmıştır (Şekil 2.24). Sierpinski üçgeni, binayı sarmak için 750m uzunluğunda 46m yüksekliğinde yarı saydam bir duvarı bina cephesinde dekoratif bir amaçla kullanılmıştır.

Sierpinski üçgeni, 1919 yılında Waclaw Sierpinski tarafından geliştirilmiştir. Yinelemeli olarak tekrarlarına göre alt bölümlerine ayrılan bir üçgenden oluşan bir başlangıç biçimi tarafından üretilir (Şekil 2.25). Mimar, Sierpinski üçgenlerini çevredeki büyük piramitlerden esinlenerek ve modern bir yaklaşımla sunmak amaçlı kullanmıştır. (Osama ve ark. 2014)



(a) (b)

Şekil 2.24. Büyük Mısır Müzesi
(a) (Osama ve ark. 2014), (b) (Samir 2019)

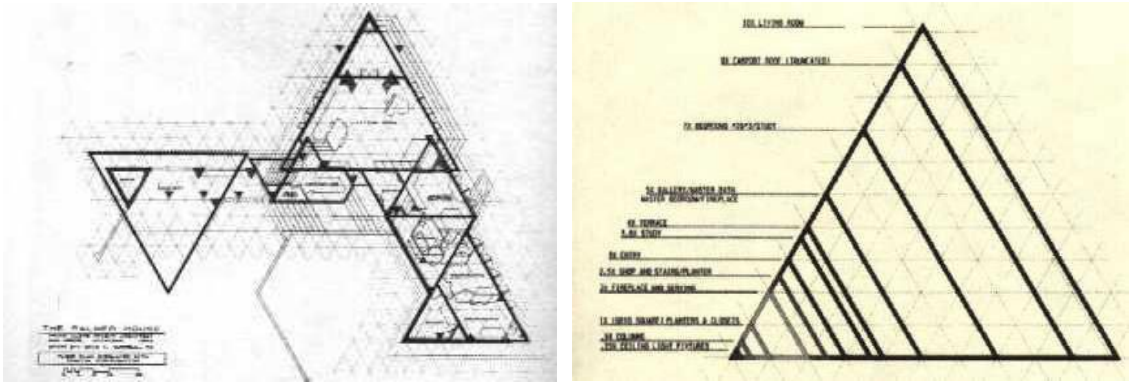


(a) (b)

Şekil 2.25. (a) Büyük Mısır Müzesi ve çevresi (Stouhi 2021) ; (b) Sierpinski üçgeni (Bovill 1996)

Son zamanlarda, fraktal kavramı, Frank Lloyd Wright'ın 'Robie House', 'Fallingwater', 'Palmer house' ve 'Marion County Civic' de dâhil olmak üzere birçok tanınmış mimari eser üzerinde çalışılmıştır. Fraktallerin evrensel bir çekiciliğe sahip olduğunu ve görsel olarak ikna edici farklı katmanlarda ve ölçeklerde kurgular oluşturulduğu izlenmiştir. (Lu ve ark. 2012)

Frank Lloyd Wright (1867-1959), geç dönem çalışmasında (Ann Arbor, Michigan, 1950-1951'deki "Palmer evi") planda kendine benzer bazı eşkenar üçgenler kullanmıştır. (Şekil 2.26). Özellikle Palmer evinde iki noktada, fraktal formların bir tür "yuvalanması" görülebilir: giriş yolu ve şömine. Girişte sadece seramik süslemeyi oluşturan üçgenler değil, aynı zamanda üçgen iskelenin üstünde üçgen ışık fikstürü de mevcuttur. Aynı zamanda şömine alanı, üçgen iskelelerin arasına alınmış üçgen bir geometriye sahip oyuktur. Palmer evinde fraktal kurgu her durumda özel ve bilinçli bir tasarım eyleminin sonucu olarak karşımıza çıkar. (Sala 2002)



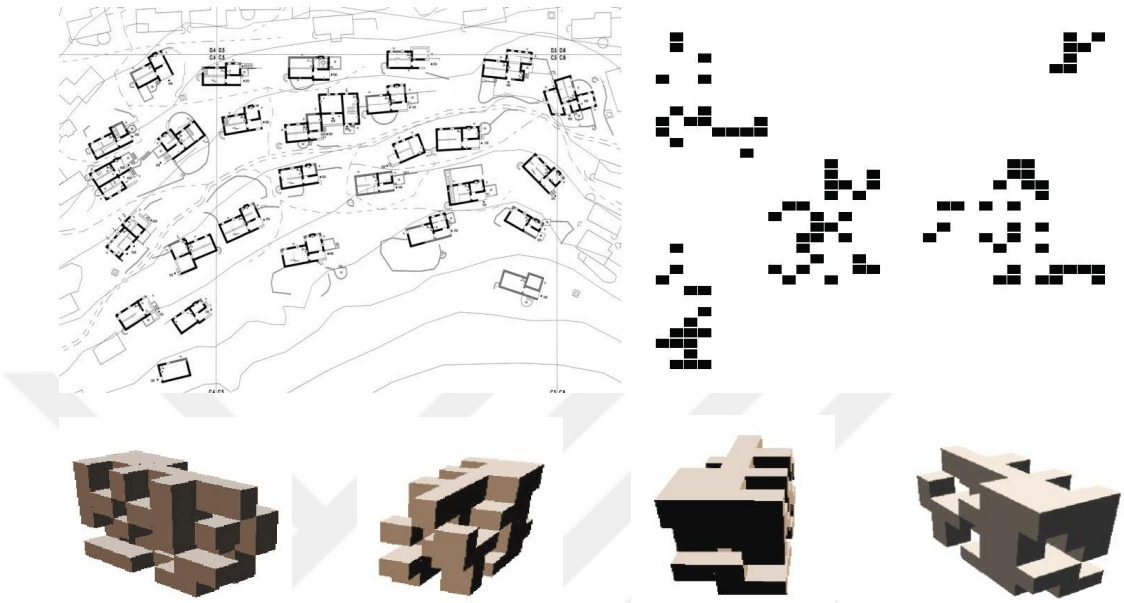
Şekil 2.26. Palmer evi kat planı ve Palmer evindeki kendine benzer üçgenler (Sala 2002)

Ediz (2003), "Mimari tasarımda fraktal kurguya dayalı üretken bir yaklaşım" başlıklı doktora tezinde, mevcut bir yerleşim dokusundaki mimari formların fraktal boyut ve özelliklerine göre yeni formların üretilebildiği yerleşim ve konut ölçekleri düzeyinde verimli bir tasarım yaklaşımı ortaya koymaktadır. Kaos kuramı ile gündeme gelen fraktal geometri ve fraktal kurgular, günümüz mimari üretim süreçlerini de farklı açılardan etkilediği görülmüştür.

Çalışmadaki mevcut doku, günümüzde terk edilmiş geleneksel dokuya sahip bir yerleşim yeri olan Fethiye, Kayaköy olarak seçilmiştir. Tasarlanan algoritmalar, konut ve yerleşim düzeyinde, önce sanal bir topoğrafyaya, ardından mevcut yerleşimin topografyasına uygulanmıştır. Mevcut dokunun fraktal boyutlarının hesaplanmasında Kutu sayım yöntemi, yerleşme ve kitlesel ölçekteki lekelerin oluşturulmasında ise Curdling Yöntemi kullanılmıştır.

Sonuç olarak, mevcut mimari doku fraktal geometri kullanılarak analiz edilmiş ve analiz sonuçları, topografya ve peyzaj gibi çevresel veriler ve fonksiyonel gereksinimler dikkate alınarak yeni yerleşim dokusu önerileri geliştirilmiştir. Model, üretken bir tasarım yöntemi olmasının yanı sıra, bir analiz aracı olarak fraktal boyutlar aracılığıyla mimari ürün ve dokuların yeni tasarımlarla çevresel uyumluluğunu da test edebilmektedir. Böylece çalışma, geleneksel dokuların sayısal araçlar kullanılarak analiz edilmesini ve bu analize dayalı yeni sayısal araçların üretilmesini sağlamıştır.

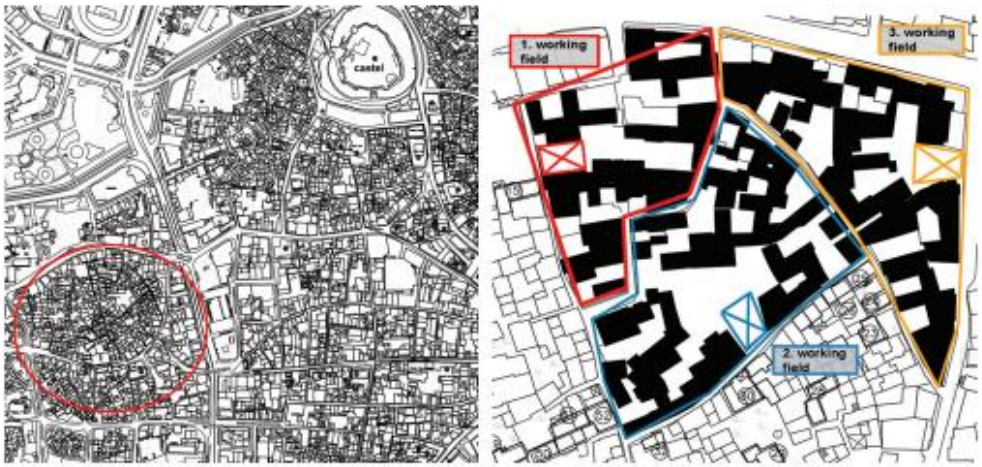
Üretilen model, yeni tasarım alternatifleri geliştirebilir, mevcut dokuyu analiz edebilir ve mevcut dokuya uygun yeni öneriler geliştirdiğinde dokuda sürekliliği sağlayarak, yeni önerilerin dokuya uyum ya da uyumsuzluğunu tespit edebilmektedir. (Şekil 2.27)



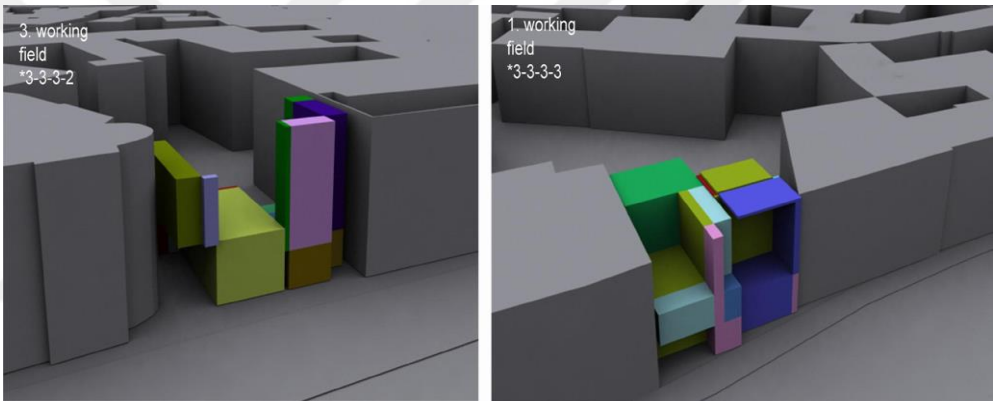
Şekil 2.27. Kayaköy, yerleşim planı ve tasarım alternatifleri

Gürbüz ve diğ. (2010) ise, mimari tasarımda tasarımcılar tarafından fraktal yöntemi sayısal bir araç olarak kullanmayı amaçlamışlardır. Çalışmada Ediz (2003) tarafından oluşturulan CADaFED[3] form oluşturma aracının geliştirilmiş versiyonu kullanılmıştır. Fraktalların mimari tasarımda sayısal bir araç olarak kullanılması Gaziantep'in bir ilçesinde geleneksel bir doku ile gerçekleştirilmiş ve üretken bir bina tasarım modeli üretilmiştir. Geleneksel dokuda fraktal boyut hesabı yapılmış ve bu veriler kentsel dokuda yeni tasarımların toplu olarak oluşturulmasında kullanılmıştır.

[3] CADaFED (English): Computational Architectural Design approch based on Fractals at Early Design phase. (Ediz ve Çağdaş 2007).



Şekil 2.28. Sol: Bey mahallesi vaziyet planı, Sağ: Çalışma alanları (Gürbüz ve ark. 2010)



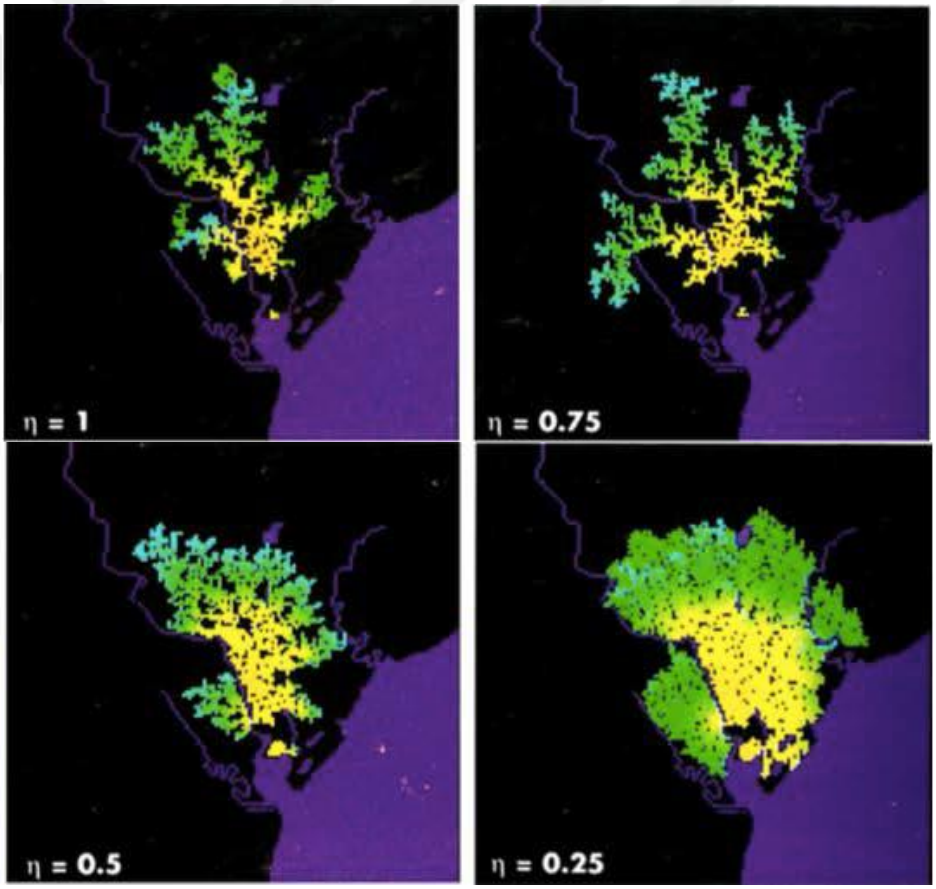
Şekil 2.29. Tasarım alternatifleri (Gürbüz ve ark. 2010)

- **Kentsel tasarımda fraktal uygulamaları**

Kentsel analizde kutu sayım yöntemini kullanan ilk araştırmacılar, büyüme sayısındaki değişiklikleri ve kentsel sınırların biçimini incelemek amaçlı 'hücre sayımı' adını verdikleri yöntemin bir varyasyonunu kullanan Michael Batty ve Paul Longley (1994) sayılabilir. M. Batty ve P. Longley çalışmalarının ardından, fraktal analizler, Tel Aviv (Benguigui ve ark. 2000) ve Londra (Masucci ve ark. 2012) çalışmaları dâhil olmak üzere değişen kentsel formları ölçmek için ve Maya şehirlerindeki (Brown ve Witschey 2003) değişen yerleşim kalıplarını kullanmaya devam etmiştir. (Ostwald ve Vaughan 2016)

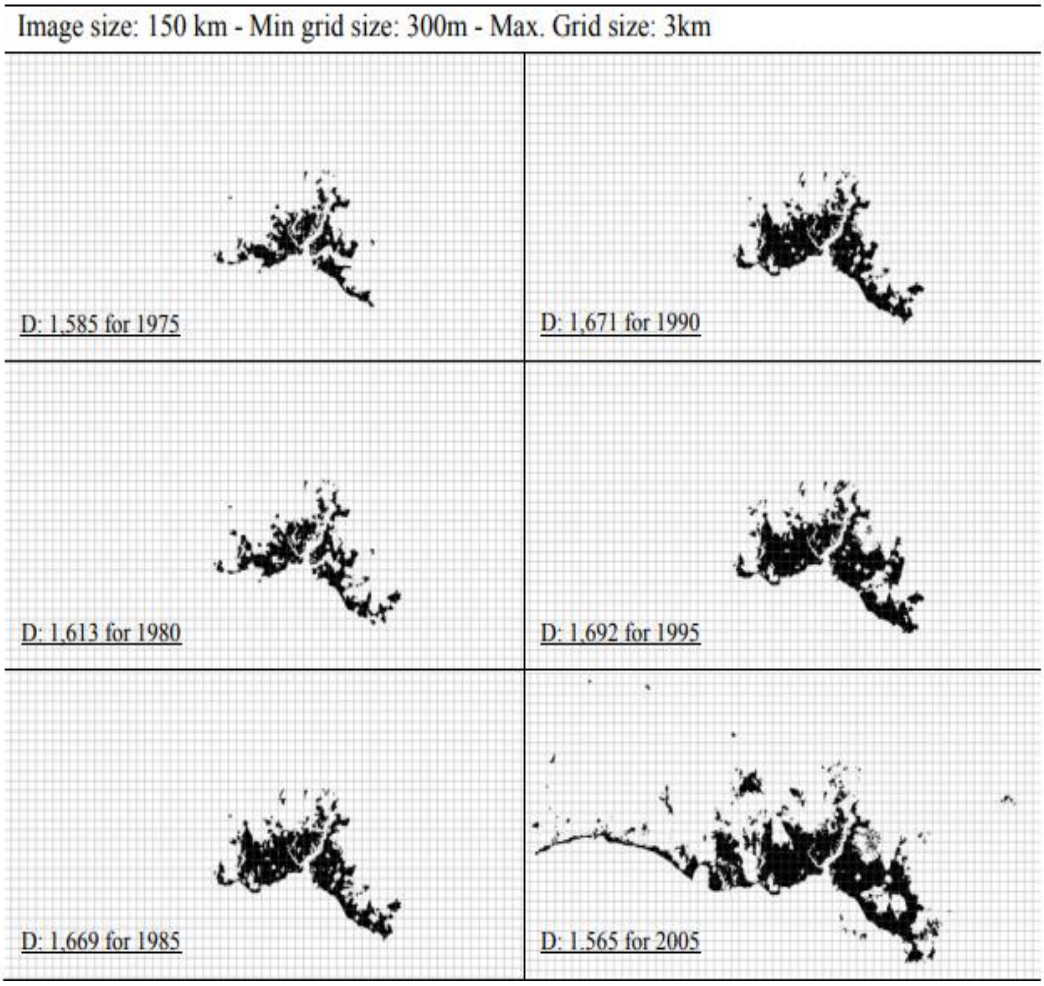
Batty (2007), mekânsal strüktür bağlamında bir kentin tüm olanaklarını mekâna ve mekânın ihtiyaçlarına uygun bir şekilde oluşturduğunu ve bunun zaman içinde her ölçekte (kentsel büyüme bağlamında) devam ettiğini belirtmiştir. Batty ve Longley (1994) fraktal bir kent strüktürünün kendi karakteristiğini her ölçekte yansıttığını ve yansıtacağını belirtmişlerdir.

Şekil 2.30'da Cardiff şehrinin fraktal kullanılarak üretilen kentsel büyüme simülasyonu görülmektedir. Farklı kentler üzerinde pek çok fraktal analiz yapılmıştır. Yapılan bu analizlerde genel olarak kentsel dokuların fraktal boyutları 1.4 ile 1.8 arasında değişen değerler almıştır. Örneğin McAdams (2007) tarafından yapılan fraktal analizler sonucu İstanbul'un fraktal boyutu 1.6-1.7 gibi bir değer olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.30. Cardiff'in kentsel büyümesinin fraktal simülasyonu (Gürbüz Yıldırım 2018)

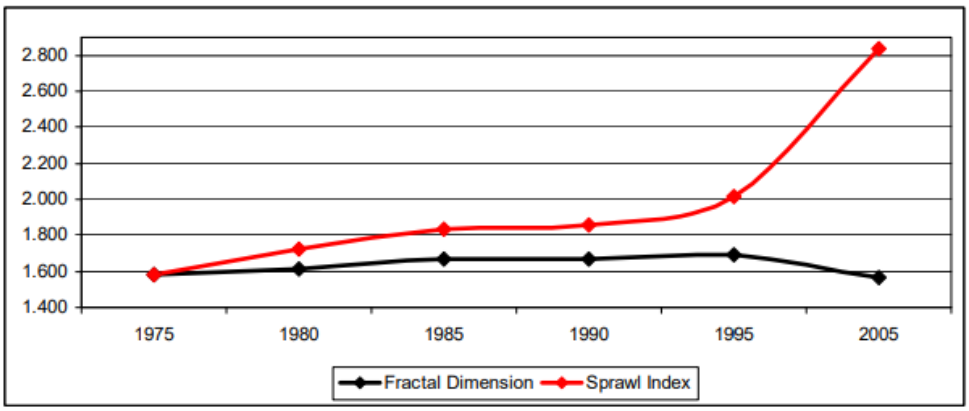
Terzi ve Kaya (2008), İstanbul'un 1975-2005 yılları arasındaki 6 dönemlik büyüme / genişleme değerini mahalleler ölçeğinde hesaplamış ve daha sonra bu belirlenen dönemlerde İstanbul'un kentsel şeklini fraktal geometri yöntemleri ile analiz etmişlerdir. Araştırmanın sonucunda kentsel büyüme dokusunun kümelenmiş bir şekilde olması durumunda kentsel formun fraktal değeri ve kentsel büyüme arasında pozitif bir ilişki olduğu, doğrusal bir kentsel büyüme dokusu olduğunda ise negatif bir ilişki olduğu ortaya koyulmuştur. Şekil 2.31'de 1975, 1980, 1985, 1990,1995, 2000 ve 2005 yıllarına ait fraktal değerleri ve haritaları görmekteyiz.



Şekil 2.31. 1975- 2005 yılları arasında İstanbul'un değişen mekânsal dokusu ve fraktal değerleri (Terzi ve Kaya 2008)

Bu sonuçlara göre, İstanbul'un kentsel dokusu 1975-1995 yılları arasında doğu-batı ve kuzey yönlerinde yaygın bir büyüme gösterirken, 1995-2005 yılları arasında master planlarına bağlı olarak yarı doğrusal ve çok merkezli bir gelişme göstermiştir. Bu nedenle çizelge 2.2'de görüldüğü gibi büyüme indeksi ve fraktal boyut negatif yönde değişmiştir. (Terzi ve Kaya 2008).

Çizelge 2.2. 1975- 2005 yılları arasında İstanbul'un değişen fraktal boyutu ve büyüme indeksi (Terzi ve Kaya 2008)



Kentsel boyut analizi örneklerinin çoğunda, büyüme modelleri, karayolu ve demiryolu ağları, açık alanlar ve silüetler dâhil olmak üzere bir şehrin karakteristik karmaşıklığını ölçmek için kutu sayım yöntemi kullanılmıştır.

Fraktal geometri uygulamaları daha önce bahsedilen çalışmalar ile sınırlı değildir. Fraktal geometrinin karmaşık nesneleri tanımlama ve analiz etme yeteneğine sahip olması birçok farklı alanda çeşitli bilimsel çalışmalar yapmamıza yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda, örneğin; tıp araştırmalarında, çevrebilim ve ekonomi alanlarının yanı sıra mimarlık ve kentsel tasarım alanlarında fraktal geometriye dayalı uygulamaları görmek mümkündür.

3. MATERYAL ve YÖNTEM: SİNAN MİMARLIĞI ve FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMLERİ

"Mimar Sinan" veya sadece "Sinan" olarak bilinen Koca Mimar Sinan bin Abdulmenan, Osmanlı döneminin en önemli mimarıdır. Adı Osmanlı İmparatorluğu'nun altın çağı ve İslam mimarisi ile eş anlamlı olarak değerlendirilmektedir. Mimarlık ve Sanat tarihçileri, İslam sanatının doğası, dili ve anlamları, Osmanlı mimarisi ve sanatının en iyi şekilde 'Koca Sinan' de ifade bulduğu konusunda hemfikirdirler. (Babović 2013)

Afet İnan, Sinan'ı şöyle tanıtmaktadır: "Mimar Sinan, Türk-Osmanlı devrinde yaptığı eserlerle ün salmış, büyük bir şahsiyettir. Onun bizzat imza ettiği mimari eserler, kurduğu mimari okula dayanarak yapılanlar, 16. asır Türk medeniyetinin en değerli medeniyet kalıntılarıdır. Mimar Sinan bir bakıma Türk mimarlığının sembolü olmuştur". (İnan 1968)

Kesin olmamakla birlikte Mimar Sinan, 1492 yılında Kayseri'nin Ağırnas köyünde doğmuştur. Yavuz Sultan döneminin ilk yıllarında, 1510'ların başında devşirme olduktan 2 sene sonra 'Acemi Oğlanlar Ocağı'na katılmıştır. 1521 Belgrad seferinden sonra subaylık ünvanını almış, 1526 Mohç seferinden sonra ise günümüzün teknik daire başkanlığı görevine denk olan 'Zemberekçibaşı' olmuştur. Aynı zamanda Sinan'ın Viyana ve Orta Avrupa seferlerine katıldığı bilinmektedir. 1533 yılındaki Tebriz seferinde Bağdat'a gitmiş, Van Gölünü aşacak gemilerin tasarımı ve yapımında görev aldıktan sonra ise Hasekiliğe yükselmiştir. 1539 yılının başlarında 'saray baş mimarı' görevine Kanuni Sultan Süleyman döneminde getirilmiştir. (Yağlı 2010)

Sinan'ın mimari beceresi, aldığı formal ve informal eğitim, katıldığı seyahatler gibi pek çok faktör tarafından şekillenmiştir. Bu faktörler, mimarisini araştırmak ve tasarım stratejisini yorumlamak için birçok bilim insanı ve mimarlık tarihçisinin ilgisini çekmiştir. Sinan'ın hayatı boyunca başarısı öyledir ki, birbirini izleyen üç padişah için çalışmıştır. Sinan 1588'de öldüğünde, Sultan'ın mezarından çok uzak olmayan Süleymaniye Camisi'nin yanına gömülüştür. (Ediz ve Ostwald 2012).

Osmanlı İmparatorluğu'nun en parlak döneminde 16.yy'da yaşayan, Türkiye'nin yanı sıra dünyanin dört bir tarafında 'dahi bir sanatkâr' olarak kabul edilen Mimar Sinan döneminin önemli bir mimardır. Sinan, anıtsal tasarımlarıyla Osmanlı İmparatorluğu'nun her tarafına Türk Sanatı'nın damgasını vurmuştur. (Erdem 2011)

Sinan'ın binalarının, eserin kişisel, sembolik veya olağanüstü etkisini ortaya çıkaran eleştirel söylem biçimlerini teşvik etme eğiliminde olması şaşırtıcı değildir. Bu binalar, sadece ibadet yerleri veya manevi tefekkür olarak değil, güçlü bir mevcudiyete sahiptir. Öyle ölçekleri ve maddi zenginlikleri, ancak nispeten yakın zamana kadar daha kapsamlı olarak analiz edilmemişlerdir. Sinan'ın mimarisini farklı kılan tasarım niteliklerinin derinlemesine yorumuna ancak son yirmi yılda gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarda görmek mümkündür. (Ediz ve Ostwald 2012)

Bu büyük mimarın başarılı kariyeri ve dehası, Osmanlı döneminde mimarlık ve İslam medeniyeti tarihçileri arasında büyük ilgi uyandırmıştır. Doğan Kuban'a göre; Sinan'ın mimarisinin en önemli özelliklerinden birinin süslemeye öncelik vermemesidir. Dönemin birçok camisi zengin bir şekilde dekore edilmişken, Sinan'ın tasarım stratejisi, yapının görsel ve biçimsel özelliklerinin net bir şekilde ifade edilmesiyle başlıyor, ardından yüzeylerin seçilerek dekore edilmesi ve son olarak da altta yatan malzeme varlıklarının net bir şekilde ifade edilmesiyle başlıyor. Necipoğlu, Kuban'ın görüşünü, Sinan'ın camilerinde *"süslemenin mimari tasarım üzerinde kesinlikle hiçbir etkisinin olmadığı"* şeklindeki yeniden ifadesi ile desteklemiştir. (Necipoğlu 2005).

Jale Erzen, Sinan'ın belirli 'görsel efektleri' elde etmek için farklı cami cephelerinde hiyerarşik katmanları ve 'çeşitli öğe türlerini' nasıl kullandığına ilişkin ilgili bir açıklama sunuyor. Erzen'e göre; Sinan'ın mimari ifadesinde güçlü bir örüntü vardır, burada bir dizi mimari yapı elemanı (tipik olarak sütunlar, kemerler, kirişler ve payandalar) pencereler tarafından perfore edilen girintili düzlemleri çerçeveler. Bu form tanımlandıktan sonra, süsleme, ışığın duvarlara, pencerelere ve eşiklere düşme şeklini kontrol etmek için kullanılır.

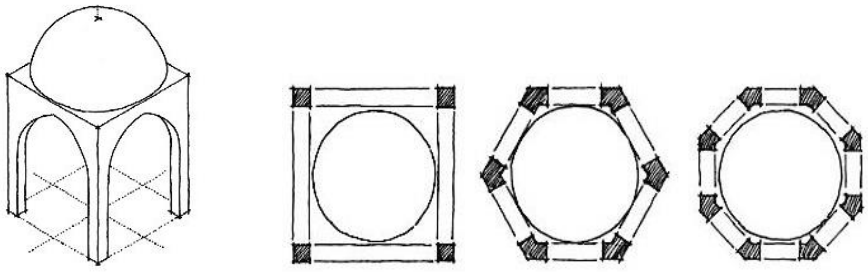
Sonuç olarak, süsleme oldukça azdır ve sanki Sinan altta yatan taş malzemenin son görsel katmanı sağlamasını istemiş gibi. Sinan'ın tasarım stratejisinin ilk erişilebilir ve

sistematik anlatımlarından birini sağlayan şey, Sinan'ın mimarisinin katmanlı ve hiyerarşik olarak - formun süslemeye hükmettiği ve malzemenin bitmiş işin görsel özellikleri için kritik olarak görüldüğü bir sistem - bu toplu yorumudur. (Ediz ve Ostwald 2012)

- **Sinan mimarlığı**

Mimar Sinan camilerini anlamak için, 50 yıllık mimarlık hayatı boyunca nasıl bir tasarım metodu izlediğini incelemek gerekir. İki önemli tasarım kriteri, Sinan'ın yapılarının oluşmasında rol oynamıştır: *Strüktür ve sembolizm*. (Yağlı 2010).

Sinan camilerinin strüktürel sistemi, kubbe ve kubbeyi taşıyan fil ayakları/kolonların bir araya gelmesiyle oluşmuş baldakenlerden oluşur. (Şekil 3.1) . Kubbe özellikle ibadet mekânları için dünya mimarlığında asırlardır kullanılan bir mimari form olagelmiştir. (Yağlı 2010). Mimar Sinan, tasarımlarında, önemli bir mimari eleman olan kubbeyi iç mekânı örtmek amaçlı kullanmış ve iç mekânı daha da genişletmek amaçlı yarım kubbelerden faydalanmıştır. Böylelikle kubbe ve yarım kubbelerden oluşan çeşitli kompozisyonlar geliştirmiştir. Kubbe yapısının iç mekânı genişletmedeki faydasının yanı sıra, yükü de taşıması, kar, rüzgâr ve her türlü çevresel etkene karşı strüktürel bir sistem oluşturması önemli özellikleri arasındadır. (Bilgin 2006).



Şekil 3.1. Dört, altı ve sekiz ayaklı baldaken gösterimi (Tuluk 2006).

Mimar Sinan, genç yaşta yapının yükünü binalarında taşıtmak için bir taşıyıcı sistem geliştirmiştir. Taşıyıcı sistem, baldakenden oluşur (4,6,8 ayaklı) + örtü elemanları (kubbe, tonoz) + geçiş elemanları (pandantif, tromp, Türk üçgeni, mukarnas) ve ana strüktür elemanlarından (duvar, ayak, kemer, payanda, minare, kubbe kasnağı, kasnak dayanağı, ağırlık kuleleri) oluşmaktadır. (Sancak ve Alaçam 2021, Bilgin 2006).

Sinan'ın camilerinde mekânı oluşturan strüktür iki temel yapı sistemi olarak ayrılabilir. Bunlardan ilki kubbe ve onu taşıyan baldakendir. İkincisi ise duvarlar ve baldakeni çevreleyen ikincil mekânların yapı sistemidir. Mimar Sinan Ağa camilerinde ölçekleri ve kullanıldığı yerler farklı olan kubbe varyasyonları kullanmıştır. Strüktürü ve işlevsel kullanışları farklı olan her camisinde, kubbeyi ve dolayısıyla mekânı farklı ele almıştır. Planı da belirleyen bu sistemde kubbe biçimci bir tutumla ele alınmıştır. Bu tasarımda strüktürel ilkeler ağır basar. (Erarslan 2020).

Cami gibi dini bir yapının sembolik karakteri Osmanlı için önemli olmasına rağmen, Sinan'ın yapılarında sembolizm strüktür sistemden bağımsız, sonradan eklenme tuzağına düşmeden, tüm yapım sistemi ve kütlesinden ayrılmaz biçimdedir. Sembolik öğeler ise tamamen strüktürden yola çıkarak kurgulanmıştır. Sinan camilerinde görülen bezemeler geometrik bir yalınlık içinde yapılarak, mekânın bütüncül sadeliği ile yarışmaz. Erzen Mimar Sinan'ın camilerinde bezeme kullanımının diğer İslam Mimarisi örneklerinden farklı olduğunu; sade ve abartıya kaçmadan, strüktürü öne çıkaran bir tavırla ele aldığını söyler:

"Küçük el sanatlarının eriştiği olgunluk da mimari bezemenin mükemmelleşmesinde etkili olmuştur. .... Yapıların anıtsallaşmasıyla bezeme de daha incelik kazandı. Mermer ve taş oymalar, silmeler ve çok renkli kemer taşalrı çoğu kez yapı öğelerini vurguamak üzere kullanılıyordu. Mukarnaslar eğrisel yüzeylerde ve zarif üçgensel biçimlerle kolon başlıklarında kullanılıyorlardı. .... Bezemenin kontrollü ve uyumlu kullanımı da, Osmanlı mimarlığını, genellikle çok bezemeli olan diğer İslam Mimarisi örneklerinden ayırır." (Erzen 2005).

Mimar Sinan'ın tasarımlarını incelediğimizde, aslında mimarın ağırlıklı olarak öncelikle strüktüre yapısına odaklandığı ve dış tasarımın çözümü ile iç fonksiyonun son derece gelişmiş bir iskelet sistem tarafından tanımlandığını görürüz. Ayrıca dekorasyon ve süslemeye dayalı elemanlar oldukça azdır. Mevcut olduklarında belirli bir panelde izole edilirler ve işlevleri sadece yapı elemanlarını güçlendirmektir. 16.yüzyılda el sanatlarının eriştiği çeşitlilik Sinan'a yapılarında farklı malzeme ve bezeme üsluplarını kullanması imkân vermesine rağmen, Sinan camilerinde bu zenginlik strüktürel elemanları öne çıkarmak için kullanılmıştır. (Yağlı 2010).

Sinan, Osmanlı mimarlığının, biçim ve strüktür aracılığıyla anıtsal etki etme özelliğini, büyük bir ustalık ve incelikle kullanmıştır. Yarattığı saf, derli toplu ve kademeli biçimle Sinan, en küçük yapılara bile anıtsallık va çarpıcı bir görünüm kazandırmıştır. Osmanlı mimarlığını, dikkatleri bütünden çok ayrıntı ve bezeme üzerine çeken İslam mimarlığından ayıran en önemli özellik kütle-hacim dengesi, biçimlerin sadeliği ve yüzey işlemesinin yalınlığıdır. (Erzen 2005)

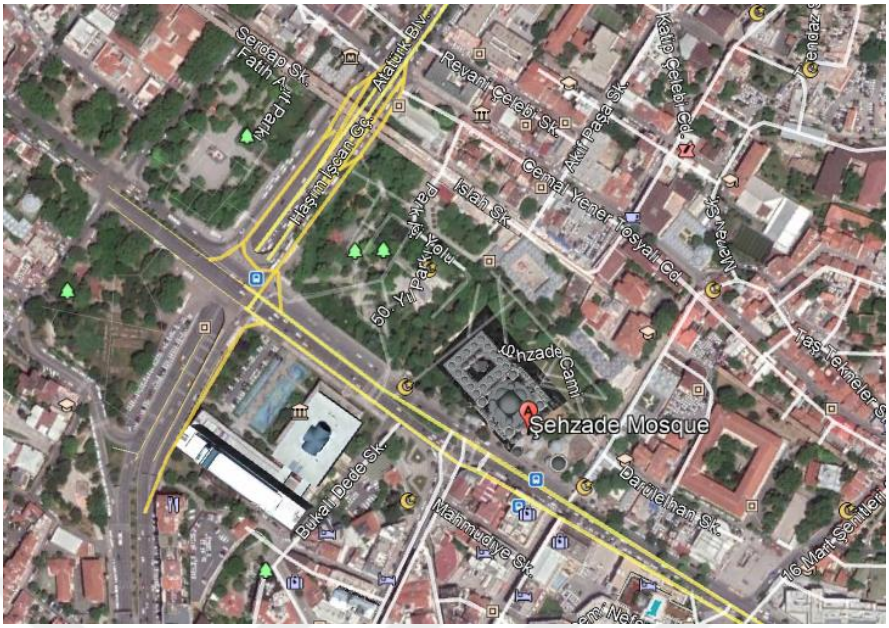
3.1. Sinan'ın Şehzade Camisi

Bu kısımda, öncelikle Şehzade Külliyesi tanıtılacaktır. Çalışma alanı olarak Şehzade Camisi'nin konumu, tarihi ve camiye dair çeşitli çalışmalar incelenerek caminin mimari özellikleri ve tasarım anlayışından bahsedilecektir. Aynı zamanda Şehzade külliyesi ve Sinan'ın külliye tasarımına dair yaklaşımları bu bölümde ele alınmıştır.

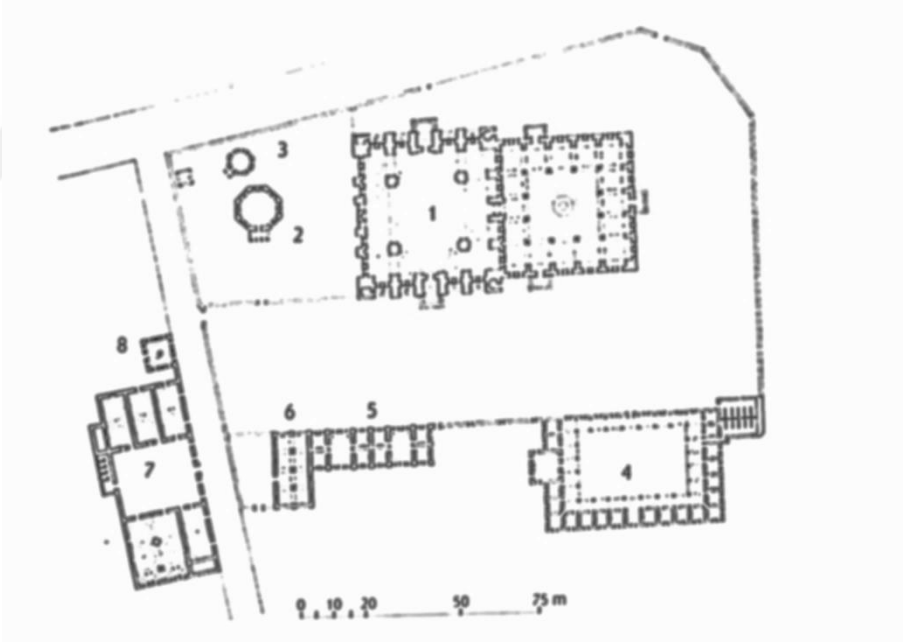
3.1.1. Şehzade camisi'nin konumu

Şehzade külliyesi, Divanyolu olarak bilinen şehrin ana merasim caddesi ile Bozdoğan sukemeri arasında yer almaktadır. (Necipoğlu 2013). İstanbul'un üçüncü tepesinde, Fatih ilçesinde bulunan Şehzade Camisi, 16. yüzyıldan kalma bir Osmanlı imparatorluk camisidir. (Şekil 3.2)

1543 yılında Kanuni Sultan Süleyman tarafından ölen oğlu Şehzade Mehmet'i anmak amaçlı yaptırılmıştır. Külliye, Sinan'ın ilk değerli imparatorluk görevi ve nihayetinde uzun kariyerinin başlarında tasarlanmış olmasına rağmen en büyük mimari eserlerinden biridir. (Sqour 2016) . Külliye, cami, medrese, sıbyan mektebi, imaret, çifte tabhane, kervansaray ve türbelerden oluşur. Külliye içindeki yapılar simetri ya da geometrik bir biçim endişesi olmaksızın geniş ve düz bir arazi içine dağıtılmış olup, cami ile bütünleşmezler, camiyi çeviren geniş bahçe duvarının ve sokak karşısında yer alırlar. (Güney 2002) (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Şehzade külliyesi ve yakın çevresi (Google Earth'ten uyarlanmıştır)



Şekil 3.3. Şehzade Mehmet Külliyesi'nin yerleşim planı, İstanbul:
1. Cami, 2. Şehzade Mehmet Türbesi, 3. Rüstem Paşa Türbesi,
4. Medrese, 5. Tabhane, 6. Kervansaray, 7. İmaret
8. Sibyan Mektebi. (Güney 2002)

Osmanlı kentini beçimlendiren en önemli unsurlardan birisi külliyelerdir. Osmanlı padişahları, külliyelerin Osmanlı kentinin adeta ikonları gibi kurulmasına çok önem vermiş ve pek çok mimarı bu devasa yapıları inşa etmeye teşvik etmişlerdir. Osmanlı kentinin çekirdeği olan külliye mimarisi Sinan'ın elinde olgunlaşmıştır. Sinan külliyelerinin çoğunu kentin fiziki ve estetik yönden anahtar noktalarına yerleştirmiştir. Kentsel kurguya ilişkin uygulamalarının en iyi şekilde görüldüğü külliyelerin yer seçiminde ve tasarımında Sinan, uzaktan görülebilmesi ve bir yerin simgesi olmasına çok önem vermiştir. (Erarslan 2014)

Sinan'ın yapılarının komşu yapılarla ilişkisi en belirgin şekilde külliye inşaasında ifade bulur. Kompleksi tasarlamanın önemini, çevredeki çevre ile olan kugusal ilişkisine bakarak görebiliriz. Mimar Sinan, kompleksin binaları ile mahalle binaları arasında güçlü bir ilişki kurar, kompleksi İstanbul şehrinin topografyasına uygun olarak tasarlar ve külliyenin içindeki dolaşımı, mevcut yolların yönüne cevap verecek şekilde tasarlar. Kompleksin içindeki ve yakınındaki dolaşımı yönlendirmek için birçok farklı unsur kullanmıştır. Mekân düzenleme dehasının örneği olan bu külliyelerde dolaşan insanları belli noktalara yönlendirmek için Sinan bazı mimari işaret ve simgelerden yararlanmıştır. Bu amaçla belirli eksenler üzerine kubbeli giriş, çeşme, yükseltilmiş dershane ve dua kubbesi[4] gibi öğeler yerleştirmiştir. (Ahunbay 1988)

Sinan yapılarının kent bütünü içindeki dağılımlarına bakıldığında, yapılarına kentsel bir bütünlük içinde algılanabilen ölçekler vererek kentsel bağlamda bir bütünlük sağlamaya çalıştığı görülebilir. Sinan kentsel yapılanmada önemli bir tasarım olarak gördüğü külliyeleri inşa ederken İstanbul'un zorlu arazi koşullarından dolayı yapılarını topoğrafya ile ilişki kurarak oluşturmuştur. Arazinin eğminine göre başarılı tasarımlar uygulayan Sinan, topoğrafik yapıyı zorlamayarak organik bir mimari anlayış içinde hareket etmiştir. (Erarsan 2014)

Külliyenin yapılış nedeni dini amaca yönelik olduğunda, diğer yapıların da cami gibi kıbleye doğru yöneldikleri durumlar oluşmuştur. Külliyeler geniş arazilere inşa edildiğinde genel yerleşme planı kıbleyi esas alan dik açılı bir sistemden

[4] Dua kubbesi: Üstü örtülü olmayan bazı Osmanlı arastalarını oluşturan iki yanı dükan dizileriyle sıralanmış sokağın, başka bir ulaşım ekseniyle kesiştiği noktada yer alan tek kubbe. (Anonim 2011).

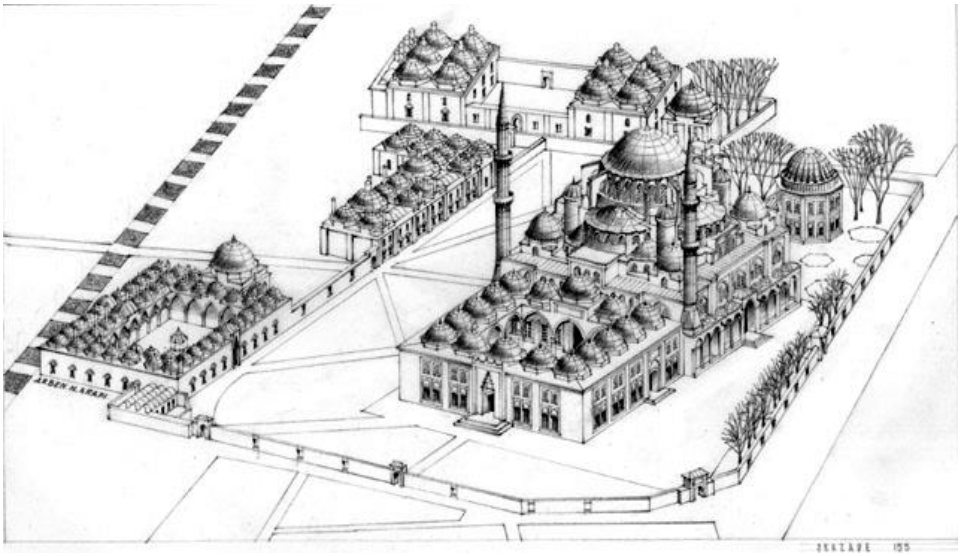
oluşturulmuştur. Kısıtlı arsalarda ise, külliye bileşenleri belirli bir düzene bağlanmadan yerleştirilmişlerdir ve burada sokak doğrultusu, topoğrafya ya da her ikisi yapıların konumlarının belirlenmesini etkilemiştir. İç düzenlemenin belkemiğini oluşturan ana arterlerle, külliyenin çevre yerleşmeyle ve kendi bileşenleri arasındaki ilişkiler ağı net bir biçimde çözümlenmiştir.(Ahunbay 1988)



Şekil 3.4. Önde Şehzade, arkada Süleymaniye camisi (Kuban 1998)

Mimar Sinan'ın ilk selatin külliyesi olan Şehzade Külliyesi'nde (1548) dış çevreyi şekillendirilişi çok net okunur. Kitlenin bulunduğu düzlük Fatih ve Bayazıd külliyeleri arasında, hem Marmara'yı hem Haliç'i gören ve Evliya Çelebi'nin kentin merkezi, dediği yerdir. Sinan külliyenin önemini artırmak için arkasına Pertev ve Ali Paşa saraylarını yaparak bu mahallin önemini artırmıştır. Caminin avlu duvarının köşesinde bulunan yeşil porfir[5]den sütunun ise Sinan tarafından kentin göbek noktası olduğunu vurgulamak için konulduğuna inanılır. (Erarslan 2014).

[5] Porfir: Antik eserlerde sıkça kullanılan bir taştır. İnce kristallerden oluşmuş siyah - yeşil renkli bir hamur içinde açık yeşil renkli büyük kristalleriyle tanınır. Anıtsal yapılarda, diğer renkli taşlarla birlikte geometrik biçimli kaplamalarda, kakma olarak şebekelerde kullanıldığı görülmektedir. Yunanistan'da Mora yarım adasının Maratonozi bölgesinde çıkarılan taşa - Porfiro verdo antico - da denmektedir. (Anonim 2012b).



Şekil 3.5. Şehzade Külliyesi; izometrik görüntü (Necipoğlu 2013)



Şekil 3.6. Şehzade Camisi ve Küliyesi – havadan görünüş (Güney 2002)

3.1.2. Şehzade Camisi'nin tarihçesi ve önemi

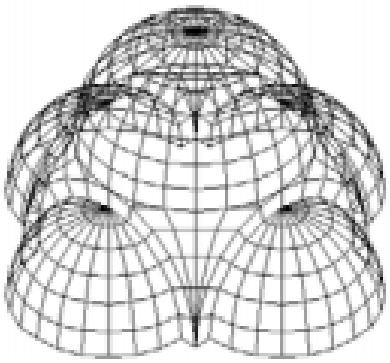
Bir örtü elemanı olarak Kubbenin kullanıldığı mekânlarda, 14. Yüzyılın başından itibaren tutarlı bir gelişme görülmüştür. Sinan'dan önce kubbeli mekân mimarisinin tüm ana öğeleri kullanılmıştır. Bu dönemde yapılan mekânlarda plan biçimi olarak enine ya da boyuna genişleyen denemeler yapılmasına karşın, kubbeye verilen önemden ötürü merkezi plan olmasına özen gösterilmiştir. Ancak, çok basit şekilde küp ve yarım kürenin birleşimi olarak nitelendireceğimiz bu yapılarda Anadolu Ortaçağının arkaik ve dekoratif tasavvurları görülmemektedir. Masif, bölüntüsüz statik karakterde bir strüktür göze çarpmaktadır.

Bu dönemin aşılmasında, Sinan'ın Şehzade Paşa Camisinin çok önemli bir yeri olmuştur. Avrupa Mimarisinin gelişiminde Saint-Denis nasıl Roma sanatından gotiğe geçişteki eski elemanlarla yeni düzenler ortaya koymanın ifadesi ise, Sinan'ın inşa ettiği ilk büyük yapı olan Şehzade Camisi Türk Mimarisi'nin gelişiminde aynı değerde bir aşama olarak kabul edilmiştir. (Erdem 2011) (Şekil 3.7) (Ek 1)



Şekil 3.7. Fransa'da bulunan Saint-Denis Bazilikası (Anonim 2017)

Sinan yarım kubbe problemini ilk defa ele alarak orta kubbeyi yarım kubbelerle desteklemiş. Mimar Sinan, Ayasofya ve Beyazıt Cami plan şemalarını aşarak dört yarım kubbeli ideal merkezi bir yapı meydana getirip, anıtsal boyutlara çıkarmıştır. Mekânın 4 yönde yarım kubbeler ile genişletildiği Şehzade Camisi, rasyonel gelişimini gösterir. Şehzade Camisi'ndeki strüktürel ilişkilerin dinamiği, daha önceki Osmanlı örneklerinde bulunmayan bir parça sürekliliği ve bağımlılığının kanıtıdır. (Erzen 2005)



Şekil 3.8. Şehzade Camisi'ndeki kubbeli mekan örtü sistemi (Bilgin 2006).

Şehzade Camisinde ortaya koyulan önemli bir yenilik de, cami yan cepheleri tasarımında masif duvarların yerini revaklar almaktadır. Revak kullanımı Sinan'ın camilerinin cephelerine verdiği önemin bir göstergesidir. Böylece yan cephelere hareketlilik gelmiş, yapının masif karakteri yumuşamış ve strüktürel yeni düzenleme sayesinde kubbeyi taşıyan sistemi daha güçlü bir şekilde ifade etme imkânı sağlanmıştır. (Erdem 2011, Yağlı 2010)

Sinan'ın, daha önce tasarladığı birkaç camiden sonra böylesine kararlı ve olgun bir ürün vermesi şaşırtıcı bir başarıdır. Sinan bu yapıda, belki de genç yaşta ölen Şehzade için, kendisi büyük bir sadelik yanlısı olmakla beraber, en zengin bezemeli eserini vermiştir. Şehzade Camisi şeması çok beğenilmiş ve Sinan'dan sonra yapılan büyük camilere; Yeni Valide Camisi, Sultanahmet Camisi ile Yeni Fatih Camisi'ne örnek olmuştur. (Güney 2002)

3.1.3. Şehzade Camisi'nin mimari özellikleri

Külliyenin kalbı olan Şehzade Camii, kapalı bölümü ile açık olan avlu kısmı eşit birer kare olan iki bölümden meydana gelmektedir. Kare olan cami, iç hacimde kubbeyi taşıyan dört ayaklı bir merkezi baldaken çevresinde simetrik bir sistem haline sokulmuştur. (Erdem 2011)

19 metrelik kubbe çapı ve 37 metrelik kubbe kilide yüksekliği ile Şehzade Mehmet Camisi tasarımı, Sinan'ın iç ve dış biçimlenişinde kubbeli yapının merkezi planlı ideal şemasını gerçekleştirerek ulaştığı ilk aşamadır. (Soyluk ve Tuna 2011)

- **Plan kurgusu**

Şehzade Camii'nin modüler planı, birbirine iki şerefli çifte minare ile bağlanan, birbirine eşit büyüklükte iki meydandan, yani mermer döşeli çeşme avlu ve ibadethaneden oluşmaktadır. Cami, genellikle İtalyan Rönesans kiliselerinin 'ideal' merkezi planlarıyla karşılaştırıldığında kubbeli baldakeniyle ünlüdür. Merkezi şemalı baldaken, dört çokgen filpaye (filayağı) üzerinde yükselen ve dört yarım kubbeyle kuşatılmış ana kubbeden oluşur. (Necipoğlu 2013).

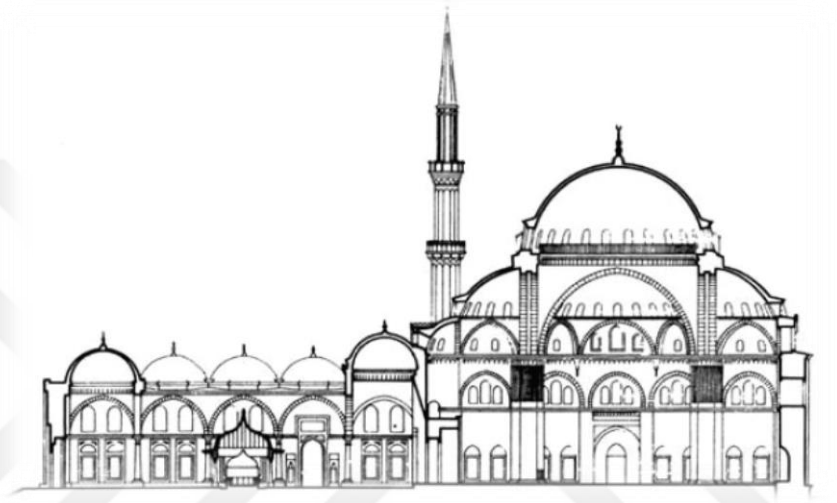
Sinan'ın çıraklık eserim diye bahsettiği Şehzade Camisi ve avlusu, 5x5'lik modüler plan şemasına göre tasarlanmıştır. Plan şeması olarak dört yarım kubbenin desteklediği kare çardak planlıdır. Şehzade Camisinin kapalı ve açık mekanları iki kare modül şemasının bir örneğidir. Her bir kare alan 5X5 modüle bölünmüştür. (Yağlı 2010)

Cami kısmında 5X5 modülün ortadaki 3X3'lik modülün üstü ana kubbeyle örtülüyken, ana akslardaki ikişer modül kadarki kısımlar dört yarım kubbeyle ana kubbeyi desteklemektedir. Köşeler dört adet kubbeyle örtülüdür.

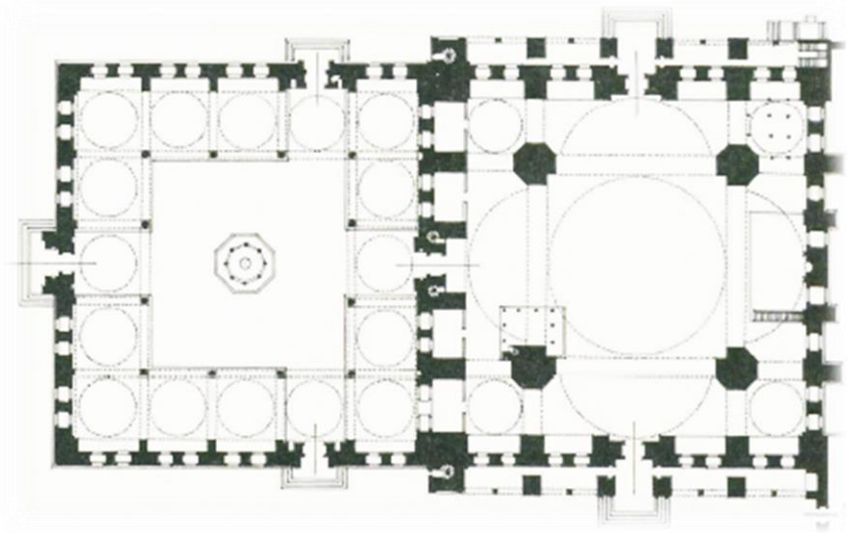
Dört yarım kubbeyi destekleyen ikişer yarım kubbelerin varlığı Sinan'ın tasarımlarında Ayasofya'nın etkisi olduğunu düşündürür. Şehzade Camisi, Sinan'ın ilk büyük camisidir ve geometrik bir tasarım idealine göre tam bir simetriyle planlanmıştır.
(Yağlı 2010)

Ernst Egli, *Osmanlı Altın Çağının Mimar Sinan* kitabinde Cami'nin plan düzeni ile ilgili şöyle açıklamaktadır: "Seçilen düzenin mantığında, içinde yaşanılan mekânın dışavuran görüntüsünün ağırbaşlılığı ile her türlü yükün, zorlu çekilmeden taşıttırılmasını sağlayan çözümün uzlaştırıldığı, sanatsal bir amaç hissedilir". (Egli 2009).

Şehzade Mehmet Camisi'ne ait plan ve kesit çizimleri şekil (3.9 ve 3.10) 'da verilmektedir.



Şekil 3.9. Şehzade Mehmet Camisi'ne ait kesit (Soyluk ve Tuna 2011)



Şekil 3.10. Şehzade Mehmet Camisi planı (Çizim: Ali Saim Ülgen)

- **Cephe kurguları:**

Osmanlı Mimarisinde cephelerin pencereli taşıyıcı duvar kimliğinden çıkarak bir saray cephesi niteliğinde galeriler haline dönüşmesinin Şehzade M. Camii ile başladığı Belirtilmektedir. (Bomba 2006)

Kuzey Cephesi (Giriş Cephesi) : Cami cephelerindeki en önemli cephe, ana girişin olduğu kuzey cephesidir (Şekil 3.11). Anıtsal yapılarda kuzey cephesi avlu revağı ile bütünleşmiştir. Bu da giriş cephesinin üç boyutluluğunu arttırmaktadır. Kuzey ana gövde duvarı simetri ekseninden uzaklaştıkça minare ve iç mekânın yapı elemanlarının etkisiyle açıklıklar azalmakta, bu bölümlerdeki düzenlemeler ana girişe yakın alanlara göre daha hafif hale gelmektedir.

Güney (Mihrap) Cephesi: Şehzade Mehmet Camii'nde sadece kıble kenarındaki duvar tam yüksekliğiyle görülebiliyor. Diğer cephelerde taşıyıcı ayaklar gizlenerek cami, insan ölçeğine indirgenmiştir. Şehzade Mehmet Camii'nin güney cephesinde üç katlı bir cephe yapısı görülmektedir. (Şekil 3.11). İkili gruplar halinde duvar dikmeleri arasında üç katlı pencere düzenlemesi bulunmaktadır. Binanın birinci katı, köşe ayakları ile cephenin her iki yanındaki kalın sütunlar arasında üç katlı bir pencere düzeni olarak oluşturulmuştur. Mihrabın her iki yanındaki duvar direkleri diğer sütuna daha yakın olduğu için tek pencereli üç katlı bir pencere düzenlemesi görülmektedir. Üstte sadece bu cephede görülen dairesel pencereler vardır. Mihrabın bulunduğu bölüm düz bırakılmıştır. Bunun üzerinde üçlü pencere düzeneği ve her iki tarafta birer pencere bulunmaktadır. Mihrabın her iki yanındaki payandaların köşelerinde ve dairesel pencerenin bulunduğu bölümde kemerin üzerinde görülen mukarnas dizisi ikinci katı oluşturmaktadır. Ortada mihrabın bulunduğu eksende bir dizi palmetle sınırlanan üçlü pencere dizisi üçüncü katı oluşturmaktadır. (Ek 2) (Bomba 2006)



Şekil 3.11. Solda; Şehzade M. Camii kuzey cephesi. Sağda; Şehzade M. Camii güney cephesi. (Mohtasib 2021)

Yan Cepheler: Doğu ve batı cepheleri (Şekil 3.12), dış ayaklar arasında yer alan iki yuvarlak kemer, kubbe ile örtülü boşluklar ve kapının her iki yanında dört kemerle düzenlenmiştir. Giriş mekânının cephesi daha yüksektir ve sivri kemeri ile daha belirginleştirilmiştir. Bu revak düzenlemesi cephede birinci katı oluşturmaktadır. İkinci katta ayaklar arasında kemere yerleştirilmiş üçlü pencere düzeni bulunmaktadır. Üçüncü katta, kapının üstünde, biri ortada büyük, yanlarda daha küçük olmak üzere üçlü pencere düzeni vardır. (Ek 2) Caminin doğu ve batı cephesindeki revakların üst örtü sistemine kadar olan yüksekliği iki şerefeli minarelerin kaidesini oluşturmaktadır. (Bomba 2006)



Şekil 3.12. Solda; Şehzade M. Camii batı cephesi. Sağda; Şehzade M. Camii doğu cephesi. (Mohtasib 2021)

Avlu Cepheleri: Şehzade Mehmet Camii avlu cephelerinde profilli silmelerle belirlenmiş, altta ve üstte ikişer olmak üzere avlunun her cephesinde dörtlü pencere kuruluşları görülmektedir. (Bomba 2006)

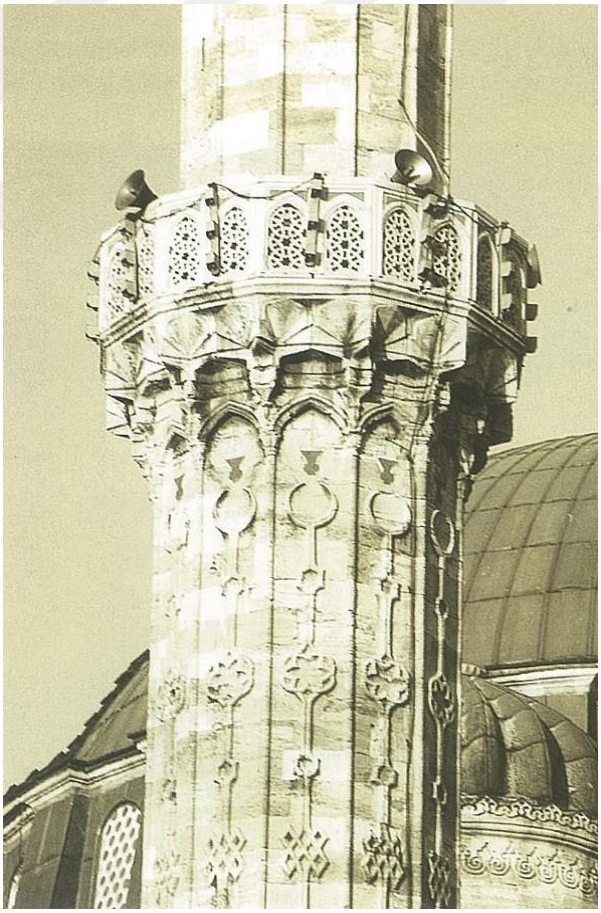
Şehzade M. Camii, süslü yaklaşımı açısından eşsiz bir yapı olarak kabul edilmektedir. Bu cami ile sadelik ilkesi aşılmıştır. Sinan camide daha önceki çalışmalarına göre daha çok bezeme kullanmış, detaylı kornişler, frizler, tepeler ve renkli taşlar kullanılmıştır. (Şekil 3.13). Cephedeki dekorasyonun ana malzemesi taştır. Yapının iç dekorasyonu çeşitli dönemlerde değişikliklere uğramıştır. Özellikle yangın sonrası yapılan onarımlarda dönemin özelliklerine uygun süslemeler yapılmış, 1986 ve 1993 yıllarında yapılan onarımlarda özgün süslemeler bulunmuştur. (Erdem 2011)

Caminin ana kapı duvarının 2 yanında yer alan iki şerefli minare, yapının en dikkat çekici kısımları arasındadır. Diğer cami ve minarelerin sadeliği burada yoktur. Bu minarelerde Koca Sinan'ın dekorasyonu eşsizdir. (Şekil 3.14). Necipoğlu, *Sinan çağı : Osmanlı İmparatorluğu'nda mimari kültür* Kitabında, bu iki şerefli minare hakkındaki görüşlerini şöyle anlatmaktadır: "Şehzade Mehmet'in ayrıcalıklı veliahd şehzade statüsünü temsil eden ikişer şerefeli çifte minareler, mukarnaslı şerefelerinin atlındaki kırmızı küfeki taşından kakmalı kandillerin eşliğinde, silmelerle birbirinden ayrılan, kat kat dikey dizeler oluşturan kabartmalı hilal, yıldız, rozet ve düğüm motifleriyle, eşsiz bir bezeme zenginliği sergiler." (Necipoğlu 2013)

Şehzade Mehmet Camisi'nde çeşitli malzeme türünü uygulanmıştır. Kullanılan yapı malzemesi; Taş, tuğla ve harçtır. Sütunlar, kemerler, iç kemerler, fil ayakları ve duvarlar taş bloklardan yapılmıştır. (Soyluk ve Tuna 2011)



Şekil 3.13. Şehzade Camisi – bezemeden bir detay (Günay 2002)



Şekil 3.14. Şehzade Camisi, minare – detay (Kuban 1998)

3.2. Fraktal Değerin Hesaplanması: Kutu Sayım Yöntemi

"kutu sayım yöntemi" her hangi bir mimari kurgudaki fraktal değerin hesaplanması için kullanılmaktadır. (Bovill 1996). Bu yöntem ele alınan kurgudaki detay zenginliğini ve sürekliliğini dikkate alır. Kutu sayım yöntemi ile hesaplanan fraktal değer, içinde veri bulunan çizgileri içeren kutuların sayılması ve boş kutularla oranlanması ile belirlenir. Bu amaçla oluşturulan ızgara büyüklüğü küçüldükçe içinde veri bulunan kutu sayısı artar. Daha sonraki aşamada bulunan dolu ve boş kutular aşağıdaki formülde yerlerine konur ve fraktal değer elde edilir. (Ediz ve Çağdaş 2005)

$$D = \log(a)\text{-}\log(b) \,/\, \log(c)\text{-}\log(d)$$ [6]

Kutu sayım yöntemi bir görsel ile başlar; sonra bu görüntünün üzerine bir ızgara yerleştirilir ve her bir kare, ızgarada mevcut olan herhangi bir çizginin olup olmadığını tespitetmek amaçlı analiz edilir. İçinde çizgi olan kutu sayısı ve boş kutu sayısı daha sonra kaydedilir. Daha sonra aynı görselde ilk ızgaraya göre küçültülmüş bir ızgara oluşturulur; ızgara farklı bir ölçekte olmasına rağmen aynı işlem tekrarlanır ve içinde bilgiler bulunan kutu sayısı kaydedilir. (Ediz ve Ostwald 2012).

Kutu sayım yöntemi ile gerçekleştirilen fraktal değerin hesaplanması ile ortaya çıkan sayısal değerler, 'fraktal boyut' olarak tanımlanan değerlerdir. Fraktal değer ise etrafımızda herhangi bir objenin karmaşıklık derecesi hesaplamak ve yapıda mevcut detay zenginliğini anlamamız için yardımcı bir değerlerdir. Kutu sayım yöntemi ile elde edilen fraktal değer doku hakkında ipuçları verirken, yeni dokuların oluşturulmasında da kullanılabilir. (Ediz ve Çağdaş 2005).

Özetle, fraktal değer, 1 ile 2 arasında çeşitli değerlerde olabilir. Sonuç olarak eğer elde edilen değer 2'ye yakınsa doku, detay zenginliği açısından oldukça yoğun sayılır.

[6] D: Fraktal değer
a: sonraki çevrimde sayılan dolu kutu sayısı
b: önceki çevrimde sayılan dolu kutu sayısı
c: sonraki çevrimde yer alan alt satırdaki kutu sayısı
d: önceki çevrimde yer alan alt satırdaki kutu sayısı

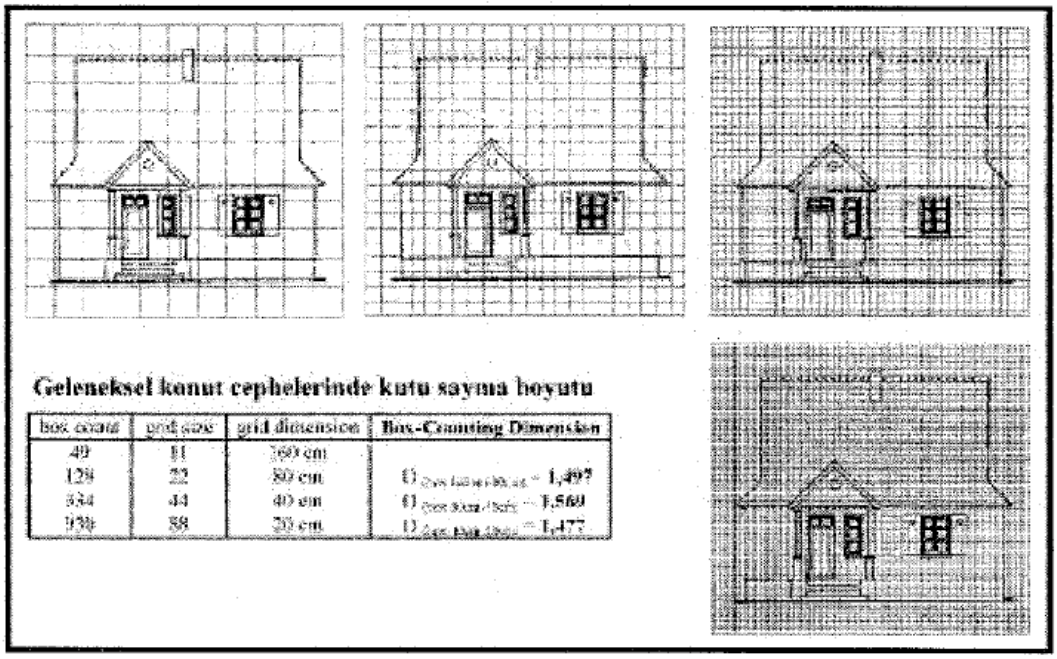
Ancak değer 1'e yakınsa ise o doku sade sayılmaktadır ve detay zenginliğine sahip değildir. (Ediz ve Gürsakal 2010)

Örneğin 1; Mudanya'da bir sokağa ait siluetin bu yöntemle hesaplanan fraktal değeri "1.7" olarak bulunmuştur (Şekil 3.15). Bu değer fraktal kurgunun oldukça yüksek olduğunu ve mimarideki detay zenginliğinin varlığını gösterir. Fraktal değer "1" e yaklaştıkça bu kurgu gücünü kaybeder. (Ediz ve Çağdaş 2005)



Şekil 3.15. Mudanya konutlarının fraktal değerinin hesaplanması (Ediz ve Çağdaş 2005)

Örneğin 2; Zarnowiecka'nin Polonya'daki geleneksel konut cephelerinin değişimi konusunda yapmış olduğu çalışmada bina cepheleri üzerinde fraktal boyut analizleri yapılmış ve tasarımı anlamakta yardımcı bir araç olarak değerlendirilmiştir. (Şekil 3.16) (Kaya ve Bölen 2006)



Sekil 3.16. Konut cepheleri üzerinde fraktal boyut analizi (Kaya ve Bölen 2006)

Fraktal analiz, mimari eserlerin niceliksel ve matematiksel analizinde en yeni yaklaşımlardan birisidir. Bu yöntem, bir nesne veya görüntünün fraktal boyutunun değeri ile temsil edilen görsel karmaşıklığını ölçmek için kullanılır. Fraktal boyutun değeri ne kadar yüksek olursa, bir nesne veya görüntü o kadar karmaşık bir kurguya sahip olur. Başlangıçta iki boyutlu görüntünün veya çizgisel görüntünün fraktal boyutunu ölçmek için kullanılan bu yöntemi; son zamanlarda üç boyutlu nesneleri analiz etmek için de kullanıldığı izlenmektedir. Her iki uygulama da herhangi bir nesnede bulunan görsel bilgilerin nicel ölçümü prensibine dayanır. (Lionar ve Ediz 2020).

3.2.1. Benzer çalışmalar

Çalışmanın bu kısmında, sayısal fraktal analiz yöntemini çok katmanlı fraktal analiz yöntemi ile daha önce yapılmış çalışmalardan bahsedilecektir. Sinan'a ait 2 ayrı yapının analizini kapsayan bu iki çalışma Ediz ve Ostwald tarafından yapılmışlardır. Her iki çalışmada camilerin cephesinde bulunan geometrik bilgiler üç katman halinde kurgulanmış ve bağımsız olarak her katman ayrı ayrı hesaplanmıştır. Söz konusu katmanlar; form, form süsleme, form süsleme ve malzemedir.

- **Süleymaniye Camii**

1550 yılında inşa edilen Süleymaniye Camii, Sinan'ın kalfalık eseri olarak da adlandırılır. İstanbul'un Süleymaniye Bölgesi'nde ve topografyanın en üst kotunda yer alır. Klasik Osmanlı Mimarisi'nin en önemli örneklerinden biri olan bu camii, Cihan hükümdarı olma iddiasinda olan padişah şahsi ile özdeşleştirilmiştir. (Emre 2020). Külliye; cami, medrese, darüşşifa, dalürlhadis, çeşme, darülkurra, darüzziyafe, imaret, hamam, tabhane, kütüphane ve düllanlardan oluşur. Süleymaniye Camisi; mimari kurgu olarak bir tam ve 2 yarım kubbenin dikdörtgen bir plan şemasını örtmesiyle oluşur. Dikdörtgen plan şeması; önünde yer alan 4 minareli şadrıvan avlusu ile birleşir. (Ediz 2015).

Çalışma, mimar Sinan'ın en önemli çalışmalarından birisi üzerinde karakteristik görsel karmaşıklığı ve katmanlaşmayı incelemek amaçlı nicel, matematiksel ve hesaplamalı bir yaklaşımı kullanmayı hedeflemektedir. Bu çalışmada, Süleymaniye Camis'nin dört ana cephesini, form, form süsleme ve form, süsleme ve malzeme bağlamında 2 cephe detayının yanı sıra incelenmektedir. Çalışma, çok katmanlı fraktal analiz yöntemi kapsamında bir kurguya sahiptir. Bu yöntem ile cephelerin fraktal boyutunu hesaplayarak mimarın tasarım stratejisinin baskınlığını belirlemek mümkün olabilir. Çalışma sonucunda, çok katmanlı fraktal analiz yönteminin kullanılarak binanın cephelerinin mimari özelliklerini analiz etmedeki yetkinliği gösterilmektedir.



Şekil 3.17. Süleymaniye Camii, genel görünüş (Mohtasib 2021)

İlk adım:

Cephedeki kitlesel davranışın analizi şeklinde yapılmıştır. Diğer detaylar ve malzemesel izler temizlenmiştir. (şekil 3.18a) (şekil 3.20a)

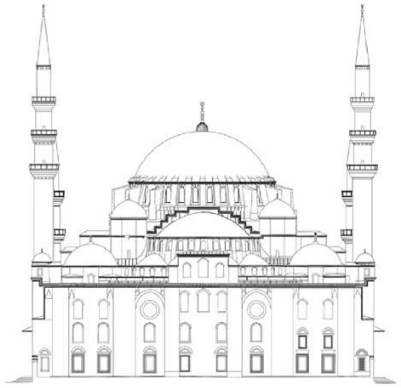
İkinci adım:

Cephedeki kitlesel davranışa süslemeler ve kitlelerdeki ikincil unsurlar eklenmiştir. (şekil 3.18b) (şekil 3.20b)

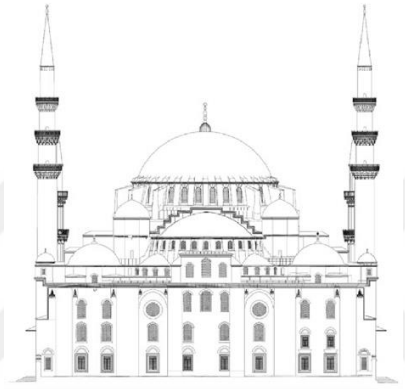
Üçüncü Adım:

Tüm cephe kurgusu süslemeler ve malzemesel izler de dâhil edilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. (şekil 3.18c) (şekil 3.20c)

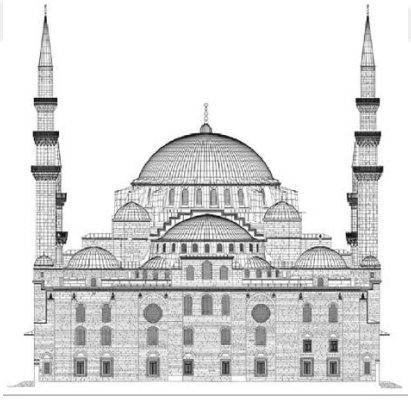
(a)



(b)



(c)



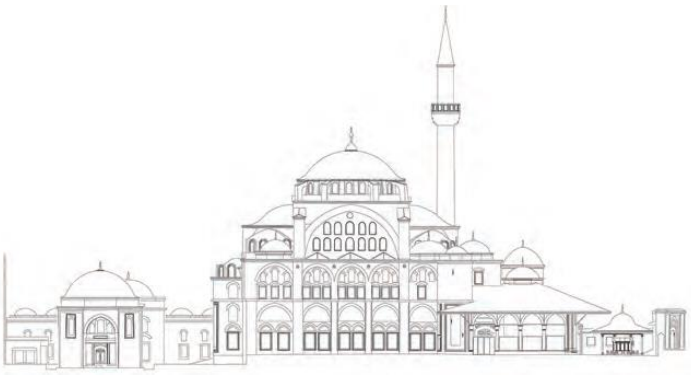
Şekil 3.18. (a) Katman 1; Süleymaniye Camii'nin güney doğu cephesi – form. (b) Katman 2; Süleymaniye Camii'nin güney doğu cephesi – form süsleme. (c) Katman 3; Süleymaniye Camii'nin güney doğu cephesi – form süsleme ve malzeme. (Ostwald ve Ediz 2014)

- **Kılıç Ali Paşa Camisi**

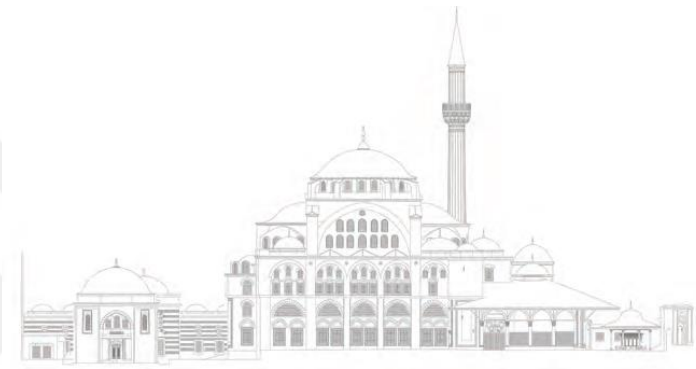
1578 yılında, Kaptan-ı Derya olan Kılıç Ali Paşa tarafından yaptırılan külliye; cami, medrese, hamam ve türbeden oluşur. Külliye dikdörtgen bir plan şemasına sahip olup kıble yönünde güney-doğu aksında İstanbul'da, Tophane bölgesinde deniz kotunda konumlandırılmıştır. Mimari tarihçiler, bu camiyi sezgisel yaklaşımlarla irdelemiş ve Sinan'ın mimari anlayışı açıklamak için farkı yorumlarda bulunmuşlardır. (Emre 2020). Necipoğlu'na göre Sinan, Kılıç Ali Paşa camisi Ayasofya Kilisesi'nin daha küçük ölçekli bir modelini tasarlamış ve bu durum Sinan'ın işvereninin Ayasofya'ya hayranlık duyması ile açıklanabilir. (Necipoğlu 2005). Bir tam ve 2 yarım kubbe gibi camiyi oluşturan birçok mimari unsur Ayasofya'da da yer almaktadır. Yapının Ayasofya ile benzerliğini en fazla vurgulayan eleman iki yanlardaki birer çift destek payandasıdır. Burada Sinan, çok iyi incelediği Ayasofya'nın planı ile üst yapısını gerek estetik gerek statik bakımlardan daha kusursuz olarak değişik bir mimari anlayışla yorumlamıştır. (Ediz 2015, Eyice 2002).



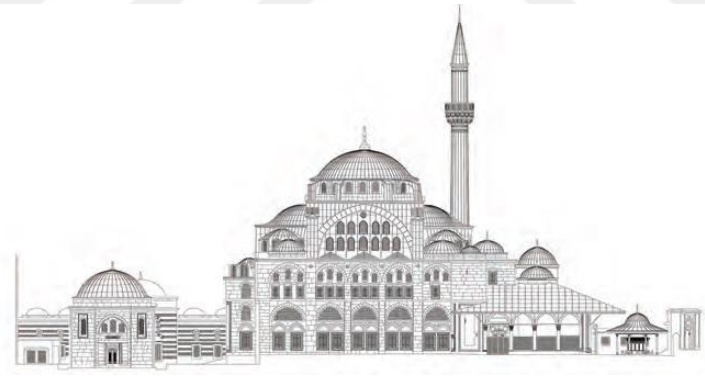
Şekil 3.19. Kılıç Ali Paşa Camisi – genel görünüş (Mohtasib 2021)



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.20. (a) Katman 1; Kılıç Ali Paşa Camii'nin kuzey doğu cephesi – form. (b) Katman 2; Kılıç Ali Paşa Camii'nin kuzey doğu cephesi – form süsleme. (c) Katman 3; Kılıç Ali Paşa Camii'nin kuzey doğu cephesi – form süsleme ve malzeme (Ediz 2015)

3.3. Çalışmada Kullanılan Yazılım

Fraktal değer kutu sayım yöntemi ile elde edilmektedir. Söz konusu yöntem el ile hesaplanabileceği gibi, günümüzde kullanılan çeşitli yazılımlar aracılığı ile de hesaplanabilir. (Kanatlar 2012). Bu çalışmada pratiklik ve hızlı olması açısından yazılımların kullanılması tercih edilmiştir.

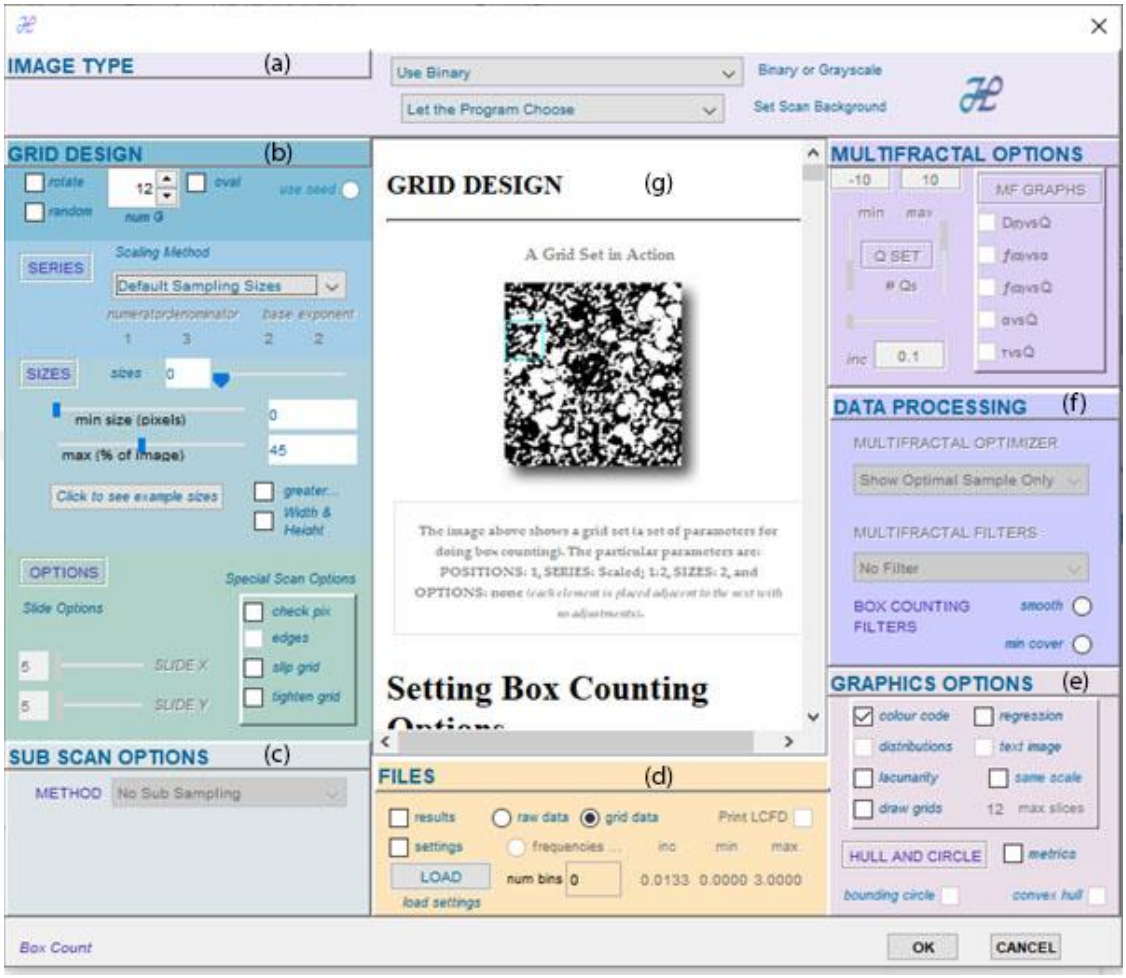
Mimaride fraktal kavramı ortaya atan Bovill çalışmalarında hesaplamaları her seferinde el ile yapmıştır. Bu nedenle mimari analizde incelenecek çizimleri belirli sınırlar içerisinde inceleyebilmiş, daha kapsamlı bina komplekslerini inceleyememiştir. (Bovill 1996). Ostwald, Vaughan ve Tucker kutu sayım yöntemi otomatikleştirmek için 2008 yılında 'Archimage' ismini verdikleri bir yazılım geliştirmiştir. Bu sayıda analiz edilecek mimaride hiçbir sınıra gerek kalmadan tüm binayı, hatta tüm bina kompleksini inceleyebilmişlerdir. (Ostwald ve ark. 2008)

Benzer çalışmalar doğrultusunda kutu sayım yöntemi esasları dikkate alınarak yeni bir yazılım kullanmıştır. Bu çalışmada, fraktal analizlerde Image-J programının FracLac eklentisinden yararlanılmıştır. FracLac'ın avantajı hem farklı kutu boyutları hem de farklı grid konumları için en doğru ve pratik şekilde maksimum, minimum ve ortalama boyut ölçümü hesap yapabilmesidir. (İlhan ve Ediz 2019).

Dolayısıyla, Archimage gibi çalışan bu yazılım sayesinde de mimari bir yapının ya da biçimin fraktal boyutunu hesaplamak daha kolaylaşmış olduğunu ve hesaplama yönteminin geliştirilmiş olduğunu söylemek mümkündür.

Şekil 3.21' de görülen Image-J programının kutu sayım yöntemi seçildikten sonra açılan penceresinde; (a) Görüntü tipinin seçildiği bölüm, (b) kullanılacak ızgara konumu sayısı (num G), minimum ve maksimum kutu boyutu ve ardışık kutu boyutunu belirleyen kuralın seçilebildiği bölüm, (c) alt alan taraması seçeneklerinin ayarlandığı bölüm, (d) sonuç dosyalarını kaydetme seçeneklerinin olduğu bölüm, (e) sonuçların, renk seçenekleri de dâhil, görselleştirme seçeneklerinin ayarlanabildiği bölümdür. (f) bölümü çoklu fraktal hesaplama yöntemi seçildiğinde etkinleştirilmektedir. (g) bölümü ise her analizin nasıl yapıldığını anlatan bir rehber niteliğindedir. Penceresinde "min size

(pixels) ve max (% of image)" minimum ve maksimum kutu boyutu, "num G" ise kutu konum sayısı parametrelerinin belirlenmesi için kullanılmaktadır.



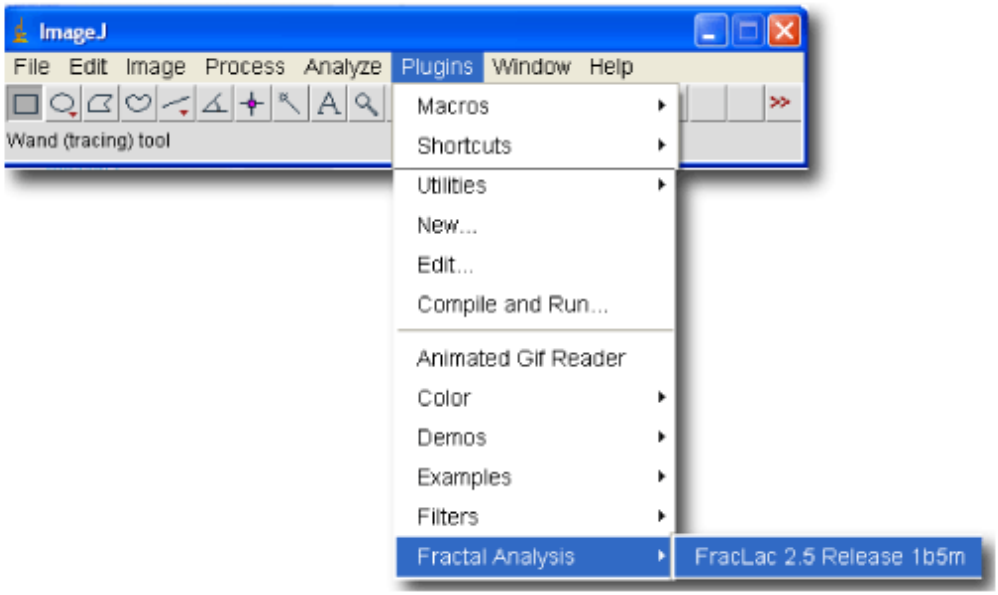
Şekil 3.21. FracLac plug-in arayüzü

FracLac, karmaşıklık ve heterojenliğin yanı sıra diğer bazı ikili sayısal görüntü ölçümlerini objektif olarak analiz etmek için kullanılır. (Karperien 1999-2003).

- Biyolojik hücrelerin ve dallanma yapıları ve dokuları dâhil diğer biyolojik yapıların yanı sıra bilinen fraktallerin görüntüleri için uygundur.
- Desenler birçok görüntü türünden kolayca çıkarılabilir ve FracLac ile analiz edilebilecek ikili sayısal görüntülere dönüştürülebilir.

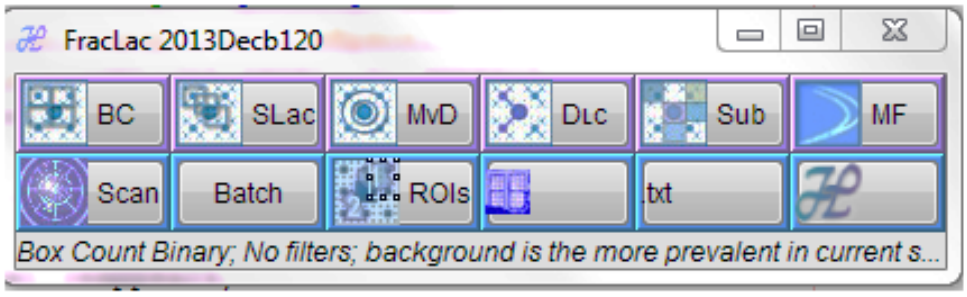
Burada özetlenen ilk adımlar, FracLac ile herhangi bir tarama için gerekli temel başlangıç adımlarıdır.

1. FracLac'ı başlatılır.
   - FracLac kuruluyken, ImageJ menüsünden Eklentiler > Fraktal Analiz'i menüsü seçilir. (Şekil 3.22)



Şekil 3.22. ImageJ menüsü

   - FracLac paneli ve bir renk seçim ağacı belirir. (Şekil 3.23)

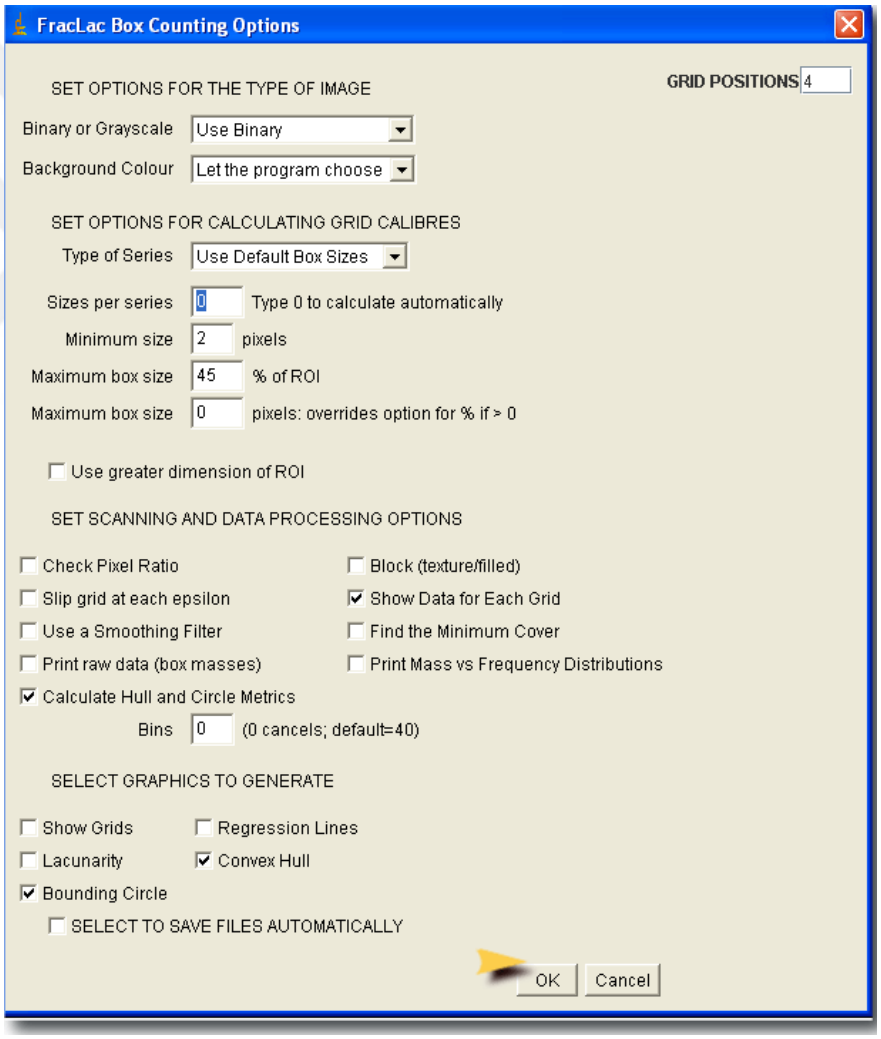


Şekil 3.23. FracLac paneli

2. Bir tarama başlangıçta seçilir, panelde yapılması istenen tarama türünü seçebilmek amaçlı mor renki butonlar bulunur.

o Seçeneklerinizi getirmek için gerçek FracLac panelinizde "Standart Kutu Sayısı" yazan üstteki mor düğme tıklanır.

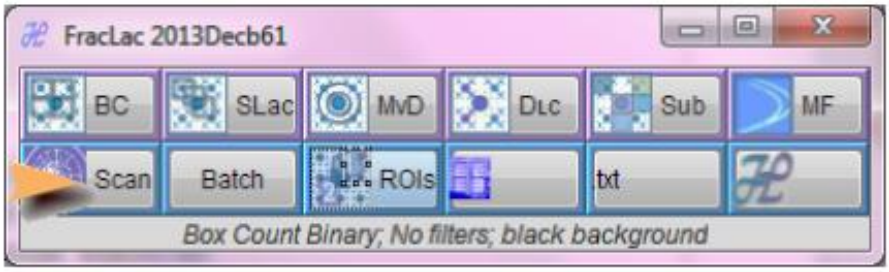
3. Seçenekleri ayarlayın. Mor düğmeyi tıkladıktan sonra, varsayılan ayarlar kullanılır, bu nedenle yapmamız gereken tek şey seçenekler ekranının altındaki "Tamam" butonunu tıklamaktır. (aşağıdaki ekran görüntüsünde okla gösterildiği gibi). (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. FracLac kutu sayma seçenekleri penceresi

- Tarama işlemi başlatılır, seçenekler ekranı kaybolur ve FracLac paneli yeniden görünür. Bu kez ortadaki üçte birlik kısımda FracLac'ın taramaya hazır olduğunu gösteren mavi düğmelerle işlem sürdürülür. (aşağıdaki adımlarda gösterilmiştir).

a. Analiz etmek için herhangi bir ikili görüntü kullanılabilir.
b. Dosya » aç komutunu kullanarak veya dosyayı ImageJ üzerine sürükleyip bırakarak ImageJ'de test görüntüsü açılır.
c. Tarama türünün İkili olarak ayarlandığından emin olduktan sonra, test görüntüsünün ImageJ'de "etkin" pozisyonda omasına dikkat edilmesi önemlidir. (açık görüntüye tıklayarak yapılır). Ardından FracLac panelindeki mavi tarama düğmesine tıklayarak tarama başlatılır.



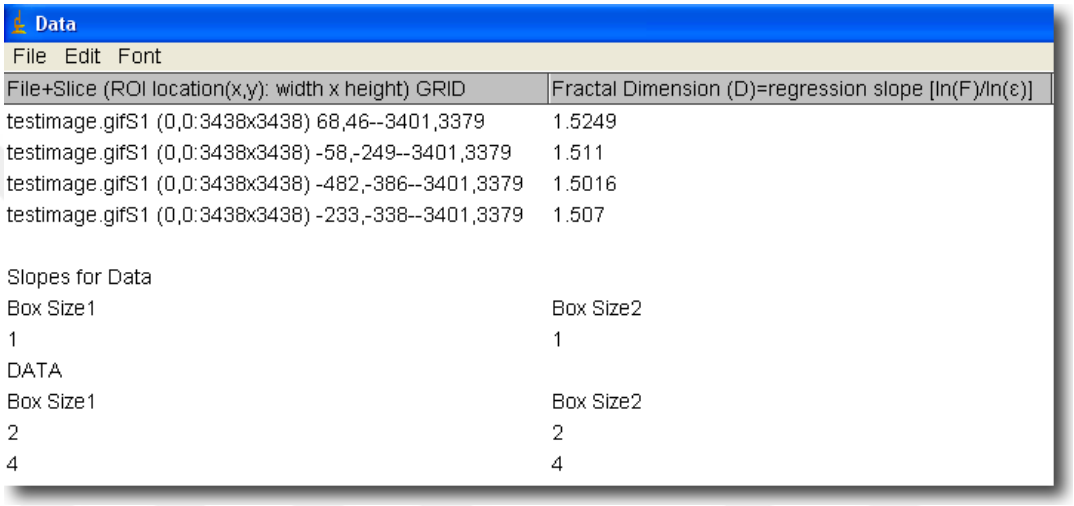
Şekil 3.25. FracLac paneli

d. Not: Mavi düğmeler FracLac ilk başladığında gizlenir, ancak ilk tarama türü seçildikten sonra görünür ve kalır.

- Sonuçlar; Taramanızın sonuçlarını gösteren veri ve grafik dosyaları yorumlanmaya hazırlatır.

a. Tarama tamamlandığında, bir üst ve bir alt bölümün bulunduğu bir veri sonuçları penceresi görüntülenir. Üstteki 4 veri satırı 4 ızgara konumuna karşılık gelir. Konum sayısı (4), 3. Adım sırasında seçenekler panelinde varsayılan olarak ayarlanmıştır.

b. Kutu Boyutu ve Izgara Yönü: Veri dosyasının alt kısmı, ızgara seçimine ve konuma göre her bir kutu sayısının sonuçlarını listeler. Burada, ekran görüntüsünde kısmi bir listede gösterildiği gibi, gerçekte kullanılan tüm kutu boyutlarının bir listesi bulunur. "DATA" ve ardından "Box Size1" altındaki liste bize 2 ve 4 kutu boyutlarının 1. grid oryantasyonun'da kullanıldığını gösterir, örneğin; listenin geri kalanı ekran görüntüsünde görünmez, ancak tam veri dosyasında görülebilir. (Şekil: 3.27)


Data

File Edit Font

File+Slice (ROI location(x,y): width x height) GRID	Fractal Dimension (D)=regression slope [ln(F)/ln(ε)]
testimage.gifS1 (0,0:3438x3438) 68,46--3401,3379	1.5249
testimage.gifS1 (0,0:3438x3438) -58,-249--3401,3379	1.511
testimage.gifS1 (0,0:3438x3438) -482,-386--3401,3379	1.5016
testimage.gifS1 (0,0:3438x3438) -233,-338--3401,3379	1.507

Slopes for Data

Box Size1	Box Size2
1	1
DATA	
Box Size1	Box Size2
2	2
4	4

Şekil 3.26. Sonuç örneği

4. FracLac yazılımında, sonuçları sayan pencere de görünür ve farklı DB (box counting dimension) türleri ve boşluk dâhil olmak üzere tüm ızgara konumlarında özetlenen verileri gösterir.

5. *'Hull and Circle Sonuçları'* başlıklı başka bir sonuç penceresi de görüntülenir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA: ŞEHZADE CAMİSİ'NİN ÇOK KATMANLI ANALİZİ

4.1. Cephe Kurgusunda Görsel Süreklilik Analizi

Mimar Sinan'ın Şehzade Camisi kapsamında cephe kurgusundaki görsel süreklilik üç farklı katmanda ele alınmıştır. (EK 3).

- Form
- Form, süsleme
- Form, süsleme, malzeme

Form katmanında Sinan'ın mimari kurgusundaki formel yaklaşım strüktürel kurgu etkinde midir? Sorusu fraktal analiz yöntemi kullanarak incelenmiştir. Form ve süsleme katmanında ise ortaya çıkan fraktal değerler, her iki katmandaki sonuç değerler kapsamında karşılaştırılmıştır. En son katman olan form, süsleme ve malzeme katmanında ise; çizimlerde yapılan aşamalı ayıklama ile, malzemenin süsleme ve formel kurgu katmanları arasındaki karşılaştırmaya dayanır.

Tarihi bir binanın cephesinde bulunan binlerce karmaşık ayrıntıyı görsel karmaşıklık açısından ölçebilen birkaç niceliksel yöntem vardır. Bu amaçla kullanılan yöntemlerden bir tanesi sayısal fraktal analiz yaklaşımıdır. Bu yöntem, iki boyutlu doğrusal yapıların fraktal değerini hesaplamak için kullanılır. Genellikle bu işlem bir plan veya cephe çizimi üzerinden gerçekleşir. Yöntem uygulanırken sonuçlarda tutarsızlık olmaması için plan ve cephe çizimleri titizlikle hazırlanmalıdır. (Kuruçay 2020)

Çok katmanlı fraktal boyut analizi yapılmadan önce belirli birkaç hazırlık ve önişlem, AutoCad ve benzeri yazılımlarla hazırlanan çizimler üzerine uygulanmalıdır. Analize başlamadan önce eldeki var olan resim cephe özelliklerini taşımayan unsurlardan temizlenmelidir. Örneğin; Detayları gizleyen ağaçlar, insanlar, taramalar, gölgeler, araçlar, elemanlar hesaplama işlemine başlamadan önce sonuç analizini etkileyebileceği için orijinal çizimden çıkarılmalıdır. Sonuç olarak çizimler, sadece gerçek ve somut mimari nesneleri temsil etmelidir. (Ediz 2015)

Çizimde yer alan her cephe için, 3 farkı bilgi katmanından oluşan bir kurgu geliştirilmiştir: form (D (F)), form ve süsleme (D (FS)), form, süsleme ve malzeme (D (FSM)) (EK 3). Bu verilerden iki ölçüm değeri elde edilir; Birincisi, fraktal boyut

(D (fark)) olarak ifade edilen her ardışık katman arasındaki farktır. İkinci türetilmiş ölçü, bir cephenin tam görsel varlığının bir yüzdesi olarak ifade edilen, 3 elementin form, süsleme ve malzeme her birinden oluşan orandır.

Birinci katmanı oluşturan mimari unsurlar; duvarlar, üst örtüler, cephedeki geçirgenliği sağlayan kapılar-pencereler ve mimarideki kurgunun ifadesi olan çeşitli üç boyutlu mimari elemanlardır. Şehzade Camisi'nde bu görsel özellikler büyük ölçüde yapının biçimsel ifadesiyle (sütunlar, kirişler, kemerler, tonozlar) ilişkilendirilir.

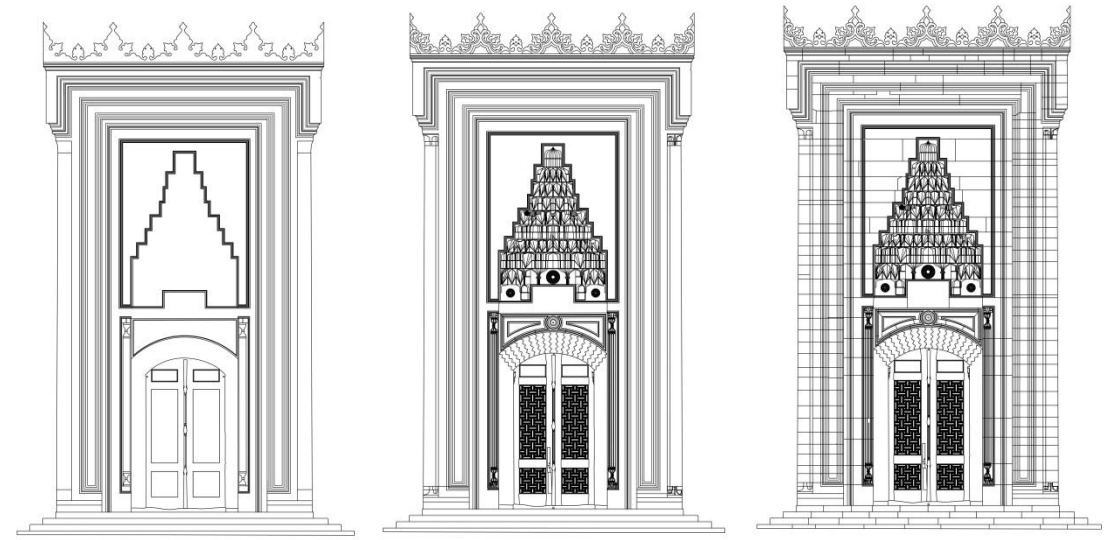
Her cephedeki ikincil katman, tipik olarak, taş bloklar halinde oluşturulmuş boşluklar ve dokular, pencerelerdeki dekoratif metal elemanlar, kapıların ve lunette[7] pencerelerin üzerindeki oyulmuş kaligrafi ve mukarnas tonozlarının içinde ve çevresinde yer alan sarkıt formları içerir. Bu görsel unsurların birçoğu fonksiyonel bir amaca hizmet ederken, büyük çoğunluğu süsleme elemanlarından oluşmaktadır. Ancak bu unsurlar, onları çerçeveleyen büyük formlardan ayrı düşünülemez ve bu nedenle bu ikincil katman, form ve süslemenin birleşimi olarak ifade edilir.

Cephenin üçüncül katmanı ise, çoğunlukla daha geniş yüzeyleri (çini, tuğla veya taş bloklar) kaplayan elemanlar arasında olmak üzere, malzeme ve tektonik özelliklerden oluşur. Bu ek katman, inşaat sürecinin gerekliliklerinin bir sonucu olarak düşünülebilir. Şehzade Camisi'ndeki üçüncül görsel unsurlar, taşlar arasında görünen derzleri, kubbe-çatı kaplamasındaki çıkıntıları ve çelik çubuklar arasındaki kurşun bağlantıları içerir. Ölçüm sürecinde, bu katman form, süsleme ve malzemeyi birleştiren bir sonuç verir.

4.1.1. Cephe detaylarının analizleri

Caminin geniş karmaşık cepheleri dikkate alınmadan önce, analitik yaklaşımı anlatmak amaçlı iki özel cephe detayı seçilmiştir. İncelenecek ilk detay, ön avlunun anıtsal 'Kuzey' girişine ait olan ve; kuzey-batı cephesinin merkez hattında yer alan bir cephe panelidir. (Şekil 4.1) . İkinci cephe detayı ise, kuzeydoğu cephesinin ön avlusunun dış duvarından seçilmiştir. (Şekil 4.2)

[7] Lunette: pencere ve kapı üstlerinde bulunan yarım dairesel alınlık, kemer aynası. (Anonim 2012a).



4a 4b 4c

Şekil 4.1. Şehzade Camisi avlu giriş taç kapısı –
(4a) Form, (4b) Form Süsleme, (4c) Form Süsleme ve Malzeme

Şehzade Camisi'nin taç kapısı, doğu – batı doğrultusunda diktörtgen planlı revaklı şadırvan avlunun geniş kuzey duvarı ortasına yerleştirilmiştir. (Karademir 2014)
Üç yönden dışa taşkın silmelerle çevrili olan dikdörtgen şeklindeki kapının, mukarnas kurgusunda, kapı nişiyle birleşme noktalarında sarkıtlarla bölünmüş yüzeyler içinde birer adet altın yaldızlı rozet yer almaktadır. (Erdem 2011)

Taç kapısına ait giriş cephesinin sadece birincil formları analiz edilirse, 1,58'lik bir D (F) sonucu ile karşılaşırız. (4a, çizelge 4.1). Kapının oymalı panelleri ile kapının üzerindeki mukarnaslı kavsara ve tepelik gibi dekoratif unsurlar cepheye eklenirse, biraz daha yüksek bir sonuç, D (FS) = 1,6779, ortaya çıkar (4b, çizelge 4.1) .
Yapı malzemelerindeki derzler form ve süslemeye dâhil edildiğinde ise sonuç; D (FSM) = 1,6935 olur. (4c, çizelge 4.1).

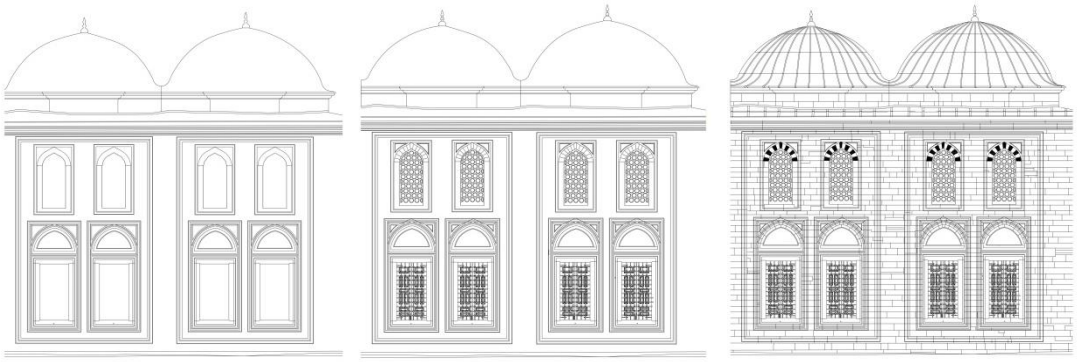
Tüm cephe kurgusu bütüncül olarak ele alındığında; toplamda bu cepheye göre görsel karmaşıklığın yaklaşık % 90'ının, ayrıntılı eğimli kenarları ve sütun, tonoz, kemer ve alınlıkların ifade edilen yapısı ile 3 boyutlu form kurgusu tarafından oluşturulduğu sonucu ortaya çıkar.

Korniş hattına kapı panellerinin, dekoratif elemanların ve bazı ince taş oymaların eklenmesi, genel bileşimin görsel karmaşıklığında % 9'luk bir değişiklik sağlarken, inşaat malzemeleri ile üretilen hatların eklenmesi, cephe detayının genel olarak görsel karmaşıklığa yalnızca % 1 katkıda bulunduğu görülür.

Çizelge 4.1. Şehzade Camisi avlu giriş taç kapısı – fraktal katmanları

Katman - Cephe	**Faktör**	**Kuzeybatı Cephesi - Taç Kapısı**
(a) Form	*D (F)*	1.58
	D (fark)	-
	% Bütüne Oran	90%
(b) Form, Süsleme	*D (FS)*	1.6779
	D (fark)	0.0979
	% Bütüne Oran	9%
(c) Form, Süsleme, Malzeme	*D (FSM)*	1.6935
	D (fark)	0.0156
	% Bütüne Oran	1%

Bu sonucu ele aldığımızda; mimarideki kurgusal sürekliliğin; hemen o cepheye dik ve yeterince uzakta duran bir kişiyi ele aldığımızda; cepheyi yeterince algılayacak uzaklıkta durarak bulunduğu noktadan cephe detayının yaklaşık % 90'ını algılayabilecektir. Cepheye yaklaştığı her adımda ise; süslemelerin cephedeki etkisini yavaş yavaş hissedecek ve en yakın noktaya yaklaştığımızda ise cephenin inşa edildiği malzemelerin dokusunu ayıretebilecektir.



4d 4e 4f

Şekil 4.2. Şehzade Camii'nin kuzeydoğu cephesinin dış duvar detayı – (4d) Form, (4e) Form Süsleme, (4f) Form, Süsleme ve Malzeme

Her iki cephede (kuzeydoğu ve güneyBatı) yer alan tipik ön avlu cephe detayı (şekil 4.2) kuzeydoğu cephesinin ön avlusunun dış duvarından alınmıştır. Ön avlu duvarı, birbirini tekrarlayan ritmik pencerelerden oluşan bir kurgu kapsamında oluşturulmuştur. Her pencerenin alt kısmı dikdörtgen bir açıklığa sahiptir, yukarıda ise orantılı olarak daha büyük bir dikdörtgen panelin içinde oymalı bir sivri kemere sahiptir. Birinci açıklığın hemen üzerinde, aynı genişlikte ve orantıda ikinci bir pencere bulunur, ancak bu defa sivri kemer formu pencere açıklığını oluşturur.

Pencerelerin orta ekseni boyunca simetrik olarak yerleştirilmiş korniş çizgisinin üzerinde bir kubbe ve eğik bir çatı formu vardır. Bu kurgu ön sahanın uzun çevre duvarları boyunca tekrarlanır. Bu cephe kurgusunu benzer bir şekilde analiz ettiğimizde, formel katmanın fraktal değerinin D (F) = 1,5554 olarak bulunduğu görülür. (4d, çizelge 4.2). Üst pencereye delikli taş kurgu, yarım daire panele lünette oyulmuş detaylar ve alt pencereye dolma parmaklıklar eklendiğinde, fraktal boyut sonucu D (FS) = 1,6261'e yükselir. (4e, çizelge 4.2). Son olarak 3. katmanda taş derzleri ve malzeme dokuları hesaplamaya dâhil edilirse sonucun D (FSM) = 1,6779 olduğu görülür.(4f, çizelge 4.2).

Bu 3 sonucu birlikte yorumlamadan önce, ana giriş taç kapısının detaylarının sonuçları ile bir karşılaştırma yapmak faydalı olacaktır. Ana giriş kapısının (taç kapının) hesaplamaları ele alındığında, çok daha yüksek D (F), ve D (FS) sonuçlarını ortaya çıktığını görürüz. Bu durum, giriş portalının daha yüksek oranda detaylandırılmış ve şekillendirilmiş olduğunu (1,58 – 1,55 = 0,03 veya % 3 görsel fark) aynı zamanda giriş

cephesindeki süslemenin görsel olarak daha karmaşık olduğunu (1,67 – 1,62 = 0,05 veya % 5 görsel fark) doğrular niteliktedir. Cephenin malzemesine yakın mesafeden bakmanın genel etkisi açısından, görsel fark azalmıştır (1,69 – 1,67 = 0,02 veya% 2 fark). Tek başına bakıldığında (sadece kendisine göre), tipik ön avlu duvarının görsel karmaşıklığı forma gore % 87, süslemeye göre % 7 ve malzeme dokusu ve derzlere göre% 5'tir. (Çizelge 4.2). Ancak kuzey doğu cephesine ait dış duvar detayı görsel olarak giriş portalı cephe detayından çok daha az karmaşık olduğu unutulmamalıdır.

Elde edilen değerler ışığında; Sinan'ın tasarım stratejisini ve Kuzey Batı cephesinin taç kapısı ile temsil edilen girişin masif ve dekoratif unsurlarını tasarlayarak giriş cephesine verdiği önemi anlamak mümkün olmaktadır. (Bkn. Ek 4)

Çizelge 4.2. Şehzade Camisi'nin kuzeydoğu cephesinin ön avlusunun dış duvarının detayı – fraktal katmanları

Katman - Cephe	**Faktör**	**Kuzeydoğu Cephesi - Dış Duvar Detayı**
(d)Form	*D (F)*	1.5554
	D (fark)	-
	% Bütüne Oran	87%
(e)Form, Süsleme	*D (FS)*	1.6261
	D (fark)	0.0707
	% Bütüne Oran	7%
(f)Form, Süsleme, Malzeme	*D (FSM)*	1.6779
	D (fark)	0.0518
	% Bütüne Oran	5%

4.1.2. Şehzade camisi'nin cephelerinin analizi

Analizin nicel sonuçlarını incelemeden önce, Şehzade Camisi'nin görsel özelliklerinin geleneksel nitel yorumlarını dikkate almakta fayda vardır. Tarihçiler ve bilim insanlarının çoğu, Sinan'ın bu döneme ait mimarisinin görsel olarak biçimsel (stüktürel) bir yapısal ifade diliyle tanımlandığını öne sürerler. Bu nedenle, sütunlar, kemerler, tonozlar ve kubbelerden oluşan mimari cümleler, Sinan'ın mimari dilindaki en yaygın biçimsel öğelerdir. Örneğin Erzen, Mimar Sinan'ın camilerindeki süsleme kullanımının diğer İslami mimari tasarım örneklerinden farklı olduğunu, camilerinin dekorasyondan daha çok strüktüre odaklandığını ve dekorasyon var ise de rollerinin sadece caminin yapısal unsurlarını vurgulamak amaçlı olduğunu savunmaktadır. (Erzen 2005)

"Küçük el sanatlarının eriştiği olgunluk da mimari bezemenin mükemmelleşmesinde etkili olmuştur. .... Yapıların anıtsallaşmasıyla bezeme de daha incelik kazandı. ... Mukarnaslar eğrisel yüzeylerde ve zarif üçgensel biçimlerle kolon başlıklarında kullanılıyorlardı. .... Bezemenin kontrollü ve uyumlu kullanımı da, Osmanlı mimarlığını, genellikle çok bezemeli olan diğer İslam Mimarisi örneklerinden ayırır." (Erzen 2005).

Diğer bir deyişle, Sinan mimarlığında strüktürel kurgu görkemli süslemeden daha önemli bir unsur olarak görülüyordu. Bu görüşe paralel olarak; süslemenin aslında düz yüzeylerdeki panellerle sınırlı olduğunu ve temel kurgusunun ise geometrik motiflerden oluştuğunu, çeşitli sarkıtılar, sütun başlıkları ve geçiş tonoz elemanlarının için mimarinin en karakteristik özellikleri olduğunu gözlemleyen Mainstone'un çalışmasında da aynı meselenin altı çizilmektedir.

Şehzade Camii'nin görsel özelliklerinin bu niteliksel yorumu, formun büyük bir kısmının yapının formel kurgusunun anlatımından kaynaklandığını ve yapının görsel karmaşıklığının sadece küçük bir kısmının doğrudan süsleme veya süslemenin bir sonucu olarak ortaya çıktığını göstermektedir.

Malzemeye dayalı mimari ifadenin, Sinan'ın büyük bir endişesi olduğuna dair çok az kanıt vardır ve inşaat tekniklerinin birçoğu yapı lehine malzemeyi gizler veya bastırır diyebiliriz. Bununla birlikte, zaman geçtikçe, hava koşulları gibi faktörler

malzemelerdeki çeşitli eklemleri vurgulamıştır ve günümüzde ortaya çıkan, binanın görsel ifadesinin güçlü parçaları olmuşlardır. Malzemenin görsel etkisi üzerine çok az bilim insanı yorum yapmıştır. Genel olarak genel kurgunun forma ait dinamikler ile oluştuğu varsayılmaktadır. Çalışmada, atmosferik etkinin neden olduğu görsel belirginlikte meydana gelen herhangi bir değişikliğe bakılmaksızın, tüm malzemeye dayalı oluşumlar ilk inşaa edildiği gibi ele alınmıştır.

Karakteristik görsel karmaşıklığın matematiksel analizinde elde edilen sonuçlar; 'Şehzade Camisi'ndeki strüktürel kurgunun baskın unsur olduğu ve süslemenin sadece küçük bir rol oynadığı' bilinen geleneksel yorumunu geniş ölçüde destekler. Bu kapsamda; üç katmanın her biri ve dört cephenin tümü için elde edilen fraktal değerler seti (Çizelge 4.3)'te ele alınarak yorumlanmıştır.



Şekil 4.3. Şehzade Camisi – genel görünüş (Mohtasib 2021)

Analiz edilecek ilk cephe, birincil form için fraktal boyutun D (F) = 1,6468 olduğu giriş cephesidir (kuzey batı). Form, form süsleme ve form süsleme ve malzeme için fraktal boyut sonuçları sırasıyla D (FS) = 1,7251 ve D (FSM) = 1,8285'tir. Bu cephenin bir alt kümesi olan giriş portiko detayı (Taç Kapısı detayı) ile karşılaştırıldığında, portiko sonuçları şu şekildedir:

D (F) = 1,58, D (FS) = 1,6779, D (FSM) = 1,6935. Bu, 3 durumda da portiko detayının tüm cepheden görsel olarak daha az karmaşık olduğunu görürüz. Bu aslında beklenen bir sonuçtur çünkü tüm cephede giriş portikodan daha fazla eleman ve detaylı parça ile kurgulanmıştır. Değişim derecesi, her bir sonuç arasındaki farkın belirlenmesi ve bunun bir yüzde olarak ifade edilmesiyle de ölçülebilir. Bu nedenle, ilk cephenin 3 varyasyonu açısından, tüm cephe, sırasıyla D (F) +% 6, D (FS) +% 4 ve D (FSM) +% 13 ile giriş taç kapısı portikosunun ortalama görsel karmaşıklığından daha karmaşıktır.

Cephelerin en özeli olan Güney-Doğu cephesi, aşağıda yer alan fraktal boyut sonuçlarına sahiptir: D (F) = 1,5789, D (FS) = 1,6577 ve D (FSM) = 1,758. Beklendiği gibi, bu değerler cephelerden herhangi biri için üç görsel ayrıntı seviyesinden herhangi biri için en düşük sonuçlardır. Bu cephenin görsel karmaşıklığı forma göre % 82, süslemeye göre % 7 ve malzeme dokusu ve derzlere göre yaklaşık % 10'dur. (Çizelge 4.3)

Kuzey doğu cephesi, uzun cephelerin ilkidir ve ilk bakışta Güney Batı cephesiyle hemen hemen aynıdır. Gerçekte, ikinci cephenin cenaze avlu duvarında ek bir metal malzame ile yapılmış bir kapısı vardır, dekorasyon panellerinde biraz daha ince farklılıklar vardır. Bu farklılıklar kıyaslamada küçük olsa da, Güney Batı cephesinde marjinal olarak daha yüksek bir D (F), D (FS) ve D (FSM) sonucu vermeleri beklenebilir. Kuzeydoğu için sonuçlar: D (F) = 1,6588, D (FS) = 1,7244 ve D (FSM) = 1,8161. Güney-batı cephesi için sonuçlar: D (F) = 1,6963, D (FS) = 1,749 ve D (FSM) = 1,8364. Bu sonuçlar, beklendiği gibi, Güney Batı' cephesinin marjinal olarak daha karmaşık olduğu anlamına geliyor. Aslında görüldüğü gibi, Her seviyede aralarındaki fark çok azdır: D (F% fark) = +3,7%, D (FS% fark) = +2% ve D (FSM % fark) = +2%. (Çizelge 4.3)

Çizelge 4.3. Şehzade Camisi'nin final sonuçları

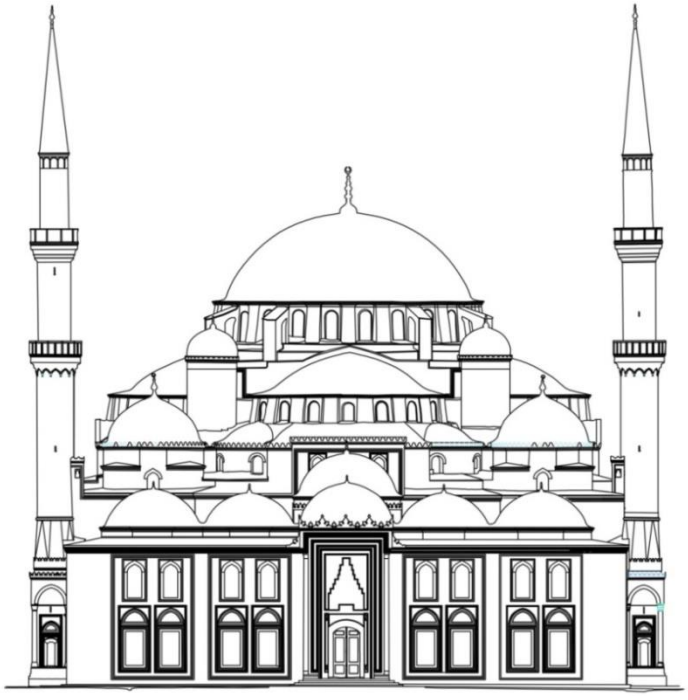
Katman - Cephe	Faktör	Kuzey batı cephesi	Kuzey doğu cephesi	Güney doğu cephesi	Güney batı cephesi	Ortalama
Form	*D (F)*	1.6468	1.6588	1.5789	1.6963	1.6452
	D (fark)	-	-	-	-	-
	% Bütüne Oran	82%	84%	82%	86%	83.50%
Form, Süsleme	*D (FS)*	1.7251	1.7244	1.6577	1.749	1.71405
	D (fark)	0.0783	0.0656	0.0788	0.0527	0.06885
	% Bütüne Oran	7%	6%	7%	5%	6%
Form, Süsleme, Malzeme	*D(FSM)*	1.8285	1.8161	1.758	1.8364	1.80975
	D (fark)	0.1034	0.0917	0.1003	0.0874	0.0957
	% Bütüne Oran	10.00%	9%	10%	8%	9%

Ön avlu dış duvarı için iki cephe detayından ikincisi, kuzey-doğu cephesine aittir ve iki grup fraktal boyut sonucu arasındaki bir karşılaştırma bilgi vericidir. Detay için D (F) = 1,5554, tüm cephe için D (F) = 1,6588'den %10 daha azdır. Benzer şekilde, D (FS) = 1,6261 olan tipik bir avlu duvarı detayında bulunan form ve süslemenin sonucu, tüm cephe için oluşan sonuçtan (D (FS) = 1,7244) %12 daha azdır. 3. katman için de aynı şey elde edilir; tipik bir avluda bulunan form, süsleme ve malzeme için sonuç D (FSM) = 1,6779 duvar detayı, tüm cephe için oluşan sonuçtan (D (FSM) = 1,8161) %13 daha azdır. Genelde üç sonuç makul ölçüde; süslü avlu cephesinde bile mevcut olan biçim ve süsleme, çok kubbeli ve minareli büyük bir camiden daha az olacaktır. Ayrıca, tüm cephedeki malzeme varyasyonu, taş örüntüler, büyük ölçekli derzli çatı panelleri gibi çeşitli malzemeler içerirken, avlu detayında ise sadece tek malzeme ve küçük ölçekli derzli taşlar yer alır.

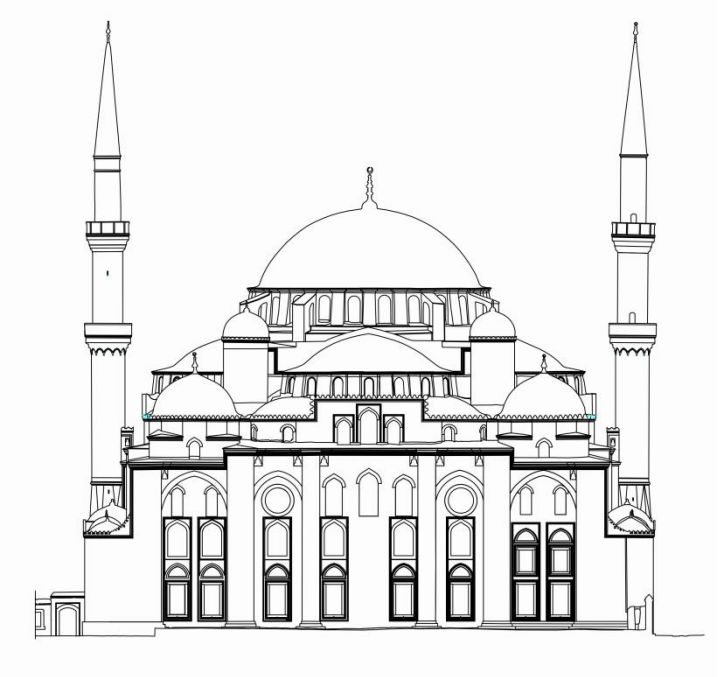
Dört cephenin sonuçları grafik haline getirildiğinde, 3 varyasyonun her biri için, malzemenin binanın görsel karmaşıklığının şaşırtıcı derecede yüksek ve beklenmedik bir şekilde katkıda bulunduğu ortaya çıkmaktadır. (Şekil 4.8).

Yapısal form ve süsleme arasındaki ilişki, binanın geleneksel bilimsel yorumunu yansıtırken - burada yapının hâkim olduğu - malzeme (veya doku), binanın görsel karmaşıklığının katmanlaşması üzerinde önemli ve daha önce göz ardı edilen bir etkiye sahiptir. Katmanların geri kalan hesaplamaları, son derece destekleyicidir ve ilk kez beklenen sonuçları nicelendirir. Örneğin, giriş cephesi (kuzey-batı) ve iki uzun cephe (kuzey-doğu ve güney-batı) benzer biçimsel ve dekoratif karmaşıklık seviyelerine sahiptir. Şehzade Camisi'nin arka cephesi ise güney-doğu, tüm binaya oranla en düşük form, süsleme ve malzeme sonuçlarıyla, en sade olan cephesidir.

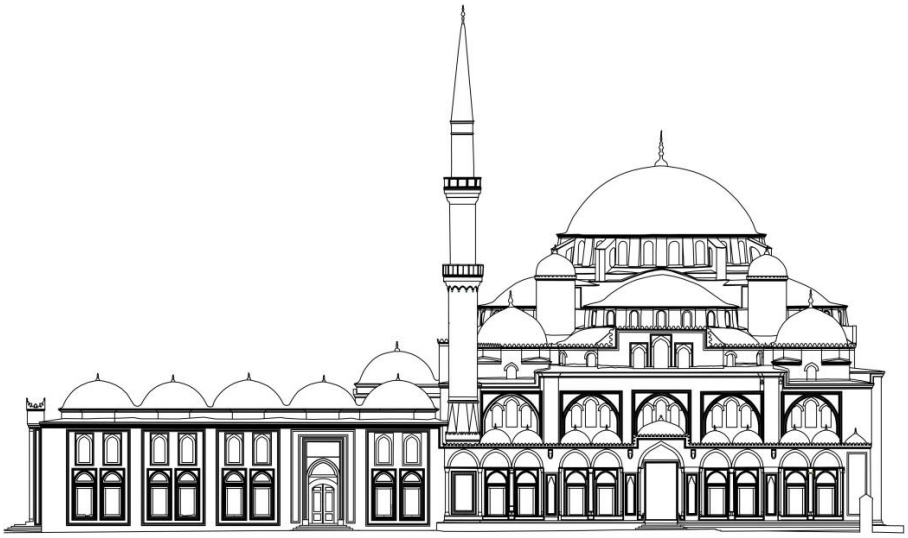
Genel olarak, Şehzade Camisi'nin formla ilgili özellikleri, mimarinin tam görsel etkisinin % 82 ila 86'sını (Ortalama = % 83,5) oluştururken, süsleme % 5 ila 7 arasındadır (Ortalama = % 6) ve malzeme % 8 ile % 10 arasında (Ortalama = % 9). Bu sonuçlar, süslemenin, form ve malzemenin önemi ile karşılaştırıldığında Sinan'ın mimarisinde yalnızca küçük bir rol oynadığını öne süren geçmişteki bilimsel önermeleri ve yaklaşımları matematiksel olarak da desteklendiğini ortaya koyar.



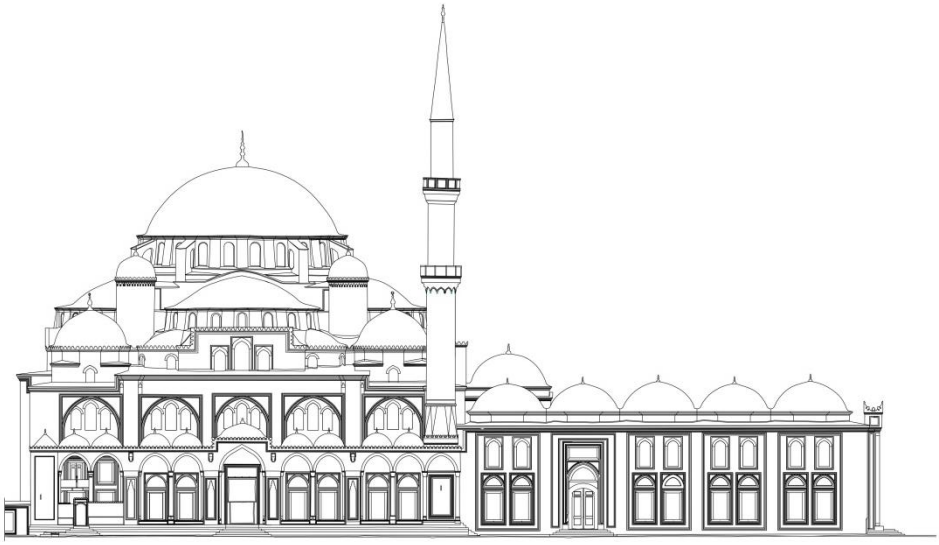
Şekil 4.4. Şehzade Camisi'nin kuzeybatı cephesi (giriş cephesi) – Form



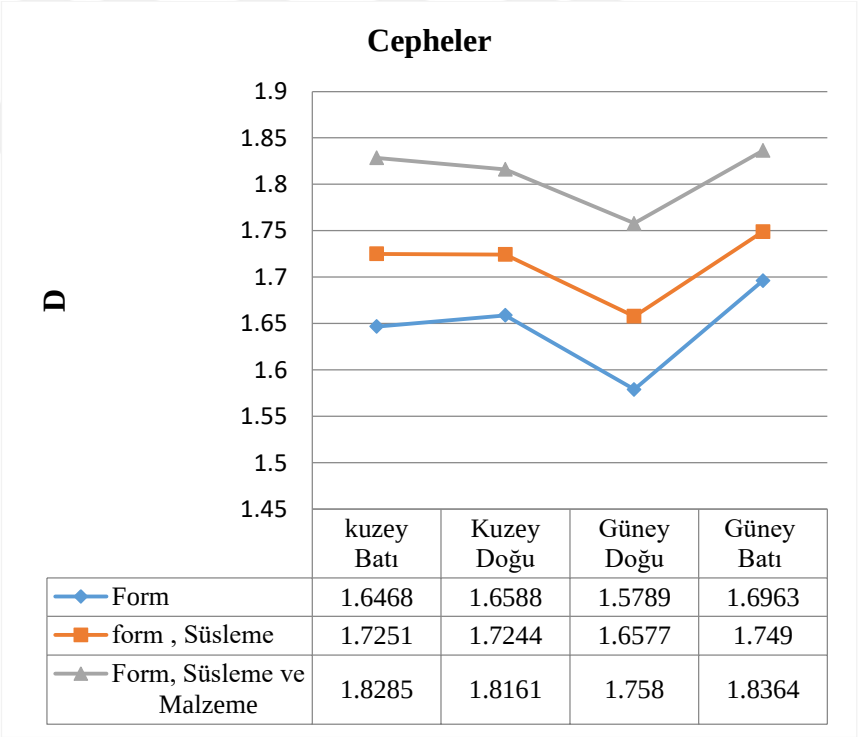
Şekil 4.5. Şehzade Camisi'nin güneydoğu cephesi – Form



Şekil 4.6. Şehzade Camisi'nin güneybatı cephesi – Form



Şekil 4.7. Şehzade Camisi'nin kuzeydoğu cephesi – Form



	kuzey Batı	Kuzey Doğu	Güney Doğu	Güney Batı
Form	1.6468	1.6588	1.5789	1.6963
form , Süsleme	1.7251	1.7244	1.6577	1.749
Form, Süsleme ve Malzeme	1.8285	1.8161	1.758	1.8364

Şekil 4.8. Şehzade Camisinin dört cephesinin üç görsel detay seviyesinin fraktal boyutlarının grafiği

4.2. Külliye Planı Kurgusunda Dokusal Süreklilik Analizi

Çalışmanın bu başlığı altında; Şehzade Camii'nin plan çizimi yanında tüm külliyeyle ilgili plan çizimi sayısal fraktal analiz yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Böyle bir hesaplamanın amacı, Sinan'ın mimari tasarım stratejisinin bu örüntülerindeki detayların sürekliliğini hesaplamak ve matematiksel bir veri ile yorumlamaktır.

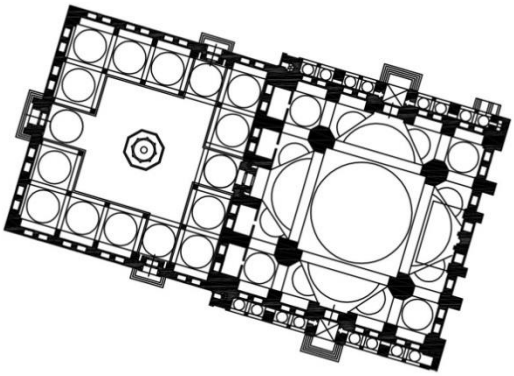
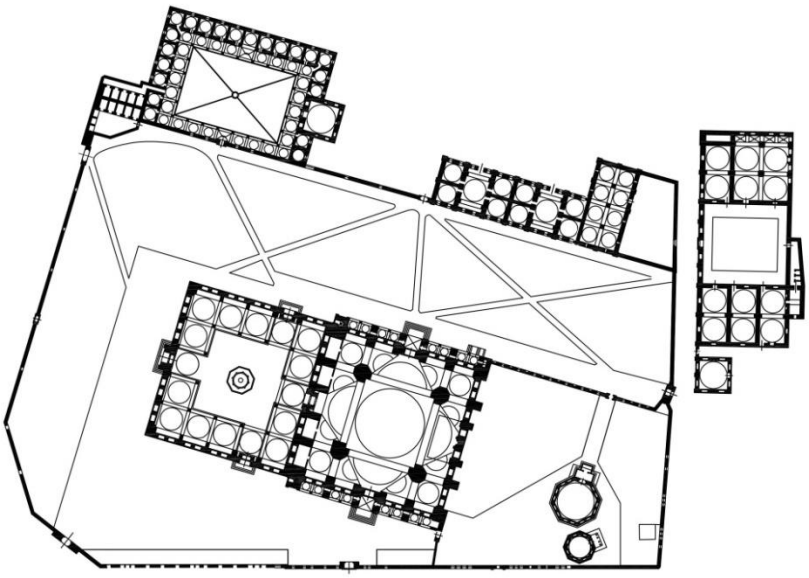
Çizelge 4.5'te Şehzade Külliyesi ve Şehzade Camisi planı üzerine hesaplanan farktal değerleri içermektedir. Tüm külliyenin hesaplanan fraktal boyutu D = 1,6009 iken, Şehzade Camisi'nin fraktal boyutu D = 1,6738'dir. (Çizelge 4.4). Bu değere baktığımızda birbirlerine çok yakın oldukları görülür bu durum aralarında bir süreklilik ve kurgusal güçlü bir ilişki olduğu fikrini destekler. Çizelge 4.4'te Şehzade Camisi planı ve külliyenin katmanları üzerine hesaplanan sayısal değerler verilmektedir.

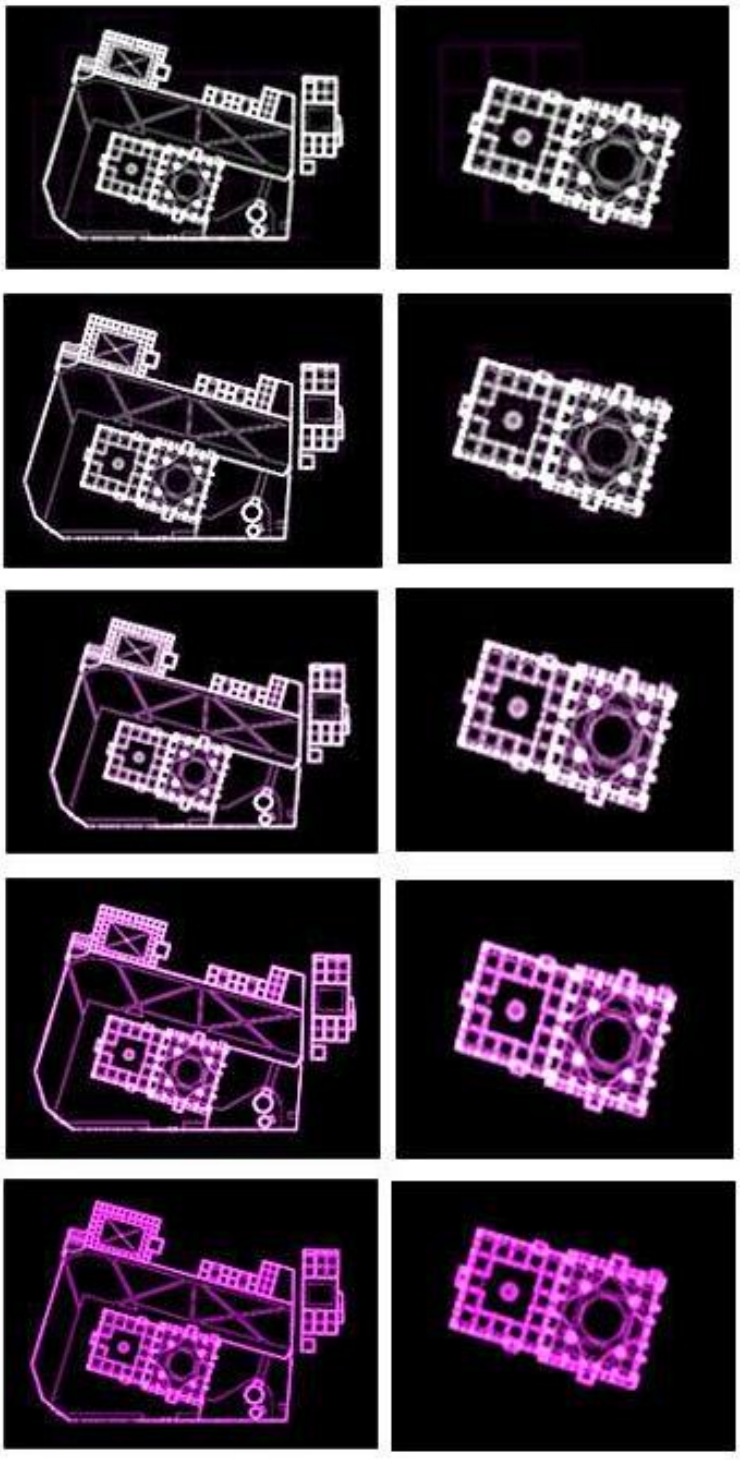
Çizelge 4.4. Şehzade Camisi'nin planı ve Şehzade Külliyesi'nin planı çizimine ait hesaplanan fraktal değerleri

Katman	**Farktal boyut**	**fark (%)**
Şehzade Camisi'nin planı	1.6738	1.6009 - 1.6738 = -7.29 %
Şehzade Külliyesi'nin planı	1.6009	

Şekil 4.9'da yer alan fotoğraf, FracLac yazılımı kullanılarak kutu sayma yönteminde otomatik olarak belirlediği farklı kutu boyutları ile taranmış bahsi geçen 2 çizimin 5 adet çevrimini göstermektedir. Bu çalışmadaki tüm hesaplamalar I-mageJ programı ve FracLac eklentisi kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 4.5. Şehzade Külliyesi ve Şehzade Camisi çizimleri ("Şehzade Külliyesi", (t.y.)) - fraktal değerleri

Şehzade camisi'nin planı, fraktal değeri (D = 1,6738)

Şehzade Külliyesi'nin vaziyet planı, fraktal değeri (D = 1,6009)




Şekil 4.9. FracLac eklentisinin kutu sayım yöntemiyle tarama aşamaları

4.3. Mesleki Çizgi Kapsamında Süreklilik Analizi

Çok katmanlı fraktal analiz yöntemi ile yapılmış çalışmalardan yola çıkarak; 2 veya daha fazla binanın matematiksel olarak karşılaştırılması ve değerlendirilimesi gerçekleştirilmektedir. Sinan'ın önemli eseri Süleymaniye Camii ve Kılıç Ali Paşa Camii kapsamında geçmişte yapılan çalışmalarda fraktal boyut değerlerinin kullanarak, 2 cami arasındaki farklılıkları form, süsleme ve malzemeyle ilişkili göreli olarak geometri açısıdan ölçmek mümkün olmuştur. (Ediz ve Oswtald 2012) ve (Ostwald ve Ediz 2014). (Çizelge 4.6 ve 4.7). Bu kapsamda, daha önce yapılmış olan bahsi geçen çalışmalara ek olarak Şehzade Camisi de karşılaştırmak amaçlı bu çalışmada gerçekleştirilmiştir.

Şehzade ve Süleymaniye Camileri için mutlak fraktal değerleri karşılaştırıldığında, Süleymaniye Camii'nin karakteristik biçimsel karmaşıklığı Şehzade Camii'ninkinden daha yüksektir. (Şekil 4.10 ve 4.12). Şehzade Camisi'ndeki form, süsleme ve malzemenin eksiksiz birleşimi, genellikle Süleymaniye Camisi'ndeki muadili kombinasyona göre görsel olarak % 3 daha karmaşıktır.

Bu iki caminin Güney-Doğu cephesi hem form (% fark (F) = 1,91) hem de form ve süsleme katmanı (% fark (FS) = -1,97) için yakın bir geometrik karmaşıklık seviyelerine sahiptir. Süleymaniye Camisi duvar, çatı ve minarelerde malzemeye dayalı görsel sürekliliği daha fazladır (% fark (FSM) = 3,2) . (Çizelge 5.1).

Diğer cephelerde ise; Süleymaniye Camisi'ndeki giriş cephesi, form katmanı açısından % 3,02'lik bir farkla Şehzade Camisi'nden daha karmaşıktır. Şehzade Camisi'nin güneybatı cephesi, form katmanı için – 2,23 %, form, süsleme katmanı için – 5,8 % ve form, süsleme ve malzeme katmanı için ise, - 3,54 % farkla biçimsel olarak daha karmaşıktır.

Şehzade Camisi'nin kuzeydoğu cephesinde bulunan dekoratif unsurların zenginliği, Süleymaniye Camisi'ninkinden -% 2,24 görsel farklılık ile biraz daha yüksektir. (Süleymaniye Camisi'nin form, süsleme katmanı için 1,702 ve Şehzade Camisi'nin form, süsleme katmanı için 1,724). Ayrıca Şehzade Camisi'nde malzemeye dayalı kurgusu Süleymaniye Camisi'ninkinden -% 2,41'lik bir farkla daha fazladır.

(Süleymaniye Camisi form, süsleme ve malzeme katmanı için 1,792, Şehzade Camisi form, süsleme ve malzeme katmanı için 1,8161).

Çizelge 4.6. Süleymaniye Camii'nin fraktal katmanları (Ostwald ve Ediz 2014'ten alınmıştır)

Katman - Cephe	Faktör	Kuzey batı cephesi	Kuzey doğu cephesi	Güney doğu cephesi	Güney batı cephesi	Ortalama
Form	*D (F)*	1.677	1.688	1.598	1.674	1.6592
	D (fark)	-	-	-	-	-
	% Bütüne Oran	87%	89.6%	80.8%	87.3%	86.175%
Form, Süsleme	*D (FS)*	1.689	1.702	1.638	1.691	1.68
	D (fark)	0.012	0.014	0.04	0.017	0.02
	% Bütüne Oran	1.2%	1.4%	4%	1.7%	2.075%
Form, Süsleme, Malzeme	*D(FSM)*	1.807	1.792	1.79	1.801	1.7975
	D (fark)	0.118	0.09	0.152	0.11	0.117
	% Bütüne Oran	11.8%	9%	15.2%	11%	11.75%

Çizelge 4.7. Kılıç Ali Paşa Camii'nin fraktal katmanları (Ostwald ve Ediz 2014'ten alınmıştır)

Katman - Cephe	Faktör	Kuzey batı cephesi	Kuzey doğu cephesi	Güney doğu cephesi	Güney batı cephesi	Ortalama
Form	*D (F)*	1.5558	1.5886	1.6038	1.5767	1.5812
	D (fark)	-	-	-	-	-
	% Bütüne Oran	78%	85%	86%	86%	83.75%
Form, Süsleme	*D (FS)*	1.6137	1.6316	1.6489	1.6148	1.6273
	D (fark)	0.0579	0.0430	0.045	0.0381	0.046
	% Bütüne Oran	8%	6%	6%	6%	6.5%
Form, Süsleme, Malzeme	*D(FSM)*	1.7122	1.6899	1.723	1.6705	1.6989
	D (fark)	0.0985	0.0583	0.0741	0.0575	0.0721
	% Bütüne Oran	14%	9%	10%	8%	10.25%

Çizelge 4.8. Şehzade Camii ile Süleymaniye Camii arasındaki sonuçların karşılaştırılması

Katman	Faktör	Kuzey Batı Cephesi	Kuzey Doğu Cephesi	Güney Doğu Cephesi	Güney Batı Cephesi	Orta
Form	Şehzade *D (F)*	1.6468	1.6588	1.5789	1.6963	1.645
	Süleymaniye D *(F)*	1.677	1.688	1.598	1.674	1.659
	% Fark *(F)*	3.02	2.92	1.91	- 2.23	1.4
Form, Süsleme	Şehzade *D (F+S)*	1.7251	1.7244	1.6577	1.749	1.714
	Süleymaniye D *(F+S)*	1.689	1.702	1.638	1.691	1.68
	% Fark *(F+S)*	- 3.61	- 2.24	- 1.97	-5.8	-3.4
Form, Süsleme, Malzeme	Şehzade *D (F+S+M)*	1.8285	1.8161	1.758	1.8364	1.81
	Süleymaniye D *(F+S+M)*	1.807	1.792	1.79	1.801	1.78
	% Fark *(F+S+M)*	- 2.15	- 2.41	3.2	-3.54	-3

Şehzade ve Kılıç Ali Paşa camileri için mutlak değerleri karşılaştırırken, Şehzade Camisi'nin karakteristik biçimsel karmaşıklığı tipik olarak Kılıç Ali Paşa Camisi'ninkinden daha yüksektir. (Şekil 4.11 ve 4.12) . Şehzade Camisi'ndeki form, süsleme ve malzemenin eksiksiz kombinasyonu, Kılıç Ali Paşa Camisi'ndeki muadil kombinasyona göre görsel olarak % 11 daha karmaşıktır.

Kılıç Ali Paşa Camisi'nin Güneydoğu cephesi, Şehzade Camisi'nden (% fark (F) = 2,5) daha yüksek bir geometrik karmaşıklık seviyesine sahiptir, ancak form ve süsleme kombinasyonu (% fark (FS) = -0,88), Şehzade Camisi duvarlarında, çatılarında ve minarelerinde malzeme kurgusu görsel süreklilik olarak da güçlüdür. (% fark (FSM) = -3,5) . (Çizelge 1.5).

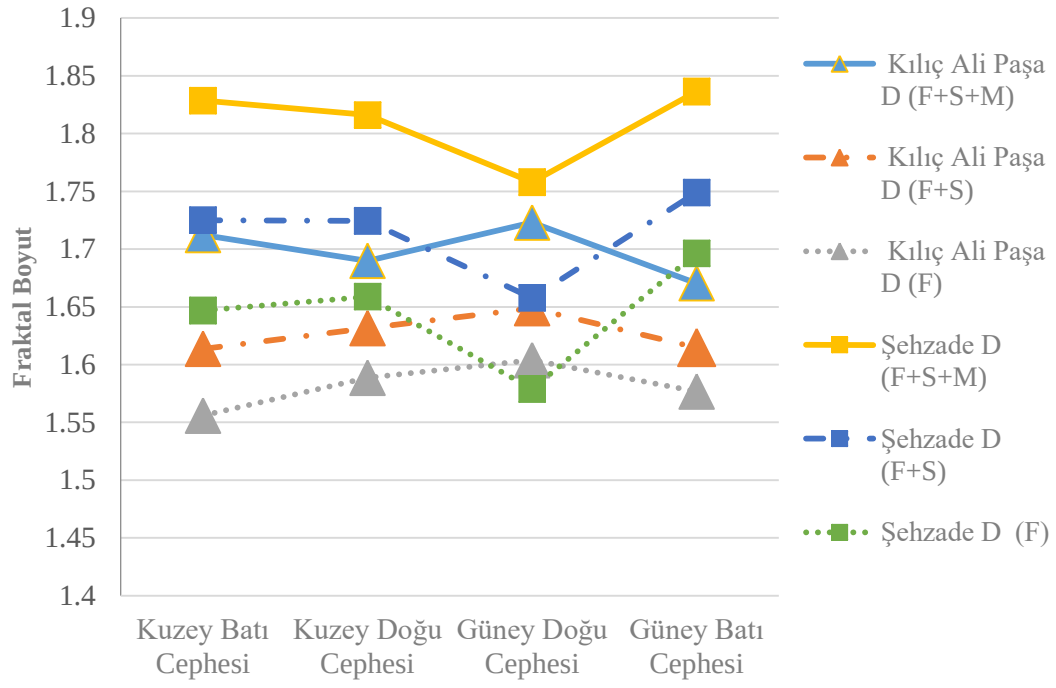
Diğer cepheler için ise; özellikle uzun cepheler için, Şehzade Camisi form katmanı için % -7,02 ile % -12 arasında ve form, süsleme ve malzeme için % -11,63 ile % -16,6 arasında farklılıklarla biçimsel olarak daha karmaşık ve görsel sürekliliğie sahiptir.

Çizelge 4.9. Şehzade Camii ile Kılıç Ali Paşa Camii arasındaki sonuçların karşılaştırılması

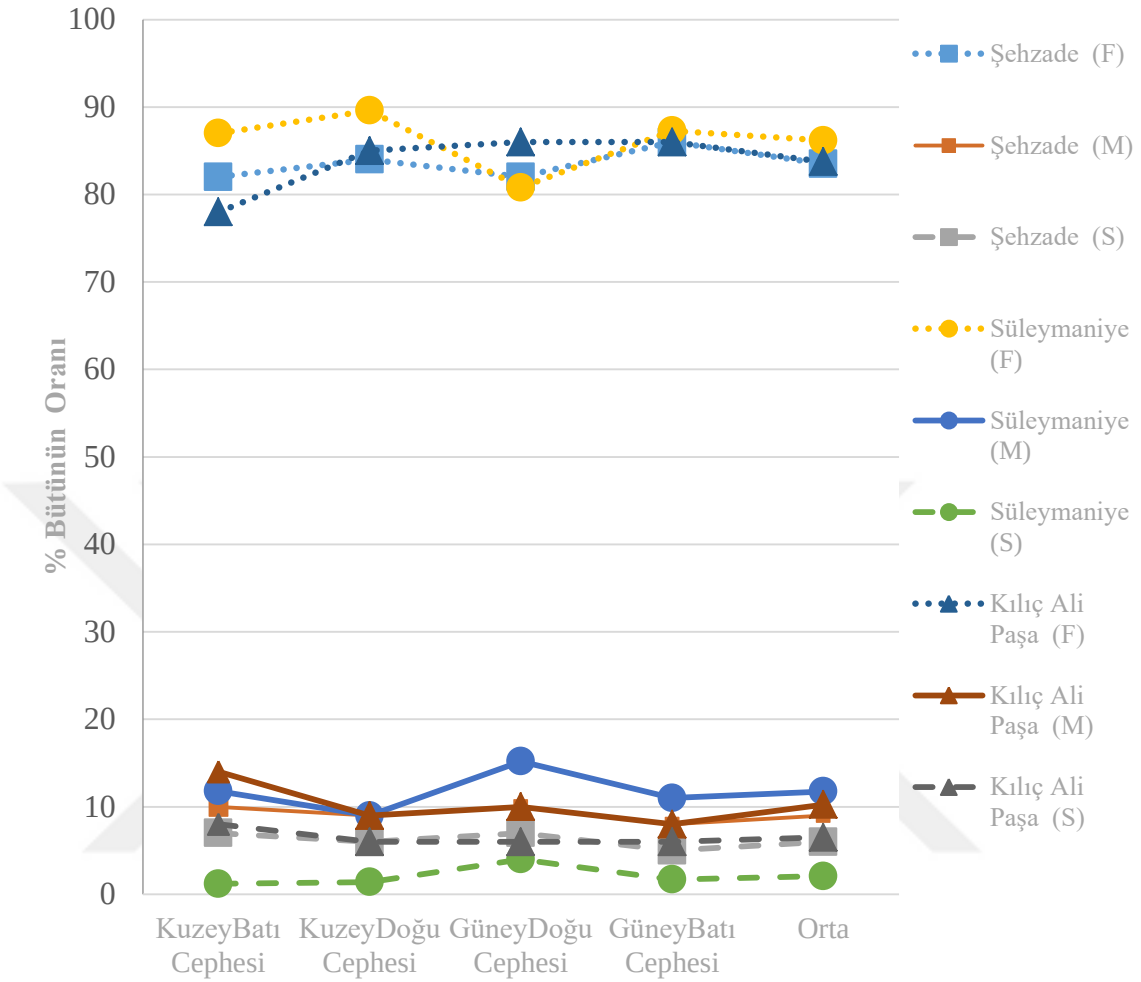
Katman	**Faktör**	**Kuzey Batı Cephesi**	**Kuzey Doğu Cephesi**	**Güney Doğu Cephesi**	**Güney Batı Cephesi**	**Orta**
Form	Şehzade *D (F)*	1.6468	1.6588	1.5789	1.6963	1.645
	Kılıç Ali Paşa D *(F)*	1.5558	1.5886	1.6038	1.5767	1.581
	% Fark *(F)*	- 9.1	- 7.02	2.5	- 12	- 6.41
Form, Süsleme	Şehzade *D (F+S)*	1.7251	1.7244	1.6577	1.749	1.714
	Kılıç Ali Paşa D *(F+S)*	1.6137	1.6316	1.6489	1.6148	1.63
	% Fark *(F+S)*	- 11.14	- 9.28	-0.88	- 13.42	- 8.4
Form, Süsleme, Malzeme	Şehzade *D (F+S+M)*	1.8285	1.8161	1.758	1.8364	1.81
	Kılıç Ali Paşa D *(F+S+M)*	1.7122	1.6899	1.723	1.6705	1.7
	% Fark *(F+S+M)*	- 11.63	- 12.62	- 3.5	- 16.6	- 11



Şekil 4.10. Şehzade Camii ve Süleymaniye Camii cephe katmanları için fraktal boyut değerleri



Şekil 4.11. Şehzade Camii ve Kılıç Ali Paşa Camii cephe katmanları için fraktal boyut değerleri



Şekil 4.12. Kılıç Ali Paşa, Süleymaniye ve Şehzade camilerinde form, süsleme veya malzemenin oluşturduğu cephelerin karşılaştırılması

5. SONUÇ

Günümüzde, sayısal teknolojilerin sunmuş olduğu fırsatlar yeni tasarım süreçlerinin, ortamlarının ve düşünme pratiklerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Günümüzde teknolojideki hızlı ve büyük değişimler mimarlık alanını da derinden ve köklü olarak etkilemiştir. Günümüz mimarlığı, teknolojinin bir sonucu olarak birçok farklı ve yaratıcı sonuçları ile karşımıza çıkmaktadır. Bu mimari ürünler, belirli bir zaman diliminde toplumu, toplumun yapısını ve ihtiyaçlarını da temsil etmektedir.

Fraktal geometri, 1970'li yılların hemen başlarında Polonya asıllı matematikçi Benoit Mandelbrot tarafından ortaya atıldıktan sonra modern dünyada bir çok farklı alanda kullanılmaya başlanmıştır. Fraktal geometri, biçimsel kurgu olarak doğada olabildiği gibi mimari ve farklı disiplinlerde de karşımıza çıkmaktadır. Yüzeyin karmaşıklığını analiz etmek için kullanılan fraktal analiz yöntemi, mimarlıkta, kentsel ölçekten bir binanın en küçük mimari unsuruna kadar uygulanabilmektedir.

Bu çalışmada; Sinan'ın Şehzade Camisi kapsamında form, süsleme ve malzemeye dayalı görsel süreklilik; çok katmanlı olarak araştırılmış; daha önce tasarımın görsel özellikleriyle ilgili yapılan birçok yorum ile birlikte ilk defa niceliksel özellikleri açısından derinlemesine ve çok detaylı matematiksel bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada elde edilen veriler, Sinan ve mimarlığı ile ilgili çeşitli yorumlar ve çalışmalar yapan Kuban, Necipoğlu ve Erzen gibi mimarlık tarihçilerinin değerlendirmeleri ile karşılaştırıldığında birçok ortak noktanın bulunduğu görülmüştür. Kuban ve diğer tarihçilerin yorumlarına paralel olarak; Sinan mimarlığını oluşturan temel kurgunun başlıca aktörünün; strüktürel yapının ve formun kurgusal oluşumundan kaynaklanan bir estetik-biçimsel kaygının olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada Şehzade Camisi'ni analiz etmek amaçlı seçilen çok katmanlı fraktal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, tipik olarak yapının kurgusunun süslemeden çok forma bağlı olduğunu savunan bilim insanları ve tarihçiler tarafından sunulan sezgisel okumaları destekler niteliktedir. Ayrıca caminin malzame ve inşai yöntemlere dayalı mimari karakterinin genel görünümündeki kurgu açısından kritik bir öneme sahip olduğunu söylemek hatalı bir tespit olmayacaktır.

Aynı zamanda çalışma kapsamında elde edilen sonuçların 3 eser bağlamında karşılaştırması sonucunda; Şehzade, Süleymaniye ve Kılıç Ali Paşa Camilerinin malzeme yoğunluğu ve görsel süreklilik açısından oldukça güçlü yapılar oldukları söylenebilir. Elde edilen başka bir sonuç ise; Sinan'ın son dönem yapılarından olan Kılıç Ali Paşa Camisi cephelerinde incelenen 3 aşamadaki görsel süreklilik diğer 2 camiye göre çok daha bir sürekliliğe sahip olduğu görülmüştür. Sinan'ın, birçok çalışmada konu edilen çıraklık, kalfalık ve ustalık gibi dönemleri fraktal analiz bakımından incelendiğinde, tasarım anlayışınıın geliştiği sonuçlarına ulaşılabilmektedir. Bunun yanında, Sinan eserlerinde yer alan görsel karmaşıklığın şekillenmesinde, diğer bir deyişle yapıların biçimsel ve mekânsal kurgusunun oluşmasında, eser bani[8]lerinin büyük etkileri olduğu gözlemlenmektedir. Örneğin, Şehzade Camisi'nin biçimsel ve görsel özelliği ele alındığında, Sultan Süleyman'ın en büyük oğluna Şehzade Mehmet (*Veli Ahd*) adına bir cami ve külliye inşa etmesi talebiyle uygulanır. Süleymaniye cami ve külliyesi de padişahın kendisine bir anıt yaptırmak üzere isteği üzerine inşa edilmiştir. Kılıç Ali Paşa Camii örneğinde ise, Ayasofya kilisesine hayran olan Kaptan-ı Derya ile Mimar Sinan arasındaki karşılıklı kararın görsel özellikleri, biçimsel ve mekânsal kurgusu eserde doğrudan hissedilmektedir.

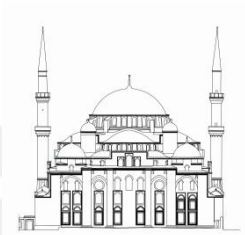
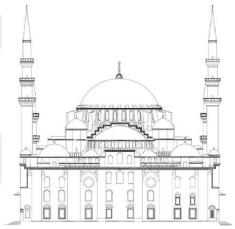
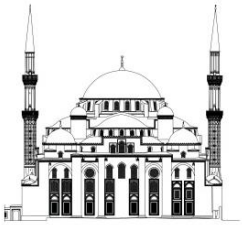
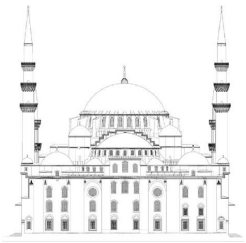
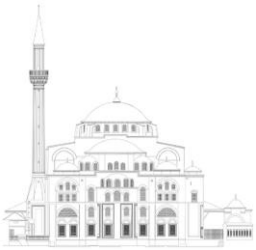
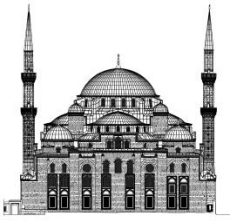
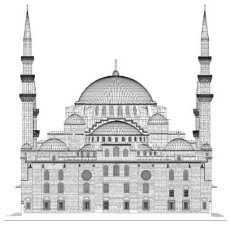
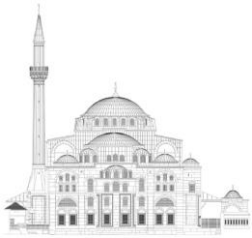
Sinan'ın mimari kimliğinde kendi iç dönüşümünün yanı sıra farklı etkenlerin de olduğu gözlemlenmekle birlikte, Sinan'ın tasarım anlayışının mesleki yaklaşımı boyunca daha dengeli kompozisyonlar oluşturduğu ve kendisini bu kapsamda geliştiğini sonuçlarına ulaşılabilmektedir Sonuç olarak, Sinan camilerinin estetik kurgularının, cephede bulunan süslemeler ve bezemelerden kaynaklı olmayıp, yapının strüktürel formuna bağlı olarak geliştiğini ifade eden sezgisel yorumlar sayısal veriler ile de desteklenmektedir.

Bu matematiksel sonuçların, Sinan'ın değişen tasarım dili - ve daha basit formlara doğru eğilim – göstermesi ile ilgili olarak daha fazla bir şey önermek amaçlı çok daha fazla örnek incelenmelidir. Her biri benzer şekilde ölçülen ve analiz edilen daha büyük bir dizi çalışma, böyle bir argümanın oluşturulması için gerekli olacak ve o zaman bile, verilerin konumlandırma koşulları, siyasi zorunluluklar, emek ve malzeme mevcudiyeti

[8] Bani: Bir yapıyı inşa ettiren kimse. (Emre 2020).

gibi faktörleri hesaba katmak doğru bir yorumlama için gerekli olacaktır. Bahsi geçen tüm unsurların Sinan'ın mimarisini şekillendirmede etkin birer rol oynadıkları bilinmektedir.

Çizelge 5.1. Karşılaştırma: Şehzade, Süleymaniye ve Kılıç Ali Paşa Camilerinin güney doğu cepheleri

Yapılar / Katman	Şehzade Camisi (1543-1548)	Süleymaniye Camisi (1550-1558)	Kılıç Ali Paşa Camisi (1578-1580)
Form	 1,5789	 1,598	 1,6038
Form + Süsleme	 1,6577	 1,638	 1,6489
Form + Süsleme + Malzeme	 1,758	 1,79	 1,723

Aynı zamanda bir başka başlıkta ele alınan caminin planı ve külliyenin plan kurgusu karşılaştırılması kapsamındaki; caminin planı ve külliye kurgusu arasında bir süreklikiğin varlığını göstermektedir.

Şehzade Camisi, uzun yıllardır biçilmiş kalite analizinin konusu olmuştur, bu büyük eser anlayışımızı arttırmaktadır, ancak yine de resmi ve görsel niteliklerini daha yüksek bir anlayışa ulaştırma girişimlerine meydan okumaktadır. Fraktal analiz, binanın kesin bir yorumunu sağlayamasa da, çalışmanın bir dizi ortak yorumu için matematiksel kanıt sunmaya yardımcı olabilir ve binanın daha önce göz ardı edilen ek boyutlarını aydınlatabilir.

'Çok katmanlı fraktal analiz yöntemi; Şehzade Camisi örneği' başlıklı bu tezde, Mimar Sinan'in tasarım stratejisinin yorumuna ilişkin çeşitli alt başlıklar, 16. Yüzyılına ait olan Şehzade Camisi'nin derinlemesine araştırılmasıyla ele alınmıştır.

Caminin planı sayısal fraktal analiz yöntemi ile incelenmiş ve analiz edilmiştir. Elde edilen sayısal sonuçlar, planın sayısal değeri ile külliyenin plan şeması arasında bir süreklikiğin varlığını göstermektedir. Her iki katmanda da fraktal değerlerin birbirlerine çok yakın oldukları bu durumu kanıtlamaktadır.

Çalışma, aynı zamanda, Sinan'ın camileri olan Süleymaniye Camisi ve Kılıç Ali Paşa Camisi ile ilgili önceki araştırmalarla bir karşılaştırma yapılmıştır. Süleymaniye Camisi, Şehzade Camisi ve Kılıç Ali Paşa Camisi arasında tasarım stratejileri karşılaştırılmıştır. Sonuçta, Mimar Sinan'ın cami tasarımındaki yaklaşımını ve eserlerinde süslemeden ziyade genel yapı ve forma odaklanmasındaki stratejisini netleştiren sayısal bir yoruma erişilmiştir.

Sonuç olarak, çalışmada, ilk kez Şehzade Camisi ve külliyesi çok katmanlı fraktal analize dayalı sayısal bir yöntem ile kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve analiz edilmiştir. Bu çalışma sonrasında, geleceğe dönük olarak Şehzade külliyesi yakın çevresi ve çevresinin tarihi süreçteki diğer katmanları, yeşil dokudaki farklılaşmalar, ulaşım katmanındaki değişikliklerin incelenmesi amaçlanmaktadır. Tarihi katmanlara ait belgelere ulaşıldığında çalışma benzer bir yöntemin kullanılmasıyla sürdürülecektir.

KAYNAKLAR

Abdelsalam, M., Ibrahim, M. 2019. Fractal Dimension of Islamic Architecture: The case of the Mameluke Madrasas: Al-Sultan Hassan Madrasa. *GU Journal of Science,* 32(1): 27-37.

Acıcan, Ö. 2019. Computational Design Learning: The Smart Geometry Case. *Master degree thesis,* faculty of Architecture, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

Ahunbay, Z. 1988. Mimar Sinan'ın Şehirci Yönü. VI. Vakıf Haftası, Türk Vakıf Medeniyeti Çerçevesinde Mimar Sinan ve Dönemi Sempozyumu, 5-8 Aralık 1988, İstanbul Vakıflar Genel Müdürlüğü Yayınları, Istanbul.

Anonim, 2004. Rüyada şimşek görmek. https://www.diyadinnet.com/ruyada-9154-simsek-gormek (Erişim tarihi: 03.07.2021).

Anonim, 2011. Dua kubbesi. https://sanatsozlugum.blogspot.com/2012/03/lunette.html (Erişim tarihi: 03.07.2021).

Anonim, 2012a. lunette. https://sanatsozlugum.blogspot.com/2012/03/lunette.html (Erişim tarihi: 03.07.2021).

Anonim, 2012b. Eski yeşil porfir. https://sanatsozlugum.blogspot.com/2012/03/lunette.html (Erişim tarihi: 03.07.2021).

Anonim, 2015. İnsan beyni hakkında bilmediğiniz 43 ilginç gerçek. https://onedio.com/haber/insan-beyni-hakkinda-bilmediginiz-ilginc-bilgiler-432918 (Erişim tarihi: 03.12.2020).

Anonim, 2017. Saint Denis Bazilikası. https://parisgezgini.com.tr/saint-denis-bazilikasi/ (Erişim tarihi: 03.07.2021).

Anonim, 2019. The fractal body. https://lionden.com/fractal_body.htm (Erişim tarihi: 03.07.2021).

Anonim, 2020. Nümerik hesaplamalar. https://marsisinovasyon.com/numerik-hesaplamalar/ (Erişim tarihi: 04.07.2021).

Babovic, N. 2013. Sinan's Mosque: Eternal Values of Architect, Age and Society. *Islamic Urban Heritage / Research, Preservation and Management Summer School*, ed. Amir Pasic, 77-83. Publisher: IRCICA, İstanbul.

Ben-Hamouche, M. 2011. Fractal Geometry in Muslim Cities: How Succession Law Shaped Morphology. *Nexus Network Journal,* 13: 235–251.

Bilgin, H. 2006. Mimar Sinan yapılarında kubbeli örtü sistemlerinin yapısal analizi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 21: 120–128.

Bomba, D.E. 2006. Tarihsel Gelişim Süreci İçinde Modülerlik ve Şehzade Mehmet Camii'nin Modülerlik Açısından İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Akdeniz Ü. Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Grafik Anasanat Dalı, Antalya.

Bovill, C., Bechhoefer, W. 1994. Fractal analysis of traditional housing in Amasya, Turkey. *Traditional Dwellings and Settlements Review,* 6(1): 14-15.

Bovill, C. 1996. Fractal Geometry in Architecture and design. Birkhauser, Boston, 195 pp.

Cınbarcı, A. 2015. Fraktal geometri ve tekrar olgusu. *Yüksek Lisans Tezi,* Yeditepe Ü. Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Plastik Sanatlar Anabilim Dalı, İstanbul.

Çağdaş, G. 1996. A Shape Grammar: The Language of Traditional Turkish House. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 23: 443-464.

Çağlar, S., 2017. Doğanın Geometrisi: Fractal Geomerti. https://www.matematiksel.org/doganin-gometrisi-fraktal-geometri-2/ (Erişim tarihi: 29.11.2020).

Çağlar, S., 2020. Doğadaki Büyüleyici Geometri. https://www.matematiksel.org/dogadaki-buyuleyici-geometri/ (Erişim tarihi: 29.11.2020).

Değirmenci, B. 2009. Fraktal geometri ve üretken sistemlerle Mimari tasarım. *Yüksek Lisans Tezi,* İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Ediz, Ö. 2003. Mimari tasarımda fraktal kurguya dayalı üretken bir yaklaşım. *Doktora Tezi,* İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Ediz, Ö. M. 2015. Sayısal Teknolojilerle Sinan'ı Anlamak. IX. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusa Sempozyumu, 25-26 Haziran 2015, Özyeğin Üniversitesi, İstanbul.

Ediz, Ö. M., Gürsakal, N. 2010. Bursa Çarşı Makroformundaki Saçılmanın Fraktal Boyut İle Belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 15(2): 101-107.

Ediz, Ö. M., Çağdaş, G. 2005. Mimari tasarımda fraktal kurguya dayalı üretken bir yaklaşım. *İtü dergisi/a mimarlık, planlama, tasarım,* 4(1): 71-83.

Ediz, Ö., Çağdaş, G. 2006. A Computational Architectural Design Model Based on Fractals. *Open House International,* 32(2): 36-45.

Ediz, Ö., Çağdaş, G. 2007. Kaos, Fraktaller ve Mimari Tasarım. *Journal of İstanbul Kültür Üniversitesi,* 4(3): 155-165.

Ediz, Ö., Ostwald, M. 2012. The Süleymaniye Mosque: a computational fractal analysis of visual complexity and layering in Sinan's masterwork. *Architectural Research Quarterly,* 16: 171–182.

Egli, E. 2009. Osmanlı Altın Çağının Mimarı Sinan. Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul, 276 s.

Erarslan, A. 2014. Kentsel Planama Açısından Mimar Sinan Külliyeleri. *Mimar ve Mühendis,* 79: 36-39.

Erarslan, A. 2020. Mimar Sinan'in dörtlü baldaken sistemli tek kubbeli camilerinde görülen farklı mekân kurguları. *Turkish Studies,* 15(2): 943-958.

Erdem, B. 2011. Mimar Sinan'ın Eseri Olan Üç Önemli Caminin Mekânsal Özelliklerinin İrdelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* MSGSÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Erzen, J.N. 2005. Mimar Sinan estetik bir analiz. Şevki Vanlı Yayınları, Ankara, 153 s.

Eyice, S. 2002. Kılıç Ali Paşa Külliyesi. *TDV İslam Ansiklopedisi,* 25: 412-412.

Girgin, Z. 2016. Sayısal Analiz. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ders Notları, Denizli, 152 s.

Gözübüyük, G. 2007. Farklı mimari dillerde Fraktallere dayalı Form Üretimi. *Yüksek lisans Tezi,* İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Gunther, Sh., 2020. 14 Amazing fractals found in nature. https://www.treehugger.com/amazing-fractals-found-in-nature-4868776 (Erişim tarihi: 03.07.2021).

Gülderen, D. 2017. Fraktal geometri'nin plastik sanatlarda kullanımı. *Yüksek lisans tezi,* Marmara Ü. Güzel Sanatlar Enstitüsü, Resim Anasanat Dalı, İstanbul.

Güney, R. 2002. Mimar Sinan. Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, 223 s.

Gürbüz, E., Çağdaş, G., Alaçam, S. 2010. A Generative Design Model for Gaziantep's Traditional Pattern. *City Modelling – eCAADe,* 28: 706-714.

Gürbüz Yıldırım, E. 2018. Kentsel dokunun değerlendirilmesi için mekân dizimi ve fraktal analize dayalı bir yöntem: Gaziantep örneği. *Doktora Tezi,* İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, İstanbul.

Gürsakal, N. 2007. Sosyal Bilimler Karmaşıklık ve Kaos. Nobel Yayın ve Dağıtım, Ankara, 168 s.

Güzelci, O. 2012. Amasya Yalıboyu Evleri Üzerine bir Biçim Grameri Çalışması. *Yüksek Lisans Tezi,* İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Harigane, Y., 2018. Fraktal geometri. https://www.vbenzeri.com/mimari/fraktal-geometri?page=1 (Erişim tarihi: 03.07.2021).

Hoggard, J., 1997. How Long is the coast of Great Britain. http://www.aiecon.org/staff/shc/course/annga/RR/main/How%20Long%20is%20the%20Coast%20of%20Great%20Britain.htm (Erişim tarihi: 29.11.2020).

İlhan, C., Ediz, Ö. 2019. Kent Dokusu Morfolojik Değişiminin Fraktal Geometri Aracılığıyla Hesaplanması: Bursa Örneği. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 4(1): 117-140.

İlhan, C. 2019. Sayısal Analiz Yöntemleri ile Mimari Dokuyu Okumak: Bursa - Hisar Bölgesi. *Yüksek Lisans Tezi,* BUÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Bursa.

İnan, A. 1968. Mimar Koca Sinan. Türkiye Emlak Kredi Bankası Neşriyatı No.3, Ankara, 88 s.

Jencks, C. 1997. The Architecture of the Jumping Universe: A Polemic: How Complexity Science is Changing Architecture and Culture. Academy Editions, London, 195 pp.

Joye, Y. 2007. Fractal Architecture Could Be Good for you. *Nexus Network Journal,* 9: 311-312.

Kanatlar, Z. 2012. Fraktal Boyuta dayalı mimari bir analiz: Sedad Hakkı Eldem ve Konut Mimarisi. *Yüksek Lisans Tezi,* BUÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Bursa.

Karademir, M. 2014. Mimar Sinan Dönemi Yapılarında Taçkapılar. *Doktora Tezi,* Selçuk Ü. Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Sanat tarihi Anabilim Dalı, Konya.

Karagöz, A., 2020. Yüzey Metrolojisi. https://docplayer.biz.tr/168321299-Bolum-8-yuzey-metrolojisi.html (Erişim tarihi: 15.02.2021).

Karperien, A., 1999-2003. FracLac for ImageJ. https://imagej.nih.gov/ij/plugins/fraclac/fraclac.html (Erişim tarihi: 12.12.2020).

Kaya, S. , Bölen, F. 2006. Kentsel Mekân Organizasyondaki Farklılıkların Fraktal Analiz Yöntemi ile Değerlendirmesi. *Journal of İstanbul Kültür University,* 4: 153-172.

Kılıç Batmaz, S. 2013. Tasarımda Çeşitlenme Sağlayan Yöntemlerin Günümüz Mekân Uygulamaları Üzerinde İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* İKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı, İstanbul.

Kılıç, S. 2018. Biçim grameri ile oluşturulan mekânlarda sayısal tasarımın yaratıcılık sürecine etkisi. 1.Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Sempozyumu, 04-06 Ekim 2018, Dicle Üniversitesi Kongre Merkezi, Diyarbakır, Türkiye.

Kızılkan, T., 2020. Kendini tekrarlayan örüntüler; Doğada Fraktalite. https://evrenselyolcu.blogspot.com/2020/01/kendini-tekrarlayan-oruntuler fraktalite.html?fbclid=IwAR2bRVPaiuC9uaRqpAoo18v ZBDPJ8EAsMsQW4d8Hn0DM13syjuHYpK_NBM (Erişim tarihi: 05.07.2021).

Kuban, D. 1998. İstanbul Yazıları. Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, 279 s.

Kuruçay, E. 2020. Sinan Mimarisinde Görsel Karmaşıklığın Hesaplamalı Analizi. *Yüksek Lisans Tezi,* BUÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Bursa.

Lesmoir-Gordon ve ark. 1988. The Colours of Infinity the Beauty of Power of Fractals. Spring-Verlag London Dordrecht Heidelberg, Newyork, 218 pp.

Lionar, M.L. , Ediz, Ö. 2020. Measuring Visual Complexity of Sedad Eldem's SSK Complex and Its Historical Context: A Comparative Analysis Using Fractal Dimensions. *Nexus Network Journal,* 22: 701-715.

Lorenz, E. W. 2009. Fractal Geometry of Architecture: Implementation of the Box-Counting Method in a CAD-Software. 27th aCAADe Conference, 16-19 September, 2009, Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Istanbul, Turkey.

Lu, X., Croome, D., Viljanen, M. 2012. Fractal Geometry and Architecture Design: Case Study Review, *Chaotic Modeling and Simulation (CMSIM),* 2: 311-322.

Mandelbrot, B. 1977. The Fractal Geometry of Nature. W. H. Freeman and Company, New York, 498 pp.

Necipoğlu, G. 2005. The Age of Sinan: Architectural Culture in the Ottoman Empire. Reaktion Books, London, 592 pp.

Necipoğlu, G. 2013. Sinan Çağı: Osmanlı İmparatorluğu'nda Mimari Kültür. İstanbul Bilgi Üniversitesi, İstanbul, 799 s.

Onut, E., 2016. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü. https://docplayer.biz.tr/8753171-Yuzey-puruzlulugu-olcumu.html (Erişim tarihi: 15.02.2021).

Oppong, R.A. , Marful, A.B., Asare , E.S. 2017. Improving urban visibility through fractal analysis of street edges: The case of John Evans Atta Mills High Street in Accra, Ghana. *Frontiers of Architectural Research,* 6(2): 248-260.

Osama, A., Sherif, L., Ezzeldin, Sh. 2014. Fractal Geometry in Architecture From Formative Idea to Superficial Design. Contemporary Discussions and Design Methodologies in Architecture Archdesign'14 Conferance, 8-10 May, 2014, İstanbul, Turkey.

Ostwald, J. M., Ediz, Ö. 2014. Measuring Form, Ornament and Materiality in Sinan's Kılıç Ali Paşa Mosque: An Analysis Using Fractal Dimension. *Nexus Network Journal: Architecture& Mathematics,* 17(1): 5-22.

Ostwald, M., Vaughan, J. 2016. The Fractal dimention of architecture. Springer International Publishing, Switzerland, 423 pp.

Ostwald, M., Vaughan, J. 2009. Calculating Visual Complexity In Peter Eisenman's Architecture. Proceedings of the 14th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research, 22-25 April, 2009, Yunlin, Taiwan, Asia.

Ostwald, M. Vaughan, J., Tucker, C. 2008. Characteristic Visual Complexity: Fractal Dimensions in the Architecture of Frank Lloyd Wright and Le Corbusier. In *Nexus VII: Architecture and Mathematics,* ed. Kim Williams, 217-232. Turin: Kim Williams Books.

Öz, K., Özen Yavuz, A. 2018. Shape Grammar Analysis and Comparasion of the Traditional and New Urban Textures In Sivrihisar, Eskişehir. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning,* 6(2): 113-124.

Sancak, N. , Alaçam, S. 2021. Sinan camilerinde biçim ve strüktür ilişkisinin sayısal tasarım araçlarıyla değerlendirmesi. XII. Uluslararası Sinan Sempozyumu, 8-9 Nisan 2021, Trakya Üniversitesi, Edirne.

Sala, N., 2002. Fractal Models in Architecture: A case of study. http://math.unipa.it/~grim/Jsalaworkshop.PDF (Erişim tarihi: 26.01.2020).

Samir, Sh., 2019. Grand Egyptian museum opening. https://www.traveltoegypt.net/blog/grand-egyptian-museum-opening (Erişim tarihi: 11.04.2021).

Sevgi, S. 2013. İç mimaride Sayısal Tasarım ve Üretim Teknikleri: Sergileme Elemanı Tasarımı. *Yüksek Lisans Tezi,* İTÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İç Mimari Tasarım Anabilim Dalı, İstanbul.

Soyluk, A. , Tuna, M.E. 2011. Sismik Taban İzolasyonu Uygulaması için Tarihi Şehzade Mehmet Camisinin Dinamik analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(3): 667-675.

Stiny, G. 1980. Introduction to shape and shape grammers. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 7: 343-351.

Stouhi, D., 2021. Grand Egyptian Museum gives historic artifacts a modern context. https://www.archdaily.com/960191/grand-egyptian-museum-gives-historic-artifacts-a modern-context (Erişim tarihi: 05.07.2021).

Sqour, S. 2016. Influence of Hagia Sophia on the Construction of Dome in Mosque Architecture. The International Conference on Latest Trends in Engineering and Technology (ICLTET' 2016), 5-6 May, 2016, Dubai, UAE.

Şehzade Külliyesi İstanbul, Turkey. (t.y.). https://archnet.org/sites/2018/media_contents/42972#item_associations (Erişim tarihi: 08.12.2020).

Terzi, F. , Kaya, S.H., 2008. Analysing urban sprawl pattern through fractal geometry: the case of İstanbul Metropolitan Areas. http://discovery.ucl.ac.uk/15200/ (Erişim tarihi: 03.07.2021).

Turhan, K. 2018. Fraktal Geometrinin iç mimari kurguda kullanımına yönelik bir araştırma. *Yüksek Lisans Tezi,* Hacettepe Ü. Güzel Sanatlar Enstitüsü, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı, Ankara.

Tuluk, Ö. 2006. Osmanlı Camilerinde Mekân Kurgusu Açısından Kare Tabanlı Baldaken Varyasyonları (15.-17.Y.Y.) *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(2): 275- 284.

Vaughan, J., Ostwald, M. 2009. Nature and architecture: revisiting the fractal connection in Amasya and Sea Ranch. 43rd Annual Conference of the Australian and New Zealand Architectural Science Association (ANZAScA 2009), 25-27 November, 2009, University of Tasmania, Launceston, Australia.

Wen, K. , Kao, Y. 2005. An Analytic Study of Architectural Design Style by Fractal Dimension Method. 22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction ISARC 2005, September 11-14, 2005, Ferrara, Italy.

Yağlı, M.B. 2010. Mimar Sinan'ın Şehzade, Süleymaniye ve Selimiye Camilerinin Tektonik Karakterlerinin Çözümlenmesi. *Doktora Tezi,* GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara.

EKLER

EK 1 Şehzade Camisi Fotoğrafları

EK 2 Şehzade Camisi Strüktür-Cephe İlişkisi

EK 3 Şehzade Camisi Dış Cepheleri (poster)

EK 4 Şehzade Camisi Avlu Taç Kapısı detayları

EK1 Şehzade Camisi Fotoğrafları





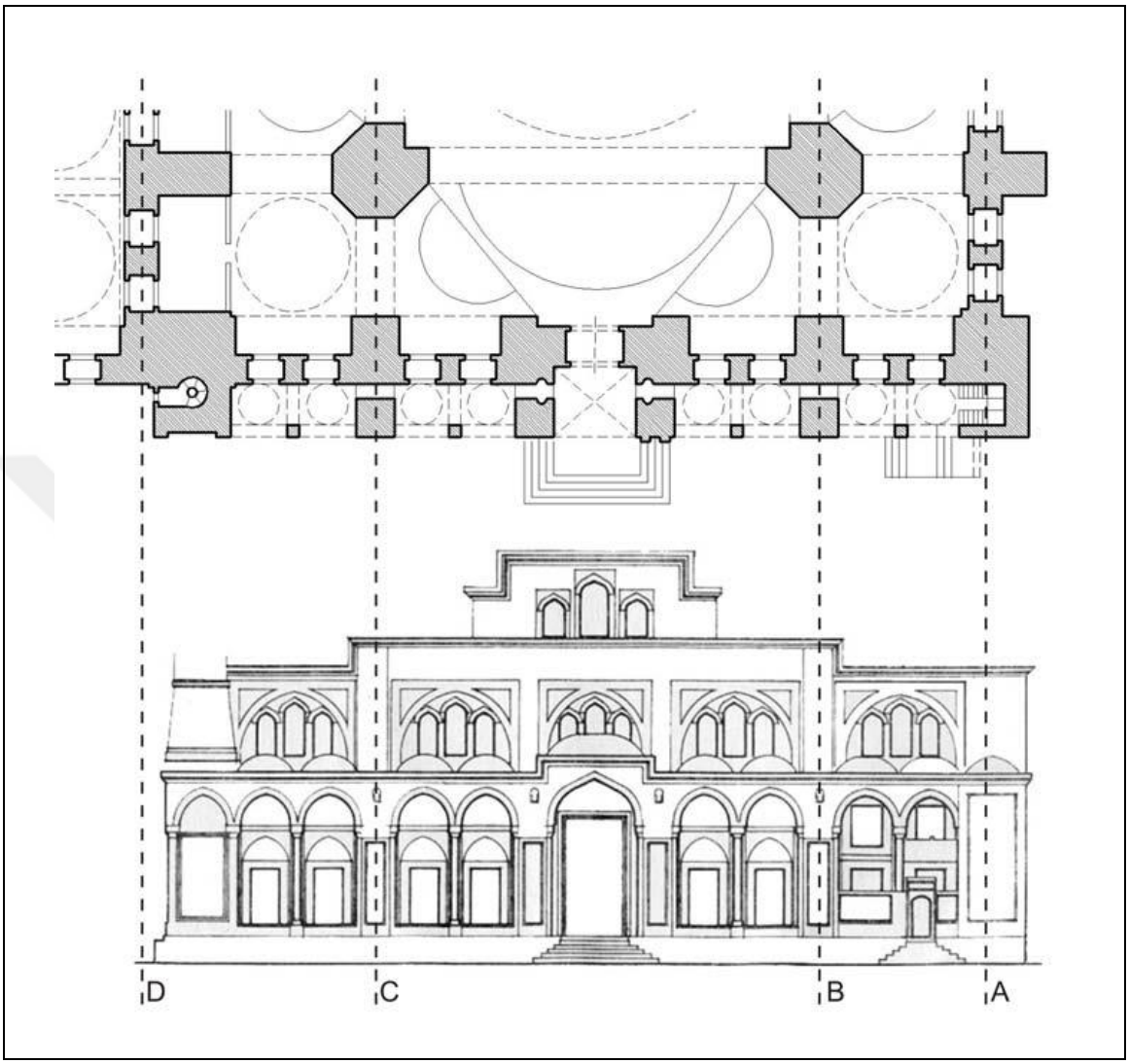
Şehzade Camisi. Genel görünüş.

EK1 (devam) Şehzade Camii Fotoğrafları

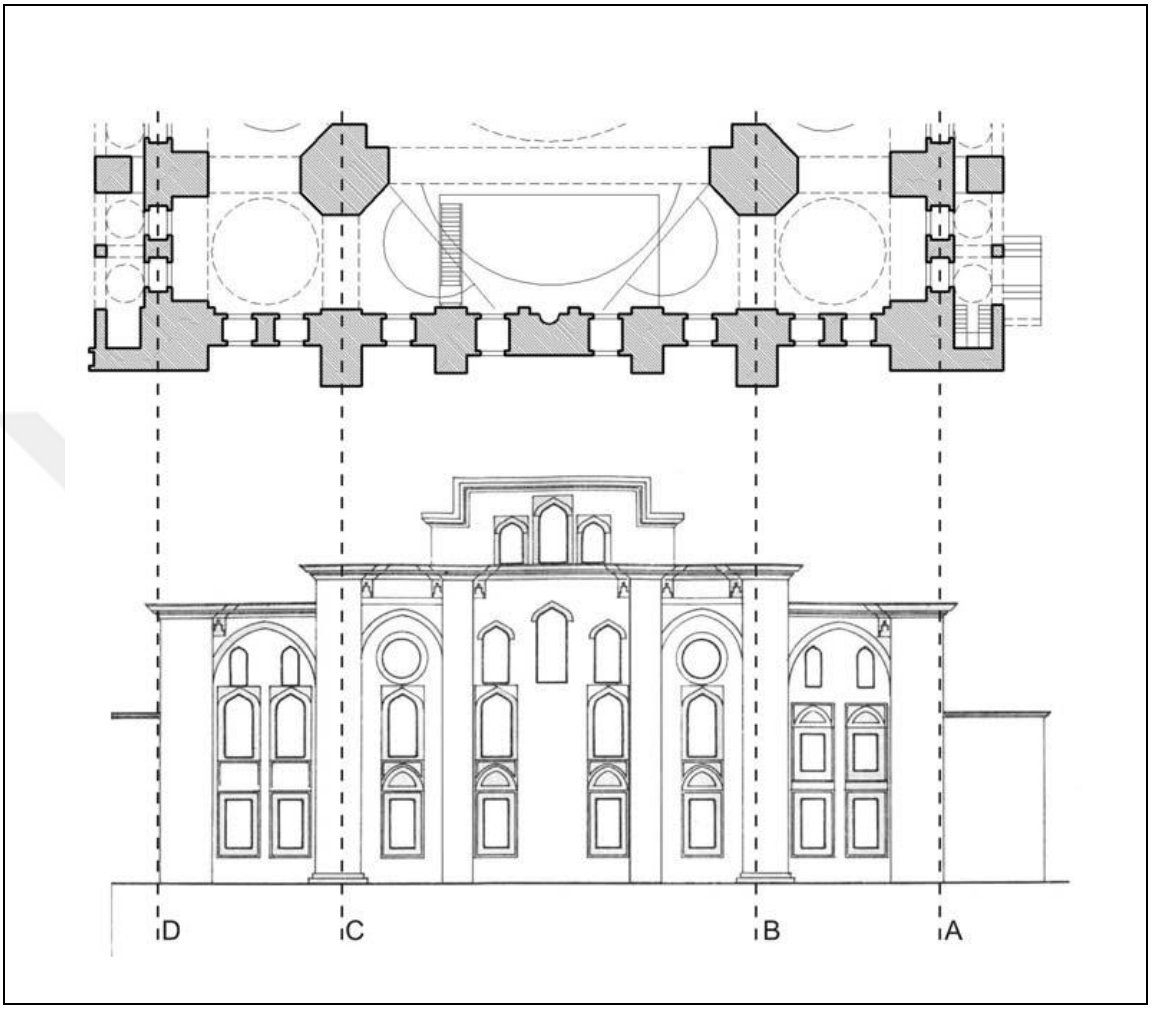
Önde Şehzade, arkada Süleymaniye Camisi.



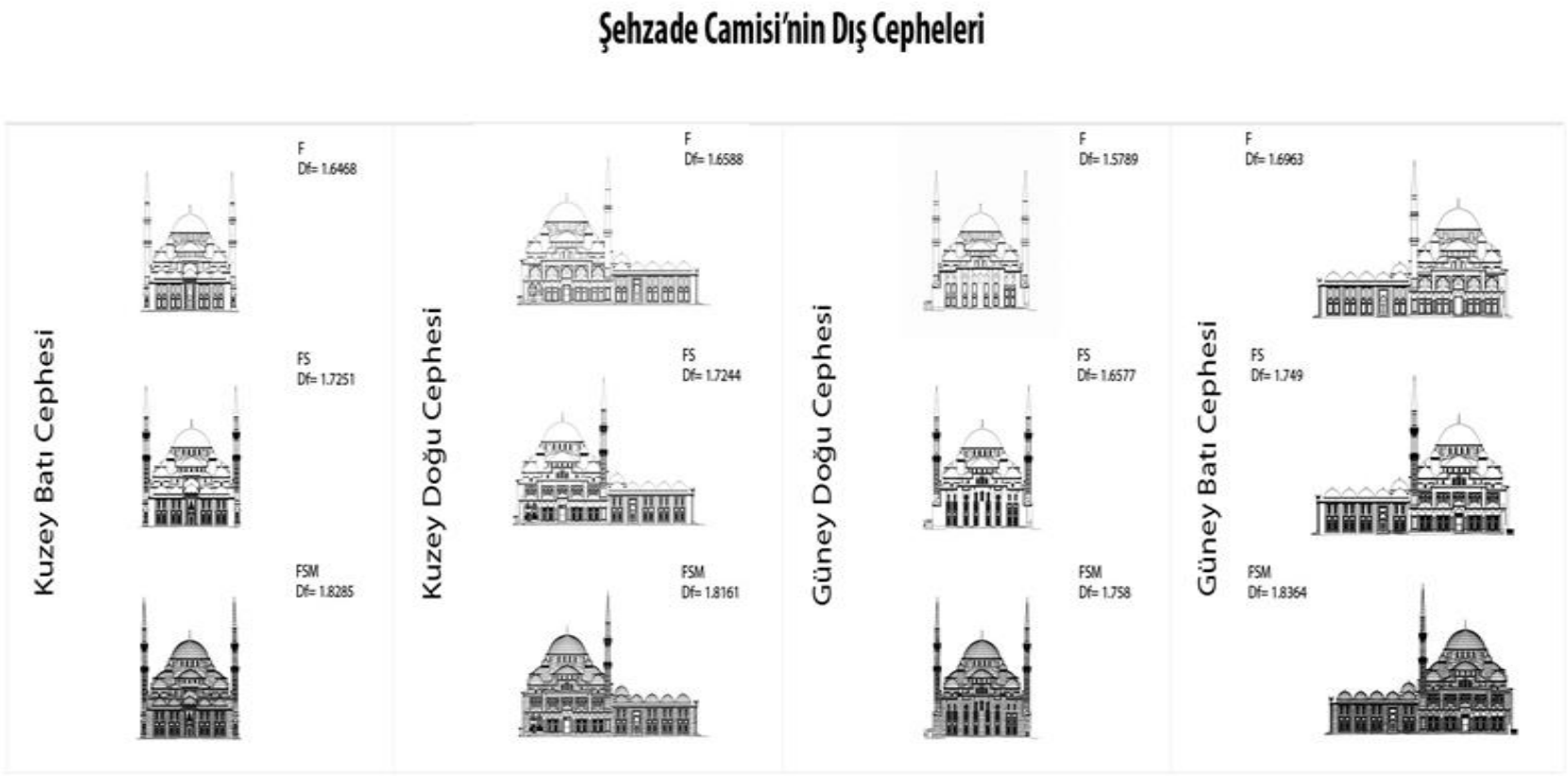
EK2 Şehzade Camisi Strüktür-Cephe İlişkisi (yan cephe)



EK2 (devam) Şehzade Camisi Strüktür-Cephe İlişkisi (Güneydoğu Cephesi)

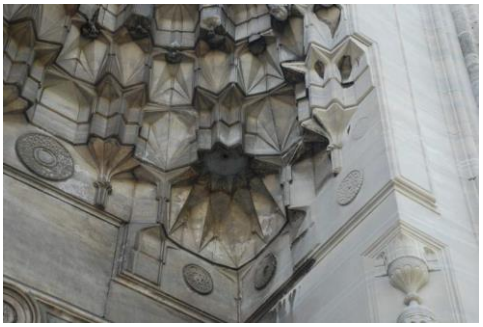


EK3 Şehzade Camisi Dış Cepheleri (poster)



EK4 Taç Kapısı detayları



 Kavsara	 Sütün kaideleri ve silmeleri
 Sütün başlığı	 Sütün kaidesi
 Tepelik	 Giriş açıklığı kemeri