

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSLAMİ GEOMETRİK ÖRÜNTÜ TÜRETİMİ AMAÇLI BİR BİÇİM
GRAMERİ MODELİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ebru ULU**

Anabilim Dalı : Bilişim

Programı : Mimari Tasarımda Bilişim

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSLAMİ GEOMETRİK ÖRÜNTÜ TÜRETİMİ AMAÇLI BİR BİÇİM
GRAMERİ MODELİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ebru ULU
(523071006)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 04 Haziran 2009

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Sinan Mert ŞENER (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ (İTÜ)
Doç. Dr. Birgül ÇOLAKOĞLU (YTÜ)**

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam sırasında tez danışmanlığımı üstlenen, yüksek lisans öğrenimim boyunca gösterdiği ilgi, destek ve paylaştığı fikirleri ile çalışmaktan onur duyduğum değerli hocam Doç. Dr. Sinan Mert Şener'e; yapmış oldukları çalışma ile bana ilham veren ve kaynaklarını benimle paylaşan sayın Prof. Dr. Metin Arık ve İnş. Müh. Mustafa Sancak'a; tüm lisans ve yüksek lisans öğrenimim süresince bana destek veren değerli hocalarım ve arkadaşlarıma; her zaman zengin kütüphanesini benimle paylaşan, çok önemli kaynakları sağlayan sevgili halam Funda Arkut'a; gerek eğitim hayatımda gerekse özel hayatımda beni her zaman maddi, manevi destekleyen, bana güvenen ve yol gösteren aileme, canım annem Selmin Arkut'a, canım babam Turan Arkut'a, birtanecik meslektaşım ve kardeşim Burcu Arkut'a; gösterdiği büyük sabır, anlayış ve desteğinden dolayı sevgili eşim Altuğ Ulu'ya sonsuz teşekkür ederim.

Haziran 2009

Ebru Ulu
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY.....	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	1
1.2 Çalışmanın Kapsamı	2
1.3 Çalışmanın Yöntemi.....	2
2. BİÇİM VE BİÇİM GRAMERİ	5
2.1 Biçim	5
2.1.1 Altbiçim ve biçimler için benzerlik ilişkileri	5
2.1.2 Biçimler için boolean işlemleri	6
2.1.2.1 Biçimlerin birleşimi	6
2.1.2.2 Biçimlerin kesişimi	6
2.1.2.3 Biçimlerin farkı	7
2.1.2.4 Biçimlerin dönüşümleri.....	7
2.1.3 Etiketli biçimler.....	7
2.1.3.1 Etiketli nokta	7
2.1.3.2 Etiketli biçimler	8
2.2 Biçim gramerleri	8
2.2.1 Standart biçim gramerleri	8
2.2.2 Parametrik biçim gramerleri	10
2.3 Standart veya parametrik biçim grameri ile türeyen geometriler	11
2.3.1 İakov Chernikov'un çizimleri	11
2.3.2 Çin buz ışınları	13
2.3.3 Mughul bahçeleri.....	16
2.3.4 Frank Lloyd Wright'ın pencere düzenlemeleri	17
2.3.5 Yunan vazo motifleri	20
2.3.5.1 Meander motiflerin biçim grameri	21
3. İSLAM SANATI GEOMETRİK SÜSLEMELERİ	23
3.1 İslam sanatı	23
3.2 İslam sanatının tarihteki gelişimi	24
3.2.1 İslamiyet öncesi.....	24
3.2.2 Emeviler ve Abbasiler dönemi.....	24
3.2.3 Büyük Selçuklu, Anadolu Selçuklu ve Osmanlı dönemi	26
3.3 İslam sanatında kullanılan malzemeler	28
3.3.1 Tuğla.....	28
3.3.2 Çini	29
3.3.3 Taş	30
3.3.4 Alçı ve stuko	31

3.3.5 Ahşap.....	31
3.4 İslami süslemelerin kullanıldıkları alanlar	32
3.4.1 Güzel yazı.....	32
3.4.2 Arabesk.....	33
3.4.3 Geometrik bezemeler	34
3.5 İslam sanatında geometrik kompozisyonlar.....	36
3.5.1 İslami geometriler	36
3.5.2 İslami geometrilerin bölge farklılıkları	37
3.5.3 Geometrik kompozisyonların oluşumları.....	37
3.5.3.1 Doğrusal gelişen kompozisyonlar	38
3.5.3.2 Merkezi gelişen kompozisyonlar	38
3.6 Çok kollu yıldız geometrileri	39
3.6.1 Altıgen ve 6 kollu yıldızlar	39
3.6.2 Sekizgen ve 8 kollu yıldızlar	42
3.6.3 Ongen ve 10 kollu yıldızlar	45
3.6.4 Onikigen 12 kollu yıldızlar.....	47
3.6.5 Özel durum 1: beşgenler	49
3.6.5.1 2 Boyutlu periyodik yüzey kaplama.....	49
3.6.5.2 Dönel simetrisinin olmadığı yüzey kaplama	52
3.6.5.3 2'li dönel simetri ile yüzey kaplama.....	53
3.6.5.4 3'lü dönel simetri ile yüzey kaplama	54
3.6.5.5 4'lü dönel simetri ile yüzey kaplama	54
3.6.5.6 6'lı dönel simetri ile yüzey kaplama.....	55
3.6.5.7 Aperiodyik ve 5'li dönel simetri ile yüzey kaplamalar: Pentapleks kaplamalar.....	55
3.6.6 Özel durum 2: ongenler.....	58
4. İSLAMİ YILDIZ GEOMETRİLERİNİN BİÇİM GRAMERLERİ	67
4.1 6 kollu yıldız geometrisi kural-türetim yapısı	67
4.2 8 kollu yıldız geometrisi kural-türetim yapısı	73
4.3 10 kollu yıldız geometrisi kural-türetim yapısı	77
4.4 12 kollu yıldız geometrisi kural-türetim yapısı	81
4.5 Ongenler ile İslami geometrik örüntü türetme	86
4.5.1 Ongenlerden oluşan örüntü şablonu.....	86
4.5.2 Şablonun içinin doldurulması.....	87
4.5.3 Papyon ve kravat ile bordür türetimi.....	91
5. ÖRÜNTÜ TÜRETEN BİÇİM GRAMERİ MODELİ.....	93
5.1 Programlama dili: Processing.....	93
5.2 Processing ile programlama örnekleri	94
5.3 Ongen örüntülerin programlanması	96
5.3.1 Ongen çizimi ve türetimi.....	96
5.3.2 Ongenlerle şablon çizimi.....	97
5.4 Biçim grameri modelinin işleyişi	102
5.4.1 Biçim grameri modelinin kural ve kısıtlamaları	102
5.4.2 Şablonun karo grupları ile kaplanması.....	105
6. GENEL DEĞERENDİRME VE SONUÇ.....	109
KAYNAKLAR	111
EKLER	113
ÖZGEÇMİŞ	127

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Altbiçim ve biçimlerin benzerlik ilişkileri.....	5
Şekil 2.2	: Biçimlerin birleşimi.....	6
Şekil 2.3	: Biçimlerin kesişimi.....	6
Şekil 2.4	: Biçimlerin farkı	7
Şekil 2.5	: Biçim kuralları ve başlangıç biçimi	9
Şekil 2.6	: Başlangıç biçimine kuralların uygulanışı	9
Şekil 2.7	: Tasarım dilinin diğer olasılıkları.....	10
Şekil 2.8	: Parametrik biçim grameri	10
Şekil 2.9	: Parametrik biçim grameri kural şeması	11
Şekil 2.10	: Tasarım dilinin diğer olasılıkları.....	11
Şekil 2.11	: Standart biçim grameri örneği.....	12
Şekil 2.12	: Biçim kuralları ve başlangıç biçimi.....	12
Şekil 2.13	: Çin buz ışınları	13
Şekil 2.14	: Çin buz ışınları biçim grameri kuralları	14
Şekil 2.15	: Başlangıç şekline uygulanan ilk 3 kural dizisi.....	15
Şekil 2.16	: Son ürünün elde edilişi	15
Şekil 2.17	: 3 aşamadan oluşan kurallar kümesi	16
Şekil 2.18	: 4. aşama ve son ürün	17
Şekil 2.19	: Pencere düzenlemeleri başlangıç şekli ve kurallar kümesi	18
Şekil 2.20	: Wright'ın Oak Evi'nin pencere düzeninin kuralları	19
Şekil 2.21	: Dönemlere ait motifler	20
Şekil 2.22	: Başlangıç biçimi ve kurallar kümesi	21
Şekil 2.23	: Meander türeten gramer	22
Şekil 3.1	: Mişatta Sarayı'nın cephesinden detay	25
Şekil 3.2	: Samarra Ulu Cami - 9. yy.	26
Şekil 3.3	: Konya-Aksaray Sultan Han- 13. yy	27
Şekil 3.4	: Bursa Yıldırım Cami-14. yy	28
Şekil 3.5	: Niksar Kırk Kızlar Türbesi-12.yy sonu	29
Şekil 3.6	: Konya Karatay Medresesi çini tavan süslemesi-13. yy.....	30
Şekil 3.7	: Kayseri-Sivas Sultan Han-13.yy	30
Şekil 3.8	: Samarra stuko duvar detayı- 9. yy.	31
Şekil 3.9	: Edirne Üç Şerefeli Cami ahşap kapı kanadı-15.yy	32
Şekil 3.10	: İran-Neshi ve köşeli Kufi yazı örnekleri-14.yy	33
Şekil 3.11	: Samarra asma motifli duvar süslemesi	34
Şekil 3.12	: Fas Bedi Sarayı geometrik süsleme	34
Şekil 3.13	: Konya Karatay Medresesi bordür geometrisi	38
Şekil 3.14	: İstanbul Yeni Valide Cami madalyon minber süslemesi.....	39
Şekil 3.15	: Altıgen oluşum biçimleri	39
Şekil 3.16	: Altıgen ve altı köşeli yıldız örneği	40
Şekil 3.17	: Altıgen örüntü	40

Şekil 3.18	: Altıgenin çemberden kompozisyona geçişi	41
Şekil 3.19	: Sekizgen ve 8 köşeli yıldız oluşumu	42
Şekil 3.20	: 8 kollu yıldız örneği.....	42
Şekil 3.21	: Elhamra Sarayı Galerî Tavan Süslemesi	43
Şekil 3.22	: Çemberden 8 köşeli yıldız geometrisine geçiş	44
Şekil 3.23	: 10 köşeli yıldızın ve düzgün ongenin meydana gelişi	45
Şekil 3.24	: 10 kollu yıldız örneği	46
Şekil 3.25	: 10 kollu yıldız örneği	46
Şekil 3.26	: 12 kollu yıldız ve 12 gen oluşum alternatifleri.....	47
Şekil 3.27	: Onikigen ile örüntü örneği	48
Şekil 3.28	: 12 kollu yıldız örneği	48
Şekil 3.29	: Burçların ait olduğu grupların gösterimi	49
Şekil 3.30	: Çokgenlerle kaplama teknikleri	50
Şekil 3.31	: Eşkenar üçgenlerden oluşan kaplama	51
Şekil 3.32	: Karelerden oluşan kaplama.....	51
Şekil 3.33	: Karelerden oluşan kaplama.....	52
Şekil 3.34	: Dönel simetrisinin olmadığı kaplama tipleri	52
Şekil 3.35	: 2'li dönel simetri ile kaplama tipleri.....	53
Şekil 3.36	: 3'lü dönel simetri ile kaplama tipleri.....	54
Şekil 3.37	: 4'lü dönel simetri ile kaplama tipleri.....	54
Şekil 3.38	: 6'lı dönel simetri ile kaplama tipleri.....	55
Şekil 3.39	: Penrose'un P1 karo kümeleri ile oluşturulmuş pentapleks kaplamalar	56
Şekil 3.40	: Penrose'un P2 karo kümeleri ile oluşturulmuş pentapleks kaplamalar	57
Şekil 3.41	: Penrose'un P3 karo kümeleri ile oluşturulmuş pentapleks kaplamalar	58
Şekil 3.42	: 4 kaplama grubu.....	59
Şekil 3.43	: Penrose'un P1, P2, P3 pentapleks karo kümeleriyle sabitlenmiş durumları.	60
Şekil 3.44	: 2 pentapleks kaplama alternatifi	60
Şekil 3.45	: Balık ve yıldızdan papyon kravat elde edilişi ve papyon-kravat ile yüzey kaplama.....	61
Şekil 3.46	: Papyon kravat kombinasyonları.....	62
Şekil 3.47	: 5 girih karo, düzgün ongen, papyon, kravat, düzgün beşgen ve eşkenar dörtgen	63
Şekil 3.48	: Darb-ı İmam türbesindeki örüntü.....	63
Şekil 3.49	: Darb-ı İmam türbesindeki örüntünün ok ve uçurtmalarla sabitlenmesi.....	64
Şekil 3.50	: Ongen, kravat ve papyonun içlerinin İslami geometrilerle sabitlenmesi	64
Şekil 3.51	: Arık ve Sancak'ın bulmuş oldukları ongen, kravat ve papyonun içini sabitleyen karolar	65
Şekil 4.1	: Altıgen petek biçim grameri başlangıç şekli.....	67
Şekil 4.2	: Altıgen petek biçim grameri.....	68
Şekil 4.3	: 6 kollu yıldız biçim grameri başlangıç şekli.....	69
Şekil 4.4	: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.	69
Şekil 4.5	: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.	70
Şekil 4.6	: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.	70
Şekil 4.7	: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.	71
Şekil 4.8	: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.	72
Şekil 4.9	: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.....	73
Şekil 4.10	: 8 kollu yıldız biçim grameri başlangıç şekli	74
Şekil 4.11	: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi	74
Şekil 4.12	: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi	75
Şekil 4.13	: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi	75

Şekil 4.14	: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi	76
Şekil 4.15	: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi	76
Şekil 4.16	: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi	77
Şekil 4.17	: 10 kollu yıldız biçim grameri başlangıç şekli.....	77
Şekil 4.18	: 10 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.....	78
Şekil 4.19	: 10 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.....	79
Şekil 4.20	: 10 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.....	79
Şekil 4.21	: 10 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.....	80
Şekil 4.22	: 10 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.....	81
Şekil 4.23	: 12 kollu yıldız biçim grameri başlangıç şekli.....	81
Şekil 4.24	: 12 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.....	82
Şekil 4.25	: 12 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.....	83
Şekil 4.26	: 12 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.....	84
Şekil 4.27	: 12 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.....	85
Şekil 4.28	: Düzgün ongenin 5’li dönel simetri yöntemi ile çoğaltılması	86
Şekil 4.29	: Başlangıç şablonu	86
Şekil 4.30	: 1. şablonun alternatif kümesi	88
Şekil 4.31	: Son aşamada yıldızların içinin papyon-kravat ile doldurulması	89
Şekil 4.32	: Şablonun ongenlerle doldurulması alternatifi.....	90
Şekil 4.33	: Papyonlarla bordür türetimi.....	91
Şekil 4.34	: Kravatlarla bordür türetimi.....	92
Şekil 4.35	: Kravat ve papyonlarla bordür türetimi	92
Şekil 5.1	: Processing arayüzü	93
Şekil 5.2	: Penrose karoları türeten Processing kodları	95
Şekil 5.3	: Düzgün ongenin iç açıları	96
Şekil 5.4	: Düzgün ongen çizimi	98
Şekil 5.5	: Ongenin 5’li dönel simetri ile kopyalanması.....	98
Şekil 5.6	: Ongenlerin eklenmesi.....	99
Şekil 5.7	: Düşey yansımasının alınması	100
Şekil 5.8	: Yatay yansımasının alınması	100
Şekil 5.9	: Merkeze ongen yerleştirilmesi	101
Şekil 5.10	: Dikdörtgen yüzeyin yerleştirilmesi.....	101
Şekil 5.11	: Düzgün ongenin içindeki papyon ve kravatların merkez noktaları	102
Şekil 5.12	: Dikdörtgenin köşesinin koordinatlarının belirlenmesi.....	104
Şekil 5.13	: Biçim gramerinin kural ve kısıtlamaları ile oluşturulan 1. şablon	105
Şekil 5.14	: Lu’nun elde ettiği karo grubu	106
Şekil 5.15	: 1.(4.)[1.2.1].B kodlu kaplama şablonun 1 karo grubu ile kaplanması.....	107
Şekil 5.16	: 1.(3.)[23.1].A kodlu kaplama şablonun 1. karo grubu ile kaplanması.....	107
Şekil A.1	: Düzgün ongenin 5’li dönel simetri yöntemi ile çoğaltılması	113
Şekil A.2	: Ongenlerle 2. şablon türetme aşamaları.....	113
Şekil A.3	: 2. başlangıç şablonunun türevleri ile kaplama şablonu elde edilmesi	114
Şekil B.1	: (a) 1.(4.)[1.2.1].B kodlu kaplama şablonu. (b) 1. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.....	115
Şekil B.2	: (c) 2. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi. (d) 3. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.....	116
Şekil B.3	: (a) 1.(4.)[1.2.1].E kodlu kaplama şablonu. (b) 1. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.....	117
Şekil B.4	: (c) 2. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi. (d) 3. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.....	118

Şekil B.5	: (a) 1.(3.)(23.1).A kodlu kaplama şablonu. (b) 1. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.	119
Şekil B.6	: (c) 2. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi. (d) 3. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.	120
Şekil B.7	: (a) 2.(4.)(1.1.2).A kodlu kaplama şablonu. (b) 1. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.	121
Şekil B.8	: (c) 2. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi. (d) 3. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.	122
Şekil B.9	: Papyon-kravat kombinasyonu ile bordür türetimi.....	123
Şekil B.10	: Papyon-kravat kombinasyonu ile bordür türetimi.....	124

SEMBOL LİSTESİ

cm	: Centred cell, 1-fold rotational symmetry, mirror reflection
cmm	: Centred cell, 2-fold rotational symmetry, 2. mirror reflection, centered net
p1	: Primitive cell, 1-fold rotational symmetry, no mirror-no glide reflection
p2	: Primitive cell, 2-fold rotational symmetry, no mirror-no glide reflection
p3	: Primitive cell, 3-fold rotational symmetry, no mirror-no glide reflection
p31m	: Primitive cell, 3-fold rotational symmetry, rotation centers not only on mirror lines
p3m1	: Primitive cell, 3-fold rotational symmetry, rotation centers only on mirror lines
p4	: Primitive cell, 4-fold rotational symmetry, no mirror-no glide reflection
p4g	: Primitive cell, 4-fold rotational symmetry, mirror lines not in 4 directions
p4m	: Primitive cell, 4-fold rotational symmetry, mirror lines in 4 directions
p6	: Primitive cell, 6-fold rotational symmetry, no mirror-no glide reflection
p6m	: Primitive cell, 6-fold rotational symmetry, mirror reflection
pg	: Primitive cell, 1-fold rotational symmetry, no mirror but glide reflection
pgg	: Primitive cell, 2-fold rotational symmetry, no mirror but glide reflection
pm	: Primitive cell, 1-fold rotational symmetry, mirror reflection
pmg	: Primitive cell, 2-fold rotational symmetry, mirror reflection but no 2.mirror reflection
pmm	: Primitive cell, 2-fold rotational symmetry, 2. mirror reflection, no centered net
S	: Biçimlerin kümesi
L	: Sembollerin kümesi
R	: Kurallar kümesi
I	: Başlangıç şekli

İSLAMİ GEOMETRİK ÖRÜNTÜ TÜRETİMİ AMAÇLI BİR BİÇİM GRAMERİ MODELİ

ÖZET

2003 senesinde, Fizik Profesörü Prof. Dr. Metin Arık ve İnşaat Mühendisi Mustafa Sancak, Roger Penrose'un 1970'lerde keşfetmiş olduğu ve uçurtma-ok olarak adlandırdığı biçimler, bu biçimlerin ongen geometrisinin alt biçimleri oluşu ve yüzyıllar önce İslami geometrik kompozisyonlardaki kullanımları üzerine çalışmalar yapmışlardır. 2007 senesinde ise, Peter Lu, İslami geometrik örüntülerde, içinde beşgen ve ongenin de bulunduğu 5 adet girih (düğüm) karosu keşfederek bu girih karolarından oluşan bir örüntünün biçimsel analizini yaparak yeni bir şablon elde etmiştir.

Bu tez çalışması bu araştırmalardan yola çıkarak çokgen ve çok kollu yıldız geometrilerinin biçim gramerini irdelemekte, beşgen ve ongenlerin İslami geometride sahip oldukları özel durumları değerlendirerek varolan yüzlerce yıllık İslami geometrilerden, bir biçim grameri modeli yardımıyla yeni geometrik örüntüler türetmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, İslami geometrilerin sahip oldukları tüm özellikleri ele alınarak çok kollu yıldızların ve çokgen biçimlerin oluşum ve türetim yapıları sunulmakta, yeni oluşacak örüntülerin alternatifleri ve uzman sistemin alt yapısını oluşturan biçim grameri modelinin işleyişi ve kuralları verilmektedir.

1. bölümde çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi açıklanmaktadır.

2. bölümde, biçim ve biçim gramerlerinin tanımları yapıp biçim grameri tiplerinden standart ve parametrik biçim gramerleri ele alınmaktadır. Çalışmanın kapsamı doğrultusunda, Çin Buz Işınları, Mughul Bahçeleri, F.L.W.'ın Pencere Düzenlemeleri ve Yunan Vazo Motifleri gibi geometrik örüntüler üzerine yapılmış olan çalışmalar örnek olarak verilmektedir.

Bir sonraki bölümde, İslam sanatı ve tarihteki gelişimi ile geometrik süslemeler incelenmektedir. İslamiyet'in kabulü ile Hindistan'dan İspanya'ya kadarki geniş bir coğrafyaya yayılmış ve eserler üretilmiş olan İslam sanat ve mimarlığının örnekleri verilmekte, kullanılan malzemeler araştırılmakta ve bölgesel farklılıklar açıklanmaktadır. İslam sanatında resmetme yasağı sorunu irdelenmekte, uygulama alanlarından kaligrafi, arabesk süsleme ve geometrik bezemeler incelenmektedir. Çalışmanın konusu olan İslami geometrik örüntülerin karakteristik özellikleri verilip kozmolojik ve felsefi anlamları araştırılmaktadır. 3. bölümde, bir sonraki bölümün altyapısını oluşturan çokgen ve çok köşeli yıldız geometrilerinin kullanımları, biçimlerdeki rakamların ve biçimlerin genel olarak sembolik anlamları üzerinde durulmaktadır. Tezin merkez noktasını teşkil eden ve özel duruma sahip olan beşgenlerle ongenlerin yüzey kaplamada diğer biçimlere göre sahip oldukları farklılıkları ve özellikleri ele alınarak 2 boyutlu yüzey kaplamalardaki dönel simetri konusu detaylandırılmaktadır.

4. bölümde, yıldız geometrilerinin biçim gramerleri analizi yapılarak kural kümeleri oluşturulmakta ve türetim yapısı elde edilmektedir. Özel durum meydana getiren

ongenler yardımı ile örüntü türeten şablon üretilip oluşabilecek bazı alternatiflerin çizimleri verilmektedir. Papyon ve kravatın, ongen oluşturmak dışında biraraya gelişlerinden meydana gelen bordür türetimi anlatılmakta ve çizimleri sunulmaktadır.

5. bölümde, programlama dili olarak neden Processing dilinin seçildiği ve bu dilin sağladığı kolaylıklar verilmektedir. Bu bölüm kapsamında, ongen çiziminin eşitlikleri ve kuralları, ongenlerin ne şekilde biraraya geldikleri çizimlerle gösterilmekte, İslami geometrik örüntü türeten biçim grameri modelinin işleyişi, örüntünün uzman sisteme tanıtılacak kural ve kısıtlamaları verilmektedir.

Son bölümde, tüm tez çalışmasının genel bir değerlendirmesi yapıp sunulan şablon yardımı ile elde edilebilecek sonuçlar tartışılmakta ve geleceğe yönelik önermeler ve beklentiler sunulmaktadır.

A SHAPE GRAMMAR MODEL TO GENERATE ISLAMIC GEOMETRIC PATTERN

SUMMARY

In 2003, Prof. Dr. Metin Arik and Mustafa Sancak has studied about that the kite and dart shapes explored by Roger Penrose in 1970 are the sub shapes of the decagon and were used in Islamic ornamental design hundreds years ago. In 2007, Prof. Peter Lu had explored 5 girih tiles included pentagon and decagon in Medieval Islamic architecture. He analyzed these 5 girih tiles, and created a template from an Islamic pattern.

This study is considering, inspired by the findings of Arik, Sancak and Lu, the shape grammars of the polygons and poly-pointed star patterns, evaluating the special features of pentagons and decagons in Islamic art, aiming generation of new patterns that have the similar characteristics of the geometric patterns in Islam with help of the shape grammar model. In this context, it is given the structures and generation of the Islamic geometries, and presented the process of the shape grammar model.

In the first chapter, the intent of the study and the goals are defined. Also the methodology of the project is given.

The second chapter is about the description of shape and shape grammars. The differences between standard shape grammars and parametric shape grammars are evaluated and some examples are given. In the context of shape grammar analysis of geometrical compositions significant examples such as the Generation of Chinese Lattice Designs, Mughul Garden Grammars, The Windows of Frank Lloyd Wright and Transformations of the Meander Motif on Greek Geometric Pottery are analyzed.

The third chapter is about the Islamic art, the geometries used in the Islamic ornamental design and the composition of the basic shapes. Many examples of materials in Islamic art and architecture in the extended area from India to Spain are given. The prohibition of depicting animate life is considered, and the ornament fields such as calligraphy, arabesque and geometric patterns are researched. The characteristics and cosmological meanings of the geometric patterns in Islamic art, which is the main subject of the study, are mentioned, and the creation of the polygonal geometric shapes used in Islamic art mostly are clarified. The features of the pentagon and decagon that have a special position in Islamic geometrical patterns are handled identifying the seventeen pattern types and in the context of Penrose tiling.

In the 4th section of the study, the shape grammars of the 6-, 8-, 10- and 12-pointed star patterns are solved, the entire rule schema is defined and their generation is achieved. The special shape, decagon is considered in the context of mirror symmetry and 5-fold rotational symmetry. The combinations of the bowtie and the elongated hexagon, which are the sub shapes of decagon, are mentioned and generated to make possible to cover a rectangle surface. The bowtie-elongated

hexagon template that helps to generate new forms related to Islamic geometrical patterns and many results of the generation from the template are given at the end of the 4th chapter.

The 5th chapter gives information about the programming language Processing, and some examples that are written with Processing are mentioned. The structure and operation of the shape grammar model giving the rules and process of the generation of new geometric patterns are defined.

In the last section, overall evaluation and results of the study are summarized and suggestions to intend for future are presented.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Kural tabanlı bir tasarım yöntemi olan biçim gramerleri biçimlerin dilbilgisidir. Biçim gramerleri yardımı ile bir tasarım dilini çözümlemek, anlamak, aynı dilden yeni tasarımlar türetmek mümkün olmaktadır. Birçok mimarın yapıları biçim gramerleri kapsamında incelenmiştir. Palladian Villaları (Stiny, Mitchell, 1978) ilk analizi yapılan örnektir. Frank Lloyd Wright'ın kır evleri (Könning, Eizenberg, 1981), Ulrich Flemming'in üzerinde çalışmış olduğu Queen Anne Evleri (Flemming, 1987), Alvaro Siza'nın Malagueira Evleri (Duarte, 2005), Prof. Dr. Gülen Çağdaş'ın Geleneksel Türk Evleri (Çağdaş, 1996), Doç. Dr. Sinan Mert Şener'in Sinan Camileri (Şener, 2009) üzerine yapmış olduğu biçim grameri çalışmaları da biçim gramerleri yardımı ile analiz edilmiş, aynı tasarım diline sahip yenileri türetilmiş çalışmalardır. Biçim gramerleri, mimari yapıların biçimsel analizini yapabileceği gibi geometrik örüntülerin, pencere, kapı düzenlemelerinin ya da bir bahçe yerleşiminin de dilini anlamak ve oluşum kurallarını elde etmek için kullanılabilir.

İslami geometriler, birçok farklı disiplinin ilgisini çekmiş, matematik ve geometri bilgilerini kullanarak yeniden oluşumları sağlanmış ve özellikle simetri konusunda üzerinde çalışılması tercih edilen bir alan olmuştur. Bu alandaki çalışmalar arasında yurtdışından, E.H. Hankin'in *The Drawing of Geometric Patterns in Saracenic Art* (Hankin, 1925) adlı kitabı, Craig Kaplan'ın 17 tip simetri kuralından yola çıkarak İslami örüntüler türeten çalışması (Kaplan, 2002), Grünbaum ve Shephard'ın simetri ve tekrar özelliğini irdeledikleri *Interlace patterns in Islamic and Moorish art* makaleleri (Grünbaum, Shephard, 1992) ile yurtiçinden Şehnaz Cenani'nin Prof. Dr. Gülen Çağdaş ile beraber, İslami geometrilerin 2 boyutlu ve 3 boyutlu türetimini sağlayan kural setleri ile yapmış oldukları biçim grameri çalışmaları (Cenani, Çağdaş, 2007) ve Doç. Dr. Birgül Çolakoğlu'nun hesaplamalı tasarım alanında İslami geometrileri ele aldığı ve İslami yıldız örüntüleri türeten bir yazılım önerisi (Çolakoğlu, Yazar, Uysal, 2008) bulunmaktadır.

Bu çalışmada ise, yüzlerce yıl önce belli kurallara bağlı olarak ya da olmayarak oluşturulan İslami geometrilerin tasarım dilini çözmek ve tekrar çizebilmek için oluşum kurallarını çıkarmak hedeflenmektedir. Bu anlamda çokgen ve çoklu yıldız geometrileri biçim grameri açısından incelenerek varolan geometrik kompozisyonların karakteristik özelliklerine sahip çok sayıda yeni örüntü sunabilecek örüntü şablonu geliştirilmesi amaçlanmıştır. Günümüzde İslami geometrilerin izlerini taşıyan, ancak henüz hiç çizilmemiş yeni geometrilerle yüzey kompozisyonları elde edilebileceği düşünülmüştür. Bu anlamda, oluşturulan biçim grameri kuralları İslami geometrileri yeniden elde etmek ve tasarım dilini öğrenmek amacıyla sunulan bir bilgi olarak önerilmektedir. Özel bir durum teşkil eden ongenlerle meydana gelen örüntü şablonu ise, geleceğe yönelik olarak örüntü seçeneklerini arttıracak bir temel olarak sunulmaktadır.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Çalışmanın kapsamında, biçim gramerleri konusunda yapılan çalışmalar incelenip İslami geometrilerin sıklıkla kullanılan biçimleri olan çokgenler ve çok kollu yıldızlar, biçim grameri bağlamında analiz edilmiştir. Elde edilen kurallardan farklı olarak özel durum oluşturan beşgen ve ongen geometrileri kapsamında 2 boyutlu yüzey kaplama yöntemleri ele alınmıştır. Ongenlerden türetilebilecek çok sayıda yeni geometrik kompozisyon için 2 farklı örüntü şablonu sunulmuş ve oluşabilecek yeni motiflerden birkaçı örnek olarak verilip incelenmiştir. Dikdörtgen yüzey kaplama çalışmasının yanı sıra; papyon ve kravat biçimlerinin oluşturabileceği bordür örüntüleri türetilmiştir. Tüm alternatiflerin elle çizimi mümkün olmayacağından bir uzman sistemin desteği ile türetimin kolaylaşacağı ve hızlanacağı düşünülmektedir. Bu tez çalışması da ileride gerçekleştirilecek uzman sistemin altyapısını oluşturan bir biçim grameri modeli sunmaktadır.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışmada öncelikle biçim grameri kapsamında, geometrik düzenlemelerin tasarım dilini çözmek amacıyla yapılmış biçimsel analizler ve kural dizileri incelenip başlangıç biçimi, standart ve parametrik biçim gramerleri tanımları yapılmıştır. Ardından İslamiyet'in kabulünden itibaren İslam dünyasının sanat ve mimarlık alanındaki çalışmaları ele alınmış ve geometrik süslemenin baskın bir sanat dalı oluşu irdelenmiştir. İslam sanatı ve mimarisinde geometrik örüntülerin karakteristik

özellikleri araştırılarak çokgen ve çok kollu yıldız geometrilerinin kullanıldığı yapı örnekleri ve biçimlerin anlamları incelenmiştir. En sık kullanılmış olan 6-, 8-, 10- ve 12-kollu yıldız geometrilerinin tasarım dilini çözmek amacıyla biçim grameri bağlamında analizleri yapılmış ve oluşum kuralları tespit edilerek türetim yapıları oluşturulmuştur. Beşgen ve ongenlerin İslam sanatında yüzey kaplamada oluşturdukları özel durumlar incelenerek 2 boyutlu yüzeylerde dönel simetri durumları araştırılmıştır. Ongenlerin sahip oldukları özel durum ele alınarak İslami geometrilerin özelliklerine sahip yeni geometrik örüntü elde etmek amacıyla 2 farklı şablon alternatifi üretilmiş ve tüetime yardımcı olacak bir biçim grameri önerisi geliştirilmiştir.

Sonuç bölümünde, biçim gramerlerinin gerek bir konut gerek basit ya da karmaşık geometrik düzenlemeleri çözümlmek, varolan bir tasarımı yeniden oluşturabilmek ya da tamamen yeni tasarımlar elde etmek anlamında önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Geliştirilen biçim grameri modeli yardımıyla yüzlerce yıllık, çok çeşitli, İslami geometrilerle akraba çok fazla sayıda yeni geometrik kaplamanın elde edilebildiği açılanmıştır. Bir uzman sistemin bu noktada daha hızlı bir biçimde tüetimi gerçekleştirebileceği ve son ürün bağlamında çeşitlilik sağlayacağı öngörülmüştür. Geleceğe yönelik olarak; herhangi bir İslami geometrik örüntünün tasarımda kullanılırken sadece varolan geometrilerle sınırlı kalmadan çok sayıda ve aynı karakteristik özellikleri taşıyan geometrik kompozisyonlarla çalışılabileceği ve buna imkan tanıyan tüm kuralların tanımlandığı, üretime yönelik sonuçlar sunan gelişmiş bir uzman sistemin geliştirilebileceği düşünülmektedir.

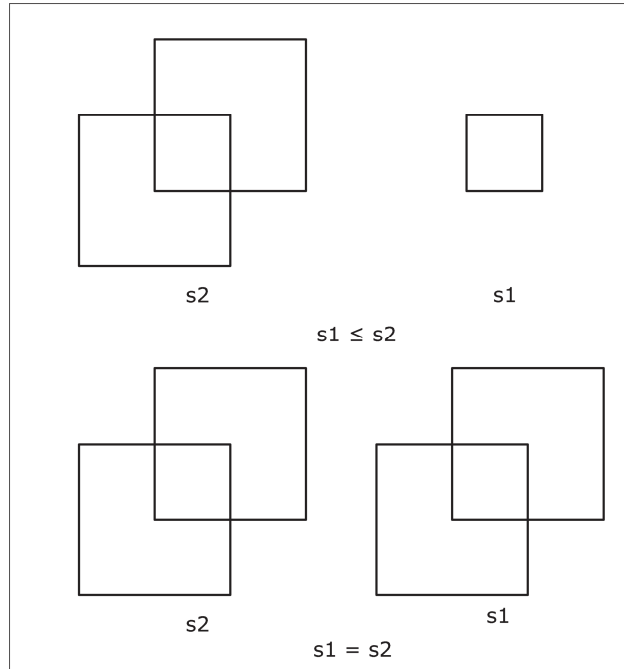
2. BİÇİM VE BİÇİM GRAMERİ

2.1 Biçim

Stiny'nin 1980'de yayınlanmış olan "*Introduction to Shape and Shape Grammars*" makalesinde biçim, gerçek akslardan ve Öklid metrik sisteminden meydana gelen kartezyen bir koordinat sistemindeki düz çizgilerin sınırlı düzenleri olarak tanımlanmıştır. Her şekil, tek bir çizgi oluşturmak için birleşen iki çizgi ile değil, çizgilerin sınırlı kümeleri ile belirlenmektedir (Stiny, 1980).

2.1.1 Altbiçim ve biçimler için benzerlik ilişkileri

Bir biçimin altbiçim olabilmesi için ilk şeklin tüm çizgilerinin, aynı zamanda ikinci şeklin çizgisi de olması gerekmektedir. Eğer şekil s_1 , ikinci şekil s_2 'nin altşekli ise, $s_1 \leq s_2$ olarak gösterilmektedir. Eğer iki şekil de aynı çizgilerden oluşuyorsa birbirine eşittir ve $s_1 = s_2$ olarak (Şekil 2.1) gösterilmektedir. Bu durumda her iki biçim de birbirinin altbiçimi olmaktadır (Stiny, 1980).

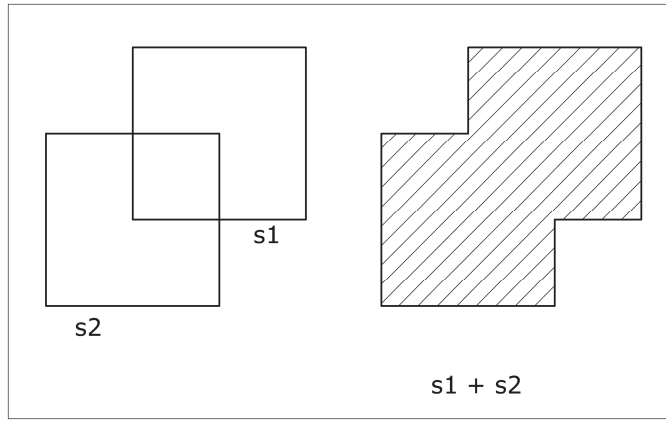


Şekil 2.1: Altbiçim ve biçimlerin benzerlik ilişkileri.

2.1.2 Biçimler için boolean işlemleri

2.1.2.1 Biçimlerin birleşimi

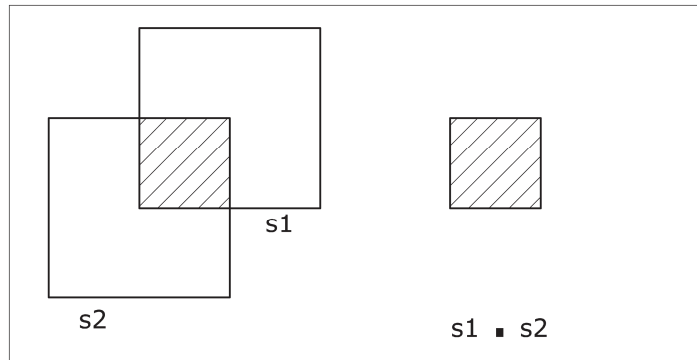
Biçimlerin birleşimi, s_1 ve s_2 şekillerinin çizgilerinin birleşmesi ile oluşmaktadır. Aynı zamanda s_1 ya da s_2 'nin tüm çizgilerini içeren yeni biçim olarak da tanımlanmaktadır. Yeni biçim, $s_1 + s_2$ olarak (Şekil 2.2) gösterilmektedir. Yeni oluşan birleşik şekilde s_1 ve s_2 'nin ikisine de ait olmayan çizgiler de bulunabilmektedir. Ancak s_1 ve s_2 'nin her ikisi de $s_1 + s_2$ 'nin altbiçimleridir (Stiny, 1980).



Şekil 2.2: Biçimlerin birleşimi.

2.1.2.2 Biçimlerin kesişimi

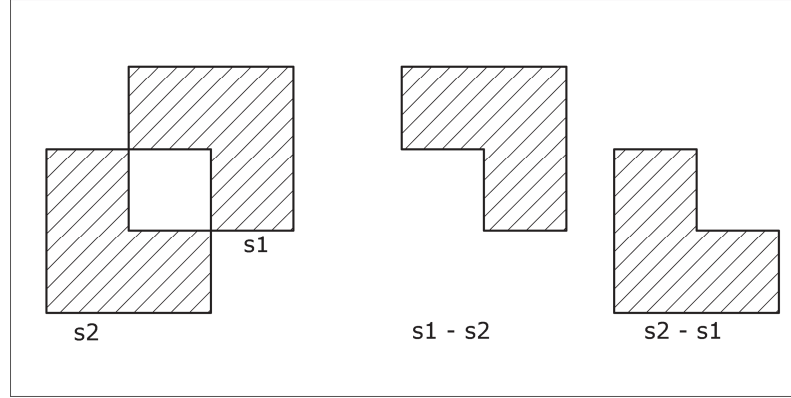
Biçimlerin kesişimi, birleşimlerinden farklı olarak; sadece s_1 ve s_2 şekillerinin çizgilerinden oluşmaktadır. Yeni biçim, $s_1 \cdot s_2$ olarak (Şekil 2.3) gösterilmektedir. Yeni meydana gelen biçim $s_1 \cdot s_2$, hem s_1 'in hem de s_2 'nin altbiçimleridir (Stiny, 1980).



Şekil 2.3: Biçimlerin kesişimi.

2.1.2.3 Biçimlerin farkı

Biçimlerin farkı, s_2 şeklinde olmayıp s_1 şeklinde olan çizgilerden meydana gelen yeni biçimdir ve $s_1 - s_2$ olarak (Şekil 2.4) gösterilmektedir. Bu durumda yeni biçim daima s_1 'in altbiçimidir. Ancak s_2 'nin altbiçimi olma mecburiyeti bulunmamaktadır (Stiny, 1980).



Şekil 2.4: Biçimlerin farkı.

2.1.2.4 Biçimlerin dönüşümleri

Öklid geometrisine göre, şekillerin dönüşümleri; şeklin yer değiştirmesi (*translation*), yansıması (*reflection*), dönmesi (*rotation*), boyutunun değişmesi (*scale*) ya da sonlu kompozisyonları (*composition*) ile gerçekleşmektedir. Boyut değişimi içermeyen dönüşümler izometri olarak tanımlanmaktadır. Bir s şeklinin transformasyonu τ , $\tau(s)$ olarak ifade edilmektedir (Stiny, 1980).

2.1.3 Etiketli biçimler

2.1.3.1 Etiketli nokta

Etiketli nokta, $p:A$ şeklinde gösterilmektedir ve A sembolü bir p noktası anlamına gelmektedir. İkinci bir etiketli noktadan bahsedilirse ve bu noktalar, p_1 ve p_2 ile sembolleri A_1 ve A_2 aynı ise o zaman $p_1:A_1$ ve $p_2:A_2$ şeklinde ifade edilmektedir. Etiketli bir p noktasına biçimsel bir dönüşüm uygulandığında bunun ifadesi de, $\tau(p):A$ şeklinde olmaktadır. Etiketli noktalar kümesi P 'nin biçimsel dönüşümü ise, $\tau(P)$ olarak belirtilmektedir ve dönüşümün P kümesindeki tüm etiketli noktalara uygulanmış olduğu anlamına gelmektedir (Stiny, 1980).

2.1.3.2 Etiketli biçimler

Etiketli biçim σ , bir biçim ve etiketli noktalar kümesi olarak iki bölümden meydana gelmekte ve $\sigma = \langle s, P \rangle$ şeklinde ifade edilmektedir. Daha önceden bahsedilen tüm boolean operasyonlar, etiketli biçimlere de aynı şekilde uygulanabilmektedir (Stiny, 1980).

2.2 Biçim Gramerleri

Biçim grameri, biçim kompozisyonları üreten kural tabanlı bir tasarım yöntemidir. Biçim gramerlerinde bir başlangıç biçimi, biçim kuralları ve biçimler arası ilişkiler mevcuttur. Biçimler arasındaki ilişkilerin farklı sayılarda uygulanması ile biçim grubu ortaya çıkmaktadır. Böylece aynı kuralların uygulandığı belli bir ortak zemine oturan ama herbiri farklı olan biçimler elde edilmektedir.

Bir biçim grameri 4 elemandan meydana gelmektedir (Stiny,1980).

- 1) S: Biçimlerin kümesi
- 2) L: Sembollerin kümesi
- 3) R: Kurallar kümesi
- 4) I: Başlangıç şekli

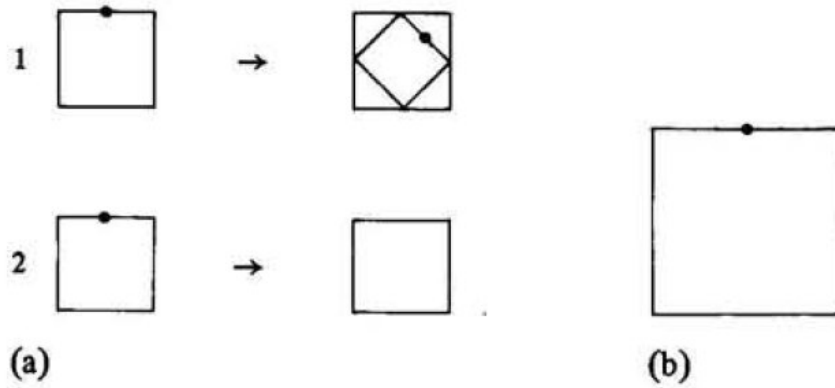
Bir biçim kuralı, kuralın iki yanında bulunan iki etiketli biçimden meydana gelmektedir. Bu etiketli biçimler ve başlangıç şekli, biçimler kümesi S'deki ve semboller kümesi L'deki şekillerdir. Biçim kurallarındaki biçimlerin ve başlangıç biçiminin etiketlenmiş olması, biçim türetimi sürecinin gerçekleşmesini kolaylaştırmaktadır. Bir biçim grameri dil (language) olarak adlandırılan biçim kümelerini ifade etmektedir. Bu dil, biçim grameri tarafından türetilen S biçimlerinin tümünü içermektedir. Herbir şekil, kuralların uygulandığı başlangıç biçiminden gelmektedir ve herbiri biçimler kümesi S'nin altbiçimleridir. (Stiny,1980).

Biçim gramerleri iki şekilde ele alınmaktadır. İlki standart biçim grameri olup diğeri de parametrik biçim gramerleridir.

2.2.1 Standart biçim gramerleri

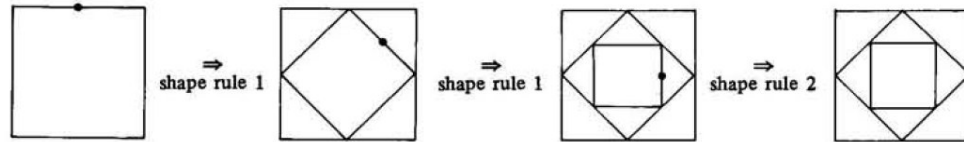
Standart biçim gramerlerinde, biçim çifti bir ok ile ayrılmaktadır. Okun solundaki biçim, kuralın uygulanacağı biçimi; sağındaki şekil ise, kuralın uygulandıktan sonraki biçimin durumunu göstermektedir (Stiny, 1985).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 2.5), (a) ile belirtilen bölümde biçim kuralları; (b) bölümünde ise başlangıç biçimi görülmektedir. Her iki kuraldaki okun sol tarafındaki etiketli şekiller, bir kare ve karenin bir kenarının orta noktasındaki • sembolünden oluşmaktadır. İlk kuralın sağ tarafındaki biçim ise, bir kare ve içinde • sembolü olan ikinci bir kareden meydana gelmektedir. İkinci etiketli karenin her köşesi, dışarıdaki karenin her kenarının orta noktası ile kesişmektedir. İkinci kuralda ise, okun solundaki etiketli karenin • sembolü atılarak okun sağındaki etiketsiz kare oluşmaktadır.



Şekil 2.5: Biçim kuralları ve başlangıç biçimi (Stiny, 1980).

Şekil 2.6'da, başlangıç şekline yukarıdaki kuralların uygulanması sonucu türeyen ürünler görülmektedir. İlk iki adımsa 1.kural uygulanmış olup son adımda 2.kural uygulanarak • sembolü silinmiş ve son ürün elde edilmiştir.



Şekil 2.6: Başlangıç biçimine kuralların uygulanışı (Stiny, 1980).

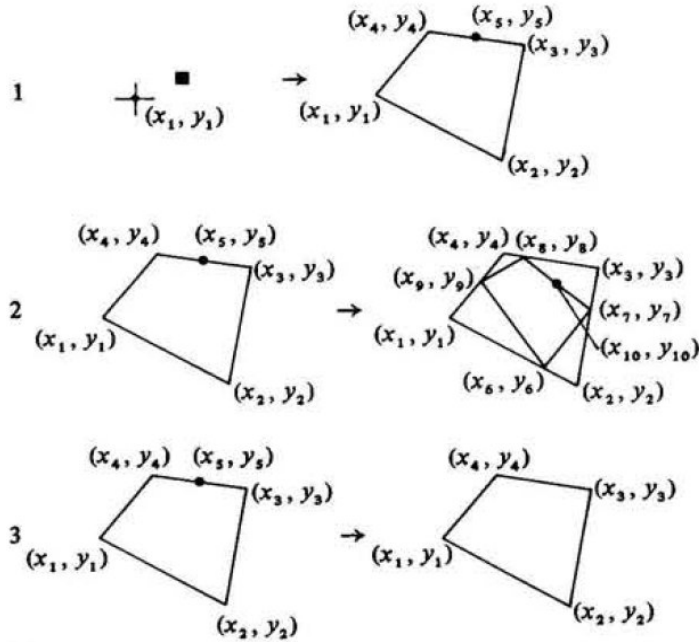
Şekil 2.7'de biçim grameri tarafından tanımlanmış dilin diğer olasılıkları görülmektedir. Bu dile göre, birbirinin içine geçmiş $n (\geq 1)$ kadar biçim tanımlanmaktadır. Tüm biçimleri kapsayan karenin her bir durumda da aynı olduğu gözlemlenmektedir (Stiny, 1980).



Şekil 2.7: Tasarım dilinin diğer olasılıkları (Stiny, 1980).

2.2.2 Parametrik biçim gramerleri

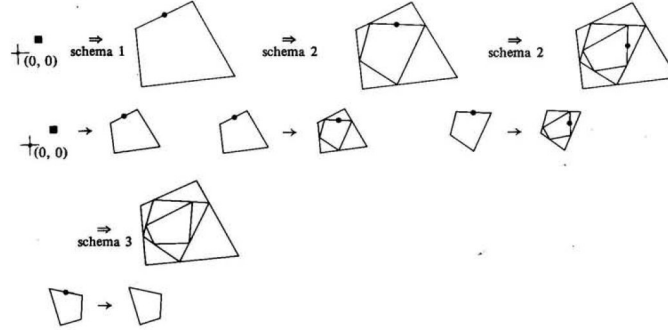
Biçim gramerlerinde ikinci bir grup olarak parametrik biçim gramerlerinden bahsedilmektedir. Standart biçim gramerlerinden farklı olarak, parametrik biçim gramerlerinde biçimleri türeten kurallar, kural şemaları (*rule schemata*) olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda, biçimlerin çizgi uzunluklarının ve çizgiler arasındaki açılar değişkenlere bağlı olduğundan ve değişebilir olduklarından bahsedilmektedir. Standart biçim gramerlerinde sabit bir uzamsal ilişkiden söz edilirken, parametrik biçim gramerlerinde, uzamsal ilişkiler değişkendir (Stiny, 1980).



Şekil 2.8: Parametrik biçim grameri (Stiny, 1980).

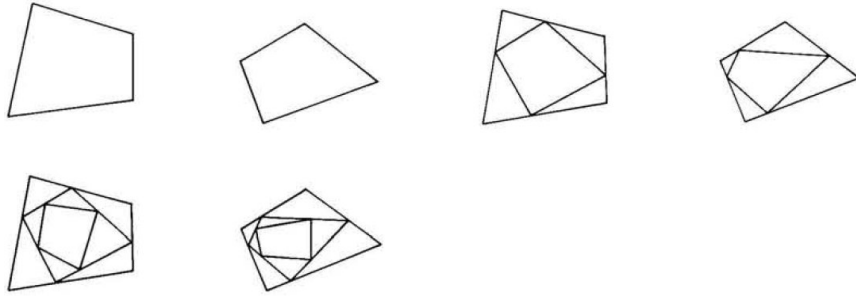
Yukarıdaki şekilde (Şekil 2.8), başlangıç şeklinin, önceki örnekteki başlangıç şeklinden farklı olarak (0,0) noktasının ■ sembolü ile işaretlenmiş olduğu görülmektedir. Etiketli değişkenli nokta (*labelled parametrized point*) olarak tanımlanmakta ve (0,0) : ■ olarak gösterilmektedir. Bu başlangıç şekline kural şeması 1'in uygulanması ile aşağıdaki şekilde görülen işaretli şekil

oluşturulmaktadır. Ardından kural şeması 2 iki kez uygulanarak içiçe 3 adet yamuktan oluşan ürün elde edilmiştir. Şekil 2.9’da ifade edildiği gibi, 3. kural şemasında • sembolü silinerek son ürün türetilmektedir (Stiny, 1980).



Şekil 2.9: Parametrik biçim grameri kural şeması (Stiny, 1980).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 2.10), parametrik biçim grameri tarafından tanımlanmış dilin diğer olasılıkları görülmektedir. Bu dile göre de önceki örnekte olduğu gibi, birbirinin içine geçmiş $n (\geq 1)$ kadar yamuk tanımlanmaktadır. Tüm yamukları kapsayan yamuk buradaki durumda aynı olmadığı; boyutsal ve açısal değişkenlik gösterdiği gözlemlenmektedir (Stiny, 1980).



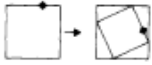
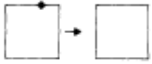
Şekil 2.10: Tasarım dilinin diğer olasılıkları (Stiny, 1980).

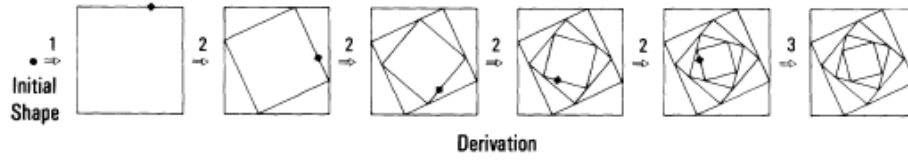
2.3. Standart Veya Parametrik Biçim Grameri İle Türeyen Geometriler

2.3.1 Iakov Chernikov’un çizimleri

Verilen örnekteki biçim grameri, Rus konstruktivist Iakov Chernikov’un “*The Construction of Architectural and Machine Forms*” adlı eserinde yaptığı siyah ve beyaz çizimlerin dilini deşifre etmektedir.

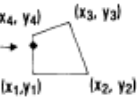
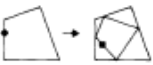
Shape Grammar

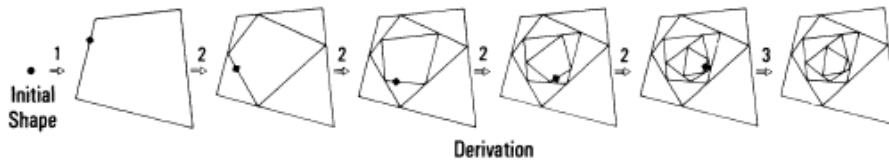
1. $\bullet \rightarrow$ 
 2. 
 3. 
- Rules



Şekil 2.11: Standart biçim grameri örneği (Stiny, 1985).

Parametric Shape Grammar

1. $\bullet \rightarrow$ 
 2. 
 3. 
- Rule Schemata



Şekil 2.12: Parametrik biçim grameri örneği (Stiny, 1985).

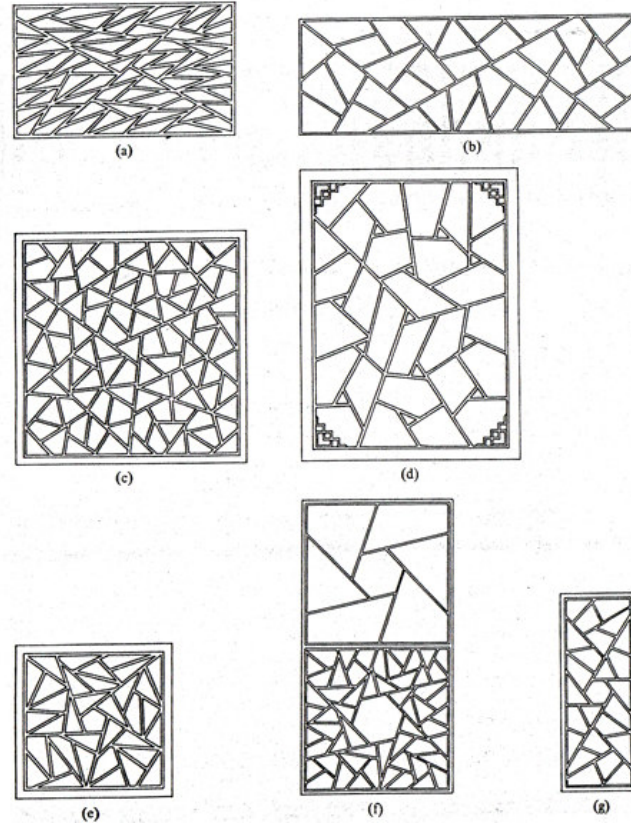
Şekil 2.11’de standart biçim grameri ele alınmakta ve başlangıç şekline uygulanan kuralları gösterdikten sonra uygulaması yapılmakta ve son ürün türetilmektedir. Başlangıç şekli olan $\bullet$, 1. kuralda bir karenin kenarına orta noktasına gelmeyecek şekilde yerleştirilmektedir. 2 kuralda ise, önceki kuralın sağında olan şekil, aynı boyuttaki bir karenin içine, köşeleri dışarıdaki karenin kenarları ile kesişecek şekilde yerleştirilmektedir. Son kuralda da, $\bullet$ sembolü karenin kenarından silinmektedir. Böylece belirlenen kurallar, başlangıç şekline uygulanmıştır. Elde edilen son üründe

iç-içe 5 adet kare görülmektedir. Bu durumda dışarıdaki karenin boyutlarında ve kenarlarının birbirleriyle olan açısında hiçbir değişim olmamaktadır (Stiny, 1985).

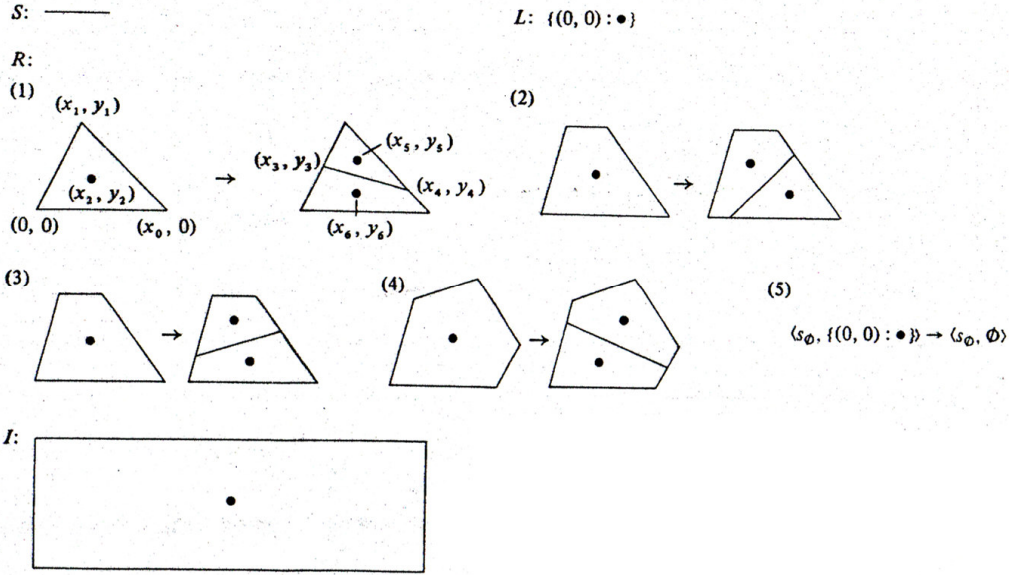
Şekil 2.12'deki örnekte ise başlangıç biçimi aynı şekilde •'dır ve kurallar şeması tanımlanmaktadır. İlk örnekteki ile aynı şekilde iç-içe yamuklar çizilmesi ve son olarak • sembolünün silinmesi ile son ürün elde edilmektedir. Türetme işlemi sırasında 2. kural şeması aynı standart gramerde olduğu gibi dört kez uygulanmış ardından 3. kural şeması kullanılmıştır. Buradaki gramerin dilinin tek farkı, uzamsal ilişkilerin değişken olmasıdır (Stiny, 1985).

2.3.2 Çin buz ışınları

Milattan önce 1000 ile milattan sonra 1900 yılları arasında yapılmış olan Çin pencere kafes sistemlerinin dikkat çeken periyodik ve düzenli yapısı, biçim grameri ile analiz edilmesine ve türetilmesine imkan sağlamıştır. Çin buz ışınları olarak adı geçen pencere süslemelerinin türetimi, parametrik biçim gramerleri ile tanımlanmaktadır. Şekil 2.13'te farklı Çin buz ışınları örnekleri görülmektedir (Stiny, 1977).



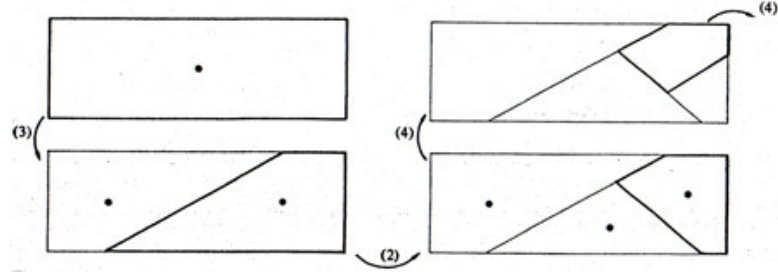
Şekil 2.13: Çin buz ışınları (Stiny, 1977).



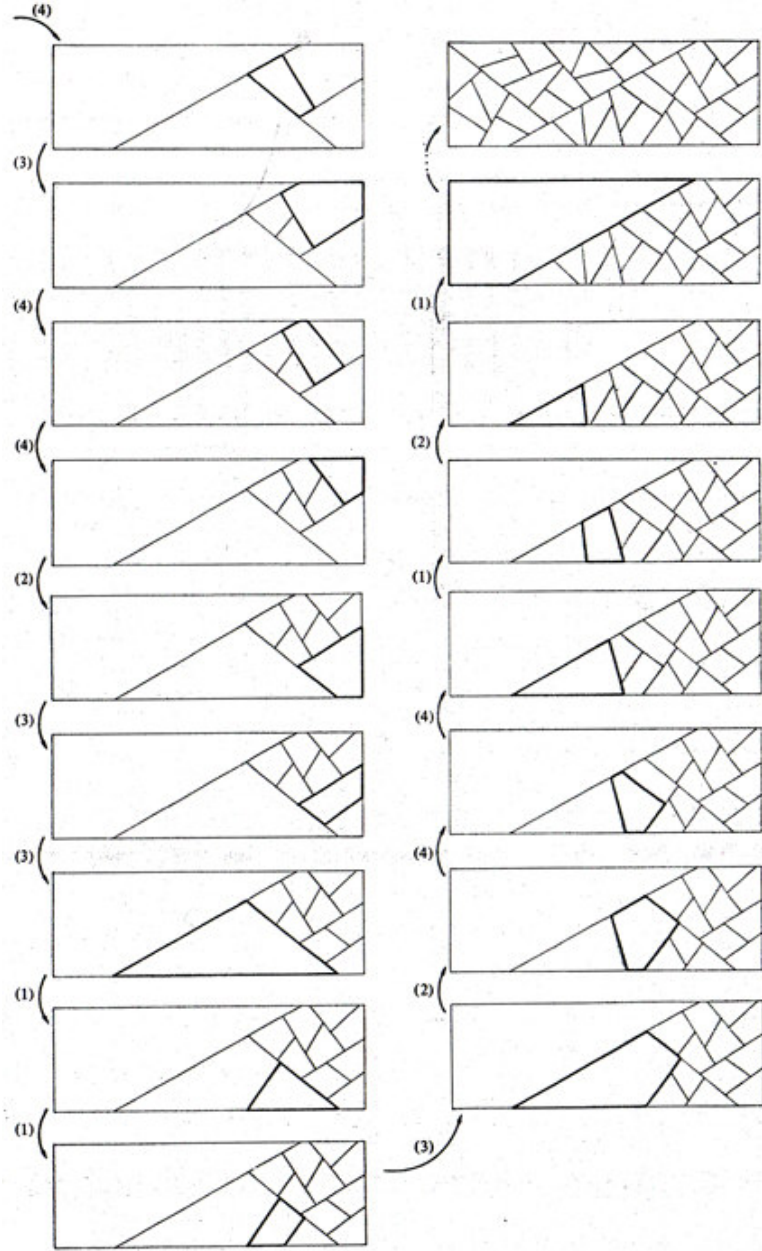
Şekil 2.14: Çin buz ışınları biçim grameri kuralları (Stiny, 1977).

Şekil 2.14'te buz ışınlarının türetiminde kullanılan 5 kural şeması görülmektedir. İlk kural şemasına göre; üçgen olan alan, iki kenar arasına çizilen bir doğru ile alanları eşit bir üçgen ve düzgün olmayan bir dörtgen oluşacak şekilde bölünmektedir. 2. ve 3. kural şeması ise düzgün olmayan dörtgen ya da yamuk biçimler için geçerli olmaktadır. Biçim, kenarlarından geçen ve alanları yaklaşık eşit olacak bir üçgen ve bir düzgün olmayan beşgen meydana getirecek bir çizgi ile bölünmektedir. 4. kural şemasında ise, düzgün olmayan bir beşgen bölünerek alanları eşit olan bir dörtgen ve beşgen oluşturmaktadır. Son kural şeması ise $\bullet$ sembolünün silinmesi şeklinde ifade edilmektedir (Stiny, 1977).

Başlangıç biçimi I, merkezi $\bullet$ ile etiketlenmiş olan bir dikdörtgendir. Şekil 2.15'te görüldüğü gibi, bu dikdörtgen önce 3 numaralı kural şemasının uygulanması ile ikiye bölünerek 2 adet dörtgen ya da yamuk elde edilmektedir. Ardından bu dörtgenlerden biri 2. kural şeması uygulanarak bölünmekte ve düzgün olmayan beşgen oluşturulmaktadır. Düzgün olmayan beşgen biçimi için geçerli olan 4. kural şeması uygulanarak Şekil 2.16'da görülen kuralların uygulanması ile türetme devam etmekte ve son ürün elde edilmektedir (Stiny, 1977).



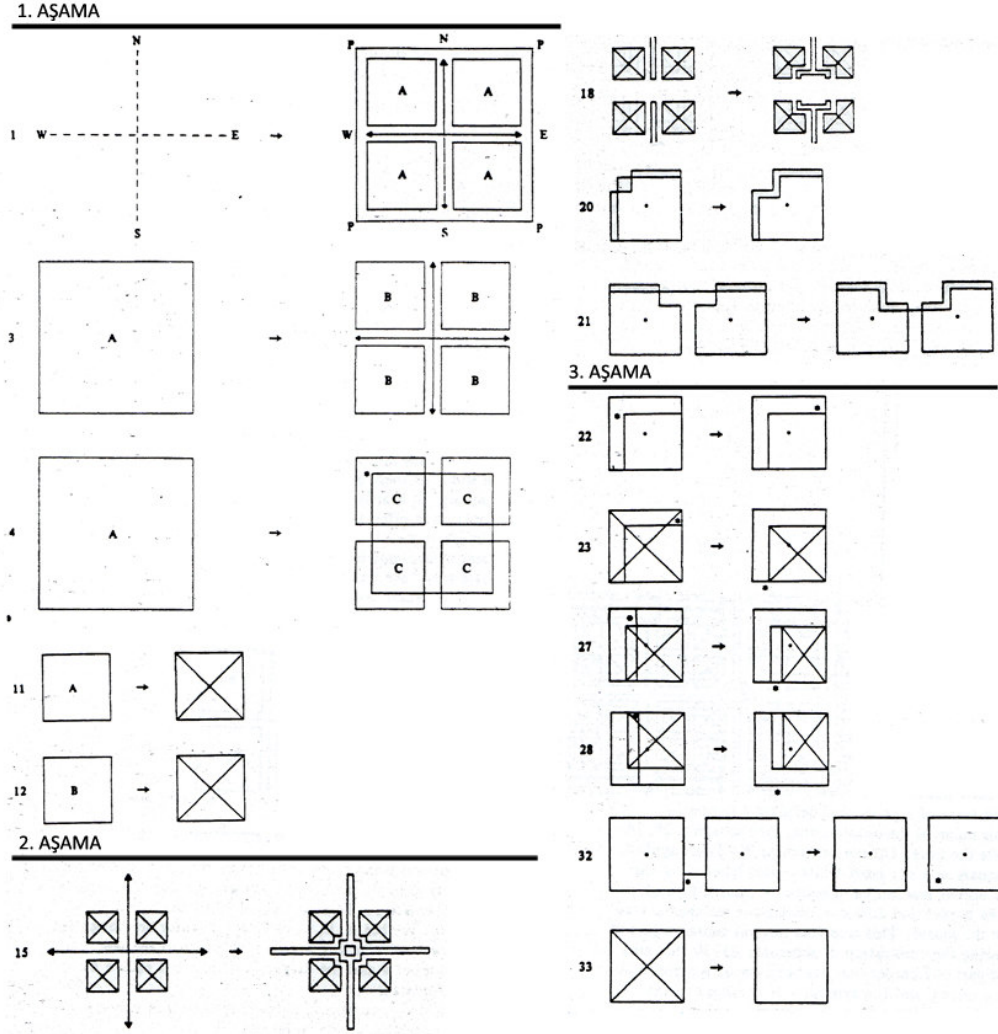
Şekil 2.15: Başlangıç şekline uygulanan ilk 3 kural dizisi (Stiny, 1977).



Şekil 2.16: Son ürünün elde edilişi (Stiny, 1977).

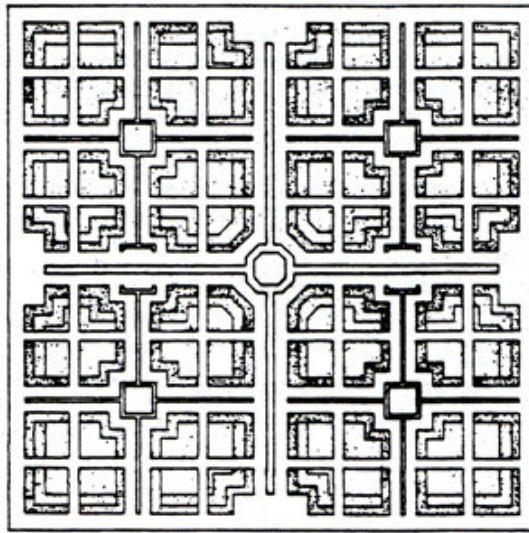
2.3.3 Mughul bahçeleri

Mughul bahçelerinin tasarımında kullanılan dil, parametrik biçim gramerleri ile çözümlenmektedir. Moğol bahçelerinin geometrisi, ana yollardan, su kanallarından, yeşil alanlardan ve bitki duvarlarından meydana gelmektedir. Bahçenin temel planı, büyük bir karenin, birbirine eşit boyuttaki dört kareye bölünmesi ile oluşmaktadır. Birbirine eşit bu dört bahçe, birbirinden ana yollarla ayrılmaktadırlar. Birbirini kesen ana yolların ortasında bir havuz bulunmakta, dört karenin havuz çevresinde kalan köşeleri havuz ile kesişmemektedir. Stiny ve Mitchell, 1980’de yayınladıkları makalelerinde, Moğol bahçelerinin bu karakteristik özelliklerini ortaya koymuş ve kurallar kümesini oluşturarak bahçelerin yeniden türetilmesini sağlamışlardır (Stiny, Mitchell, 1980).



Şekil 2.17: 3 aşamadan oluşan kurallar kümesi (Stiny, Mitchell, 1980).

Şekil 2.17, Moğol bahçelerinin karakteristik özelliklerini taşıyan bir tasarım türetmek için kullanılan kurallar kümesini göstermektedir. Kullanılan kurallar kümesi, dört aşamada son ürünü meydana getirmektedir. Birinci aşamada, 1'den 15'e kadar olan kurallar, bahçenin temel planını oluşturmaktadır. Böylece su kanallarının ve duvarların yerleri belirlenmektedir. İkinci aşamada, 15. kuraldan 22. kurala kadar su kanalları yerleştirilmekte ve ardından 22'den 33'e kadar olan kurallar kümesi ile duvarların yerlerine karar verilmektedir. Şekil 2.18'de görülen dördüncü aşamada ise, türetme tamamlanmakta ve aşağıda görülen son ürün elde edilmektedir (Stiny, Mitchell, 1980).



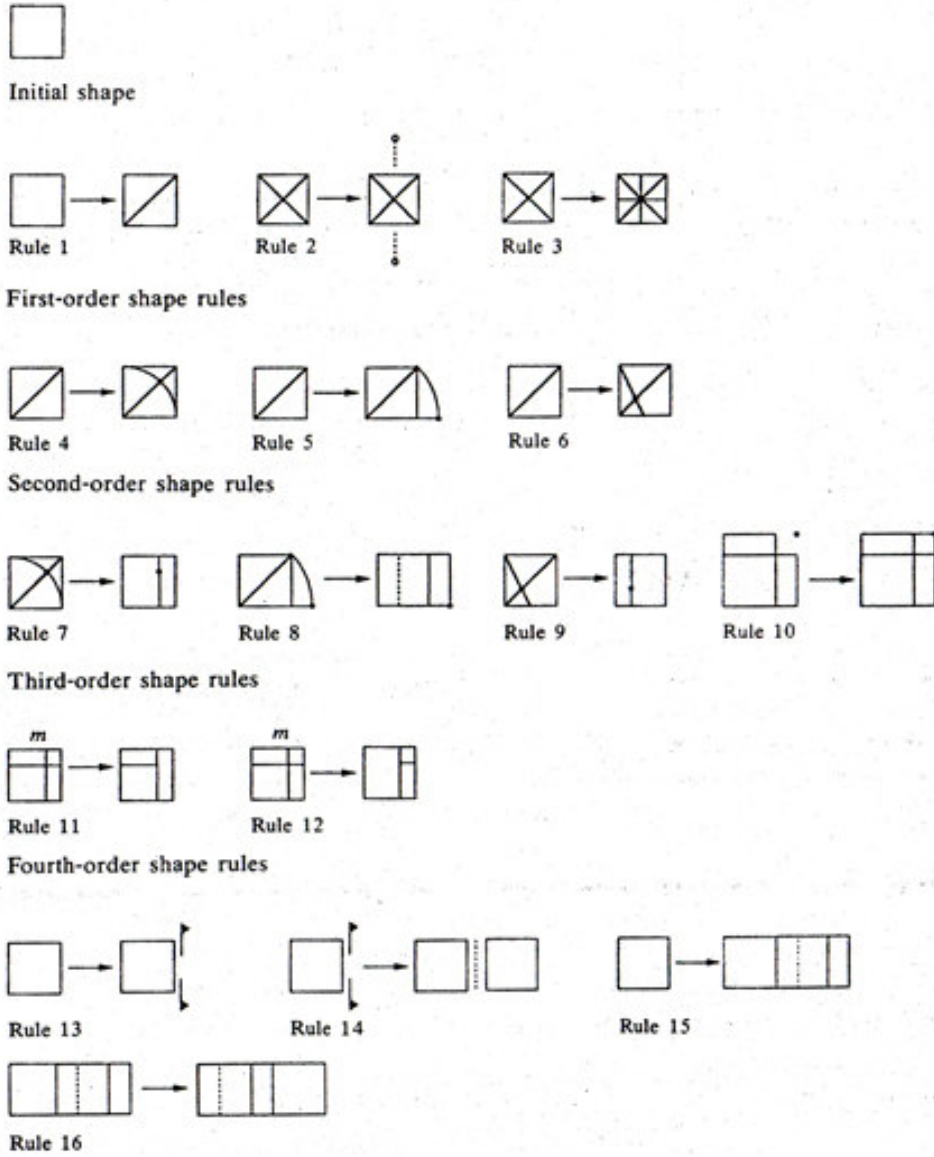
Şekil 2.18: 4. aşama ve son ürün Stiny, Mitchell, 1980).

2.3.4 Frank Lloyd Wright'ın pencere düzenlemeleri

Biçim gramerileri yardımı ile, F.L.Wright'ın pencere düzenlemeleri analiz edilmiş ve mimari dili çözülmüştür. Bu analiz ile pencerelerin 3 karakteristik özelliği oluşturulmuştur (Rollo, 1994).

- 1) Pencerelerde ağırlıklı olarak dikkat çeken bir aks kullanımı ve simetrinin, modüler tekrarın ve benzer örüntü tipleri arasındaki parametrik değişkenlerin oluşumunu sağlayan bir de eksen bulunmaktadır.
- 2) Bitmiş düzenlemedeki tek düz hatlardan oluşan şekiller dikdörtgenler ve karelerdir. Bu durumun, pencere üretiminin teknik gerekleri olarak da kullanılmış olabileceği düşünülmektedir.

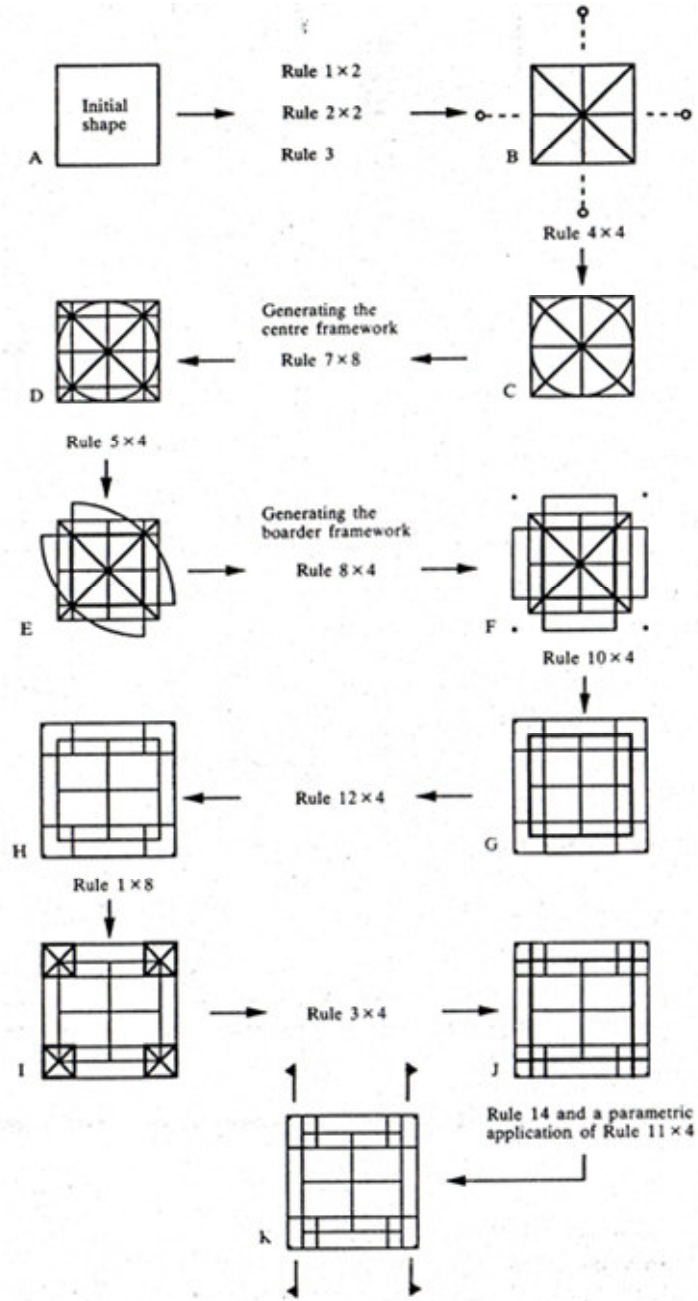
- 3) Dikdörtgen kümelerinde kullanılan mesafeler ve oranlar 1:1, 1:2, 1:3 ve $\sqrt{2}:1$ ve $\sqrt{2}-1:1$ olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.19: Pencere düzenlemeleri başlangıç şekli ve kurallar kümesi (Rollo, 1994).

Yukarıdaki şekilde (Şekil 2.19), Wright'ın pencere düzenlemelerinde kullanılan kurallar kümesi gösterilmektedir. Herhangi bir etiketlemeye gerek duyulmadan başlangıç şekli olan kare ile türetme başlamaktadır. Örüntüler, en az bir adet çift taraflı simetri ekseninden ve/veya dönel simetri oluşturan orijin noktasından meydana gelmektedirler. Gramer, uygulanan operasyona göre 4 adet kurallar grubundan oluşmaktadır. Birinci düzende kurallar, karelerden, üçgenlerden ve simetri akslarından oluşan bir format uygulamaktadır. İkinci grupta, ilk düzende

uygulanan kuralların oluşturduğu format, birbirini kesen yay ve çemberlerle değiştirilerek türetme yapılmaktadır. Üçüncü grupta, ikinci grupta türetilen şekillere düz çizgilerden oluşan bir ızgara ve çerçeve sistemi geliştirilerek yeni biçimler türetilmektedir. Son düzenlemede ise belirli örüntü tipleri yaratma amacıyla önceki çerçeve sisteminden çizgiler silinmektedir. Böylece kurallar uygulandığında son ürün elde edilmektedir (Rollo, 1994).

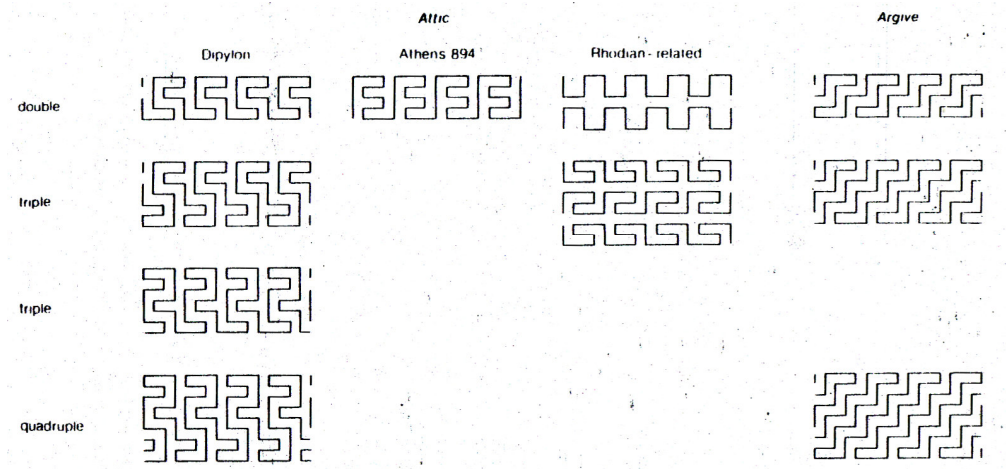


Şekil 2.20: Wright'ın Oak Evi'nin pencere düzeninin kuralları (Rollo, 1994)..

Şekil 2.20, bahsedilen tüm kural gruplarının uygulanması ile tekrardan türetilen Wright'ın Oak Evi'nin pencere düzenini göstermektedir. Biçimler arasında hangi kuralın kaç defa uygulandığı belirtilmektedir. Kuralların uygulanışı sırasında birçok yeni biçim ve altbiçimler oluşmaktadır. Aslında, tüm bu oluşan yeni biçimler ve altbiçimler son ürünün oluşmasında kullanılması planlanmamış biçimlerdir (Rollo, 1994).

2.3.5 Yunan vazo motifleri

Terry Knight, 1986 senesinde yayınladığı makalesinde Yunan geometrik vazolarındaki kıvrımlı (meander) motiflerin dönüşümlerini incelemiş, dönemsel gruplara ayırarak motiflerin oluşum kurallarını biçim grameri başlığında tanımlayarak analiz etmiştir. Knight'ın bu çalışmasında, erken, ara ve geç dönem motifleri ele alınmaktadır. Erken dönem Mikene stilinde çalışılmış olan vazoların motifleri, daha çok dalgalı, eğrisel geometrilerden ve hayvan figürlerinden meydana gelmektedir. Ardından, ara Geometrik döneme denk gelen yeni bir akım olan Protogeometrik stili karşımıza çıkmaktadır. Bu dönemin karakteristik özelliği, Mikene stilinin dönüşümlerini içermesidir. Yarı daireler ve eş merkezli çemberler, Mikene stilinin spiral motiflerinin yerini almıştır. Geç Geometrik dönem ise Arkaik dönem olarak geçmektedir. Bu dönemin stilini daha çok hayvansal ve bitkisel motifler oluşturmaktadır (Knight, 1986).



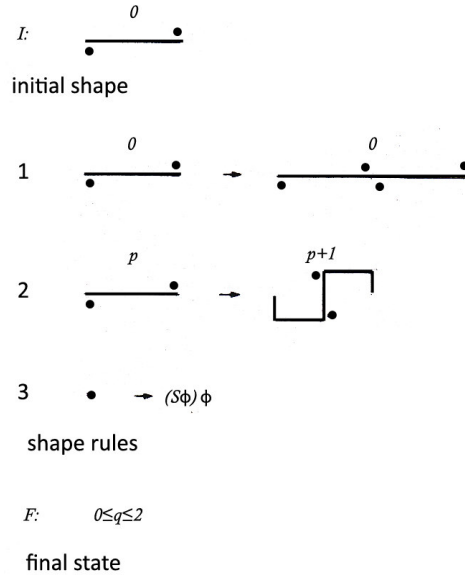
Şekil 2.21: Dönemlere ait motifler (Knight, 1986).

Tüm dönemler, biçim, geometri ve figür başlığı altında üç temel özelliğe dayanmaktadır. Geometrik stilin en karakteristik tasarımı, kıvrımlı şekillerden oluşmakta ve meander olarak adlandırılmaktadır. Erken ve ara Geometrik vazolar iki

farklı motif içermektedir. İlki, çoklu paralel çizgilerle çizilen ya da nokta ve ince çizgilerle şekillenen mazgallı meander (*battlement meander*) olarak, ikincisi ise, ince çizgilerle ana hatları şekillenen hareketli meander (*running meander*) olarak geçmektedir. Geç dönem Geometrik stilinde, yeni meander formları karşımıza çıkmaktadır. Bileşik (*complex*) ve karmaşık (*complicated*) meanderler olarak adlandırılan yeni biçimlerdir. Bileşik meander, basit hareketli meanderin olgunlaşmış ve detaylanmış hali olup ikili, üçlü ve dörtlü olarak sıralanmaktadır. Karmaşık meanderler, hareketli meanderin ekstra kanca eklenmiş veya içe doğru kıvrılmış biçimleridir. Şekil 2.21’de tüm dönemlerin özelliklerini gösteren çizimler görülmektedir (Knight, 1986).

2.3.5.1 Meander motiflerin biçim grameri

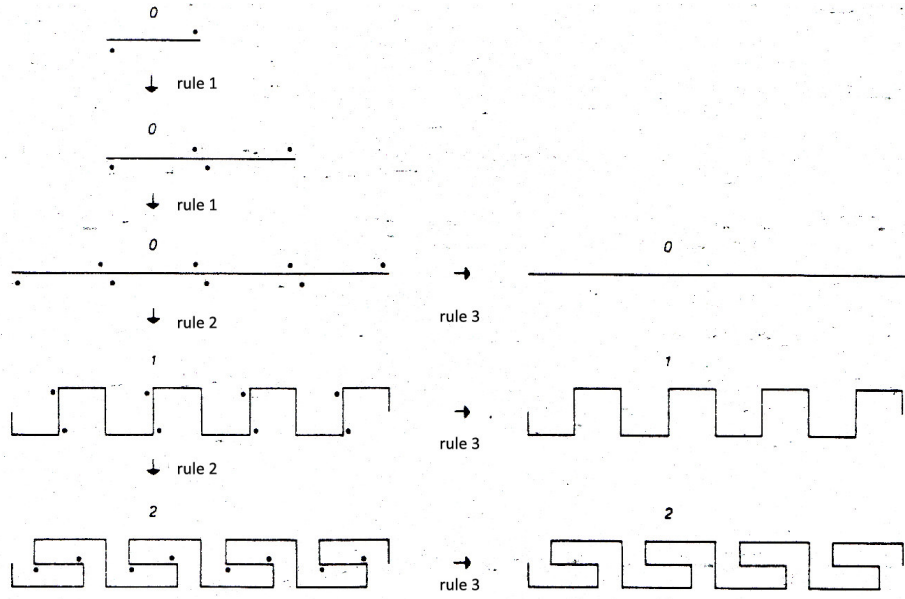
Yunan vazo motiflerinin gramerini anlaşılır ifade etmek amacıyla bu gramer, paralel gramer olarak adlandırılmakta ve kurallar paralel uygulanarak tasarım türetilmektedir. Paralel gramerde, bir kural, tasarımın bir parçasına uygulandığında, aynı anda diğer parçalarına da uygulanarak türetme işlemini tamamlamak durumundadır.



Şekil 2.22: Başlangıç biçimi ve kurallar kümesi (Knight, 1986).

Şekil 2.22’de, erken ve ara dönem geometrik meanderlerin biçim grameri ile tanımlanmış tasarım dili ve kurallar şeması görülmektedir. “0” durumunda olan ve iki ucu $\bullet$ ile etiketlenmiş çizgi parçası, gramerin başlangıç biçimi olarak tanımlanmaktadır. Kural 1, “0” durumunda olan ve iki ucu $\bullet$ ile etiketlenmiş çizgi

parçasını sınırsız olarak uzatmakta ve “0” durumunu korumaktadır. Kural 2 ise, etiketli çizginin yerine S şeklini yerleştirmektedir. S şekli aynı zamanda, etiketli bir çizgi parçasını içermekte ve kuralın tekrar tekrar önceden türetilen S şeklinin içindeki S şekillerine de uygulanmasına imkan vermektedir. 2. kuralda görülen p etiketi, kuralın değişkeni olup 2. kuralın tasarımın herhangi bir evresinde uygulandığı her seferde durumu 1 arttırmaktadır ($p+1$). Böylece, tasarımda, 2. kuralın kaç defa uygulanmış olduğu kodlanmış olmaktadır. Kural 3 ise, daha önceki örneklerde de görüldüğü gibi etiketleri silerek son ürünü oluşturmaktadır (Knight, 1986).



Şekil 2.23: Meander türeten gramer (Knight, 1986).

Şekil 2.23'te meander türeten gramerin uygulanışı görülmektedir. Buradaki tasarım dilinin elemanları, düz çizgiler, mazgallı ve hareketli meanderlerdir. Başlangıç şekli olan “0” konumundaki etiketli düz çizgiye 1. kuralın uygulanması ile beraber iki ucu etiketli çizgi parçası uzayarak etiketli düz çizgi kümesi haline gelmektedir. 2. kuralda ise, etiketli çizgiler, mazgallı meander biçimi ile yer değiştirerek türetme devam etmektedir. Kural 2'nin tekrar uygulanması ile beraber, mazgallı meander, hareketli meander ile yer değiştirmekte ve hareketli meander son ürün olarak elde edilmektedir (Knight, 1986).

3. İSLAM SANATI GEOMETRİK SÜSLEMELERİ

3.1 İslam Sanatı

İslamiyet öncesinde Orta Arabistan’da çok etkileyici ve baskın bir mimari gelenekten bahsedilmemektedir. En basit törenler ve gösteriler için kullanılan kutsal mekanlar örnek olarak gösterilirse, sınırları kabaca belirlenmiş yapılar bağlamında bir mimariden sözedilmektedir. En kutsalları olan Kabe, hiçbir bezemesi ve süslemesi görülmeyen, kapı, pencere gibi mimari öğeler içermeyen bir dikdörtgen prizmadır. İslamiyet’in kabulünden önce, diğer sanat dallarına dair de çok fazla bir bilgi yoktur. Arabistan’da çok az sayıda heykel ve resme rastlanmıştır, işlevi olan az sayıdaki nesne dışında da el işçiliğine dair herhangi bir bulgu bulunmamaktadır. Mekke’deki putlar ise çok ilkel ve sanatsal değeri olmayan objeler olarak kabul edilmektedir (Grabar, 2004).

İslam dininde kabul edilen “Allah’tan başka ilah yoktur.” ilkesinden kaynaklanan, ve tüm Müslüman gruplarda da karşı çıkılan, canlı herhangi birşeyi resmetme yasağı bulunmaktaydı. Halifelerin, evliyaların hatta Hz. Peygamber’in portrelerinin çizilmesine karşı çıkılmasının bir diğer sebebi de; portresi resmedilecek olanın putperestçe tapınmanın nesnesi haline gelmesini engellemek ve aynı zamanda onların taklit edilemez oluşlarına duyulan saygıydı (Burckhardt, 2005). Resmi yasaklayan sebepler, aynı şekilde heykelciliğin de İslam sanatında gelişmemesine neden olmuştur. Bundan dolayıdır ki; İslam sanatında güzel yazı (Hüsn-ü Hat), arabesk ve geometrik süslemeler büyük önem kazanmış ve gelişmiştir (Hattstein, Delius, 2000). Canlı varlıkların İslam sanatında tasvirinin yasak olması aslında Kur’an aracılığıyla olmamaktadır. 19. yüzyıldan günümüze kadar yapılan araştırmalar ve Müslümanlar’ı savunan yazılarda genellikle bu yasak işlenmiş ve incelenmiştir. 1890’da Kuseyr Amra’da duvar resimlerine rastlanmasıyla bu sorun önem kazanmış ve Müslüman bilim adamlarının bile bir açıklama getiremedikleri bir sorun olmuştur. Bu konuda birçok farklı sebep öne sürülmüştür, ancak İslam sanatında canlı varlıkların tasvirinin yasak olmasını açıklayan ortak bir karara varılamamıştır. Oleg Grabar, *İslam*

Sanatının Oluşumu adlı kitabında bu konuda; *ne belli yaratıcı eylemler üzerinde uzun uzadıya düşünüldükten sonra resmin bir şekilde reddedildiğini, ne de var olan belli sanat tekniklerinin olası eğitici yada güzelleştirici değerlerine ilişkin fikirlerin geliştirildiğini* söylemektedir (Grabar, 2004). Dolayısıyla canlı varlıkların resmedilmesiyle ilgili tartışma bugün de devam etmektedir. Ancak yasak olduğunun kabul edildiği ve buna inanıldığı dönemlerde diğer sanat dallarının neden daha hızlı geliştiğini ve yaygınlaştığını açıklayan önemli bir konudur.

İslam sanatının dikkat çeken önemli özellikleri; zengin bezeme hazinesi ve farklı mimari sistemi ile baskın karakterini oluşturan tekdüzelikten çok çeşitliliğidir. İslam sanatı, diğer dinlerin hakim olduğu bölgelerdeki sanatlara göre farklılık göstermektedir. Bir tarafta, zamana ve mekana bağlı olan birlik ilkesine; diğer tarafta rönesans dönemi sanatçılarındaki olduğu gibi bir yenilik arayışından uzak, ancak cazibesini yenileyen ve karakterini güçleştiren bir yapıya sahiptir. Bunun yanı sıra, Hindistan'dan İspanya'ya kadar geniş bir alanı kapsayan İslamiyet'i kabul etmiş bölgelerde, bezemenin temelini oluşturan güzel yazının ortak bir dile sahip olması İslam sanatında dikkat çekmektedir (Rice, 1984).

3.2. İslam Sanatının Tarihteki Gelişimi

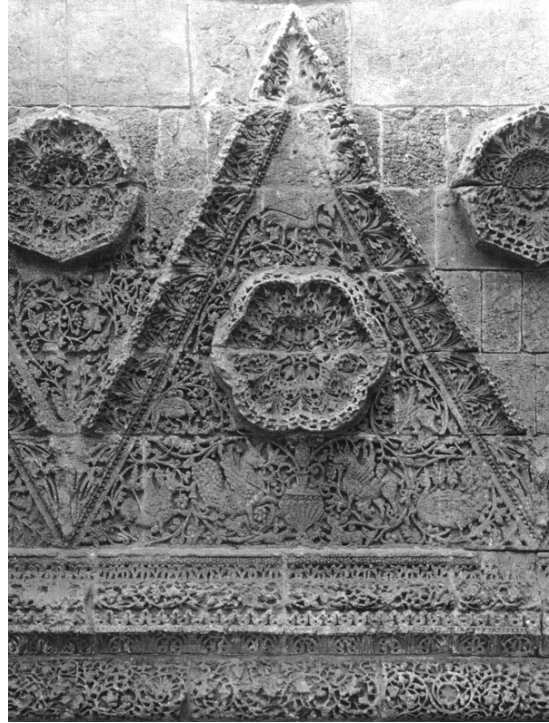
3.2.1 İslamiyet öncesi

İslam öncesi Arap toplumunun en büyük ayırt edici özelliği, bütün sadeliği içinde göçebe ya da yarı göçebe bir biçimde kırsal bir yaşam tarzını sürdürmesidir. Dolayısıyla mimarlığa karşı herhangi bir ilgileri olmayıp daha çok takılara, işlerle süslü silahlara, yanlarında taşıyabilecekleri küçük objelere ve kumaşlara değer vermekteydiler. Bu toplum, İslamiyet'in kabulü ile *İlahi Birlik* bilincine sahip olup bu bilinci ve inancı geniş bir coğrafyada yayarken fethedilen bölgelerdeki yerleşik düzende hayat süren toplumlarda yeni ve farklı bir sanat mirasıyla karşılaşmışlardır (Burckhardt, 2005).

3.2.2 Emeviler ve Abbasiler dönemi

Araplar, ilk başlarda, sanata pek değer vermedikleri halde, Emeviler döneminin sonlarına doğru; 8. yüzyıl ortalarında sanat gerçek bir mesele haline gelmiştir. Emeviler döneminde dindışı ve dünyevi bir sanat görülmektedir ki İslam sanatında kutsal olan ile kutsal olmayan arasında üslup anlamında hiçbir zaman bir ayırım

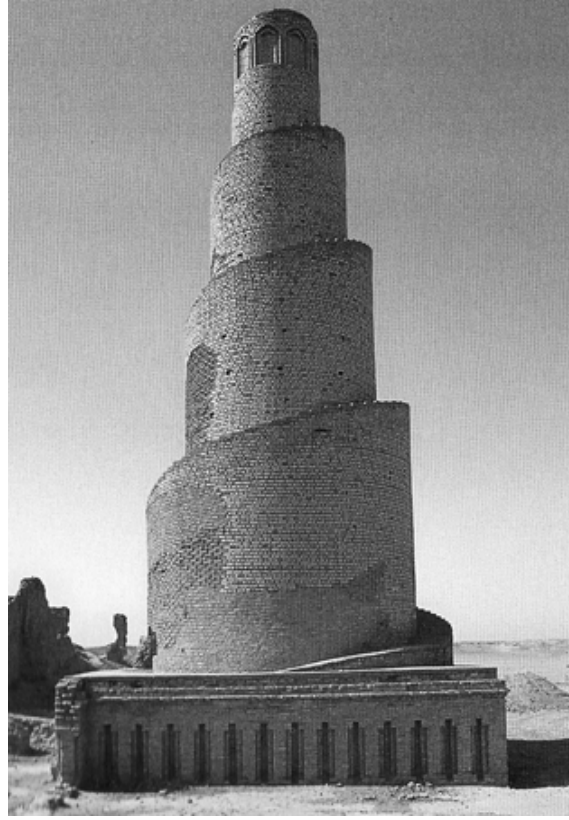
olmamıştır. Bu dönemde yapılan Kasrı'l-Hayr, Keseyr Amra ve Mişatta (Şekil 3.1) köşklerindeki bezemelerde İslam sanatına dair yeni bir unsur göze çarpmaktadır. Geometrik ve ritmik devam eden motiflerin, bir gamalı haçı andıracak şekilde birbirini çaprazlama kestikleri ve kıvrılan çizgiler halinde ana geometriyi oluşturdukları görülmektedir. Bu konuda Mişatta önemli bir örnek olarak İslam sanatında bahsedilmektedir. Bu yapıda, Helenistik dönemin eserlerini çağrıştıran asma yaprağı, kartal başlı aslan, kanatlı at gibi motiflerin bulunmasına rağmen simetrik olarak tekrar eden motifler ön plana çıkmaktadır. Ancak zikzak çizerek gelişen geometrilerin ortalarına yerleştirilen yuvarlak ve sekizgen rozetler, klasik Yunan eserlerinde daha önce hiç görülmemiştir. Henüz İslam sanatına da ait olmayan bu süslemeler, Hindistan'dan geldiği tahmin edilen araplaştırılmış kabul edilen bezemelerdir. Ancak zikzaklı şekiller, dikkat çeken merkezi rozetler, üçgenlerle birlikte İslami geometrilerin ilk habercisi olarak kabul edilmektedir (Burckhardt, 2005).



Şekil 3.1: Mişatta Sarayı'nın cephesinden detay (Burckhardt, 2005) .

Abbasiler dönemine ait İslam sanatında önemli bir yere sahip olan eser, Şekil 3.2'de görülen Samarra Ulu Camidir. Bu dönemde yapılan camilerde malzeme olarak tuğla ve kerpiç kullanılmıştır. Standart ölçülere sahip olduğundan dolayı tuğladan oluşan geometrik örüntülerde göze çarpan bir sadelik vardır. Geometrik yapısı nedeniyle

yatay, düşey ve çapraz şekilde konumlanan tuğla kompozisyonları göze çarpmaktadır. Tuğlanın harç içine gömülebilme özelliğinden faydalanarak gölge-ışık oyunları ile geometri daha da vurgulanmaktadır (Mülayim, 1982).



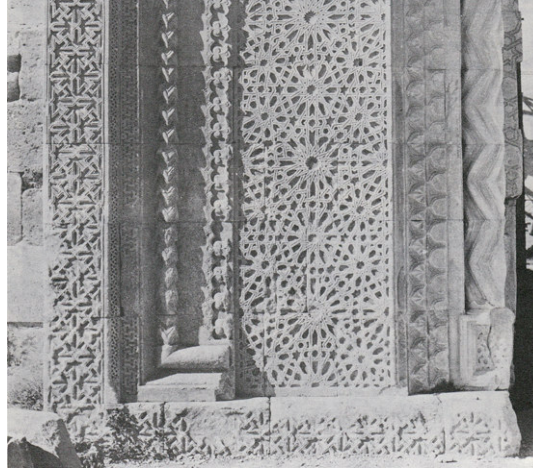
Şekil 3.2: Samarra Ulu Cami - 9. yy. (Hattstein, Delius, 2000).

3.2.3 Büyük Selçuklu, Anadolu Selçuklu ve Osmanlı dönemi

Büyük Selçuklular, İslam sanatına birçok yenilik kazandırmışlardır. Selçuklular'ın döneminde hat (yazı), minyatür, ahşap ve taş oymacılığı, çinicilik, maden işleme, cilt ve çanak çömlek yapımı gelişmiştir. İran sanatının yeniden doğuşunda büyük etkileri olmuştur. Aynı zamanda eğitim kurumu olan medrese, Selçuklular döneminde ortaya çıkmıştır. Bir diğer sıkça karşılaşılan sanat, kümbet mimarlığı olmuştur (Roux, 2008). Dolayısıyla cami, medrese ve kümbetlerde sıklıkla bezemelere rastlanmaktadır. Selçuklu taş işçiliğinde bitkisel öğeler, yazı, geometrik desenler ve daha az olarak figürlü süsleme bezemenin ana unsurlarıdır.

11. yüzyılda Anadolu'ya gelinmesiyle beraber kendi kültürlerini de buraya taşımışlardır. 13. yüzyılda taş bezemenin zenginleşmesiyle beraber yassı kabartmalar ve tekstil karakterinde bezemeler dikkat çekmektedir. Anadolu'da cami,

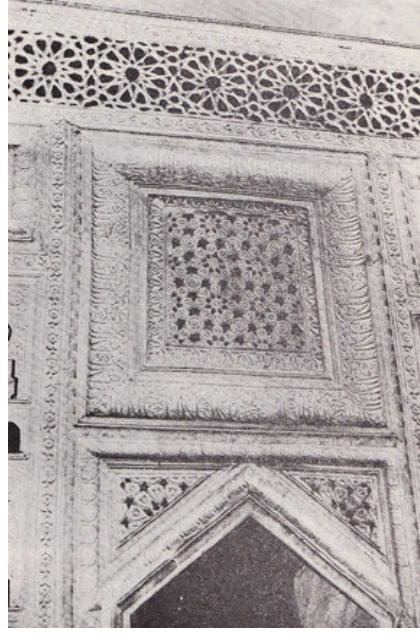
mescit, medrese, kervansaray, türbe gibi çeşitli yapılarda çok çeşitli geometrilerle taş süslemeye rastlanmaktadır. Yapıların portallerinde, geometrik ağlar, köşeli desenler ve kufi yazı temel dekoru meydana getirmektedir. Erken Anadolu örneklerinde ayrıca, dıştan içe doğru silmelerle ayrılan çerçeveler de görülmektedir. İkinci ve üçüncü sırada geniş geometrik bordürler yer almaktadır (Öney, 1992). Anadolu Selçuklu döneminin sonlarına doğru geometrik süsleme ikinci plana geçerek yerini kıvrık dal süslemelerine bırakmıştır. Osmanlı döneminde ise tekrardan eski kullanımına kavuşmuştur (Demiriz, 1979). Anadolu Türk mimarisinde, az da olsa insan ve hayvan figürlerine rastlanmaktadır. Genellikle dış cephelerde gizlenmiş, iç mekanlarda kullanılmıştır. Selçuklu saraylarında ve köşklerinde çini bezemelerinde at, kartal ve insan figürlerinin kullanımı yaygındır. Ancak buralarda da genellikle geometrik bir bezemenin içine yerleştirilerek kullanılmıştır. Yıldız-haç veya sekizgen yıldız şemaları dini yapılardan çok, genellikle sivil mimaride göze çarpmaktadır (Mülayim, 1982). Şekil 3.3, 13.yüzyıla ait Sultan Han'ı göstermektedir.



Şekil 3.3: Konya-Aksaray Sultan Han- 13. yy. (Mülayim, 1982).

Osmanlı Sanatı için, beylik sanatından imparatorluk sanatına geçişi temsil ettiği, coğrafi anlamda doğu-batı arasında geçit olduğu ve ortaçağdan yeniçağa geçiş devrinde yaşadığı için değişme dönemini eserlerine yansıttığı söylenmektedir. Osmanlı sanatında, yeniçağ sanatı olmaya yönelik görünüşünün altında Türk ve İslam sanatının temel prensiplerini de taşıdığı kabul edilmektedir. En önemli özellik olan sonsuzluk, eserlerin çoğunda göze çarpmaktadır. Merkezi süsleme ise daha az kullanılmıştır. Bordür geometrisi ise Anadolu Selçuklu geleneğini sürdürmekte ve sıkça rastlanmaktadır. Daha önceleri, her ne kadar figür kullanımı yasak olarak geçse de az örnekte hayvan ve insan süslemeleri bulunmaktadır. Ancak Osmanlı sanatında,

mimari süslemede dini olmayan yapılar haricinde kesinlikle canlı figür resmedilmemiştir. Erken Osmanlı sanatında stilize çiçek motifleri kullanılırken daha sonraki dönemlerde naturalist bitki dekoru olarak karşımıza çıkmaktadır (Demiriz, 1979). Şekil 3.4'teki Bursa Yıldırım Cami Osmanlı'da kullanılan geometrik süslemelere ve stilize çiçek motiflerine örnektir.



Şekil 3.4: Bursa Yıldırım Cami-14. yy. (Demiriz, 1979).

3.3 İslam Sanatında Kullanılan Malzemeler

Geometrik örüntüler, İslam mimarisinde ağırlıklı olarak tuğla, çini, taş, alçı, stuko ve ahşap malzemelerde dikkat çekmektedir. Ancak İslam sanatında cam, metal, kağıt ve halı üzerinde de geometrik kompozisyonlar sıklıkla kullanılmıştır.

3.3.1 Tuğla

Tuğla malzemesinin kullanımı, Orta Asya'dan başlayarak İran'da görülmekte ve İran'dan da Anadolu'ya gelmektedir. Tuğla, Anadolu'da iki şekilde kullanılır. İlk kullanım yöntemi, tuğla örgüleridir. Bu yöntemde yapısal nitelik ağır basmaktadır. Diğer bir kullanım ise, kesme tuğla kaplamalarıdır (Şekil 3.5). Bu kaplama yöntemi ile özellikle geometrik örgüler yaratılır. Bu tür geometrik örgülerin oluşması için özel tuğlalar hazırlanır. Tuğla, minarelerde, kubbe, kasnak, tonoz ve kemerlerde, mescit ve medrese duvarlarında, portallerinde ve eyvanlarında kullanılan bir malzemedir (Öney, 1992). Aynı zamanda tuğlanın taş ile beraber kullanıldığı ve

yapıların dış yüzeylerinde pencere alınlıklarını süslediği örnekler de bulunmaktadır (Demiriz, 1979).

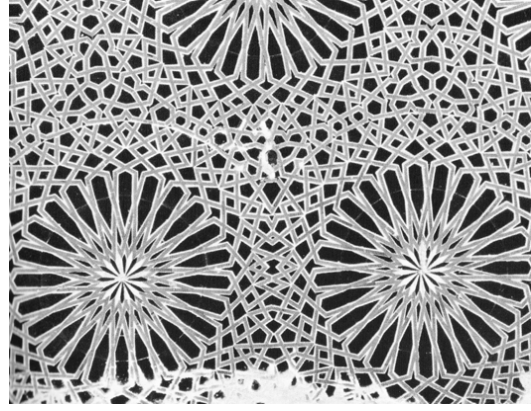


Şekil 3.5: Niksar Kırk Kızlar Türbesi-12.yy sonu (Öney, 1992).

3.3.2 Çini

Yıldız, çokgen ve diğer geometrik biçimlerin vurgusunu ve etkisini arttıran mozaik çini süsleme, aynı tuğla tekniğinde olduğu gibi Anadolu'ya İran'dan gelmiştir. Anadolu'da genellikle binaların iç yüzeylerinde kullanılan çini süsleme (Şekil 3.6), ağırlıklı olarak firuze, lacivert ve mor renklerde karşımıza çıkmaktadır (Mülayim, 1982). Çini kullanımından önce, 9.yüzyılda Çin'den porselenin İslam dünyasına gelişiyle birlikte Çin porselenlerine benzer çalışmalar yapılmaya başlanmıştır Bu dönemde İslam dünyasında farklı teknikler kullanılmaktaydı. Slip tekniği olarak adlandırılan yöntemde; seramikler biçim verilip fırınlandıktan sonra desenler kalın bir şekilde astar boyası olan beyaz slip maddesi ile boyanmaktadır. Bu yöntem ağırlıklı olarak Irak ve Mısır'daki seramik çalışmalarında görülmektedir (Wilson, 1988). Diğer yöntem olan sıraltı tekniğinde, seramikler çoğunlukla koyu mavi, mor, firuze ve siyah renklerde boyanıp üzerine şeffaf ve renksiz sır sürüldükten sonra fırınlanır. Sıraltı tekniği, çoğunlukla Anadolu'da, Selçuklu dönemi eserlerinde görülmektedir Üçüncü bir teknik olan lüster tekniğinde, fırınlanmış, mat beyaz sırlı çini üstüne lüster veya perdah da denilen gümüş veya bakır oksitli bir karışım ile

desen işlenmekte ve tekrardan fırınlanmaktadır. Bu teknikle yapılan çini ve seramik örnekleri, 9. yüzyılda Irak bölgesinde görülmekte, daha sonraları Mısır'da ve İran'da Büyük Selçuklu sanatında çok gelişmektedir (Öney, 1992).



Şekil 3.6: Konya Karatay Medresesi çini tavan süslemesi-13. yy (Burckhardt, 2005).

3.3.3 Taş

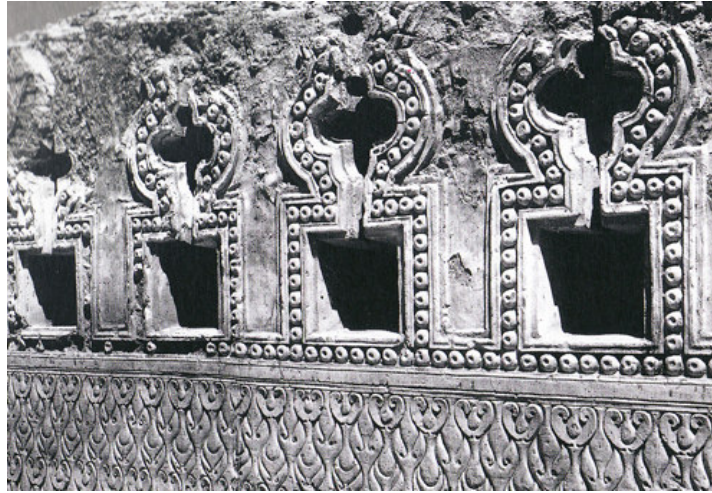
Taş, tuğlada olduğu gibi belirli kalıplarla sınırlı kalmadan daha serbest bir çalışma alanı sağlamaktadır. Önceleri tuğla tekniğinin motifleri taşa geçirilmiş olup zaman içerisinde taş üzerinde, farklı ve çeşitli geometri çalışmaları gerçekleştirilmiş ve geliştirilmiştir. Taş, İran ve Orta Asya sanatının uzak olduğu, ancak Anadolu'da sıklıkla kullanılan bir malzemedir. (Mülayim, 1982). Taş süsleme, Şekil 3.7'de görüldüğü gibi, portallerde, minare, mihrap, minber, konsol, kemer, eyvan, profil, pencere kenarları, tonozlar ve sütun başlıklarında kullanılmıştır (Öney, 1992).



Şekil 3.7: Kayseri-Sivas Sultan Han-13.yy (Mülayim, 1982).

3.3.4 Alçı ve stuko

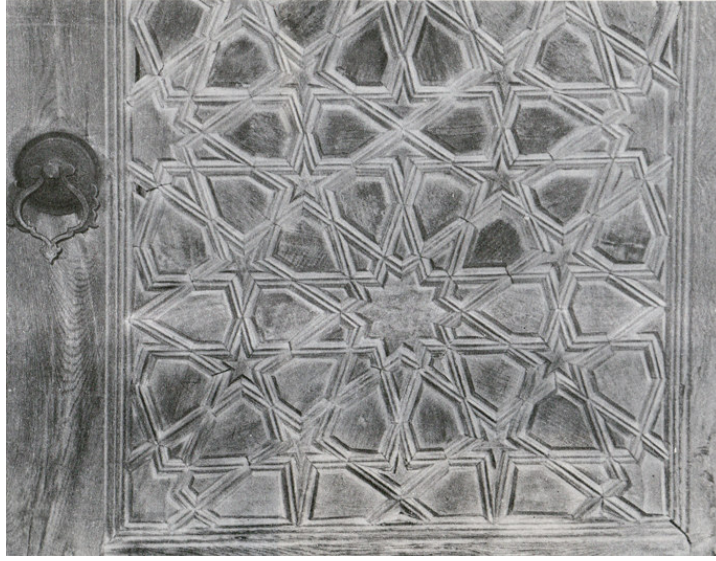
Alçı ve stuko ile süsleme, Türkler'in Anadolu'ya gelişleri ile birlikte getirdikleri bir tekniktir. Anadolu'da taş bol olduğundan dolayı alçı kullanımına gerek kalmıyordu. Oysa taşın yapı malzemesi olarak kullanılmadığı Orta Asya ve İran'ın çeşitli bölgelerinde alçı ve stuko malzemesine rastlanmaktadır. Alçı, özellikle erken İslam sanatında, sivil mimaride kullanılan önemli bir malzemedir. Şekil 3.8'deki örnekte olduğu gibi, 9. yüzyılda Samarra şehrinde gelişen Abbasi devri alçı üslubunun etkileri yüzyıllar boyunca geniş alanlara yayılmıştır (Öney, 1992). Osmanlı sanatında, alçı, taş işçiliğiyle birlikte iç süslemede oldukça sık kullanılmıştır (Demiriz, 1979). Anadolu'da en çok gelişen alçı tekniği, geometrik kompozisyonlarda zemini doldurarak ayrı bir renk unsuru meydana getiren uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır (Mülayim, 1982).



Şekil 3.8: Samarra stuko duvar detayı- 9. yy. (Hattenstein, Delius, 2000).

3.3.5 Ahşap

Anadolu'ya Selçuklular döneminde gelen ahşap işçiliği, 12. ve 13. yüzyıllarda en yüksek düzeyine ulaşmış, Osmanlı döneminde farklı malzemelerle birlikte geometrik kompozisyonlarda kullanılmıştır. Anadolu'daki İslami geometrilerin sıklıkla uygulandığı bir diğer malzeme olan ahşap, yapıların kolon, kiriş, minber ve Şekil 3.9'da görüldüğü gibi kapılarında ağırlıklı olarak kullanılmıştır (Mülayim, 1982). Ahşap işçiliğinde en yaygın kullanılan teknikler, oyma, kabartma ve kakma (kündekari) olarak karşımıza çıkmaktadır (Öney, 1992).



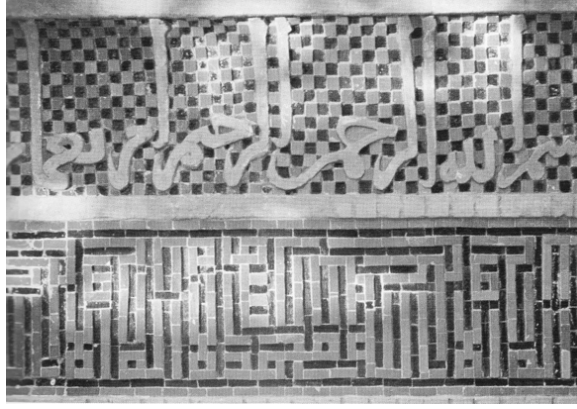
Şekil 3.9: Edirne Üç Şerefeli Cami ahşap kapı kanadı-15.yy (Mülayim, 1982).

3.4 İslami Süslemelerin Kullanıldıkları Alanlar

3.4.1 Güzel yazı sanatı

İslamiyet öncesinde Araplar, sözlü geleneğe daha bağlı olduklarından Arapça yazı, diğer birçok yazı sistemine göre çok daha geç gelişmiş ve kendini geç göstermiştir. Önceleri Kur'an'ın yayılması da sözlü olarak gerçekleşmiş, ancak yıllar içinde yazıya aktarılmıştır. Buna rağmen Arapça yazı kısa zamanda, hızlı ve etkileyici bir şekilde gelişmiş ve yayılmıştır. İslam'ın ilk yüzyıllarından itibaren iki yazı üslubu kullanılmıştır. Bunlardan biri, adını Emeviler döneminin kültür merkezi olan Kufe şehrinde alan kufi yazıdır. Diğeri ise çeşitli akıcı formlara sahip el yazısı türü olan Neshi üsluptur. Kufi yazı çoğunlukla Kur'an hattında kullanılmış ve mimari bezemede değişik şekilleri geliştirilmiştir. Köşeli Kufi tuğla işçiliğinde kullanılırken çiçekli veya yapraklı Kufi, kitap süsleme sanatında kullanılmıştır (Burckhardt, 2005). Hüsn-ü hat, gerek İslam dininde olsun gerekse İslam sanatında, oldukça önemli bir yere sahiptir. İslam dini dışında hiçbir başka dinde ya da uygarlıkta örüntüye ve simetriye bu kadar derin değer verilmemiştir. Aynı şekilde, başka hiçbir din, kelimenin kutsallığına bu kadar saygı duymamıştır. Dolayısıyla, hat sanatı için, İslam sanatının tacındaki mücevher olduğu söylenmektedir. Bu özelliğe bağlı olarak Arap yazısından gelen eğrisel ve doğrusal çizgilerin birbirine geçtiği motiflerden de bahsetmek mümkündür. Bu motifler, İslam sanatının karakteristik özelliklerinden birini oluşturmaktadır (Abas, Salman, 1998). Yazının kendisi, kufi bezemelerde

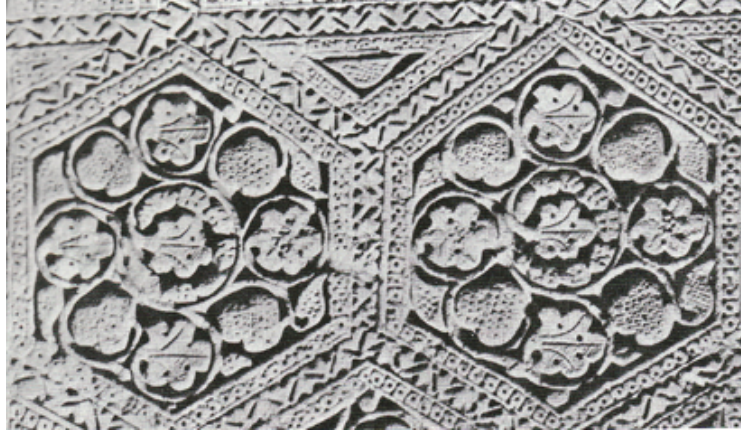
olduğu gibi geometrik bir ifade sunabilmekte, bazı örneklerde de yazının kolları düğümlerle son bulmaktadır (Mülayim, 1982). Şekil 3.10'da, neshi ve köşeli kufi yazının birarada kullanıldığı bir örnek görülmektedir.



Şekil 3.10: İran-Neshi ve köşeli Kufi yazı örnekleri-14.yy (Burckhardt, 2005).

3.4.2 Arabesk

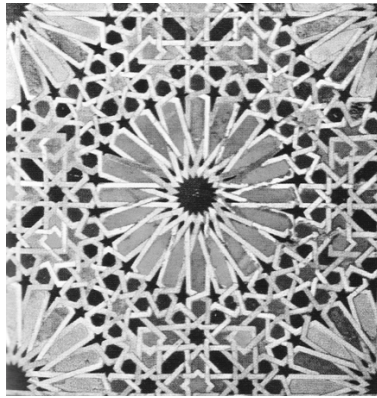
Diğer sanat dalı olan arabesk genel anlamıyla, stilize edilmiş bitki şekillerinin oluşturduğu süslemeyi ve katı geometrik ölçülerle yapılan girift bezemeyi ifade eder. Arabesk bezemede, İslam'ın sanatsal anlamının iki ucundan bahsedilmektedir; *ritim duygusu ve geometri ruhu*. Arabesk kompozisyonda simetri olma zorunluluğu bulunmamaktadır. Ancak simetrinin eksikliğini, ritmi vurgulamak açısından yapılan tekrarlar doldurmaktadır. Dolayısıyla, bitki motiflerinin uygulandığı yüzeylerde ana motifin tekrarına sıkça rastlanmaktadır (Burckhardt, 2005). Ancak arabesk motifler için Hellenistik naturalizmin simetrik formları olduğu da söylenmektedir (Mülayim 1982). Şekil 3.11'de de görüldüğü gibi, ağırlıklı olarak palmetler, yarım palmetler, asma yaprakları, üzüm salkımları ve gül motifleri kullanılmış olup klasik ve erken Bizans, Sasani, Orta Asya ve Hint bezemelerindeki hemen hemen tüm bitki motifleri de en az bir kez İslam sanatında yinelenmiştir (Grabar, 2004).



Şekil 3.11: Samarra asma motifli duvar süslemesi (Burckhardt, 2005).

3.4.3 Geometrik bezeme

İslam sanatında gelişen bir diğer bezeme türü ise geometrik bezemelerdir. Birbirine benzeyen nitelikteki farklı desenler, birbirine geçerek bir veya birçok merkezden yayılan çizgilerden sürekli olarak uzayıp giden bir ağ oluştururlar. En çok kullanılan kalıplar; bir dairenin altı, sekiz ve beşe bölünmesi sonucu oluşan kalıplardır. Bunlar dışında yedili, dokuzlu, onbirli, onikili ve yirmidörtlü yıldızlar da bulunmaktadır. Yarıçaptan geldiği için en organik olan formun altılı bölme olduğu kabul edilmiştir. Sekiz bölmeli geometri ise bolluğu simgelemektedir. İki kareden oluşan bir açılım olarak görürsek kare haline getirilmiş dairenin tezatını vurgulayan bir kalıptır. Dairenin beşe ve altıya bölünmesinde parçanın bütünle olan en mükemmel birleşimi olan Altın Oran'ın kullanıldığı kabul edilmektedir. Kompozisyonu oluşturan temel öge olan daire, kural olarak bezemede görünmez. Dairenin gizlenmesi, doğrusal çizgilerden oluşan girift bezemenin daha güçlü bir bütün olarak algılanmasını sağlamaktadır (Burckhardt, 2005).



Şekil 3.12: Fas Bedi Sarayı geometrik süsleme (Burckhardt, 2005).

İslam geometrilerinin en karakteristik özelliği, Şekil 3.12’de de görüldüğü gibi yıldızlara ve takımyıldızlarına benzeyen simetrik şekillerdir (Abas, Salman, 1998).

Bir diğer özellik de; örüntüyü oluşturan doğrusal çizgilerin birbirine geçerek bütünü meydana getirmeleridir. Birbirine karışan bu elemanlar, Orta Asya Türkleri’nin, Arap, Pers ve Moğollar’ın çadır yaşantısını, halı dokumacılığını ve Müslüman toplumunun genel yaşantısını yansıtmaktadır (Abas, Salman, 1998). İslami geometrilerin en göze çarpan özelliği de, sonsuz ve sınırsız geometriler barındırmasıdır. Sonsuzluk, İslam bezemelerinde en geçerli prensiptir (Demiriz, 2004). Çeşitlilik de bir diğer önemli unsurdur (Rice, 1984).

Geometrik süslemeler, İslam sanatının erken zamanlarından itibaren kullanılan ve Anadolu’ya 11. yüzyılda gelen kompozisyonlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Selçuk Mülâyim, kitabında geometrik kompozisyonların kullanımının bu kadar sık oluşunu açıklayan farklı teorilerden bahsetmektedir. Bunlardan ilki, daha çok şekillerin anlamlarına önem veren, dini, felsefi, sembolik, siyasi ve dünya görüşü bağlamında açıklamaya çalışan bir teoridir. Bir diğer teori ise geometrileri matematiksel anlamda inceleyen materyalist bir yaklaşımdır (Mülâyim, 1982).

Geometrik şekillerin anlamını açıklayan görüşlerden bazıları, sembolizm, totem, büyü gibi ritüellerle ve İslam felsefesiyle ilgilidir. Sembolizme inananlar, şekillerin özel kuvvetler taşıdığı görüşünde olup geometrik şekillere ilkel büyü ve sihir sisteminde bakmaktadırlar. Orta Asya’daki, eski Türk tamgalarını anımsatan tuğla motiflerinin, fal temsili ve kozmolojik alametlere işaret olduklarına inananlar da bulunmaktadır. Karahanlılar döneminde, süsleyici özelliğe sahip olduğu görülen geometrilerin bazı olağanüstü olaylara dikkat çeken semboller olduğu da kabul edilmektedir. İslami devir Türk süslemesinde görülen yıldızların, İslam öncesine kadar uzanan bir inanç sisteminin ürünü olduğu, İslami inanç ve felsefesine bağlı kompozisyonları çağrıştırdıkları da söylenmektedir. Daha önce de bahsedilen, canlı varlıkların yasağına olan inanç ve kabul, geometrik kompozisyonların tercih edilmesinin önemli bir nedeni olarak birçok araştırmacı tarafından kabul edilmektedir. Bu araştırmacılar da, geometrik şekillerin dini inanç ve felsefi düşünceleri ifade ettiğini savunmakta, bu kompozisyonları “Allah ve insan bütündür.” ve “Hayat ve evren ritmik bir düzen içindedir.” inancına bağlamaktadırlar (Mülâyim, 1982).

Diğer teoride, geometriler, matematiksel olarak madde ve malzemeye dayalı olarak açıklanmaktadır. Bir kısım bilim adamı, tabiatı ve insanı taklit etmekten yola çıkılarak geometrik süslemelerin yapıldığını söylemektedir. Sepet örgüsünün taklit edilmesi, tuğla bloklarla oluşan derzlerin geometri meydana getirmesi gibi sebeplerle geometrik bezemenin başladığını düşünmektedirler. Ayrıca, kullanılan tuğla malzemesinin belli ölçü standartlarına bağlı kalınması dolayısıyla oluşan belli kompozisyonlar ve daha sonraları onların gelişmesi sonucu elde edilen türevleri de malzemeye dayalı sebeplere dahil olmaktadır. Geometrik kompozisyonları, tabiatta bulunan kristallerin ve kar tanelerinin iç yapısına benzeten, moleküllerin üçlü, dörtlü ve altılı akslarından esinlenildiğini savunan maddeci görüşler de bulunmaktadır (Mülayim, 1982).

Geometrik kompozisyonların meydana gelmesi, temel biçimin, belirli bir noktaya veya eksene göre kaydırılması, kopyalanması, belirli bir eksenle yansıtılması ile gerçekleşmektedir. Selçuk Mülayim, geometrik kompozisyonların oluşumlarını açıklayan kurallar dizisinin bulunmadığından, ancak tüm bu kompozisyonların tekrardan çizilebilmesi için birbirini dik kesen çizgilerden oluşan bir koordinat sisteminin kullanıldığını söz etmektedir (Mülayim, 1982).

3.5 İslam Sanatında Geometrik Kompozisyonlar

3.5.1 İslami geometriler

Önceki bölümde, İslami süslemelerin kullanıldıkları alanlardan detaylı olarak bahsedilmiştir. İslami geometriler de, aynı başlıklar altında incelenmektedir. Kufi geometriler, arabesk geometriler ve kompleks çokgen geometriler olmak üzere 3 sınıfta ele alınmaktadır:

- İlk olarak göze çarpan Kufi geometrilerin kullanıldığı süslemelerdir. Bu örüntüler dikdörtgenlerden ve karelerden oluşmaktadır ve çoğunlukla mimari yapıların yüzeylerine değer ve ihtişam eklemek amacıyla kullanılmaktadırlar.
- Diğer belirgin bir örüntü tipi de arabesk desenlerdir. Bu örüntüler ağırlıklı olarak eğrisel çizgilerden, yaprak ve çiçek motiflerinden oluşmaktadır. Birbirine geçen, dalgalı görünümde ve yekpare bir devamlılığı olan bu örüntülerde ritim, dikkat çeken bir özelliktir.

- İslam sanat ve mimarisinde, en çok karşılaşılan örüntü tipi de kompleks çokgenlerden oluşan geometrilerdir. Doldurulmuş mekan (doldurma) örüntüleri olarak kullanılan bu geometriler, temel bir biçimin kendini sürekli kopyalayarak sonsuz düzende tekrar etmesiyle meydana gelmektedirler (Abas, Salman, 1998).

3.5.2 Geometrik kompozisyonlarda bölge farklılıkları

İslami bezemeler daha çok geometrik düzenlemelerden oluşmaktadır. İslami geometriler, hem bezemelerde hem de mimaride bölgesel ve yöresel özellikler göstermektedir. Anadolu'daki geometriler, İran, Kudüs, Mısır ve İspanya'dakilerden farklıdır (Kılıçkan, 2002).

Aynı zaman diliminde yapılan eserlerdeki geometri farklılıkları, bölgelerin üslup özellikleriyle ve o bölgenin tarihi geçmişi ile açıklamak mümkündür. 11. yüzyıldan itibaren geometrik süslemeye zenginliğini veren elemanlar tek kaynaktan yola çıkmamaktadır. Örneğin, Ermeni ve Kafkas taş işçileri, güneydeki Zengi sanatının uzantıları, aynı zamanda İran Büyük Selçuklularının geleneksel tuğla teknikleri bu zenginliği ve çeşitliliği sağlayan kaynaklardan birkaçıdır (Mülayim, 1982). Bunun yanı sıra motiflerin ve geometrilerin birbirinden kopuk olmadığı, güçlü benzer çizgiler taşıdıkları ve aynı kültüre ait olduğuna dair izlere de rastlanmaktadır. Bunun en büyük sebebi ise, islamiyetin tek bir merkeze değil birçok farklı merkeze yayılmış olmasıdır (Wilson, 1988).

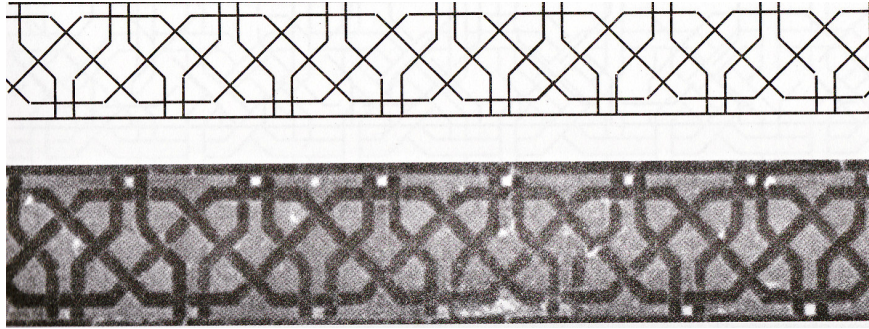
3.5.3 Geometrik kompozisyonların oluşumları

Yıldız Demiriz, İslam süslemesinin envanter çalışmasını yaparken geometrileri, sonsuz desenler, bordürler ve madalyonlar olarak 3 ana başlıkta değerlendirmektedir. Sonsuz desenler, düzgün çokgenleri, çoklu yıldız kompozisyonlarını; bordürler, doğrusal olarak oluşan geçmeleri, zencirekleri zikzakları ve meanderleri; madalyonlar ise sonsuz bir bütünün kapalı geometrilerini barındırmaktadırlar (Demiriz, 1979). Selçuk Mülayim ise İslami bezemeleri 2 ana grupta ele almaktadır. İlki, çizgi sistemlerinden gelişen kompozisyonlar; ikincisi ise kapalı şekil geçmeleri olarak değerlendirilmektedir (Mülayim, 1982). Bu şekilde değerlendirildiğinde çizgisel kompozisyonlar, bordürleri, kapalı şekiller ise sonsuz desenler, çoklu yıldızlar ve düzgün çokgenleri kapsamaktadır.

Bu çalışmada, İslami örüntüler iki ana başlıkta incelenmektedir. Bunlardan ilki, doğrusal gelişen kompozisyonlar olup bordür, zikzak, meander ve zencirek geometriler alt başlığında detaylandırılmaktadır. İkinci ana başlık, merkezi sistemde gelişen kompozisyonlar olup sonsuz desenler, çoklu yıldızlar ve düzgün çokgenler olarak ele alınmaktadır.

3.5.3.1 Doğrusal gelişen kompozisyonlar

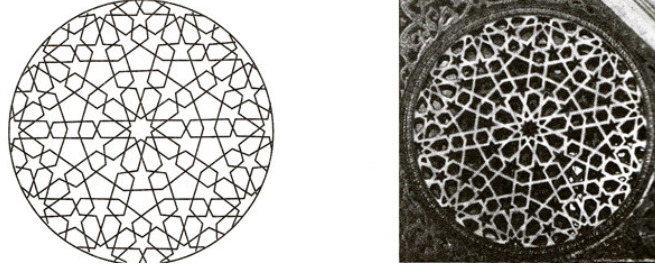
Çizgi sisteminde gelişen kompozisyonlarda da sonsuzluk, tekrar ve simetri özellikleri göze çarpmaktadır. Birbirini dik veya çapraz açıyla kesen doğrular, “V” şeklinde kırılmalar yapan çizgiler ve zikzak biçimler bu kategoride incelenmektedir (Şekil 3.13). Bordür geometrilerde kullanılan kompozisyonların, çokgen ve yıldız geometrileri, hasır örgüleri, eğrisel formları ve bitki motiflerini de barındırdığı örneklere sıkça rastlanmaktadır (Mülayim, 1982).



Şekil 3.13: Konya Karatay Medresesi bordür geometrisi (Demiriz, 2004).

3.5.3.2 Merkezi gelişen kompozisyonlar

İslam sanatında kullanılan örüntüler, sadece çizgisel olarak meydana gelmemektedirler. Hatta çok daha sıkça kapalı örüntüler kullanılmaktadır. Bu kompozisyonlarda da sonsuz ve simetrik karakterde örüntüler oluşmaktadır. Kapalı şekiller sadece düzgün çokgenlerden ve çoklu yıldızlardan oluşmamakta, madalyon adı verilen karma geometrileri de barındırmaktadır (Şekil 3.14). Madalyonlar, çokgenler ve çoklu yıldızlar her ne kadar merkezi kompozisyon olarak kabul edilseler de aynı zamanda sonsuz bir düzenin parçalarıdır. Herbirinin tekrarlanması ile yüzey süslemesi elde edilmektedir. Dolayısıyla herbiri sonsuz desen olarak da incelenebilmektedir (Mülayim, 1982).

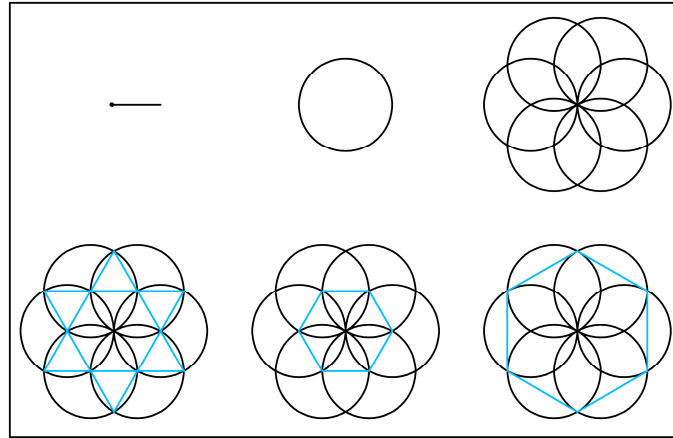


Şekil 3.14: İstanbul Yeni Valide Cami madalyon minber süslemesi (Demiriz, 2004).

3.6 Çok Kollu Yıldız Geometrileri

Çok kollu yıldız geometrileri, merkezi gelişen kompozisyonlardır ve kapalı şekil olarak kabul edilmektedir. Bu geometriler, düzgün çokgenlerden meydana gelen çoklu yıldız örüntüleri olarak ele alınmaktadır.

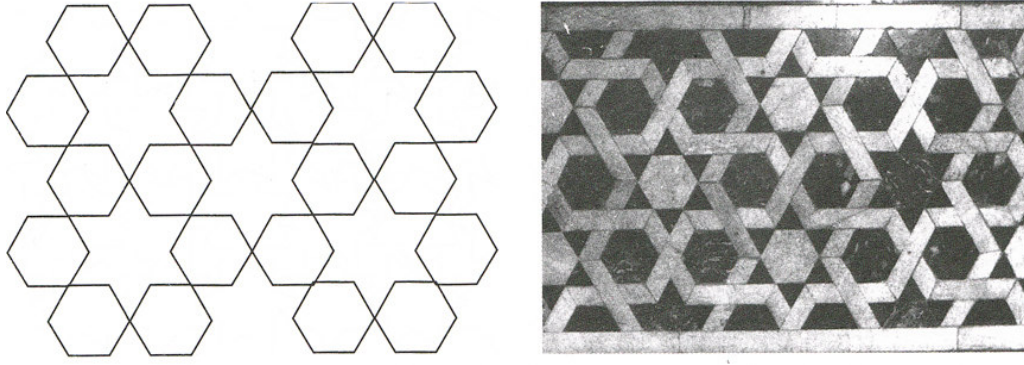
3.6.1 Altıgen ve 6-kollu yıldızlar



Şekil 3.15: Altıgen oluşum biçimleri (Critchlow, 1995).

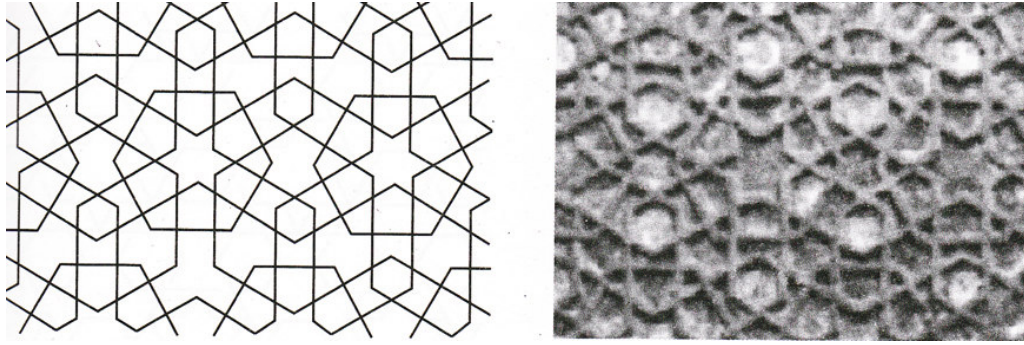
Altıgen, İslami geometriler arasında en sık kullanılan temel biçimler arasındadır. Altıgen elde etmek için kullanılan geometri, birliğin sembolü olan çemberdir. 1 birim yarıçapında bir çember çizilir. Bu çember, merkezine dik gelen teğet noktası etrafında altı kez kopyalanarak Şekil 3.15'te görülen çiçeği andıran biçim elde edilir.

Dıştaki yaprakların, içten birleşimi ile birbirinin içine geçen iki adet eşkenar üçgen elde edilir. Böylece hem 6 köşeli yıldız hem de düzgün altıgen biçimleri çizilmiş olmaktadır. Bir başka yöntem ise yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi içteki küçük yaprakların dıştan birleşimi ile ya da dıştaki yaprakların dıştan birleşimi ile düzgün altıgen elde edilmesidir (Critchlow, 1995).



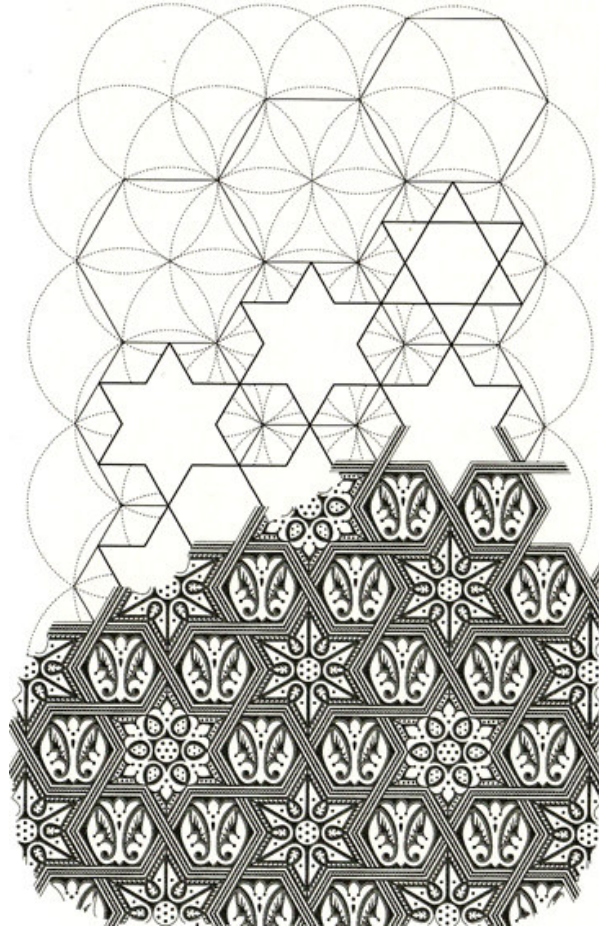
Şekil 3.16: Altıgen ve altı köşeli yıldız örneği (Demiriz , 2004).

Yukarıdaki şekil (Şekil 3.16) altıgenin ve altı köşeli yıldızın en sık kullanıldığı kompozisyon örneğidir. Bursa Yeşil Camii, Divriği Ulu Cami, Edirne Selimiye Cami ve Üç Şerefeli Cami, İstanbul Mihrimah Cami, Sokollu Cam, ve Şehzade Cami, Kahire El-Boraynı Mescidi ve Kalavun Maristanı altılı petek örüntünün kullanıldığı yapılara örnek olarak sayılmaktadır (Demiriz, 2004).



Şekil 3.17: Altıgen örüntü (Demiriz, 2004).

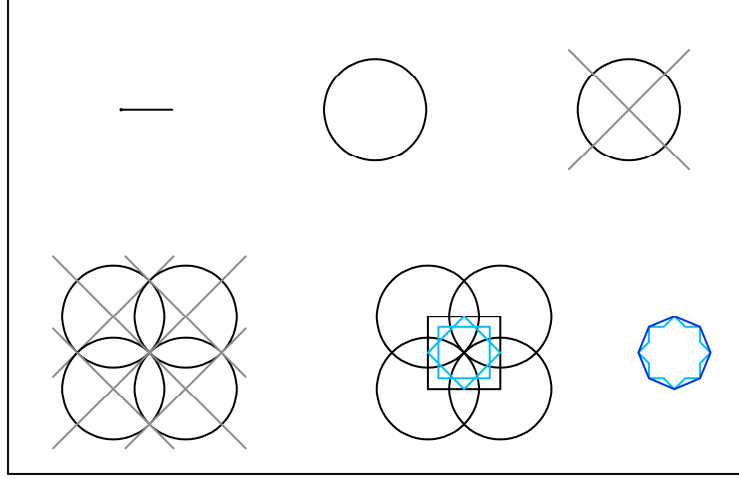
Yukarıdaki ikinci örnek (Şekil 3.17) ise çok sık karşılaşılan bir örüntü olmamasına rağmen kompozisyonda düzgün altıgen, 6 köşeli yıldız, 6 kollu yıldız, papyon, Penrose uçurtması ve beşgen biçimlerini içerdiğinden dolayı önemli bir örnektir. Amasya Beyazıt Paşa Camii, Ağzıkara Han ve Leşgeri Pazar Sarayı'nda kullanılmıştır (Demiriz, 2004). Papyon ve Penrose uçurtması biçimleri ile ilgili detaylı bilgi “beşgenler ve ongenler” alt bölümünde verilmektedir. Şekil 3.18’de çemberden düzgün altıgene ve 6 köşeli yıldız geometrisine geçiş görülmektedir.



Şekil 3.18: Altıgenin çemberden kompozisyona geçişi (Sutton, 2007).

Her biçim, bir noktadan başlamaktadır. Nokta, geometrik olarak 1 ile gösterilmektedir. 1 rakamı, başlangıçsal Bir'i ve bir ikincisi olmayan ilahinin simgesi olarak kabul edilmektedir. İslamiyet'teki "Tanrı'dan başka Tanrı, ilah yoktur." inanışında 1 rakamı ve Bir olma durumu söz konusudur (Schimmel, 2000). Birbirini kesen iki eşkenar üçgenin oluşturduğu biçim, İslam dininde Hz. Süleyman'ın mühürünü sembolize etmektedir. 6 rakamı ise, Tanrı'nın evreni 6 günde yarattığının sembolü olarak kullanılmaktadır (Sutton, 2007). Ayrıca üç büyük din tarafından kabul gören bir inanış da, 6 köşeli yıldızın kusursuzluğun sembolü olduğudur (Critchlow, 1995).

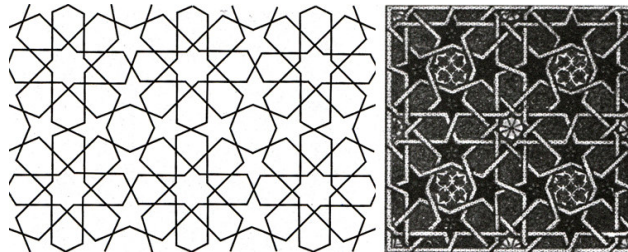
3.6.2 Sekizgen ve 8-kollu yıldızlar



Şekil 3.19: Sekizgen ve 8 köşeli yıldız oluşumu (Critchlow, 1995).

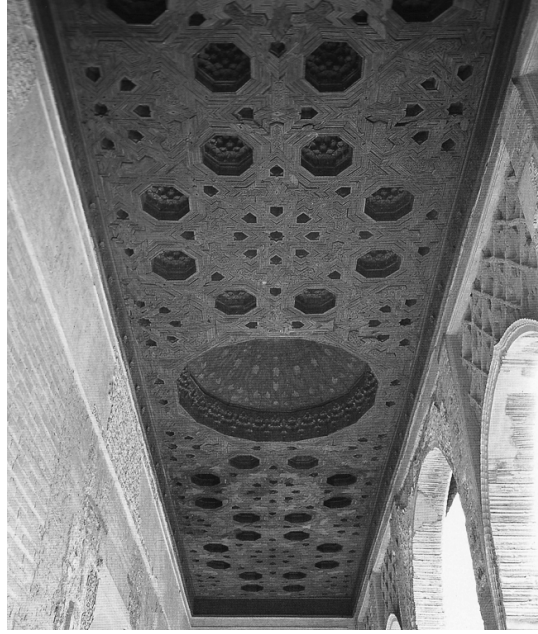
Sekizgen elde etmek için (Şekil 3.19), aynı altıgende olduğu gibi bir çember kullanılmaktadır. Çizilen çember merkezden geçen ve birbirine 90° ’lik açı yaparak birbirini kesen iki doğru ile dörde bölünmektedir. Doğrunun çember ile kesiştiği noktaya, karşı kesişim noktası gelecek şekilde çemberler 4 kez kopyalanarak çoğaltılmaktadır. Böylece önceki örnekte olduğu gibi 4 yapraklı çiçeğe benzer bir form elde edilmektedir. Ardından 4 çemberin merkezleri, köşe noktaları kabul edilen bir kare çizilmekte ve karenin kenarlarının orta noktaları köşeleri kabul edilen ikinci bir kare daha oluşturulmaktadır. Elde edilen ikinci kare 45° döndürülerek kendi merkezinde kopyalanmakta ve böylece 8 köşeli yıldız elde edilmektedir. 8 köşeli yıldızın köşeleri birleştirildiğinde ise düzgün sekizgen biçimi meydana gelmektedir.

Aynı Hz. Süleyman’ın Mühürü olarak kabul edilen öçgenlerin birleşiminde olduğu gibi buradaki örnekte de kareler birbirini keserek biraraya gelmektedirler. 8 köşeli yıldız yanyana gelerek sonsuza kadar çoğalmakta ve aralarında haç geometrisini oluşturmaktadır (Sutton, 2007).



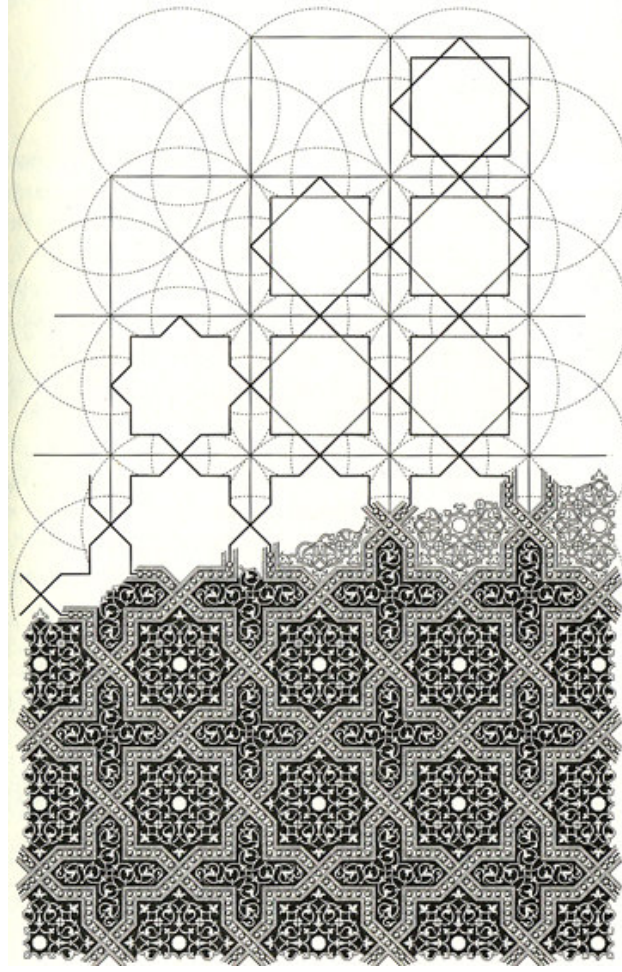
Şekil 3.20: 8 kollu yıldız örneği (Demiriz, 2004).

Sekiz kollu yıldızın kullanıldığı en bilinen örnek Şekil 3.20’deki gibidir. Yukarıda görünen kompozisyon, sekiz kollu yıldızın kullanıldığı, kolların arasında düzgün sekizgen ve 5 köşeli yıldız oluştuğu bir örnektir. Diğer çok kollu yıldızlarda da görüldüğü gibi, Penrose uçurtma geometrisi burada da görülmektedir. Aksaray Ulu Cami, Bursa Yeşil Cami, Bursa Yeşil Türbe, Edirne Selimiye Cami, İstanbul Şehzade Cami, Kayseri Döner Kümbet, Konya Alaeddin Cami, Sivas Gök Medrese yukarıdaki örüntünün kullanıldığı yapılardan bazılarıdır (Demiriz, 2004).



Şekil 3.21: Elhamra Sarayı Galerisi Tavan Süslemesi (Hattstein, Delius, 2000).

Elhamra Sarayı, İslami süslemelerin özellikle geometrik örüntülerin hemen hemen tüm örneklerinin görülebileceği bir yapıdır. Yukarıdaki şekil (Şekil 3.21), Elhamra Sarayı’nın galerisindeki tavan süslemesini göstermektedir. Buradaki süsleme, düzgün sekizgenlerden ve merkezlerinde 8 kollu yıldız geometrisinden meydana gelmektedir. Ortadaki kubbe ise düzgün onaltıgenlerden oluşmaktadır. Şekil 3.21’de görülen tavan süslemesi, sekizgen ve sekiz kollu geometrik süslemelerin birarada olduğu bir örnektir.

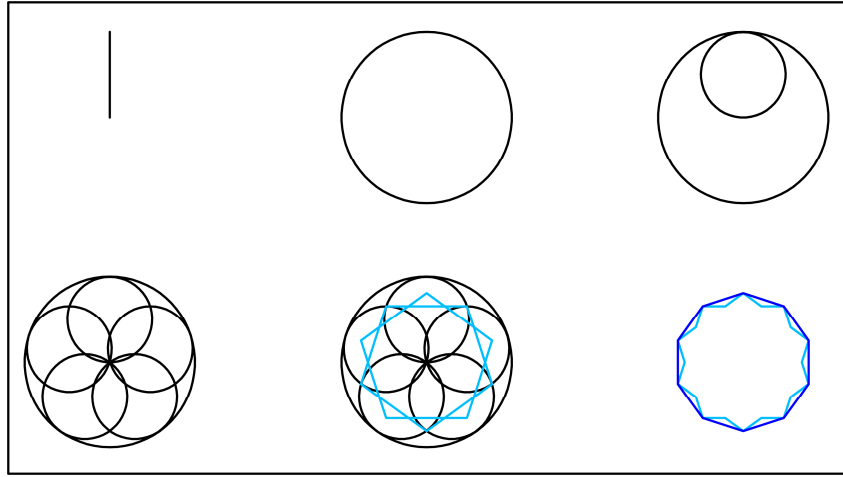


Şekil 3.22: Çemberden 8 köşeli yıldız geometrisine geçiş (Sutton, 2007).

Yukarıdaki örüntü (Şekil 3.22), mistik anlamda şevkatin nefesini (*The Breath of the Compassionate*) sembolize etmektedir. Şevkatin nefesi, yaratılışın en temeli olarak kabul edilen ve evrendeki 4 elementin –hava, su, toprak, ateş- olanaklarını serbest bırakan İlahi nefesi simgelemektedir (Sutton, 2007). Bunların dışında 8 rakamı, İslam inancına göre varolan cennet sayısının sembolü olarak kabul edilmektedir. Ayrıca yine İslam mitolojisinde 8 cennet inancının dışında, Kutsal Taht'ı taşımakla görevlendirilmiş 8 melek olduğuna inanılmaktadır (Scimmel, 2000).

8 köşeli yıldız geometrisinin dışında sıklıkla kullanılan bir diğer geometri de 8 kollu yıldız geometrisidir. 8 kollu yıldız geometrisinin oluşum kuralları bir sonraki bölümde detaylı olarak incelenmektedir.

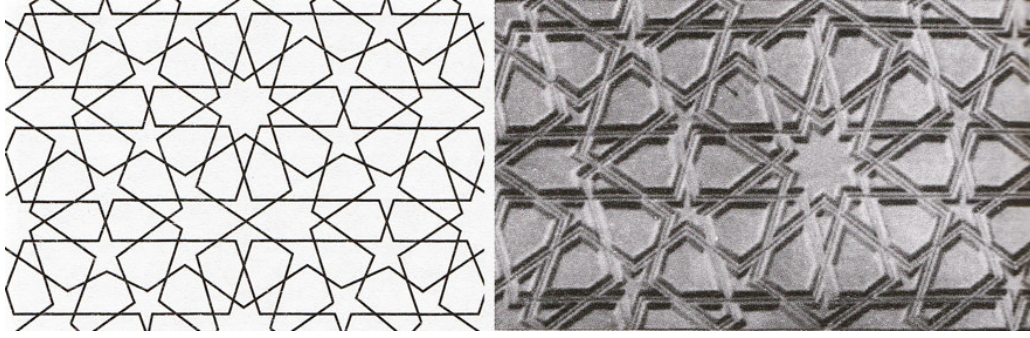
3.6.3 Ongen ve 10-kollu yıldızlar



Şekil 3.23: 10 köşeli yıldızın ve düzgün ongenin meydana geliş (Critchlow, 1995).

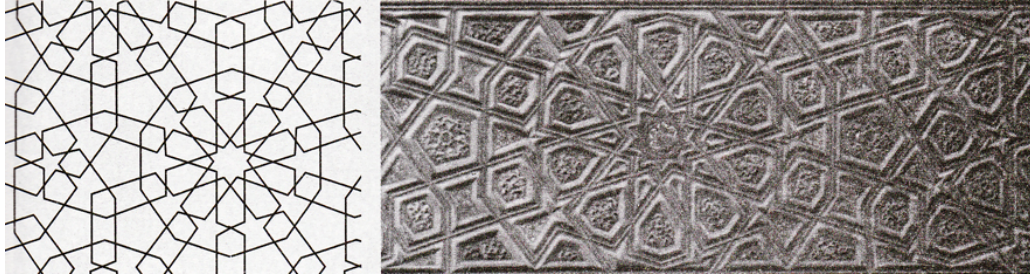
Yukarıdaki şekil (Şekil 3.23), 10 köşeli yıldızın ve düzgün ongenin meydana geliş aşamalarını geometrik olarak göstermektedir. 1 birim yarıçaplı çemberin içine, 1 birim çaplı bir çember çizilmekte ve büyük çemberin merkezi etrafında beş defa kopyalanmaktadır. İçteki çemberlerin kesişim noktaları birleştirilerek beşgen elde edilmektedir. Elde edilen beşgen, çemberin merkezinden yansıma simetrisi alınarak çoğaldığında, 6 köşeli ve 8 köşeli yıldızlarda olduğu gibi birbirinin içine geçmiş, ortak merkezli iki düzgün beşgen meydana gelmektedir. Böylece 10 köşeli yıldız elde edilmekte ve yıldızın köşelerinin birleşimi ile düzgün ongen oluşmaktadır. Düzgün ongenler, İslami geometrik örüntü sisteminde özel bir duruma sahip olduklarından detaylı olarak sonraki bölümlerde ele alınacaktır.

10 kollu yıldızlar ise, merkezinde 10 köşeli yıldızdan meydana gelen ve İslam geometrik kompozisyonlarında sıklıkla kullanılan rozet geometrileridir. 10 kollu yıldızlar, 10 köşeli yıldızlardan gelişen kurallar doğrultusunda meydana gelmektedir. Bir sonraki bölümde, biçimsel analizleri yapılarak kuralları ve oluşum yapısı detaylı olarak sunulmaktadır.



Şekil 3.24: 10 kollu yıldız örneği (Demiriz, 2004).

Şekil 3.24'te görülen örnek ise, Aksaray Ulucami, Afganistan Bist Kalesi, Karatay Hanı, Kudüs Aksa Cami ve Salamanca Santa Isabel Manastırı'nda kullanılmış olan 10 kollu yıldızların sonsuz düzende biraraya geldiği geometrik bir örüntüdür (Demiriz, 2004).



Şekil 3.25: 10 kollu yıldız örneği (Demiriz, 2004).

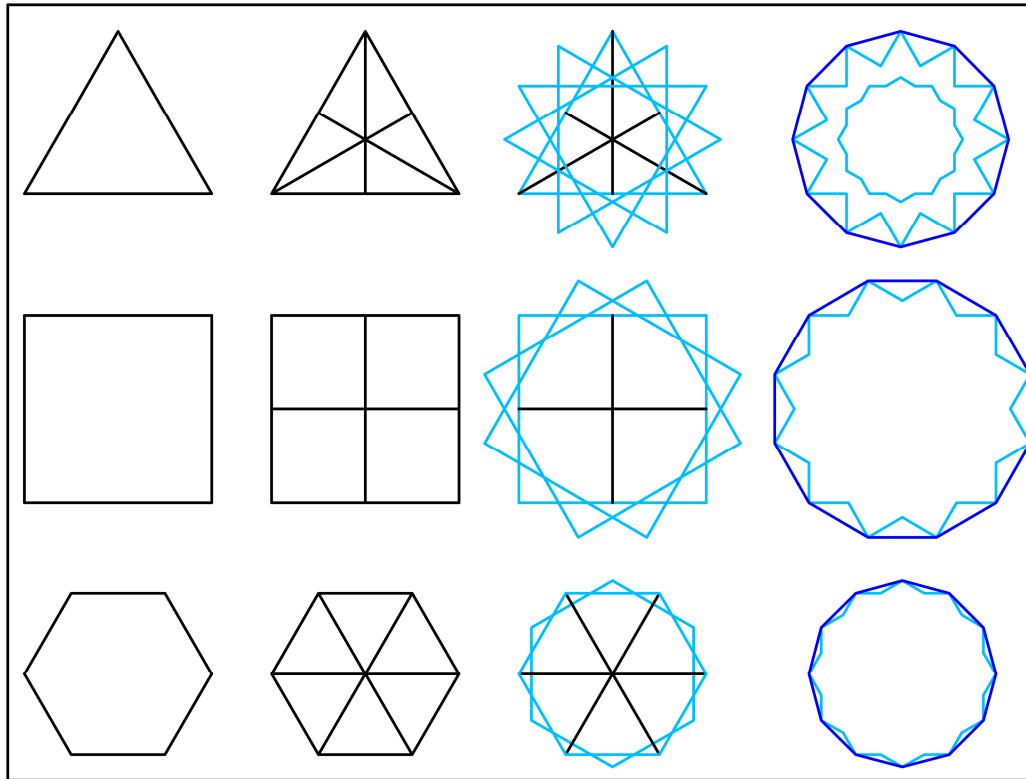
Yukarıdaki örnek (Şekil 3.25), hem ongen hem de 10 kollu yıldızın bir arada kullanıldığı bir örüntüdür. Aynı zamanda Penrose uçurtması, altıgenler, 5 köşeli yıldızlar, beşgenler ve düzgün olmayan geometrik biçimler kompozisyonda yer almaktadır. Bu örüntü, Edirne Selimiye Cami, Üç Şerefeli Cami, İstanbul Topkapı Sarayı ve Konya Beyhekim mescidi yapılarında kullanılmıştır (Demiriz, 2004).

10 rakamı, tamlık ve mükemmelliği simgelemektedir. İlk dört tamsayının toplamı ($1+2+3+4=10$) 10 sayısını vermektedir. 10 rakamının, diğer dinlerde de önemli anlamları ve sembolleri bulunmaktadır. İslam inançlarında ise, 5 içsel duyunun 5 dışsal duyuya karşılık geldiği kabul edilmektedir. Ayrıca Hz. Muhammed, ilk müslümanlar arasında cennet vaat edilen 10 kişiden bahsetmektedir. Türk bilginlere göre, 10. padişah olan Kanuni Sultan Süleyman, hicretin 10. yüzyılının dönümünde doğmuştur ve 10 çocuğu olmuştur. Aynı zamanda, büyük bir yönetici olarak 10 erdeme sahip olup fethettiği şehirler ve ülkeler 10'un katları ile ifade edilmektedir.

Dolayısıyla kendisinin ideal mükemmelliyet sayısına ulaştığı kabul edilmektedir (Schimmel, 2000).

3.6.4 Onikigen ve 12-kollu yıldızlar

12 kollu yıldız, üçgen, kare ve altıgen biçimlerinin türevi olarak kabul edilmektedir. İki adet düzgün altıgenin birbirini kesecek şekilde aynı merkezde döndürülmesi sonucunda 12 köşeli yıldız elde edilmektedir. Ayrıca 4 adet eşkenar üçgenin aynı merkezde 90° 'lik açıyla döndürülmesiyle ve 3 adet karenin yine aynı merkezde 120° 'lik açıyla döndürülmesi sonucunda 12 köşeli yıldız meydana gelmektedir. Köşelerin birleşimi ile düzgün onikigen elde edilmektedir.

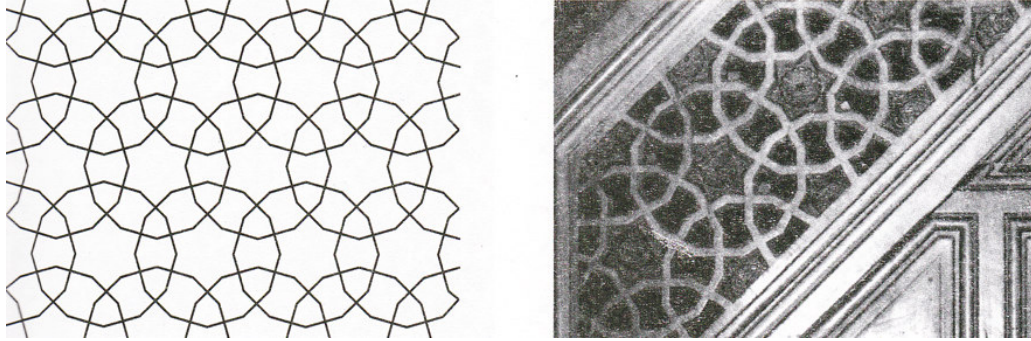


Şekil 3.26: 12 kollu yıldız ve 12 gen oluşum alternatifleri.

Şekil 3.26'da da görüldüğü gibi 12 köşeli yıldızın oluşumu için üç farklı temel biçimle başlayan üç alternatif bulunmaktadır. Bir sonraki bölümde oluşum kuralları daha detaylı anlatılacak olan 12 kollu yıldız ise 12 köşeli yıldızın türevi olarak elde edilmektedir.

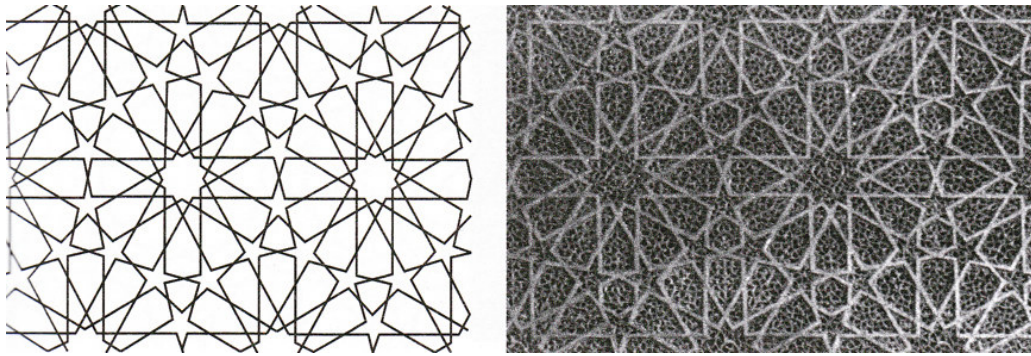
12 kollu yıldızın İslam süsleme sanatında yüzey kaplayıcı örüntü olarak sıklıkla tercih edilmesinin sebebi, üçgen, kare ve altıgenden gelişmesi ve herbirinin kullanımı

ile çok farklı kompozisyonlar üretebilmesidir. Ayrıca yüzey kaplamada, üçgen, kare ve altıgen ile sonsuza kadar aynı örüntünün periyodik olarak devam edebilmesi bir diğer gerektir.



Şekil 3.27: Onikigen ile örüntü örneği (Demiriz, 2004).

Sadece düzgün onikigenlerin birbirini kesmesi sonucu elde edilen yukarıdaki kompozisyon (Şekil 3.27), onikigen geometrisinin en sık kullanılmış olan örneğidir. Yukarıdaki fotoğraf Aksaray Ulu Cami'nin ahşap minber korkuluğundan çekilmiştir. Ayrıca, Amasya Gök Medrese, Edirne Selimiye Cami, İstanbul Bayazıt Cami, İstanbul Kanuni Türbesi, Rüstem Paşa Cami, Sokollu Cami, Süleymaniye Cami, Şehzade Cami ve Yeni Cami buradaki örüntünün kullanıldığı bazı yapılardır.

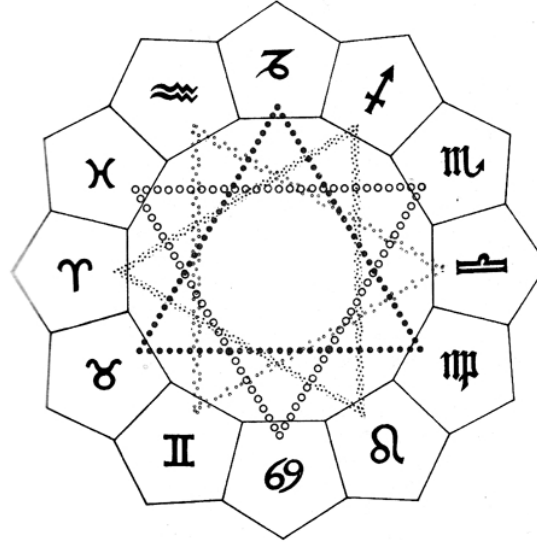


Şekil 3.28: 12 kollu yıldız örneği (Demiriz, 2004).

Şekil 3.28'de verilen örnek, 12 kollu yıldızın sonsuz düzende kendini tekrarladığı bir örüntü örneğidir. 12 kollu yıldız geometrilerin birleştiği bölgelerde 5 köşeli yıldızlar meydana gelmektedir. Aksaray Sultan Hamı, Bursa Yeşil Cami, Divriği Ulucami, Kayseri Sultan Han ve Sevilla Casa Mudhar de Olea buradaki örneğin kullanıldığı bazı İslami dönem yapılarıdır (Demiriz, 2004).

12 rakamı, İslam inancında en bereketli ilk rakam olarak kabul edilmektedir. Bereketli oluşu, çarpanlarının toplamının $(1+2+3+4+6=16)$ kendisinden yüksek

olmasıyla açıklanmaktadır (Sutton, 2000). 12 rakamı, astrolojide güneşin bir yıl içinde geçtiği zodyak evlerini, burçları temsil etmektedir. Aynı zamanda Güneş, dünya etrafında tam turunu, iki ekinoks ve iki gündönümü olmak üzere 4 evrede tamamlamaktadır. 12 rakamını ele aldığımızda, burçlar 3'erli 4 gruptan meydana gelmektedir. Aşağıdaki Şekil 3.29'da görüldüğü gibi 4 adet eşkenar üçgenin köşeleri, burçların ait olduğu grupları (hava, su, toprak, ateş) işaret etmektedir (Critchlow, 1995).



Şekil 3.29: Burçların ait olduğu grupların gösterimi (Critchlow, 1995).

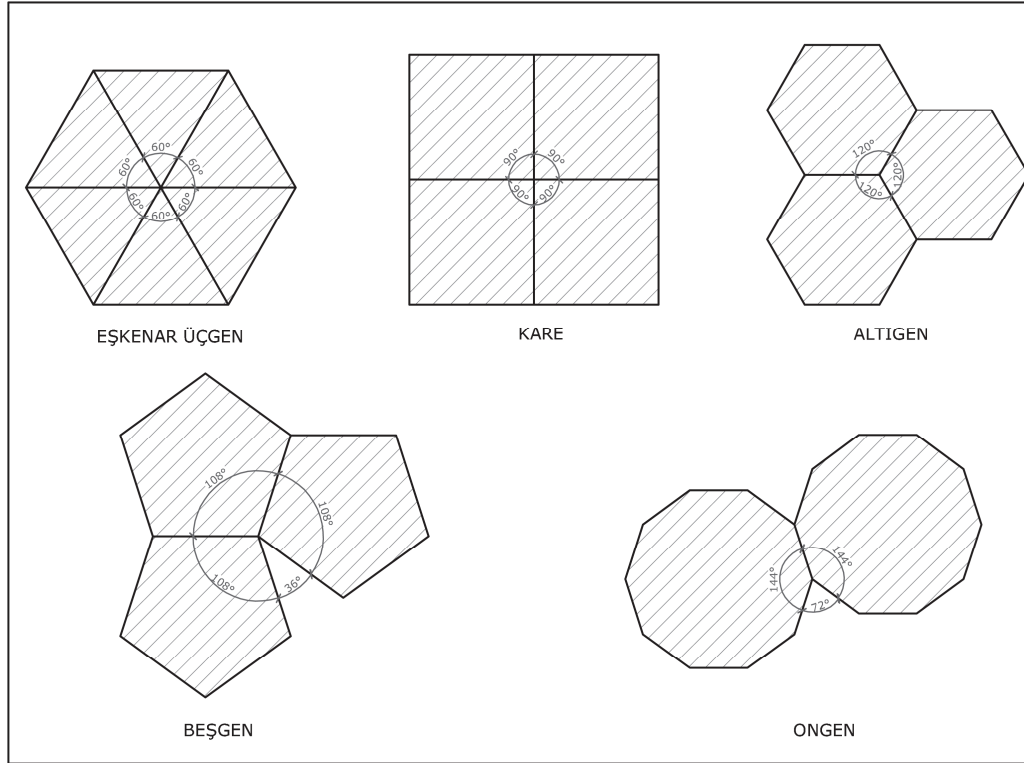
3.6.5 Özel durum 1: beşgenler

İslami bezemelerde çok sıklıkla kullanılan beşgenler, herhangi bir düzlemi kaplarken özel bir durum oluşturmaktadırlar. Beşgenlerle, yardımcı şekiller olmadan periyodik yüzey kaplamak mümkün değildir. Ancak bu çokgenlerle yapılabilecek aperiodyk kaplamalardan yola çıkarak yardımcı şekillerle çok sayıda örüntü oluşturulabilmektedir. Beşgenlerle örüntü oluşturmada önce yüzey kaplama yöntemlerine kısaca yer vermek gerekmektedir.

3.6.5.1 2-boyutlu periyodik yüzey kaplama

İslam sanatında ve mimarisinde olduğu gibi günümüzde de yüzeylerin çeşitli karolarla kaplanması sıkça kullanılan bir yöntemdir. Kullanılan karolar ya da karo kümeleri, geometrik şekillerden oluşmaktadır. Geometrik şekillerin nasıl bir kompozisyon oluşturdıklarından daha önemli olan bir nokta, karoların birbirinin

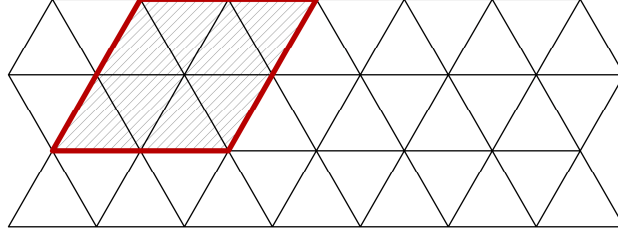
üstüne gelmeyecek ve aralarında boşluk kalmayacak şekilde yerleşmeleridir. Dolayısıyla karoları ya da örüntüyü oluşturan geometrik şekilleri rastlantısal yerleştirmek yerine biçimlerin kendilerini tekrarlama özelliği kullanılmaktadır. İslam sanatında da, örüntünün kendini tekrar etmesi sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Öyleyse, bir kaplamanın belirli bir kısmı, iki farklı doğrultuda da, sabit bir mesafe gidip devamlı kendini tekrarlıyorsa, bu durumda periyodik kaplamadan sözedilmektedir (Arık, Sancak, 2007).



Şekil 3.30: Çokgenlerle kaplama teknikleri

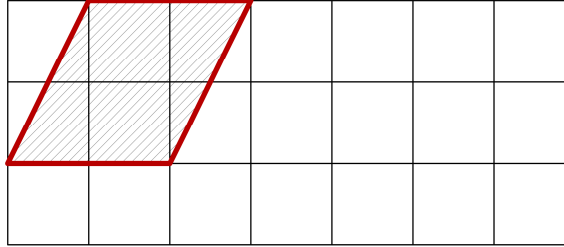
Şekil 3.30'da görüldüğü gibi, eşkenar üçgen, kare ve düzgün altıgen kullanılarak sonsuza kadar periyodik olarak örüntüyü devam ettirmek mümkündür. Düzgün çokgenlerden sadece altıgen, hiçbir yardımcı biçime ihtiyaç duymadan düzlemi periyodik olarak kaplayabilmektedir. Ancak beşgenlerle oluşan örüntülerde beşgenin iç açısı olan 108° , 360° 'ı tam olarak bölemediğinden 36° 'lık, ongenlerin kullanıldığı durumlarda da 72° 'lik boşluklar oluşmaktadır. Dolayısıyla altıgen dışındaki tüm çokgenler, 2 boyutlu yüzey kaplamada mutlaka yardımcı biçimlere ihtiyaç duymaktadırlar. Bir başka deyişle, eşkenar üçgen, kare ve düzgün altıgen aynı dönel simetri merkezinde çoğalarak kaplama meydana getirmektedirler.

Bir örüntünün periyodik olup olmadığı, içine yerleştirilen bir paralelkenar yardımı ile anlaşılmaktadır. Zaten periyodik kaplama, bir başka deyişle; bir paralel kenarın içinin çok sayıda parçaya bölünmesinden oluşan sonlu bir kaplamanın iki yönde tekrar ettirilmesinden meydana gelmektedir (Arık, Sancak, 2007). Örüntünün üzerine yerleştirilen paralelkenar bir şablon her iki yönde de aynı şekilde devam edebiliyorsa o örüntünün periyodik olduğu kabul edilmektedir.



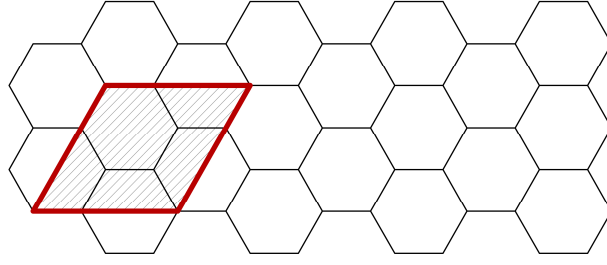
Şekil 3.31: Eşkenar üçgenlerden oluşan kaplama.

Şekil 3.31’de eşkenar üçgenlerden oluşan bir kaplama görülmektedir. Kırmızı ile sınırları çizilmiş olan paralelkenarın taralı alanı her iki yönde de aynı şekilde tekrar etmektedir. Aşağıdaki şekil 3.32’de de, aynı uygulama karelerden meydana gelen bir kaplamada görülmektedir. Taralı alan, her iki yöne kaydırıldığında sürekli aynı alan elde edilmektedir.



Şekil 3.32: Karelerden oluşan kaplama.

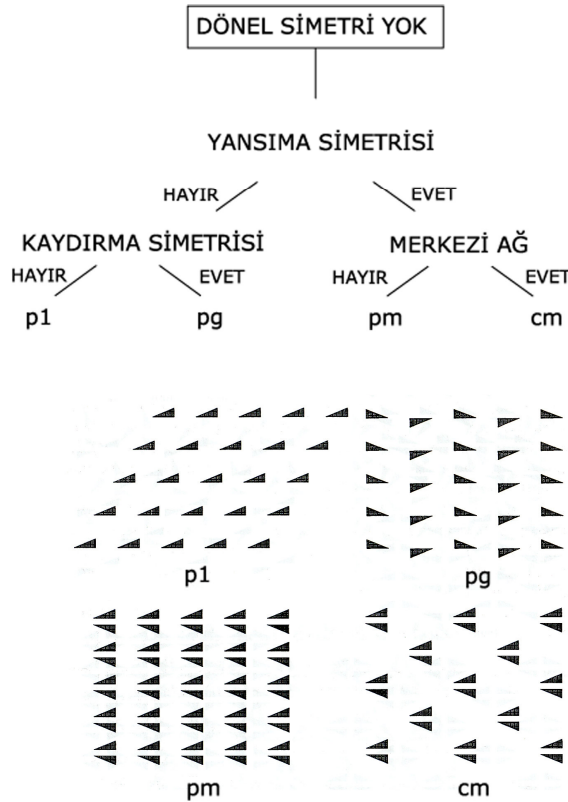
Şekil 3.33’de de görüldüğü gibi, kırmızı paralelkenar altıgenlerden meydana gelen kaplamada da her iki yöne kopyalandığında aynı biçimler elde edilmektedir. Dolayısıyla eşkenar üçgen, kare ve düzgün altıgenlerden oluşan ve biçimin aynı dönel simetri merkezinde çoğaldığı kaplamalar periyodik olarak sonsuza kadar devam etmektedir.



Şekil 3.33: Karelerden oluşan kaplama.

Kristal bilimciler tarafından öne sürülen ve bugün de kabul gören, periyodik örüntüler oluşturan 17 tip simetri grubu bulunmaktadır (Grünbaum, Shephard, 1987). Bir örüntünün hangi gruba ait olduğunu anlamak için öncelikle dönel simetrinin olup olmadığı kontrol edilmektedir. Dönel simetriye sahip bir örüntü, 2'li, 3'lü, 4'lü veya 6'lı dönel simetriye sahip olabilmektedir. Dönel simetrinin durumuna karar verildikten sonra, örüntünün yansıma simetrisine sahip olup olmadığı kontrol edilmektedir.

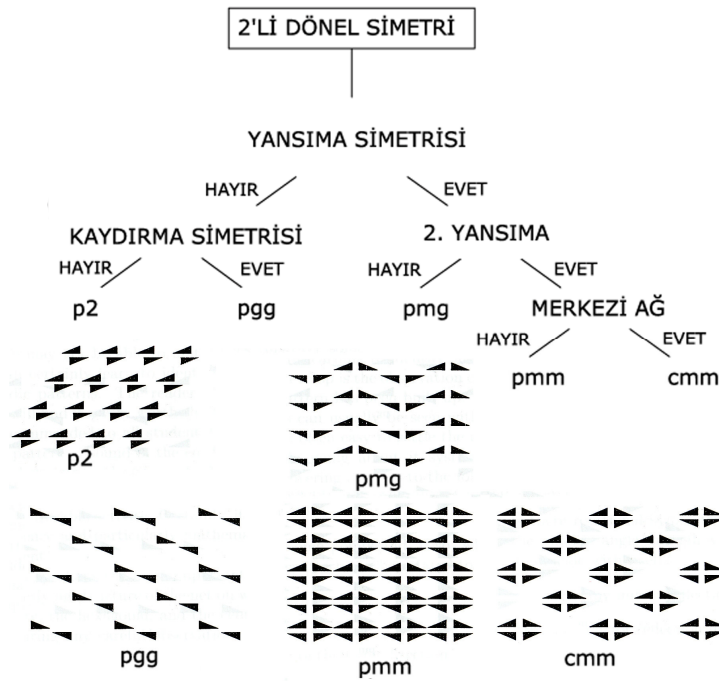
3.6.5.2 Dönel simetrinin olmadığı yüzey kaplama



Şekil 3.34: Dönel simetrinin olmadığı kaplama tipleri (Abas, Salman, 1998).

Dönel simetrisinin olmadığı durumlarda bakılacak diğer özellik, yansıma simetrisidir. Örüntüde yansıma simetrisi bulunuyorsa merkezi bir ağın olup olmadığı ele alınmakta ve örüntünün pm ya da cm şeklinde tanımı yapılmaktadır. Yansıma simetrisinin ve dönel simetrisinin olmadığı örüntülerde kaydırma simetrisinin var olup olmadığı kontrol edilir. Kaydırma simetrisi bulunuyorsa pg , bulunmuyorsa $p1$ olarak tanımlanır. Şekil 3.34'te üçgenlerin meydana getirdikleri örüntü, ait oldukları grubun özelliğini göstermektedir.

3.6.5.3 2'li dönel simetri ile yüzey kaplama

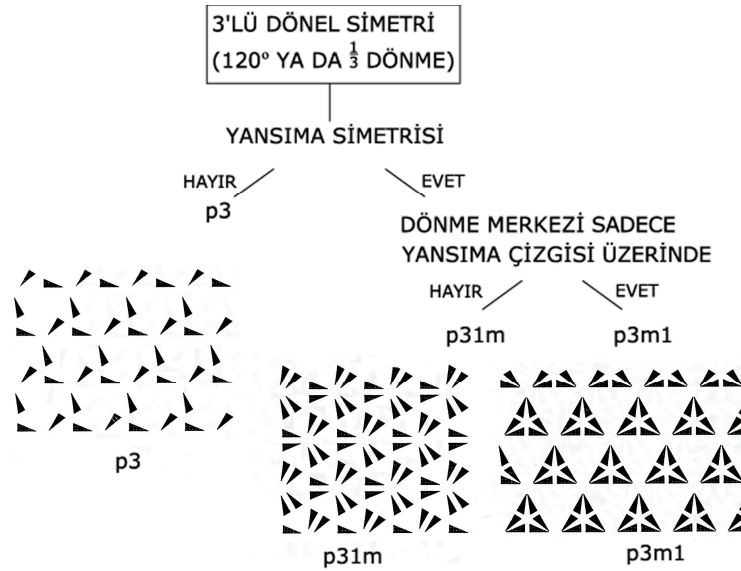


Şekil 3.35: 2'li dönel simetri ile kaplama tipleri (Abas, Salman, 1998).

2'li dönel simetrisinin olduğu durumlarda yine ikinci aşama yansıma simetrisinin kontrolüdür. Şekil 3.35'te görüldüğü gibi, dönel simetrisinin olmadığı durumdan farklı olarak burada 2. bir yansımanın olup olmadığı kontrol edilmekte ve ardından merkezi ağın olup olmadığı sorulmaktadır. 2. bir yansıma varsa örüntü, pmg grubuna, merkezi bir ağ bulunuyorsa cmm grubuna, bulunmuyorsa pmm grubuna ait olmaktadır. Yansıma simetrisinin olmadığı 2'li dönel simetri durumlarında kaydırma simetrisi varsa örüntünün pgg grubunda, yoksa $p2$ grubunda olduğu kabul edilmektedir.

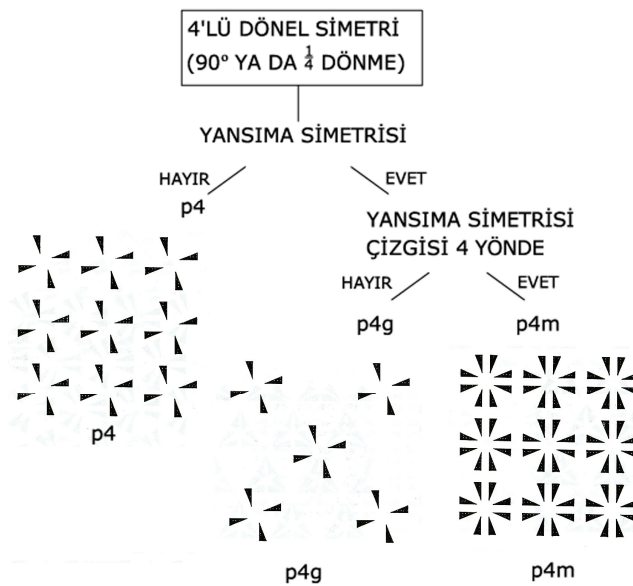
3.6.5.4 3'lü dönel simetri ile yüzey kaplama

3'lü dönel simetride, öncekilerden farklı olarak kaydırma simetrisi özelliği aranmamaktadır. Eğer yansıma simetrisi yoksa kaplama $p3$ grubuna aittir. Yansıma simetrisi bulunuyorsa, bu sefer dönme merkezinin, yansıma simetri ekseninde olup olmadığına bakılmaktadır. Merkez, yansıma simetrisi ekseninde bulunuyorsa kaplama, $p3m1$ olarak, bulunmuyorsa $p31m$ olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36: 3'lü dönel simetri ile kaplama tipleri (Abas, Salman, 1998).

3.6.5.5 4'lü dönel simetri ile yüzey kaplama

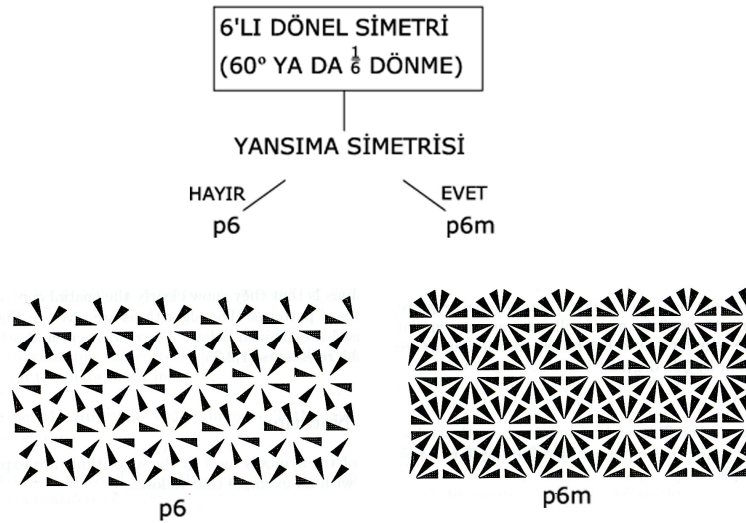


Şekil 3.37: 4'lü dönel simetri ile kaplama tipleri (Abas, Salman, 1998).

4'lü dönel simetride, 3'lü dönel simetride olduğu gibi kaydırma simetrisi durumu bulunmamaktadır. Dolayısıyla yansıma simetrisi yoksa kaplama, $p4$ grubunda bulunmaktadır. Yansıma simetrisinin olduğu durumda da, örüntünün ait olduğu grup, simetri ekseninin 4 yönde olup olmadığına bağlı olarak tanımlanmaktadır. $p4m$ 'deki üçgenlerin dizilişinde görüldüğü gibi üçgenler dikey, yatay ve diagonellerde olmak üzere 4 yönde yansıma yapmaktadır. $p4g$ 'de ise, sadece yansıma simetrisi görülmektedir (Şekil 3.37).

3.6.5.6 6'lü dönel simetri ile yüzey kaplama

Son olarak 6'lü dönel simetriden söz edilmektedir. 60° 'lik dönme simetrisi olarak da bahsedilen bu durumda, sadece yansıma simetrisinin durumu kontrol edilmektedir. Eğer yansıma simetrisi bulunuyorsa $p6m$, bulunmuyorsa $p6$ gruplarındaki örüntülerden bahsedilmektedir (Şekil 3.38).



Şekil 3.38: 6'lü dönel simetri ile kaplama tipleri (Abas, Salman, 1998).

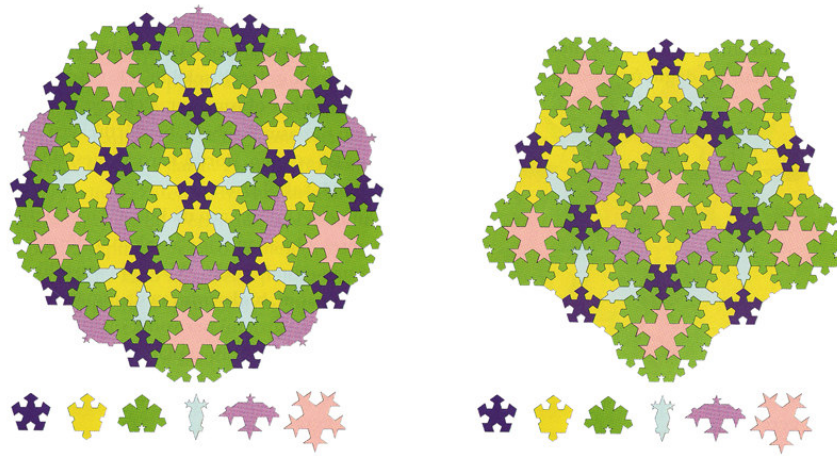
İslam Sanatı'nda, pg ve pgg tipleri dışında bu grupların herbirine örnek verilebilmektedir. Ancak $p6m$ ve $p4m$ başta olmak üzere sadece altı grup en sık kullanılmıştır (Abas, Salman, 1998).

3.6.5.7 Aperiyojik ve 5'li dönel simetri ile yüzey kaplamalar: pentapleks kaplamalar

Periyodik yüzey kaplama yöntemleri arasında 5'li dönel simetri ile yüzey kaplama yöntemleri bulunmamaktadır. Öyleyse periyodik olmayan, 5'li dönel simetriyle oluşturulmuş yüzey kaplamalardan bahsetmek gerekmektedir.

Ünlü bir fizikçi olan Roger Penrose, periyodik olmadan düzlemi kaplayabilen karo kümeleri üzerine çalışmıştır. 1970'li yıllarda, biri 6'lı diğer ikisi 2'li olmak üzere üç farklı pentapleks karo kümesi keşfetmiştir. Periyodik olarak kaplaması mümkün olmayan ve beşli dönel simetriye sahip kaplama yapılabilen karo kümelerini ilk kez Roger Penrose bulmuştur. Yüzeyi aperiodyk olarak kaplayan ve 5'li dönel simetriye sahip kaplama yapabilen karo kümeleri pentapleks karo kümeleri; bu tip kaplamalar da pentapleks kaplamalar olarak tanımlanmaktadır. Simetri açısından bakıldığında pentapleks kaplamalarda, sadece 5'li dönel simetri ile kaplamalar yapılabilmektedir. Aynı zamanda pentapleks karo kümeleriyle dönel ve yansıma simetrisi olmayan kaplamalar da yapılabilmektedir (Arık, Sancak, 2007).

Penrose'un, ilk keşfettiği pentapleks kaplama P1 olarak adlandırılmaktadır ve 6 karodan meydana gelmektedir. Temelde kullanılan biçimlerden 3'ü düzgün beşgendir. Ancak yerleştirilen çentiklerle 3 farklı beşgen elde edilmektedir. Penrose, pentapleks karolarına çentikler yerleştirerek, biçimlerin periyodik şekilde yüzeyi kaplamasını önlemektedir (Arık, Sancak, 2007).

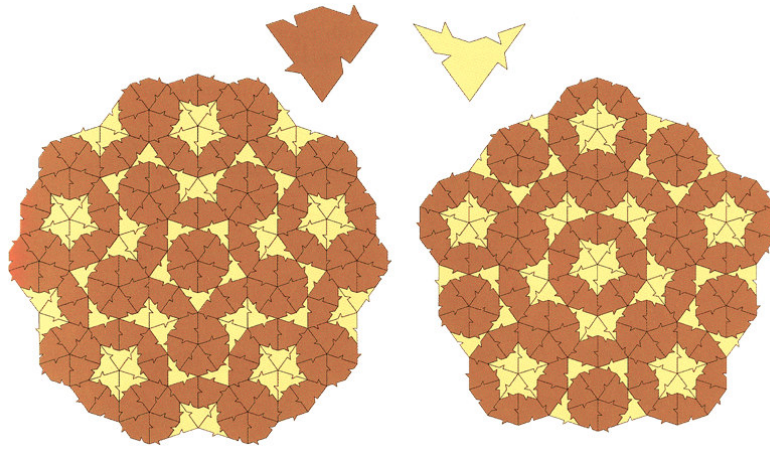


Şekil 3.39: Penrose'un P1 karo kümeleri ile oluşturulmuş pentapleks kaplamalar (Arık, Sancak, 2007).

Şekil 3.39'da, P1 karo kümeleri ile oluşturulmuş 2 pentapleks kaplama görülmektedir. Soldaki kaplamada, lacivert beşgen merkezde olup diğer şekiller çevresinde 5'li dönel simetri ile yerleşmektedir. Sağdaki şekilde ise merkezde 5 köşeli yıldız bulunmaktadır.

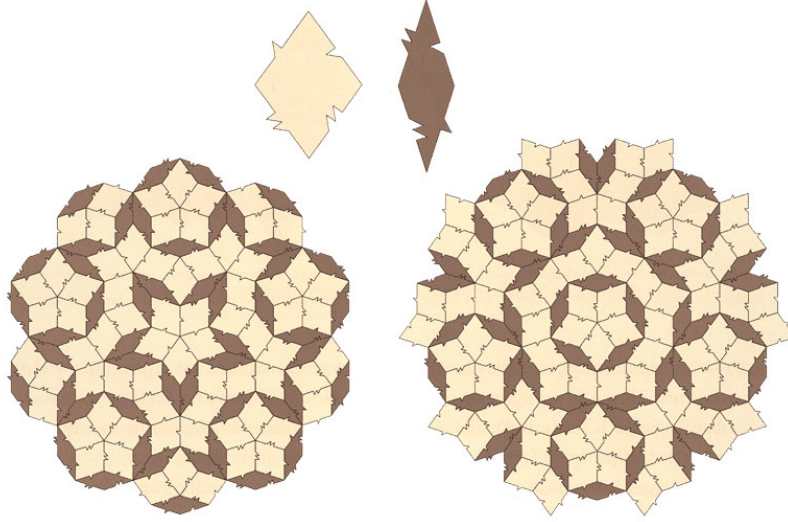
Penrose'un keşfetmiş olduğu bir diğer karo kümesi ok ve uçurtma adını verdiği iki şekilden oluşmaktadır. P2 olarak tanımlanan bu kaplamanın öncekinden farkı,

pentapleks kaplamayı oluşturan karo sayısının en aza indirilerek 2 farklı karodan meydana gelmiş olmasıdır. Bir başka deyişle; Penrose'un iki karodan meydana gelen ilk pentapleks karo kümesidir. Kahverengi ile gösterilen biçim olan uçurtma, tek merkezde 5'li dönel simetri ile yerleştirildiğinde düzgün ongen elde edilmektedir. Sarı renkteki ok biçimi ise 5 köşeli yıldız meydana getirmektedir. Şekil 3.40'ta görülen aşağıdaki çizimler, ok ve uçurtma ile oluşturulan periyodik olmayan 5'li dönel simetriye sahip pentapleks kaplamaları göstermektedir. Uçurtma karosunun alanının ok karosunun alanına oranı ile her şeklin uzun kenarlarının kısa kenarlarına oranı altın oranı vermektedir (Arık, Sancak, 2007).



Şekil 3.40: Penrose'un P2 karo kümeleri ile oluşturulmuş pentapleks kaplamalar (Arık, Sancak, 2007).

Penrose'un, düzlemi periyodik olarak kaplamayan iki karodan oluşan diğer pentapleks karo kümesi olan P3, dar -zayıf- eşkenar dörtgen ve geniş -şişman- eşkenar dörtgen biçimlerinden meydana gelmektedir. Bu kaplama tipindeki karoların alanlarının birbirine oranı yine altın oranı vermektedir. Geniş eşkenar dörtgenin, merkezde 5'li dönel simetriyle çoğalması sonucunda 5 köşeli yıldız geometrisi elde edilmektedir. 5 köşeli yıldızın, kaplamanın merkezine yerleştirilmesi ve diğer karoların 5'li dönel simetri ile yerleşmesi P3 olarak adlandırılan pentapleks kaplamayı oluşturmaktadır. Şekil 3.41, P3 karoları ile yapılan pentapleks kaplamayı göstermektedir (Arık, Sancak, 2007).



Şekil 3.41: Penrose'un P3 karo kümeleri ile oluşturulmuş pentapleks kaplamalar (Arık, Sancak, 2007).

Roger Penrose tarafından keşfedilen 6'lı ve 2'li karo kümelerinden meydana gelen her 3 tip kaplamanın sadece verilen çizimlerde olduğu gibi beşli dönel simetri olarak iki alternatifini bulunmaktadır. Ancak bu durum tüm pentapleks karo kümeleri için geçerli olmayan bir özelliktir. Düzlemi periyodik olarak kaplamayan ve 5'li dönel simetriye sahip kaplamaların yapılmasına izin veren sonsuz sayıda farklı kaplama sunan pentapleks karo kümeleri de bulunmaktadır (Arık, Sancak, 2007).

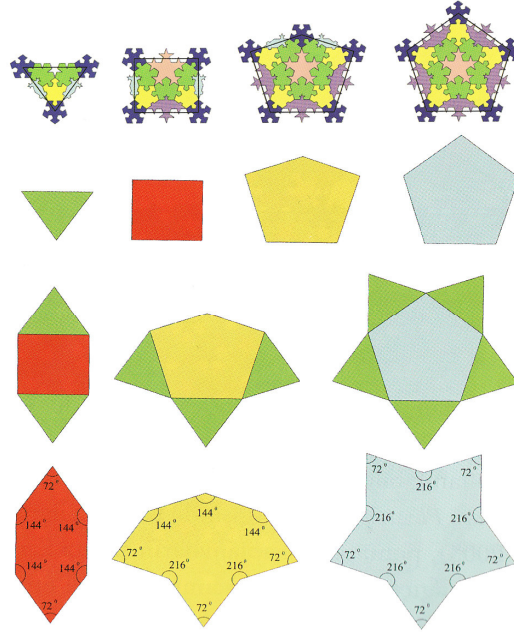
Beşgenlerden meydana gelen periyodik olmayan ve 5'li dönel simetriye sahip kaplama örnekleri yukarıda verilmiştir. İslami geometrik kompozisyonlarda, bugüne kadar keşfedilmiş olan aperiodyk ve 5'li dönel simetriye sahip kaplama örnekleri bulunmamaktadır. Ancak birkaç örnekte 5'li dönel simetriye sahip periyodik kaplamaya rastlanmaktadır. Konya Karatay Medresesi, Süleymaniye ve Topkapı'daki kapı kanatları bu özelliklere sahip örneklerdir. Ancak örüntüyü oluşturan kaplama karolarını kullanarak pentapleks kaplama karolarına dönüştürmek mümkün olmaktadır. Karatay Medresesi, hem beşgenlerden, hem on kollu yıldızlardan hem de kendi içinde 5'li dönel simetriden oluşan periyodik bir kaplama örneğidir (Arık, Sancak, 2007).

3.6.6 Özel durum 2: ongenler

Sadece ongenlerle dönel simetri merkezinde çoğalan bir kaplama yapmanın yardımcı şekiller olmadan mümkün olmadığından bahsedilmektedir. Ancak pentapleks karo

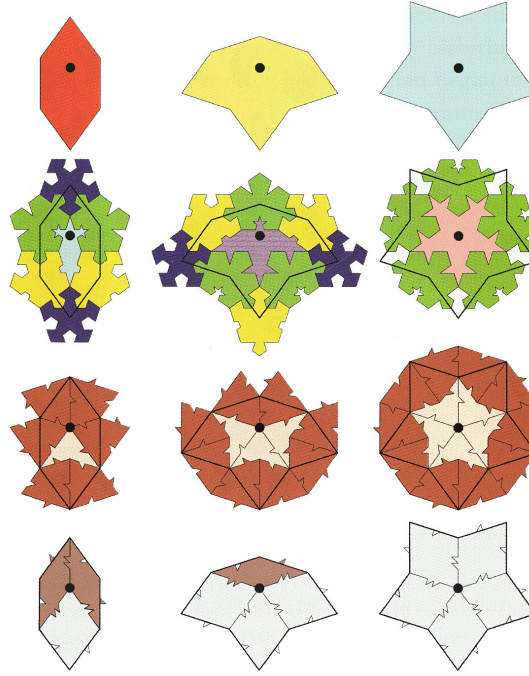
kümelerinden yola çıkarak harita karoları elde edilmekte ve harita karoları sayesinde ongenler oluşturulmaktadır.

Metin Arık ve Mustafa Sancak, Penrose'un pentapleks kaplamalarından periyodik kaplama elde etmeye çalışırken P1 pentapleks karo kümelerinden meydana gelen kaplama grupları oluşturmuşlardır. Elde edilen 4 adet kaplama grubunun birleştirilmesinden kravat, balık ve yıldız olarak adlandırdıkları 3 adet pentapleks harita karosuna ulaşmışlardır. Böylece 3 biçimden oluşan harita karolarının, bir pentapleks kaplamayı başka bir pentapleks kaplamaya dönüştürmek ya da herhangi bir pentapleks kaplamayı tıkanmadan büyütmek için kullanılacağını belirtmektedirler (Arık, Sancak, 2007). P1 karo kümelerinden elde edilen bu harita karoları aynı zamanda P2 ve P3 kaplamalar için de kullanılabilir.



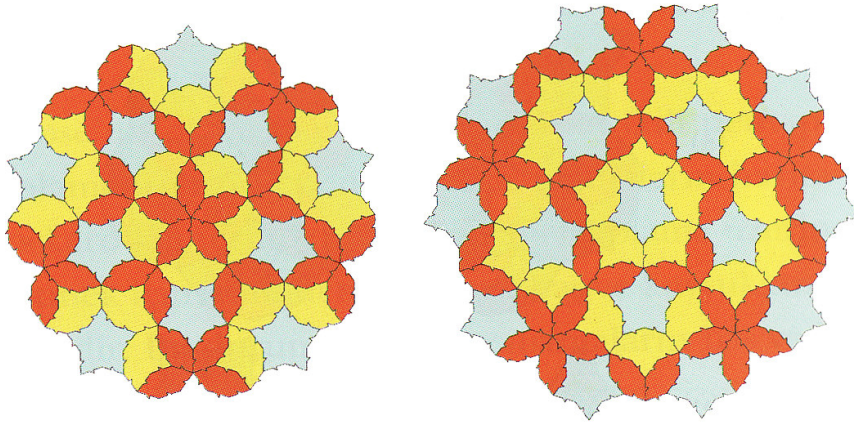
Şekil 3.42: 4 kaplama grubu (Arık, Sancak, 2007).

Yukarıdaki Şekil 3.42, üçgen, kare, düzgün olmayan beşgen ve düzgün beşgenden oluşan 4 kaplama grubunun nasıl birleşerek 3 adet pentapleks harita karosuna dönüştüğünü göstermektedir. Şekil 3.43'te ise, elde edilen 3 harita karosunun içinin minimum sayıda, Penrose'un P1, P2 ve P3 pentapleks karo kümeleriyle sabitlenmiş durumları görülmektedir.

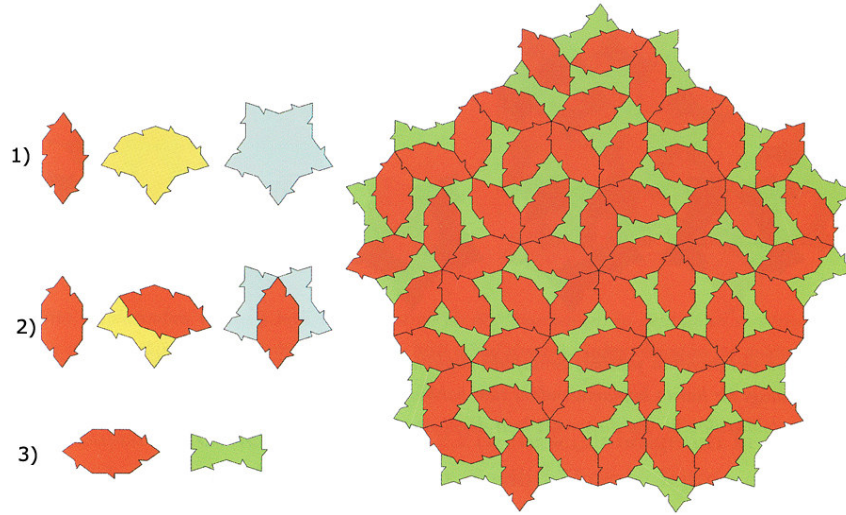


Şekil 3.43: Penrose'un P1, P2 ve P3 pentapleks karo kümeleriyle sabitlenmiş durumları (Arık, Sancak, 2007).

Şekil 3.44'te de görüldüğü gibi, 3 adet harita karolarından Penrose'un pentapleks kaplamalarında olduğu gibi 5'li dönel simetriye sahip sadece 2 farklı pentapleks kaplama yapılabilmektedir. Soldaki kaplamada merkezde 5 adet kravatın bulunduğu 5'li dönel simetriye sahip aperiyyodik bir kaplama varken sağ taraftaki çizimde, merkezde 5 köşeli yıldızın bulunduğu bir kaplama görülmektedir.

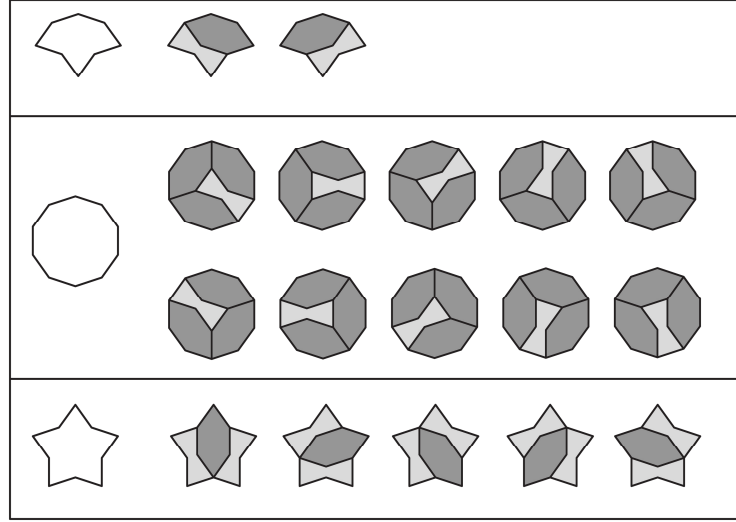


Şekil 3.44: 2 pentapleks kaplama alternatifi (Arık, Sancak, 2007).



Şekil 3.45: Balık ve yıldızdan papyon kravat elde edilişi ve papyon-kravat ile yüzey kaplama (Arık, Sancak, 2007).

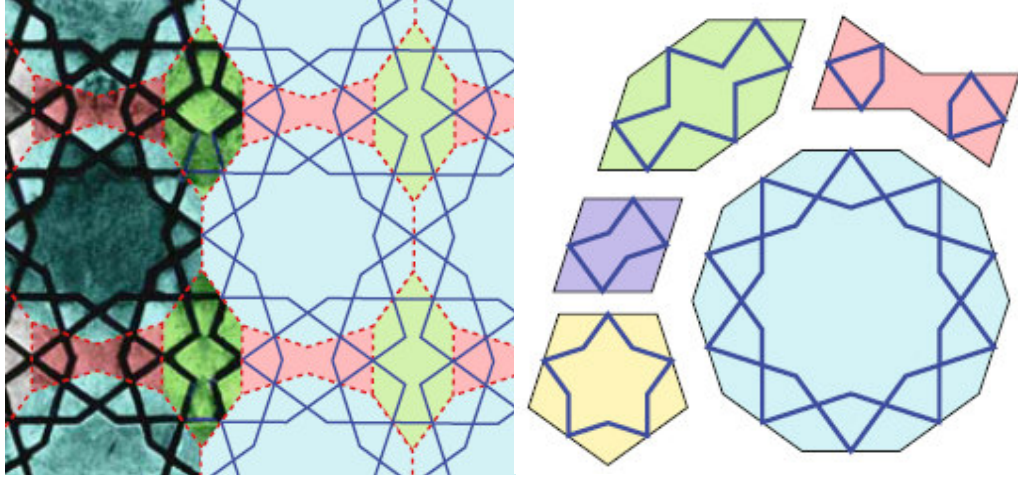
Arık ve Sancak'ın yapmış oldukları çalışmaların sonucunda, balık ve yıldız biçimlerinin içlerine kravat biçimini yerleştirmişler, böylece balık ve yıldızın kravat ve papyon şekillerinden meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Dolayısıyla papyon ve kravattan oluşan ikili bir karo kümesiyle de pentapleks kaplamaların yapılabileceği söylenmektedir. Böylece Penrose'un bulmuş olduğu 6'lı ve 2'li pentapleks karo kümelerine yeni bir tane 2'li karo kümesi eklenmektedir. Bu iki karonun alanlarının birbirine oranı daha önceki karo kümelerinde olduğu gibi altın oranı vermektedir. Ancak elde edilen bu yeni 2'li pentapleks karo kümesinin Penrose'un bulmuş olduğu karo kümelerinden farklı bir özelliği, oluşturulacak pentapleks kaplamaların Penrose'un elde ettikleri gibi 2 farklı alternatifle sınırlı kalmayıp sonsuz sayıda kaplama meydana getirebilecek olmalarıdır. Bir başka deyişle; papyon ve kravat kullanılarak periyodik olmayan 5'li dönel simetriye sahip sonsuz sayıda pentapleks kaplama türetmek mümkündür (Arık, Sancak, 2007).



Şekil 3.46: Papyon kravat kombinasyonları.

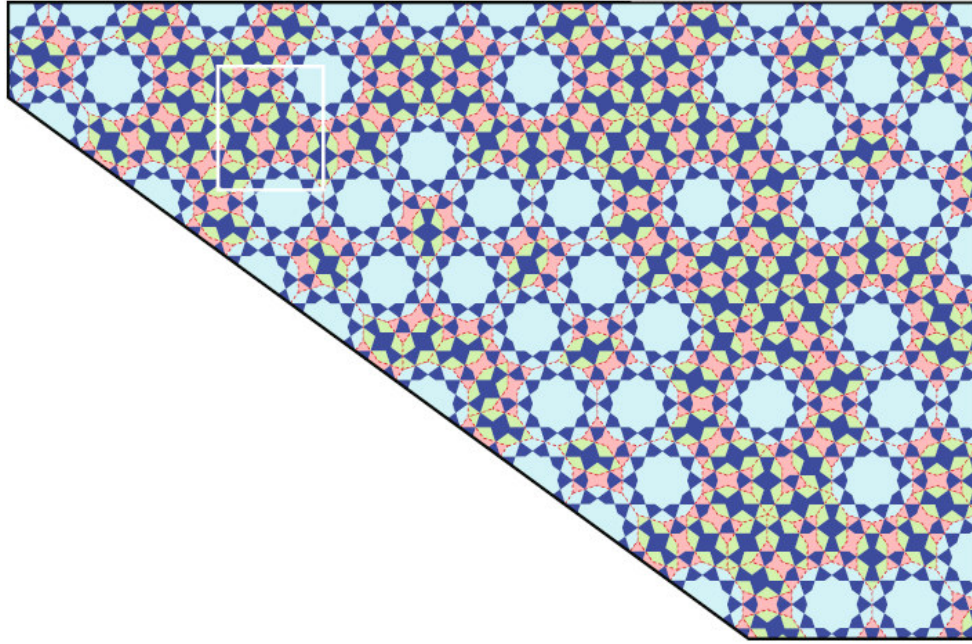
Şekil 3.46’da görüldüğü gibi 3 kravat ve 1 papyonun bir araya gelişi ile düzgün ongen elde edilmektedir. Her balık biçiminin 2 farklı, yıldız biçiminin de 5 farklı papyon kravat kombinasyonu bulunduğu ve 3 kravat 1 papyonun biraraya gelişinden 10 farklı ongen elde edildiğine göre, sadece harita karoları kullanılarak çok fazla sayıda, İslami geometrilerin tüm özelliklerini taşıyan yeni geometrik örüntüler türetmek mümkündür.

2007 senesinde Peter Lu, ortaçağ İslam mimarlığının on kollu karoları üzerine yaptığı çalışmalarında, İslam mimarlığında kullanılan 5 adet girih (düğüm) karoyu keşfetmiş ve bu karolarla oluşturulmuş yüzey kaplamalarını incelemiştir. Şekil 3.47’de de görüldüğü gibi, 5 girih karo, düzgün ongen, papyon, kravat, düzgün beşgen ve eşkenar dörtgenden oluşmaktadır. Soldaki şekil, 15. yüzyıl Selçuklu türbesine ait periyodik bir yüzey kaplamaya ongen, papyon ve kravatın şablon olarak yerleştirilmiş halini göstermektedir. Sağdaki çizimin içindeki mavi ile gösterilen çizgiler orijinal örüntüye ait karo çizgileridir. Girih karoların tüm kenar uzunlukları birbirine eşit olup her iki karo birbiri ile 72° ve 108° ’lik açılarla birleşmektedir. Tüm biçimler kendi içinde farklı olmak üzere; düzgün ongen 10’lu, düzgün beşgen 5’li, papyon, kravat ve eşkenar dörtgen de 2’li dönel simetriye sahiptir. Bu karolar, hem periyodik onlu kompozisyonlar oluşturmakta hem de daha karmaşık geometrik örüntü türetmede kolaylık sağlayan şablonlar olarak da kullanılmaktadır (Lu, 2007).



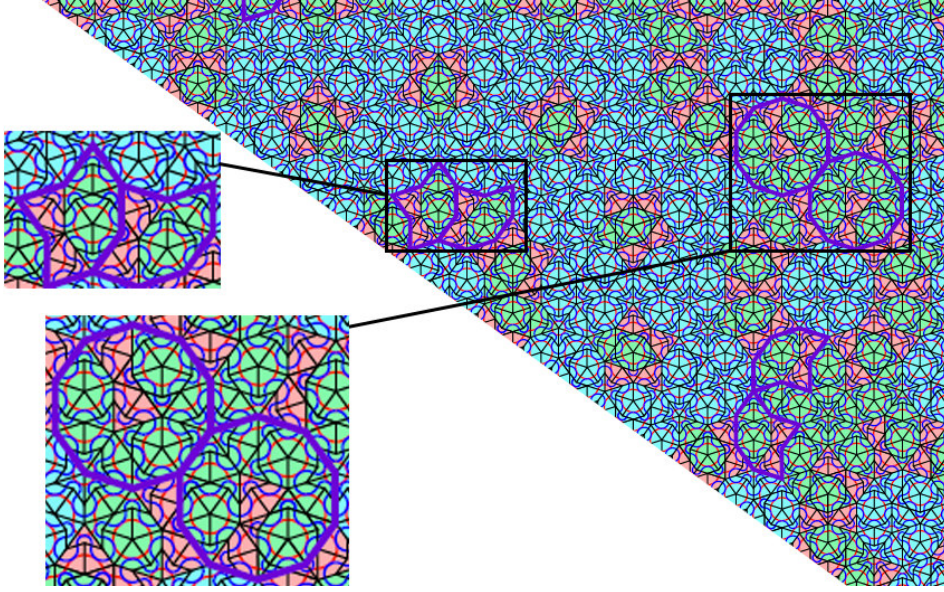
Şekil 3.47: 5 girih karo, düzgün ongen, papyon, kravat, düzgün beşgen ve eşkenar dörtgen (Lu, 2007).

Lu, ongenlerin kullanıldığı, Darb-ı İmam türbesindeki örüntüyü (Şekil 3.48) incelediğinde, onköşeli yıldızın yerine düzgün ongenin yerleştirilip çevresine papyon ve kravatın geldiğini görmüştür (Lu, 2007).



Şekil 3.48: Darb-ı İmam türbesindeki örüntü (Lu, 2007).

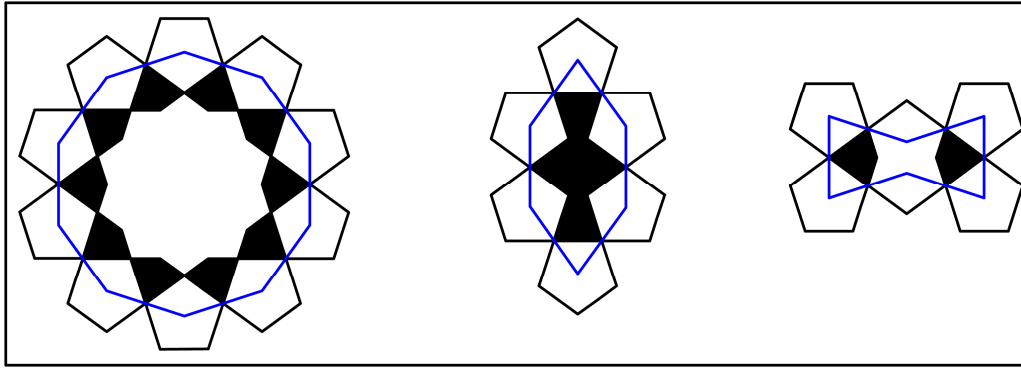
Şekil 3.49'da, aynı örüntüde sadece papyon ve kravat kullanıldığında içlerini Penrose'un bulmuş olduğu ok ve uçurtmalarla sabitlemenin mümkün olduğu görülmektedir. Aynı zamanda yıldız, balık ve ongen biçimleri de elde edilmektedir.



Şekil 3.49: Darb-ı İmam türbesindeki örüntünün ok ve uçurtmalarla sabitlenmesi (Lu, 2007).

Lu, Darb-ı İmam türbesindeki örüntü üzerinden yola çıkarak 5 girih karoyu kullanarak ongen, papyon ve kravatın içini İslami geometrilerle sabitlemiştir (Lu, 2007).

Şekil 3.50’de görüldüğü gibi, bir yüzeyi ongen, kravat ve papyon ile kaplayıp her ongenin olduğu alana soldaki örüntü, kravatın olduğu alana ortadaki örüntü ve her papyonun içine de sağdaki örüntü yerleştirildiğinde hem varolan kompozisyonların biçim grameri elde edilebilmekte hem de İslami geometrilerin özelliklerini taşıyan çok sayıda yeni örüntü üretmek mümkün olmaktadır.

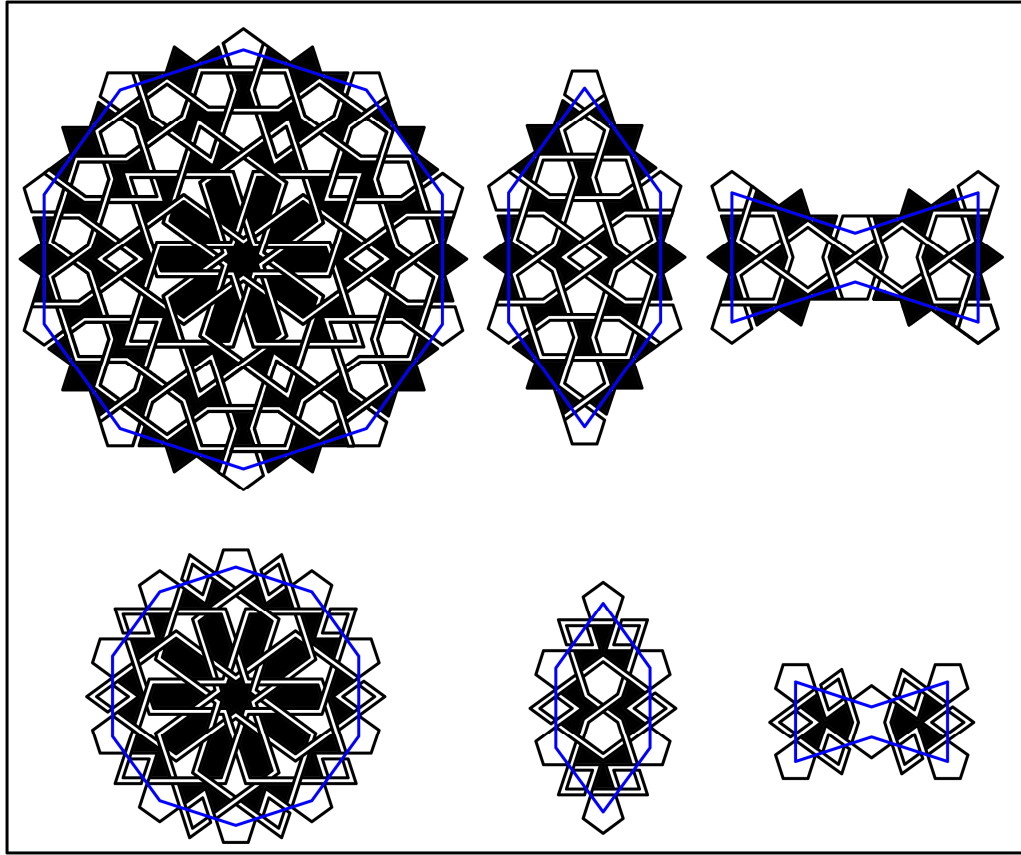


Şekil 3.50: Ongen, kravat ve papyonun içlerinin İslami geometrilerle sabitlenmesi.

Lu’nun bulmuş olduğu bu karolara ek olarak Arık ve Sancak da *Pentapleks Kaplamalar* adlı kitaplarında, pentapleks harita karolarının içini farklı geometrilerle sabitlemişlerdir. Şekil 3.51’deki 2 yeni grup, İslami geometrik kompozisyonlarda kullanılmamış, ancak her yönüyle İslami geometrilerin özelliklerini taşıyan karolardır. Mavi ile gösterilen, pentapleks harita karolarının kenarları, üzerine

sabitlenen geometrik şekillerin aynı zamanda yansıma simetri eksenine de sahiptir. Bu özellik, karoların biraraya gelişinde hata olmaması açısından büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda hiçbir aynı renkli karo yanyana gelmemektedir ki bu, İslami bezemelerde her zaman dikkat çeken bir özelliktir (Arık, Sancak, 2007).

Papyon ve kravatın farklı biraraya geliş alternatifleri ile çok sayıda yeni örüntü elde etmek mümkün olup karoların içi Lu'nun ve Arık ile Sancak'ın bulmuş olduğu 3 grupta sabitlendiğinde çok fazla sayıda periyodik, İslami geometrilerle akraba, yeni geometrik kompozisyonlar türetililebilecektir.

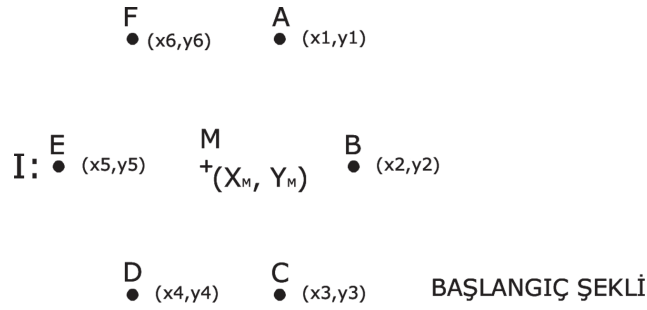


Şekil 3.51: Arık ve Sancak'ın bulmuş oldukları ongen, kravat ve papyonun içini sabitleyen karolar (Arık, Sancak, 2007).

4. İSLAMİ YILDIZ GEOMETRİLERİNİN BİÇİM GRAMERLERİ

4.1 6-Kollu Yıldız Geometrisi Kural-Türetim Yapısı

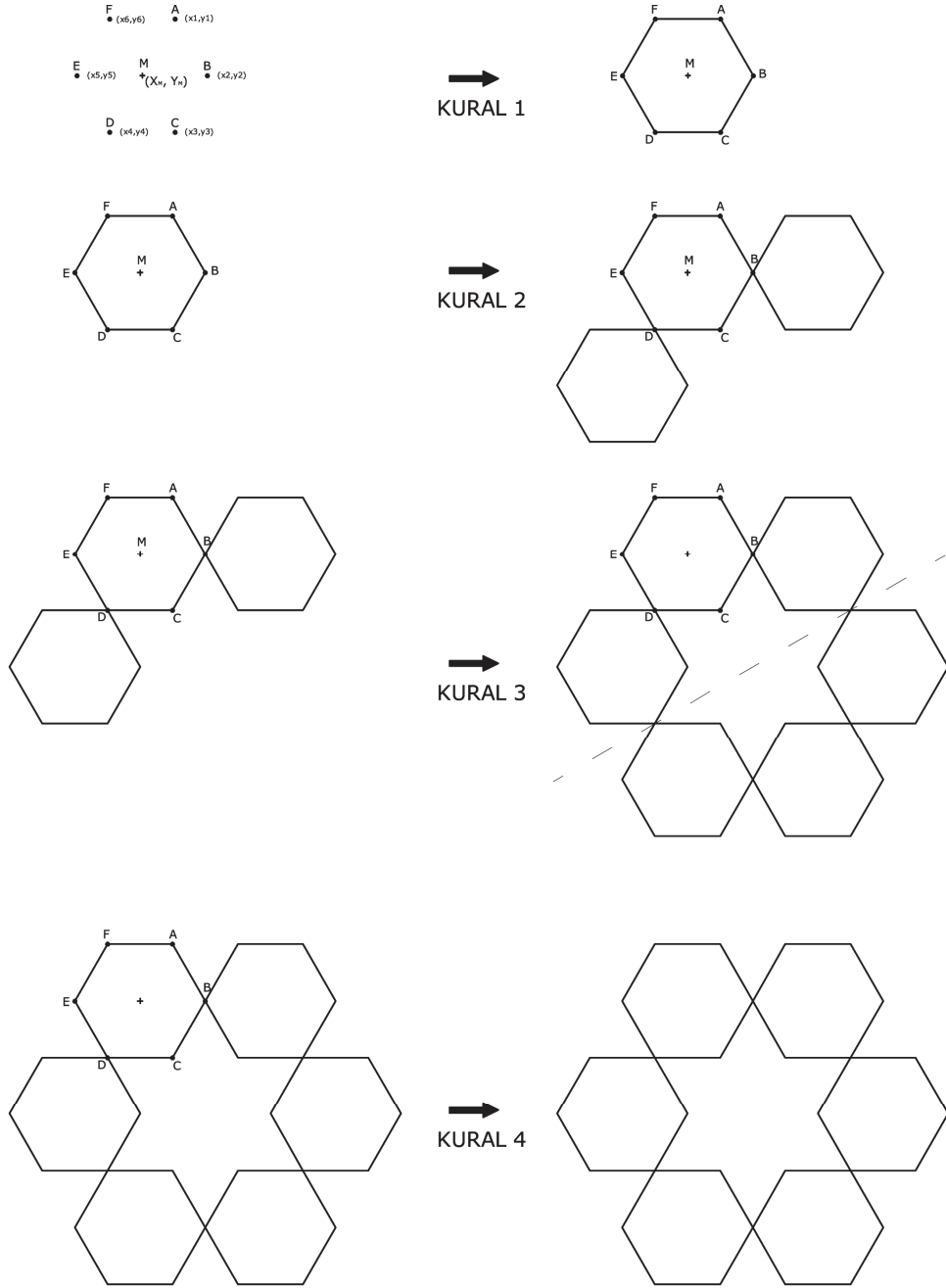
Altıgen, İslam sanatında çok sık kullanılan bir biçimdir. Altıgenlerin biraraya gelmesi ile oluşan çok sayıda kompozisyon bulunmaktadır. Dolayısıyla öncelikle altıgendan oluşan bir tasarımın dilini analiz etmek doğru olacaktır.



Şekil 4.1: Altıgen petek biçim grameri başlangıç şekli.

Yukarıdaki şekilde (Şekil 4.1), altıgen petek örüntünün başlangıç şekli görülmektedir. (X_M, Y_M) koordinatlarına sahip M noktası biçimin merkezidir ve altı adet etiketli nokta, değişken koordinatlarıyla merkezin etrafına yerleşmiş durumdadır. Tüm koordinatlar gramerin değişkenleridir. Dolayısıyla parametrik bir biçim gramerinden söz edilmektedir.

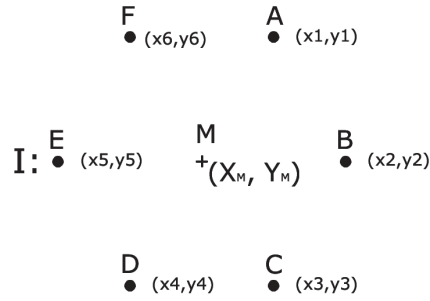
Gramer 4 kural kümesinden meydana gelmektedir. İlk kural, başlangıç şeklinde etiketlenmiş noktaların birleştirilmesi ile bir altıgen biçimini oluşturmaktadır. 2. kuralın uygulanması ile, altıgenin etiketli B ve D köşelerine aynı boyuttaki altıgendan yeni biçimler eklenmektedir. Bu kural aynı zamanda, kuralın solundaki biçimin yerine, okun sağındaki yeni biçimin gelmesi şeklinde de açıklanabilmektedir. 3 kural, İslami geometrilerin karakteristik özelliklerinden biri olan simetri özelliğini uygulamakta ve altılı petek biçimini oluşturmaktadır. 4. ve son kural ise, etiketli noktalardaki • işaretini silerek son ürünü meydana getirmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Altıgen petek biçim grameri.

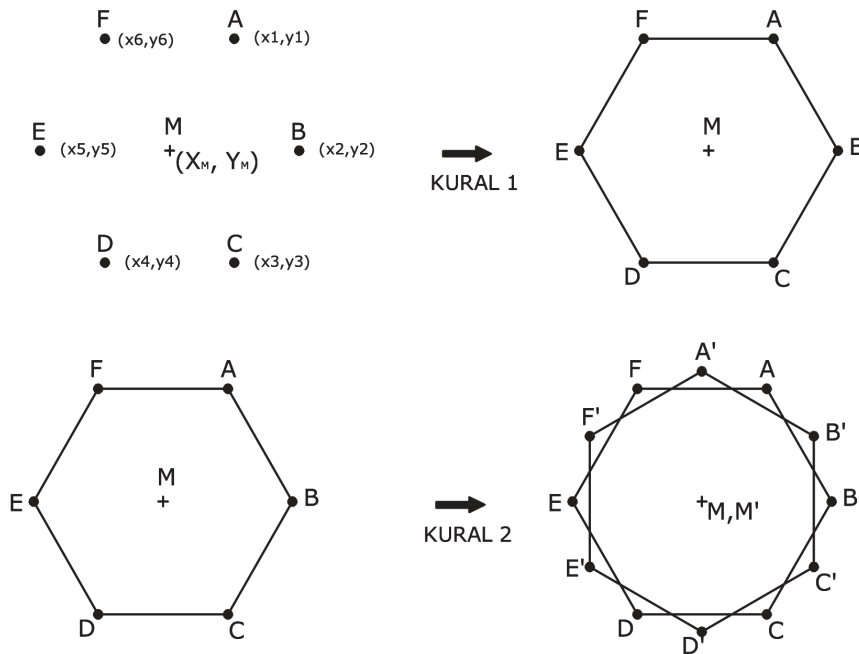
6 kollu yıldız, İslam Sanatı süslemesinde çok nadir kullanılan genellikle ara motif olarak çok göze batmayan bir geometridir. Ancak 6 kollu yıldız için çıkarılmış olan kurallar kümesi çok az değişikliklerle uygulandığında 8-, 10- ve 12- kollu yıldızlar da oluşturulabilmektedir. Dolayısıyla aşağıdaki kurallar, çok kollu yıldız türetmek için kullanılan temel kural kümesini meydana getirmektedir.

6 kollu yıldız oluşturmak için 14 farklı kural bulunmuştur. Başlangıç şekli ise, yukarıda bahsedilen altıgen petek örüntü gramerinin başlangıç şekli ile aynıdır. (XM,YM) koordinatlarına sahip M noktası biçimin merkezi olup değişken altı adet etiketli nokta, bu merkezin etrafına yerleşmiştir (Şekil 4.3). 1. kural önceki kural şemasında olduğu gibi, etiketli noktaların birleştirilmesi ile düzgün altıgen (S) oluşturmaktadır.

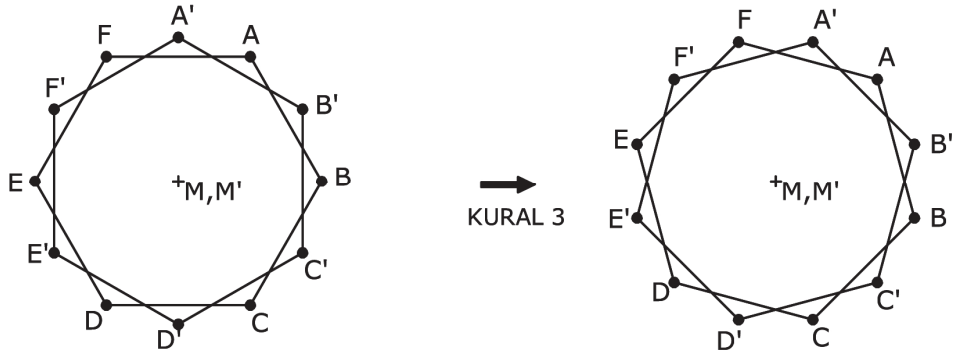


Şekil 4.3: 6 kollu yıldız biçim grameri başlangıç şekli.

2. kural, oluşan S altıgeni ile aynı boyutta S' altıgenini, merkezleri üstüste gelecek şekilde yerleştirmektedir. Ancak S' şekli, S altıgenine göre merkezden 30° döndürülmüştür. Dolayısıyla S' altıgeninin etiketli tüm noktalarının x ve y koordinatları tamamen farklıdır. Ancak merkezlerinin koordinatları ($XM = XM'$, $YM = YM'$) eşittir (Şekil 4.4).

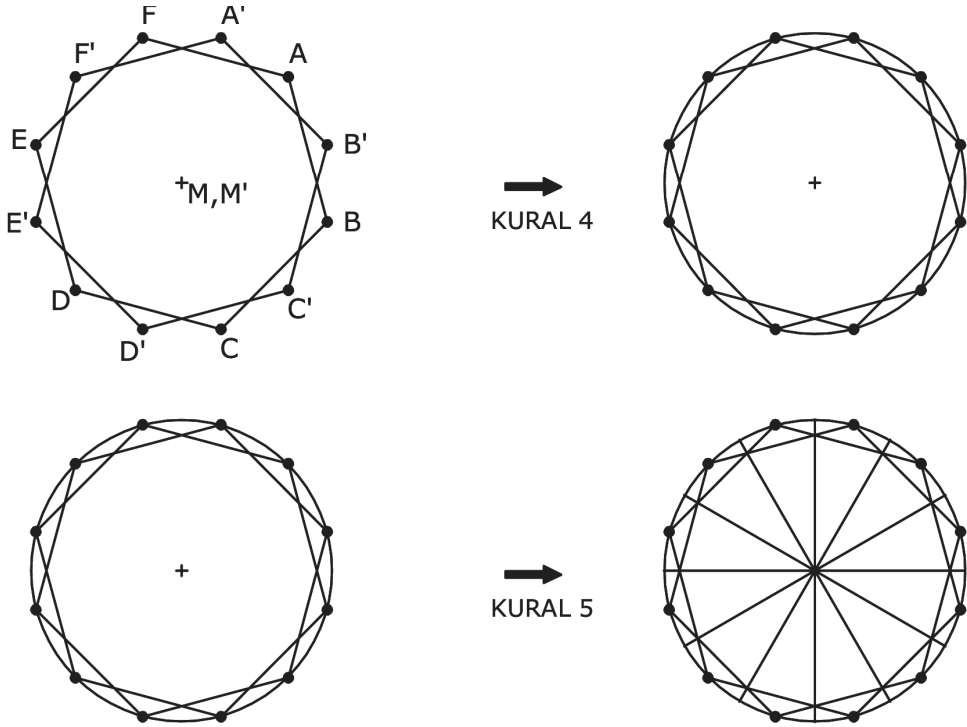


Şekil 4.4: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.



Şekil 4.5: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

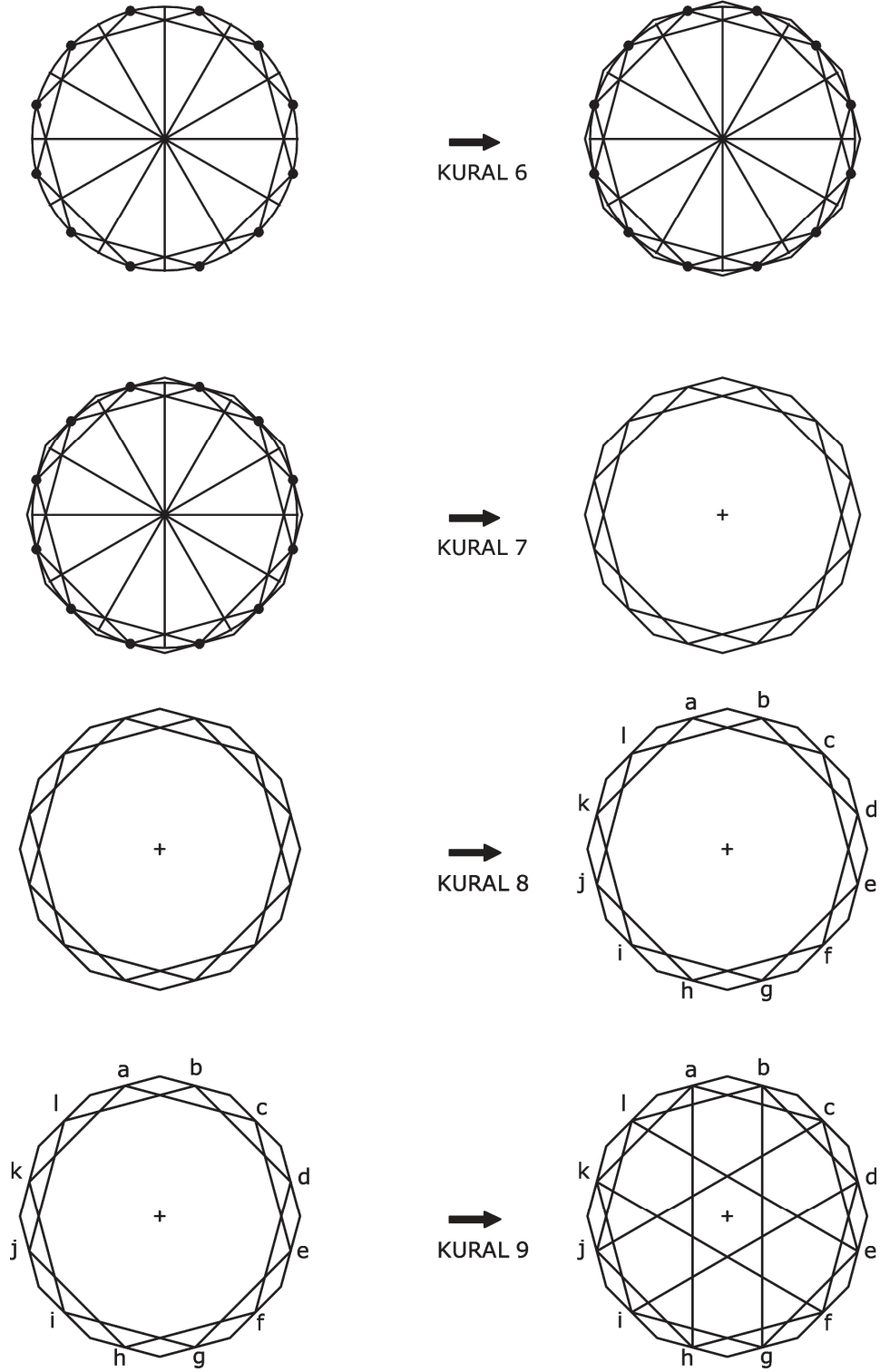
3. kuralda ise S ve S' biçimleri ortak merkezlerinde 15° döndürülmektedir (Şekil 4.5). Böylece etiketli noktaların koordinatlarının tamamının değerleri değişmektedir. Bir sonraki adım etiketli noktaların adlarının silinmesini ve S ile S' şeklini çevreleyen aynı merkezli bir çemberin oluşumunu ifade etmektedir.



Şekil 4.6: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

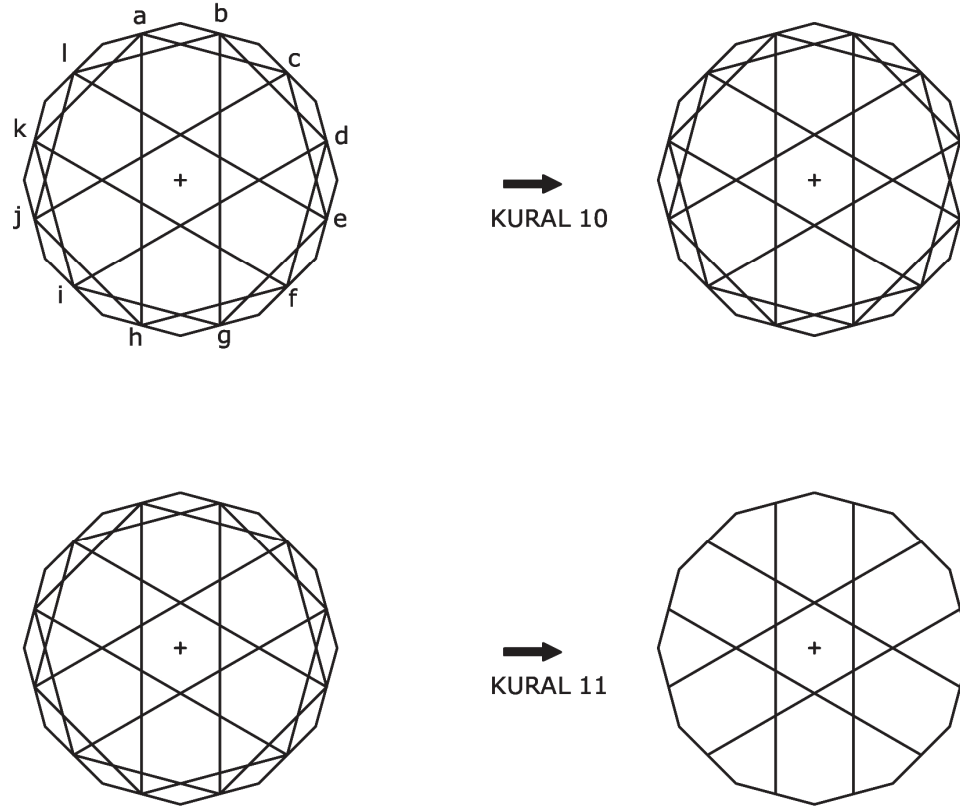
5. kural ise, merkezden geçen, S ile S' şekillerinin kesişim noktalarıyla kesişen doğrusal çizgiler meydana getirmektedir (Şekil 4.6). Bu çizgiler bir sonraki kural için yardımcı çizgi rolünü görmektedir. 6. kuralda, dış çemberin S ve S' şekilleri ile kesiştiği noktalardan teğet geçen bir onikgen çizilmekte, önceki kuralda çizilen

Çizgiler onikigenin köşelerini belirlemede yardımcı olmaktadır. Ardından tüm yardımcı çizgiler, etiketler ve dış çember silinerek 7. kuralda okun sağında görülen biçim elde edilmektedir.



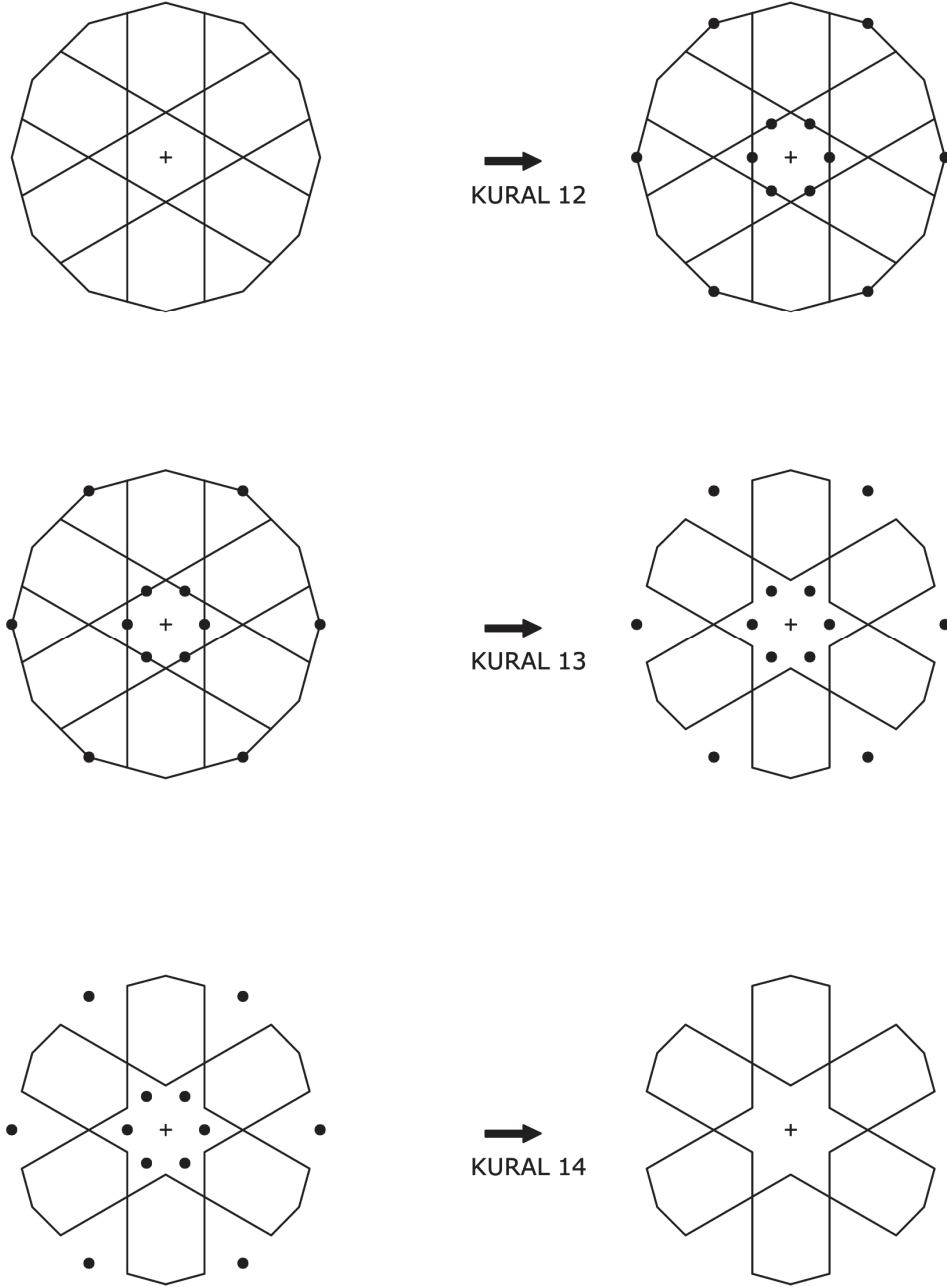
şekil 4.7: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

8. kural kümesi ise, bir sonraki kuralın oluşturacağı doğrusal çizgilerin birbirine bağlanabilmesi için yeni etiketli noktalar tanımlamaktadır (Şekil 4.7). Buna göre 9. kuralda, lahl, lbgl, lcjl, ldil, lell ve lfkl noktalarını birleştiren doğrusal çizgiler çizilmekte ve bir sonraki adımda yardımcı etiketler silinmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

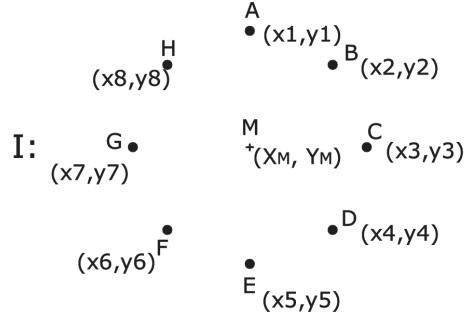
Son 4 kural kümesi de yardımcı biçimlerin silinip silinmesi gereken çizgilerin etiketlenmesi şeklinde oluşmaktadır. Böylece 11. kuralda, S ve S' şekilleri silinerek dışarıda çizilmiş olan onikigen ile doğrusal çizgiler kalmaktadır. Son ürün olan 6 kollu yıldız elde etmek için şeklin dışındaki ve içindeki Penrose mozaiklerinin silinmesi gerekmektedir. Böylece silinecek çizgiler etiketlenir ve son ürün elde edilir. 14. kural ise, kalan tüm etiketlerin silinmesi şeklinde uygulanarak türetme tamamlanır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: 6 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

4.2 8-Kollu Yıldız Geometrisi Kural-Türetim Yapısı

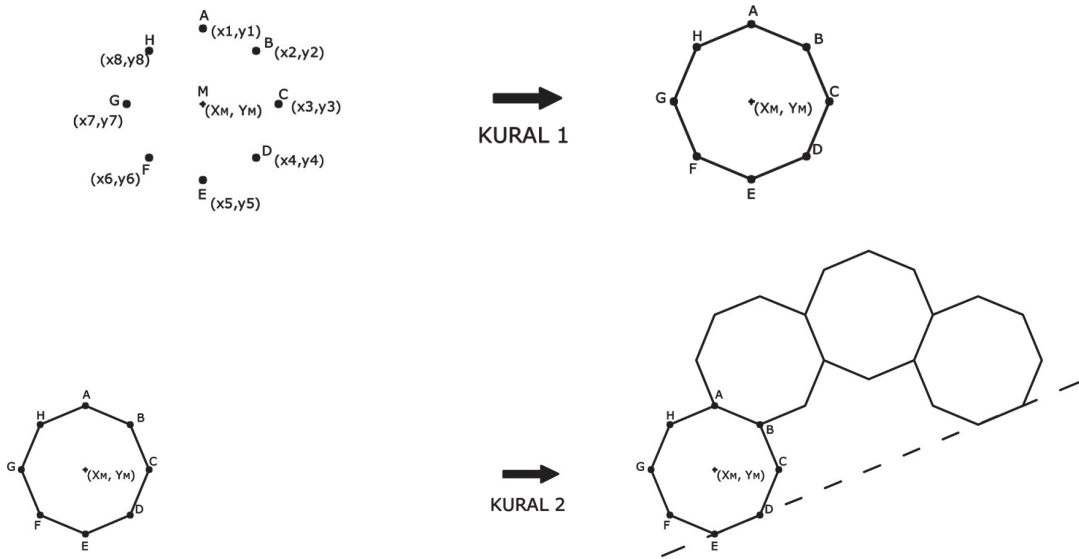
8 kollu yıldız, İslam sanatı süslemelerinde sıkça kullanılan bir geometridir. 8 kollu yıldız, temelde düzgün sekizgen biçimden oluşmaktadır. 8 köşeli yıldızın tasarım dilini bulmak amacıyla biçim grameri kuralları çıkartılmış, hangi kuralların uygulandığı ve türetmenin nasıl yapıldığı tespit edilmiştir.



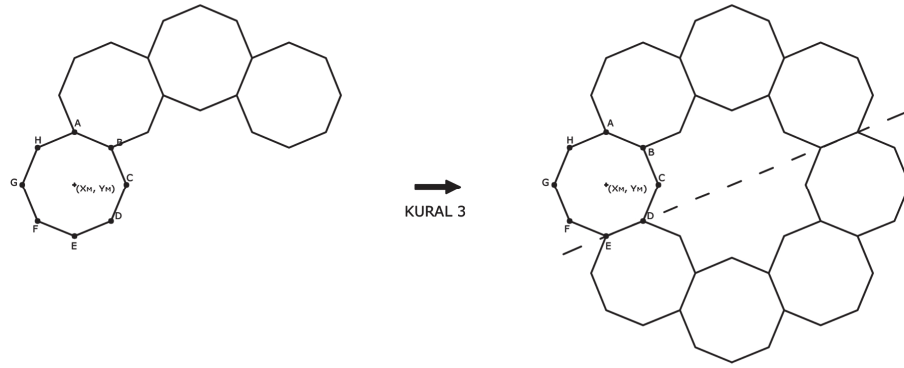
Şekil 4.10: 8 kollu yıldız biçim grameri başlangıç şekli.

8 kollu yıldızın türetilmesi için kullanılan başlangıç şekli, (X_M, Y_M) koordinatlı M merkezi çevresine eşit uzaklıklarla yerleştirilen, 8 adet etiketli noktadan meydana gelmektedir (Şekil 4.10).

İlk kuralda bu noktaların birleştirilmesi ile düzgün sekizgen elde edilmekte ve aynı altıgen petekte olduğu gibi, simetri özelliği ile sekizgen petek örüntüsü oluşmaktadır (Şekil 4.11). Bu sefer kurallar, tamamen sekizgen petek örüntü üzerinden devam etmektedir. Bu gramerde, kurallar kümesinde ürünü oluşturacak yardımcı biçim petek örüntüdür. 3. kuralda meydana gelen düzgün sekizgen petek örüntü de, kendi başına kompozisyon oluşturan, İslam geometrilerle yüzey kaplamada sıkça kullanılmış bir kompozisyonudur. 3. kuralda elde edilen biçim, 8 kollu yıldız gramerinin hem ara ürünü olup aynı zamanda başka bir gramerin de son ürünüdür (Şekil 4.12). Benzeri durumla 10 kollu yıldız gramerinde de karşılaşılacaktır.

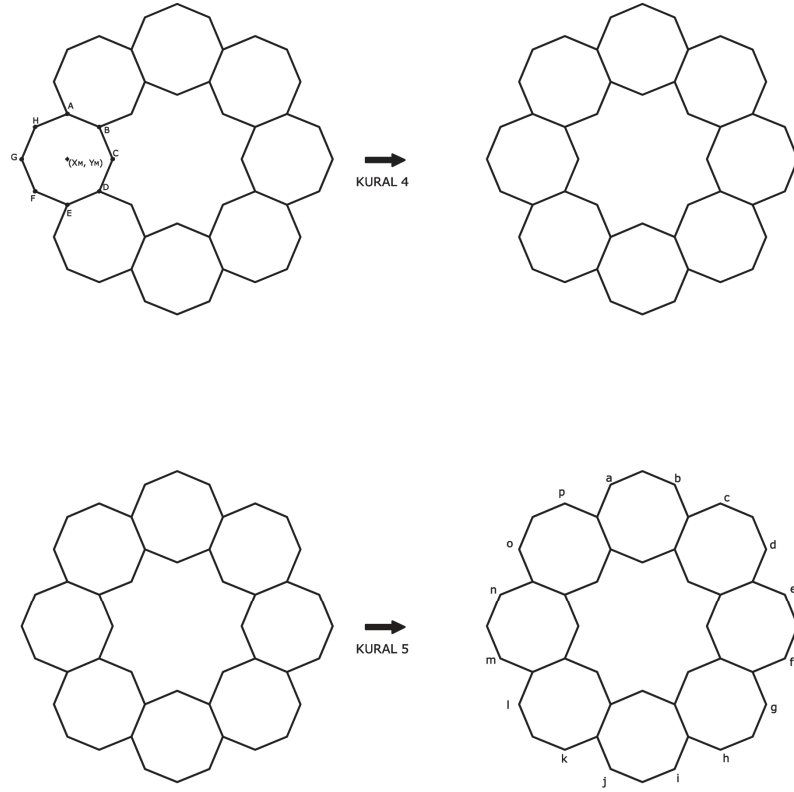


Şekil 4.11: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

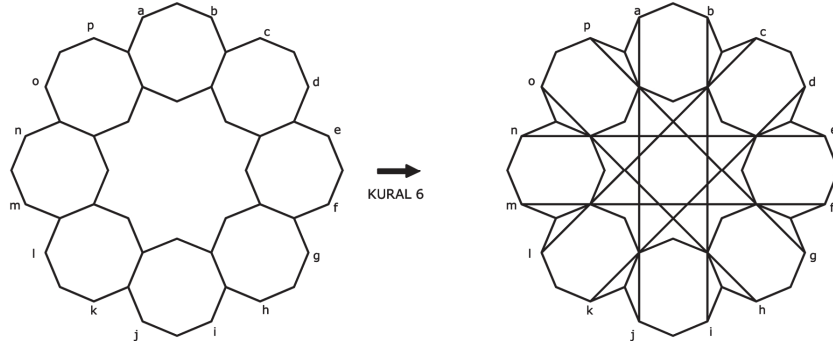


Şekil 4.12: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

4. ve 5. kurallar kümesinde, daha önceden etiketlenen noktaların etiketleri silinip petek örüntünün köşeleri harflerle etiketlenmektedir (Şekil 4.13). 6. kural kümesinin uygulanması, a noktasının j noktası ile, b noktasının i noktası ile, c noktasının l noktası ile, d noktasının k noktası ile, e noktasının n noktası ile, f noktasının m noktası ile, g noktasının p noktası ile ve h noktasının o noktası ile birleştirilerek doğrusal çizgiler oluşturmasını sağlamaktadır (Şekil 4.14). 7. kural ise, etiketleri kaldırmaktadır (Şekil 4.15).



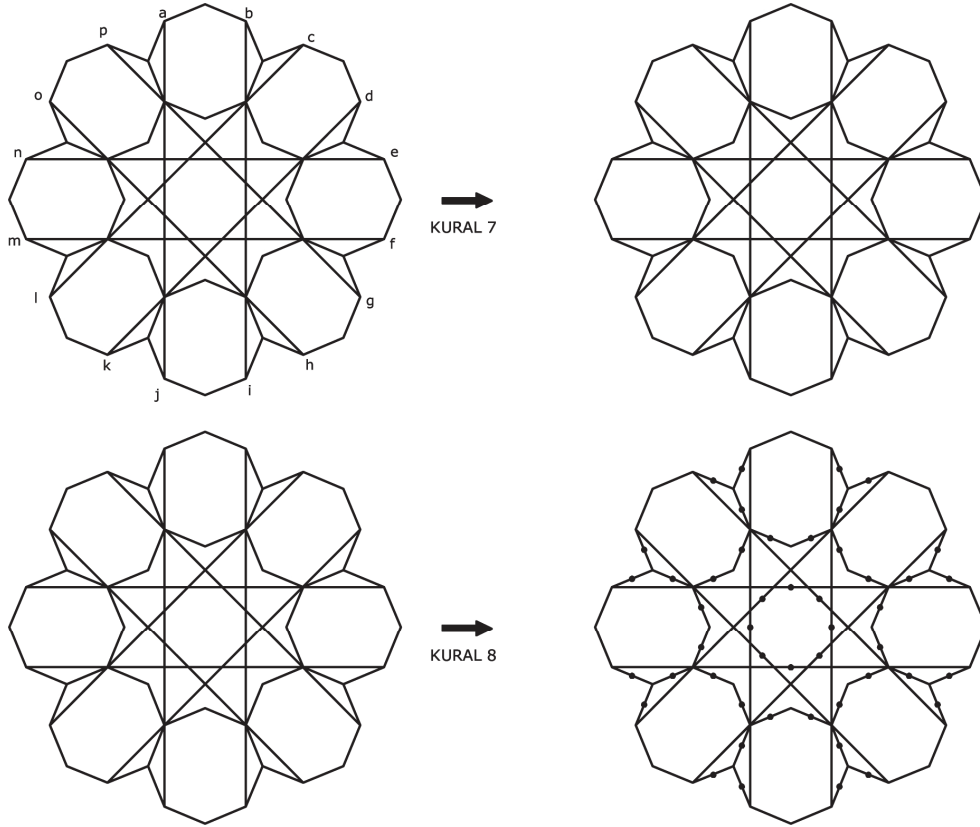
Şekil 4.13: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.



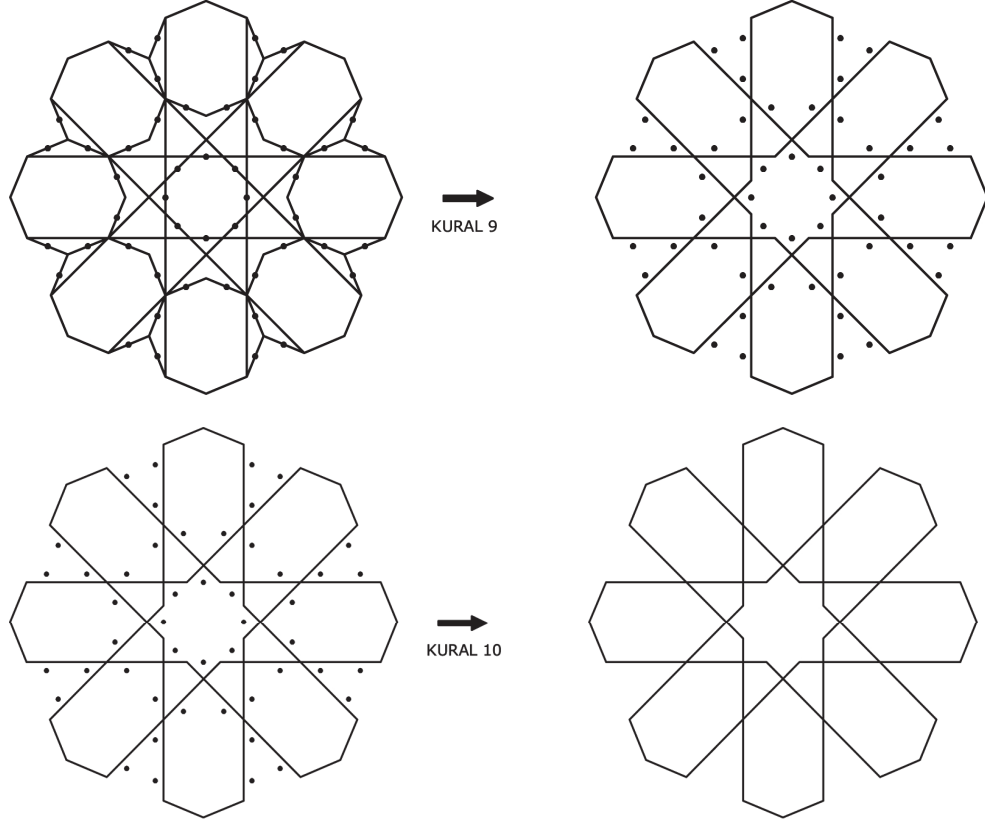
Şekil 4.14: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

8., 9. ve 10. kurallar, 8 kollu yıldızın oluşması için silinmesi gereken kenarları etiketleyip daha sonra bu etiketleri silerek son ürünü elde etmekte ve türetmeyi sonlandırmaktadırlar (Şekil 4.16).

Bu gramerde, 7. kuralın uygulanmayıp tüm etiketlerin son kural kümesi dahilinde silinmesi de bir seçenek olabilecekken kuralları kendi içinde gruplamak amacıyla 7. kural diğer etiketlerin kaldırıldığı son adımdan ayrı tutulmuştur.

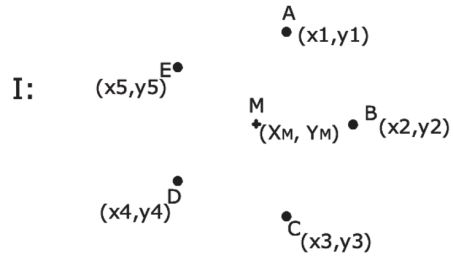


Şekil 4.15: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.



Şekil 4.16: 8 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

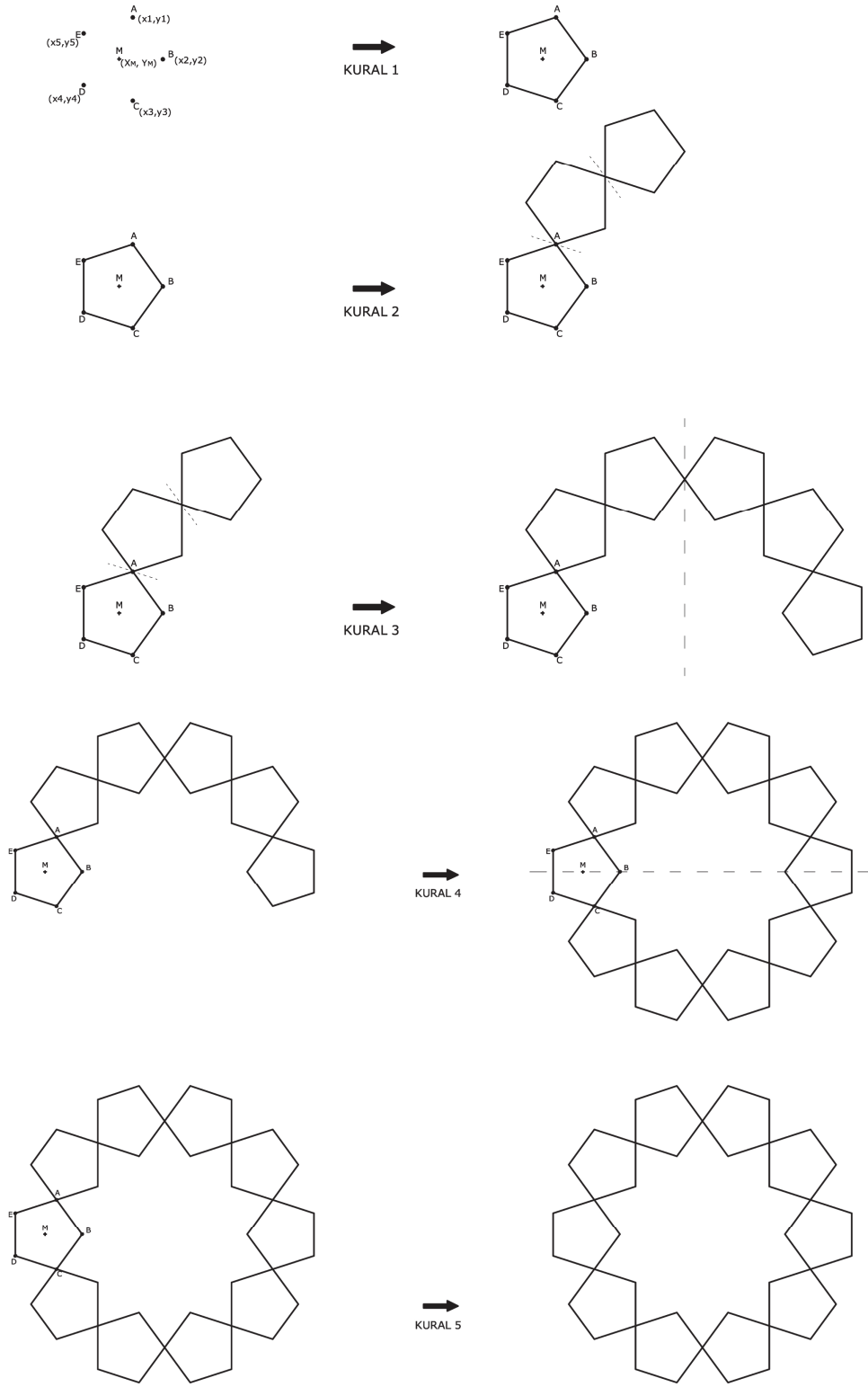
4.3. 10-Kollu Yıldız Geometrisi Kural-Türetim Yapısı



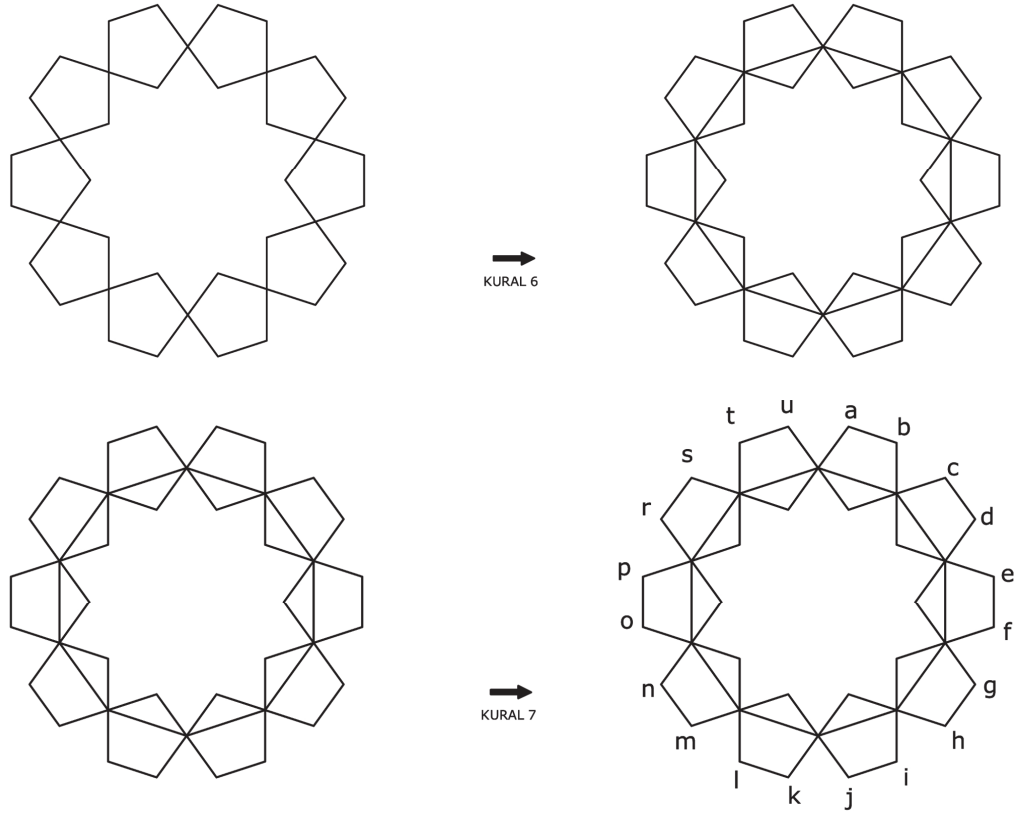
Şekil 4.17: 10 kollu yıldız biçim grameri başlangıç şekli.

10 kollu yıldız gramerinin, başlangıç biçimi, M merkezi etrafında eşit mesafelerle etiketlenen 5 adet noktadan oluşmaktadır (Şekil 4.17). Başlangıç biçimine uygulanan ilk kural, önceki gramerlerde olduğu gibi etiketli noktaları birleştirip ilk biçimi meydana getirmektedir. Oluşan düzgün beşgen, köşelerine teğet geçen simetri ekseninde; ardından merkezden geçen simetri ekseninde yansiyarak düzgün beşgen

halkası elde edilmektedir (Şekil 4.18). Birbirine değen tüm köşeler birleştirilerek M merkezli düzgün ongen biçimi elde edilmektedir.

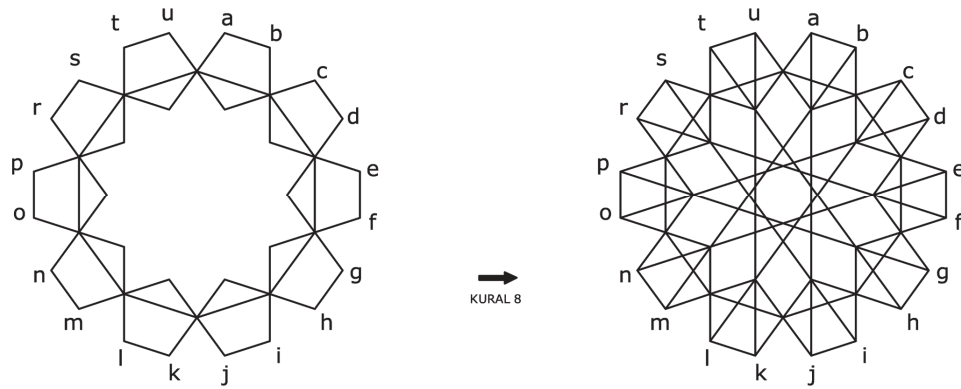


Şekil 4.18: 10 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

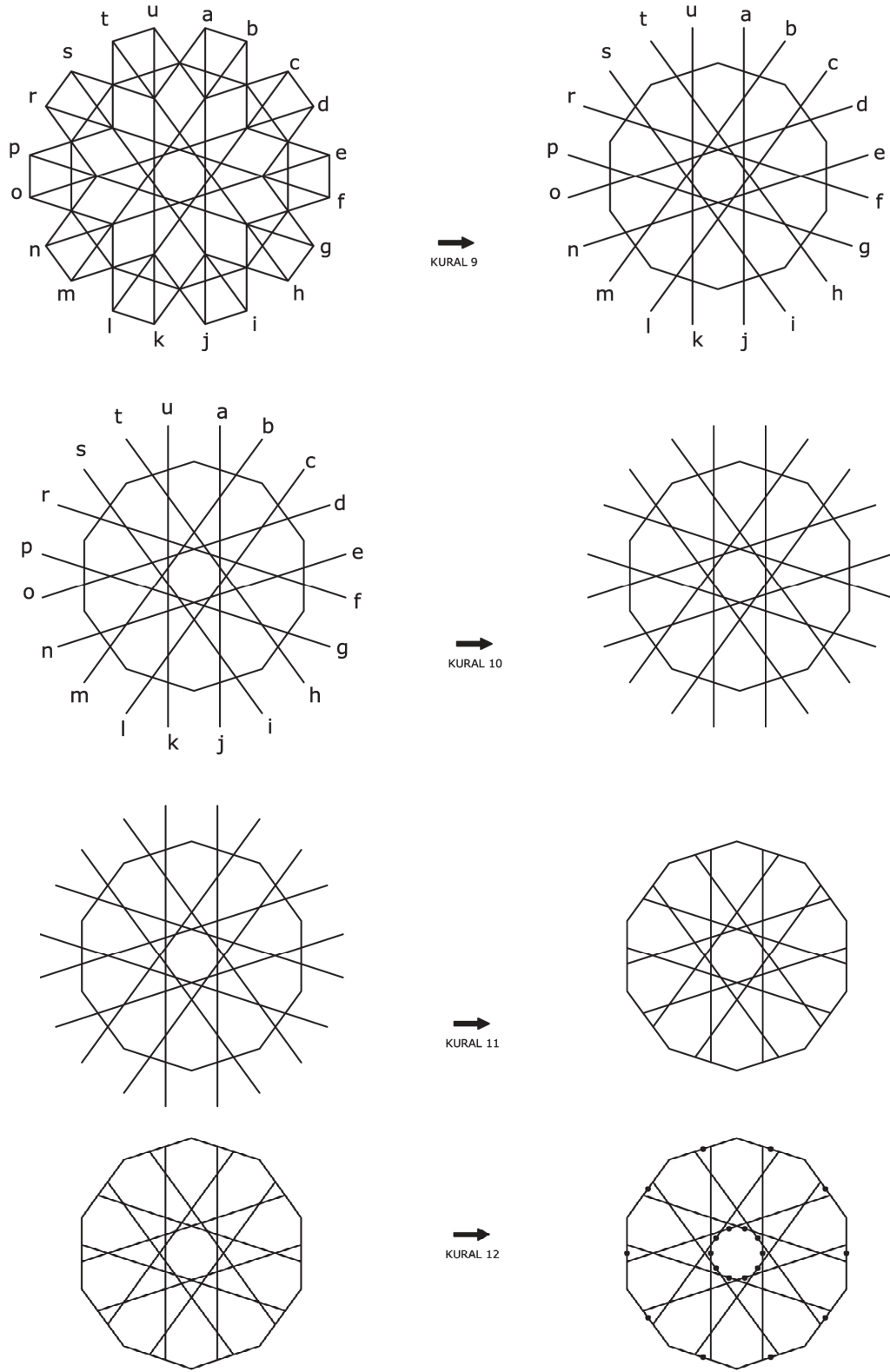


Şekil 4.19: 10 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

7. kural, beşgen halkasının köşelerini harflerle etiketlemekte, bir sonraki kural ise, etiketli noktaları birbiri ile birleştirerek doğrusal çizgiler oluşturmaktadır (Şekil 4.19, Şekil 4.20). 9. ve 10. kurallar kümesi, harf etiketlerini ve beşgenleri silerek doğrusal çizgilerin eşit olarak böldüğü düzgün ongen biçimini meydana getirmektedirler. Bir sonraki kuralın uygulanması ile, ongenin dışındaki çizgiler silinmektedir (Şekil 4.21).

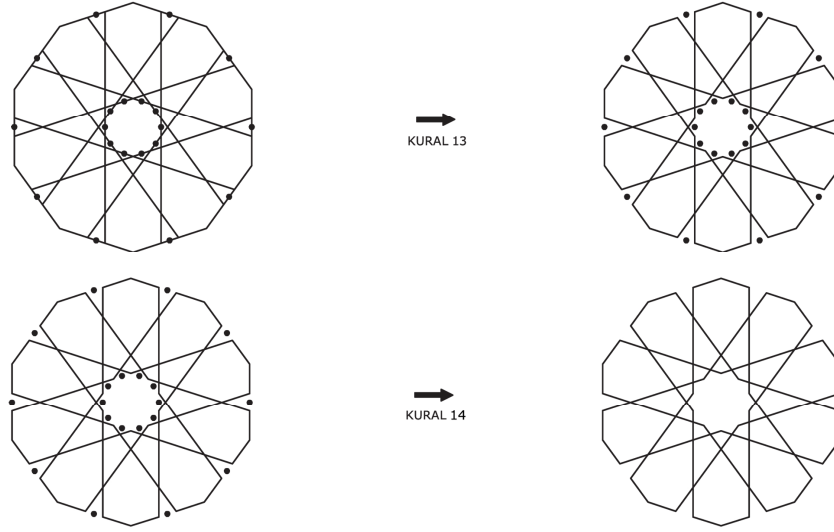


Şekil 4.20: 10 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.



Şekil 4.21: 10 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

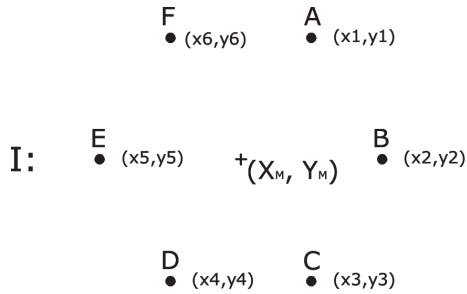
12. kural, aynı sekizli yıldızda olduğu gibi dış kenarlardaki ve içerdeki belli çizgilerin silinmesi için kenarları etiketlemektedir. Son aşamada, etiketlenen çizgiler kaldırılmakta ve • sembolleri silinerek 10 kollu yıldızın grameri tamamlanmış olmaktadır (Şekil 4.22).



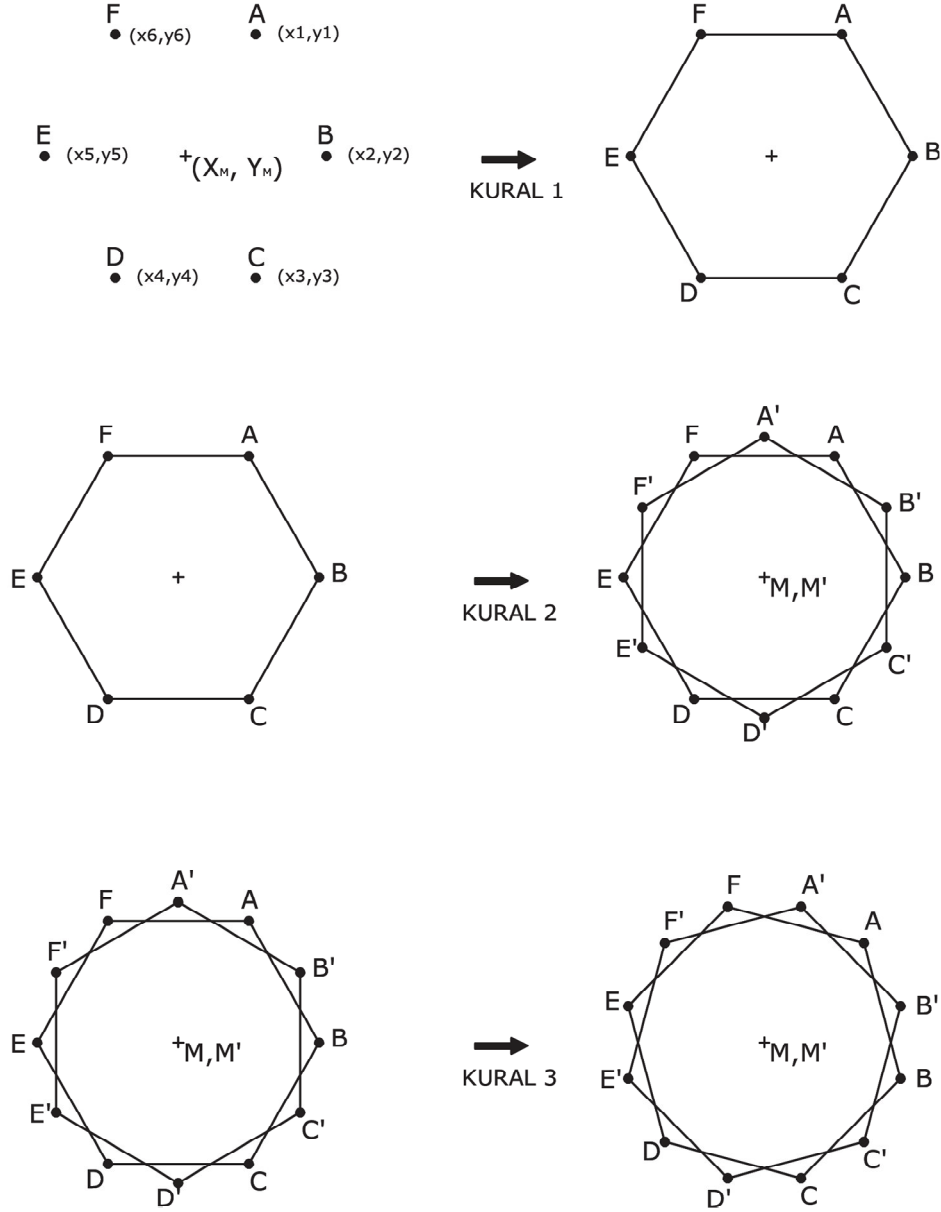
Şekil 4.22: 10 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

4.4. 12-Kollu Yıldız Geometrisi Kural-Türetim Yapısı

12 kollu yıldızın biçimsel analizi yapılarak tasarım dili deşifre edilmiştir. Elde edilen kural kümelerinin ve uygulanış biçimleri 6 kollu yıldızın türetiminde kullanılan kurallar ile büyük ölçüde benzerlik gösterdiği gözlenmektedir. Uygulanan kural adedi 6 köşeli yıldızın gramerinde olduğu gibi 14 adet olup başlangıç biçimi, (X_M, Y_M) koordinatlarına sahip M merkezi çevresinde yerleşmiş 6 adet etiketli noktadan meydana gelmektedir (Şekil 4.23).

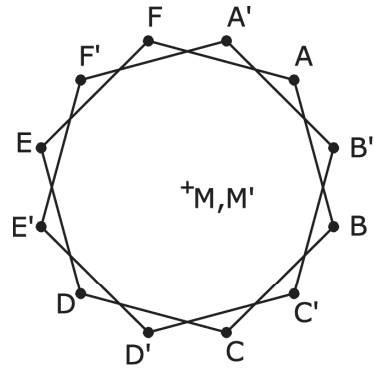


Şekil 4.23: 12 kollu yıldız biçim grameri başlangıç şekli.

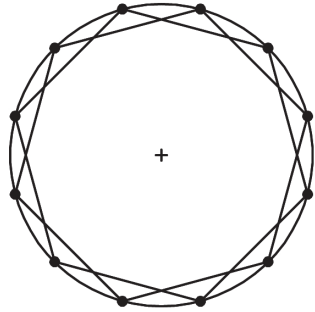
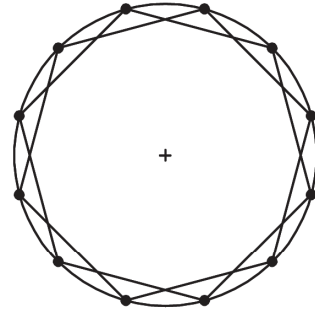


Şekil 4.24: 12 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

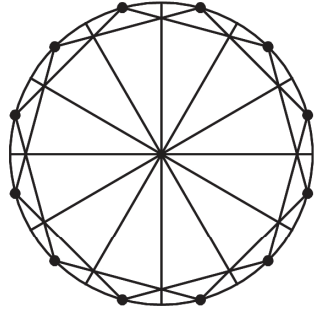
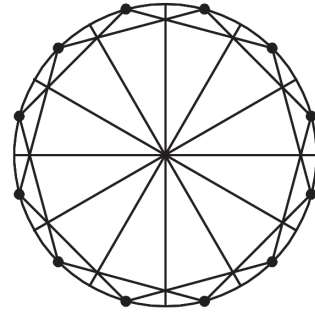
Koordinatları verilen 6 adet noktanın birleştirilip düzgün altıgen elde edilmesi ile ilk kural uygulanmış olmaktadır. Ardından, aynı merkezli ikinci bir düzgün altıgenin 30° dönerek yerleştirilmesi, S ve S' şekillerinin merkezde 15° döndürülmesi, iki biçimi de kapsayan ve M merkezini, merkez olarak alan bir çemberin çizilmesi kuralları uygulanmaktadır (Şekil 4.24). 5., 6. ve 7. kural kümelerinin uygulanışı ile etiketli tüm noktalara teğet geçen düzgün onikigen oluşturulup etiketler silinmektedir (Şekil 4.25). Görüldüğü gibi 7. kural kümesi dahil olmak üzere buraya kadar uygulanan tüm kurallar 6 kollu yıldızın gramerinin kuralları ile aynı özellikleri göstermektedir.



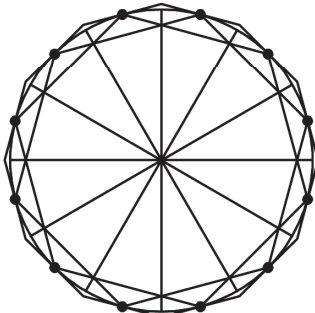
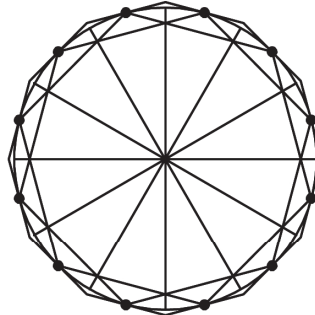
→
KURAL 4



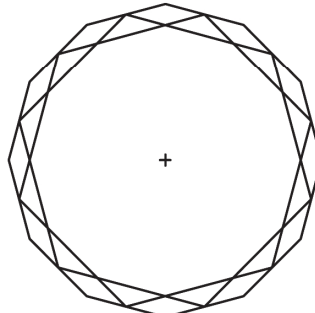
→
KURAL 5



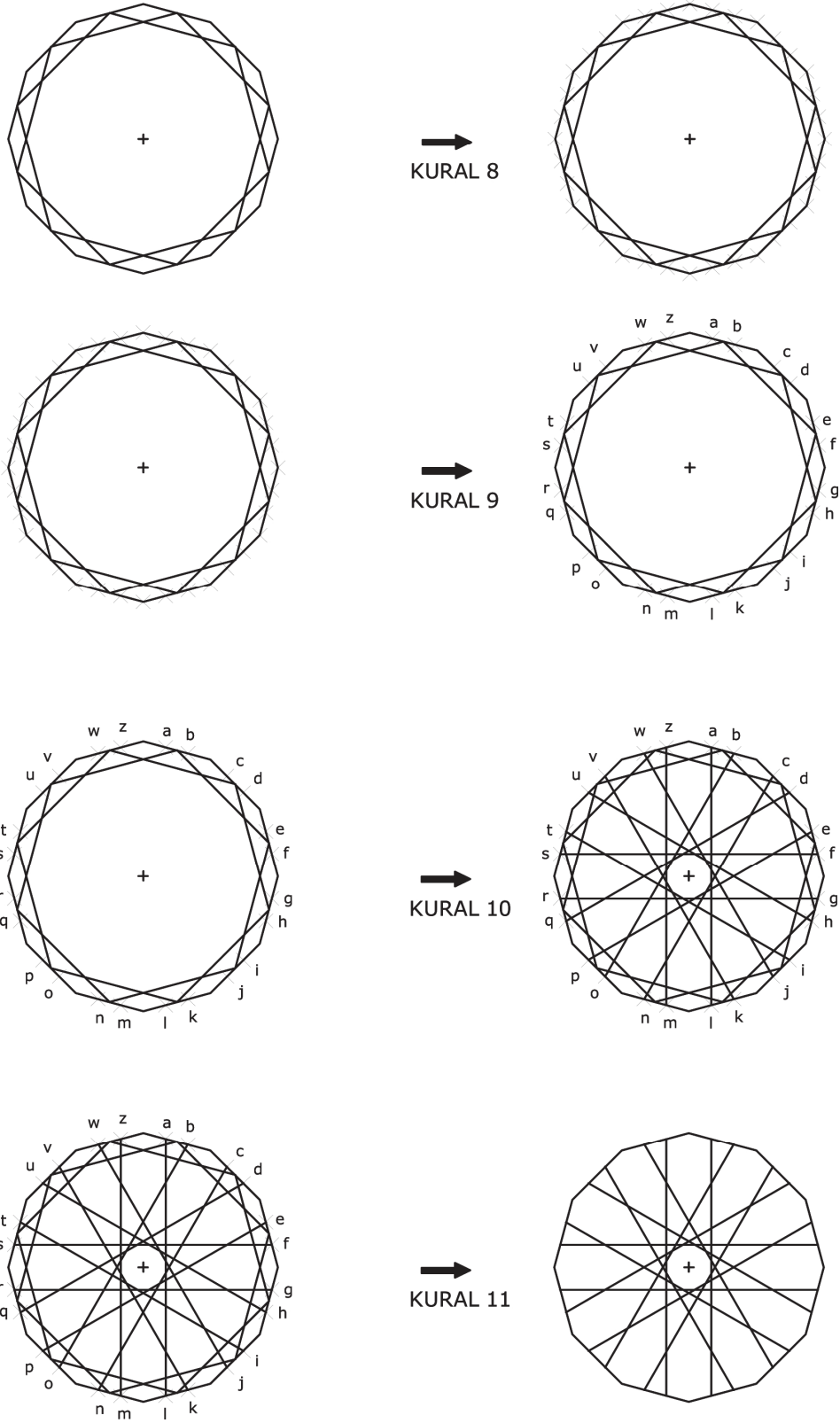
→
KURAL 6



→
KURAL 7

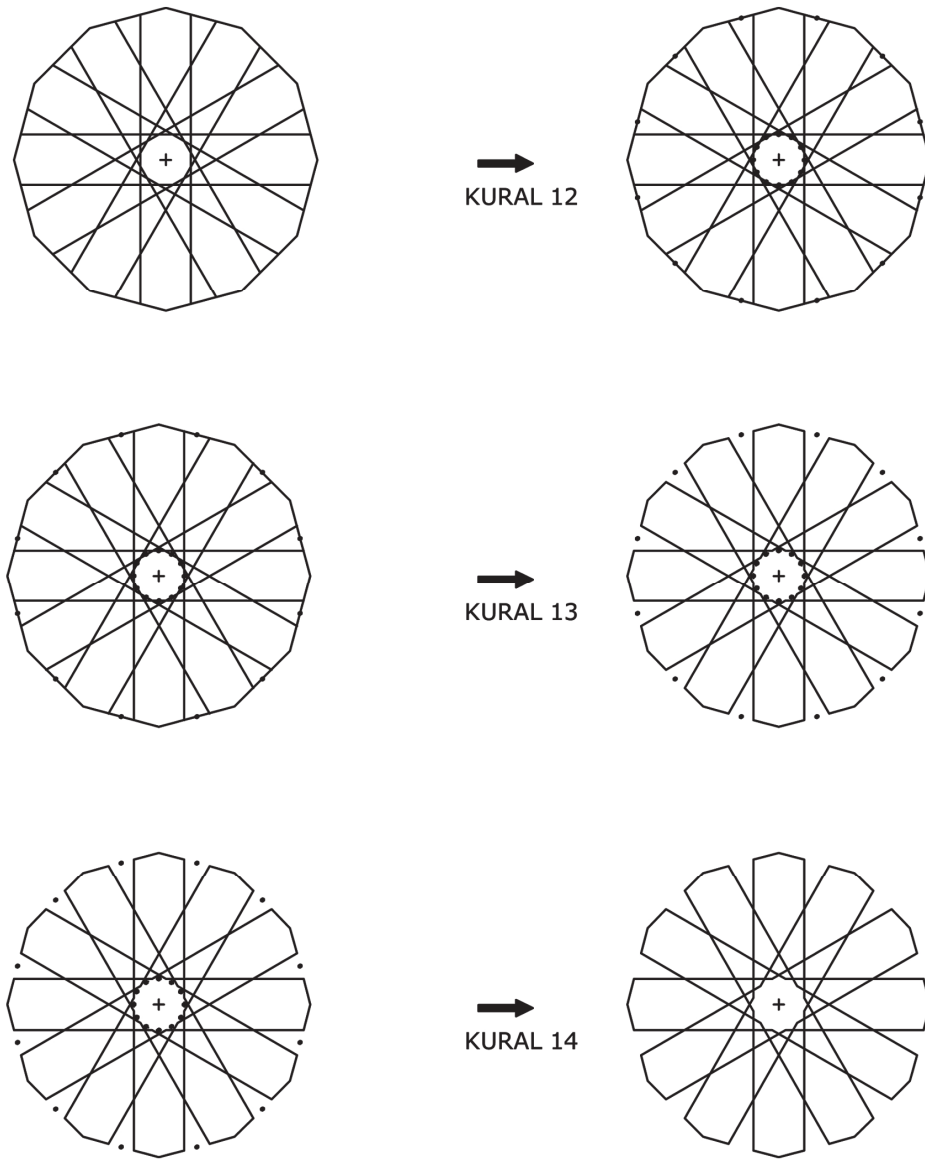


Şekil 4.25: 12 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.



Şekil 4.26: 12 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

8. kuralda, düzgün onikigenin tüm kenarları 3 eşit parçaya bölünmekte ve 9. kural kümesinde herbiri harflerle etiketlenmektedir. 10. kuralda görüldüğü gibi; herbiri M merkezinden geçen, *al*, *bo*, *cn*, *dq*, *ep*, *fs*, *gr*, *hu*, *it*, *jw* ve *kv* doğruları elde edilmektedir. Ardından tüm etiketler ile *S* ve *S'* şekilleri silinerek bir sonraki kural uygulanmaktadır (Şekil 4.26). 12., 13. ve 14. kural kümeleri daha önceki tüm gramerlerin son kural kümelerinde olduğu gibi temizlenecek tüm çizgilerin etiketlenip silinmesi ve geri kalan etiketlerin de temizlenmesi ile son ürünün elde edilmesini sağlamaktadırlar. Böylece son ürün olan 12 kollu yıldız biçimi türetilmektedir (Şekil 4.27).

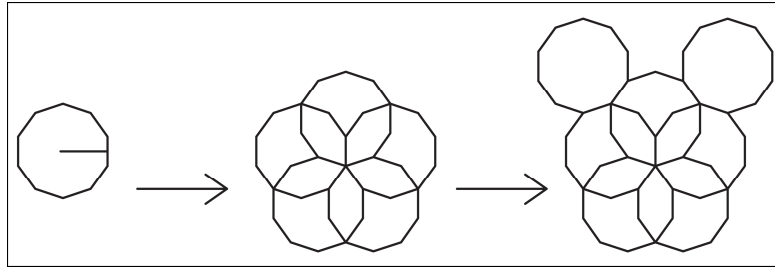


Şekil 4.27: 12 kollu yıldız biçim grameri kurallar kümesi.

4.5. Ongenler İle İslami Geometrik Örüntü Türetme

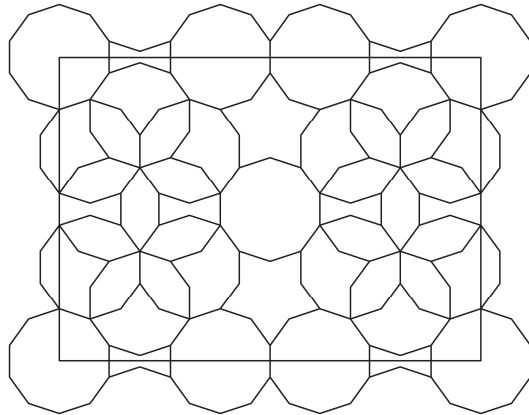
4.5.1. Ongenlerden oluşan örüntü şablonu

Ongen geometrisi, papyon ve kravatların farklı açılarda biraraya gelişlerinden meydana gelmektedir. Papyon ve kravatların, beşgen ve ongenlerden oluşan İslami örüntüler için bir şablon oluşturdukları kabul edilirse sadece ongen kullanarak aynı noktaya ulaşılabilir.



Şekil 4.28: Düzgün ongenin 5'li dönel simetri yöntemi ile çoğaltılması.

Amaç, 1 birim yarıçaplı ongen çizip 5'li dönel simetri ile çoğaltmaktır (Şekil 4.28). Böylelikle ongen geometrisi ile kaplama şablonları elde edilebilecektir. Şekil 4.29'da verilen başlangıç şablonu bu yöntemle meydana gelmiştir. Ekler bölümünde çizimleri ve alternatifleri sunulan 2. bir şablon daha bu yöntemle türetilmiş ve çoğaltılmıştır. Aynı yöntemle ikiden fazla başlangıç şablonu oluşturmak mümkündür. Ancak elle çizimleri oluşumları kolay olmadığından uzman bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır. Uzman sistemin altyapısını oluşturan bu biçim grameri modeli yardımı ile oluşturulan şablon çizimi 5. bölümde detaylı olarak verilmektedir.



Şekil 4.29: Başlangıç şablonu.

4.5.2 Şablonun içinin doldurulması

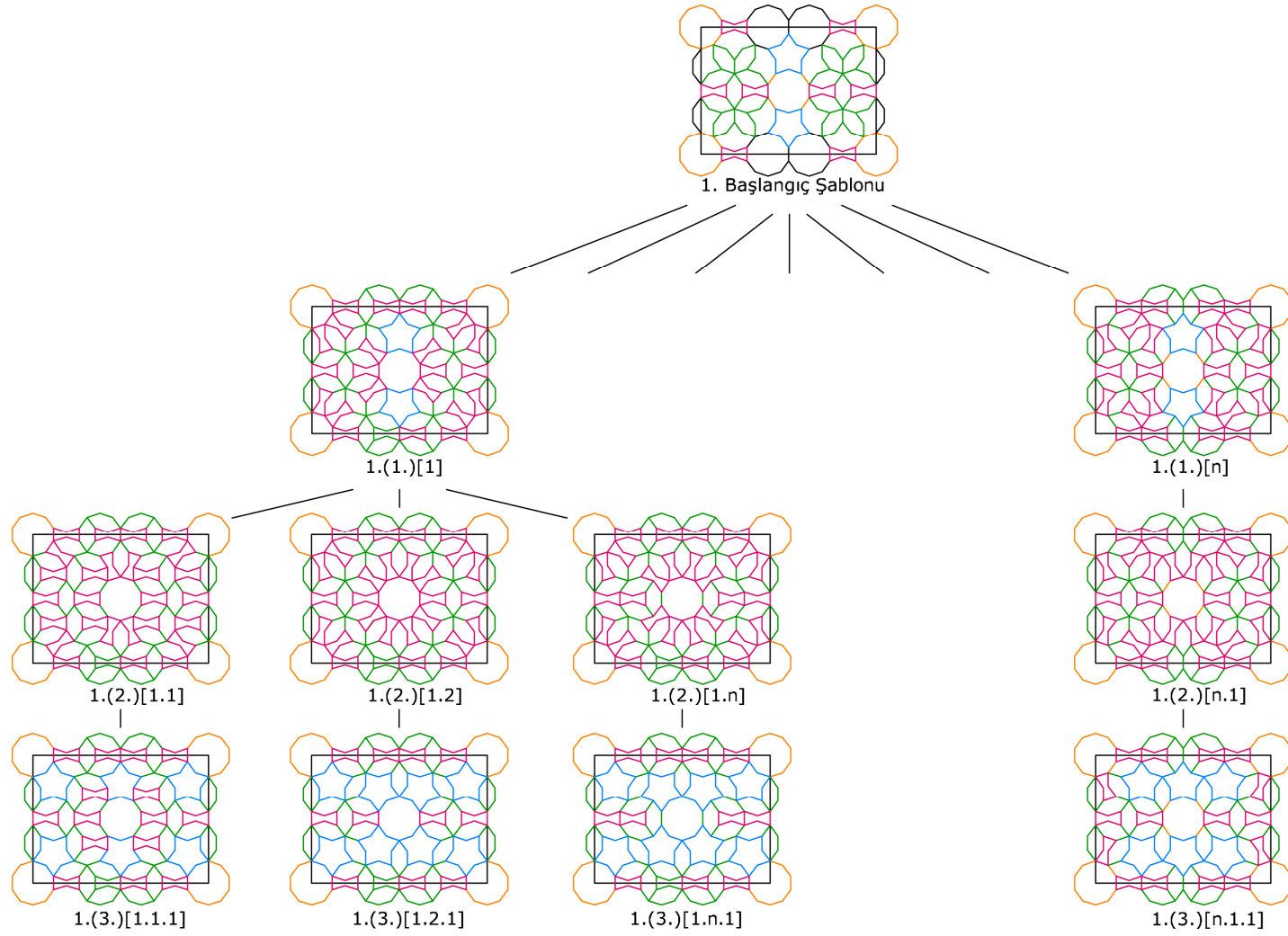
Şekil 4.30’da başlangıç şablonundan elde edilebilecek alternatiflerden iki ana kompozisyon verilmiştir. Sağ kolda oluşan kompozisyonda iki mavi yıldızın yerine konabilecek sadece bir alternatif bulunmaktadır. Çünkü yıldızlar, kaplamanın tam düşey simetri ekseninde bulunmaktadırlar. İçlerine yerleşecek papyon ve kravatın da düşey simetri ekseninden geçecek şekilde konumlanmaları gerekmektedir. Bu kuralı sağlayan tek alternatif bulunmaktadır. Ancak yıldızların içi sabit kalıp çevresindeki ongenlerin içleri değışebilmektedir. Bir sonraki adımda, tüm kaplamadaki papyon-kravat kombinasyonları arasındaki yıldız oluşumları seçilerek yeniden yıldızlar elde edilmektedir. Böylece yansıma eksenı dışında kalan tüm yıldızların 5’er adet farklı alternatifı oluşu sebebiyle elde edilecek kaplama seçenekleri daha da fazlalaşmaktadır.

Sol koldaki alternatiflere bakıldığında ise, tüm kısıtlamalar dahilinde içleri değıştirilebilecek ongen seçenekleri görölmektedir. Herbir alternatif kendi içinde farklı yıldız oluşumlarına sahip olup çok küçük farklarla birbirlerinden ayrılmaktadırlar.

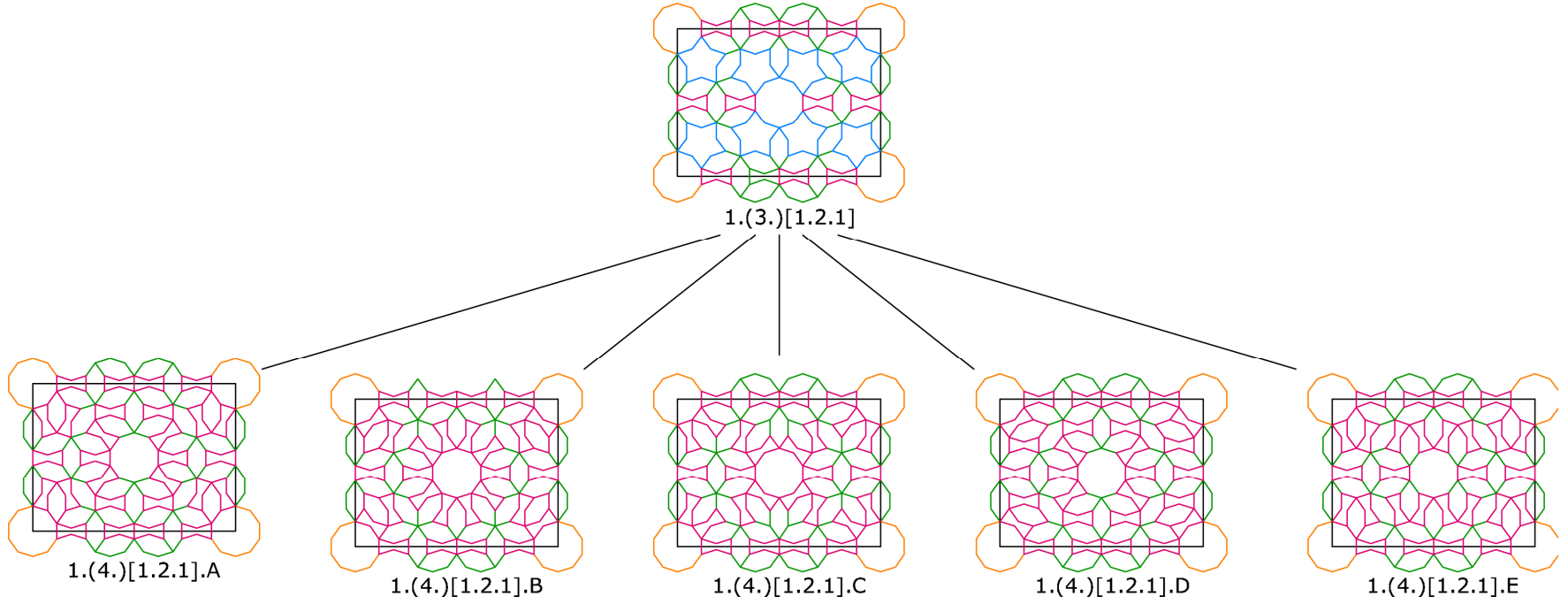
Şekil 4.31’de, başlangıç şablonunun sol kolundan devam eden alternatiflerden en sağdaki yıldız grubunun içinin farklı şekilde doldurulduğu kombinasyonlar verilmiştir. Düşey eksenıde yıldız bulunmadığı için herbir yıldızın 5 farklı şekilde içinin doldurulması mümkün olmaktadır.

Tek bir ongenıden başlayarak oluşturulan şablonun, son aşamada ne kadar çok sayıda alternatif sunacağı bu örnekteki çalışmada görölebilmektedir.

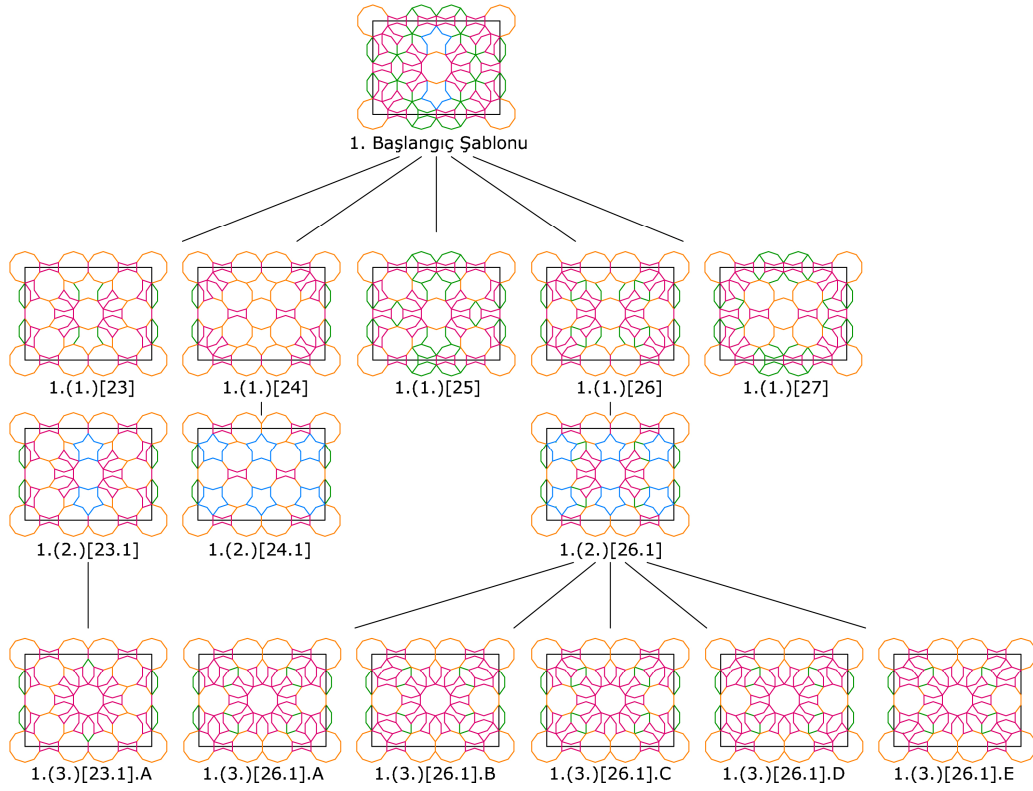
Türevlerin kodlaması; “başlangıç şablonunun adı•(aşamanın sayısı•)[1.aşamadaki türev numarası•2.aşamadaki türev numarası•3. aşamadaki türev numarası]•4. aşamadaki alternatif kodu” şeklinde verilmektedir. Dolayısıyla çok sayıdaki alternatif kümesinin içinden seçilen herhangi bir kaplama şablonunun hangi aşamada oluştuğu, olası alternatif sayısı ve hangi başlangıç şablonuna ait olduğu bilgileri elde edilebilmektedir.



Şekil 4.30: 1. şablonun alternatif kümesi.



Şekil 4.31: Son aşamada yıldızların içinin papyon-kravat ile doldurulması.

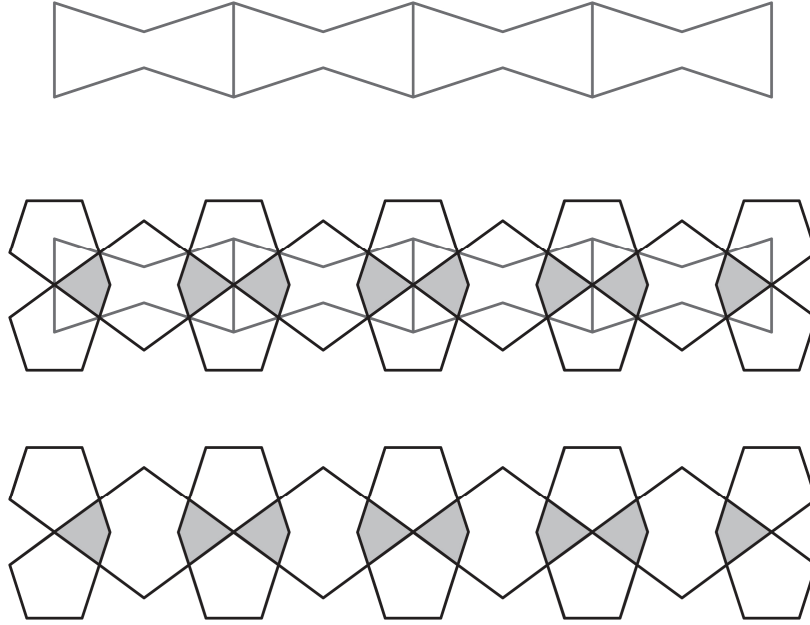


Şekil 4.32: Şablonun ongenlerle doldurulması alternatifi.

Aynı başlangıç şablonundan, papyon kravat kombinasyonları dışında, çok sayıda ongenin kullanıldığı alternatifler de elde edilebilmektedir. Tüm papyon-kravat kombinasyonunun içi boş ongen biçimine dönüştürülmesi sonucu Şekil 4.32’de görülen seçenekler meydana gelmektedir. Yukarıdaki örnekte de olduğu gibi burada olası tüm alternatifler değil, sadece birkaçı verilmektedir. Görüldüğü gibi ikinci aşamada yine yıldızların oluşması ve son aşamada içlerinin olası alternatiflerle doldurulması sonucunda elde edilen 5 farklı yüzey kaplama şablonu meydana gelmiştir. Buradaki çizimde 23 rakamı rastlantısal olarak verilmiştir. Yüzlerce alternatif arasından farklı şekilde de kodlanması mümkündür. Ongenlerin içinin boşaltılması dolayısıyla türetme 4 aşamada değil 3 aşamada gerçekleşmektedir. 1.(3.)[n.n].B gibi bir kodlama, ongenlerle oluşturulan bir kaplama şablonu olduğu bilgisini verirken 1.(3.)[n.n.n].B kodu, papyon-kravat ve yıldız kombinasyonlarının alternatiflerinden oluşan bir kaplama şablonu olduğunu göstermektedir.

4.5.3 Papyon ve kravat ile bordür türetimi

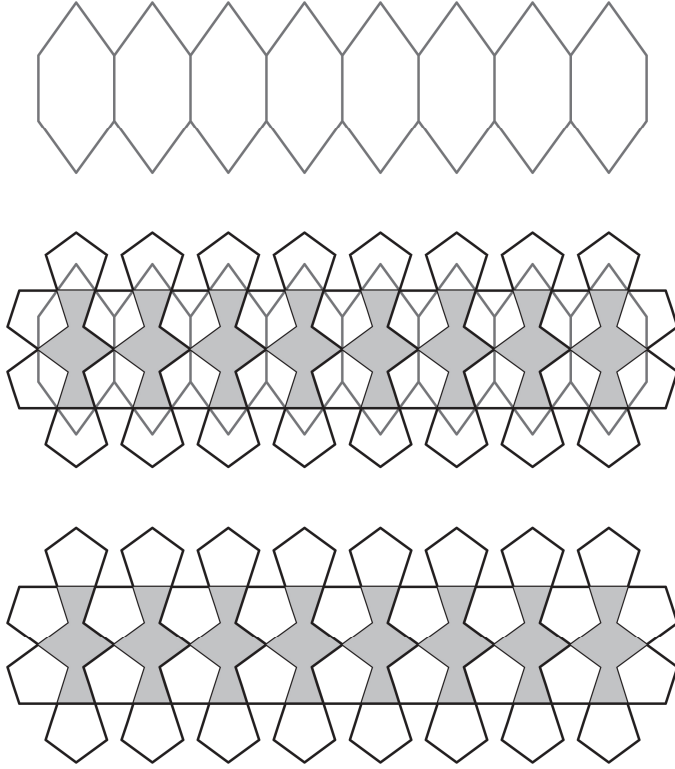
Bu çalışmada, yapılan denemeler sonucunda, papyon ve kravatlarla sadece yüzey örüntüsü şablonu değil aynı zamanda bordür geometrileri de t retilbileceği g r lm ştir. şekil 4.33'te, sadece papyonların yanyana gelerek oluşturdukları bordür şablonu ve Lu'nun kaplama karolarının yerleştirilmesi ile elde edilen bordür geometrisi görülmektedir.



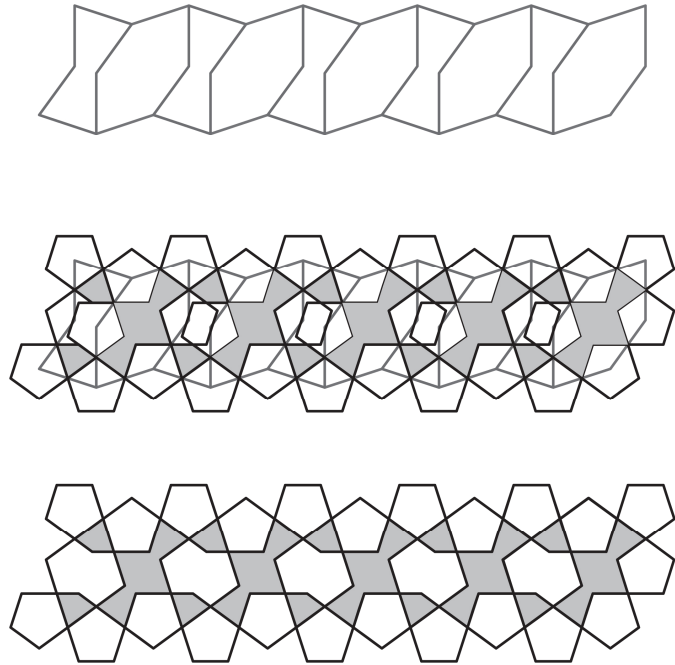
şekil 4.33: Papyonlarla bordür türetimi.

şekil 4.34'te ise sadece kravatlar kullanılmakta ve herbiri birbirine paralel olacak şekilde yanyana gelmektedir. Elde edilen 2. bordür şablonunun da ileri Lu'nun kaplama karoları ile doldurulmaktadır.

Dikdörtgen yüzeyin kaplanmasında olduğu gibi, papyon ve kravat biçimlerinin çok farklı şekilde biraraya gelişleri mümkün olmaktadır. Dolayısıyla bordür türetmek istendiğinde, papyon-kravat kombinasyonu alternatifleri kadar farklı bordür geometrisi elde edilebilmektedir. şekil 4.35'te, papyon ve kravatın farklı açılarda biraraya gelişi ile elde edilen ve doğrusal gelişen bir kompozisyon türetilmiştir. 2 farklı bordür alternatifleri daha ekler bölümünde verilmektedir.



Şekil 4.34: Kravatlarla bordür türetimi.



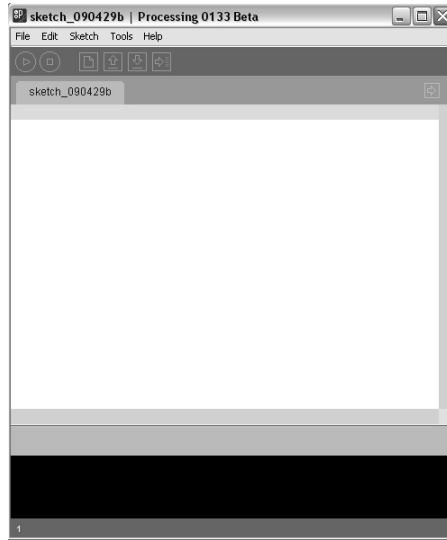
Şekil 4.35: Kravat ve papyonlarla bordür türetimi.

5. ÖRÜNTÜ TÜRETEN BİÇİM GRAMERİ MODELİ

Bu çalışmada geliştirilen biçim grameri modeli, ileride üretimi hızlandıracak ve kolaylaştıracak uzman sistemin alt yapısını oluşturmaktadır. İlk aşamada sadece görsel bir sonuç verebilecek olan Processing programlama dili seçilmiştir. Daha sonraki aşamalarda, kullanıcıya son ürün üzerinde değişiklik yapma olanağı sunabilecek, örüntüyü çoğaltabilecek ya da boyutsal değişiklikler yapmayı sağlayacak ve karoların ölçülerini verebilecek hem tasarıma hem de üretime yönelik sonuçlar verebilecek bir yazılım dili düşünülmektedir.

5.1 Programlama Dili: Processing

Processing, imaj üretme ve imajlar üzerinde değişiklik yapabilme amaçlı tasarlanan bir programlama dilidir. Çoğunlukla sanat, mimarlık, matematik, tasarım ve müzik gibi disiplinlerarası projelerin üretilmesine imkan sağlamaktadır. Processing, yazılım kavramını görsel biçimlerle, hareket ve etkileşim prensipleriyle ilişkilendiren bir programlama dilidir. Processing yardımı ile, 2 ve 3 boyutlu geometriler, vektörel çizimler, imaj işleme, renklendirme yapılabileceği gibi ses ve video ile projeler de üretilebilmektedir. Klavye, fare, kamera kullanımı ile etkileşimli tasarımlar hayata geçirilebilmektedir (Reas, Fry, 2007).



Şekil 5.1 : Processing arayüzü.

Şekil 5.1’de, Processing’in arayüzü görülmektedir. Beyaz alan kodların yazıldığı, siyah alan ise hata ya da uyarı mesajlarının görüldüğü alanlardır. Aynı pencere içinde birçok farklı sekme yardımıyla birden fazla proje üzerinde çalışılabilmektedir.

Bu tez çalışmasında ilk aşamada Processing dilinin tercih edilmesinin sebebi, diğer programlama dillerine göre kolay öğrenilebilmesi ve kullanılabilmesinin yanı sıra geometrik biçimlerin çiziminde, trigonometri alanında ve imaj işleme konularında türetim yapabilme kolaylığıdır.

5.2 Processing İle Programlama Örnekleri

Processing ile programlamaya başlarken ilk önce ekranın boyut, çizim yapılacaksa çizgilerin renk ve kalınlıkları gibi ayarlamalar yapılmaktadır:

```
void setup()
{
  size(200, 200);
  stroke(255);
  noFill();
  smooth();
}
```

Ardından yapılacak çizimle ya da görselle ilgili kodlar yazılmaktadır. Çalışmada diziler, sınıflar ve döngülerin kullanılması ile kodlar kısaltmakta ve kullanım rahatlığı sağlamaktadır:

```
void draw()
{
  background(0);

  float[] koordinatX = new float [10];
  float[] koordinatY = new float [10];

  for (int i = 0; i < 10 ; ++i)
  {
    vertex(koordinatX[i], koordinatY[i]);
  }
}
```

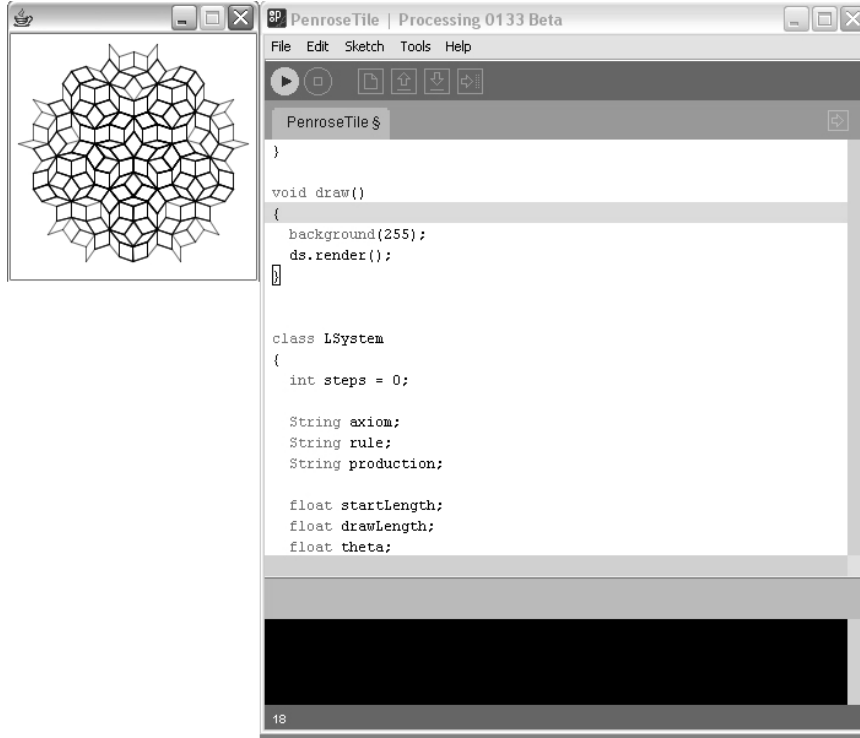
Processing yardımı ile yapılan çalışmalardan biri, Penrose’un karolarını çizmek için kullanılmaktadır. Penrose’un pentapleks karolarının simülasyonunu yapan bir projedir.

```
PenroseLSystem ds;
void setup()
{
```

```

size(200, 200);
smooth();
ds = new PenroseLSystem();
ds.simulate(4);
}

```



Şekil 5.2: Penrose karoları türeten Processing kodları.

Eşkenar dörtgenlerin çizimi ve biraraya gelişleri dizilerle ifade edilmektedir. Simulasyonun işleyişi L-sistemler yardımıyla olmaktadır. Dolayısıyla L-sistemlerin oluşumunun kodlarından meydana gelen sınıfın kodlarının çağırılmasıyla işlem kolaylaşmaktadır. 5’li dönel simetriye sahip olan bu kaplamanın oluşum kuralları programa girilerek türetme kontrollü bir biçimde ilerlemektedir. Aşağıda kısa bir bölümü verilen kodlar, PenroseLSystem adlı sınıfın içerdiği kurallar dizisinin Processing ile ifadesini göstermektedir.

```

PenroseLSystem()
{
  axiom = "[X]++[X]++[X]++[X]++[X]";
  ruleW = "YF++ZF4-XF[-YF4-WF]++";
  ruleX = "+YF--ZF[3-WF--XF]+";
  ruleY = "-WF++XF[+++YF++ZF]-";
  ruleZ = "--YF++++WF[+ZF++++XF]--XF";
  startLength = 200.0;
  theta = radians(36);
  reset();
}

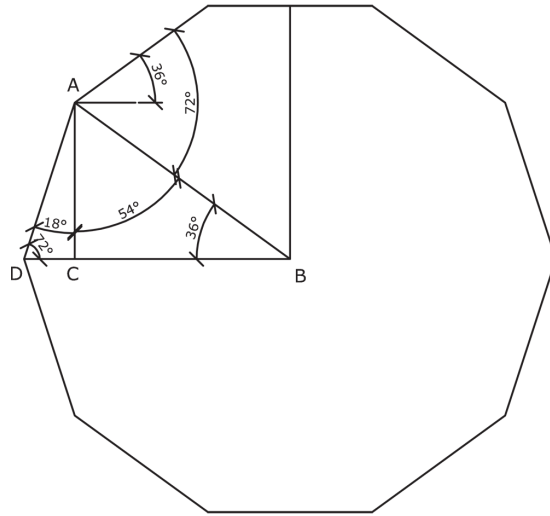
```

5.3 Ongen örüntülerin programlanması

Geometri türetimi amaçlı geliştirilen biçim grameri modeli, tüm kural ve kısıtlamalar dahilinde çok sayıda alternatif sunmaktadır. Tüm alternatiflerin insan zekası ile hesaplanması çok uzun sürmekte ve hata yapma ihtimali de yüksek olmaktadır. Gelecek için önerilen uzman sistemde kullanılmak üzere, biçim grameri modelinden yola çıkarak ve matematik, geometri ve trigonometri bilgisinden yararlanarak çeşitli eşitlikler sunulmaktadır.

5.3.1 Ongen çizimi ve türetimi

Bu tez çalışmasında, temel biçim düzgün ongen olduğundan öncelikle ongen çizimini gerçekleştirmek gerekmektedir. Ongen çizmek için önce merkez noktası B'nin x ve y koordinatları belirlenir. Ardından ongenin yarıçap uzunluğuna karar verilerek |DB| doğrusu kadar mesafedeki D noktasının x ve y koordinat değerleri hesaplanır. Burada |DB|'nin uzunluğu 50 birim olarak kabul edilmiştir. D noktasını belirledikten sonra, D noktasına göre x'te |DC| kadar, y'de |AC| kadar mesafede olan A noktasının koordinatları belirlenir. A noktası D noktasına göre açılı olduğundan; $|AD| \cdot \sin(72) = |AC| \rightarrow |AD| \cdot \sin(72) = |AB| \cdot \sin(36) \rightarrow |AD| = |AB| \cdot \sin(36) / \sin(72)$ eşitlikleri kullanılarak ongenin ilk kenarı çizilmiş olur. Bu kurallar dahilinde devam edilerek ongenin tüm köşelerinin x,y koordinatları belirlenip tüm kenarları çizilerek başlangıç şekli elde edilmiş olur.



Şekil 5.3: Düzgün ongenin iç açıları.

Processing’de çizim yapılırken kolaylık sağlaması amacıyla yukarıda verilen eşitlikler bir dizi kapsamında birleştirilerek her köşeye uygulanması için kodlanmaktadır. Aşağıda, bir bölümü verilen kodlar, ongen çiziminde kullanılan eşitlikler doğrultusunda oluşturulmuştur.

```
koordinatX[0] = ((width/2- n - n/5) + cos(72*PI/180)*(float)m);
koordinatY[0] = height/2;

koordinatX[1] = koordinatX[0] + cos(72*PI/180)*(float)m;
koordinatY[1] = koordinatY[0] - (sin(72*PI/180)*(float)m);

koordinatX[2] = koordinatX[1] + cos(36*PI/180)*(float)m;
koordinatY[2] = koordinatY[1] - sin(36*PI/180)*(float)m;

koordinatX[3] = koordinatX[2] + (float)m; // koordinatX[2] + cos(0*PI/180)*(float)m;
koordinatY[3] = koordinatY[2];

koordinatX[4] = koordinatX[3] + cos(36*PI/180)*(float)m;
koordinatY[4] = koordinatY[1];

koordinatX[5] = koordinatX[4] + cos(72*PI/180)*(float)m;
koordinatY[5] = koordinatY[0];

koordinatX[6] = koordinatX[4];
koordinatY[6] = koordinatY[5] + (sin(72*PI/180)*(float)m);

koordinatX[7] = koordinatX[3];
koordinatY[7] = koordinatY[6] + (sin(36*PI/180)*(float)m);

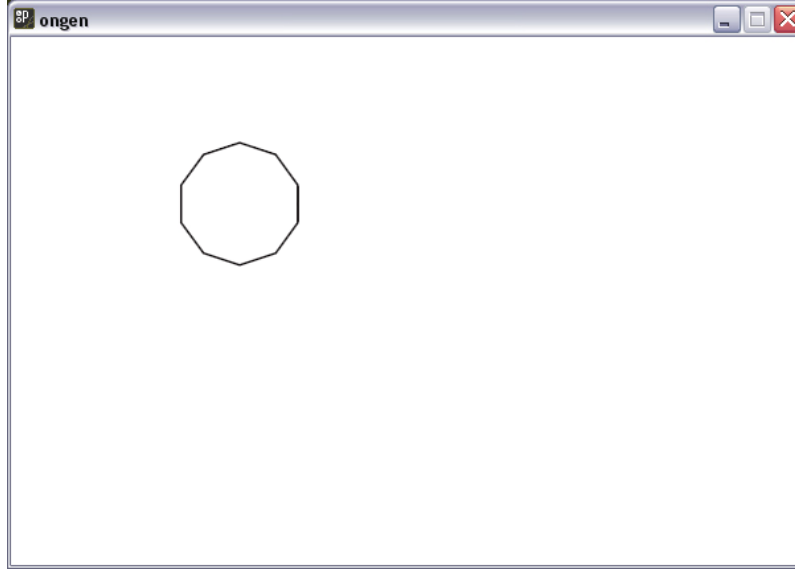
koordinatX[8] = koordinatX[2];
koordinatY[8] = koordinatY[7];

koordinatX[9] = koordinatX[1];
koordinatY[9] = koordinatY[6];
```

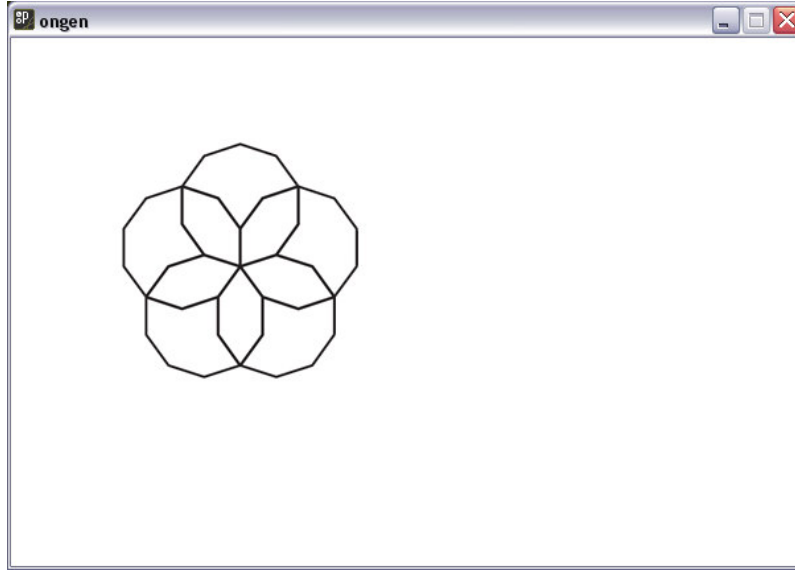
5.3.2 Ongenlerle şablon çizimi

Ongen çiziminin Processing dilinde yazılımı yukarıda anlatılmıştır. Ongenin çizim kodlarının tamamı ekler bölümünde verilmiştir.

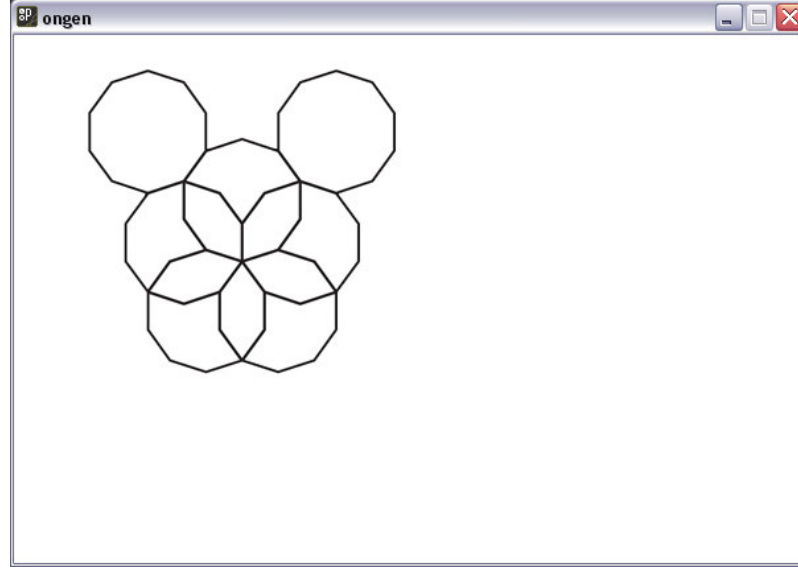
Başlangıç şablonunu türetmek için de öncelikle 1 birim yarıçaplı bir düzgün ongen çizilmektedir (Şekil 5.4). Çizilen ongen herhangi bir köşesinde 5 kere döndürülerek, diğer bir deyişle 5’li dönel simetri yöntemiyle kopyalanmaktadır (Şekil 5.5).



Şekil 5.4: Düzgün ongen çizimi.



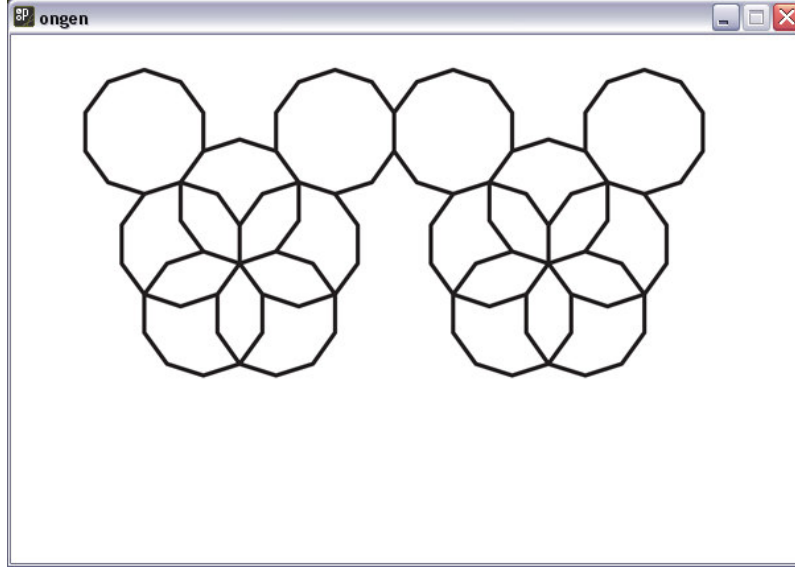
Şekil 5.5: Ongenin 5'li dönel simetri ile kopyalanması.



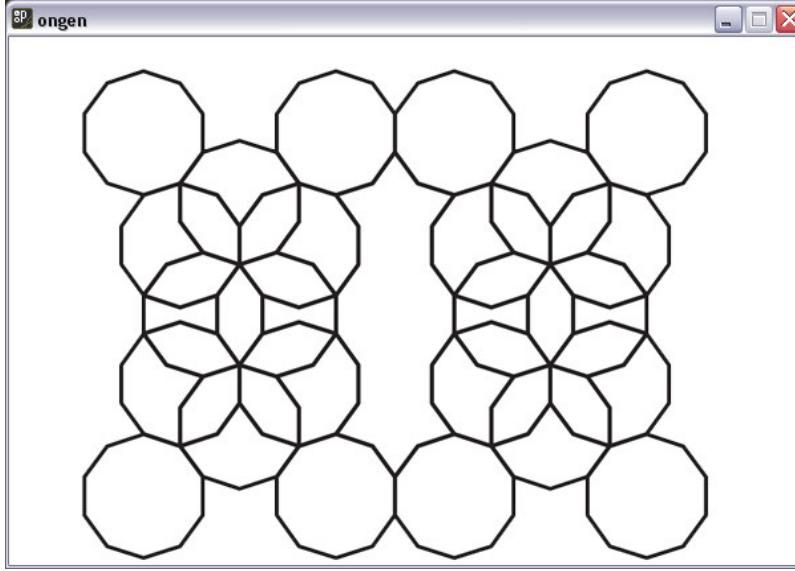
Şekil 5.6: Ongenlerin eklenmesi.

Şekil 5.6’ da görüldüğü gibi, 2. aşamanın sonucunda elde edilen biçimin köşelerine düzgün ongenler yerleştirilerek şablon oluşumu devam etmektedir. 2. aşamadan sonra eklenecek ongenler herhangi başka köşelerden de birleştirilebilmektedir.

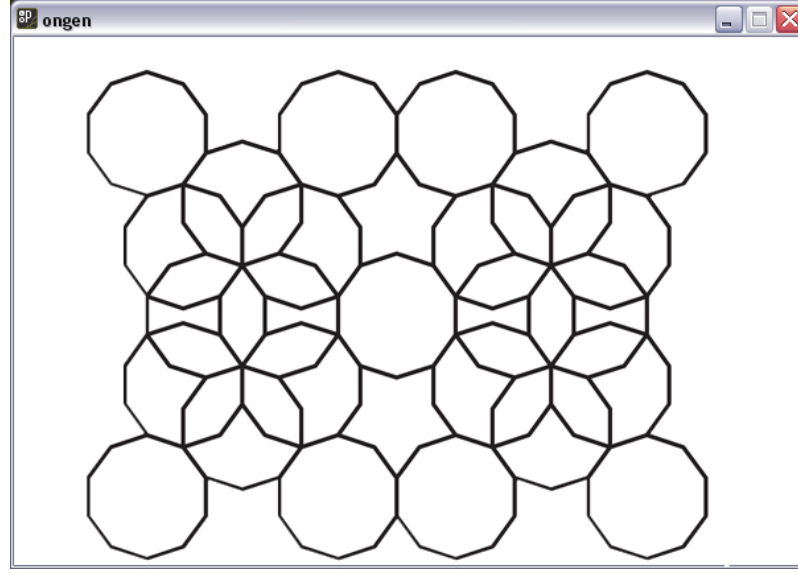
Ardından elde edilen biçim grubu, yansıma eksenini sağdaki ongenin düşey kenarından geçecek şekilde yansıması alınmaktadır (Şekil 5.7). Şekil 5.8’de ise tüm biçim grubu, bu sefer yansıma simetrisi alttaki ongenlerin tam merkezinden geçecek şekilde yerleştirilerek yansıması elde edilmektedir. Böylece şeklin yatay ekseninde 4 adet papyon, ve tüm ongenlerin kesişim alanlarında kravatlar meydana gelmektedir. Şekil 5.9’da görüldüğü gibi yansıma simetrisinin alınmasından sonra merkeze düzgün ongen yerleştirilerek 2 adet 5 köşeli yıldız biçimi elde edilmektedir. Son olarak köşeleri köşelerdeki ongenlerin merkezinde olacak şekilde dikdörtgen yüzey yerleştirilmektedir (Şekil 5.10).



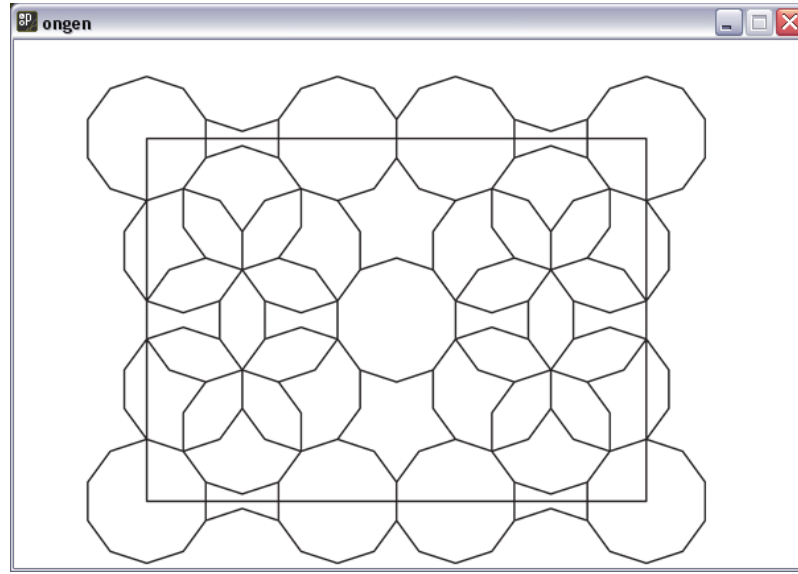
Şekil 5.7: Düşey yansımasının alınması.



Şekil 5.8: Yatay yansımasının alınması.



Şekil 5.9: Merkeze ongen yerleştirilmesi.



Şekil 5.10: Dikdörtgen yüzeyin yerleştirilmesi.

Papyonun H merkezinin x,y koordinatları da hesaplanabilmektedir. Ancak 3 adet kravatın yerleşimi, zaten arada papyonu oluşturacağından yeni bir eşitliğe gerek duyulmamaktadır.

Düzgün ongenlerin birçok farklı kombinasyonu ile çok sayıda dikdörtgen şablon elde edilebilmektedir. Ancak uygulanması gereken bazı kurallar ve kısıtlamalar bulunmaktadır. Bu kurallar ve kısıtlamalar, şablona yerleştirilecek karoların meydana getirecekleri örüntünün İslami geometrik kompozisyonların özelliklerine uyması açısından önem taşımaktadır. Biçim grameri modelinin ve ileride uzman sistemin de bu kısıtlamalar ve kurallar dahilinde sonuç vermesi sağlanmaktadır. Öncelikle çizilecek dikdörtgenin yerleşim kuralları ele alınmaktadır.

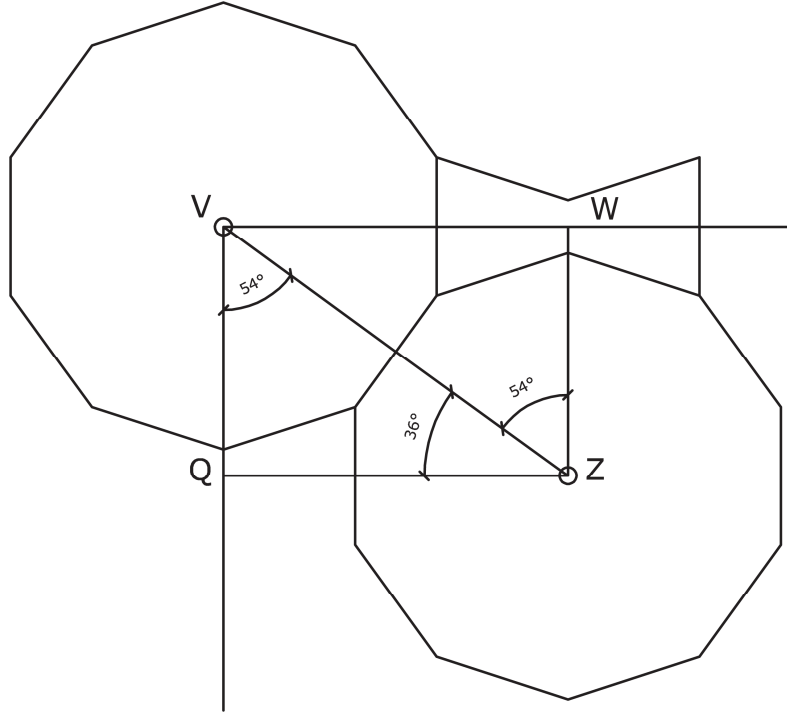
İlk kural, dikdörtgenin köşelerine yerleşen düzgün ongenler, mutlaka dikdörtgenin köşeleri merkezlerine gelecek şekilde yerleştirilmelidir. Sisteme bu kuralı tanıtmak için dikdörtgenin 1. köşesinin x ve y koordinatlarının köşedeki ongenin merkez noktası ile aynı koordinatlara sahip olması gerektiğini ifade eden kodlar yazılmaktadır.

Şekil 5.12’de dikdörtgen yüzeyin köşesinin başlangıç şekil olan düzgün ongenin merkez noktası ile olan ilişkisi gösterilmektedir.

$|VZ|$ uzunluğu düzgün ongenin çap uzunluğuna eşittir. Sistemde V noktasını belirtmek için koordinatları bilinen Z noktasına göre işlem yapmak gerekmektedir. V noktası, x aksında Z noktasından $|QZ|$ kadar; y aksında $|VQ|$ kadar uzakta bulunmaktadır. Öyleyse;

$$|VZ| \cdot \sin(36) = |VQ| \text{ ve } |VZ| \cdot \sin(54) = |QZ| \text{ 'dir.}$$

Bu eşitlikten V noktasının yeri hesaplanabilmektedir. Böylece V köşesi bilinen dikdörtgenin diğer köşeleri de aynı eşitliklerin simetrik konumundakiler kullanılarak dikdörtgenin köşeleri yerleştirilmekte ve dikdörtgen çizilmektedir.

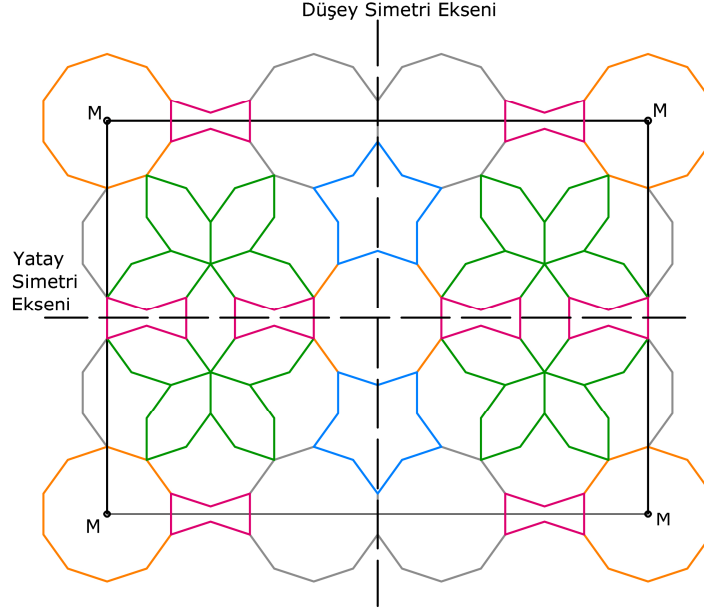


Şekil 5.12: Dikdörtgenin köşesinin koordinatlarının belirlenmesi.

İkinci kural ise, kaplamanın yatay ve dikey kenarlarındaki karoların -ongen, yıldız, papyon ve kravat- yansıma simetri ekseninden kesilmesi gerektiğidir. Köşeleri, ongenlerin merkezine konumlanan dikdörtgenin kenarlarının da kenardaki şekillerin yansıma simetrisinden geçmesine dikkat edilmelidir. Şekil 5.12'deki eşitliklerden yola çıkarak kenara yerleşecek olan papyonun merkez noktasının hesaplanması mümkündür. Böylece simetri ekseninin geçtiği koordinatlar da belirlenip dikdörtgenin kenarı üzerinden geçmesi sağlanmaktadır. W noktasının x koordinatı, Z noktasının x koordinatı ile aynı olduğundan sadece y koordinatında ilerleyeceği mesafenin hesaplanması yeterli olacaktır.

Buna göre, $|VZ| \cdot \sin(54) = |WZ|$ eşitliği papyonun merkezini verecektir.

Diğer bir kural da, kaplamanın yatay ve dikey eksene göre simetrisi olmasıdır. Şablonun türetim aşamalarında, önce çeyreğinin oluşturulup daha sonra düşey ve yatay simetrisinin alınarak oluşturulması bu özelliğinden gelmektedir. Bu durum, şablondan elde edilecek tüm alternatifleri kısıtlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Uzman sistemde çeyreğin oluşum aşamaları tamamlandıktan sonra simetrisinin alınması kolay olmaktadır. Şekil 5.13'te görülen şablon, tüm bu kural ve kısıtlamalara uygun olarak türetilmiştir.

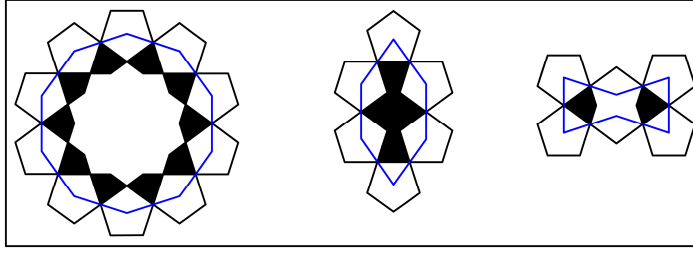


Şekil 5.13: Biçim gramerinin kural ve kısıtlamaları ile oluşturulan 1. şablon.

Yansıma simetrisi dikdörtgenin kenarından geçen ve gri ile görülen düzgün ongenlerin içleri, ancak papyonun yatay olarak yerleştiği 2 alternatifin kombinasyonları şeklinde olabilmektedir. Papyonun açılı yerleşmesi yansıma simetrisi kuralına uymadığından kullanılamayacaktır. Aynı kural dikdörtgen yüzeyin yatay simetri ekseninde bulunan ongenler için de geçerli olup içlerini sadece papyonun yatay olarak konumlandığı alternatiflerle sınırlandırmaktadır. Dikdörtgenin dikey kenarlarında gri ile gösterilen biçim ancak bir kravatın yarısı olabileceğinden, dikey kenarlara yerleşecek ongen kombinasyonları da ancak kravatın dikey konumlandığı alternatiflerle sınırlı olmaktadır. Oysa geri kalan tüm papyon ve kravat kombinasyonlarına sahip ongen biçimler 10 farklı kombinasyonla çok sayıda alternatif üretebilmektedirler.

5.4.2 Şablonun karo grupları ile kaplanması

Yüzey kaplama amaçlı elde edilen şablonun içini doldurmak için Lu'nun bulmuş olduğu ve İslam sanatındaki bir kaplamadan çıkarılan karolarla, Arık ve Sancak'ın eklediği 2 ayrı grup ile beraber 3 karo grubu seçeneği bulunmaktadır. Böylece şablonun içini doldurarak oluşturulabilecek kaplama sayısı daha da artmaktadır.



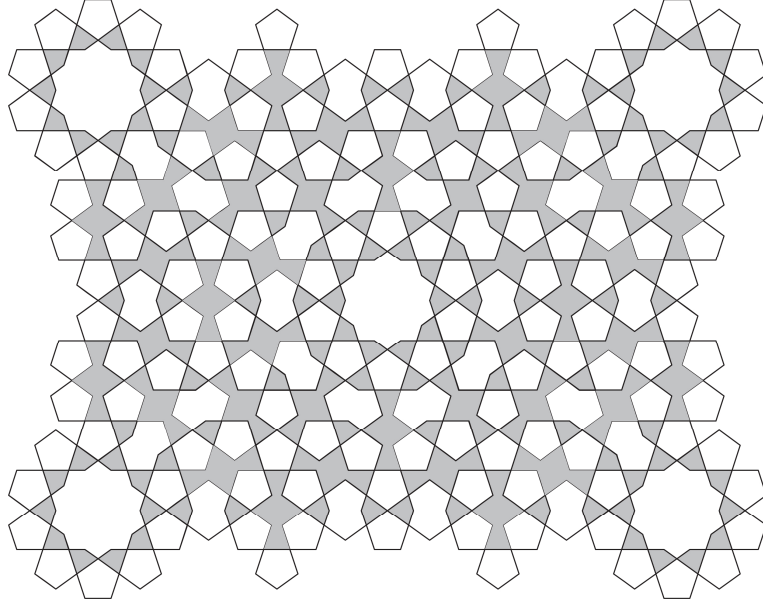
Şekil 5.14: Lu'nun elde ettiği karo grubu.

Şekil 5.15'te görülen kaplamanın şablonu, yukarıda elde edilen şablon alternatiflerinden herhangi biri seçilerek yapılmıştır. Ongenlerin yerleştiği köşelere ve merkeze, Şekil 5.14'te görülen merkezi geometri kaplanmaktadır. Kravat ve papyonların bulunduğu alanlara ise diğer geometriler 36° 'nin katları olacak açılarda döndürülerek yerleştirilmektedir.

Processing programlama dili, imaj işleme ve tanıma özelliğine sahip olduğundan dolayı verilen karo gruplarının herbiri imaj olarak tanımlanacak ve kütüphaneye kopyalanacaktır. Ardından daha önceden çizilen herbir ongen, papyon ve kravatın olduğu yerlere uygun karoyu yerleştirerek kaplama gerçekleştirilecektir.

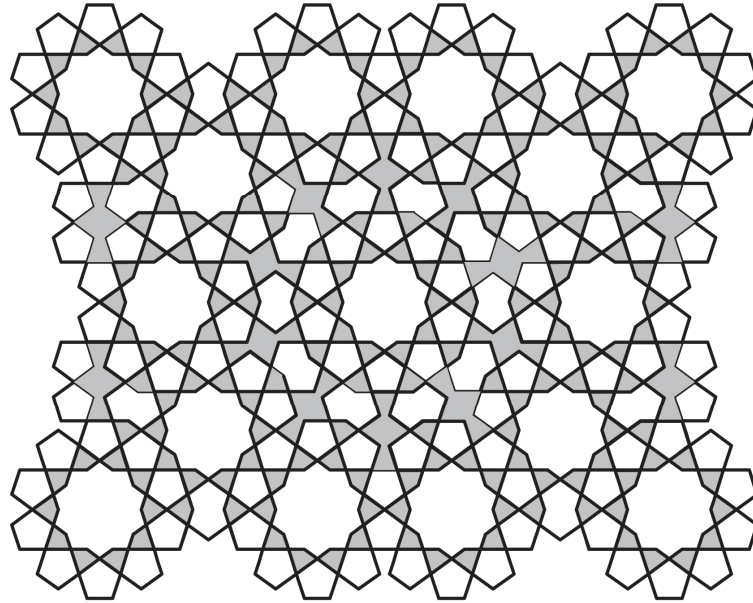
Böylece ilk adımda, ongen çizimi ile başlayıp başlangıç şablonu elde edilmektedir. Ardından çok sayıda kaplama şablonu seçeneği meydana getirilmekte ve içlerinden biri karo gruplarından herhangi biri ile kaplanmak üzere seçilmektedir. Son aşamada ise, İslami geometrilerden oluşan, simetri özelliğine sahip yeni bir örüntü elde edilmektedir. Biçim grameri yardımı ile geline bu noktada, tüm bu aşamaların gerçekleşmesini sağlamak, elle hesaplanamayacak ve çizilemeyecek tüm alternatifleri değerlendirebilmek, türetimi hızlandırmak ve kolaylaştırmak amacıyla uzman sistem ihtiyacı öngörülmektedir.

Aynı kural ve kısıtlamalar dahilinde türetilen ikinci bir başlangıç şablonu daha bulunmaktadır. Tüm aşamalar sonucunda 2. şablon için de kullanılabilecek çok sayıda alternatif elde edilmiştir. 2. şablonun ongenlerle türetimi ve kaplama şablonu alternatifleri ile 1. kaplama şablonunun diğer iki karo grubu ile yapılan kaplamalarının çizimleri ekler bölümünde verilmektedir.



Şekil 5.15: 1.(4.)[1.2.1].B kodlu kaplama şablonunun 1. karo grubu ile kaplanması.

Şekil 5.15, elde edilen kaplama şablonları arasından seçilen 1.(4.)[1.2.1].B kodlu kaplama şablonunun, Peter Lu tarafından keşfedilmiş olan karo grubu ile kaplanmış halini göstermektedir. Şekil 5.16'da ise, yine aynı grup karo ile kaplanan 1.(3.)[23.1].A kodlu şablon görülmektedir.



Şekil 5.16: 1.(3.)[23.1].A kodlu kaplama şablonunun 1. karo grubu ile kaplanması.

6. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

70’li yıllarda ilk kez Stiny ve Gips tarafından bahsedilen biçim gramerleri, kural tabanlı bir tasarım yöntemi olarak geliştirilmiştir. O dönemden itibaren yapılan biçim grameri çalışmaları yardımıyla, analiz edilen tasarımlar anlaşılmış ve dilleri çözülmüştür. Çin buz ışınları, Mugul bahçeleri, F.L.W.’ın pencere düzenlemeleri ve Yunan vazo süslemeleri geometrik bağlamda bir çalışma olması sebebiyle bu tez çalışması kapsamında ele alınmıştır. Buradan yola çıkarak biçim gramerleri, tasarımı anlamak, dili çözmek ve dili meydana getiren kuralların çıkarılması anlamında önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada İslami geometrik örüntülerden çok kollu yıldız geometrilerinin biçim grameri yapısı incelenerek kural kümeleri elde edilmiştir. Böylece temel geometrik biçimlerden çok daha karmaşık ve içiçe geçmiş geometrilerin meydana gelebileceği görülmüştür.

Yapılan analiz çalışmaları sonucunda, ongenlerin diğer geometrilerden farklı olarak bir özelliğe daha sahip oldukları gözlenmiştir. Böylece ongenlerin yapısı incelenerek papyon ve kravat olarak adlandırılan altbiçimlere ulaşılmıştır. Papyon ve kravatın çok sayıda biraraya gelişleri ile çok farklı geometrik örüntü şablonları elde edilmiştir. Ayrıca papyon ve kravatın ongen oluşturmada gruplanmaları sonucunda bordür şablonları meydana getirdikleri görülmüştür. Elde edilen örüntü şablonlarının alternatifleri elle çizilemeyecek kadar fazla olduğundan bu aşamada uzman bir sisteme ihtiyaç duyulmuştur. Geliştirilen biçim grameri modeli, gelecekte yazılacak olan uzman sistemin altyapısını oluşturmuştur.

Uzman sistemin yazılımı için çizim ve imaj işleme özelliklerine sahip olduğundan ve kolay kullanım sunduğundan dolayı Processing programlama dili ilk aşamada öngörülmüştür. Ancak sadece elde edilen ürünü imaj olarak sunabildiğinden tasarım ve üretime yönelik sonuçlar veremediği düşünülmüştür. Dolayısıyla çalışma dahilinde sunulan kaplama örnekleri AutoCAD yardımıyla çizilmiştir.

Sadece ongen veya papyon, kravat gibi basit geometrik şekiller kullanılarak İslami geometrik örüntülerin simetri, geçme, çeşitlilik ve sonsuzluk özelliklerini taşıyan çok sayıda akraba örüntü elde edilmiştir. Her ne kadar aynı biçim grubundan ve aynı kısıtlamalar dahilinde türetilmiş olsalar da, son ürünler hem kendi aralarında hem de başlangıç şablonu ile oldukça fazla farklılık göstermektedir. Bu durum biçim grameri analizlerinin bu çalışmada sağladığı önemli bir özelliktir.

Aynı tasarım diline ve başlangıç şekline sahip ve aynı kural kümeleri ile türetilen farklı ürünler elde edilebileceği tespit edilmiştir. Bu durum; bir tasarımın biçim grameri çalışması ile daha geniş bir kapsamda ele alınabileceğini ve aynı karakteristik özelliklere sahip yeni tasarımlarla çoğalabileceğini göstermektedir.

Geleceğe yönelik olarak; sunulan biçim grameri önerisi ile uzman sistemin altyapısı oluşturulmuştur. Geliştirilecek uzman sistemin, farklı kurallarla, örnekleri verilmiş olan bordür türetimine yönelik olarak da yapılandırılabilmesi düşünülmektedir. Bunun yanı sıra sadece çok kollu yıldızlarla sınırlı kalmadan İslami geometrik örüntülerin tamamının da kurallarının çıkarılıp biçim grameri ile tasarım dilinin açıklanabileceği çalışmalar öngörülmektedir. Böylece 8 kollu ya da 12 kollu yıldız geometrilerinin kullanıldığı karmaşık bir örüntünün bile oluşum yapısı analiz edilerek yeni kurallar dahilinde çözümlenebileceği ve yeniden türetilmebileceği düşünülmektedir. Varolan 3 kaplama grubuna ek olarak yeni gruplar oluşturularak hem yeni İslami geometrilerle türetim çeşitlendirilebilir hem de farklı geometriler kullanılarak yepyeni örüntüler oluşturulabileceği öngörülmektedir. Yazılacak uzman sistemin, sadece görsel bir sonuç vermesinden öte, üzerinde değişiklik yapılabilir, boyutlandırılabilir ve karoların ölçülerini, adetlerini vererek hem üretim açısından hem de tasarım açısından yardımcı olacak sonuçlar sunması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- Abas, S. J. ve Salman, A. S.,** 1998. Symmetries of Islamic Patterns. *World Scientific*, London.
- Arık, M. ve Sancak, M.,** 2007. Pentapleks Kaplamalar. *Tübitak Yayınları*, Ankara.
- Burckhardt, T.,** 2005. İslam Sanatı: Dil ve Anlam. *Klasik Yayınları*, İstanbul.
- Cenani, Ş. ve Çağdaş, G.,** 2007: A Shape Grammar Study: Form Generation with Geometric Islamic Patterns. *10th Generative Art Conference GA2007*.
- Critchlow, K.,** 1995. Islamic Patterns An Analitic and Cosmological Approach. *Thames and Hudson*, Slovenia.
- Çağdaş, G.,** 1996: A Shape Grammar: The Language of Traditional Turkish Houses, *Environment and Planning B*, 5, 443-464.
- Çolakoğlu, B., Yazar T. Ve Uysal, S.** 2008: Educational Experiment on Generative Tool Development In Architecture PatGen: Islamic Star Pattern Generator, *Architecture in Computro 26th eCAADe Conference Proceedings*, 685-691.
- Demiriz, Y.,** 1979. Osmanlı Mimarisinde Süsleme 1 – Erken Devir (1300-1453). *Kültür Bakanlığı Yayınları*, İstanbul.
- Demiriz, Y.,** 2004. İslam Sanatında Geometrik Süsleme. *Yorum Sanat*, İstanbul.
- Duarte, J. P.,** 2005: Towards the Mass Customization of Housing: The Grammar of Siza's Houses at Malagueira. *Environment and Planning B*, 32, 347 – 380.
- Flemming, U.,** 1987: More Than The Sum of Its Parts: The Grammar of Queen Anne Houses, *Environment and Planning B*, 14, 323-350.
- Grabar, O.,** 2004. İslam Sanatının Oluşumu. *Kanat Kitap*, İstanbul.
- Grünbaum, B. ve Shephard, G. C.,** 1987. Tilings and Patterns. *W. H. Freeman and Company*, New York.
- Grünbaum, B., ve Shephard G. C.,** 1992: Interlace patterns in Islamic and Moorish Art, *Leonardo*, 25, 331–339.
- Hattstein, M. ve Delius, P. (editor),** 2000. İslam: Art and Architecture. *Könemann*, France.
- Hankin, E. H.,** 1925. The Drawing of Geometric Patterns in Saracenic Art, *Memoirs of the Archaeological Society of India*, 15. *Government of India Publications*. London.
- Kaplan, C. S.,** 2000. Computer Generated Islamic Star Patterns, *Bridges 2000 Proceedings*. Alındığı tarih 10.03.2009, <http://www.cgl.uwaterloo.ca/~csk/>
- Kılıçkan, H.,** 2002. Tarih Boyunca Bezeme Sanatı ve Örnekleri. *İnkılap Kitabevi*, İstanbul.

- Knight, T. W.**, 1986: Transformations of the Meander Motif on Greek Geometric Pottery. *Design Computing I*, 29-67.
- Köning H. ve Eizenberg J.**, 1981: The Language of the Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses. *Environment and Planning B*, 8(3), 295-323.
- Lu, P. J.**, (2007). Decagonal and Quasi-Crystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture. *Science* 315, 1106-1110. alındığı tarih 26.03.2009, <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/315/5815/1106>
- Mülayim, S.**, 1982. Anadolu Türk Mimarisinde Geometrik Süslemeler. *Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları*, Ankara.
- Öney, G.**, 1992. Anadolu Selçuklu Mimari Süslemesi ve El Sanatları. *Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları*, Ankara.
- Reas, C. ve Fry, B.**, 2007. Processing A Programming Handbook for Visual Designers and Artists. *MIT Press*, Massachusetts.
- Rice, D. T.**, 1984. Islamic Art, Revised Edition. *Thames and Hudson*, Spain.
- Rollo, J.**, 1995: Triangle and T-square: The Windows of Frank Lloyd Wright. *Environment and Planning B*, 22, 75-92.
- Roux, J. P.**, 2008: Türklerin Tarihi, Pasifik'ten Akdeniz'e 2000 Yıl. *Kabalcı Yayınevi*, İstanbul.
- Stiny, G.**, 1977: Ice-ray: a Note on the Generation of Chinese Lattice Designs. *Environment and Planning B*, 4, 89-98.
- Stiny G.**, 1980: Introduction to Shape and Shape Grammars. *Environment and Planning B*, 7, 343 – 351.
- Stiny G.**, 1984: Computing with Form and Meaning in Architecture. *Journal of Architectural Education*, 39, No. 1, 7-19.
- Stiny G. ve Mitchell W. J.**, 1978: The Palladian Grammar. *Environment and Planning B*, 5(1), 5 – 18.
- Stiny G. ve Mitchell W. J.**, 1980: The Grammar of Paradise: on the Generation of Mughul Gardens. *Environment and Planning B*, 7, 209-226.
- Schimmel, A.**, 2000. Sayıların Gizemi. *Kabalcı Yayınevi*, İstanbul.
- Sutton, D.**, 2007. Islamic Design A Genius for Geometry. *Wooden Books, Walker & Company*, New York.
- Şener, S. M.** 2009: A Shape Grammar Algorithm and Educational Software to Analyze Classic Ottoman Mosques. *AIZ Journal of Faculty of Architecture*, 5-1 Spring, 12-30.
- Wilson, E.**, 1988. Islamic Designs for Artists and Craftspeople. *Dover*, New York.

EKLER

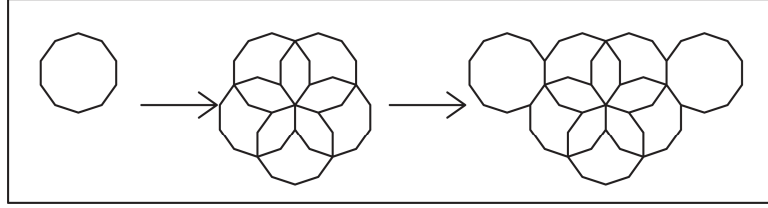
EK A.1: 2. başlangıç şablonu türetimi.

EK B.1: Kaplama şablonlarının kaplanması.

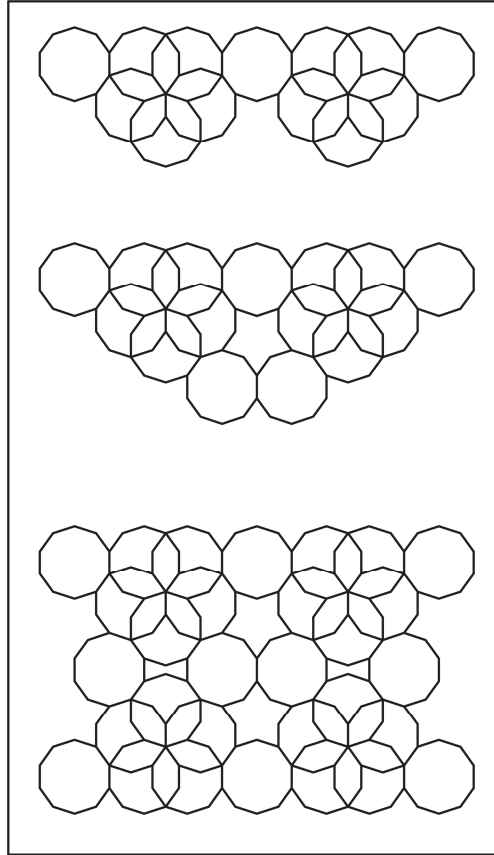
EK B.2: Bordür şablonları türetim örnekleri.

EK C.1: Ongen çizim kodları.

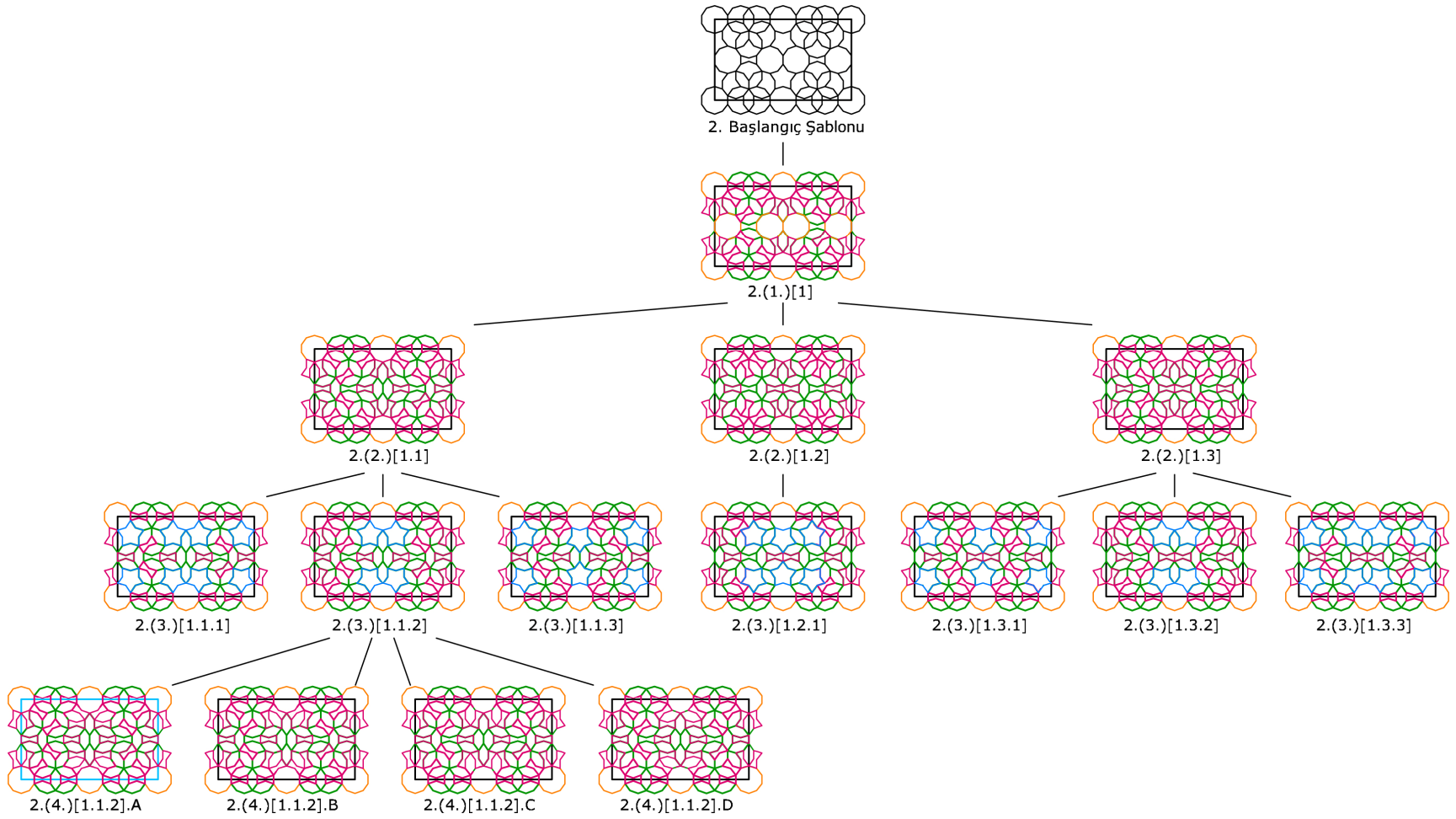
EK A.1



Şekil A.1: Düzgün ongenin 5’li dönel simetri yöntemi ile çoğaltılması.

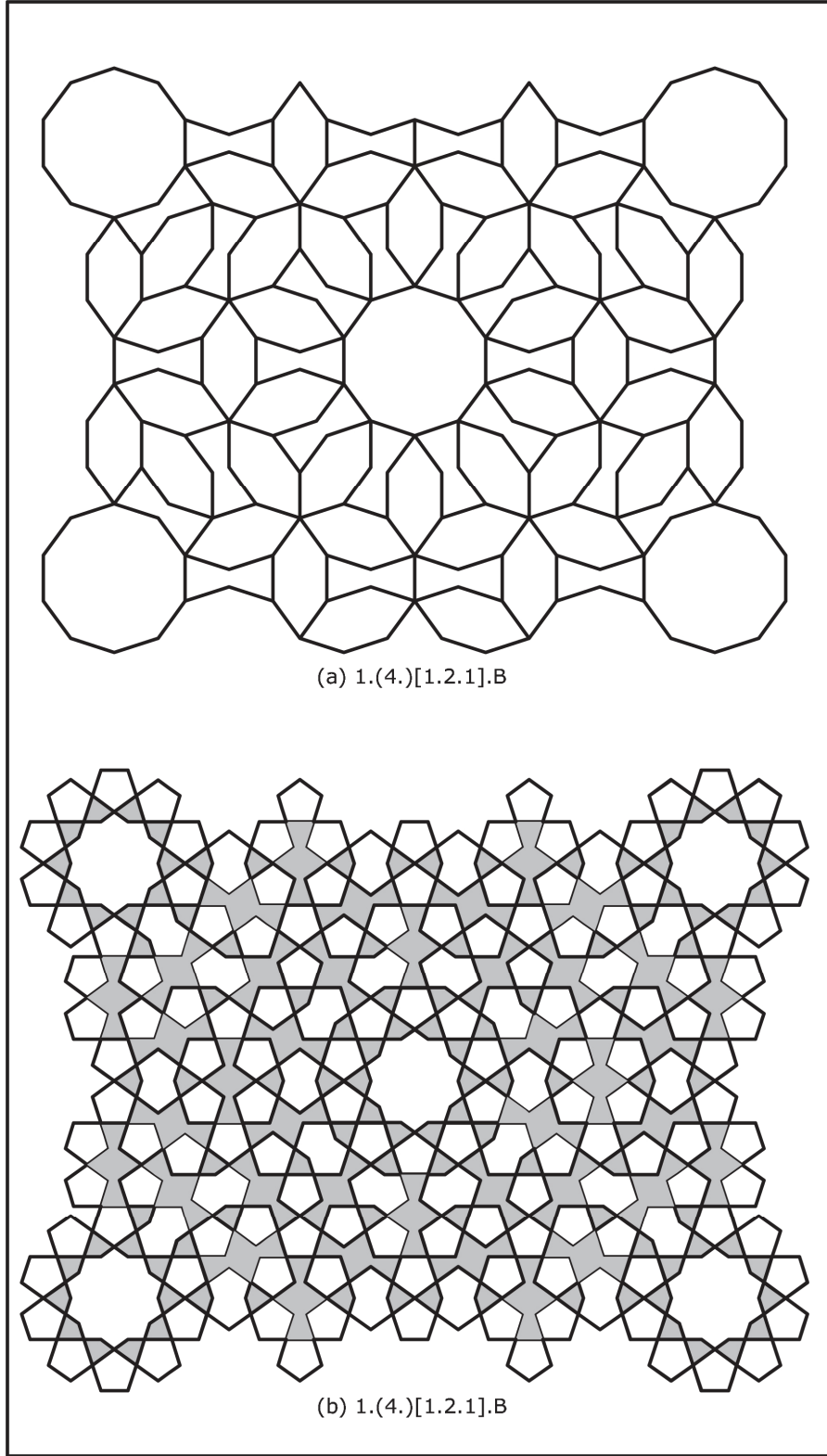


Şekil A.2: Ongenlerle 2. şablon türetme aşamaları.

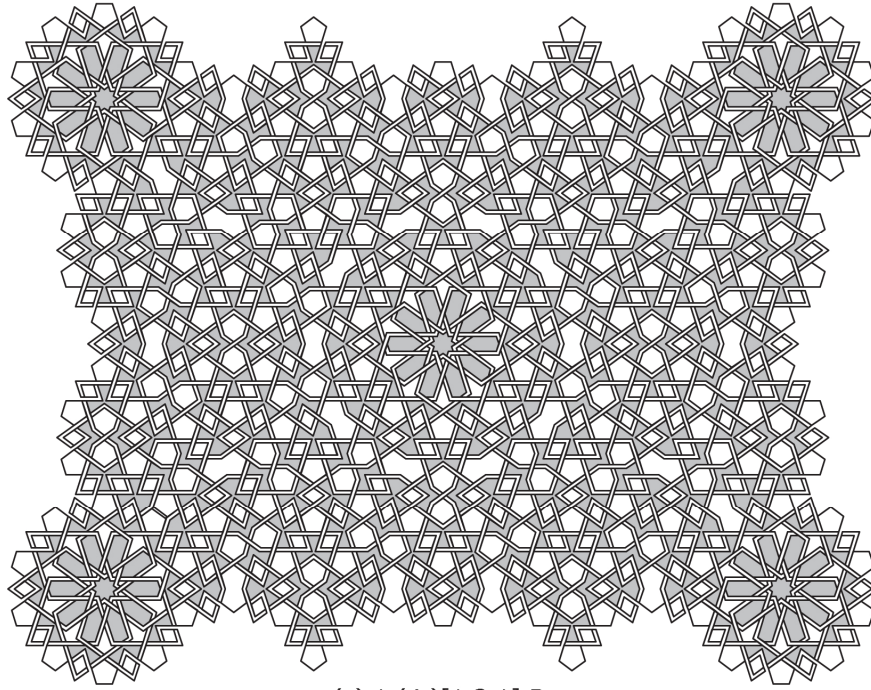


Şekil A.3: 2. başlangıç şablonunun türevleri ile kaplama şablonu elde edilmesi.

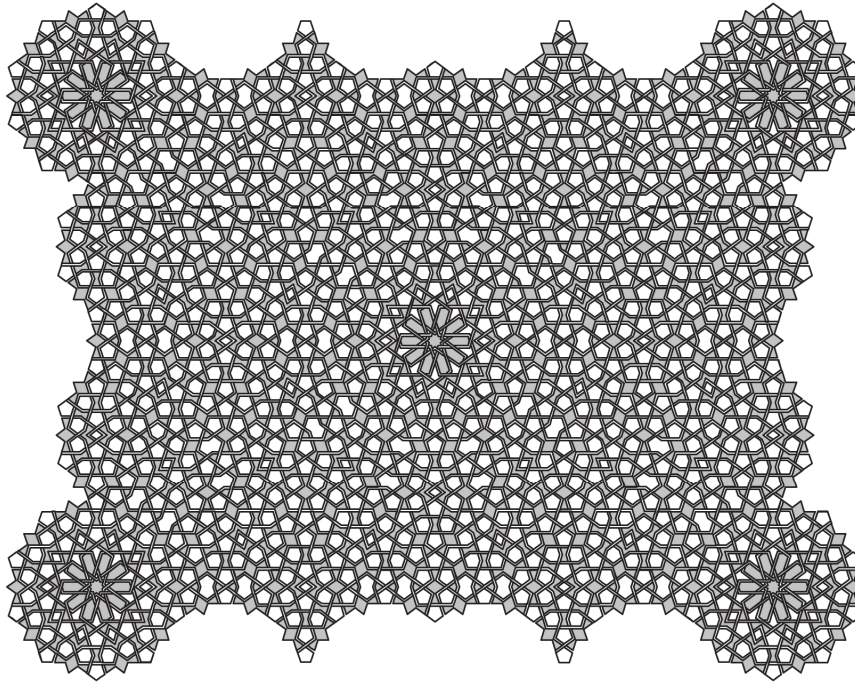
EK B.1.



Şekil B.1: (a) 1.(4.)[1.2.1].B kodlu kaplama şablonu. (b) 1. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.

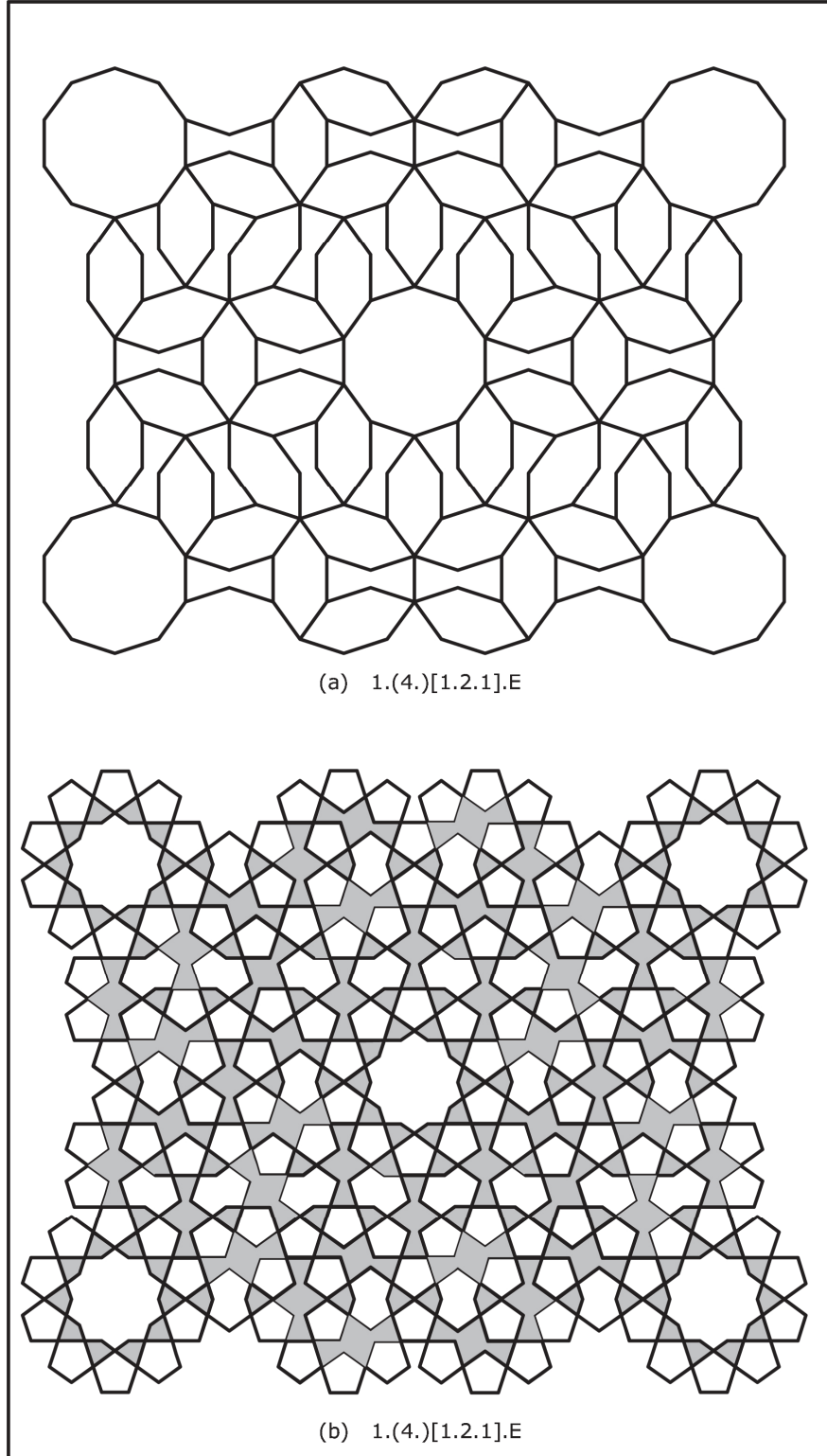


(c) 1.(4.)[1.2.1].B

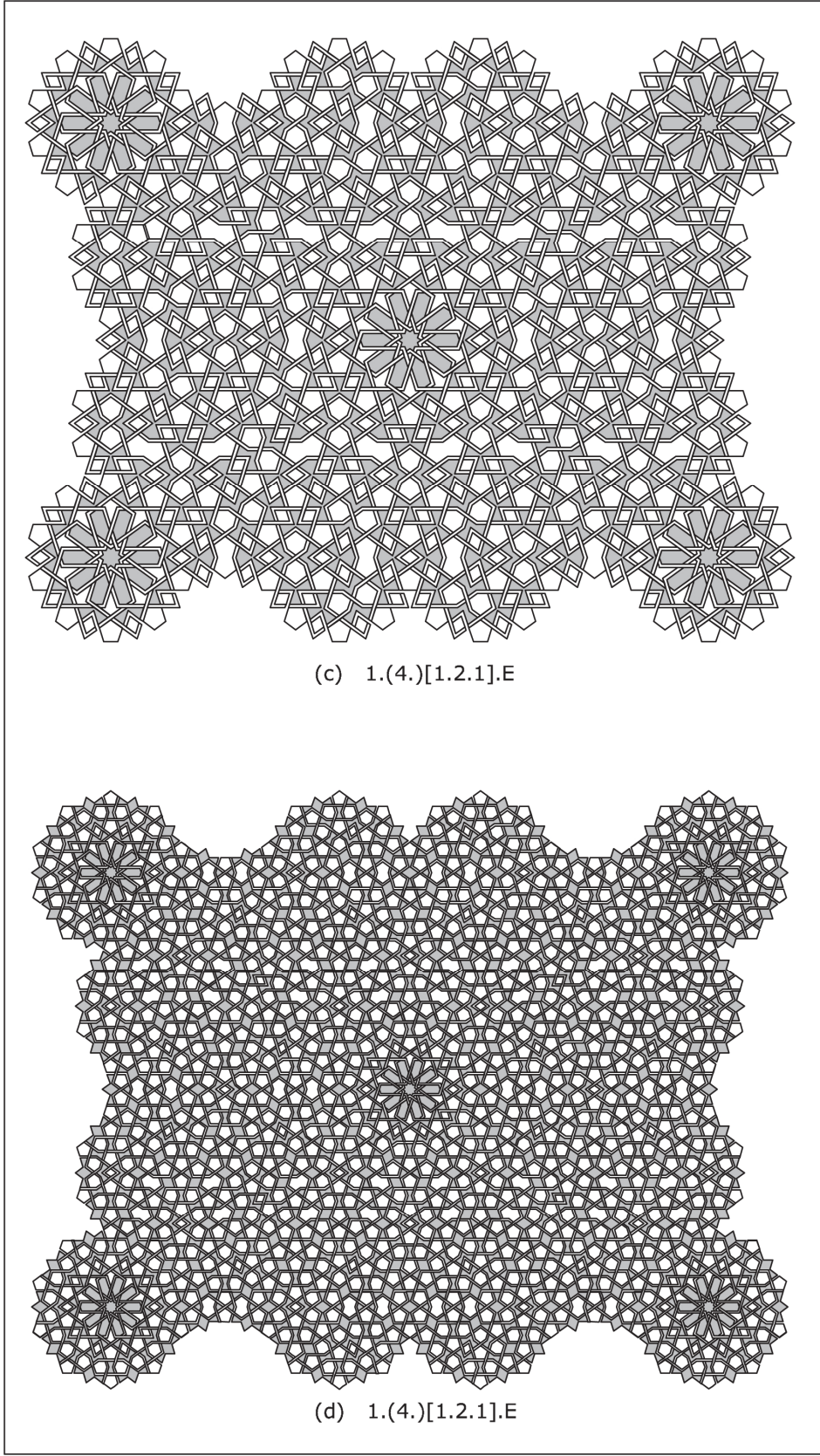


(d) 1.(4.)[1.2.1].B

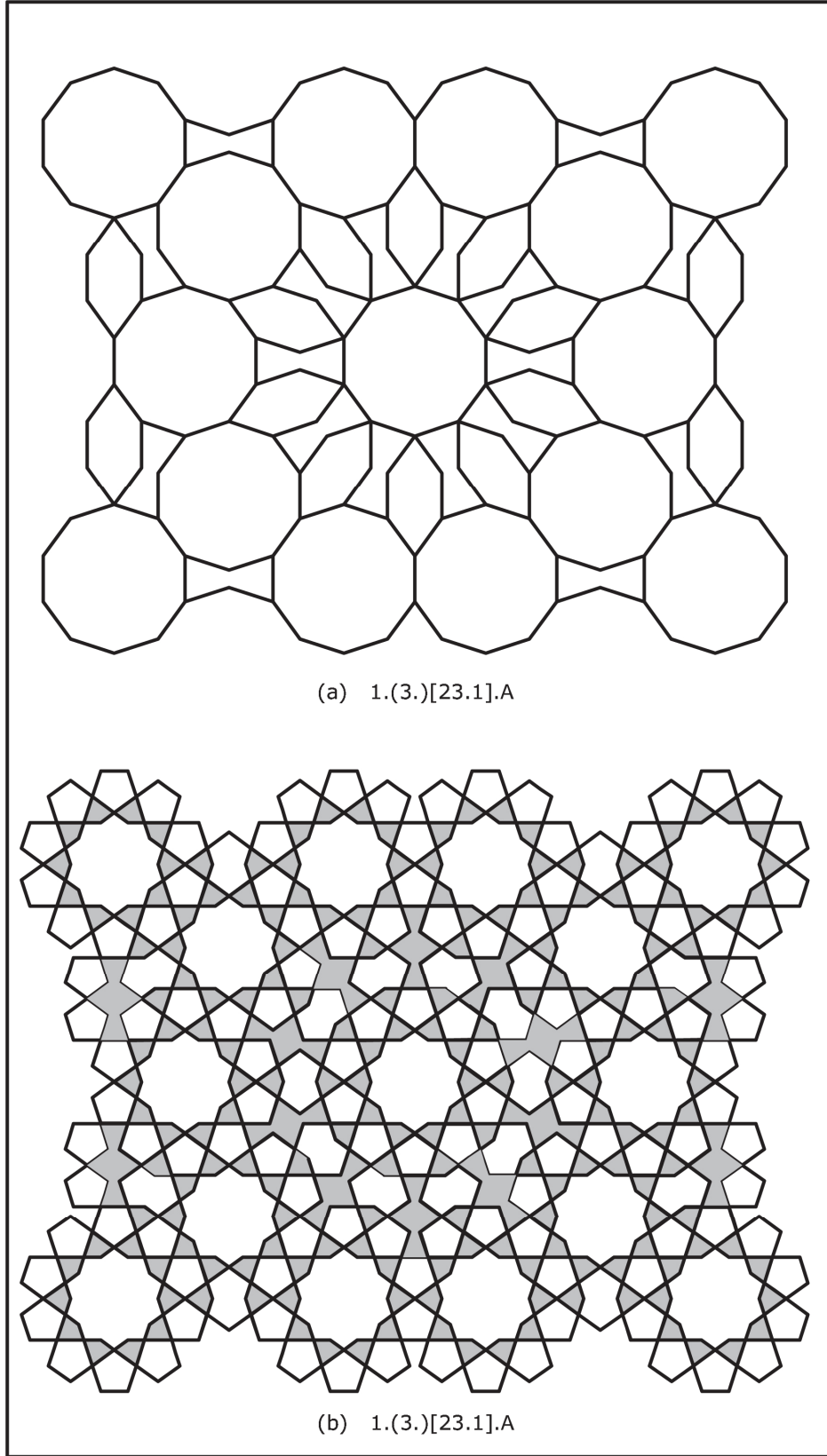
Şekil B.2: (c) 2. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi. (d) 3. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.



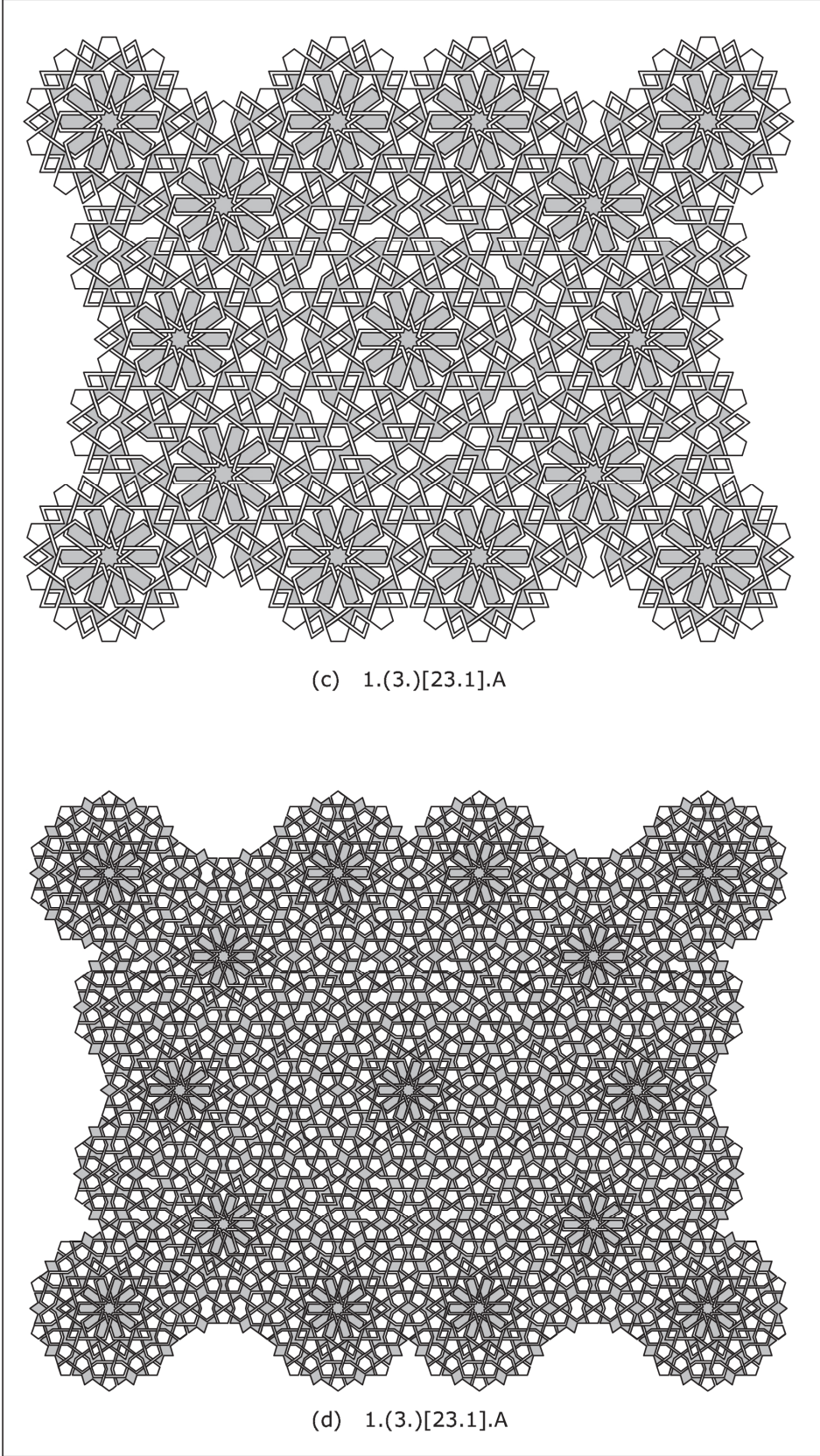
Şekil B.3: (a) 1.(4.)[1.2.1].E kodlu kaplama şablonu. (b) 1. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.



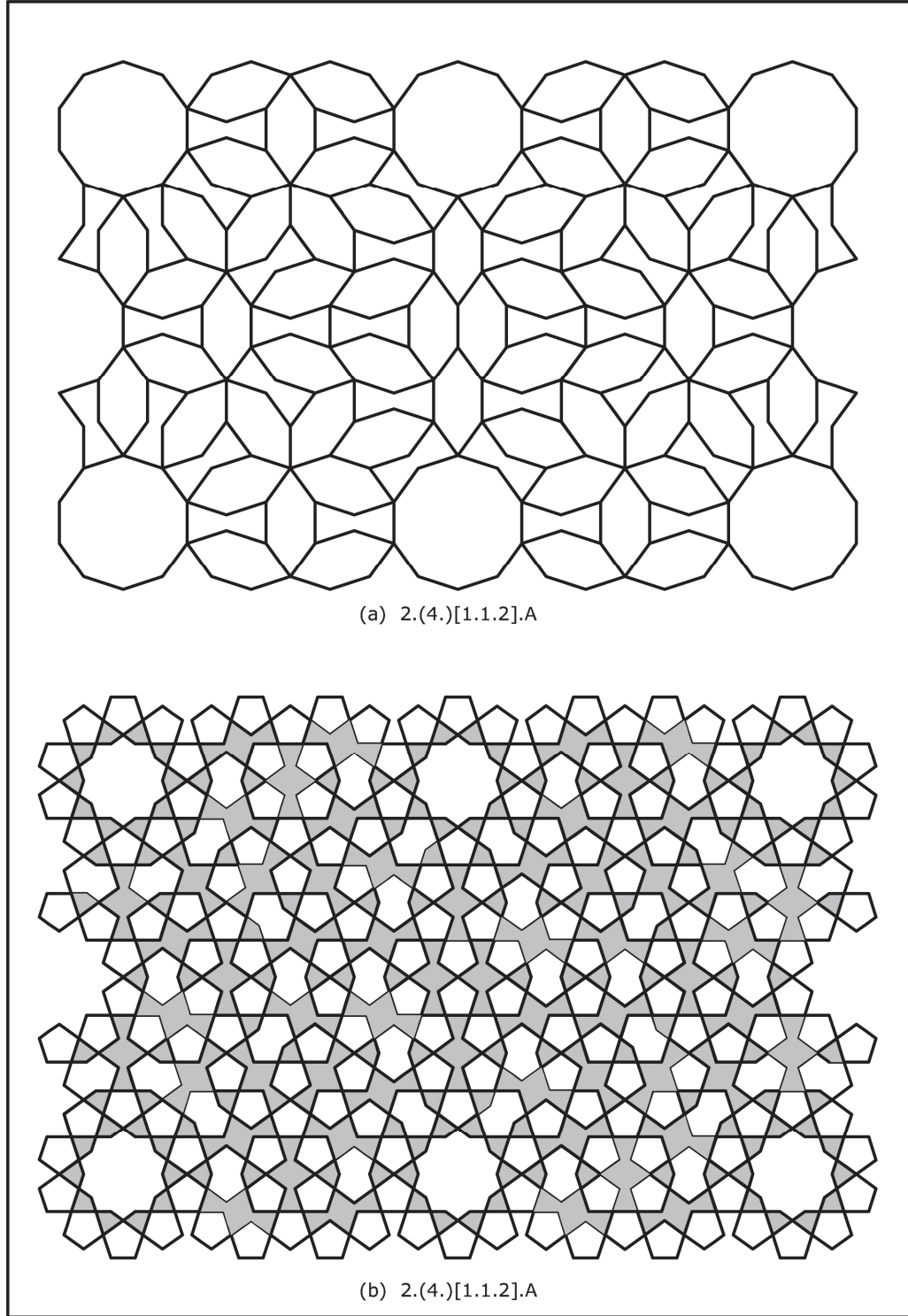
Şekil B.4: (c) 2. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi. (d) 3. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.



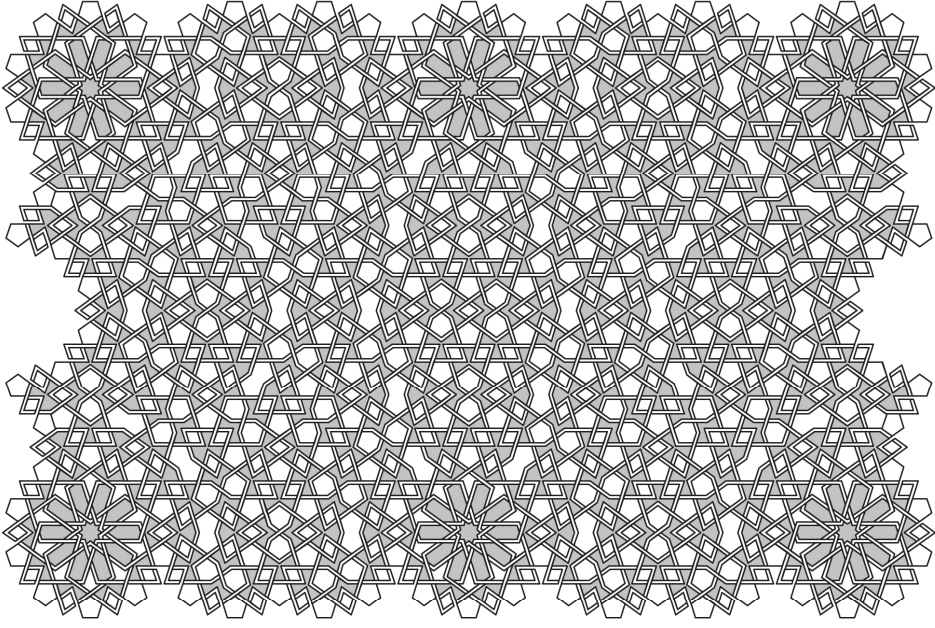
Şekil B.5: (a) $1.(3.)[23.1].A$ kodlu kaplama şablonu. (b) 1. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.



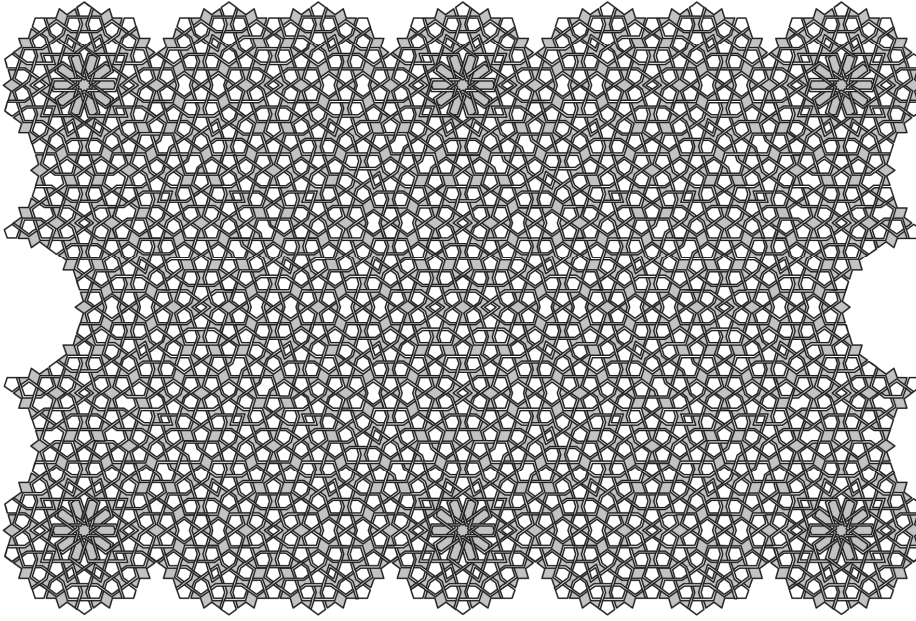
Şekil B.6: (c) 2. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi. (d) 3. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.



Şekil B.7: (a) $2.(4.)[1.1.2].A$ kodlu kaplama şablonu. (b) 1. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.



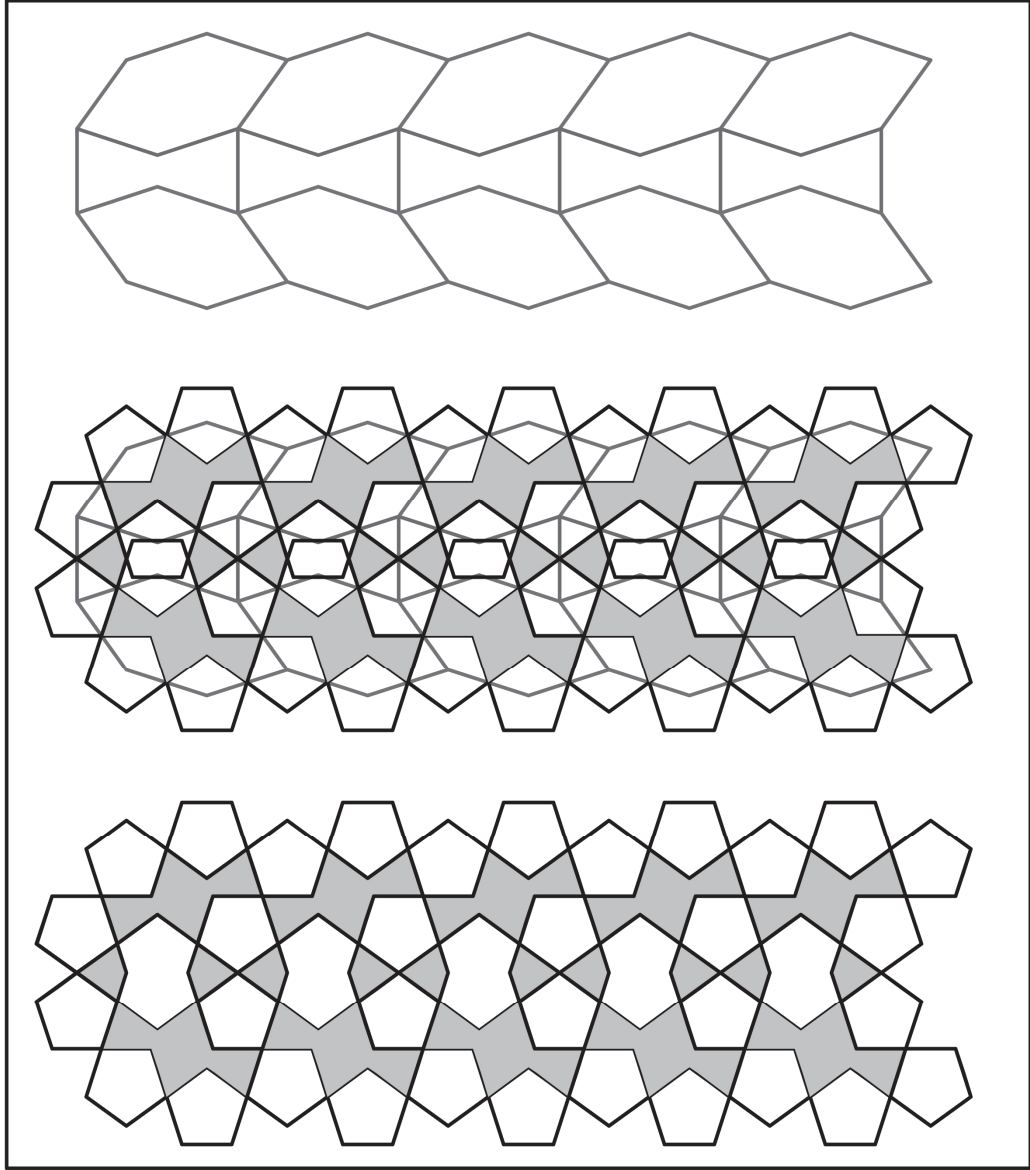
(c) 2.(4.)[1.1.2].A



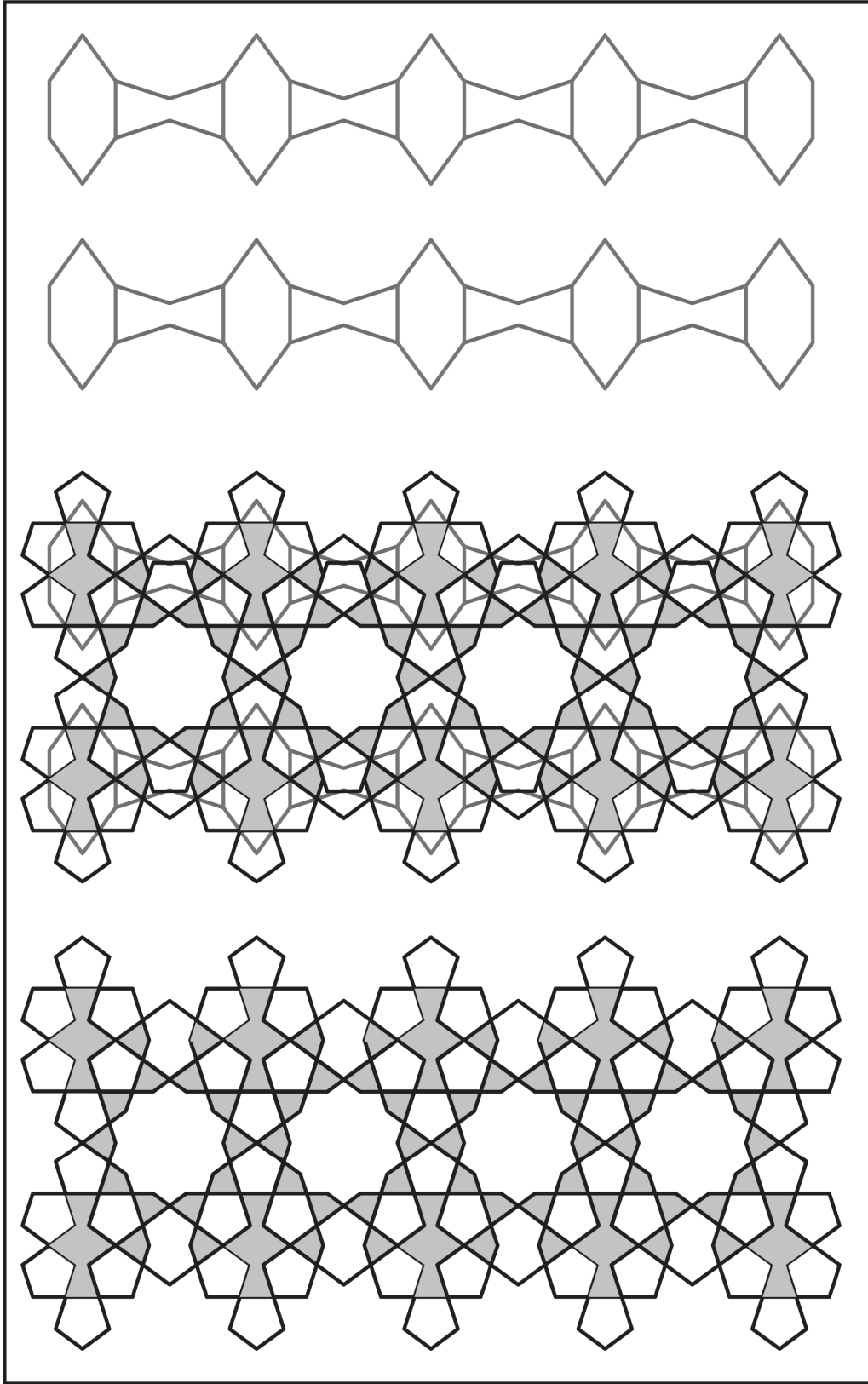
(d) 2.(4.)[1.1.2].A

Şekil B.8: (c) 2. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi. (d) 3. grup kaplama karoları ile sabitlenmesi.

EK B.2.



Şekil B.9: Papyon-kavat kombinasyonu ile bordür türetimi.



Şekil B.10: Papyon-kravat kombinasyonu ile bordür türetimi.

EK C.1

```
void setup()
{ background(255);
  size(500, 400); }
void draw()
{ int n = 100;
  float m = (n)* sin(36*PI/180) / sin(72*PI/180);
  //rect(width/2-25, height/2-25, 50,50);
  float x0, x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, y0, y1, y2, y3, y4, y5, y6, y7, y8, y9;
  float[] koordinatX = new float [10];
  float[] koordinatY = new float [10];
  koordinatX[0] = ((width/2- n - n/5) + cos(72*PI/180)*(float)m);
  koordinatY[0] = height/2;
  koordinatX[1] = koordinatX[0] + cos(72*PI/180)*(float)m;
  koordinatY[1] = koordinatY[0] - (sin(72*PI/180)*(float)m);

  koordinatX[2] = koordinatX[1] + cos(36*PI/180)*(float)m;
  koordinatY[2] = koordinatY[1] - sin(36*PI/180)*(float)m;

  koordinatX[3] = koordinatX[2] + (float)m; // koordinatX[2] +
cos(0*PI/180)*(float)m);
  koordinatY[3] = koordinatY[2];

  koordinatX[4] = koordinatX[3]+ cos(36*PI/180)*(float)m;
  koordinatY[4] = koordinatY[1];

  koordinatX[5] = koordinatX[4]+ cos(72*PI/180)*(float)m;
  koordinatY[5] = koordinatY[0];

  koordinatX[6] = koordinatX[4];
  koordinatY[6] = koordinatY[5] + (sin(72*PI/180)*(float)m);

  koordinatX[7] = koordinatX[3];
  koordinatY[7] = koordinatY[6] + (sin(36*PI/180)*(float)m);

  koordinatX[8] = koordinatX[2];
  koordinatY[8] = koordinatY[7];

  koordinatX[9] = koordinatX[1];
  koordinatY[9] = koordinatY[6];
  for (int i = 0; i < 9 ; ++i)
  { stroke(0);
    strokeWeight(3);
    line(koordinatX[i], koordinatY[i], koordinatX[i+1], koordinatY[i+1]); }
  line(koordinatX[0], koordinatY[0], koordinatX[9], koordinatY[9]); }
```


ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ebru ULU

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 09.03.1983

Adres: ebruarkut@gmail.com

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık
Bölümü