

T.C. DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANASANAT DALI

Yüksek Lisans Tezi

TEKSTİL VE KÂĞIT YAPILI KOMPOZİT UYGULAMALAR
VE
SANATSAL ÇALIŞMALAR

Hazırlayan

Esra DERELİ

Danışman

Prof. Dr. Ş. Özlenen ERDEM İŞMAL

İZMİR / 2018

ÖZET

Tarihsel süreci incelendiğinde kâğıdın kullanım amaçlarının çok geniş bir çeşitliliğe sahip olduğu görülmektedir. Kâğıt; günlük hayatın içinde temizlik, ambalaj ama en çok da bilgi aktarımı gibi amaçlarla kullanılarak işlevsel niteliğiyle ön plana çıkan bir malzeme olmuştur. Bu durum kâğıdın, doğal ve el üretimi olma özelliğinden sıyrılarak tek tip, sanayi ürünü bir materyal olmasına kapı aralamıştır. Kâğıdın sanayileşmesi ise, gelir artışına yönelik alternatif üretim yöntemlerini geliştirmiştir.

Kâğıt, başta kitap sanatları olmak üzere, sanatın hemen hemen tüm kollarında kullanılmaktadır. Fakat görülen odur ki; bu malzeme daha çok üzerinde çizgi, şekil, renk veya motif bulunan, bir ifadeyi ya da duyguyu ileten araç olarak kullanılmıştır. Kâğıdın kendisinin sanatsal bir çalışma ya da tasarım olduğu örnekler ise oldukça az sayıdadır.

Malzemenin kendisini tasarlamak, onu yakından tanıma koşulunu da beraberinde getirmektedir. Çalışmada da deneyimlendiği üzere; ifade yöntem ve şekillerinin çerçevesinin bu sayede genişletilebileceğini söylemek mümkündür. Bu noktadan hareketle ve çevreci bir hassasiyetle, kâğıt malzemesinin elde üretim olanakları araştırılmış ve ikincil liflerden oluşan kâğıt hamurunda, büyük çoğunluğu geri dönüşümden elde edilen tekstil lifleri ve atıkları kullanılarak kumaş benzeri kompozitler oluşturulmuştur. Sistematik bir çalışma düzeniyle, optimum sonuca ulaşılan kadar reçeteler hazırlanarak, ortaya çıkan sonuç ve deneyimler sanatsal bir söyleme dönüştürülmüştür.

Geleneksel metotlarla başlayan elde kâğıt yapımı; kompozit üretim şekilleri, kullanılan malzemelerin sağladığı olanakların farkındalığı, el becerileri ve edinilen deneyimlerle birleştirilerek, daha güncel bir söylemle sanatsal ifadeler ortaya çıkarma olanakları vurgulanmıştır. Elde edilen kompozitlerin üretim şekilleri, kâğıdın biçimsel olarak da yorumlanabilmesini sağlamış ve böylelikle, esin kaynağı tılsımlı gömlekler olan sanatsal çalışmalar yapılmıştır. Bu da sanatsal anlamda duyguyu aktaran değil, kendi bünyesinde barındıran tasarımlar yapılmasına olanak sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: kâğıt, kâğıt hamuru, kompozit, tekstil lifleri, geri dönüşüm

ABSTRACT

When investigated the historical process of paper, it can be seen that paper had a wide scale of usage aim. Paper; come into prominence with its functional quality; by using it in daily life like cleaning, packaging etc. and especially for information transferring. So this caused paper to become a monotype industrial material against its being a natural and hand made product. The industrialization of paper has improved the producing methods which increase efficiency for the income.

Paper is a material which used in nearly every branch of art but of course book arts at first. Yet what has seen is; it's used as a sense transfer material with line, shape, colour or pattern on it. There are a few examples which the material itself, is the artistic work or design.

Designing the material itself, brings the requirement to know it closely. As it's experienced in this study, it is possible to say that broadening the frame of expression form and methods, can be possible by this way. With all these causes and an environmentalist precision, the methods of producing hand made paper is searched and in the paper clay which made of secondary fibers, mostly recycled fibers and waste textiles are used to make composites look like textile. With a systematic working order, prescriptions are prepared until the optimum result is achieved and the results and experiences are transformed into an artistic discourse.

Paper making by hand which started with traditional methods; combined with the production forms of composites, the awareness of the possibilities that the material provided, the hand skills and the gained experiences; it is emphasized the possibilities of creating artistic expressions with a more up-to-date discourse, The production forms of this composites, also provided to comment paper formally and in this way, artistic works which are inspired of Ottoman talismanic shirts have done. So in an artistic meaning, ultimately all these things enabled to make designs with the sense within the body of the art work itself, not just transferring it as a paper.

Keywords: paper, paper pulp, composite, textile fiber, recycling

ÖNSÖZ

Disiplinlerarası bir alan olan çalışma konumda; tez danışmanlığımı üstlenmesinin yanı sıra, araştırma konumu tüm samimiyetiyle destekleyen ve bu tezin yürütülmesinde bana yol gösteren, engin bilgi, tecrübe ve önerilerinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Ş. Özlenen ERDEM İŞMAL hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Sayın Öğr. Gör. Tülin ADANIR hocama, araştırma konum hakkındaki inancı, teşviki ve yönlendirmesi için teşekkür ederim. Atölye çalışmalarım boyunca desteğini sakınmayan, bu sürecin tüm zorlu aşamalarında beni yüreklendiren ve bana inanan, sevgili hocam Doç. Leyla YILDIRIM' a sonsuz teşekkürler.

Ayrıca; kâğıt hamuru desteğiyle çalışmaya katkıda bulunan Alkim Kâğıt Sanayi ve Ticaret A.Ş. Genel Müdür Yardımcısı Hasan Mert UYGUN'a, tekstil malzemeleri desteğiyle Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri Doç. Dr. Deniz DURAN ve Dr. Burcu KARACA UĞURAL'a katkıları için teşekkür ederim.

Son olarak da öğrenim hayatım boyunca desteğim olan aileme, bu süreçte bana güvenerek destek olan tüm arkadaşlarıma ve H. Sevede ŞİMŞEK'e her şey için teşekkürlerimle...

Esra DERELİ

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	ii
TUTANAK.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
TABLOLAR LİSTESİ.....	xxiii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

KÂĞIT VE KOMPOZİTLERE GENEL BAKIŞ

1.1. Kâğıt.....	5
1.1.1. Kâğıdın Tarihçesi.....	5
1.1.2. Kâğıdın Tanımı ve Sınıfları	8
1.1.2.1. Kültürel Kâğıtlar	9
1.1.2.2. Endüstriyel Kâğıtlar	9

1.1.3. Kâğıt Hamuru ve Üretiminde Kullanılan Maddeler	9
1.1.3.1. Kâğıt Üretiminde Kullanılan Lifsel Maddeler	10
1.1.3.2. Kâğıt Üretiminde Su	11
1.1.3.3. Kâğıt Üretiminde Kullanılan Yardımcı Maddeler	13
1.1.3.3.1. Dolgu Maddeleri	13
1.1.3.3.2. Kâğıt Üretiminde Tutunma Olayı ve Tutundurucu Maddeler	16
1.1.4. Endüstriyel Kâğıt Hamuru Üretim Yöntemleri	22
1.1.4.1. Mekanik Yolla Kâğıt Hamuru Üretimi	22
1.1.4.1.1. Taş Mekanik Yolla Kâğıt Hamuru Üretimi	23
1.1.4.1.2. Yonga Rafinör Yoluyla Kâğıt Hamuru Üretimi	24
1.1.4.1.3. Termomekanik Yöntem ile Kâğıt Hamuru Üretimi	25
1.1.4.2. Kimyasal Yolla Kâğıt Hamuru Üretimi	26
1.1.4.2.1. Kraft (Sülfat) Prosesi	27
1.1.4.2.2. Sülfat Prosesi	31
1.1.4.3. Yarı Kimyasal Yolla Kâğıt Hamuru Üretimi	31
1.1.4.3.1. Kimyasal Mekanik Kâğıt Hamuru	32
1.1.4.3.2. Kimyasal Termomekanik Kâğıt Hamuru	33
1.1.5. Atık Kâğıdın Geri Dönüşümü	33

1.1.6. Atık Kâğıttan Yeniden Kâğıt Üretiminde Meydana Gelen Değişiklikler ve Kâğıt Özelliklerini Geliştirme Yöntemleri.....	40
1.2. Kompozitlere Genel Bakış.....	46
1.2.1. Kompozit Malzemeler ve Kullanım Alanları.....	46
1.2.2. Kompozit Bileşenleri.....	50
1.2.2.1. Matris Malzeme.....	52
1.2.2.1.1. Polimer Matris Kompozitler	52
1.2.2.1.2. Metal Matris Kompozitler	54
1.2.2.2. Takviye Malzemesi.....	55
1.2.2.2.1. Parçacık Takviyeli Kompozitler	56
1.2.2.2.2. Elyaf Takviyeli Kompozitler	57
1.2.2.3. Tabakalı Kompozitler.....	60
1.2.2.4. Karma Kompozitler.....	61
1.2.3. Kompozit Yapıda Arayüzey	61
1.2.4. Kompozit Malzeme Üretim Yöntemleri	62
1.2.4.1 Kalıplama Tekniği ile Kompozit Üretimi.....	63
1.2.4.1.1. Açık Kalıp Prosesi	63
1.2.4.1.2. Kapalı Kalıp Prosesi	65
1.2.4.2 Enjeksiyon Tekniği ile Kompozit Üretimi.....	66
1.2.4.3 Filament (Elyaf-İp) Sarma Tekniği ile Kompozit Üretimi.....	68

2. BÖLÜM

DENEYSEL VE SANATSAL ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Metot	70
2.1.1. Çalışmanın Amacı ve Prensipleri	70
2.1.2. Proje Uygulama Süreci ve Yöntemi	71
2.1.3. Çalışmada Kullanılan Alet ve Malzemeler	71
2.1.4. Çalışmada Kullanılan Lifler	72
2.1.5. Çalışmada Kullanılan Matris Malzemeleri	72
2.1.6. Çalışmada Kullanılan Dolgu Malzemeleri.....	73
2.1.7. Yüzey Tasarımları İçin Kullanılan Malzemeler	73
2.2. Deneysel Çalışmalar	73
2.2.1. Reçete No: 1	73
2.2.2. Reçete No: 2	78
2.2.3. Reçete No: 3	81
2.2.4. Reçete No: 4	83
2.2.5. Reçete No: 5	88
2.2.6. Reçete No: 6	91
2.2.7 Reçete No: 7	94
2.2.8 Reçete No: 8	96

2.2.9. Reçete No: 9	100
2.2.10. Reçete No: 10	102
2.2.11. Reçete No: 11	105
2.2.12. Reçete No: 12	106
2.2.13. Reçete No: 13	107
2.2.14. Reçete No: 14	109
2.2.15. Reçete No: 15	110
2.2.16. Reçete No: 16	112
2.2.17. Reçete No: 17	113
2.2.18. Reçete No: 18	114
2.2.19. Reçete No: 19	116
2.2.20. Reçete No: 20	118
2.3. Sanatsal Uygulamalar.....	121
2.3.1. Sanatsal Çalışma: Suya Düşen Cemre	122
2.3.2. Sanatsal Çalışma: Hemdem.....	127
2.3.3. Sanatsal Çalışma: Krizalit.....	130
2.3.4. Sanatsal Çalışma: Hazan.....	133
2.3.5. Sanatsal Çalışma: Kozalı Hurûfât.....	136
2.3.6. Sanatsal Çalışma: Çintemani.....	139
2.3.7. Sanatsal Çalışma: Tecerrüt.....	141

2.3.8. Sanatsal Çalışma: Yadigâr.....	144
2.3.9. Sanatsal Çalışma: Bellek Düğümleri.....	146
2.3.10. Sanatsal Çalışma: Geçmiş Mazi.....	149
SONUÇ.....	152
KAYNAKÇA.....	155

ÖZGEÇMİŞ



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Papyrus Antiquorum ve Bu Bitkiden Elde Edilen Papirüs	5
Şekil 2. Elde Kâğıt Üretimi ve Termo-mekanik Kâğıt Hamuru Üretimi	7
Şekil 3. Taşlı Liflendirici	24
Şekil 4. Mekanik Hamur Üretiminin Şematığı	24
Şekil 5. Rafinör	26
Şekil 6. Kimyasal Odun Hamurunun Üretim Şematığı	27
Şekil 7. Odunun Yapısı	29
Şekil 8. Orta Lamelde Bulunan ve Lifleri Birbirine Yapıştırıcı Rol Oynayan Lignin Maddesi	30
Şekil 9. Pulper Örnekleri	37
Şekil 10. Eleme İşlemi	38
Şekil 11. Hornifikasyon Olayının Sonucu Liflerin Daralması	41
Şekil 12. Islatma ve Kurutma Sonucu Liflerin Daralması	42
Şekil 13. Geri Dönüşümsüz Hidrojen Bağları Sonucu Boşlukların Kapanması	42
Şekil 14. Tekrarlanan Geri Dönüşüm İşleminin Kâğıt Özelliklerine Etkisi	43
Şekil 15. Doğal Kompozit Yapı Örneği: Kemik	47
Şekil 16. Takviye Elemanlarının Şekil ve Yerleştirilmesine Göre Kompozit Yapılar ...	56
Şekil 17. Parçacık Takviyeli Kompozit Yapı.....	56
Şekil 18. Elyaf (Fiber) Takviyeli Kompozit Yapı	57

Şekil 19. Süreksiz Elyaf Takviyeli Kompozit Yapı Örnekleri	58
Şekil 20. İpek Elyaf	59
Şekil 21. Poliester Elyaf	59
Şekil 22. Sürekli Elyaf Malzemelerinin, Tel Sarma Metodu Gibi Metotlarla Kesilmeden İp Şeklinde Üretimi	59
Şekil 23. Sürekli Elyaf Takviyeli Kompozit Yapı Görünümü	59
Şekil 24. Bal Peteği Formunda Sandviç Kompozit.....	60
Şekil 25. Elde Tabakalama Tekniği ile Kompozit Üretimi	64
Şekil 26. İpek Kumaş Örneğinde Islak-Elle Tabakalama (Wet Lay-Up) Yöntemiyle Kompozit Üretimi	64
Şekil 27. Sprey Kalıplama Yöntemiyle Kompozit Üretimi	65
Şekil 28. Vakum Torba Kalıplama	66
Şekil 29. Reçine Tranfer Kalıplama Yöntemiyle Kompozit Üretimi	68
Şekil 30. Elyaf Sarma Yöntemi	69
Şekil 31. Kâğıt Kalıbı Üzerinde Liflerin Görünümü.....	74
Şekil 32. Keten Kumaş Arasında Kurumaya Bırakılmış Kompozit Uygulaması.....	75
Şekil 33. Keten Kumaşlar Arasındaki Kompozitlerin Preslenme Aşaması.....	75
Şekil 34. Kompozitin Ütülenme Aşaması.....	76
Şekil 35. Nişastanın Eritilerek Muhallebinin Hazırlanması.....	77
Şekil 36. Muhallebi Aherinin Süzülmesi.....	77

Şekil 37. Muhallebi Aheri ile Yapılan Aherleme İşlemi.....	77
Şekil 38. Kompozit Uygulama: 1.....	77
Şekil 39. Kompozit Uygulama: 2.....	77
Şekil 40. Devore Baskı Tekniği İçin Hazırlanan Çözelti.....	78
Şekil 41. Kalıp Üzerindeki Liflerin Görünümü ve Kalıp Çıkarılmadan Önce Fazla Suyunun Süzülmesi.....	79
Şekil 42. Kalıptan Çıkarılıp Kurumaya Bırakılan Kompozit Yapı.....	79
Şekil 43. Kompozit Uygulama: 3.....	80
Şekil 44. Kompozit Uygulama: 4	80
Şekil 45. Kompozit Uygulama: 5	80
Şekil 46. Kompozit Uygulama: 6	80
Şekil 47. Mühreleme İşlemi İçin Kompozit Yüzeyin Hafif Şekilde Sabunlanması.....	82
Şekil 48. Akik Taşı ile Yapılan Mühreleme İşlemi	82
Şekil 49. Kompozit Uygulama: 7.....	83
Şekil 50. Kompozit Uygulama: 8	83
Şekil 51. Kompozit Uygulama: 9	83
Şekil 52. Kompozit Uygulama:10	83
Şekil 53. Osage Orange Meyvesinden Reçine Elde Edilmesi.....	84
Şekil 54. Atık Kâğıt ve Osage Orange Reçinesi ile Hazırlanan Banyo Suyu.....	85

Şekil 55. Kâğıt Kalıbı.....	86
Şekil 56. Sandviç Yapılı Kompozitin İlk Katmanının Oluşturulması.....	86
Şekil 57. Kesiksiz, Düzensiz ve Kesikli Yerleştirme Biçimleriyle Pamuk Elyafı.....	86
Şekil 58. Farklı Yerleştirme Biçimleriyle Pamuk Elyafının Kullanıldığı Sandviç Yapılı Kompozit Uygulamalar.....	86
Şekil 59. Sandviç Yapılı Kompozitte Bağ Oluşumu Oldukça Zayıf Ara Yüzey Görünümü.....	87
Şekil 60. Kompozit Uygulama:11-a	87
Şekil 61. Kompozit Uygulama:11-b	87
Şekil 62. Kompozit Uygulama:12-a	88
Şekil 63. Kompozit Uygulama:12-b	88
Şekil 64. Kompozit Uygulama:13-a	88
Şekil 65. Kompozit Uygulama:13-b	88
Şekil 66. Püre haline getirilmiş osage orange meyvesi, hamura takviye unsuru olarak ilave edilmiştir.....	89
Şekil 67. Banyo Suyundan Alınan Hamurun Kâğıt Kalıbından Ayrılarak Kurumaya Bırakılma Aşamaları	90
Şekil 68. Kompozit Uygulama: 14.....	90
Şekil 69. Pamuk Elyafının Kesiksiz Yerleştirilmesiyle Sandviç Kompozit Uygulama Aşamaları	92
Şekil 70. Pamuk Elyafının Kırpık Halde Banyo Suyuna Karıştırılması ile Elde Edilen Kompozit Uygulama Aşamaları.....	92

Şekil 71. Sandviç Yapılı Kompozitin Ara Yüzeyinde Yetersiz Bağ Oluşumu	93
Şekil 72. Devore Baskı İşlemi Görmüş Pamuk Elyafı Takviyeli Kompozit Uygulama...	93
Şekil 73. Kompozit Uygulama: 15.....	93
Şekil 74. Kompozit Uygulama: 16-a.....	94
Şekil 75. Kompozit Uygulama: 16-b.....	94
Şekil 76. Osage Orange ve Kompozit Uygulamada Kullanımı.....	95
Şekil 77. Meyve Lif ve Çekirdeklerinin Sertleştirdiği Kompozit Yapı.....	95
Şekil 78. Kompozit Uygulama: 17-a.....	96
Şekil 79. Kompozit Uygulama: 17-b.....	96
Şekil 80. Suda Çözdürülen British Gum.....	97
Şekil 81. Lif Dağılımının Tam Sağlandığı Atık Kâğıdın, Su İçerisindeki Görünümü ve Bu Hamurdan Elde Edilen Kâğıt.....	97
Şekil 82. Pamuk Elyafı.....	98
Şekil 83. Pamuk Elyafının Banyo Suyunda Dağıtılması.....	98
Şekil 84. Kompozit Uygulama:18-a.....	99
Şekil 85. Kompozit Uygulama:18-b.....	99
Şekil 86. Kompozit Uygulama: 19	99
Şekil 87. İkincil Liflerden Elde Edilen Kâğıt.....	100
Şekil 88. Pamuk İplik ile Elde Edilen Kompozit.....	101
Şekil 89. Kesikli Lif (Sentetik Ağırlıklı Atık Elyaf) ile Elde Edilen Kompozit.....	101

Şekil 90. Banyo Suyuna Eklenmiş Pamuk Elyafı.....	101
Şekil 91. Kompozit Uygulama: 20.....	101
Şekil 92. Kompozit Uygulama: 21.....	102
Şekil 93. Kompozit Uygulama: 22.....	102
Şekil 94. Şap, jelatin ve pudra belirlenen ölçülerde tartılarak banyo suyuna ilave edilmiştir.....	103
Şekil 95. Kompozit yapıda Kullanılan Kuru Bitki, Atık Elyaf ve Kumaşlar.....	104
Şekil 96. Hibiscus çiçeğinden elde edilen boya, rengin sabitlenmesi için şapla karıştırılmıştır.....	104
Şekil 97. Kompozit Uygulama: 23.....	104
Şekil 98. Kompozit Uygulama: 23 (detay).....	104
Şekil 99. Kompozit Uygulama: 24.....	105
Şekil 100. Kompozit Uygulama:25 (ıslak).....	107
Şekil 101. Kompozitte Sud Kostikle Doku Zayıflatma Denemesi.....	108
Şekil 102- Hamurda Gözlenen Lif Düğümleri.....	108
Şekil 103. Kompozit Uygulama: 26.....	108
Şekil 104. Soya Elyafı Takviyeli, Sandviç Yapılı Kompozit.....	110
Şekil 105. Kompozit Uygulama: 27.....	110
Şekil 106. İkincil (sekonder) Lif ve Keten Elyafı Kullanılan Kompozit Uygulamada Gözlenen Kırılmalar.....	111
Şekil 107. Kompozit Uygulama: 28.....	111

Şekil 108. Sodyum Aljinat Kullanılan Kompozitte, Sud Kostığının Etkisi.....	112
Şekil 109. Kompozit Uygulama: 29.....	113
Şekil 110. Pirinç Kepeği Posası Kullanılan Kompozitte Sud Kostığının Etkisi.....	114
Şekil 111. Kompozit Uygulama: 30.....	114
Şekil 112. Pirinç Kepeği Posası ve Sodyum Aljinatın Bir Arada Kullanıldığı Kompozitte Kostığının Etkisi.....	115
Şekil 113. Kompozit Uygulama: 31.....	116
Şekil 114. Sandviç Yapılı Kompozitin Jüt Kullanılan Ara Yüzeyi	117
Şekil 115. Jüt ve Sodyum Aljinatın Bir Arada Kullanıldığı Kompozitte Sud Kostığının Etkisi	117
Şekil 116. Kompozit Uygulama: 32	118
Şekil 117. Kompozitin Hamurunda Kullanılan Sodyum Aljinat ve Pirinç Kepeği Posası.....	119
Şekil 118. Kompozitin Kalıp Üzerindeki Görünümü.....	119
Şekil 119. Kompozit No: 33 Sandviç yapılı kompozitin ara yüzeyinin oluşturulması...	120
Şekil 120. Kompozit İçerisinde Keten Lifi.....	120
Şekil 121. Kompozit İçerisinde Atık Lif.....	120
Şekil 122. Kompozit İçerisinde Poliester Lif	120
Şekil 123. Kompozit İçerisinde Keten Lifi.....	120
Şekil 124. Kompozit İçerisinde Pamuk Lifi.....	120
Şekil 125. Kompozit İçerisinde Viskon Lif.....	120

Şekil 126. Esra Dereli, “Suya Düşen Cemre”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 1.23 x1.53 cm, 2017-2018	123
Şekil 127. “Suya Düşen Cemre” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü.....	124
Şekil 128. Kumaş, Lif ve İplikler İle Oluşturulmuş Motif Örnekleri.....	124
Şekil 129. İki Farklı Kompozit Yapı ve Kâğıt, İplik ve Sardunya Çiçeği Detayı	125
Şekil 130. Biberiye Dalı ve Kâğıt Hamuru Liflerinin Detayı.....	125
Şekil 131. Tül Kumaş ve Kuru Çiçeğin Oluşturduğu Desen Detayı.....	126
Şekil 132. Kâğıt Hamurundan Elde Edilen Düğmeler ve Tasarımın Ön Yüzüne Ait Detay.....	126
Şekil 133. Esra Dereli, “Hemdem”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 44x28 cm, 2018.....	127
Şekil 134. “Hemdem” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü.....	128
Şekil 135. Tasarımın Omuz ve Kol Detayı.....	128
Şekil 136. Yaprak İçine İşlenen Yaprak Motifi.....	129
Şekil 137. Tasarımın Ön Yüzünden Detay Görüntü.....	129
Şekil 138. Esra Dereli, “Krizalit”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 28x37 cm, 2018..	130
Şekil 139. “Krizalit” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü.....	131
Şekil 140. Ketten Lifi Kullanılarak Birleştirilen Parça Detayı.....	131
Şekil 141. Tasarımda Kullanılan Kelebek ve İpek Lifleri Detayı.....	132
Şekil 142. Tasarımın Ön Yüzünden Detay Görüntü.....	132
Şekil 143. Esra Dereli, “Hazan”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 40x26 cm, 2018...	133

Şekil 144. “Hazan” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü.....	134
Şekil 145. Sandviç Yapılı Kompozite Yerleştirilmiş Yaprak Detayı.....	134
Şekil 146. Çift Tahrir ve Sandviç Yapılı Kompozit Arasında Kullanılan Tül İle Oluşan Doku.....	135
Şekil 147. Tasarımın Arka Yüzünde Oluşturulan Doku Detayı.....	135
Şekil 148. Esra Dereli, “Kozalı Hurûfât”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 29x47 cm, 2018.....	136
Şekil 149. “Kozalı Hurûfât” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü	137
Şekil 150. Sandviç Yapılı Kompozit ile Oluşturulan Tasarımın Detayı	137
Şekil 151. Tasarımın Omuz Detayı.....	138
Şekil 152. Ketten Lifi Kullanılarak Birleştirilen Kompozit Parçalar.....	138
Şekil 153. Esra Dereli, “Çintemani”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 56x37 cm, 2018.....	139
Şekil 154. “Çintemani” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü.....	140
Şekil 155. Tasarımda Kullanılan Çintemani Motifi.....	140
Şekil 156. Tasarımın Kol Detayı.....	141
Şekil 157. Esra Dereli, “Tecerrüt”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 44x29 cm, 2018.....	142
Şekil 158. “Tecerrüt” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü.....	142
Şekil 159. Çalışmanın Ön Yüzüne Ait Detaylar.....	143
Şekil 160. Tasarımın Arka Yüzüne Ait Detaylar.....	143

Şekil 161. Esra Dereli, “Yadigâr”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 37x42 cm, 2018.....	144
Şekil 162. “Yadigâr” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü.....	145
Şekil 163. Tasarıma Ait Bazı Doku ve Malzeme Detayları.....	145
Şekil 164. Esra Dereli, “Bellek Düğümleri”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 28x38 cm, 2018.....	146
Şekil 165. “Bellek Düğümleri” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü.....	147
Şekil 166. Tasarımın Omuz ve Kol Detayı.....	147
Şekil 167. Sandviç Yapılı Kompozitte Tasarıma Ait Bazı Detaylar.....	148
Şekil 168. Esra Dereli, “Geçmiş Mazi”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 44x26 cm, 2018.....	149
Şekil 169. “Geçmiş Mazi” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü.....	150
Şekil 170. Tasarımın Ön Yüzüne Ait Bazı Detaylar.....	150
Şekil 171. Tasarımın Kol ve Boyun Detayı.....	151

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Kâğıt Endüstrisinde Kullanılan Bazı Dolgu Maddeleri ve Özellikleri	16
Tablo 2. Çeşitli Nişastaların Görüntüsü	20
Tablo 3. Nişasta Jelatinizasyon Prosesi.....	21
Tablo 4. Kâğıt Üretiminde Kullanılan Bazı Tutundurucu Maddeler ve Özellikleri	22
Tablo 5. Yonga Pişirme Süresi ve Delignifikasyon	29
Tablo 6. Geri Dönüşümü Yapılacak Kâğıt Sınıfları	35
Tablo 7. Atık Kâğıt Geri Dönüşüm İşlem Basamakları	36
Tablo 8. Matris, Takviye Elemanı ve Kompozit Yapı Tipleri	52
Tablo 9. Kompozitlerde Takviye Elemanlarının Sınıflandırılması	55

GİRİŞ

İnsanlığın en önemli ihtiyaç malzemelerinden biri olan kâğıdın keşfinden önce de, onun yerini tutabilecek tablet, levha, ağaç kabukları ve hayvan derileri gibi malzemeler kullanılmıştır. Bu çerçeveden bakıldığında insanın doğası gereği bilgisini, deneyimini, gözlemine ve duygusal dışavurumlarını gerek yazı gerekse de çizgi ve şekil olarak aktarma ihtiyacı hissettiğini söylemek mümkündür. Dolayısıyla kâğıt aynı zamanda kültürel bir aktarım aracı ve medeniyetlerin gelişmişlik seviyesinin ifadesi olan bir unsur olarak da görülmektedir.

Kâğıdın; insan hayatında bu denli önemli bir yer edinmesi, günümüzde kâğıt paradan mendile, ambalaj kâğıdından dergiye gittikçe uzayacak bir liste hazırlamanın mümkün olduğu ve kullanım alanı git gide artan bir malzeme olması, üretim şekliyle ilgili de çeşitli alternatifler doğmasına sebep olmuştur. Kâğıdın Tsai Lun tarafından icadı bitkisel liflerin kullanımıyla gerçekleşmiştir, dolayısıyla hammaddesi selüloz olan kâğıdın birincil lif kaynağını da ağaçlar yani odun ve bitkiler oluşturmaktadır. Zamanla ve artan ihtiyaca binaen tekstil atıkları (paçavralar), kullanılmış kâğıtlar ve tarım atıkları da lifsel kaynaklar olarak eklenmiştir. Ancak; özellikle kullanılmış kâğıtlarla yeniden bir üretim yoluna gitmek, süreci oldukça güçleştirmekte fakat çevreci kaygılara cevap niteliği taşımaktadır. Çünkü kâğıt üretim fabrikaları; başından beri üretimin olmazsa olmazı olan su kaynaklarının kenarına kurulmuş ve yine dünyanın akciğerleri denilebilecek olan ormanlardan kesilen ağaçların liflerini kullanmıştır. Bu iki unsur, bu denli ihtiyaç halinde olunan kâğıdın üretiminde çevreci kaygılar gütmek için son derece önemli ve yeterli sebeplere sahiptir. Fakat yukarıda da bahsedildiği üzere üretimi, ilk kaynaklardan elde edilen prosese kıyasla oldukça zordur. İşlemin bu denli zorlaşması ise, üreticiyi kimyasal kullanımına ve aşırı su tüketimine itmekte ve aslında çevreci bir kaygı ile atılmış adımlar çoğu kez yine çevreye zarar vermektedir. Bu sebeple de atık kâğıtların sınıflandırılması, malzemenin yeterince tanınması ve bilinçli üretim ve tüketim, kâğıdın üretim sürecine katkı sağlayacak unsurlardandır.

Bu çalışmada olduğu gibi, kâğıdı sanayileşmiş hali ve standart özellikleri dışında kullanmak isteyenlerin taleplerini karşılayacak nitelikte dünya genelinde artan ve kayda

değer sayıda el yapımı kâğıt üretim tesisi dikkat çekmektedir. Çünkü elde üretilen ve çoğu doğal içeriğe sahip kâğıtların günlük yaşamda kumaştan aydınlatmaya, ses sisteminden duvar kâğıdına kadar muadili olabilecek pek çok malzemenin yerini aldığı görülmektedir. Günümüzde; ABD’de 43, Japonya’da 10, Avustralya ve Kanada’da 5, Almanya’da 4, Avusturya ve İsrail’de 3, İngiltere’de 2, Arjantin, Bahamalar, Filipinler, Finlandiya, Fransa, Hindistan, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Nepal, Tanzanya ve Yeni Zelanda’da ise birer adet el yapımı kâğıt üretimi yapan kuruluş bulunmaktadır. (Güven, Kaplanoğlu ve Yangöz, 2012: 55-57).

Bu durum uğraş alanı özellikle kitap sanatları olan sanatçıların işlerini kolaylaştırıyor olsa da, diğer alanlarda ifade dilini tamamen özgür bırakan bir durum oluşturmamaktadır. Bu da kâğıdı bir sanatsal söylem için kullanmak isteyen sanatçıyı, elde üretime itmektir. Kâğıdı elde yaparken malzemeyi tanımak onunla yapılabileceklerin sınırlarını genişletecek en iyi referans olmakta ve ilgi alanlarına göre çeşitli açılımlar yapmakla eşdeğer bulunmaktadır. Böylece kâğıda üretim esnasında, yani henüz hamur halindeyken müdahale şansı da doğmakta ve sanatçının ifadesini kısıtlayan durum ortadan kalkmaktadır. Nihayetinde ise çok çeşitli kullanım sahasıyla merak uyandıran kâğıt, ortaya konan sanatsal çalışmalar ile de dikkat çeker niteliğe bürünmektedir. Öyle ki; bu çalışmalar kâğıtla yapılabildiği gibi, kâğıdın kendisi de artık, bir sanat eseri olmuştur.

Kâğıt, bulunduğu tarihlerde doğal malzemeyle yapılmış ve sanayileşmiş kâğıt üretimine geçiş sürecine kadar geleneksel yöntemler uygulanarak doğal kâğıtlar elde edilmiştir. Bu yöntemler kâğıdın yapıldığı bölgelere göre farklılık göstermiş, böylece üretimde malzeme çeşitliliği oluşmuştur. Bu çeşitlilik, elde edilen kâğıdın niteliğini de değiştirmiş ve farklı ihtiyaçlara cevap verebilecek türde kâğıtlar yapılmıştır. Söz konusu çeşitliliği sağlayan ise, kâğıt için gerekli olan hammadde ihtiyacını karşılayan lif kaynakları olmuştur. Bu bağlamda elde kâğıt üretiminde, ikincil kaynaklardan kâğıt üretimi hiç de kolay olmamaktadır. Çünkü ikincil lif kaynağı olarak edinilen kullanılmış kâğıtlar fabrikalardan çıkmakta ve birincil kaynakları, kullanılan yapıştırıcı maddeleri, dolgu maddeleri dolayısıyla da kimyasallar hakkında hiçbir bilgi edinilemeyen atıktan, sabit bir veri olmaksızın üzerinde deneme yanılma yoluyla çeşitli alternatifler üreterek

yeniden bir kâğıt üretmek, prosesi oldukça güç hale getirmektedir. Kâğıt kalitesinin, kullanılan lif geçmişiyile birebir ilgisinin olduğu dikkate alındığında, bu durum önemli bir sorun haline gelmektedir. Aynı proses, farklı cinsteki atıklar üzerinde farklı cevaplar vererek sonucu etkilemektedir. Bu sebeple atıkları sınıflayarak tek tip bir kâğıt hamuru üzerinden yola çıkmak ve bunun üzerine denemeler yapmak sürecin işleyişini çok daha sağlıklı kılmaktadır.

Genel anlamda bir yazı iletim aracı olarak insan hayatına yerleşmiş olan kâğıt, bir sanatçı için mürekkep ya da boya kullanmaksızın da bir ifade aracı olabilmektedir. Bu çalışmanın çıkış noktasını teşkil eden tüm bu verilerle birlikte; öncelikle malzeme tanınmış ve kâğıdın tarihsel süreci, yapısı, çeşitleri ve üretim süreci irdelenmiş; ardından da onunla neler yapılabileceğine ve üretim prosesine dair alternatifler üretilmiştir. Bu bağlamda bir kompozit yapı olarak kabul edilen kâğıdın elde üretiminde, öncelikle kompozitin yapısı ve kullanım alanları irdelenmiş, nihayetinde ise kompozit malzeme üretim metotları kullanılarak el yapımı kâğıdın yeniden değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Kompozit üretiminde amaç, farklı iki malzemede tek başınayken mevcut olmayan ya da zayıf veya eksik kalan özellikleri, bu iki malzemeyi birleştirerek ortaya çıkan yeni malzemede buluşturmadır. Tam da bu noktada kâğıdın muhteviyatının lif olduğu düşünüldüğünde, atık kâğıt kullanılarak ikincil liflerle üretilen kâğıdın zayıflamış olan mukavemetini, geri dönüştürülmüş lif kaynakları ve tekstil atıklarıyla birleştirerek ortaya kompozit yapılar çıkarmak; bu arayışta ortaya çıkan sonuçları ve deneyimleri sanatsal bir söyleme dönüştürmek hedeflenmiştir. Geleneksel metotlarla başlayan elde kâğıt yapımında; yeni üretim metotlarının, el becerilerinin, kullanılan malzemenin sağladığı olanakların farkındalığının ve edinilen deneyimlerin birleştirilmesiyle ortaya güncel bir söylem ile sanatsal bir ifade çıkarmak çok daha mümkün hale gelmiştir.

Tez çalışmasında bu sanatsal söylemde form olarak tılsımlı gömleklerden esinlenilerek ortaya tekstil görünümlü kompozit yapılar çıkarılmıştır. Bu sebeple ortaya çıkan bu yeni malzeme kumaş taklidi, şekillenmeye müsait, olabildiğince sağlam, yumuşak ve yüzey arayışlarına olanak sağlayacak niteliğe ulaşana kadar çeşitli reçeteler

elde edilmiştir. Tezin 1. Bölüm'ünde gerçekleştirilen bu süreçte, her ne kadar atıktan elde edilen kâğıt hamuru yeniden üretimde kuvvetlendirmeye çalışılmış olsa da sanayileşmiş kâğıtta hata gibi görünebilecek unsurlar önemsenmeksizin, reçetelerde sanatsal söylemi destekleyecek, yeni açılımlar yapabilecek sonuçlar gözlemlenmiş ve deneyimlenmiştir.

Reçeteler oluşturulurken kullanılan kâğıt hamurunun bir kısmı, selülozdan yeniden üretim için hazırlanan kâğıt hamurundan oluşmuş ve Alkim Kâğıt Fabrikası'ndan temin edilmiştir. Kompozit yapılarda kullanılan tekstil ve lif kaynaklarının büyük çoğunluğu ise Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden temin edilmiş olan geri dönüştürülmüş malzemelerden oluşmaktadır.

Sanatsal uygulamalardan oluşan 2. Bölüm'de ise hazırlanan reçetelerden, üretim amacına en yakın elde edilmiş olan proses seçilerek kâğıt ve tekstil yapılı kompozitler oluşturulmuştur. Yukarıda da bahsi geçtiği üzere bu kompozit yapıların formlarında esin kaynağı tılsımlı gömlekler olmuş ancak yüzey arayışlarında yenilikçi ve malzemenin sağladığı tüm olanakları kullanarak sanatsal bir ifade yoluna gidilmiştir. Oluşturulan kompozit parçaların birleştirilmesi esnasında ise geleneksel bir tutkal maddesi olan jelatin miktarı artırılmış muhallebi aherinden ve gerek görülen durumlarda da kâğıt teladan faydalanılmıştır. Çalışma koşullarının el verdiği ölçüde ve çeşitli boyutlarda, kompozitten üretilmiş on adet sanatsal çalışma yapılmıştır.

1. BÖLÜM

KÂĞIT ve KOMPOZİTLERE GENEL BAKIŞ

1. BÖLÜM

KÂĞIT ve KOMPOZİTLERE GENEL BAKIŞ

1.1. KÂĞIT

1.1.1. Kâğıdın Tarihçesi

İnsanlık tarih boyunca haberleşmenin, duygularını düşüncelerini aktarmanın ve bunları kaydetmenin yollarını araştırmıştır. Bu arayışın ilk örnekleri olarak mağara duvarlarına ve taşlar üzerine çizilen resimler ve daha sonraları ise balmumundan yapılmış levhalar, bambu yaprakları, bronz, ipek ve kil tabletler, yumuşak taşlar, hayvan kemikleri, odun parçaları, ağaç kabukları, metal levhalar ve hayvan derileri üzerine yazılan yazıları göstermek mümkündür (Ayata, 2008:15-16). M.Ö.3500’de Eski Mısırlılar, kâğıt benzeri ilk madde olan *papirüs* bulmuşlardır. Papirüs, adını bir kamış türü olan ve Nil nehri kıyısında yetişen Papyrus antiquorum bitkisinden almıştır. Soldan sağa ve yukarıdan aşağıya iki sıra halinde dizilerek dokunan bitkinin şeritleri, düzleşinceye kadar dövülmüştür. Bitki öz suyunda bulunan nişasta ile şeritlerin birbirine yapışması sağlanmış ve böylece ortaya sert ve ince bir yapıya sahip olan tabakalar çıkmıştır (Çelebi, 2017:5).



Şekil 1- Papyrus Antiquorum ve Bu Bitkiden Elde Edilen Papirüs (Çelebi, 2017: 5)

Ağır ve taşınamaz yzeyelelerin yerine ilk hafif ve kabul edilebilir yzeyelelerden biri olan paşsomenin keşfi, bugznkz kâğıdın bulunmasına giden yolun başlangıcını teşkil etmektedir (Gzven, Kaplanoğlu, Yangz, 2012: 48). Papirzsn bulunmadığı coğrafyalarda ise alternatif olarak M.Ö.200 yıllarında Bergamalılar hayvan derisinden paşsomen adı verilen yazı malzemesini yapmışlardır (Ayata, 2008: 16).

“Orta çağın en önemli yazı malzemesi paşsomeni yapmak için deri, kıllardan temizlendikten sonra birkaç hafta boyunca kireçli bir zeltiye yatırılır, bıçaklarla kazınarak fazla katmanlarından temizlenir, yağ zzcz maddelerle tekrar işlenir, zımparalanır ve kurutulur. Paşsomen; dayanıklılığı, sertliği, çift taraflı yazılabilme ozelliği, katlanıp kitap haline getirilebilmesi, açık rengi ve zzerine kolayca yazma imkânı veren dzz yzeyeleinden dolayı papirzsn yerini almıştır.” (Sznmez, Ağırbaş, 2012: 15).

Kâğıdın bulunuşu konusunda tarihler net olmamakla birlikte ipuçları bulunmaktadır. Batı in’in bazı kazı bzlgelelerinde ortaya çıkan erken tarihli oznekler zzerinde yapılan teknik analizler bzyzkt tartışmalara yol açmıştır. Uzmanların çoğu, kâğıdın M.Ö. II. yzzyılda, yani Tsai Lun’dan en az iki veya z yzzyıl znce icat edildiğini kabul etmişlerdir. İ Moğolistan’da bulunan kaba kenevir kâğıdı, şimdiye kadar ortaya çıkarılan en eski oznek olarak kabul gormzşttr. Batı Hun dznemine (M.Ö. 206- M.S.9) ait olduğu sanılan bu kâğıt, yazıya uygun olmayacak kadar pztzklz bulunmuştur. Fakat M.Ö. 93’de geçen bir in zykzsnnde, kâğıdın ilk kez mendil gibi kullanıldığı anlatılmıştır (Gzven, Kaplanoğlu, Yangz, 2012: 49).

Bugznkz anlamda kullandığımız kâğıda en çok benzeyen malzemenin, M.Ö. 105 yılında in Hanedanlığında, kimi kaynaklara gze “askeri mahkeme memuru” (Çelebi, 2017:5), “saray muhafız alayı mensuplarından bir sanatkâr” (Gzven, Kaplanoğlu, Yangz, 2012: 49) ya da bir rahip olan ve krala danışmanlık yaptığı belirtilen Tsai Lun tarafından zretildiği kabul edilmektedir. Tsai Lun, dut ağacının dzş

tabakasını, özellikle böğürtlen liflerini ve buna benzer çalıkların dallarını sıcak suda kaynatıp döverek lifli bir kütle elde etmiştir (Varlıbaş, 2010: 1). Bazı kaynaklarda bunlara ek olarak hurda balıkçı ağlarının ve pamuklu eski bezlerin kullanıldığı da geçmektedir (Güven, Kaplanoğlu, Yangöz, 2012: 49). Lun, bol su içerisinde dağıttığı bu lifli kütleyi, kabaca dokunmuş kumaşın gerdirilmesiyle oluşturulmuş olan bir süzme kasnağı üzerine dökerek, ilk kâğıdı elde etmiştir. Tsai Lun'un pişmiş pirinç suyunu hamur süspansiyonuna ilave ederek veya kuruttuğu sayfalar üzerine uygulayarak daha mukavemetli ve yüzeyi düzgün kâğıt yapısı elde ettiği de bilinmektedir. Aslında günümüz kâğıt üretim tekniği de temel yapı itibariyle bu aşamalardan çok da farklı değildir. Öncelikle bireysel liflerden oluşan kâğıt hamuru üretilmektedir. Oldukça seyreltik bir süspansiyon halinde hazırlanan hamur, ince eleği olan kalıplarda süzülerek kâğıt taslağı elde edilmektedir. Yaş haldeki bu taslak kademeli olarak preslenip kurutulmakta ve sonuç olarak kâğıt elde edilmektedir. Kısacası Tsai Lun'un kullandığı yöntemin, Şekil 2'de görülebileceği gibi, bir anlamda en ilkel termomekanik kâğıt hamuru üretimi olduğunu söylemek mümkündür (Varlıbaş, 2010: 1).



Şekil 2- Elde Kâğıt Üretimi ve Termomekanik Kâğıt Hamuru Üretimi (Çelebi,2017: 1)

1.1.2. Kâğıdın Tanımı ve Sınıfları

Kâğıt, bitkisel liflerin özel alet ve cihazlarla dövülerek saçaklandırılması, su ile şişirilmesi ve mekanik etkiler sonucunda kesilmesinden sonra, liflerin süzgeç üzerinde keçeleşmesiyle oluşturulan safıhanın, kurutularak hidrojen bağlarının oluşumu sonucu belli bir sağlamlık kazanan düzgün yüzeyli tabakadır (Selimbeyoğlu, 2001: 7).

Kâğıt için “bitkisel selülozun mekanik veya kimyasal yollarla liflendirilmesiyle veya kullanılmış kâğıtların yeniden liflendirilmesi ile elde edilen hamurlardan üretilen, üzerine baskı yapmaya elverişli tabaka” (Yakut,2012: 68) ya da “bitki materyallerinin bireysel hale getirilmiş selülozik lif kümeleri” (Kömbeci, 2014: 14) gibi farklı tanımlamalar yapılmakla birlikte; geleneksel olarak, sulandırılmış hamur halindeki liflerin ince bir süzgeç üzerinde oluşturduğu keçe levha, kâğıt olarak tanımlanmaktadır (Karahana, 2008: 2).

Günümüzde kâğıt sadece yazı yazmak ya da baskı yapmak için bir araç değil aynı zamanda oldukça önemli bir ihtiyaç maddesi haline gelmiştir. Gazete, dergi, defter, kitap ve artık az da olsa mektup için kullanımının yanı sıra, tüketim mallarının ambalajları ve kutuları, çocuk bezleri, kâğıt mendiller ve diğer temizlik kâğıtları hatta kullandığımız para dahi kâğıdı vazgeçilmez bir materyal haline getirmiştir. Bu gibi farklı kullanım alanlarının ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla da, saptamanın zorlaştığı sayıda kâğıt türü üretilmektedir (Karahana, 2008: 2).

Hayatın her alanına girerek farklı maksatlarla kullanılan kâğıdın, sınıflandırılması da çeşitlilik göstermektedir. Kâğıt (10-150 g/m²), karton (150-400 g/m²) ve mukavva (400-1200 g/m²) olmak üzere metrekare ağırlığına yani gramajına göre sınıflandırılabilir gibi; kullanılan hamurun cinsine, dolayısıyla yırtılma ve patlama mukavemetine ve buna benzer diğer özelliklerine göre de çeşitli sınıflara ayrılabilir (Akkapılı, 2017: 3).

Uluslararası literatürde ise kendi aralarında da birçok alt gruba ayrılan *kültürel* ve *endüstriyel* kâğıtlar olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır (Bozkurt, 2012: 21-22):

1.2.1.1. Kültürel Kâğıtlar

- Yazı Tabı Kâğıtları: Kimyasal selülozdan veya kimyasal selüloz ile mekanik odun hamurundan oluşan yazı tabı kâğıtları, yazı ve baskıya uygun nitelikteki kâğıtlardır. Ayrıca kullanım amacına bağlı olarak kaplama (kuşeleme) işlemine de tabi tutulabilirler.
- Gazete Kâğıdı: Gazete basımı için uygun nitelikteki bu kâğıtlar, yüksek oranda mekanik odun hamuru ile düşük oranlarda kimyasal selüloz içerirler.

1.2.2.2. Endüstriyel Kâğıtlar

- Sargılık Kâğıtlar: Ambalaj malzemesi olarak kullanılan kâğıtlardır. Selüloz, atık kâğıt ve odun hamurundan elde edilirler.
- Temizlik Kâğıtları: Düşük gramajlı kâğıtlardır. Az miktarda da odun hamuru (CTMP, TMP) içeren, selüloz ve atık kâğıtlardan üretilirler.
- Kraft Torba Kâğıdı: Yüksek dayanımlı ambalaj kâğıdıdır. Beyazlatılmamış ya da beyazlatılmış haldeki kraft selülozdan üretilirler.
- Oluklu Mukavva Kâğıtları: Ambalaj kutusu imalinde ve kırılğan eşya paketlemesinde seperatör ve destekleyici olarak kullanılırlar. Üretimi, bir veya daha fazla oluklu tabakanın alt ve/veya üst yüzeylerinin düz tabaka (kraft liner) ile kaplanmasıyla gerçekleşir.
- Kartonlar: Kullanım amacına bağlı olarak çok çeşitli adlarda ve özelliklerde üretimi yapılmakta olup; genel olarak yüksek gramajlı, kalın, tek veya çok katlı kâğıtlar bu sınıfa girerler.
- Sigara ve İnce Özel Kâğıtlar: Düşük gramajlı fakat yüksek mukavemetli kâğıtlardır. Üretimi daha çok kendir, keten, jüt ve paçavra selülozdan gerçekleşmektedir.

1.1.3. Kâğıt Hamuru ve Üretiminde Kullanılan Maddeler

Kâğıt yapımında kullanılan liflerin, “bireysel hale getirilmiş selülozik lif kümeleri” (Kömbeci, 2014: 14) kâğıt hamuru olarak tanımlanabilmektedir. Kâğıt üretimi genel olarak odun, yıllık bitki ve atık kâğıt gibi hammaddelerden kimyasal, yarı

kimyasal ve mekanik yollarla hamur elde edilmesi ve bu hamurun dövme, kesme, saçaklandırma ve temizleme gibi işlemlere tabi tutularak dolgu ve katkı maddeleri ilave edilmesi ve ardından da kalıp üzerinde safiha oluşturulması, kurutulması ve bunun uygun ebatlarda kesilmesi işlemlerini kapsamaktadır (Karahana, 2008: 2-4).

1.1.3.1. Kâğıt Üretiminde Kullanılan Lifli Maddeler

Tsai Lun'un buluşundan 1850 yıllarına kadar kâğıt üretiminde en temel lifli hammadde kaynağı pamuk, keten ve kenevir gibi bitkilerden elde edilen iplerle dokunmuş, eski kumaşlar olmuştur. Paçavra da denilen bu kumaşların parçalara ayrılarak pişirilmesiyle elde edilen kâğıt hamuruna ise *paçavra selülozu* denilmiştir. Ancak yaşanan sosyal değişimler ve endüstri kâğıda olan ihtiyacın giderek artmasına yol açmıştır. Bu durum hammadde ihtiyacını karşılamaya yetmemiş ve 1800'li yılların ortalarına gelindiğinde ormanlar kâğıt hamuru kaynağı haline gelmiş, ağaçtan kâğıt hamuru üretimine geçilmiştir (Varlıbaş, 2010:1).

Kâğıt hamuru için günümüzde hammadde kaynaklarından biri odundur. Bu odun da, en çok meşe gibi yapraklı (hardwood) ve çam gibi iğne yapraklı (softwood) ağaçlardan elde edilmektedir (Akkapılı, 2017: 3). Giderek artan kullanım oranıyla atık kâğıtlar da önemli bir hammadde kaynağı haline gelmiştir. Bu durumda kâğıtçılıkta lignoselülozik bir hammaddeden elde edilen ve ilk defa kâğıt yapımında kullanılacak olan lifler "primer lifler" (virgin fibres, birincil lif), atık kâğıtların işlenmesi ile elde edilen lifler ise "sekonder lifler" (ikincil lif) olarak tanımlanmaktadır (Karahana, 2008:4).

Kâğıt üretiminde kullanılan hammadde grupları (Erentürk, 2014: 10);

- **Kimyasal Odun Hamur Selülozları:** Odundan elde edilir. Ağartılmış veya ağartılmamış haldeki hamurlar bu gruba dahildir.
- **Odun Hamuru:** Odundan elde edilir. Mekanik, termomekanik ve kimyasal termomekanik yöntemlerle üretilen hamurları kapsar.
- **Yıllık Bitkilerden Üretilen Hamur Selülozları:** Odun dışında, yıllık bitkilerden kimyasal ve yarı kimyasal yöntemlerle elde edilen hamur ve selülozlarını kapsar. Ağartılmış veya ağartılmamış halde kullanılırlar.

“Tarımsal üretimin yoğun olduğu bölgelerde, tarımsal atık sınıfına giren sap, dal gibi yıllık bitki artıkları (buğday, pirinç, pamuk sapı, vb.) ekonomik ve sürdürülebilir şekilde işlenerek kâğıt hamuru elde edilebilmektedir.” (Varlıbaş, 2010: 2). Yıllık bitkilerin lifli yapısı uygun bileşim ve fiziksel özellikte olan ve belli bir potansiyeli bulunan artıkları veya niteliklerine göre yaprakları, tohum tüyleri ya da odunsu gövdeleri, kâğıt hamuru üretiminde değerlendirilebilmektedir (Karahan, 2008: 4).

Kâğıt hamurunda kullanılan bu yıllık bitkiler (Kömbeci, 2014: 14);

- Otsu bitkilerin gövde lifleri (ekin sapları, kamışlar, bambu vb.)
 - Kabuk lifleri (keten, hint keneviri, kenevir vb.)
 - Yaprak lifleri (sisal keneviri, abaka vb.)
 - Tohum lifleri (pamuk vb.)
- olmak üzere elde edildikleri kaynaklara göre, kendi aralarında da gruplara ayrılırlar.
- **Atık Kâğıt Hamuru:** Eski kâğıt, hurda kâğıt, kırpıntı kâğıt, toplama kâğıt ya da geri kazanılan kâğıt gibi çeşitli tanımlamalara sahip olan atık kâğıtlardan elde edilen kâğıt hamuru bu gruba girer. Bu hamur sadece kâğıt-karton üretiminde kullanılmaya elverişlidir (Erentürk, 2014: 10).

1.1.3.2. Kâğıt Üretiminde Su

Selülozik liflerin yanı sıra en önemli üretim malzemesi ve en fazla kullanılan madde sudur ve su olmadan kâğıt hamuru, dolayısıyla da kâğıt üretilemez (Varlıbaş, 2010:1).

Kâğıtçılıktaki işlevi ile su (Karahan, 2008: 3);

- Bitkisel liflerin elde edilmesi ve işlenmesinde kullanılır. Liflerin dağılmasını sağlayan su, aynı zamanda şişmelerini ve saçaklanmalarını da sağlar.

- Kâğıt hamuruna eklenecek olan katkı maddelerini çözer. Su molekülü, asimetrik yapısı ile selüloz, hemiselüloz, nişasta gibi maddeler karşısında küçük bir miktarda gibi davranır.
- Kâğıdın kurutulması ve soğutulmasında kullanılır. Su, ısı transferinde yeri doldurulamayacak derecede önemli bir maddedir. Asimetrik yapısı sayesinde “Su molekülleri arasındaki kohezyon mevcut sıvıların hepsinden fazladır. Bu ise enerji depolaması ve kâğıdın kurutulması açısından önemlidir.”
- Hidrojen bağları oluşturarak kâğıda sağlamlık katar.
- Taşıyıcı materyaldir; dolayısıyla lifli kütlenin düzgün bir şekilde yayılmasını sağlayarak kâğıt taslağı oluşturmasını destekler.

Kâğıt üretiminde kullanılan suyun önemli bazı nitelikleri (Karahana, 2008: 4);

- Süspansiyon halindeki madde miktarı
- Bulanıklık
- Renk
- Demir
- Manganez
- Karbondioksit ve çözülmüş oksijen
- Sertlik: Suyun sertliği önemli bir unsurdur. Su olan ortamda, iletkenlik ve pH kontrol edilmeden işlem yapılamamalıdır çünkü özellikle süspansiyonun pH değerine bağlı olarak sistemin karakteristiği değişkenlik göstermektedir. Ortamın pH değeri 6,5’in altında olduğunda, sistem asidik olarak isimlendirilir ve bu sistemde üretilen kâğıtlar da asidik kâğıtlardır. Ortamın pH değeri 7 ve üzerinde olması halinde ise sistem, nötr-alkali sistemdir.” (Varlıbaş, 2010: 2).

1.1.3.3. Kâğıt Üretiminde Kullanılan Yardımcı Maddeler

Kâğıt üretiminde kullanılan endüstriyel hammaddeler, ülke rezervi ve üretim miktarı açısından oldukça iyi durumda olmasına rağmen, kaliteli kâğıt üretimine yönelik teknoloji yeterli seviyede değildir. Makine ve enerji açısından yaşanan bu yetersizlik üretim maliyetini artırmakta, yatırımcıları ithalat ile ürün getirip işlemeye itmiştir. Böylece kâğıt ihtiyacının büyük bir bölümü, ucuz kâğıt niteliğinde ithalat ile giderilmeye çalışılmaktadır (Akkapılı, 2017: 10). Bunun yanı sıra kâğıt üretiminde önemli lif içerikli hammadde kaynaklarından birini de eski ve atık kâğıtlar oluşturmaktadır. Bu sebeplerle kâğıt hamurundan kâğıt ürünlerinin üretilmesinde prosesi kolaylaştırmak, kâğıdın teknolojik özelliklerini geliştirmek ve böylece daha vasıflı kâğıtlar elde etmek amacıyla bazı lif dışı maddeler kullanılmaktadır (Bozkurt, 2012: 19).

1.1.3.3.1. Dolgu Maddeleri

Dolgu minerallerinin kâğıt üzerindeki olumlu etkileri (Akkapılı, 2017: 5):

- Kâğıdın opaklığını arttırmaktadır.
- Kâğıdın boyutlarının stabil hale gelmesini sağlamakta ve yumuşaklığını arttırmaktadır.
- Özellikle ağartılmış hamurlara katıldıklarında kâğıdın beyazlığını arttırmaktadır.
- Lifler arasındaki boşlukları doldurmakta ve düzgün yüzey oluşturmakta böylece kâğıdın baskıya uygun olmasını sağlamaktadır.
- Mürekkebin düşey yönde daha iyi emilmesini sağlayarak baskı kalitesini arttırmaktadır.
- Kâğıdın eskime özelliğini azaltmaktadır, özellikle kalsit kullanılan kâğıtlar asırlar içinde nitelikleri kaybetmemektedir.

Dolgu maddeleri, bu faydalarının yanı sıra lif bağlarını azaltarak fiziksel direncin düşmesine neden olurlar. Kâğıdın kopma, yırtılma, çift katlama ve patlama direncini zayıflatırlar. Kâğıt makinasına hamur verilirken, eleğin üzerinden akan hamurun üst tarafında daha çok tutunduklarından, kâğıtta iki yüzünlük meydana

getirebilir, zayıf tutunmaları halinde ise silme sırasında lekelenmeye ve yıpranmaya sebep olurlar. Her ne kadar dolgu maddelerinin kullanımını artırmak, işletmeci açısından kâğıdın maliyetini düşürücü bir unsur olarak görülse de, bahsi geçen olumsuzluklar nedeniyle kâğıt hamuruna (Akkapılı, 2017: 4) %15'ten fazla kullanılmaması daha uygundur (Bozkurt, 2012: 19).

Tablo 1'de de görüleceği gibi, kâğıt endüstrisinde dolgu malzemesi olarak kullanılan bazı maddeler (Akkapılı, 2017: 5-6, 8-10):

- **Kalsit (Kalsiyum karbonat):** Doğal öğütülmüş kalsiyum karbonatlar (GCC) ve Sentetik (çökeltilmiş) kalsiyum karbonatlar (PCC- Precipitated Calcium Carbonate-) olmak üzere iki gruba ayrılır. Son on yıldaki kullanımı artmış, kâğıt dolgu mineralleri arasındaki payı %7'lerden %30'lara çıkmıştır. Özellikle alkali kâğıt yapımı prosesinde Avrupa'da onaylanmıştır. "...kâğıt içerisinde oluşacak herhangi bir asitlenmeyi tamponlamakta ve kâğıtları çok daha dayanıklı yapmaktadır." (Karahan, 2008: 6).
- **Kaolin:** En önemli kullanım yeri kâğıt sanayisi olsa da son yıllarda yerini kalsit almaya başlamıştır. Kaolin ve kalsit arasındaki seçimi; kısmen teknik uygunluk, kısmen etkileyici fiyatlar kısmen de doğadaki mevcudiyeti belirlemektedir. Birbirinin yerine geçebilecek mineraller arasındaki karşılaştırmalar, aslında bu maddelerin kullanılabilirliklerini tam olarak ifade edememektedir. Endüstriyel mineraller tek başına yüksek parlaklık, çok iyi opaklık gücü, kabul edilebilir boyut, yüzeyde tutma performansı, düşük bağlayıcılık ve düşük aşınma gibi özelliklere sahip değilken, minerallerin avantajlarının birleştirilmesiyle ortaya çıkan karışımlar birçok formül ortaya çıkarmaktadır.
- **Talk:** Kâğıt endüstrisinde opaklık ve poroziteyi iyileştirmesi, pürüzsüzlük ve parlaklık sağlama ve üründe oluşan sarılığın ortadan kaldırılmasını destekleyici bir maddedir. Düşük aşındırma özelliğine

sahip olma, hidrofobik olma, pH ve ısıdan etkilenmeme, kimyasal durağanlık, elektriksel nötrlük gibi özellikleriyle, kâğıt üretiminin tüm ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Bunların dışında, kaolin ve kalsitin işlevi bulunmayan atık kâğıttan yeniden kâğıt üretiminde mürekkep arındırma işleminde, yine talktan yararlanılmaktadır. Geçen birkaç yıl içerisinde talkın kullanımının bir bölümü kalsite geçmiş olsa da, kuvvetli yağ emme özelliğiyle reçine kontrolünde başarılı olması nedeniyle tercih sebebidir.

- **Pirofillit ve Bowlingitenin:** Görünümü, kalitesi ve kristal yapısı bakımından talk ile benzer özelliklere sahiptir. Her iki mineral de uluslararası kategorilerde aynı listede yer almaktadırlar.
- **Alümina Trihidrat (ATH):** Karbonsuz kopya kâğıt üretiminde öncelikli olmakla birlikte, yüksek vasıflı ve ısıya dayanıklı özel kâğıt üretimlerinde de kullanılmaktadır.
- **Bentonit:** Kendinden kopyalama özelliğinde olduğu gibi, özel yüzey kaplamalarında kullanılmaktadır.
- **Alçıtaşı (Jips):** En ucuz dolgu minerallerindedir. Ancak bir dolgu maddesi olarak tek başına verimli olmadığı için kaolin ve kalsiyum karbonatla birlikte kullanılabilir.
- **Diatomit:** Saflığı, beyazlığı, ince taneli dokusu, yüksek gözenekliliği, sağlamlığı, hafifliği, elastikiyeti, kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı, ıslığı az geçirmesi, ışık yansımalarını azaltması gibi özellikleriyle her ne kadar kâğıt sanayisinde kullanım alanı bulmuş da olsa tüketimi yine de düşüktür.
- **Barit:** Baryum sülfat çökeltisi formundayken, önemli derecede opaklaştırıcı karaktere bürünmektedir fakat fiyatı geniş kullanımını engellemektedir. Mat, yarım mat veya pürüzsüz bir son ürün elde

edilmesini sağlaması sebebiyle asıl kullanım alanı fotoğraf kâğıdı üretimine yönelik olmuştur.

Tablo 1- Kâğıt Endüstrisinde Kullanılan Bazı Dolgu Maddeleri ve Özellikleri
(Bozkurt, 2012: 20)

Lif dışı maddeler	Madde Türü	Özelliği
Kaolin	Dolgu maddesi	Yaygın olarak kullanılan ucuz bir dolgu maddesidir
Kalsiyum Karbonat (CaCO ₃)	Dolgu maddesi	Alkali ortamlarda kullanılır. Kaoline göre daha açık renkli ve opaktır.
Titanyum Dioksit	Dolgu maddesi	En açık renkli ve en opaklaştırıcı maddedir
Kalsiyum Silikat	Dolgu maddesi	Baskı kâğıtlarının parlaklık ve opaklığını arttırmak için kullanılır.
Talk	Dolgu maddesi	Hidratlanmış Magnezyum Silikat'tır. Kâğıda tatlı bir dokunma hissi verir.
Baryum Sülfat	Dolgu maddesi	Yüksek parlaklığı için kullanılır.
Çinko Sülfür	Dolgu maddesi	TiO ₂ 'den sonra en opak dolgu maddesidir. Yüksek beyazlık sağlar.

1.1.3.3.2. Kâğıt Üretiminde Tutunma Olayı ve Tutundurucu Maddeler

Kâğıt üretim sistemlerinde tutunma (retansiyon), mekanik ve kimyasal olmak üzere iki yolla gerçekleşmektedir. Safiha formasyonu, önce büyük liflerin birbirine tutunması ardından da tutunan bu lifler arasındaki gözeneklerin açıklığı azaldıkça kırıntı materyalin tutunmasıyla başlar. Bu tutunma *mekanik (filtrasyon)* yolla gerçekleşmiş bir tutunma şeklidir. Kısacası safihanın oluşumu için, bir filtrasyon prosesidir de denilebilir (Karahana,2008: 11). “Fiziksel olarak kalıp üzerinde kalması zor ve imkânsız olan çok küçük parçacıkların, dolguların ve

polimerlerin elektrostatik çekim kuvvetleri ile toplanması ve kâğıt taslağına katılması işlemine” (Varlıbaş, 2010:11), kimyasal tutunma denilmektedir.

Hassas bir mekanizma olan tutunma işlemi ise pek çok faktörün etkisinde gerçekleşmektedir (Karahan,2008: 13):

- Üretilen kâğıdın gramajı
- Safihanın üretildiği formasyon şekli
- Safiha içerisindeki gözenek boyutları
- Ortamdaki elektrolitler
- Safihadan su uzaklaştırılması yöntemi
- Odun türü ve lif özellikleri
- Lif kabalığının etkisi
- Hamur üretim yöntemi
- Çözülmüş organik materyaller
- Dövmenin tipi ve derecesi
- Konsantrasyon (hamur kesafeti) seviyesi
- Kullanılan tutundurucu maddenin yük yoğunluğu ve molekül ağırlığı
- Süspansiyondaki iletkenlik ve reaktiflik değerleri
- Ortamın pH değeri

Doğal haldeki odunsu lifler, su ve sıvılar karşısında gösterebildikleri direnç oldukça düşüktür. Bu sebeple kâğıt ve kâğıt ürünlerinin sıvılar karşısındaki direncini artırabilmek amacıyla, kâğıt hamuruna veya kâğıt yüzeyine bazı hidrofob (su itici) kimyasal maddeler ilave edilmesi gerekmektedir (Bildik, 2015: 7). “Yapıştırma maddeleri, su ile kâğıt arasındaki temas açısını büyütürler.” (Karahan, 2008: 5). Bu sayede de, kâğıdın suyu emmesi geciktirilmiş olur.

Bir yapıştırma kimyasalının kâğıtları sıvılara karşı dirençli hale getirebilmesi için; yüksek derecede hidrofobik olması, selüloz lif yüzeylerine düzenli olarak dağılabilmesi ve absorbe olabilmesi, lif yüzeylerine sağlamca tutunabilmesi ve asit veya alkali kimyasal maddelerin etkisine dayanıklı olması gerekmektedir (Varlıbaş, 2010:11). Kâğıt endüstrisinde kullanılan tutundurucu maddeler, *anorganik*

tutunma maddeleri, doğal organik esaslı tutunma maddeleri ve sentetik, suda çözülebilir organik polimerler olarak gruplandırılabilir (Karahana, 2008: 13).

Kâğıt ve kâğıt ürünlerinde bazı özel kimyasal maddelerin emülsiyon olarak hamur süspansiyonuna katılması veya kâğıt üzerine sürülmesi, eskiden beri uygulanan bir tekniktir (Varlıbaş, 2010: 26). Kâğıt sektöründe tutkallama ya da yapıştırma adı verilen bu işlem; iç ve yüzey tutkallama olarak ikiye ayrılır (Bildik, 2015: 7):

- **Yüzey Tutkallama:** Yüzey modifikasyonu gerektiren bu işlem, kuru bölüm işlemi olarak gerçekleştirilmektedir. “Yüzey tutkallamanın ana rolü kâğıt yüzey mukavemetini arttırmak ve elyaf, pigment gibi parçacıkları kâğıt yüzeyine daha iyi bağlamaktır.” (Erentürk, 2014: 47)
- **İç Tutkallama:** Kâğıdı oluşturan liflerin su emme özelliklerinin modifiye edilmesini gerektiren bu işlem, selülozik lifleri içeren kâğıt hamuruna kimyasal tutkallama maddelerinin ilave edilmesiyle bir ıslak bölüm işlemi olarak gerçekleştirilmektedir. Çok az miktardaki tutkallama maddesi, kâğıdın ıslanma karakterini etkileyerek, kâğıttaki selüloz ve hemiselülozdan gelen ıslanma kapasitesinin üstesinden gelebilmektedir. İç tutkallama ile lifler arasındaki kılcal boşluklar boyunca bir sıvının nüfuz etme oranını geciktirilebilmektedir. Özellikle, mürekkep gibi sıvı kontrolü gerektiren yazı ve baskı kâğıtları için bu durum oldukça önemlidir.

Tablo 4’te de görüleceği gibi kâğıt üretiminde tutundurucu maddeler olarak isimlendirilen bazı maddeler ve özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

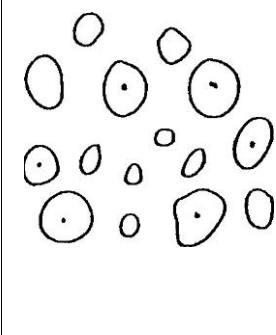
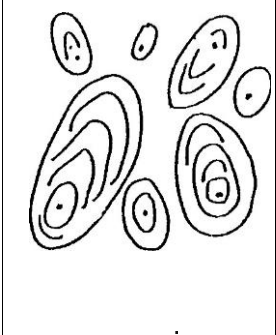
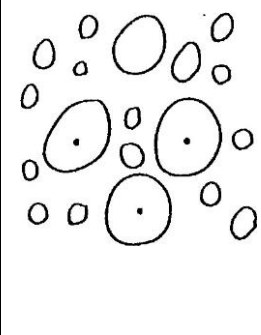
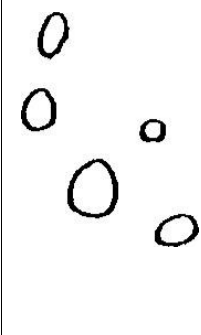
- **Alkil Keten Dimer (AKD):** Bir iç yapıştırma kimyasalı olarak, nötr ve alkali kâğıt yapım sisteminde yoğun olarak kullanılmaktadır (Varlıbaş, 2010:11). Bu sistemde, kâğıtların fiziksel özellikleri daha iyi ve kuvvetli olduğu, enerji ve su tüketimi daha az, geri dönüşüm sayısı da daha fazla olduğu için son yıllarda çok yaygınlaşan ve teşvik edilen bir sistemdir (Karahana, 2008: 6).

- **Parafin Mumu:** Çok ince tanecikler halinde homojenize edilen parafin emülsiyonları, kâğıda püskürtme ile tatbik edilir. Kurutma esnasında eriyerek yüzey kaplaması yapması sağlanır. Parafin mumları reaksiyona girmeyen maddelerdir ve kimyasal bir bağlanma yapmadığı bilindiği için, parafinlenmiş olan kâğıt ve kartonlar, yiyeceklerin saklanmasında kullanılabilir (Varlıbaş, 2010: 9).
- **Şap:** En önemli anorganik tutunma maddesidir. Tutunma ve drenajı iyileştirir. Kolofan iç yapıştırmasında çökelmeyi kontrol ederek performansı artırmaktadır (Karahana, 2008: 13).
- **Nişasta:** Buğday, pirinç, arpa, mısır, patates, tapioca, ararot gibi bitki ya da sago, palm ağacı gibi bitki özlerinden elde edilmektedir. Tablo 2’de de görülebileceği gibi, nişasta taneleri elde edildikleri bitki ve türlerine göre, değişkenlik gösteren hacim, yoğunluk ve biçimlere sahiptirler. Kâğıt sektöründe en çok kullanılan yüzey yapıştırıcı madde olan nişasta, ilk olarak Mısırlılar tarafından buğdaydan elde edilmiş ve papirus fibrillerinin bağlanmasında kullanılmıştır (Gültekin, 2013: 3-4). Tutundurucu bir madde olarak yüzey yapıştırmada kullanılmasının yanı sıra kâğıt sanayinde kuru sağlamlık maddesi ve kuşe bağlayıcısı olarak da kullanılmaktadır. Kâğıdın dayanıklılık ve baskı kalitesini arttırmada önemli bir rolü vardır. Mısır ve patatesten elde edilen nişastanın, 20-30 yıldan beri asidik veya alkalin kâğıt üretimi sisteminde, kâğıtların fiziksel ve özellikle sağlamlık değerlerini artırmak amacıyla kullanıldığı gibi, alkalin kâğıt üretiminde yapıştırma için katyonik bir yapıştırma kimyasalı olarak kullanıldığı bilinmektedir (Erentürk, 2014: 47).

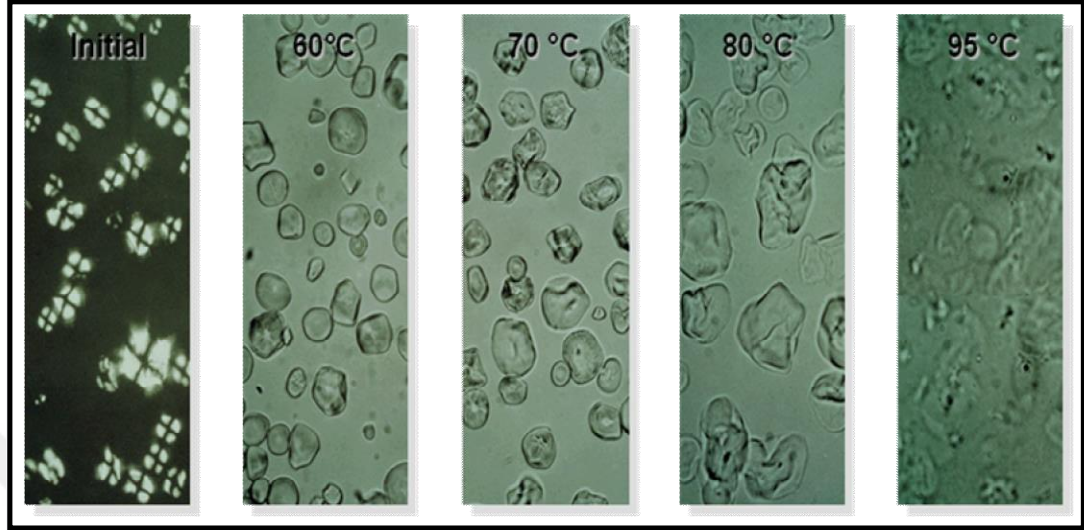
Bir bağlayıcı olarak nişastanın kullanılmasında yapılan pişirme hataları problem oluşturmaktadır. *Su, sıcaklık, zaman ve çalkalama (karıştırma)*, (Özden, 1998: 28) nişastanın kullanılabilmesinde oldukça önemli etkenlerdir. Nişastanın pişirilmesinde dikkat edilmesi gereken bazı parametreler mevcuttur. Öncelikle suyun soğuk olmasına dikkat edilmelidir.

Nişasta granülleri birkaç dakika içerisinde çözünemeyip serbest halde bir süspansiyon oluşturacaklardır. Bunun ardından nişasta, jelleşmesi için pişirme tankına alınarak ısıtma işlemine başlanılmalıdır. Her nişasta türünün jelleşme noktası, karakteristik özelliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Nişasta moleküllerinin tamamının şişebilmesi için ısı içerisinde zaman tanınmalıdır. Tablo 3'te de görüldüğü gibi nişasta granülleri bu şişme esnasında ilk boyutlarının yaklaşık 4-5 katı büyüklüğe ulaşırlar. Mesela mısır nişastası için bu süre yaklaşık olarak 20-25 dakikadır. Bu işlemle birlikte artık jelleşmiş olan nişasta aktif hale gelmiş ve bağ oluşturabilecek bir forma kavuşmuştur. Sıcaklık 60-70°C'ye düşürüldüğünde, uygulama viskozitesi de ayarlanmış demektir. Dikkat edilmesi gereken unsurlardan bir diğeri de karıştırmadır. Nişasta çözeltisinin hazırlanması esnasında sıcaklık etkisine bağlı olarak viskozite sürekli yükseleceği için karıştırıcının sürekli çalışır durumda olması uygulama kolaylığı sağlayacağı için son derece önemlidir (Gültekin, 2013: 11,13).

Tablo 2- Çeşitli Nişastaların Görüntüsü (Özden, 1998:27)

			
Mısır	Patates	Buğday	Pirinç

Tablo 3- Nişasta Jelatinizasyon Prosesi (Gültekin, 2013: 12).



- **Stearatlar:** Bu kimyasal “özellikle fotoğraf kâğıtlarının yapıştırılmasında kullanılan sodyum ve potasyum” stearatlarıdır (Karahana, 2008: 10).
- **Kolofan:** Hidratlı doğal kalsiyum sülfat, yani kolofan çam sakızının damıtılmasıyla elde edilen bir reçinedir. Hidrofobik özellikte bir maddedir ve iç yapıştırmada kullanılır. Suda çözünmeyen bu kimyasal; eter, alkol, klorlu hidrokarbon ve hidrokarbonlarda çözünür. Ancak alkali metallerle tuz oluşturarak kolofanı suda çözünür hale getirir, böylece kolofan lif süspansiyonuna katılabilir. Alüminyum tuzları, özellikle de şap ile reaksiyona giren bir maddedir (Varlıbaş, 2010: 10). Ancak kolofan kullanılarak yapılan kâğıtlar asit pH’da üretilir. Asidik sistemde üretilen bu kâğıtlarda kullanım sırasında oluşan asitlenme, kâğıdın eskime sürecini hızlandırır (Karahana, 2008: 6).

Bu maddelerin dışında, Kazein (Bozkurt, 2012: 19), jelatin, pudra (Varlıbaş, 2010: 26), “karboksi metil selüloz (CMC), metil selüloz, polivinil alkol, aljinat ve sentetik reçine polimerleri gibi suda dağıtılabilen birçok film oluşturucu kimyasal madde de tutundurucu olarak kullanılmaktadır (Karahana, 2008: 10).

Tablo 4- Kâğıt Üretiminde Kullanılan Bazı Tutundurucu Maddeler ve Özellikleri
(Bozkurt, 2012: 20)

Lif dışı maddeler	Madde Türü	Özelliği
Reçine	Tutundurucu madde	Kâğıdın suya karşı direncini artırır
Şap	Tutundurucu madde	Reçinenin lifler üzerine tutunmasını sağlar
Nişasta	Tutundurucu madde	Suya karşı direnç sağlar
Silikon ve mum	Tutundurucu madde	Yüzey düzgünlüğü sağlar ve mürekkebin kâğıda hızla nüfuz etmesini engeller
Lateks	Tutundurucu madde	Kâğıt yüzeyinde bağlayıcı olarak kullanılır. Yüksek kaliteli basıma uygun yüzey sağlarlar

1.1.4. Endüstriyel Kâğıt Hamuru Üretim Yöntemleri

Kâğıt hamuru üretiminde, hamurlaştırmanın *mekanik*, *kimyasal* ve *-mekanik* ve kimyasal yöntemin bir arada kullanıldığı- *yarı kimyasal* olmak üzere üç ana yöntemi bulunmaktadır (Selimbeyoğlu,2001: 40).

1.1.4.1. Mekanik Yolla Kâğıt Hamuru Üretimi

“Mekanik kâğıt hamuru, odunsu veya otsu selüloz kaynağına mekanik enerji uygulanmasıyla liflerin serbest hale getirilmesi esasına dayanır.” (Bozkurt, 2012: 17). Bu şekilde odun bileşenlerinde çok az kayıp meydana geldiğinden yüksek verim alınması mümkün gibi görünürken, mekanik işlem esnasında liflerin parçalanması ve liflerde oluşan kalıcı hasar kâğıtların direnç özelliklerini düşürmektedir. Ayrıca ayrıştırılmayan kıymık ve saflığı bozan diğer maddeler de kâğıt

kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin; lignin sebebiyle lifler katı, (Erentürk, 2014: 7) kâğıt ise sararmaya oldukça meyillidir. Çünkü kâğıdın sararmasının başlıca nedeni ışık ve ısıdır. Bunun temel nedeni ise lignin maddesidir. Odundaki ligninde 300-400 nm'deki ışığı emme özelliği olan bazı işlevsel gruplar bulunur. Selüloz veya kâğıda ışık düştüğünde gelişen bazı olaylar sebebiyle, ışığın bir kısmı yansırken bir kısmı da emilir. Bu yüzden de kâğıtta kalıcı beyazlık sağlanamaz (Çelebi, 2017: 13). Bunların yanı sıra, ağaç kıymıklarının, kâğıt hamuru içerisinde bulunuyor olması ise, lifler arasındaki sıkı bağın azalmasına neden olur. Bu sebeplerle yüksek kaliteli kâğıt üretiminin mümkün olmadığı mekanik hamur üretimi yöntemi için, "ağaç içerikli" (wood containing) terimi de kullanılmıştır (Selimbeyoğlu, 2001: 40).

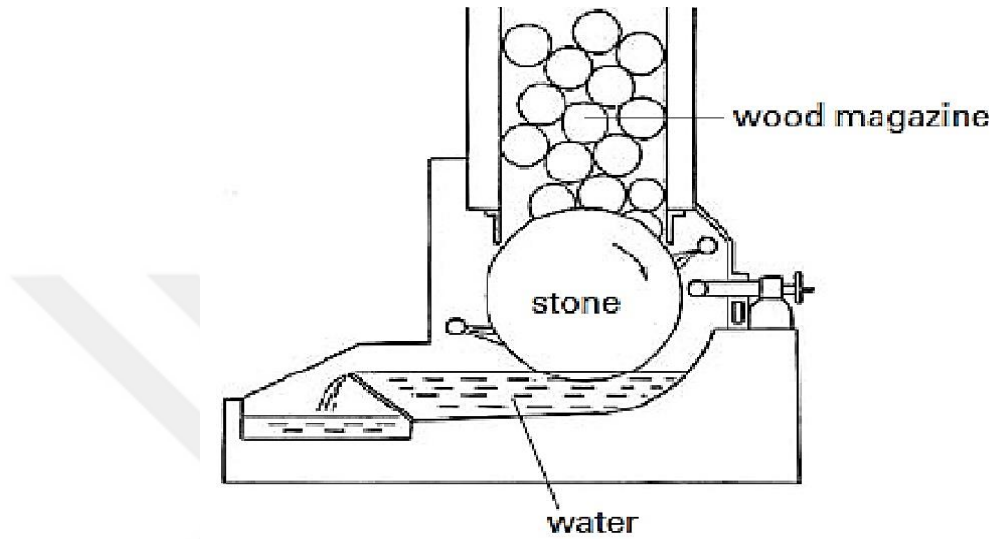
Mekanik yolla yapılan hamurlaştırmanın üç yöntemi bulunmaktadır. Bunlar; *taş mekanik (stone ground)* ve *yonga rafinör (chip refiner)* ve bu iki standart mekanik hamurlaştırma sisteminden daha farklı ve başarılı bir sistem olan *termomekanik (TMP)* olarak isimlendirilmiş yöntemlerdir (Selimbeyoğlu, 2001: 41-42).

1.1.4.1.1. Taş Mekanik Yoluyla Kâğıt Hamuru Üretimi

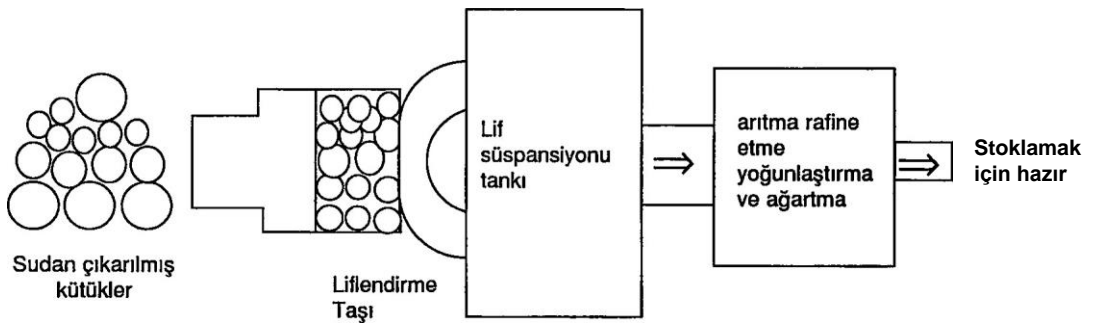
Rengin ve fiziksel direncin daha az, hacimliliğin ise önemli olduğu kâğıt türlerinin yapımında kullanılan bir yöntemdir (Akkapılı, 2017: 2). Taş mekanik hamuru sudan çıkarılmış kütüklerin veya tomrukların su içinde dönen büyük liflendirici taşlara sürtünmesi yoluyla üretilir (Selimbeyoğlu, 2001: 41).

Genellikle meşe gibi bazı yapraklı ağaçların dışında ağaçlar 1-1,5 metre uzunluğunda kesilerek, gerekiyorsa nemlendirildikten sonra, Şekil 3'te de görüleceği gibi *taşlı liflendirici* denilen bir makinada işlem görür. Tomrukların makinaya verildiği bölmelerine göre, *zincirli* veya -kendi içinde de farklı tasarımları bulunan- *pistonlu* olarak ayrılabilir. Şekil 4'te bulunan üretim şematüğünde olduğu gibi öncelikle tomruk, basınç uygulanarak dönen yaklaşık 1,5 m çapı olan suni taşta bastırılmakta ve liflerine ayrılmaktadır. Elde edilen lif su karışımı süspansiyon, muhtelif elekler kullanılarak kirlilik yaratacak maddelerden ve büyük kıymıkları

ayırılmış olur. Ardından da, kâğıt makinası hamur hazırlama kısmına veya kesafeti arttırılarak özel havuzlarda depolanmaya alınır (Akkapılı, 2017: 2).



Şekil 3- Taşlı Liflendirici (Çelebi, 2017: 12)



Şekil 4- Mekanik Hamur Üretiminin Şematığı (Selimbeyoğlu, 2001: 41)

1.1.4.1.2. Yonga Rafinör Yoluyla Kâğıt Hamuru Üretimi

Tomruk veya kereste fabrikalarının talaşı olarak, yongalanmış ya da yongalanmamış halde fabrikalara gelen odunun, Şekil 3'te görüleceği gibi diskli rafinörlerde liflerine ayrılarak (Akkapılı, 2017: 2) sulu bir lif süspansiyonunda döndürülmesiyle üretilen hamur, *rafinör mekanik kâğıt hamuru* olarak

adlandırılmaktadır. Hamurun rafinörden geçirilme işleminin defalarca tekrar edilmesiyle birlikte, iyi bir 3. hamur kâğıt hamuru elde etmek mümkün hale gelmektedir (Selimbeyoğlu, 2001: 41).

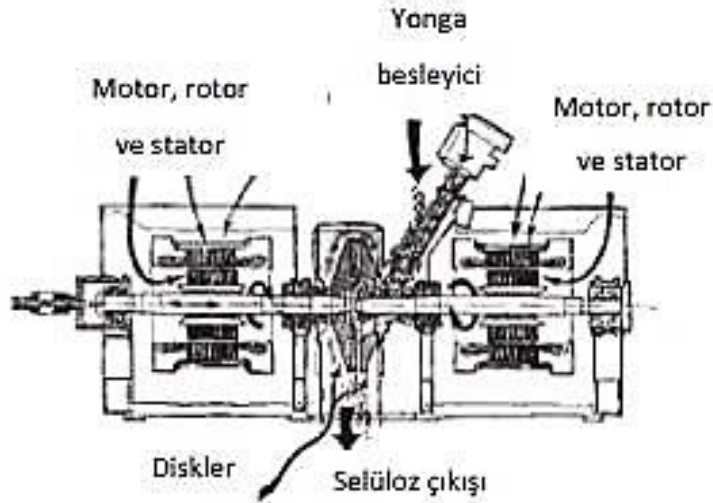
Yukarıda sözü edilen “mekanik kâğıt hamurunun iki çeşidi de içinde bulunan kıymık ve diğer saflığı bozan ekstraktif maddeler yüzünden açık kahverengi renktedir. Lifler arasındaki güçsüz bağlar rengi nedeniyle kısa ömürlü ürünlerdir. Çünkü kâğıt içindeki organik bileşikler oksidasyona başlar ve bu yüzden kâğıt solar ve rengi bozulur.” (Selimbeyoğlu, 2001: 41). Her ne kadar yüksek verimli bir liflendirme tekniği olsa da bu yöntemle hamur üretiminde, enerji kullanımı oldukça fazladır.

Bu yolla elde edilen kâğıtlar, mürekkebi emici olması ve mürekkebin hızlı kuruması sebebiyle özellikle gazete kâğıdı olarak kullanılmaktadır. Mekanik kâğıt üretimi; kâğıt, duvar kâğıdı ve düşük kaliteli matbaa (basım) kâğıdı yapımında kullanılan yöntemlerdir (Selimbeyoğlu, 2001: 41).

1.1.4.1.3. Termomekanik (TMP) Yöntem ile Kâğıt Hamuru Üretimi

Rafinör mekanik hamur usulünden farklı olarak odun yongalarının rafinöre gönderilmesinden (Akkapılı, 2017: 3) ve “mekanik olarak hamur haline getirilmesinden önce buhar devrelerinden geçirilerek, basınç altında kısmen yumuşatma ve liflendirme işlemine *termo-mekanik hamurlaştırma* denir.” (Selimbeyoğlu, 2001: 42). Bu işlemde yongalar yaklaşık olarak 155°C sıcaklıkta ve kısa süreli olarak ön ısıtma işlemine tabi tutulmaktadır (Çelebi, 2017: 14).

Daha az mekanik işlem gerektiren TMP yönteminde lifler daha az zarar görmekte ve dolayısıyla da uzun ve dayanıklı yapılarını koruyabilmektedirler. Aynı zamanda hamur içindeki kıymıklar ve diğer atıklar da daha iyi arıtılabilmektedir (Selimbeyoğlu, 2001: 42). Sonuç olarak diğer mekanik yöntemlere kıyasla TMP yöntemi çok daha iyi nitelikte bir hamur elde edilmesi mümkün kılar (Akkapılı, 2017: 3).

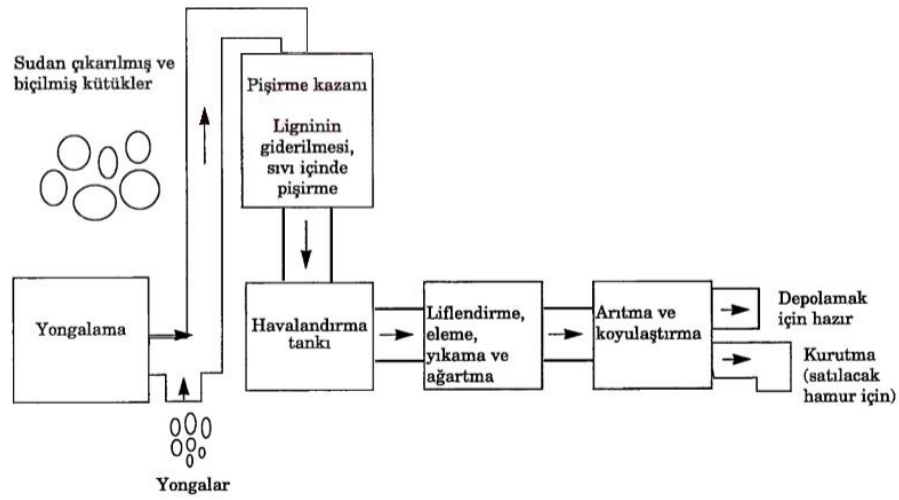


Şekil 5- Rafinör (Çelebi, 2017: 14)

1.1.4.2. Kimyasal Yolla Kâğıt Hamuru Üretimi

Yüksek kaliteli kâğıtlar sadece, yapısında lignin bulunmayan kâğıt hamurlarından üretilebilir. Bu ise ancak odunsu ve otsu bitkilerde selülozla birlikte matris yapı içinde bulunan ligninin uzaklaştırılması, başka bir deyişle delignifikasyon yoluyla mümkündür (Bozkurt, 2012: 18). Kimyasal çözeltiler, lignini ve diğer ekstraktifleri çözmek için kullanıldıklarından beri, bu çeşit odun hamurları genellikle *kimyasal odun hamuru* (woodfree) olarak adlandırılmışlardır (Selimbeyoğlu, 2001: 43).

Kimyasal hamur üretiminde, odundaki veya yıllık bitkilerdeki lifleri bir arada tutan ve çoğunlukla ligninden oluşan orta lameli kimyasal yolla çözerek lifleri bireysel hale getirmek amaçlanmaktadır. Bu işlem sırasında hücre çeperi içerisindeki lignin ve hemiselülozların büyük bir kısmı da çözüldüğünden, bireysel hale geçen liflerin esneklikleri de artmaktadır (Kömbeci, 2014: 18). Bu yöntemle “hemen hemen yalnızca selülozdan oluşmuş lifli bir hammadde” (Selimbeyoğlu, 2001: 43) üretilmektedir. (Bkz. Şekil 6). Neticede, üzerinde mekanik bir hasar bulunmayan lifler arasındaki bağ oluşumu kolaylaşmış olur ve bu da kâğıdın yüksek direnç özelliklerine sahip olmasını sağlar (Kömbeci, 2014: 18). Kimyasal kâğıt hamuru üretiminde asidik (sülfit) ve bazik (kraft) olmak üzere iki ana yöntem bulunmaktadır (Bozkurt, 2012: 18).



Şekil 6- Kimyasal Odun Hamurunun Üretim Şematiği (Selimbeyoğlu, 2001: 43).

1.1.4.2.1. Kraft (Sülfat) Prosesi

Bazik bir yöntem olan bu procese “sülfat yöntemi de denilmektedir. Sülfat denmesinin sebebi de pişirme çözeltisinin geri kazanılması esnasında sodyum sülfatın, sodyum sülfüre indirgenmesindedir.” (Ayata, 2008: 21).

Kâğıt hamuru yapımında alkalilerin kullanılması M.S. 750 yıllarına kadar uzanmaktadır. Çinlilerin, kâğıt hamuru yapmak için dut ağacının iç kabuğunu, odun külünün seyreltik bir çözeltisinde kaynatarak; alkali atıklarını ise su ile yıkayarak uzaklaştırdıkları bilinmektedir. İlk kraft kâğıdı ise iğne yapraklı ağaç odunu kullanılarak, 1885 yılında İsveç Jonköping’de yapılmıştır (Ayata, 2008: 21).

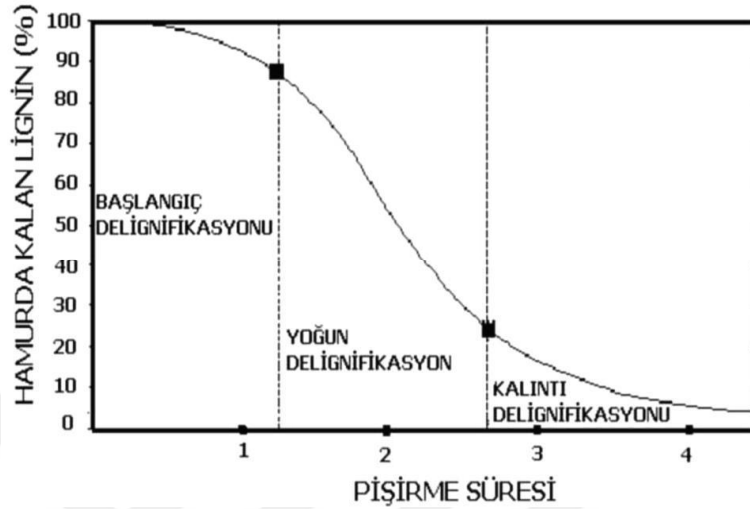
Kraft yönteminde kullanılan kimyasallar sodyum sülfür (Na_2S) ve sodyum hidroksit (NaOH)’tir (Erentürk, 2014: 18). Bu procese pişirme kimyasalı olarak sodyum hidroksit (NaOH) kullanımı *soda yöntemi* olarak adlandırılmıştır. Yıllık bitkiler ve sert odunlar gibi kolayca kâğıt hamuru haline dönüştürülebilen maddeler için sınırlı bir şekilde kullanılmaktadır. Genel olarak yapraklı ağaç odunları kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise iğne yapraklı odunların pişirilmesi yapraklı ağaçlarınkine göre daha uzun süre (6-7 saat) ve daha şiddetli şartlara gerek duyulmasıdır, ancak son gelişmelerden biri olarak soda yönteminde pişirme

esnasında oksijenin kullanımını denemeye başlanmıştır. Bu yöntemde yaygın olarak kullanılan yapraklı ağaçlardan elde edilen kâğıt hamurlarının lif boyu kısa ve mukavemet özellikleri düşüktür. Fakat yine de bu hamurlardan matlığı ve hava geçirgenliği yüksek, oldukça yumuşak ve düzgün yüzeyli baskı kâğıtları elde edilebilmektedir (Kömbeci, 2014: 21).

Kraft prosesinde kâğıt hamuru elde etmek için kullanılan bir diğer kimyasal olan *sülfür* ise, ligninin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Yoğun *lignin giderimi* yani yoğun *delignifikasyon* tamamlandığında ve orta lameldeki lignin tükendiğinde lifler artık hiçbir mekanik güce ihtiyaç duyulmadan serbest hale gelmeye başlar (Erentürk, 2014: 9). Böylece, daha kısa bir süre sıcak alkaliye maruz kalan yongalardan, soda yöntemine kıyasla daha iyi kalitede kâğıtlar elde edilmektedir (Ayata, 2008: 20).

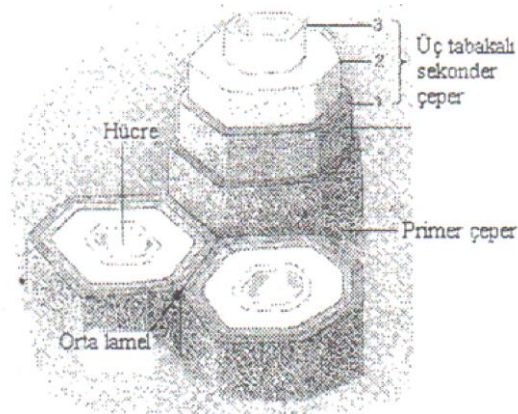
Kraft yönteminde sıcaklık değişmesinin lignin ve karbonhidratlar üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada; %15 oranında toplam kimyasal madde kullanılarak 100–140–170 °C gibi değişik sıcaklıklarda pişirmeler yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, ligninin çözünmesi sıcaklığa bağlı olup ilk altmış dakikadan sonra çözünme artmıştır (bkz. Tablo 5). “Ancak, pişirmede kullanılan kimyasallar bir süre sonra karbonhidrat kısmını (selüloz, hemiselüloz) da bozundurmaya başlar. Selüloz molekülleri üzerine olan kimyasal ataklar sonucu molekül zinciri kopmaya ve tahrip olmaya başlar” (Ayata, 2008: 21-22). Kraft pişirimindeki temel amaç ligninin odun yongasından çözünerek uzaklaştırılmasıdır. Ancak kimyasal hamur üretiminde kontrol edilmesi gereken iki önemli etken vardır ki bunlardan biri hamurda kalan lignin oranı, diğeri ise selülozun kimyasal bozulmaya uğrama derecesi, yani polimerleşme derecesidir. Kolay ağartılan ve direnç özellikleri yüksek bir hamur elde etmek için birbiriyle çelişen bu iki değer titizlikle kontrol edilmesi, pişirme işleminin hamur kalitesi açısından bir optimum noktada bitirilmesi gerekir (Çelebi, 2017: 17).

Tablo 5- Yonga Pişirme Süresi ve Delignifikasyon (Çelebi, 2017: 11).

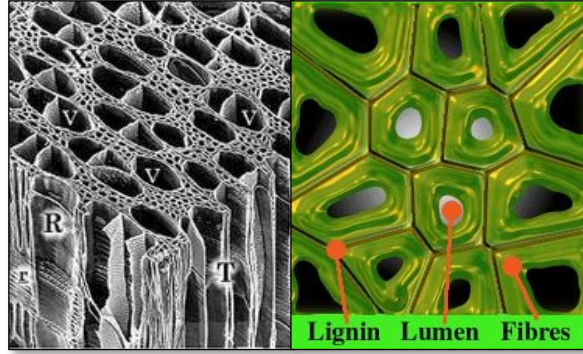


Kimyasal yöntemle kâğıt hamuru üretiminde odun yongasından ligninin uzaklaştırılması (delignifikasyon) *başlangıç delignifikasyonu*, *yoğun delignifikasyon* ve *kalıntı delignifikasyonu* olmak üzere üç aşamada meydana gelmektedir (Çelebi, 2017: 20).

Odunda orta lamel, toplam ligninin %20'sini oluşturmaktadır. Kraft hamur üretimi süresince lifleri birbirine yapıştırıcı rol oynayan ve orta lamelde bulunan ligninden önce sekonder çeperdeki lignin çözünmektedir (Çelebi, 2017: 10). (bkz. Şekil 7-8)



Şekil 7- Odunun Yapısı (Çelebi, 2017: 11).



Şekil 8- Orta Lamelde Bulunan ve Lifleri Birbirine Yapıştırıcı Rol Oynayan Lignin Maddesi (Çelebi, 2017: 10).

140 °C'nin altında vuku bulan ve ilk aşama olan *başlangıç delignifikasyonu* fazında, lignini çözmek için gerekli kimyasal maddeler yonga içerisine girerek lignini parçalamaya başlar. Bu evrede odundan uzaklaştırılan lignin miktarı oldukça azdır. 140 °C'nin üzerine çıkılarak ikinci aşama olan delignifikasyon reaksiyonlarının arttığı ve odun yongasından aşırı derecede ligninin ayrıldığı faza *yoğun delignifikasyon* denilmektedir. “Bu safhada ligninin %70-80'i uzaklaştırılmış olur.” (Çelebi, 2017: 10). Elektron mikroskopisi yöntemleriyle yapılan çalışmalarda yoğun delignifikasyon aşamasının başında lifleri birbirine yapıştırıcı rol oynayan ve çoğunlukla orta lamelde bulunan ligninin uzaklaştığı ve bu aşamada liflerin birbirinden ayrılmaya meylettiği kanıtlanmıştır. Bir süre sonra odundan lignin uzaklaşmasının hızı giderek azalır ve bu evrede hücre çeperi içerisindeki kalıntı lignin çözeltilmeye geçmeye başlar. *Kalıntı delignifikasyonu* denilen bu aşamada karbonhidrat bozunma reaksiyonları da hızlanmaya başlar (Ayata, 2008: 21).

Kraft yöntemi en çok kullanılan kâğıt hamuru üretim yöntemi olup en büyük avantajları; pişirme çözeltilisinin geri kazanılabilir özellikte olması ve bazı yan ürünlerin elde edilebilir olmasıdır (Ayata, 2008: 22). Ayrıca hemen hemen tüm odunsu ve otu bitkisel kaynaklara uygulanabilmesinden dolayı da, dünya genelinde en çok kullanılan ve başlıca kimyasal kâğıt hamuru üretim yöntemidir (Bozkurt, 2012:18). “Fakat bu metodun birçok dezavantajı bulunmaktadır. Özellikle havayı,

suyu ve çevreyi kirletme özelliğindeki kimyasal maddeler kullanılmakta, oldukça yüksek yatırım ve işletme maliyetini gerektirmektedir.” (Ayata, 2008: 22).

1.1.4.2.2. Sülfite Prosesi

Sülfite prosesi 1866’da İngiltere’de keşfedilmiştir (Çelebi, 2017: 16). “Sülfite yöntemi asidik bir yöntemdir. Bu yöntemde verim, kraft yöntemine göre %1-2 daha yüksek fakat hamur direnci daha düşüktür. Bu yöntemde reçine miktarı az olan iğne yapraklı ağaç odunları kullanılır.” (Bozkurt, 2012:19). Sülfite selülozunda pişirme işlemi için, yongalar *sodyum bisülfite* ile pişirilerek ligninin çözünüp selüloz elyaflarının serbest kalması sağlanmaktadır. Sodyum bisülfiteli çözeltiliye *beyaz likör* denir. Bu proseste aynı zamanda *kalsiyum*, *magnezyum* veya *amonyum bisülfite* kullanılması da uygundur. Ancak günümüzde sülfite selülozu fabrikalarının pek çoğunun; ağaç türünden bağımsız olarak dayanıklı elyaf vermesi ve kimyasal geri kazanmanın verimli olması nedeniyle kraft prosesine dönmüş olduğu görülmektedir (Çelebi, 2017: 16-19).

Kimyasal yollarla kâğıt hamuru üretiminde yukarıda bahsi edilen yöntemlerin dışında, *kireç (CaO) yöntemi ile kâğıt hamuru üretimi* de mevcuttur. Fakat bu yöntemde elde edilen hamur kaba ve düşük kaliteli olup ambalaj ve sargılık kâğıtlar ile oluklu mukavva yapımına uygun özelliktedir. En eski uygulamalardan biri olan bu yöntemde, yıllık bitki sapları eni ve boyu 3-4 m derinlikleri de 2-2,5 m arasında değişen çukurlarda kireç kaymağı ile 5 gün boyunca bekletilmektedir. Bu sürenin sonunda çukur boşaltılarak ve yumuşamış olan saman mekanik bir işlemle liflendirilmektedir (Kömbeci, 2014: 20-21). Selüloz, sönmüş kirecin kükürt dioksitle karıştırılması yoluyla elde edilmektedir. Fakat kimyasal bir geri kazanım yapılmayan bu yöntem, çevre kirliliği nedeniyle terkedilmiştir (Çelebi, 2017: 19).

1.1.4.3. Yarı Kimyasal Yolla Kâğıt Hamuru Üretimi

Kâğıt hamuru üretiminde mekanik ve kimyasal yöntemlerin yanı sıra, *yarı kimyasal* veya *yüksek verimli kimyasal hamur üretimi* ismi de verilen özel yöntemler uygulanmaktadır (Erentürk, 2014: 7).

Bu uygulamalar temel olarak mekanik-kimyasal yöntemlerin arasında yaklaşımlar içermektedir. Kâğıt hamuru üretim aşamasında ilk olarak yongalar sınırlı konsantrasyonda ve düşük koşullarda kimyasal muamele görür. Böylece odunun yapısındaki hemiselüloz ve ligninin bir kısmı uzaklaştırılmış ve yongaların yumuşaması sağlanmış olur (Bozkurt, 2012: 17-18). Daha sonraki aşamada yeteri kadar yumuşamış olan yongalar mekanik güç kullanılarak liflendirilir. Sonuç olarak elde edilen hamurun kalitesi genellikle kimyasal hamurdan düşük fakat mekanik hamurdan da iyi olmaktadır (Erentürk, 2014: 8). Alınan verim ise uygulanan kimyasal işlemin derecesine bağlı olmakla birlikte %65–80 arasında değişkenlik göstererek, genellikle orta seviyededir. Bu sebeple yarı kimyasal kâğıt hamuru üretiminde amaç genel olarak orta kalitede kâğıt hamuru üretmektir (Bozkurt, 2012: 18).

Yarı kimyasal yolla üretilen kâğıt hamuru üretiminde iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlardan biri CMP (Chemi-Mechanical Pulp) denilen *kimyasal-mekanik kâğıt hamuru*, diğeri ise CTMP (Chemi-Thermo-mechanical Pulp) denilen *kimyasal-termo-mekanik kâğıt hamuru* üretimidir. Bu üretim yöntemleri ise aşağıdaki gibidir (Selimbeyoğlu, 2001: 42-43).

1.1.4.3.1. Kimyasal Mekanik Kâğıt Hamuru (CMP)

Kozalaklı ağaçlardan elde edilen yumuşak odun ile yaprak döken ağaçlardan elde edilen sert odunun bir arada kullanılmasına olanak tanıyan bir üretim sistemidir. Bu yöntemle üretilen kâğıt hamuru 3. hamur kağıtların ve termomekanik hamurlaştırma yoluyla elde edilen kâğıt türlerinin imalatında kullanılmaktadır.

CMP yöntemi, yongaların fazla liflendirilmesini ve sıcak *sodyum hidroksit* (NaOH) solüsyonu içinde ıslatılan odun yongalarıyla yapılan mekanik hamurlaştırmadan kaynaklanan lif bozulmalarını önlemektedir. Ayrıca bu sistemde kayda değer bir enerji tasarrufu sağlandığı da gözlenmiştir.

1.1.4.3.2. Kimyasal-Termomekanik Kâğıt Hamuru (CTMP)

Bu yöntemle odun yongalarına yapılan ön ıslatma aşamasında, yongalar CMP sistemine kıyasla daha yoğun bir kimyasal işlem görmektedir. Kimyasal prosesle üretilen hamur kadar olmasa da, CMP sisteminde elde edilen kâğıt hamurundan daha dayanıklı ve yüksek kalitede kâğıt hamuru üretilmektedir.

CTMP sistemi kendi içinde de iki farklı yöntem barındırmaktadır:

- Nötral sülfite yarı kimyasal hamur üretimi (NSSC): Yongaların *sodyum sülfite* ve *sodyum bi karbonat* solüsyonu içinde pişirilmesiyle hamurlaştırma yapılmaktadır. Kullanılacak olan kimyasal maddenin yongaya oranı, kâğıt kalitesine ve ağartma işlemine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu yöntemle elde edilen ürün daha çok düşük kaliteli, adi kâğıt ve karton cinsleri için kullanılır.
- Yumuşak odun *bisülfite* ile verimi yüksek hamurlaştırma (asit sülfite yöntemi)

1.1.5. Atık Kâğıdın Geri Dönüşümü

Kâğıt endüstrisinde kullanılan hammadde kaynaklarından birini de eski kâğıtlar oluşturmaktadır. Kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üretiminin, başta daha az ağaç kesilmesi olmak üzere pek çok kazanımı bulunmaktadır. Kâğıt endüstrisinde ağaca alternatif hammadde kaynaklarının bulunması; doğayı koruduğu gibi, ormanda yaşayan bitki ve hayvanların da korunmasını sağlar. Ayrıca küresel ısınmanın nedenlerinden birinin yok olan bitki örtüsü olduğu düşünüldüğünde, kâğıttan yeni kâğıt üretimi ile bu durumun da önüne geçilmiş olunur. 1 ton kâğıt üretmek için; eski teknolojiyi kullanan kâğıt üretim tesislerinde 400 m³, modern tesislerde de 20-50 ton su kullanılması gerekirken, kullanılmış kâğıttan kâğıt üreten tesislerde 1 ton kâğıt üretimi için sadece 5 ton su kullanmak yeterli olmaktadır. 1 ton kullanılmış kâğıt çöpe atılmayıp geri kazanıldığı ve kâğıt üretiminde tekrar kullanıldığında; 17 adet yetişmiş çam ağacının kesilmesi, 85 m² ormanlık alanın tahrip edilmesi, 36 ton sera gazı CO₂ atmosfere atılması, 267 kg, kirlenici gazın atmosfere atılması, 4100 kWh elektrik

enerjisinin, 1750 litre fuel-oilin ve 38,8 ton suyun israf edilmesi önlenmiş olur. (Yakut,2012: 69).

Eski ve atık kâğıtlar her ne kadar ucuz bir hammadde kaynağı olarak görünseler de işlem basamaklarında çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu kâğıtlarda kullanılan baskı mürekkebi ve kâğıdın yapısına bağlı olarak mürekkep çıkarma işlemi, geri dönüşüm aşamalarının en problemlisi basamağını teşkil etmektedir. Ancak yine de gri kartonda olduğu gibi mürekkep çıkarma işlemi gerektirmeyen sistemler de bu kâğıtlardan üretilmektedir (Akkapılı, 2017: 4).

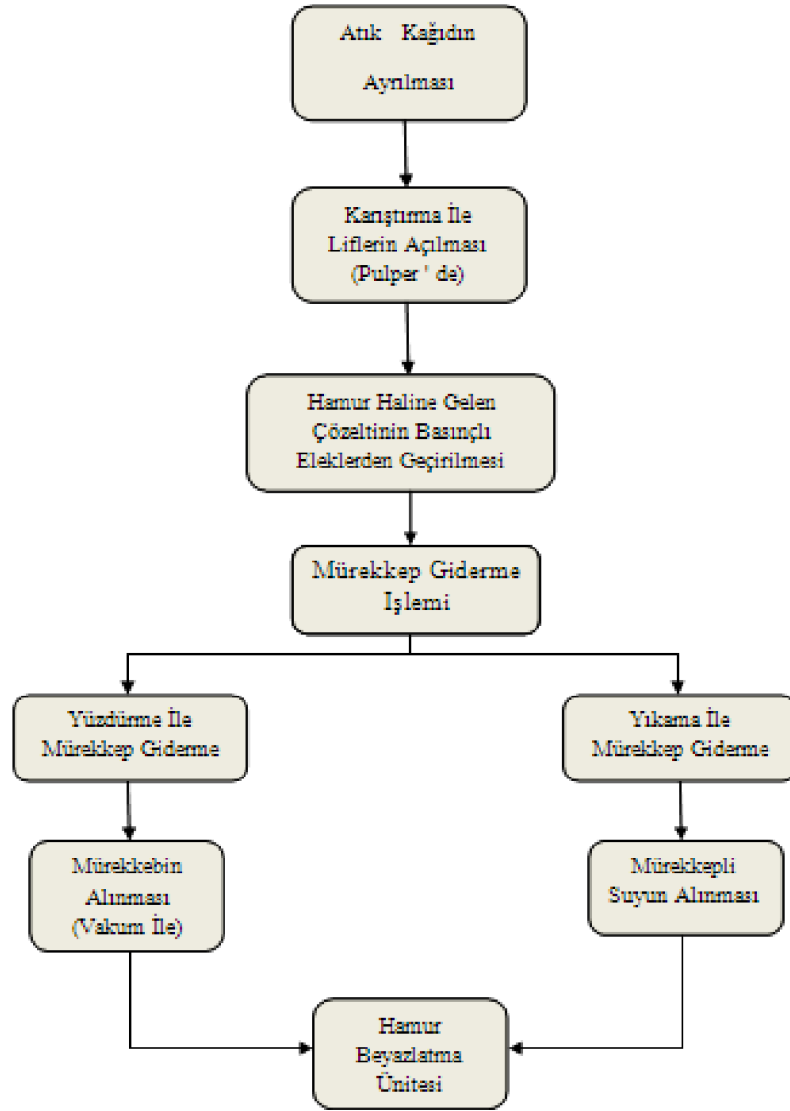
Geri dönüşüm işleminde atık kâğıtların sınıflandırılması büyük önem taşıyan ve geri dönüşüm prosesinin başarısını direkt olarak etkileyen bir faktördür (Bozkurt, 2012: 26). Atık kâğıtları orijinal derecelerine göre sınıflandırarak toplamak, geri dönüşümlü kâğıt üretiminin ilk ve önemli bir aşamasıdır (Selimbeyoğlu, 2001: 47). Benzer türdeki kâğıtlarla yapılmış geri dönüşüm işlemi; geri kazanılan selüloz liflerinin kalitesini yükselttiği gibi, prosesin verimini de olumlu yönde etkilemektedir (Erentürk, 2014: 12).

Kullanılmış kâğıtlar temel olarak *karışık atıklar*, *oluklu ambalaj atıkları* (OCC), *eski gazete kâğıtları* (ONP), *selüloz alternatifi atıklar* ve *yüksek vasıflı matbu atıklar* olarak sınıflandırılabilir (Yakut,2012: 70).

Tablo 6'da da görüleceği gibi geri dönüşümlü kâğıt üretiminde kullanılan farklı atık çeşitleri mevcuttur. "Bunlar kâğıt ve kâğıt hamuru fabrikalarının atıkları (fireler-iskarta), beyaz baskılı kâğıtlar ve tüketim sonrası atıklar olup gazete, magazin ve ambalaj kâğıdı ve kartonlar olarak çeşitlendirilebilir." (Selimbeyoğlu, 2001: 47). Ağırlık olarak en çok geri dönüşüme uğrayan sınıf karton kutulardır. Mürekkep giderme işlemi yapılan mürekkepli artıklar, kaliteli baskı kâğıdı yapımında kullanılabilir. Kâğıt hamuru artıkları ise henüz proses sürecinde meydana gelen firelerden meydana gelir. Bu hamurlar da, sürece tekrar eklenebilir veya düşük sınıf kâğıt üretiminde kullanılabilirler. Cinslerine ayrılmadan toplanan karışık atık kâğıtlar ise daha çok katma değeri düşük olan gri karton gibi kâğıt türlerinin üretiminde kullanılmaktadır (Bozkurt, 2012: 26).

Tablo 6- Geri Dönüşümü Yapılacak Kâğıt Sınıfları (Erentürk, 2014: 13)

Kâğıt Sınıfı	Tanım	Kullanım yeri
Karışık kâğıtlar	Mekanik veya kimyasal hamurdan üretilmiş değişik kalitede evsel ve ofislerden toplanmış kâğıtlar, kâğıt fabrikasında oluşan kenar kesim artıkları	Kâğıt -karton kutu üretimi
Gazete atıkları	Ev ve işyerlerinden toplanan yüksek mekanik hamur içeren eski gazeteler	Gazete kâğıdı, izolasyon kâğıt levha ürünleri
Kullanılmış karton kutular	Perakende dükkanları, fabrikalar, ofislerde oluşan her türlü eski karton kutular, kutu fabrikasında oluşan atıklar	Kâğıt-karton kutular, ambalajlama malzemeleri
Kâğıt fabrikasyonu atıkları	Kâğıt fabrikasyonu esnasında oluşan baskı görmemiş beyaz ve renkli kâğıtlar, beyaz veya yarı ağartılmış kâğıtlar, kâğıt dönüşüm tesislerinde oluşan artık kâğıtlar	Beyaz veya renklendirilmiş kâğıtlar, renkli kâğıt havlular
Mürekkepli atıklar	Yüzeylerinde baskı ve yazıyla oluşmuş mürekkep bulunan her türlü kâğıtlar (defter, kitap, magazin, beyaz ve renkli kâğıtlar, bilgisayar çıktısı)	Beyaz ve renklendirilmiş kâğıtlar, renkli kâğıt havlular

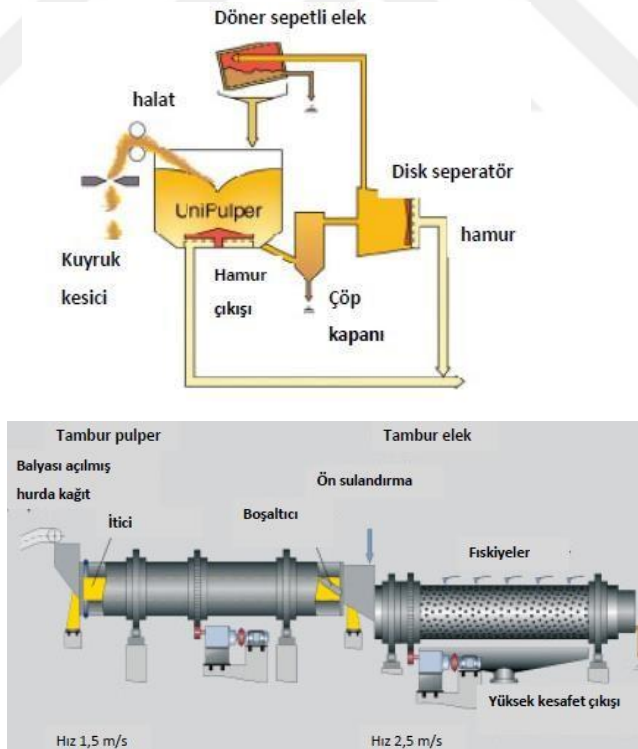
Tablo 7- Atık Kâğıt Geri Dönüşüm İşlem Basamakları (Bozkurt, 2012: 28).

Kâğıt üretiminde geri dönüşüm; *süspansiyon, pulperleme, temizleme, öğütme, ağartma ve kalenderleme* gibi çeşitli işlem basamaklarından oluşan bir süreçtir. (bkz. Tablo 7)

- **Süspansiyon:** Süspansiyon, atık kâğıdın temel olarak mekanik veya hidrolik güçlerle su içinde bozulmasıdır. Bu da kimyasal maddelerin ve sıcaklığın etkisi ile mümkündür (Selimbeyoğlu, 2001: 47). Kâğıt üretim sürecinde liflerin açılması, ilk ve en önemli basamaklardan biridir. Liflerin açılması ve

liflendirilmesi, homojen ve dolayısıyla dirençli kâğıt üretimi için oldukça önemlidir (Bozkurt, 2012: 27). Bu aşamada amaç; liflerin, lif partiküllerinin ve dolgu maddelerinin sulu bir süspansiyonunu elde etmektir. Aynı zamanda, kâğıdın içinde mevcut olan dolgu maddeleri ve diğer maddeler de, geri dönüşümlü lif elde edilirken bu süspansiyon içinde ayrılmış olurlar (Selimbeyoğlu, 2001: 47).

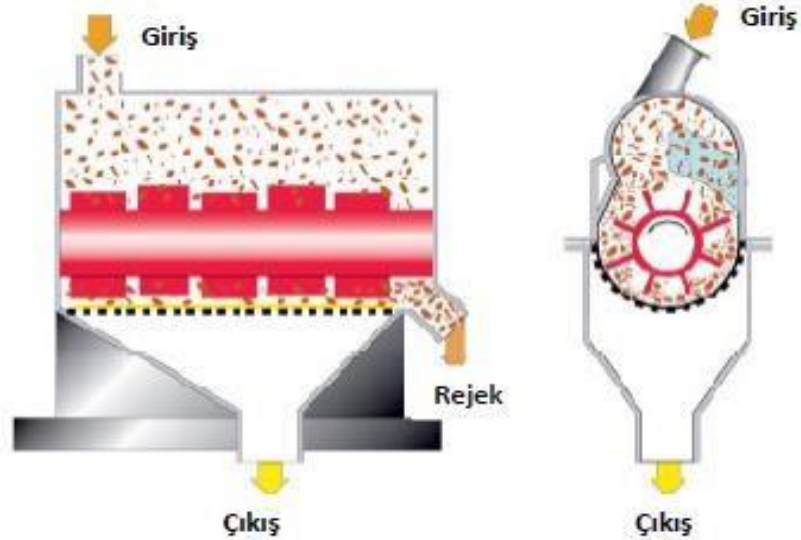
- **Pulperleme:** Kullanılmış kâğıdı sulu ortamda tekrar kâğıt hamuru haline getirmek için yapılmış özel bıçakları olan karıştırıcılara *Pulper* denmektedir (bkz. Şekil 9). Kullanılmış kâğıtlarda pulperleme 75 °C ve bazen üzerine çıkılarak, sıcak olarak yapılır. Yaş dayanımının iyice arttığı durumlarda ise parçalamaya yardımcı olması amacıyla, asit ve baz türü çeşitli kimyasallar da kullanılmaktadır (Yakut,2012: 71).



Şekil 9- Pulper Örnekleri (Çelebi, 2017: 24)

- **Temizleme:** Bireysel hale gelmiş lifleri düzenli yapısından ayırarak, bu stokları kalıpten geçirip, ayıklama işlemine temizleme denir. Dispersiyon adı verilen kirli ve yapışkan maddelerin, mürekkep parçacıklarının kâğıtta görülmemesi için boyutunu küçültme ve elyaf kümelerini dağıtma teknikleri ve mürekkep giderme işlemi bu teknikle yapılır (Selimbeyoğlu, 2001: 47,71).

Elyaf özelliği olmayan ve küçülen boyutlardaki katı parçacıkların ortamdan uzaklaştırılması için, eleme işlemi yapılmaktadır. Bu katı parçacıklar arasında plastikler, elyaf düğümleri ve lif kümeleri bulunur. Hamur elyafı (lifleri) genellikle ip parçalarından büyük, katı parçacıklardan küçüktür. Dolayısıyla kalıp gözeneklerinden geçemeyen katı parçacıklar, Şekil 10'da da görüleceği gibi bir miktar hamurla birlikte rejek olarak çıkar (Çelebi, 2017: 24). Eleme işlemi; *Kaba Eleme*, *İnce Eleme* ve *Santrifüj Temizleme* ve *Siklon Temizleyiciler* olmak üzere üç grupta toplanabilir (Yakut,2012: 72).



Şekil 10- Eleme İşlemi (Çelebi, 2017: 24)

Süspansiyon, yeni kâğıt yapılırken yapışkan, mürekkep ve tel zımbalar gibi genel olarak istenmeyen ya da zararlı maddeler olarak adlandırılan pek çok madde içerir. Bu maddeler kâğıda kirli bir görünüm verir ve bu yüzden temizleme boyunca giderilmiş olmaları gerekir (Selimbeyoğlu, 2001: 47). Pulperde yapılan kimyasal ve enzimatik işlemler sayesinde mürekkebin liflerden sökülmesi kolaylaşmaktadır. Liflerin şişmesini sağlayarak mürekkep parçacıklarının lif yüzeyine tutunmasını azaltan Pulper içerisine; sodyum hidroksit, sodyum silikat, sodyum karbonat, sodyum hipoklorit gibi bazı kimyasal maddeler de katılabilir.

Atık kâğıt hamurundan mürekkep uzaklaştırılmasında genel olarak iki yöntem kullanılır. Bunlar *yüzdürme (flotasyon)* ve *yıkama* yöntemleridir. Yüzdürme işleminin amacı; yararlı elyafı tutarak; mürekkep, yapışkan bant artığı, kaplama pigmenti ve tutkal gibi kir parçacıklarını hamurdan uzaklaştırmaktır. İşlem sırasında ortama hava verilir, çünkü hava kabarcıklarının parçacıkları yakalama özelliği vardır. Parçacıklar bu hava kabarcıklarına tutunarak yüzeye tırmanırlar. Sonuçta oluşan köpük birikimi ise yüzeyden uzaklaştırılır (Çelebi, 2017: 27). Ancak yine de yöntemin etkin bir şekilde işleyebilmesi; parçacıklar, kabarcıklar, karışım ve proses durumu gibi birçok parametreye bağlı bulunmaktadır (Bozkurt, 2012: 29).

- **Öğütme (Dövme):** Öğütme veya dövmedeki amaç elyafın şeklini, boyunu ve yüzeyinin yapısını değiştirmektir. Dövme, kâğıtçılıkta kâğıt hamuru liflerinin saçaklanma, hidratlanma, şişme ve kesme gibi etkilere uğratılmasını ifade eden bir işlemdir (Yakut, 2012: 72-73). Ancak hurda kâğıtlarda çok büyük bir önem taşımayan bir işlemdir. Kullanılmış kâğıtlarda öğütme, genellikle dayanımı arttırmak ve düğümleri azaltmak için uygulanır. Öğütmeyle elyafın şekli değişir; boyları kısılır, enlerinden bölünürler, çökmeler ve liflenmeler olur. Düşük kesafetlerde öğütme kesafeti %3 ile %6 arasındayken; yüksek kesafetlerde ve genellikle hurda kâğıtlarda %30'lara kadar çıkmaktadır (Çelebi, 2017: 25).
- **Ağartma:** Sarı veya esmer elyafa gerekli parlaklık ve ışık özelliğinin kazandırılması için elyafın bir dizi farklı işleme tabi tutulmasıdır (Yakut, 2012:

70). Ağartma işlemleri sırasıyla oksijen (O), klordioksit (D) ve hidrojen peroksit (P) ve ozon (Z) ile yapılmaktadır. İşlem esnasında, görevi selülozda bulunan ağır metallere bağ yapılarak, ağartma işleminin etkinliğini arttırmak olan maskeleye kimyasalları da kullanılmaktadır (Çelebi, 2017: 29).

- **Kalenderleme:** Bu işlem ile kâğıdın eni boyunca mümkün olduğu kadar kalınlık farklılıklarını gidererek kâğıt yüzeyini düzeltmek, keçe ve kalıp izlerini gidermek, kâğıt yüzeyine düzgünlük vererek onun baskı özelliklerini iyileştirmek ve kabarma, bükülme ve lif yığılmalarını düzeltmek amaçlanmaktadır (Yakut, 2012: 74).

1.1.6. Atık Kâğıttan Yeniden Kâğıt Üretimde Meydana Gelen Değişiklikler ve Kâğıt Özelliklerini Geliştirme Yöntemleri

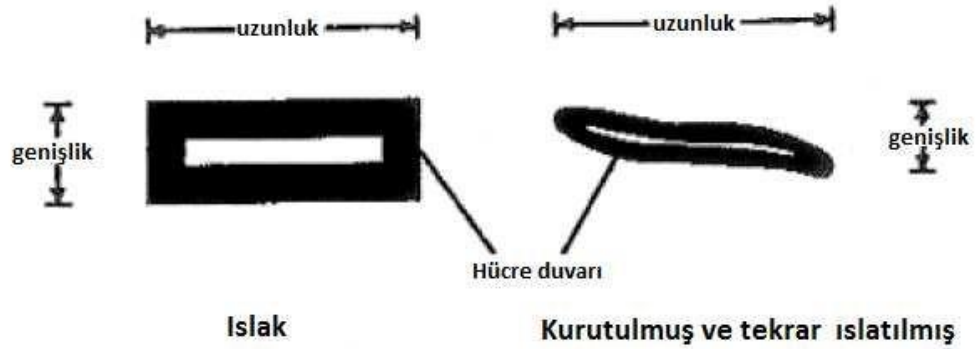
Geri dönüştürülmüş kâğıt hamurunun kalitesi; hamur çeşidi, kâğıt yapım prosesleri, dönüştürme, kullanım, depolama ve geri dönüşüm işlemleri gibi faktörlerin etkisi altındadır (Erentürk, 2014: 22). Dolayısıyla geri dönüştürülmüş kâğıtlar da, farklı özelliklere sahiptirler. Bu kâğıtların doğasında ve kalitesinde; kullanılan atık kâğıdın cinsi, ham selüloz kullanılmışsa bunun geri dönüşümlü kâğıtla karışma oranı, temizleme ve üretim aşamalarındaki detayların hepsi birden etkilidir (Selimbeyoğlu, 2001: 9)

Geri dönüşümün genellikle lifler, dolayısıyla da kâğıt üzerinde istenmeyen etkileri bulunmaktadır. Geri dönüşüm esnasında selülozun yapısında meydana gelen değişimler birkaç kategoride oluşabilir (Bozkurt, 2012: 8):

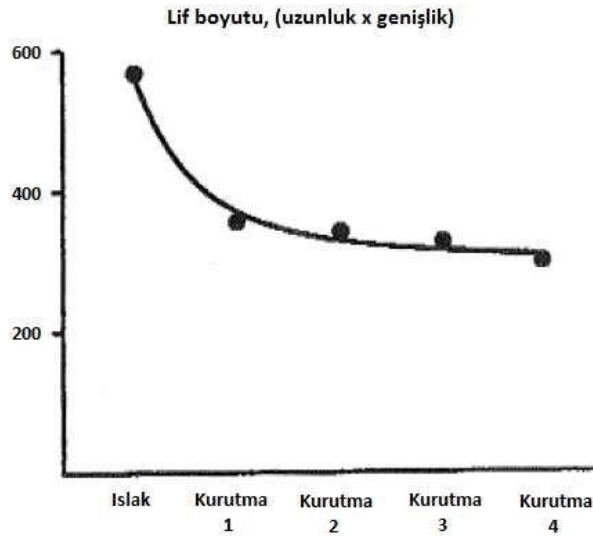
- Liflerin doğası gereği geri dönüşüm sonucu yapısının değişmesi: Şişme yeteneğinin kaybı ve liflerin esnekliğinin azalması
- Var olan kirleticilerin (mürekkep etkisi, de-inking faktörleri, yapışkanlar ve tutkallar) liflerle birleşmesi
- Kâğıt üretim prosesi ve son kullanım

Geri dönüşümün selüloz liflerine etkisi incelendiğinde, bu işlem tekrarlandıkça liflerin su alma özelliğinin azaldığı görülmüştür. Geri dönüşüm sırasında, yağ pres ve kurutma etkisiyle çöken hücre duvarları ve kapanan açıklıklar hidrojen bağlarını etkiler. Bu durum, selüloz lifleri arasında hidrojen bağlarının oluşması ile üretilen kâğıt için son derece olumsuzdur. Yapılan çalışmalarda, selüloz liflerinin kurutma veya suyun uzaklaşması sonucu, hidrojen bağlarında geri dönüşümsüz olarak azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir (Bozkurt, 2012: 6, 15, 29).

Safihalarda mekanik direnç özelliklerinin oluşması ve geliştirilmesinde selüloz liflerinin bireysel boyutları yani kalınlık ve uzunlukları önemli bir faktördür (Erentürk, 2014: 17). Lif boyutlarındaki değişimin (bkz. Şekil 11) ilk ıslatma ve kurutmada en fazla olduğu görülürken; ikinci, üçüncü ve dördüncü ıslatma ve kurutma işlemlerinde azalan oranda fakat sürekli boyutsal daralma olduğu (bkz. Şekil 12) görülmektedir (Bozkurt, 2012: 30).

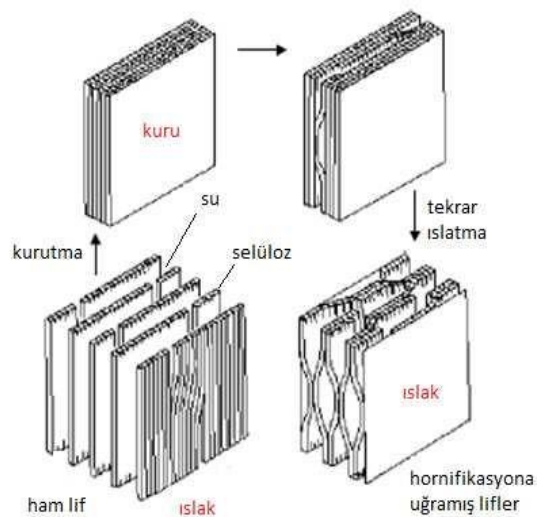


Şekil 11- Hornifikasyon Olayının Sonucu Liflerin Daralması (Bozkurt, 2012: 31).



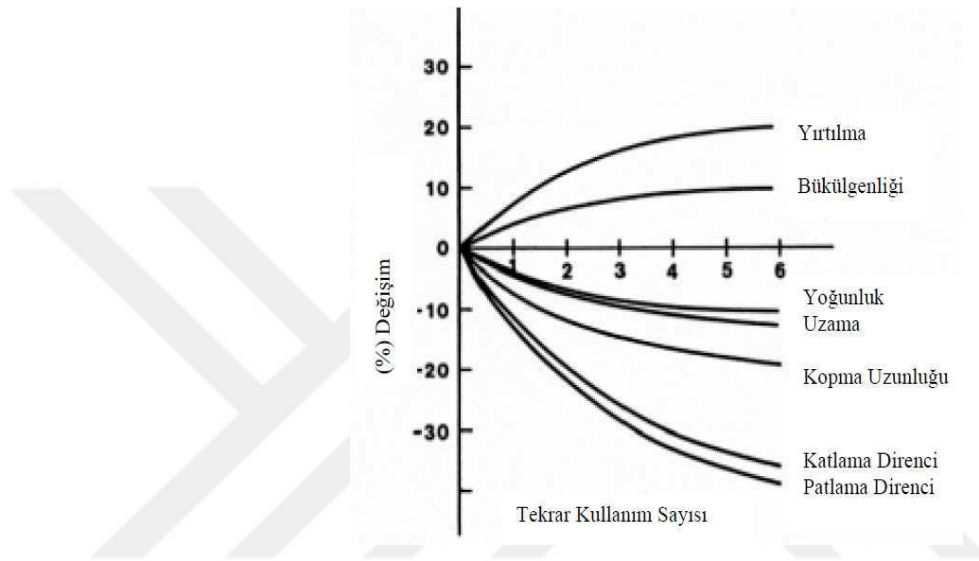
Şekil 12- Islatma ve Kurutma Sonucu Liflerin Daralması (Bozkurt, 2012: 31).

Selüloz liflerinde kurumanın ve geri dönüşümün etkisiyle yeniden ıslanma ve bazı özelliklerin geri dönüşsüz olarak değişikliğe uğraması kâğıt literatüründe hornifikasyon olarak tanımlanmaktadır. Şekil 13'te de görüleceği gibi hornifikasyon sonucunda selüloz lifleri eski halini alamamakta ve lifler arasında sıkı bağlar meydana gelmektedir. Bu kalıcı bağların mekanik ve kimyasal işlemlerle bile yeniden açılması ve eski haline gelmesi mümkün olmamaktadır (Bozkurt, 2012: 30,31).



Şekil 13- Geri Dönüşsüz Hidrojen Bağları Sonucu Boşlukların Kapanması (Bozkurt, 2012: 32).

Geri dönüşümden elde edilmiş selüloz liflerinden üretilen kâğıtların yoğunluk, kopma, patlama ve katlanma direnci gibi fiziksel ve makin özellikleri önemli oranda düşmektedir (bkz. Şekil 14). Bu durumun oluşmasında en önemli etkenin, selüloz liflerinde kuruma sonucunda meydana gelen yapısal bozulma ve kalite düşmesi olduğu görülmektedir (Bozkurt, 2012: 32).



Şekil 14-Tekrarlanan Geri Dönüşüm İşleminin Kâğıt Özelliklerine Etkisi
(Bozkurt, 2012: 33).

Lifler bireysel selüloz moleküllerinden oluşmuştur. Bir selüloz lifi içinde bulunan alt birimler küçükten büyüğe doğru selüloz molekül zincirleri, filamentler, fibriller ve lif şeklinde sıralanabilir. Selüloz zincirleri filamentler içinde sıkıca bağlandığından dolayı su içeri nüfuz edemez, fakat arasına girebilir. Ancak, saçaklanma sonucu fibriller gevşer ve filamentler ortaya çıkar ve böylece lifin bükülebilirliğinde artış meydana gelir. Lif içindeki filamentlerin gevşemesi ise dövmenin mekanik etkisi sonucu gerçekleşir. Filamentlerin lif yüzeyine çıkmalarıyla (dış saçaklanma) birlikte bağ oluşturabilecek yüzey alanı da artar. Bu durumdaki lifler, üretilen kâğıtların optik ve mekanik özelliklerini doğrudan etkiler. Geri dönüşümde kâğıt yapım aşamasında, liflerin yeniden şişme ve bağ yapma özelliğini kaybetmesi nedeniyle dövme gibi yoğun bir işlemin, liflerin özelliklerini yeniden kazandırmak için gerekli olduğu görülmüştür. Ancak, dövmenin etkisinin hamur türüne de bağlı olduğu

gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, dövme işlemi doğru yapılmadığı takdirde de, lif uzunluğunda kısalma ve yırtılma direncinde azalma meydana gelir. Bu işlem çoğu zaman üretim kapasitesi ve drenajın azalmasına sebebiyet verdiği için yeniden kâğıt hamuru üretiminde direnç özelliklerini geliştirmek için dövme işlemine alternatif olarak kimyasal katkı maddeleri kullanımı da mevcuttur (Erentürk, 2014: 14, 26).

Kâğıt yapımında kimyasal katkı maddelerinin kullanımı ise her zaman mevcut olmuştur. Atık kâğıttan yeniden kâğıt üretiminde bu kâğıt katkı maddeleri ve üretim yardımcıları belirli oranlarda kullanılırlar. Bu üretimde; tutunma, boyutlandırma ve sağlamlık maddelerinin kullanımı; kimyasalların etkinliğini ve atık kâğıt işleme proseslerini etkilemektedir. Örneğin; şap ve yapıştırma kimyasallarının geri dönüşüm potansiyelini beklenenin ötesinde azalttığı ifade edilmektedir (Erentürk, 2014: 24). Ancak bazı araştırmacılar, atık kâğıtların geri dönüşümünden elde edilen selüloz liflerinin yeniden kâğıt imalinde kullanılması esnasında kâğıt hamuruna belirli oranlarda CMC (Karboksi Metil Selüloz), nişasta ve şap katılmasının, kâğıda fiziksel ve optik özelliklerde artış meydana getirdiğini ve aynı liflerin geri dönüşüm sayısını artırdığını açıklamışlardır. Waterhouse ise, geri dönüşüm liflerinin yeniden kâğıt üretiminde bazı dolgu maddelerinin kâğıt makinesinde istem dışı olarak uzaklaştığını ve bu sebeple geri dönüşümden elde edilen selüloz liflerinden yeniden kâğıt imalinde, daha yüksek oranda dolgu maddesi kullanımına ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Dolgu maddelerinin kullanılmasında ise iki farklı proses bulunmaktadır. Bunlardan birincisi kalsiyum karbonatı selüloz lifleri ile birlikte süspansiyon halinde karıştırmak, ikincisi ise kalsiyum karbonatı liflerin hücre duvarlarına ve lümenlere çökeltilmektedir (in-situ). Kâğıt imalinde dolgu maddesinin büyük bir kısmı birinci, ikinci ve üçüncü geri dönüşümünde kaybolurken, in-situ yöntemiyle altıncı geri dönüşümünden sonra bile %30 oranında dolgu maddesinin bulunduğu anlaşılmıştır. Ayrıca bu yöntem ile yapılan kâğıtlarda yüksek opaklık ve parlaklık değerlerine de ulaşılmış fakat kâğıtta mekanik direnç özelliklerin düşük olduğu görülmüştür (Bozkurt, 2012: 3,7, 8, 9).

Kimyasal bir yöntem olarak liflerin soda ile muamele gördüğü uygulamalar da bulunmaktadır. Atık kâğıdın sodyum hidroksit ile muamelesi, geri dönüştürülmüş liflerin direnç özelliklerini ve serbestlik derecelerini arttıran bir yöntemdir. Bunların

yanı sıra alkali ile muamele, enzimler ve fraksiyonlaştırma tekniği de geri dönüştürülmüş liflerden kâğıt yapma potansiyelini arttırmaktadır (Erentürk, 2014: 27-29).

Kâğıt liflerinden yeniden hamur hazırlama işleminde, daha kısa ve zayıf lifler olduğu bilinen bir durumdur. Üretim esnasında bu lifler kendileri arasında fark edilir bir gren yönü oluştururlar. Ancak, lifler arasında rastgele bir düzende de meydana çıkarabilir ve liflerin sıkıştığı bir düzen oluştururlar. Bu olayın kâğıdın direncini azaltan bir etkisi vardı. O yüzden tüm bu işlem basamaklarının yanı sıra, kâğıdın dayanıklılığını, kalitesi ve yüzey düzgünlüğünü geliştirmek için uygulanan farklı metotlardan biri de; ham life, geri dönüştürülmüş liflerin belli oranlarda karıştırılmasıdır. Bu durumda, özellikle ambalaj kâğıdı, karton ve gazete kâğıdında görüldüğü gibi; çeşitli derecelerde geri dönüştürülmüş lifler içeren, birçok standart kâğıt meydana çıkmış olacaktır. (Selimbeyoğlu, 2001: 48-49). Yapılan araştırmalar, birincil kraft liflerine %10'a kadar atık kâğıt lifi ilave edilmesinin direnç özelliklerinde önemli bir azalmaya sebep olmadığını göstermiştir. Atık kâğıt hamuru birincil liflere göre daha az dövme işlemi gerektirdiğinden, önemli zarara uğramadan yapraklı ağaç odunu hamurlarıyla veya yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarının karışım hamurlarıyla birlikte dövülebilmektedirler (Erentürk, 2014: 30,40).

Bunların yanı sıra bazı araştırmacılar, selüloz lifleri arasında hidrojen bağların oluşumu ile meydana gelen kâğıt safihası için, bu bağ yapma potansiyelinin dolayısıyla da liflerdeki şişme oranının, sıcaklığın artmasına bağlı olarak artış gösterdiğini açıklamışlardır (Bozkurt, 2012: 4).

Ancak bahsi geçen tüm bu tespit ve gözlemler de kâğıt hamuruna ve bunun için kullanılan lif özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Yapılan araştırmalara göre; kimyasal hamurların aksine, başlangıçta daha zayıf olan mekanik hamur liflerinin yapısı geri dönüşüm ile bozulmaz ve hatta bağlanma yetenekleri daha da iyileştirilebilir (Erentürk, 2014: 21). Nazhad ve Paszner'e göre de mekanik kâğıtların geri dönüşümlerinde liflerin yapısında meydana gelen olumsuz etkiler, kimyasal kâğıtlardakine göre daha azdır. Yine bu söylemi destekler mahiyette

Bouchard ve Douek, liflerde meydana gelen değişikliklerin liflerin kimyasal özelliklerinin değişmesiyle ilişkili olduğunu açıklamıştır (Bozkurt, 2012: 3,7).

Geri kazanılmış kâğıt özelliklerinde yine benzeri bir tespit de ağartılmış ve ağartılmamış kâğıtların geri dönüşüm özellikleri arasında yer almaktadır. Hamurdaki lignin miktarı geri dönüşüm özelliklerini etkilemektedir. Bu yüzden de ağartılmış hamurlar ağartılmamış hamurlara göre çok daha fazla hornifikasyona uğrarlar (Erentürk, 2014: 19).

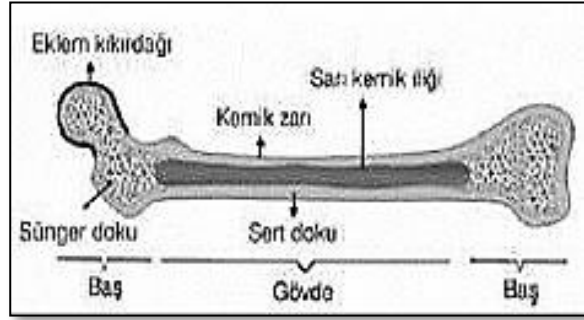
1.2. Kompozitlere Genel Bakış

1.2.1. Kompozit Malzemeler ve Kullanım Alanları

Temel olarak iki veya daha fazla malzemenin, mikro veya makro seviyede heterojen karışımıyla oluşan ve meydana geldiği malzemelerden farklı özelliklere sahip yeni tür malzemeler *birleşik* veya *kompozit malzeme* olarak tanımlanabilir (Ulcay-Akyol-Gemci, 2002: 94). İnsan elinden çıkmış bir kompozit tipik olarak; sürekli matris fazına yerleştirilen katı ve sağlam bir materyalin, sıklıkla da doğada bulunan liflerin takviye fazı olarak kullanımından meydana gelmektedir (Fowler-Hughes-Elias, 2006: 1781).

Yeni oluşturulan bir malzemeye kompozit malzeme denilebilmesi için (Kuzu, 2011: 3-4);

- Şekil 15’de de görüldüğü gibi kemik veya tahta gibi *doğal kompozit yapılardan* farklı olarak, *üretilmiş* olmalıdır.
- Fiziksel ve kimyasal olarak birbirinden farklı bileşenlerden oluşmalıdır.
- Bileşenler makul oranlarda birleşmelidir.
- Kompozitin karakteristik özellikleri bir bileşenin özelliklerine benzememelidir. Yani kompozit malzemenin özellikleri de, gözle görülür derecede bileşen fazların özelliklerinden farklı olmalıdır.



Şekil 15- Doğal Kompozit Yapı Örneği: Kemik (Zor, 2017: 31).

Kompozit, aslında karışım anlamına gelmekle birlikte çözünen ve çözen bileşenlerden oluşmaz. Malzemeler birbiri içerisinde çözünürse ve atom seviyesinde bir karışım söz konusu olursa, bu tür malzemeler kompozit değil alaşım olur. Kompozit malzeme elde edilmesindeki amaç, bileşenlerde tek başınayken mevcut olmayan bazı özelliklerin geliştirilmesi ve bir araya getirilmesi ya da ortaya yeni bir özellik çıkarılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda kerpiç örneğinde olduğu gibi ilk çağlardan beri kırılgan malzemelerin içine bitkisel veya hayvansal lifler ilave edilmiş, malzemenin özelliği geliştirilmeye çalışılmıştır. Kerpiç üretiminde, killi çamur içine katılan saman, sarmaşık dalları gibi sap ve lifler kerpicing mukavemetini artırmaktadır. Bunun yanı sıra, özellikleri ve lif yönleri farklı ağaç levhalar üst üste istiflenerek yapılan ok yayları ya da kâğıt da, kompozit malzemeye gösterilebilecek basit örneklerdendir (Zor, 2017: 2-3, 7-8). Kompozit yapıların mantığında, bileşenlerin herhangi birinde tek başınayken ulaşılamayan yapısal veya fonksiyonel olanakları, daha kullanışlı bir sistem ile mümkün hale getirmek için farklı sistemlerin birleştirilmesi vardır. Merak uyandıran materyaller olarak kompozitler; hafiflikleri, korozyon dayanımları, yüksek yorulma dirençleri, hızlı montajlanmaları gibi sağladıkları pek çok avantaja bağlı olarak günümüzün önemli materyalleri haline gelmeye başlamışlardır (Jose vd, 2012: 3). Uzun ömürleri, hafiflikleri, yüksek kimyasal ve mekanik dayanımları gibi üstün nitelikleri nedeniyle tercih sebebi olan kompozit malzemenin, aynı anda tüm özelliklere ulaşması beklenemez; ancak malzemenin üretiminde hedeflenen amaç ve kullanım alanı doğrultusunda geliştirilir (Alpyıldız, 2010: 1).

1950'li yıllardan itibaren alternatif malzeme olarak üretilmeye başlayan kompozitler farklı özellikleri bir arada bünyesinde barındıran malzeme teminindeki sıkıntıya çözüm olmaya başlamıştır (Bulut-Erdoğan, 2011: 27). Kompozitler, kullanılacak oldukları alanın ihtiyaçlarını karşılamalarına göre yapısal ve fonksiyonel malzemeler olarak kategorize edilmişlerdir. Kompozitlerin büyük çoğunluğu inşaat ve otomotiv alanında görüldüğü gibi yapısal uygulamalar için kullanılmış olsa da, konvansiyonel kompozit materyaller farklı endüstri kollarının iletkenlik, dielektrik direnç, ısıl dayanım, elektrokimyasal ya da medikal özellikler gibi giderek artan ihtiyaçları sebebiyle; havacılıkta olduğu gibi yapısal olmayan uygulamalar için de gelişerek önem kazanmaya başlamıştır (İşmal-Paul, 2018: 377). Bunun sonucunda ise kompozitler; uzay teknolojisinde, denizcilik sektöründe, tıp alanında (tıbbi cihazların imalatı), robot teknolojisinde, kimya sanayisinde, elektrik-elektronik teknolojisinde, müzik aletleri endüstrisinde, inşaat ve yapı sektöründe, otomotiv sektöründe, savunma sanayi ve havacılık sektöründe, gıda ve tarım sektöründe, spor malzemeleri imalatında (yüksek atlama sıırıkları, tenis raketleri, sörf, yarış tekneleri, kayak vs.) (Zor, 2017: 57) kısacası *günlük ve ticari hayatta* olduğu gibi, *askeri alanda, uzay ve havacılık sanayisinde, silah, roket* ve diğer *mühimmat sanayisinde* kullanılan malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadırlar (Ünal, 2017: 10).

Kompozitlerin sağladığı başlıca avantajlar ise şöyle sıralanabilir (Zor, 2017: 35-52):

- Hafiflik
- Yüksek dielektrik direnç: Kompozitlerin yüksek elektrik yalıtım özellikleri, elektrik-elektronik sektöründe, birçok makine elemanının imalatında tercih nedeni olmaktadır.
- Korozyon dayanımı: Yüksek kimyevi direnç yeteneği, kimyasal tesislerde ve diğer kimyasal korozyon riski taşıyan alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Çeşitlilik: Farklı mekanik özellik ve kombinasyonlara sahiptirler.
- Kalıplama kolaylığı: Çok parçadan oluşan karmaşık makine elemanları kompozitler kullanılarak tek parça olarak imal edilebilir, böylece üretim süresi de kısalmaktadır.

- Renk çeşitliliği: Kompozitlerde kullanılan poliester reçine pigment katkıları ile renklendirilerek kendinden renkli olarak üretilebilirler.
- Tasarım esnekliği: Karmaşık makine elemanları bile kompozit malzeme ile kolayca tasarlanabilir.
- Şeffaflık Özelliği: Şeffaf olmaları nedeniyle, ışık geçirgenliğin önem kazandığı alanlarda kullanılırlar.
- Beton yüzeylere uygulama: Özellikle, betonun gözenekli olması nedeniyle, kompozitin ana bileşenlerinden poliesterin betonun gözeneklerine sızmasından dolayı iyi bir yapışma sağlanır.
- Ahşap yüzeylere uygulama: Kompozitler ahşap yüzeylere koruyucu ve kaplama olarak kullanılır. Ancak ahşap kuru olması halinde, poliester reçineye katkı yapılarak iyi bir yapışma sağlanması gerekir.
- Metal yüzeylere uygulama: Temiz metal yüzeyine kaplanarak korozyondan korunabilir.
- Yanmazlık özelliği: Kompozit bileşenlerinin özelliklerine göre yanmaya karşı dirençleri artırılabilir. Isı iletimleri düşük olduğundan, izolasyon malzemesi olarak kullanılırlar. Kimyasal katkılarla alev dayanımları iyileştirilebilir. Alev geciktirme, iletmemeye ve kendiliğinden sönmeye özelliklerine sahip kompozit malzemelerin yangın esnasında çıkardığı zehirli gaz oranı minimum seviyededir.
- Isıl dayanım: Termoset plastik grubundan poliester reçine esaslı kompozitler yumuşamak suretiyle şekil değiştirmezler. Isıl dayanımları kullanılan poliester reçinenin cinsine bağlıdır.
- Tamir edilebilirlik
- İşlenebilirlik: Kompozitler, kolayca kesilir, delinir, zımparalanır.
- Geniş renk ve desen seçenekleri
- Esneklik
- Sızdırmazlık: Su izolasyonu
- U.V. ışınlarına dayanım
- Montaj kolaylığı
- Özgül Mukavemet: Yüksek mukavemet/yoğunluk oranı (Ünal, 2017: 4)

- Rijitlik ve boyut kararsızlığı: Genleşme katsayıları nispeten düşük olup sert, sağlam bir yapı ve büyük bir boyut kararlılığı gösterir. (Ünal, 2017: 4)

Kompozit malzemeler, sağladıkları pek çok avantajın yanı sıra dezavantaj olarak görülen bazı özelliklere de sahiptirler ki; bunları şöyle özetlemek mümkündür (Zor, 2017: 53):

- İmalatı gerçekleştirilmiş kompozitin özellikleri her zaman ideal olmayabilir. Malzemenin kalitesi üretim metodunun kalitesine bağlıdır ve standartlaşmış bir kalite mevcut değildir.
- Tabakalı kompozitler, tabakalar arası kayma gerilmelerine hassas olduklarından delaminasyon meydana gelebilir.
- Bazı kompozitler gevrek olduklarından kolaylıkla zarar görürler, onarılmaları yeni problemler oluşturabilir. Ayrıca onarılmadan önce çok iyi temizlenmeleri ve sıcak kurutulmaları gerekir. Bazı kurutma teknikleri uzun zaman alabilir. Bazen de bu çok zor olmaktadır.

1.2.2. Kompozit Bileşenleri

Kompozit malzemeler, kimyasal ve fiziksel olarak başka bir ara yüzey ile ayrılmış, farklı iki fazdan oluşan materyaller olarak tanımlanabilirler (İşmal-Paul, 2018: 378). Çok fazlı malzeme sayılan kompozitlerin yapılarında sürekli bir ana faz ile onun içinde dağılmış pekiştirici bir donatı fazı bulunur. Faz, bir malzemenin içyapı yönünden farklı olan kısımlarıdır. Bu faz *mikroskobik* ve *makroskobik* olarak sınıflandırabileceğimiz iki tür bileşimle sağlanabilir (Ünal, 2017: 1).

Kompozit materyaller temelde üç ana fazdan oluşmaktadır (İşmal-Paul, 2018:378):

- Sürekli faz olarak da adlandırılan matris fazı
- Matris malzeme ile çevrili olan takviye fazı
- Matris ve takviye fazından farklı olan yapıları ve özellikleri ile ara yüzey fazı

Kompozit malzemeler *matris* olarak adlandırılan ana malzeme ve daha mukavim olan ve *takviye elemanı* olarak adlandırılan iki ana malzemedен oluşurlar. “...takviye malzemesi kompozit malzemenin *mukavemet ve yük taşıma* özelliğini, matris malzeme ise plastik deformasyona geçişte *oluşabilecek çatlak ilerlemelerini önleyici* rol oynamakta ve kompozit malzemenin kopmasını geciktirmektedir.” (Zor, 2017: 6)

Tablo 8’de de görülebileceği gibi, kompozitlerin sınıflandırılması şu şekilde yapılabilir (İşmal-Paul, 2018: 382-383):

- Matris malzemeye göre:
 - polimer matris kompozitler (PMC)
 - seramik matris kompozitler (CMC)
 - metal matris kompozitler (MMC)
- Takviye malzeme elemanlarına göre:
 - Parçacıklı kompozitler: parçacıktan, taneden oluşan yapılar
 - Lif takviyeli kompozitler: doğal veya sentetik liflerden oluşan yapılar. Sürekli ya da süreksiz lifler kullanılmaktadır. Ancak karma kompozitler iki veya daha fazla lif türü içerir.
 - Tabakalı kompozitler
 - Film kompozitler: alt tabakaya bağlı ya da tek başına bir film
- Lif çeşidine göre kompozitler (karbon, cam, vs.)
- Reçine çeşidine göre kompozitler (termoset, termoplastik)
- Üretim çeşidine göre kompozitler (filament sarma, enjeksiyon kalıplama, basınçlı kalıplama, vs.)
- Kullanım alanına göre kompozitler (tekstil, havacılık, savunma, boru, tank, elektrik, elektronik, vs.)

Tablo 8- Matris, Takviye Elemanı ve Kompozit Yapı Tipleri (Ulcay-Akyol-Gemci, 2002: 94).

Matris Malzemeleri	Takviye Elemanları	Kompozit Yapının Şekli
Polimerler	Lifler	Tabakalar
Metaller	Whiskers	Film (Folye)
Seramikler	Pudra	Honey – Combs
	Yonga	Filament Sarılmış Yapılar
	Parçacık/Granül	Kaplamalar

1.2.2.1. Matris Malzeme

Matris, takviye edilen malzemedir ve kompozit malzemenin ikinci ana bileşenidir (Ulcay-Akyol-Gemci, 2002: 94). Kompozit yapı içinde genel olarak en fazla bulunan bileşene matris denir. Matrisin kompozit yapı içindeki görevinin; takviye malzemenin etrafını sarmak, onu bağlamak, takviye malzemelerini bir arada tutup yükü takviye malzemesine iletmek, her bir takviye malzemeyi kendi içinde izole etmek, üretilen kompozitin olabildiğince net şekline yakın bir yüzey kalitesine sahip olmasını sağlamak ve takviye malzemelerin çevresel etkilere karşı korunmasını sağlamak olduğu söylenebilir (Kuzu, 2011: 4). Kompozit malzemelerin oluşum seçenekleri sonsuz denilebilecek kadar çok olduğundan, sınıflandırma seçenekleri de bu duruma bağlı olarak zorlaşmaktadır (Zor, 2017: 15). Bu sebeple kompozit malzemeler yaygın kullanım gruplarına göre; *polimer* ve *metal* matrisler olmak üzere temelde iki ana grupta toplanırlar. Bunların yanında kullanımı nispeten daha az olan *seramik*, *karbon* ve *cam* yani *yüksek sıcaklık matrisleri* de üçüncü bir grup olarak değerlendirilebilir (Ulcay-Akyol-Gemci, 2002: 95).

1.2.2.1.1. Polimer Matris Kompozitler

Plastik malzemelerin özelliklerinin, diğer malzeme çeşitleri ile boy ölçüşür düzeyde gelişmeye başlaması, kolay biçim verilebilir olması, metallere oranla düşük yoğunlukta olması, üstün yüzey kalitesi ve korozyona karşı dayanımı, plastik kullanımının yükselmesindeki en önemli özelliklerdir. Ancak sertlik ve dayanıklılık

konusundaki eksikliğin giderilmesi amacıyla, 1950'lilerde polimer esaslı kompozit malzemeler geliştirilmiş ve bu konuda metallere yarışabilecek düzeye gelmişlerdir (Kuzu, 2011: 3).

Kompozitlerin yaklaşık %90'ı polimer (plastik) esaslı matrislerden üretilmesi sebebiyle polimer matris kompozitler, *kompozit malzemelere takviye edilmiş plastikler* olarak da tanımlanmaktadır. Bu kompozitlerde kullanılan başlıca takviye malzemeleri ise; cam, kevlar, bor ve karbon lifleridir. (Zor, 2017: 19). Kompozit materyaller içerisinde en gelişmiş ve en çok uygulananı ise cam elyaf takviyeli polimer matris kompozitlerdir. 1940'larda Ameikalılar ilk olarak cam lifini ve doymamış poliester reçineyi keşfetmiş ve cam elyaf kompozit materyallerin, askeri endüstri alanında kullanımın yolunu açan elle tabakalama prosesi ile askeri radar ve uçak yakıt deposu üretmişlerdir. Bununla birlikte cam elyaf, reçine matris ve kompozit materyal işlemlerinin gelişimi ile birlikte, cam elyaf kompozit materyaller sadece havacılık endüstrisinde değil, sivil endüstrinin de pek çok alanında kullanılmış ve önemli bir mühendislik unsuru haline gelmiştir (İşmal-Paul, 2018: 377-378).

Plastik matris malzemeler kendi içinde de *termoset plastikler*, *termoplastik malzemeler* ve *elastomerler* olarak gruplara ayrılmaktadır.

- **Termoset plastikler (Isıl sertleşir plastikler):** Poliester, Epoksi, Yüksek sıcaklık reçineleri (Fenolik Reçineler/ Silikon/ Poliimid), Poliüretan, Cynate Esters (Zor, 2017: 84).

Termosetler, çözücü ve aşındırıcı maddelere karşı yüksek direnç gösterirler. Isı ve yüksek dereceler karşısında dayanıklıdırlar. Viskozitesi oldukça düşüktür. Özel bir elastikiyet, kusursuz bir yapışma ve boya, vernik gibi bitim işlemlerinde çok uygun bir kullanım sağlarlar. Sağladıkları bütün bu avantajların yanı sıra ısı ve basınç altında kürtleme işlemi gerektirirler. Reçine matrisinde, polimer zincirinin çapraz bağlanması bitim işlemi zorlaştırır. Matris materyali liflerden birbirinden ayırmak için uygulanan ısıya bağlı olarak geri dönüşüm olanağı zayıftır;

çünkü bu durum liflere zarar verir ve uygulamanın tekrarını güçleştirir (İşmal-Paul, 2018: 380-381).

- **Termoplastik malzemeler (Isıl yumuşar plastikler):** Asetal/Poli-Methelene-Metilen (POM), Polimet metha akrilik (Akrilik-PMMA), Akronitril-Butadiene-Streyn (ABS), Poli-Amids (PA) / Naylon, Poli-Etilen (PE), Poli-Propilen (PP), Poli-Vinil-Klorür (PVC), Poli-Tetra-Fluor-Ethylene (PTFE), Poli-Eter-Sülfon (PES), Poli-Eter-Imid (PEI), Poli-Amid-Imid (PAI), Poli-Phenilen-Sulfid (PPS), Poli-Eter-Eter-Keton (PEEK), Poli-Stiren (PS) (Zor, 2017: 114).

“Kompozit malzeme yapımında termoplastiklerin kullanılmasının en önemli avantajlarından biri geri dönüşümünün yapılabilmesidir.” (Kuzu, 2011: 1). Isıl yumuşar reçineler de denilen termoplastik malzemeler; ısıtıldıklarında yumuşar, soğutulduklarında tekrar sertleşirler. Böylelikle ısıya bağlı olarak şekillendirilmeleri de mümkündür. Kürleme gerektirmezler. Üstün kırılma toklukları nedeniyle darbe dayanımları yüksektir. Üretim maliyetleri düşüktür. Termoset plastiklere kıyasla, geri dönüşüm olanakları daha yüksektir, çünkü daha düşük ısılarda liflerin ayrılması mümkündür. Isıya bağlı olarak şekillendirilmeleri mümkündür. Tüm bunlarla birlikte termosetlerin uygulama yöntemleri sınırlıdır. Yüksek ısıya ihtiyaç duyarlar. Viskoziteleri oldukça yüksektir. Yapışkan yapıları yüzünden, lifler üzerindeki uygulanmaları kolay değildir (İşmal-Paul, 2018: 380-381).

- **Elastomerler:** En önemlileri kauçuk olup doğal ve sentetik olmak üzere iki kategoriye ayrılırlar. Doğal kauçuk; belirli bazı bitkilerden elde edilir. Sentetik kauçuk ise, termoset ve termoplastik polimerlerde kullanılırlar ve benzer polimerizasyon işlemleriyle üretilirler (Zor, 2017: 124).

1.2.2.1.2. Metal Matris Kompozitler

Metal matrisli birleşik malzemeler olarak da tanımlanabilecek (Ünal, 2017: 2) olan bu kompozit, ana yapıyı matris metalin oluşturduğu ve takviye elemanı olarak da genellikle seramik bir takviye fazının kullanıldığı kompozitlerdir. Bu malzemeler,

plastik matrislere göre mukavemetleri, rijitlikleri ve toklukları yüksek olduğundan kompozit malzemenin özelliklerinin yükselmesinde büyük katkı sağlarlar. Seramiklerin yüksek elastik modülü ile metallerin plastik şekil değiştirme özelliklerinin birleştirildiği bu yapılarda sonuç; aşınmaya dayanıklı, kırılma tokluğu ve basma gerilmesi yüksek malzemelerdir. Ancak her elyafı iyi ara yüzey oluşturmayan metal matrisler, kompozit üretimi için zor ve pahalı bulunmaktadır. Kompozit üretiminde hafif metallerden alüminyum, magnezyum, nikel, titanyum, bakır, çinko ve bunların alaşımları sıkça kullanılan metal matris malzemelerdir. Metal matris kompozitler yaygın olarak otomotiv, havacılık ve savunma sanayinde kullanılmaktadır (Zor, 2017: 17,125-126).

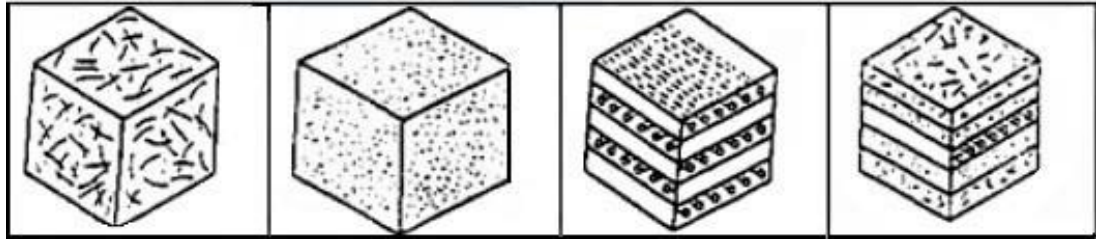
1.2.2.2. Takviye Malzemesi

Kompozit bileşenlerinden ikincisi olan takviye malzemeler; üstün mikro yapısal özellikleri, tane boyutlarının küçük oluşu ve küçük çapta üretilmeleri, boy/çap oranı arttıkça matris malzeme tarafından elyafa iletilen yük miktarının artması, elastisite modülünün yüksek olması ve kimyasal korozyona dirençli olmaları gibi özellikleriyle, yüksek performanslı mühendislik malzemeleridir (Ünal, 2017: 6).

“Takviye edici fazın geometrisi, takviye malzemesinin etkisini belirleyen önemli bir parametredir. Başka bir deyişle kompozit malzemenin mekanik özellikleri takviye edici parçacıkların geometri ve boyutunun bir fonksiyonudur.” (Kuzu, 2011: 4-5).

Tablo 9- Kompozitlerde Takviye Elemanlarının Sınıflandırılması

Takviye malzemelere göre kompozitler	Takviye Elemanlarının Şekil ve Yerleştirilmesine Göre Kompozitler
Parçacık takviye elemanları	Parçacıklı Kompozitler
Sürekli elyaf malzemeleri	Elyaflı Kompozitler
Sürekli elyaf malzemeleri	Tabakalı Kompozitler
	Karma Kompozitler

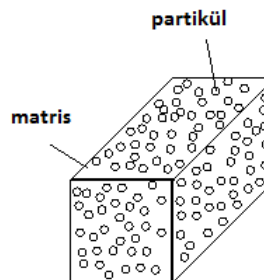
Elyafli
KompozitlerParçacıklı (Taneli)
KompozitlerTabakalı
KompozitlerKarma
Kompozitler

Şekil 16- Takviye Elemanlarının Şekil ve Yerleştirilmesine Göre Kompozit Yapılar
(Zor, 2017: 21)

Tablo 9 ve Şekil 16’da görüldüğü gibi kompozitler; kullanılan takviye elemanlarına ve bu malzemelerin şekline ve yerleştirilme biçimlerine göre sınıflandırılabilir.

1.2.2.2.1. Parçacık Takviyeli Kompozitler

Bir matris malzeme içinde başka bir malzemenin parçacıklar halinde bulunması ile elde edilen kompozitler parçacık takviyelidir (Ünal, 2017: 4) (bkz. Şekil 17). Mikroskobik veya makroskobik boyutta olabilirler. Döküm yoluyla üretilen parçacık takviyeli kompozitlerde, eriyik viskozitesinin düşmesi nedeni ile parçacıkların ıslatılmaması ve homojen dağılımda zorluk yaşanması gibi dezavantajlar bulunmaktadır. Üretimi, elyaf takviyeli kompozitlere göre daha ekonomiktir, ancak elyaf takviyeli kompozitler, parçacık takviyelilere göre daha üstün mekanik özelliklere sahiptirler (Zor, 2017: 137-139). Yapının mukavemeti parçacıkların sertliğine bağlı olarak değişkenlik gösterir. En yaygın tip ise plastik matris içinde yer alan metal parçacıklardır (Ünal, 2017: 5).

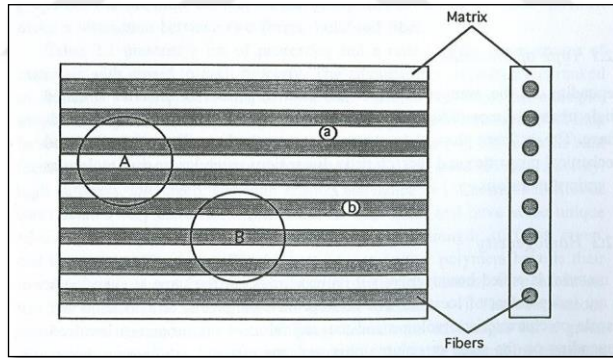


Şekil 17- Parçacık Takviyeli Kompozit Yapı (Zor, 2017: 23)

1.2.2.2.2. Elyaf Takviyeli Kompozitler (Tek Tabaka Kompozitler)

Bu kompozit tipi ince liflerin (elyaf) matris yapıda yer almasıyla meydana gelmiştir (Ünal, 2017: 4). Elyaf takviyeli kompozit levhalar, bileşenlerinin birbirleri içinde çözülmediği veya karışmadığı matris ve takviye/elyaf bileşenlerinden oluşur (bkz. Şekil 18). Lifler elyaf takviyeli kompozit materyallere sağlamlık ve sertlik sağlarlar. Nihayetinde kompozit materyalin özellikleri, kullanılan lifin doğasında barındırdığı özelliklerince şekillenecektir (Fowler-Hughes-Elias, 2006: 1781). Dolayısıyla elyaf takviyeler, matris malzeme içinde kompozit yapının temel mukavemet elemanlarıdır. Başlıca elyaf malzemeler; cam elyafı, karbon (graphite) elyafı, aramid (kevlar) elyafı, bor elyafı, oksit elyafı, yüksek yoğunluklu polietilen elyafı, poliamid elyafı, poliester elyafı, doğal organik elyafdır (Zor, 2017: 22,146).

Elyaf takviyeli kompozitleri, *süreksiz elyaf (doğranmış-öğütülmüş elyaf)* ve *sürekli elyaf* olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür.

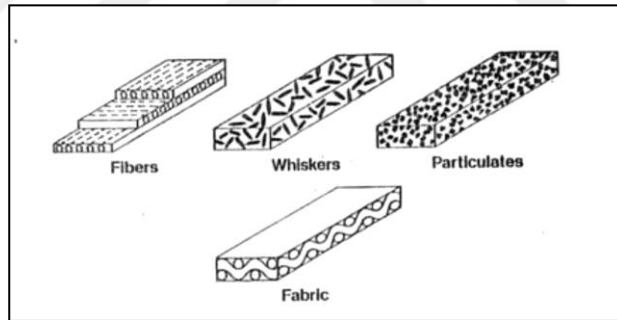


Şekil 18- Elyaf (Fiber) Takviyeli Kompozit Yapı (Zor, 2017: 22)

- **Süreksiz Elyaf (Doğranmış-Öğütülmüş Elyaf/ Whiskers) Takviyeli Kompozitler:** Süreksiz elyaf, birkaç mm'den birkaç cm'ye kadar değişen boyutlarda olabilirler; bu nedenle elyafın parçacık halden lif haline geçişi için çok uzun olmasına gerek yoktur. Elyaf takviyelerin; *düşük yoğunluk, yüksek elastisite modülü, yüksek mukavemet ve sertlik* gibi özelliklere sahip olmaları gerekir (Zor, 2017: 140-141).

Lifler, kendi boyları doğrultusunda (bkz. Şekil 19) kompozitin mekanik özelliklerini iyileştirirler. Küçük çapta üretildikleri için, içyapılarındaki tane boyutları da küçüktür ve bu da malzeme kusurları minimize etmektedir. Lif boyu/çap oranı da büyük olduğundan matris tarafından elyafa iletilen yük miktarı artmaktadır. Üstün mikroyapısal özelliklere sahip olan süreksiz elyafa üretilen kompozitlerin elastisite modülleri ve mukavemetleri yüksektir (Zor, 2017: 142-143).

“Kompozit yapının mukavemetinde önemli olan diğer bir unsur ise elyaf matris arasındaki bağın yapısıdır. Matris yapıda boşluklar söz konusu ise elyaf ile temas azalacaktır. Nem absorpsiyonu da elyaf ile matris arasındaki bağı bozan olumsuz bir özelliktir” (Ünal, 2017: 4). Ayrıca kompozit materyalde, lifin istenilen performansı göstermesi uygun matris seçimine bağlı bir durumdur (Bulut-Erdoğan, 2011: 29).



Şekil 19- Süreksiz Elyaf Takviyeli Kompozit Yapı Örnekleri (Zor, 2017: 140).

- **Sürekli Elyaf Takviyeli Kompozitler:** Cam elyafı, karbon elyafı, aramid (kevlar) elyafı, bor (oksit elyafı) elyafı, yüksek yoğunluklu polietilen elyafı, poliamid elyafı, poliester elyafı ve doğal organik elyaf olan ipek, sürekli elyaf örneklerindedir (bkz. Şekil 20, 21). Bu elyaf malzemelerinin farklı üretim metodları bulunmaktadır (bkz. Şekil 22). Şekil 23’de sürekli elyaf takviyeli kompozit bir yapı görünümü verilmiştir.

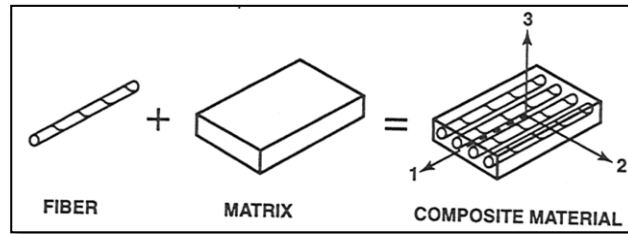
Sürekli elyaf takviyeli kompozitler, özellikle uçakların kanat ve kuyruk imalinde, yüzey kaplama malzemesi olarak çok yaygın bir kullanım alanına sahiptirler (Ünal, 2017: 5).



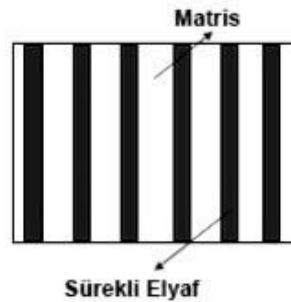
Şekil 20- İpek Elyaf (<https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2013/01/ipek-iplik-terbiyesi-ipek-cesitleri.html>)



Şekil 21- Poliester Elyaf (<https://www.indiamart.com/proddetail/polyester-fibers-13621554355.html>)



Şekil 22– Sürekli Elyaf Malzemelerinin, Tel Sarma Metodu Gibi Metotlarla Kesilmeden İp Şeklinde Üretimi (Zor, 2017: 142).

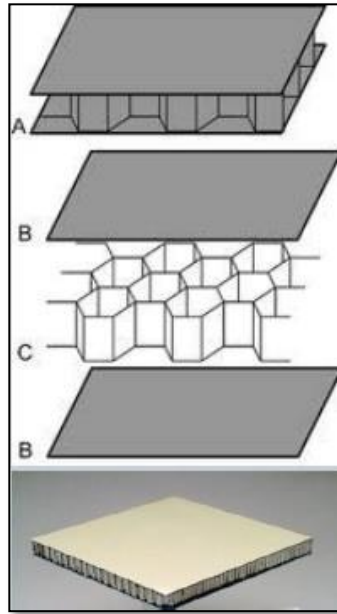


Şekil 23– Sürekli Elyaf Takviyeli Kompozit Yapı Görünümü (Zor, 2017: 141).

1.2.2.2.3. Tabakalı Kompozitler

En eski ve yaygın kullanıma sahip yapı tabakalı kompozitlerdir. Tabakalı kompozit malzemeler; matrisin, kendisinden daha dayanıklı fiber (çubuk veya örgü) malzemelerle birleştirilerek bir kompozit tabaka (lamina) oluşturulması ve birden fazla olan bu tabakaların birleştirilmesi yoluyla elde edilir. Bu yapıyla, farklı elyaf yönlendirmelerine sahip tabakaların bileşimi ile çok yüksek mukavemet değerleri elde etmek mümkündür. Isı ve neme dayanıklı olmalarının yanı sıra, metallere kıyasla daha hafif ve dayanıklı olmaları kullanım alanını genişletmektedir (Zor, 2017: 24,26).

- **Sandviç Kompozit:** İki tabaka arasına, farklı bir formdaki farklı bir malzemenin yerleştirilmesi ile elde edilen yapılara sandviç kompozitler adı verilir (Zor, 2017: 27). Sandviç yapılar, bir tabakalı kompozit malzeme örneğidir (bkz. Şekil 24). Ancak, sandviç yapılar tabakalı kompozitlerden farklı olarak yük taşımayarak, sadece izolasyon özelliğine sahip olan düşük yoğunluklu bir çekirdek malzemenin alt ve üst yüzeylerine mukavemetli levhaların yapıştırılması ile elde edilirler (Ünal, 2017: 5).



Şekil 24- Bal Peteği Formunda Sandviç Kompozit (Zor, 2017: 27).

1.2.2.2.4. Karma Kompozitler

Hibrit olarak da isimlendirilen karma kompozitler; aynı kompozit yapıda, iki ya da daha fazla elyaf çeşidinin bulunmasıyla oluşurlar (Ünal, 2017: 4). Karma kompozit yapısı yeni tip kompozitlerin geliştirilmesi için uygun bir zemine sahiptir (Zor, 2017: 28).

1.2.3 Kompozit Yapıda Ara Yüzey

Kompozit materyalde ara yüzey kavramı, takviye lifleri ile matris polimeri arasında bağ oluşumu söz konusu olduğunda ortaya çıkmaktadır. Matris ve takviye malzemesinden sonraki en önemli unsur ara yüzeydir. Kompozitin davranış karakterini, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyen, ara yüzeyin sahip olduğu bağ kuvveti değeridir (Bulut -Erdoğan, 2011: 30). Kompozit materyallerde lif ve matris arasındaki bu ara yüzey, malzemenin sahip olması istenilen sonuca ulaşılabilmesi için oldukça önemlidir. Ara yüzey, dıştan yapılan uygulamaları, ara yüzey üzerindeki gerilimin kesilmesi yoluyla takviye malzemeye aktarmayı sağlar. Ara yüzeydeki basınç kontrolü ise son derece gereklidir. Basıncın takviye malzemeye yeterince aktarılabilmesi halinde ise arabirimdeki yapışma önem kazanır, böylelikle takviye malzemenin işlevini yerine getirmesi de mümkün olacaktır (Fowler- Hughes- Elias, 2006: 1783).

Arabirimdeki yapışmanın gerçekleşmesi şunlara bağlıdır (Ulcay-Akyol-Gemci, 2002: 95):

- Yüzeylerin şekillerine
- Arabirimi meydana getiren malzemelerin yapılarına
- Temas basınçlarına
- Yüzeylerde kalan elementlere
- Yüzeylerdeki fonksiyonel gruplara
- Kalmış gerilimlere
- Çalışma sıcaklığına

Normal koşullarda arabirimdeki bağ yeterli sağlamlıkta oluşmadığında aşağıdaki gibi bazı yöntemler uygulanabilmektedir (Ulçay- Akyol- Gemci, 2002: 96):

- Takviye elemanının yüzeyini pürüzlendirerek, sürtünmeyle mekanik bağ artırılabilir.
- Takviye elemanının yüzeyindeki düşük yüzey enerjisi veren maddeler temizlenebilir.
- Bağ yapıcı özelliği olan ilave maddeler kullanılabilir.
- Kimyasal buhar kullanılarak bağ yapma ve kuvvetli bağ oluşturma yöntemi denenebilir.
- Fiziksel yollar kullanılabilir.
- Matris modifiye edilebilir.

Kompozit malzeme üretiminde *lif* ve *matris modifikasyonu* işleminde farklı yöntemler uygulanmaktadır. Lif modifikasyonu işleminde kullanılan *alkali işlem*, *bağlayıcı madde ile modifikasyon*, *asetilasyon* ve *aşı kopolimerizasyonu* gibi doğal liflere uygulanan belli başlı yöntemler bulunduğu gibi, farklı kimyasal maddeler de ara yüzey modifikasyonunda kullanılmaktadır. (Bulut- Erdoğan, 2011: 32).

1.2.4. Kompozit Malzeme Üretim Yöntemleri

Kompozit üretim metotları, kullanılan malzemeye de bağlı olarak, kendi içerisinde değişkenlik göstermektedir. Şekil, boyut, ürüne katacağı özellikler ve ürünün kullanım alanına bağlı olarak, kompozit materyal üretmek için çeşitli teknolojilerin kullanılması mümkündür. Kompozitlerin üretim yöntemleri; kullanılacak olan matris malzemeye, takviye malzemenin karakterine ve ürünün amaçlanan kullanım alanı için yapısal gereksinimlerine bağlıdır (İşmal ve Paul, 2018: 384-385).

Tekstil takviyelerinden kompozit üretiminde tercih edilen metotlar da, kullanılan takviye yapıların hammaddesine, üretim tekniklerine ve kompozit üretim tekniklerine göre farklılık göstermektedir (Alpyıldız,2010: 18).

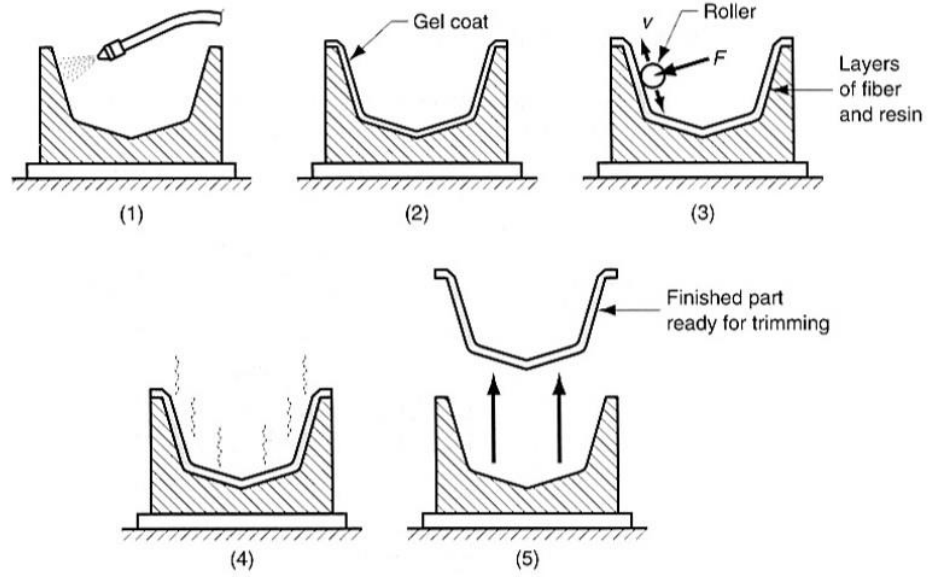
1.2.4.1. Kalıplama Tekniği ile Kompozit Üretimi

Kalıplama yönteminde genellikle iki kalıp kullanılmaktadır. Bu kalıplardan alttakine ayırıcı bir madde uygulanır ve matris ile emdirilmiş takviye malzemesi bu kalıba yerleştirildikten sonra üst kalıp parçası kapatılarak basınç uygulanmaktadır. Ortam sıcaklığında bazı durumlarda ise daha yüksek sıcaklıkta polimerizasyon işlemi gerçekleşmektedir. Bu teknik özellikle otomobil, havacılık ve uzay sanayi parçalarının üretiminde kullanılmaktadır (Bulut- Erdoğan, 2011: 33).

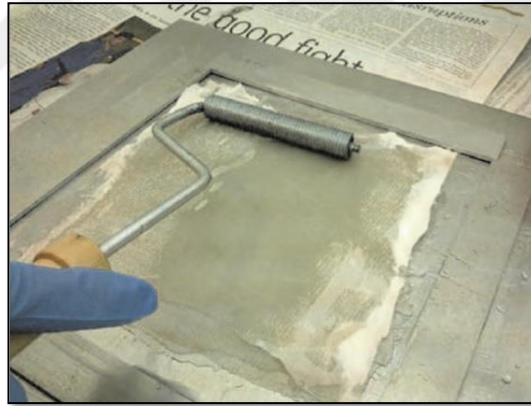
1.2.4.1.1. Açık Kalıp Prosesi

Bu proseste sadece artı ya da eksi kalıp yüzeyi kullanılmaktadır. Başlangıçta malzeme, istenen kalınlığa ulaşmaya kadar tabakalar halinde kalıba uygulanır. Kütleme işleminin ardından da materyal kalıptan ayrılır. Kalıba uygulanan ham materyale bağlı olarak farklı açık kalıp prosesleri geliştirilmiştir. Bu proseste uygulanan en eski yöntem ise *elle tabakalama* metodudur (Marinov, 2018: 62).

- **Elle tabakalama:** Güçlendirilmiş ürünlerin üretimde kullanılan en eski, kolay ve en çok tercih edilen metottur (bkz. Şekil 25). Bu yöntemin elle uygulanması için düz bir zemin, tahta metal veya plastikten yapılmış bir çukur ya da benzeri bir kalıp, elle tabakalama metodunda kullanılabilir (Jose, vd, 2012: 7). İstenen kalınlığı verecek miktarda elyaf ya da kumaş tabakaları, yeterli miktarda reçine uygulanmış olarak kalıba yerleştirilir. Şekil 26'da da görülebileceği gibi yüzey düzgünlüğünü sağlayabilmek ve ıslatma işleminden verim alabilmek için, kalıba yerleştirilmiş olan ıslak tabakaların üzerinden bir rulo ile geçilerek tabakalar arasında kalması muhtemel hava kabarcıkları giderilir (Alpyıldız, 2010: 19).



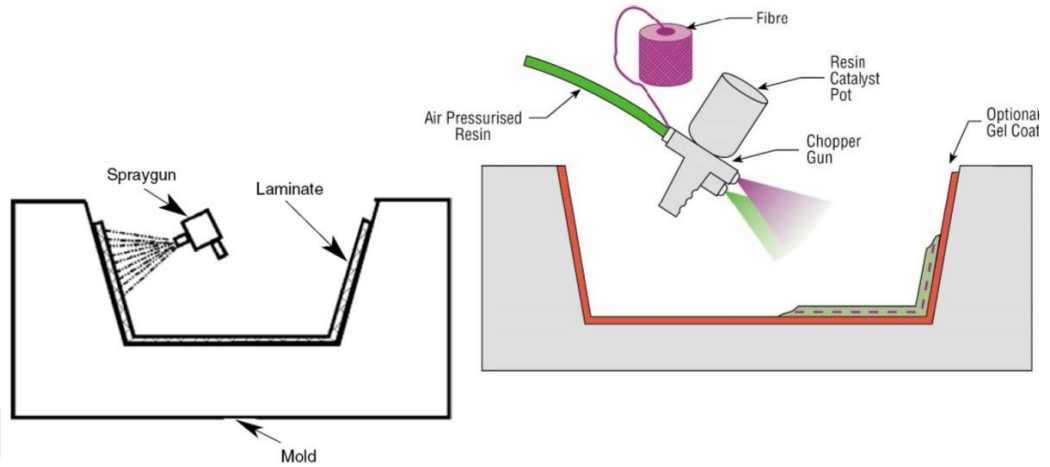
Şekil 25- Elde Tabakalama Tekniği ile Kompozit Üretimi (Marinov, 2018: 62)



Şekil 26- İpek Kumaş Örneğinde Islak-Elle Tabakalama (Wet Lay-Up) Yöntemiyle Kompozit Üretimi (Loh-Tan, 2011: 332)

- **Sprey Kalıplama:** Bu proseste kalıp yüzeyine jel kaplama (gel-coat) yapılır ve sertleşmesi beklenir. Ardından sıvı reçine ve 25-50 mm. uzunluğunda kesilmiş takviye lif iki ayrı sprej ile kalıp yüzeyine püskürtülür (Jose, vd, 2012: 10) (bkz. Şekil 27). Reçine olarak poliester ve epoksi tercih edilir (Alpyıldız, 2010: 18). Bu metot tekdüze kompozit kaplamanın hızlıca biçimlendirilmesine olanak sağlar.

Ancak metodun sürekli takviye lifi kullanımına uygun olmaması, materyalin mekanik özelliklerini orta seviyede tutmaktadır (Jose, vd, 2012: 10).



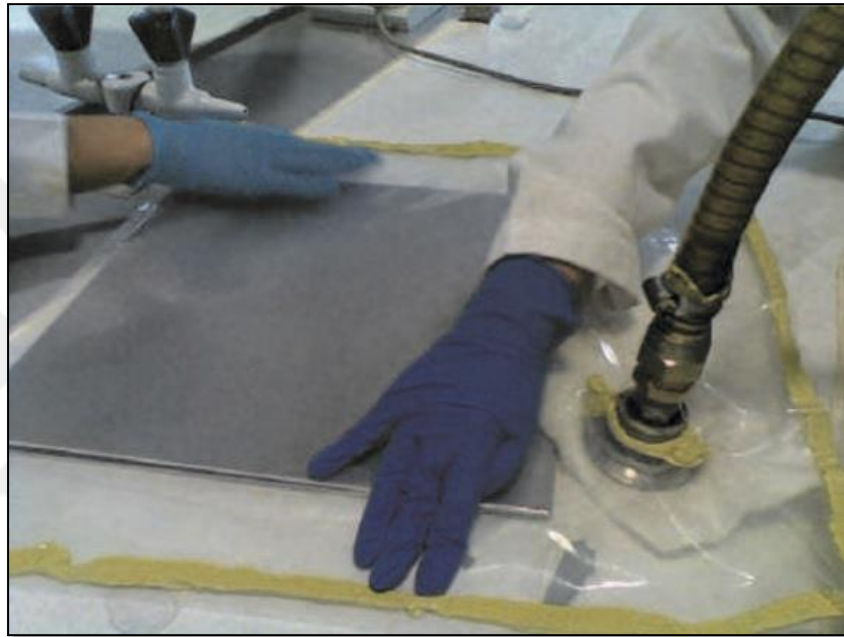
Şekil 27- Sprey Kalıplama Yöntemiyle Kompozit Üretimi

(http://kisi.deu.edu.tr/cesim.atas/kompozit/4_%20Uretim%20Yontemleri.pdf)

1.2.4.1.2. Kapalı Kalıp Prosesi

- **Torba kalıplama:** Kompozit üretiminde kullanılan çok yönlü proseslerden biridir. Bu proste, ince tabaka kalıba yerleştirilir ve esnek bir zar ya da torba ile kaplanarak reçine yayıldıktan sonra, ısı ve basınç altında kürlenme (pişirme) yapılır. Uygulanan kür aşamasından sonra, materyaller istenilen şekillendirmenin yapıldığı, kalıplanmış kompozit parçalar haline gelirler. *Basınçlı kalıplama*, *vakum torba kalıplama* ve *otoklav prosesi* olmak üzere temelde üç kalıplama metodunu içerir (Jose vd, 2012: 8).
- **Basınçlı kalıplama:** Bu proste, kalıplama aşamasında pozitif ve negatif (dişierkek kalıp uygulaması) iki bölümden oluşan kalıplar kullanılmaktadır. Basınçlı kalıp prosesinde başlangıç materyali alçak kalıp bölümüne yerleştirilir ve kalıp basınç altında kapalı tutulur. Ardından polimer matrisi kürlenmek için kalıp ısıtılan kalıp açılarak içerideki materyal çıkarılır (Marinov, 2018: 63). Kompozit kalınlığının, baskı plakalarının arasındaki mesafe ile ayarlanması mümkündür (Alpyıldız, 2010: 19).

- **Vakum torba kalıplama:** Bu metotta kalıba yerleştirilen tekstil takviyesinin üzerine naylon film yerleştirilerek, uçlarından sızdırmazlık sağlanacak şekilde takviyenin üzerine sabitlenir. Kalıp ve torba arasında bulunan hava vakumlanarak çekilir böylece takviye materyal kalıbın şeklini almış olur (bkz. Şekil 28). Reçine olarak kullanılacak olan epoksi veya poliester, vakumlanmış olan havanın yerine gelerek, takviye tekstil malzemesini ıslatır (Alpyıldız, 2010: 18-19).



Şekil 28- Vakum Torba Kalıplama (Loh-Tan, 2011: 332)

- **Otoklav prosesi:** Her iki ucunda kapak bulunan basınçlı silindirik metal tüp otoklav olarak adlandırılmaktadır. Vakum torbalama kalıplama ile benzerlik gösteren bu metotta, otoklav içerisine yerleştirilmiş takviye malzemesine ısı ve basınç uygulanır (Alpyıldız, 2010: 19).

1.2.4.2. Enjeksiyon Tekniği ile Kompozit Üretimi

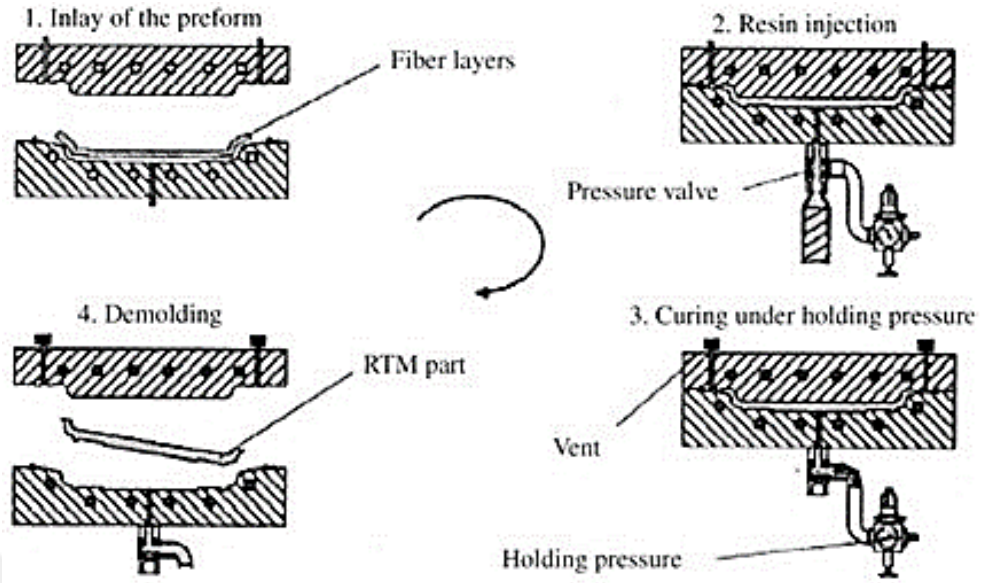
Takviye malzemenin alt ve üst kalıp arasına yerleştirildikten sonra, polimer reçine enjekte edilmesiyle elde edilen bir kompozit üretim yöntemidir. Kesikli lif formundaki takviye malzemesi ve polimer karışımı ısıtma işlemine tabi tutularak kalıplara enjekte edilmektedir. Bu yöntem yüksek basınç uygulaması gerektirmemekle

birlikte polimerin takviye malzemesi içerisinde iyi işlemesi dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır. Bu yüzden, polimer enjeksiyonundan önce kalıplar arasındaki havanın vakumlanması gereklidir (Bulut -Erdoğan, 2011: 33).

Üretim oranı ve tekrar edilme toleransı yüksek, materyal sahası geniş, hurda miktarı düşük, işgücü maliyeti düşük ve kalıplama ardından işlemi sonlandırmak için gerekli uygulama aşaması az olan bir kompozit üretim metodudur. Bu yöntem ambalaj, tel makara, şişe kapağı, otomobil gövde parçalarının üretimi ve diğer plastik ürünlerin pek çoğu için kullanılmaktadır. Ancak yine de enjeksiyon tekniği ile kompozit üretimi, yüksek maliyetli bir yöntemdir (Jose vd, 2012: 9).

- **Reçine Transfer Kalıplama:** Reçine transfer kalıplama; büyük, karma, yüksek performanslı ürün üretimi için kullanılan, düşük maliyeti ile de kullanımı artma potansiyeline sahip bir prosestir. Jel kaplama (gel-coat) uygulanmış iki kalıp (dişierkek kalıp) kullanılan bir yöntemdir. Önceden tasarlanmış parçalar halinde kesilip şekillendirilmiş kuru takviye lif, hazırlanan kalıp çukura yerleştirilir. Reçine genellikle en alt noktadan enjekte edilir ve hapsolmuş olan havayı azaltmak için, yukarı doğru kalıbı doldurur. Reçine, ayırıcıya akmaya başladığında tüp kendini kapatır. Fazla reçine kalıbın havalandırma alanından akmaya başladığında, reçine akışı durdurulur ve kalıp parça, kütleme işlemini başlatır (Jose vd, 2012: 8). Elyaf hacim oranının yüksek olduğu kompozit materyal imalinde kullanılan bu yöntemde poliester ve epoksi reçineler tercih edilmektedir (Alpyıldız, 2010: 19).

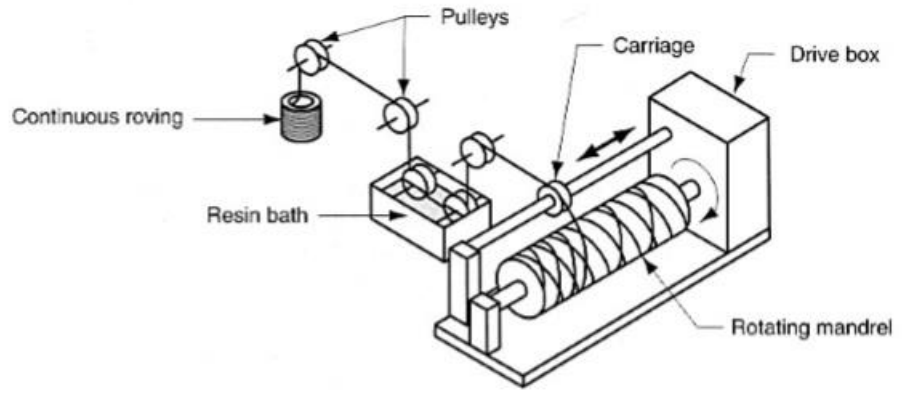
Şekil 29'da reçine tranfer kalıplama yöntemiyle kompozit üretimi görülmektedir.



Şekil 29- Reçine Tranfer Kalıplama Yöntemiyle Kompozit Üretimi (Jose vd, 2012: 9)

1.2.4.3. Filament (Elyaf-İp) Sarma Tekniğiyle Kompozit Üretimi

Daha çok kimya endüstrisi çalışmaları için kullanılan büyük tank ve boru kurulumlarında; silindir, tüp, boru ve küre gibi içi boş materyallerin yüzey üretimi için kullanılan bir tekniktir. Filament sarma metodunun esasında önceden tanımlanmış model içindeki sürekli takviyenin, yüksek hızla kusursuz şekilde döşenmesi vardır (Jose vd, 2012: 8). Lif oryantasyonunun önemli olduğu tabaka kompozitlerin elde edilmesinde kullanılan bu metotta filamentler, yani lifler önce epoksi banyosuna girip çıkarılarak reçinelenmektedir. Şekil 30'da da görüleceği gibi lif, taşıyıcı birim aracılığı ile mil boyunca istenen açı ile gezdirilerek milin üzerine sarılmaktadır. Reçinelenme işlemini tamamlamak için mil, üzerinde filamentler sarılı haldeyken fırınlanır. İşlem sonunda mil çıkartılarak kompozit malzeme elde edilir (Alpyıldız, 2010: 19).



Wet filament winding

Şekil 30- Elyaf Sarma Yöntemi (Marinov, 2018: 64)

2. BÖLÜM

DENEYSEL VE SANATSAL ÇALIŞMALAR

2. BÖLÜM

DENEYSEL VE SANATSAL ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Metot

2.1.1. Çalışmanın Amacı ve Prensipleri

Bir sanat objesi haline getirilmek istendiğinde endüstriyel kâğıdın yaratıcılığı, özgün uygulamayı ve sanatsal söylemdeki ifade olanaklarını daralttığı gözlenmektedir. Bu noktadan hareketle, tez projesinde kâğıdı elde yapma fikrinden yola çıkılmıştır. Dolayısıyla amaç; kullanılacak malzemeyi daha kapsamlı şekilde inceleyip tanıdıktan sonra özellikle üretim aşamasında alternatifler üretmek ve bu malzeme ile yapılabileceklerin sınırlarını genişletmek olmuştur. Elde kâğıt yapımında kullanılacak olan hammadde arayışında bitki ve oduna alternatif arayışı; her ikisinin de ortak paydasında farklı oranlarda selüloz içermeleri sebebiyle çalışmanın yönünü tekstil malzemelerinin kullanım olanaklarının araştırılmasına itmiştir. Nihayetinde ise, ne sadece tekstil, ne de kâğıt denilebilecek; şekillendirilebilir, estetik, sanatsal uygulamalara olanak sağlayan ve yalnızca mürekkep, baskı veya yazı ile ya da tekstil tekniklerinin kullanımıyla sınırlandırılmayacak yeni yapıların oluşturulmasına çalışılmıştır.

Bu hedef doğrultusunda, reçete hazırlama sürecinde çevreci bir kaygı ile atıklar ve geri dönüştürülmüş malzemeler kullanılmıştır. Kâğıt hamuru hazırlama sürecinde kullanılan atık kâğıtlardan aynı reçete ile farklı sonuçlar elde edilmesiyle birlikte, 13. reçeteden itibaren hamur tipi tek çeşide indirgenmiş ve sanatsal uygulamalar için kullanılan kompozit yapılarda tek tip kâğıt hamuru kullanılmıştır. Bu hamur, Alkim Kâğıt Fabrikası'nın selüloz atıklarından yeniden elde ettiği kâğıt hamurudur. Aynı kaygı, kullanılan tekstil malzemelerinde de devamlılık göstermiş ve Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden temin edilen geri dönüştürülmüş malzemeler kullanılmıştır.

2.1.2. Proje Uygulama Süreci ve Yöntemi

Süreç, kâğıt hamuru elde edilmesinde atık kâğıtların kullanımı ile başlamıştır. Ancak ilk selüloz kaynakları bilinmeyen bu atıklarla tek tip bir reçete oluşturabilme olasılığının düşük olduğunun deneyimlenmesi üzerine, 13 no'lu reçeteden itibaren kâğıt hamuru sabit tutulmuş ve kumaş etkisinde kompozit yapılar oluşturmak için optimum değerlere ulaşıncaya kadar reçeteler oluşturulmuştur. Bu reçeteler hazırlanırken farklı dolgu maddeleri, tutundurucu maddeler ve tekstil lifleri kullanılmıştır.

Reçeteler oluşturulurken kompozitler; parçacıklı, süreksiz ve sürekli (kesikli ve kesiksiz) elyafı ve tabakalı kompozit yapılar olarak elde edilmiştir.

Tasarım sürecinde kontrollü ve bölgesel olarak yüzey aşındırma ve delikler açma düşüncesinden hareketle, 13 no'lu reçeteye kadar devore baskı denemeleri yapılmış ve bu tekniğin kullanılabilirliği gözlenmiştir. Devore baskı uygulanmasındaki amaç; içeriğinde farklı oranlarda selüloz ihtiva eden atık kâğıttan ve geri dönüştürülmüş tekstilden elde edilen bu kompozitlere, asidik özellikteki devore baskı patı ile desen basılan bölgelerdeki selülozun erime-delinme miktarını ve alınan sonuçları gözlemektir. Fakat asidik özellikteki patın selülozu kömürleştirerek tahrip etmesi için baskı sonrasında uygulanan ısı işlem esnasında, yüksek sıcaklığın kompozite verdiği zararın deneyimlenmesi üzerine, yüzey aşındırma işlemi için sud kostikle (sodyum hidroksit) denemeler yapılmıştır.

2.1.3. Çalışmada Kullanılan Alet ve Malzemeler

- Kâğıt kalıbı
- Dikdörtgen kesitli leğen
- Hassas terazi
- Kova
- Keten kumaşlar
- Mikser
- Emici bezler
- Elektrikli ocak

- Cam beher
- Ütü
- Akik taşı
- Sabun
- Boncuk iğnesi
- Nakış iplikleri
- Nakış makası
- Kâğıt tela

2.1.4. Çalışmada Kullanılan Lifler

- Jüt (geri dönüştürülmüş)
- Sentetik ağırlıklı atık lif (geri dönüştürülmüş)
- Poliester (geri dönüştürülmüş)
- Keten
- Pamuk (geri dönüştürülmüş)
- Sentetik (geri dönüştürülmüş)
- Viskon
- Soya
- Çam ağacı taze dalları ve iğne yaprakları

2.1.5. Çalışmada Kullanılan Matris Malzemeleri

- Nişasta (suyla karıştırılmış ve pişirilmiş halleriyle)
- Osage orange meyvesi
- British gum
- Jelatin
- Arap zamkı
- Sodyum aljinat

2.1.6. Çalışmada Kullanılan Dolgu Malzemeleri

- Talk pudra
- Pirinç kepeği posası (atık)

2.1.7. Yüzey Tasarımları İçin Kullanılan Malzemeler

- İnce dokulu atık kumaşlar
- Tüller
- İplikler
- Kurutulmuş çiçekler
- Kelebekler
- Yazılı atık kâğıtlar
- Jüt lifi
- Keten lifi ve keten kumaş
- Soya lifi

2.2. Deneysel Çalışmalar

2.2.1. Reçete No: 1

Kâğıt hamuru: 100 g atık kâğıt ve 2 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: Hazırlanan kâğıt hamuruna 8 L su = % 1,25 kesafet

Dolgu maddesi: 10 g talk pudra (kâğıt hammaddesinin %10'u)

Reçine (iç tutkallama): 2 g nişasta (kâğıt hammaddesinin %2'si)

Takviye elemanı: Yok

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 2 gün

Ütü: Var

Pres: Var

Uygulama: Zimba ve yapışkan gibi kâğıt dışı malzemelerden arındırılarak 3-5 cm'lik parçalara ayrılan atık kâğıtlar, 2 L su içerisinde yumuşamaya bırakılmıştır.

Yumuşayarak parçalara ayrılan kâğıt mikserle liflendirilmiştir. Hazırlanan bu kâğıt hamuru 8 L su ile sulandırılmış, reçine ve dolgu maddeleri olarak pudra ve nişastanın da ilave edilmesiyle birlikte kompozit üretimine hazır hale getirilmiştir. Su içerisinde dağılmış halde bulunan lifler, artı ve eksi yönlerde hareketlerle Kâğıt kalıbı üzerine alınarak 1-2 dakika süzölmeye bırakılmıştır (bkz. Şekil 31). Aralarına keten bezler konularak üst üste sıralanan kompozitler (bkz. Şekil 32) prese alınarak drenajları desteklenmiş, böylelikle suyun daha çabuk tahliyesi ve uygulanan basıncın da etkisiyle liflerinin sıkışması sağlanmıştır (bkz. Şekil 33). Tam kuruma sağlanan kompozitler, bezlerden dikkatli bir şekilde ayrılmış ve yüzey düzgünlüğünü sağlamak amacıyla bir sprey yardımıyla hafifçe nemlendirilerek, pelür kâğıtlar arasında ütölenmiştir (bkz. Şekil 34).



Şekil 31- Kâğıt Kalıbı Üzerinde Liflerin Görünümü



Şekil 32- Keten Kumaş Arasında Kurumaya Bırakılmış Kompozit Uygulaması



Şekil 33- Keten Kumaşlar Arasındaki Kompozitlerin Preslenme Aşaması



Şekil 34- Kompozitin Ütülenme Aşaması

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Kompozit no: 1/ var
Kompozit no: 2/ yok

Dış tutkallama reçetesi: 5 g buğday nişastası
240 mL su
0,15 g şap (potasyum alüminyum sülfat)
5x5 mm kâğıt jelatin

Nişasta, soğuk su içerisinde eritildikten sonra içerisine şap ve jelatinin de eklenmesiyle (bkz. Şekil 35) kısık ateşte ve karıştırma işlemine devam ederek pişirilmiştir. Kaynamaya başladıktan sonra muhallebi aheri ocaktan alınarak soğumaya bırakılmış ve ardından bir tülde süzülmüştür (bkz. Şekil 36).

Kâğıt endüstrisindeki adıyla dış tutkallama da denilebilecek olan aherin kâğıdı beslemesi, yumuşak bir dokunuş sağlaması, esneklik ve sağlamlık kazandırmasının yanı sıra, yüzeyine uygulanacak olan boya ve benzeri çalışmalarda düzeltme imkânı da sağlaması sebebiyle el yapımı kâğıtlarda geçmişten beri uygulanan bir metot olduğu bilinmektedir. Hazırlanmış olan muhallebi aheri Şekil 37' de de görüleceği gibi bir fırça

yardımıyla çift yönlü olarak kompozite uygulanarak aherleme yapılmış ve 1 gün süreyle kuruması beklenmiştir. Kuruyan kompozit akik taşıyla *mühre* adı verilen yüzey düzeltme işlemine tabi tutulmuştur.

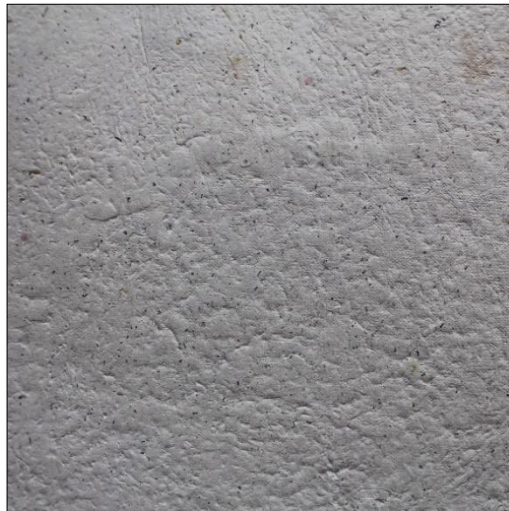


Şekil 35- Nişastanın Eritilerek Muhallebinin Hazırlanması

Şekil 36- Muhallebi Aherinin Süzülmesi

Şekil 37- Muhallebi Aheri ile Yapılan Aherleme İşlemi

Gözlem: Bu reçeteden elde edilen kompozitlerin (bkz. Şekil 38,39) yapısal olarak yüksek düzeyde kırılğan ve düşük mukavemette yapılar olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 38- Kompozit Uygulama: 1



Şekil 39- Kompozit Uygulama: 2

2.2.2. Reçete No: 2

Kâğıt hamuru: 100 g atık kâğıt ve 2 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: Hazırlanan kâğıt hamuruna 8 L su = %1,25 kesafet

Dolgu maddesi: 10 g talk pudra

Reçine: 2 g nişasta

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 2 gün

Ütü: Var

Pres: Var

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Parçacık takviyeli kompozit

Takviye elemanı: Çam ağacının ince dalları

Hazırlanışı: Çam ağacının ince dalları 2 cm olacak şekilde küçük parçalara ayrılarak 2,5 L su içerisinde 1 gece bekletilmiştir. Yumuşayan dallar 2 saat süreyle kaynatılmış ve ılıdıktan sonra 1,10 g granül kostik eklenerek yumuşaması beklenmiştir. Hazırlanan karışım soğuduktan sonra süzülerek liflerin iyice dağılması için dövülmüştür.

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Kompozit no: 5, 6/ var

Kompozit no: 3, 4/ yok

Devore baskı: Kompozit no: 4, 6/ var

Kompozit no: 3, 5/ yok

Hazırlanışı: Devore baskı için 200 g devore baskı patı ile 5 g sodyum bi sülfid karıştırılarak (bkz. Şekil 40) serigrafik baskı yöntemiyle kompozitlere uygulanmış ve 200 °C sıcaklıkta 20 dakika bekletilmiştir.



Şekil 40- Devore Baskı Tekniği İçin Hazırlanan Çözelti

Uygulama: 1 no'lu reçetede olduğu gibi, kâğıt dışı maddelerden temizlenerek 2 L su içerisinde bekletilip yumuşatılan atık kağıtlar liflendirildikten sonra 8 L su ile sulandırılmıştır. Reçine ve dolgu maddeleri ilave edildikten sonra, banyo suyuna takviye malzeme olarak çam bitkisi eklenmiştir. Lifler kalıba alınıp 5-10 saniye süreyle fazla suyu akıtıldıktan (bkz. Şekil 41) sonra kuruması için keten kumaşın üzerine ters çevrilerek kapatılmış ve arkasından süngerle su emdirilerek liflerin kendini bırakması sağlanmıştır (bkz. Şekil 42). Bu şekilde tam kuruma sağlanan kompozit uygulamalar sırasıyla aher ve mühre işleme tabi tutulmuştur.



Şekil 41- Kalıp Üzerindeki Liflerin Görünümü ve Kalıp Çıkarılmadan Önce Fazla Suyunun Süzülmesi



Şekil 42- Kalıptan Çıkarılıp Kurumaya Bırakılan Kompozit Yapı

Gözlem: Bu reçete ile elde edilen kompozitler (bkz. Şekil 43-46) 1 no'lu reçete ile kıyaslandığında, selüloz takviyesi olarak kullanılan çam bitkisinin kompozit yapıdaki elastikiyeti artırdığı ve kompozitin daha sağlam bir yapıda olduğu gözlenmiştir. Devore baskıdan sonuç alınmadığı gibi, yüksek ısıya maruz kalan kompozit yapıda kırılmalar oluşmuştur. Ancak aherli olan 6 no'lu kompozitin, ahersiz olan 4 no'lu kompozite kıyasla daha esnek kalabildiği ve yapısında daha az deformasyon oluştuğu gözlenmiştir (bkz. Şekil 44, 46).



Şekil 43- Kompozit Uygulama: 3



Şekil 44- Kompozit Uygulama: 4



Şekil 45- Kompozit Uygulama: 5



Şekil 46- Kompozit Uygulama: 6

2.2.3. Reçete No: 3

Kâğıt hamuru: 100 g atık kâğıt ve 2 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: Hazırlanan kâğıt hamuruna 8 L su = %1,25 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine: 2 g nişasta

Nişasta 50 g su ile pişirilerek hamura ilave edilmiştir.

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 1 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

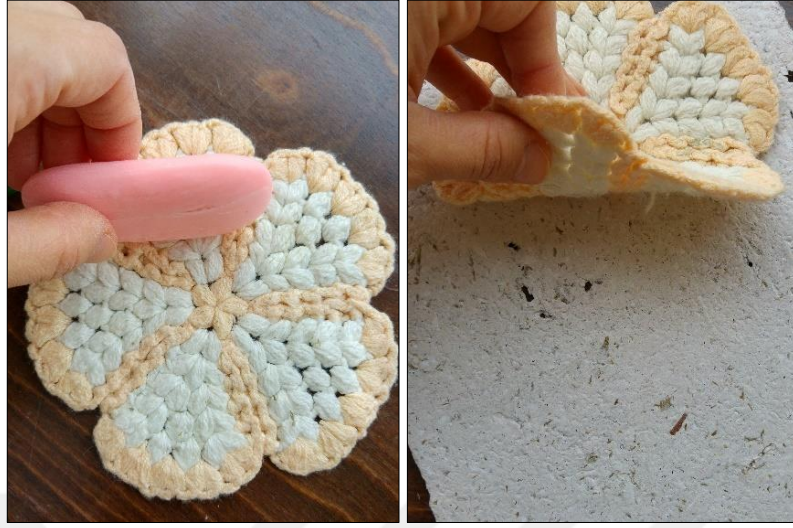
Dış tutkallama (aher) ve mühre: Kompozit no: 9, 10/ var

Kompozit no: 7, 8/ yok

Devore baskı: Kompozit no: 7, 10/ var

Kompozit no: 8, 9 / yok

Uygulama: 1 no'lu reçete ile aynı proses uygulanmıştır. Ancak burada reçine olarak kullanılan nişasta pişirilmiş haliyle banyo suyuna eklenmiştir. Kuruyan kompozitlere aher uygulamasının ardından mühreleme işlemi yapılmıştır. Mühreleme işlemi için en sık kullanılan malzeme akik taşıdır. Ancak bu malzemeye alternatif olarak yuvarlak hatlara sahip cam yüzeyler de kullanılabilir. Mühre yapılacak alan öncelikle kuru sabuna bir iki kez sürülüp silkelenen bir bez ile hafif bir şekilde silinmiştir (bkz. Şekil 47). Amaç mühre taşının yüzeye sürtünmesi esnasında malzemenin zarar görmeden taşın yüzeyde kolay hareket etmesini sağlamaktır. Mühre taşının kompozit üzerinde enine ve boyuna hareketlerle ve hafif basınç uygulanarak gezdirilmesiyle birlikte hem yüzey düzgünlüğü sağlanmış hem de liflerin sıkışmasına destek olunmuştur (bkz. Şekil 48).

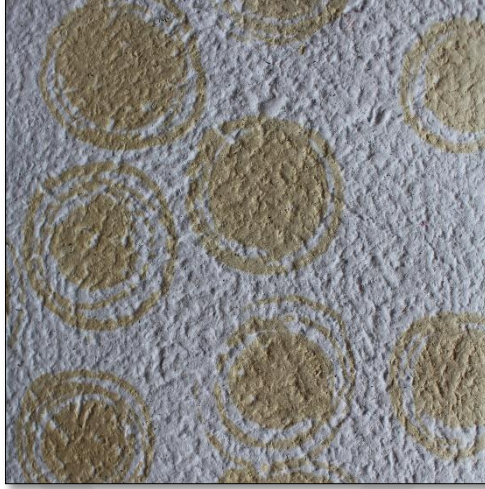


Şekil 47- Mühreleme İşlemi İçin Kompozit Yüzeyin Hafif Şekilde Sabunlanması



Şekil 48- Akik Taşı ile Yapılan Mühreleme İşlemi

Gözlem: Bu reçete ile elde edilen kompozitlerde (bkz. Şekil 49-52), yapım aşamasında banyo suyuna ilave edilen nişastanın pişirilerek eklenmesi ile suda karıştırılarak eklenmesi arasında gözle görülür bir değişiklik saptanmamıştır. Aherleme esnasında ise pudra kullanılan 5 no'lu kompozite kıyasla (bkz. Şekil 45), mühreleme işleminde zorluk yaşanmıştır. Bunun yanı sıra Şekil 52'de de görülebileceği gibi pudralı kompozitlerde gözlenmeyen yüzey çatlakları ve patlamalar oluşmuştur.



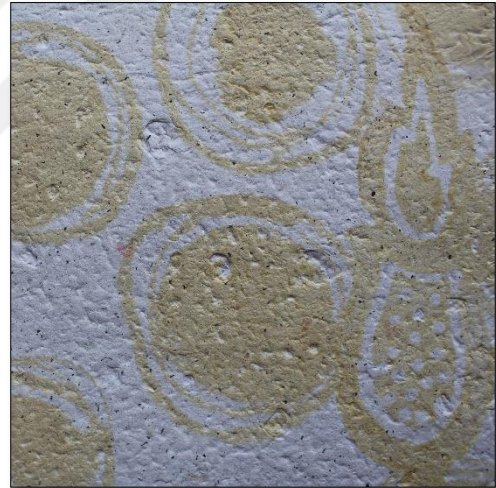
Şekil 49- Kompozit Uygulama: 7



Şekil 50- Kompozit Uygulama: 8



Şekil 51- Kompozit Uygulama: 9



Şekil 52- Kompozit Uygulama: 10

2.2.4. Reçete No: 4

Kâğıt hamuru: 50 g atık kâğıt ve 1 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: Hazırlanan kâğıt hamuruna 5 L su = %1 kesafet

Buraya kadar hazırlanan reçetelerde hamurda istenilen lif ayrışmasına ulaşılamadığı için, karışıma 1,5 L su ve 5 g karbonat ilave edilerek bu şekilde 1 gece bekletilmiştir. Ardından hamurdaki fazla su süzülerek yüzeyde biriken mürekkep de uzaklaştırılmıştır.

Dolgu maddesi: Yok

Reçine: Osage orange meyvesi



Şekil 53- Osage Orange Meyvesinden Reçine Elde Edilmesi

Hazırlanışı: 8 adet osage orange parçalara ayrılarak yüzeyi kaplanacak kadar suyla 1 saat süreyle kaynatılmıştır (bkz. Şekil 53). Reçine oranları 75, 100 ve 175 mL olarak denenmiştir: 75 mL/ 12 no’lu kompozit

100 mL/13 no’lu kompozit

175 mL/11 no’lu kompozit

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Elyaf takviyeli sandviç kompozitler

Elyaf yerleştirme biçimleri: 11 no’lu kompozit- kesikli

12 no’lu kompozit- kesiksiz

13 no’lu kâğıt- düzensiz (random)

Takviye elemanı: Pamuk

Kuruma süreleri: 11 no’lu kompozit /kapalı alan 3 gün

12 no’lu kompozit /kapalı alan 5 gün

13 no’lu kompozit /kapalı alan 2 gün

Devore baskı: 11 no’lu kompozit “11-a /yok, 11-b/var”

12-b no’lu kompozit “12-a/yok, 12-b/var”

13-b no’lu kompozit “13-a/yok, 13-b/var”

Ütü: Yok

Pres: Yok

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: İlk reçetelerden farklı olarak tam lif çözülmesini sağlamak adına karbonatlı suda bekletilen kağıtlardan oluşan banyo suyunun kesafeti yani yoğunluğu da düşülmüştür. Hazırlanan banyo suyuna reçine olarak osage orange meyvesi ilave edilmiştir (bkz. Şekil 54).



Şekil 54- Atık Kâğıt ve Osage Orange Reçinesi İle Hazırlanan Banyo Suyu

Sandviç yapılı kompozitte ilk katmanı oluşturmak için; lifler kâğıt kalıbı üzerine düzenli bir şekilde alınmış, ardından elek üzerindeki kalıp kaldırılarak yine keten kumaşların serili olduğu bir yüzeye ters çevrilerek aktarılmıştır (bkz. Şekil 55-56). İkinci aşama olarak pamuk lifleri kesikli, kesiksiz ve gelişi güzel yani düzensiz şekilde (bkz. Şekil 57) bu katmanın üzerine yerleştirilmiştir. Banyo suyundan alınan ikinci tabaka kompozit, iyice ıslanmış olan liflerin üzerine yine aynı yöntemle ters çevrilerek kapatılmıştır (bkz. Şekil 58).



Şekil 55- Kâğıt Kalıbı



Şekil 56- Sandviç Yapılı Kompozitin İlk Katmanının Oluşturulması



Şekil 57- Kesiksiz, Düzensiz ve Kesikli Yerleştirme Biçimleriyle Pamuk Elyafı



Şekil 58- Farklı Yerleştirme Biçimleriyle Pamuk Elyafının Kullanıldığı Sandviç Yapılı Kompozit Uygulamalar

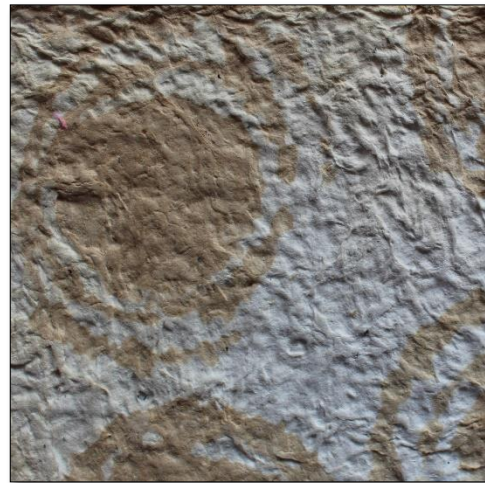
Gözlem: Atık kâğıtların karbonatlı su içerisinde bekletilmesi lif ayrışmasını desteklemiş olsa da, banyo suyundaki lif düğümleri gözlenmeye devam etmiştir (bkz. Şekil 54). Osage orange meyvesinin sandviç yapılı bu kompozit yapılarda düşük kuvvette bir bağlayıcılık sağladığı (bkz. Şekil 59), bu sebeple de reçine miktarının yüksek tutulması gerektiği çıkarımında bulunulmuştur. Bu meyve, sandviç yapılı kompozitler (bkz. Şekil 60-65) için reçine olarak kullanıldığında, ara yüzeyin bağ oluşturması için yeterli tutuculuğu sağlamamış ancak yine de ince yapılı kâğıt ya da kompozit uygulamaları için denemeye açık olduğu gözlenmiştir.



Şekil 59- Sandviç Yapılı Kompozitte Bağ Oluşumu Oldukça Zayıf Ara Yüzey Görünümü



Şekil 60-Kompozit Uygulama:11-a



Şekil 61-Kompozit Uygulama:11-b



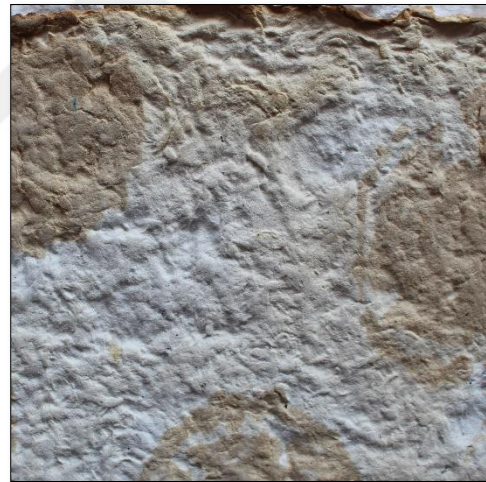
Şekil 62-Kompozit Uygulama:12-a



Şekil 63-Kompozit Uygulama:12-b



Şekil 64-Kompozit Uygulama:13-a



Şekil 65-Kompozit Uygulama:13-b

2.2.5. Reçete No: 5

Kâğıt hamuru: 25 g atık kâğıt ve 0,5 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: Hazırlanan kâğıt hamuruna 2,5 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine: Osage orange (200 mL)

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Parçacık takviyeli kompozit

Takviye elemanı: Osage orange

Kaynatılarak reçinesinden ayrılmış olan meyve, elekten geçirilerek meyve püre haliyle parçacık takviye elemanı olarak kullanılmıştır.

Kuruma Süresi: Kapalı ortamda 3 gün

Devore Baskı: Yok

Ütü: Yok

Pres: Yok

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Bir önceki reçetede lif açılımını desteklediğinin gözlenmesi üzerine, atık kâğıtların karbonat içerisinde bekletilme işlemi tekrar edilmiştir. Bu reçetede oran iki katına çıkarılarak 25 g kâğıt hamuruna 1,5 L su ve 5 g karbonat ilave edilmiş ve 12 saat bekletildikten sonra süzümüştür. Şekil 66'da da görüleceği gibi meyve, 4 no'lu reçetede hazırlanan reçinesinin yanı sıra elekten süzülerek posası da takviye malzeme olarak hamura eklenmiştir. Liflerin birbirine tutunmasının sağlamak amacıyla yine artı ve eksi yönde hareketlerle hamur banyo suyundan kalıp üzerine alınmış, 5-10 saniye süzülmesi beklendikten sonra üst kalıp kaldırılarak emici bez üzerine ters çevrilip kurumaya bırakılmıştır (bkz. Şekil 67).



Şekil 66- Püre haline getirilmiş osage orange meyvesi, hamura takviye unsuru olarak ilave edilmiştir.



Şekil 67- Banyo Suyundan Alınan Hamurun Kâğıt Kalıbından Ayrılarak Kurumaya Bırakılma Aşamaları

Gözlem: Bir parçalayıcı kullanmadan lif çözülmesi sağlamak amacıyla hamuru karbonat içerisinde bekletme işlemi lif dağılımını yeteri miktarda sağlamamıştır. Bunun sebebinin kullanılan atık kâğıdın ilk üretimde hangi malzemeleri içerdiğinin bilinmiyor olması ve kullanılan bağlayıcı maddenin daha sert bir çözücüye ihtiyaç duyuyor olduğu ihtimali üzerinde durulmuştur. Bununla birlikte elde edilen kompozit uygulamada (bkz. Şekil 68) esnek ve sağlam bir yapıya ulaşılmıştır.



Şekil 68- Kompozit Uygulama: 14

2.2.6. Reçete No: 6

Kâğıt hamuru: 25 g atık kâğıt ve 0,5 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: Hazırlanan kâğıt hamuruna 2,5 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine: Osage orange (200 mL.)

Takviye malzemesine göre kompozit türü:

Parçacık ve elyaf takviyeli sandviç yapılı kompozit /15 no.'lu kompozit

Parçacık ve elyaf takviyeli kompozit /16 no.'lu kompozit

Elyaf yerleştirme biçimleri: 15 no'lu kompozit- kesiksiz

16 no'lu kompozit- düzensiz

Takviye elemanı: Osage orange ve pamuk

Kuruma Süresi: Kapalı ortamda 3 gün

Devore Baskı: 16-b no'lu kompozit/ var

15 ve 16-a no'lu kompozit/ yok

Ütü: Yok

Pres: Yok

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Hamur banyo suyunun ve osage orange meyvesinin reçine ve takviye malzeme olarak hazırlanışı 5 no'lu reçete ile birebir aynıdır. Ancak burada parçacıklı takviye elemanı olarak püre halde ve liflerinden ayrılmış şekliyle kullanılan meyvenin yanı sıra, elyaf takviyesi olarak pamuk da kullanılmıştır. Kompozit üretimi aşamasında bu takviyeler farklı yerleştirme biçimleriyle oluşturulmuştur. 15 no'lu kompozit sandviç yapılı ve arasındaki pamuk elyafı da kesiksiz olarak yerleştirilmiştir (bkz. Şekil 69). 16 no'lu kompozit ise tek tabakadır ve kullanılan pamuk banyo suyuna eklenerek kompozit bir yapı oluşturulmuştur (bkz. Şekil 70,74,75).



Şekil 69- Pamuk Elyafının Kesiksiz Yerleştirilmesiyle Sandviç Kompozit Uygulama Aşamaları



Şekil 70- Pamuk Elyafının Kırık Halde Banyo Suyuna Karıştırılması ile Elde Edilen Kompozit Uygulama Aşamaları

Gözlem: Esnek ve sağlam denilebilecek bir yapıya ulaşılmasına rağmen sandviç yapıli kompozit için miktarı artırılmış da olsa kullanılan reçine yeterli tutunmayı sağlamamıştır (bkz. Şekil 71). Takviye eleman olarak banyo suyuna karıştırılan pamuk elyafı, hazırlanan karışımın kalıp üzerine alınmasını zorlaştırmıştır. Bunun sebebi pamuk elyafının suyun kesafetini yani yoğunluğunu artırması olduğu düşünülmüş ve kesafetin kullanılan takviye elyafa bağlı olarak yeniden düzenlenmesi gerekliliği gözlenmiştir. Fakat yine de pamuk elyafından elde edilen kompozit yapı

şekillendirmeye müsait ve sağlam niteliktedir (bkz. Şekil 73). Devore baskıdan olumlu sonuç alınamamış ancak renk değişikliği oluşmuştur. Ayrıca devore baskının uygulandığı 16-b no'lu kompozitte de görüleceği gibi, pamuğun malzemeyi yumuşatması sebebiyle yüksek sıcaklığa maruz kalan kompozit kırılarak değil buruşarak zarar görmüştür (bkz. Şekil 72, 75).



Şekil 71- Sandviç Yapılı Kompozitin Ara Yüzeyinde Yetersiz Bağ Oluşumu



Şekil 72- Devore Baskı İşlemi Görmüş Pamuk Elyafı Takviyeli Kompozit Uygulama



Şekil 73- Kompozit Uygulama: 15



Şekil 74- Kompozit Uygulama: 16-a

Şekil 75- Kompozit Uygulama: 16-b

2.2.7 Reçete No: 7

Kâğıt hamuru: 25 g atık kâğıt ve 0,5 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: Hazırlanan kâğıt hamuruna 2,5 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine: Osage orange (200 mL)

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Parçacık takviyeli kompozit

Takviye elemanı: Osage orange

Kaynatılarak reçinesinden ayrılmış olan meyve elekten geçirilmiş ve posasıyla yani parçalanmış haldeki lifleri ile birlikte banyo suyuna ilave edilmiştir.

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 3 gün

Devore baskı: 17 no'lu kompozit "17-a/yok, 17-b/var"

Ütü: Yok

Pres: Yok

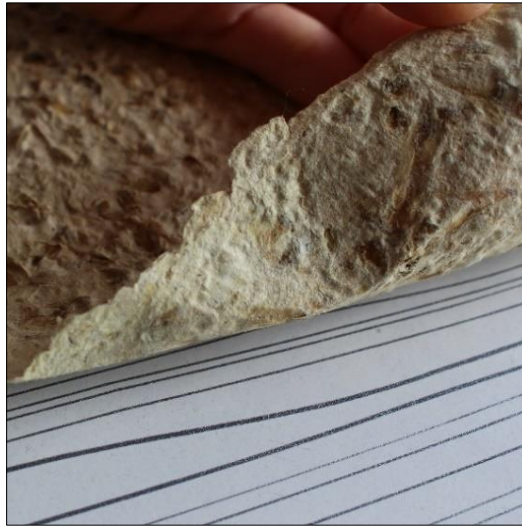
Dış tutkallama (aher) ve mührü: Yok

Uygulama: Hamur banyo suyu 5 no'lu reçete ile aynı şekilde hazırlanmış, ancak bu prosese ilaveten meyve hem püre haliyle hem de parçalanmış haldeki lifleri ile birlikte kullanılmıştır (bkz. Şekil 76).



Şekil 76- Osage Orange ve Kompozit Uygulamada Kullanımı

Gözlem: Osage orange meyve liflerinin yapıyı sertleştirdiği ve kırılğan hale getirdiği gözlenmiştir (bkz. Şekil 77). Kompozit yapıya (bkz. Şekil 78), devore baskı tekniği uygulandığında (bkz. Şekil 79), meyvenin tanelerinde yanma ve yapıda yüksek oranda deformasyon olduğu gözlenmiştir.



Şekil 77- Meyve Lif ve Çekirdeklerinin Sertleştirdiği Kompozit Yapı



Şekil 78- Kompozit Uygulama: 17-a



Şekil 79- Kompozit Uygulama: 17-b

2.2.8 Reçete No: 8

Kâğıt hamuru: 50 g yüksek vasıflı matbu atık ve 1 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: Hazırlanan kâğıt hamuruna 5 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): 2 g British gum

Takviye malzemesine göre kompozit türü:

Elyaf takviyeli sandviç yapıli kompozit/ 18 no'lu kompozit

Elyaf takviyeli kompozit/ 19 no'lu kompozit

Elyaf yerleştirme biçimleri: kesiksiz / 18 no'lu kompozit

kesikli/ 19 no'lu kompozit

Takviye elemanı: Pamuk

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 1 gün

Devore baskı: 18 no'lu kompozit "18-a/yok, 18 -b/var"

19 no'lu kompozit/ yok

Ütü: Yok

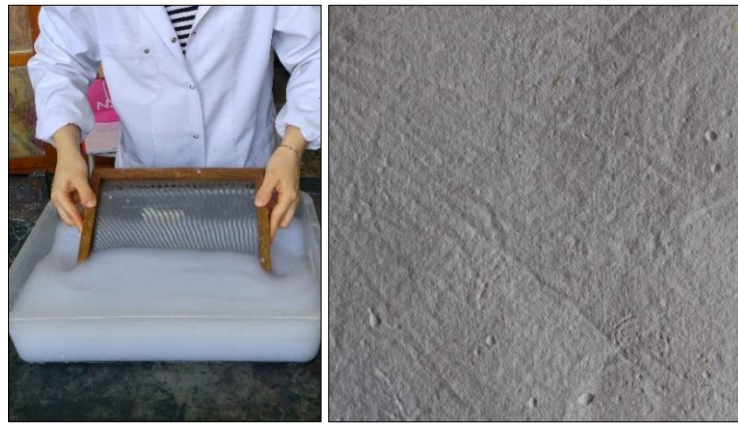
Pres: Yok

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Hurda kâğıt henüz kaynama noktasına ulaşmamış olan (60-80 °C) 1 L sıcak suda 3 g karbonat ilave edilerek 1 gece bekletilmiştir. Bu su süzöldükten sonra banyo suyunun yarısı eklenerek parçalayıcı yardımıyla lif açılması sağlanmıştır. Ardından kalan su da eklenerek banyo suyu hazır hale getirilmiştir. Reçine olarak kullanılan 2 g british gum, 50 g su içerisinde eritilerek (bkz. Şekil 80) hamura ilave edildikten sonra Şekil 81’de de göröleceğı gibi kâğıt lifleri banyo suyunda tortu halinde gözlenebildiğı için kompozit oluşturmaya elverişli olup olmadığını deneyimlemek adına, bu karışımdan bir adet kâğıt elde edilmiştir. Üretim aşamasında takviye malzeme olarak kullanılan pamuk elyafı, kesiksiz ve kesikli biçimleriyle (bkz. Şekil 82) kompozit uygulamasında kullanılmıştır. 18 no’lu sandviç yapılı bir kompozit uygulamasında pamuk elyafı kesiksiz haliyle ara yüzeye yerleştirilmiş ve kurumaya bırakılmıştır. 19 no’lu kompozitte ise elyaf, kırık şekilde banyo suyuna karıştırılarak, suyu tamamen emip dağılana kadar karıştırılmıştır (bkz. Şekil 83).



Şekil 80- Suda Çözdürölen British Gum



Şekil 81- Lif Dağılımının Tam Sağlandığı Atık Kâğıdın, Su İçerisindeki Görünümü ve Bu Hamurdan Elde Edilen Kâğıt



Şekil 82- Pamuk Elyafı



Şekil 83- Pamuk Elyafının Banyo Suyunda Dağıtılması

Gözlem: Atık kâğıtlarda ulaşılamamış olan lif çözülmesi yüksek vasıflı matbu atıkta gözlenmiş, suda tortu olarak gözlemlenecek kadar dağılım gerçekleşmiştir. Bu durum ince dokulu kompozit elde etmede kolaylık sağlasa da elekten ayrılması güçleştiği için üretimi oldukça zorlaşmış, çözüm olarak kalıp üzerinde kurutma yapılmıştır. Bu durumun sebeplerinden birinin de reçine miktarından kaynaklandığından şüphe edilmiştir. 18 no'lu kompozit örneğinde (bkz. Şekil 84), devore baskı uygulaması yapıldığında (bkz. Şekil 85) ise bu aşamaya kadarki denemelerden en iyi sonuç alınmıştır. Renk değişimi sadece baskı alanlarında değil tüm yüzeyde gözlene de deformasyon oluşmamıştır. Atığın yüksek vasıflı olması

dolayısıyla selüloz miktarındaki yüksekliğin ve kompozitin sandviç yapılı olmasına rağmen ince olmasının, bu baskı yöntemi ile istenilen sonuca ulaşılmasını kolaylaştırdığı gözlenmiştir. 19 no'lu kompozitte kumaşa benzer esneklikte ve kıvrılmaya elverişli oldukça yumuşak yapıya ulaşılmıştır (bkz. Şekil 86).



Şekil 84- Kompozit Uygulama:18-a



Şekil 85- Kompozit Uygulama:18-b



Şekil 86- Kompozit Uygulama: 19

2.2.9. Reçete No: 9

Kâğıt hamuru: 50 g yüksek vasıflı matbu atık ve 1 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: Hazırlanan kâğıt hamuruna 5 L su = %1kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): 1 g British gum

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Elyaf takviyeli kompozit

Elyaf yerleştirme biçimleri: elyaf, kesikli / 20 ve 22 no'lu kompozit

iplik, kesiksiz / 21 no'lu kompozit

Takviye elemanı: Pamuk elyaf, pamuk iplik ve sentetik ağırlıklı atık elyaf

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 1 gün

Devore baskı: 20 no'lu kompozit/yok

21 no'lu kompozit/yok

22 no'lu kompozit/var

Ütü: Yok

Pres: Yok

Dış tutkallama (aher) ve mührü: Yok

Uygulama: Banyo suyu 8 no'lu reçete ile aynı şekilde hazırlanmıştır. Ancak bu reçetede viskoziteyi artırdığı şüphesi üzerine, reçine olarak kullanılan british gum, miktarı yarıya düşürülerek kullanılmıştır. Herhangi bir takviye malzeme kullanılmadan önce bu hamurdan bir kâğıt edilmiş (bkz. Şekil 87), miktarı düşürülen reçinenin etkisi gözlenmiştir. Kompozit uygulama aşamasında 3 farklı elyaf takviyesi kullanılmıştır (bkz. Şekil 88-89-90).



Şekil 87- İkincil Liflerden Elde Edilen Kâğıt



Şekil 88- Pamuk İplik İle Elde Edilen Kompozit

Şekil 89- Kesikli Lif (sentetik ağırlıklı atık elyaf) ile Elde Edilen

Şekil 90- Banyo Suyuna Eklenmiş Pamuk Elyafı

Gözlem: 8 no'lu reçetede hamurun kâğıt kalıbından ayrılma güçlüğü'nün sebebini tespit için, bu reçetede reçine miktarı yarıya düşürülmüştür. Sonuç bir öncekine göre daha olumlu olsa da, british gum reçine olarak kullanıldığında, üretimin zorlaştığı gözlenmiştir. Bunun yanı sıra miktarı azaltılan reçine ile elde edilen kompozitlerde (bkz. Şekil 91-93) ekstra bir yumuşaklık ve işlenebilirlik gözlenmiştir.

Sandviç yapılı kompozit üretiminde, süreksiz elyaf takviyesinin mümkün olduğunca ince ve küçük parçalara ayrılmasının, malzemenin kıvrılmasını destekleyeceği gözlenmiştir. İri parçaların, malzemenin şekillendirilmesi esnasında buruşmaya sebebiyet verdiği gözlenmiştir (bkz. Şekil 91). Devore baskı uygulamasında ise 8 no'lu reçete ile benzer bir sonuca ulaşılmıştır.



Şekil 91- Kompozit Uygulama: 20



Şekil 92- Kompozit Uygulama: 21



Şekil 93- Kompozit Uygulama: 22

2.2.10. Reçete No: 10

Kâğıt hamuru: 200 g resim kâğıdı ve 4 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: 100 g kâğıt hamuruna 8 L su = %1,25 kesafet

Dolgu maddesi: 10 g talk pudra

Reçine (iç tutkallama): 1 g yaprak jelatin (Su içerisinde çözdürülerek)

Sabitleyici: 5 g şap

Renklendirici: Hibiscus bitkisi

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Sandviç yapılı karma kompozit

Elyaf yerleştirme biçimleri: Aynı kompozitte kullanılan farklı türdeki lifler kesikli ve kesiksiz yerleştirme biçimleri ile kullanılmıştır.

Takviye elemanı: jüt, keten, ince dokulu atık kumaşlar ve kurumuş bitkiler

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 4 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

Devore baskı: Yok

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Lif açılımını destekleyen karbonat bu reçetede de kullanılmıştır. 3-5 cm'lik parçalara ayrılan resim kâğıdı henüz kaynama noktasına ulaşmamış olan 4 L

sıcak suda (60-70 °C) yaklaşık 12 saat bekletilmiş ve süzölmüştür. Banyo suyunun yarısı bu hamura ilave edildikten sonra mikser yardımıyla lif açılımı tamamlanmış ve banyo suyunun kalan kısmı üzerine ilave edilmiştir. Ardından suda eritilen şap, jelatin ve pudra bu suya eklenmiştir (bkz. Şekil 94).



Şekil 94- Şap, jelatin ve pudra belirlenen ölçülerde tartılarak banyo suyuna ilave edilmiştir.

Sandviç yapıdaki bu kompozit için öncelikle ilk katman oluşturulmuş ve hamur henüz kalıp üzerindeyken yüzey tasarımı da dikkate alınarak; jüt, keten, ince dokulu kumaşlar ve kuru bitkiler yerleştirilmiştir (bkz. Şekil 95). Henüz kalıp üzerinde olan hamurun ikinci katmanı da karıştırılarak banyo suyundan bir beher yardımıyla alınan liflerin eşit şekilde yüzeye dökülmesiyle oluşturulmuştur. Bu aşamanın ardından kaynatılıp soğutulmuş hibiscus bitkisi, renk sabitlemesi için 0,55 g şap ile karıştırılarak yüzey renklendirmesi için kullanılmıştır (bkz. Şekil 96).

Gözlem: İnce kumaşlar içerisinde özellikle tül, hamurla kaynaşarak yüksek oranda tutunma sağlamıştır. Hibiscus bitkisi kaynatıldığında rengi fuşya iken, kompozit malzemeye döküldükten sonra rengi mavi ve tonlarına dönüşmüştür. Özellikle pudranın, renklendirme işleminin kontrollü şekilde yapılabilmesini sağladığı gözlenmiştir. Renklerin dağılmadan kurummasına yardımcı olmuştur (bkz. Şekil 97-98).



Şekil 95- Kompozit Yapıda Kullanılan Kuru Bitki, Atık Elyaf ve Kumaşlar



Şekil 96-Hibiscus çiçeğinden elde edilen boya, rengin sabitlenmesi için şapla karıştırılmıştır.



Şekil 97- Kompozit Uygulama: 23

Şekil 98- Kompozit Uygulama: 23 (detay)

2.2.11. Reçete No: 11

Kâğıt hamuru: 200 g resim kâğıdı ve 4 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: 80 g kâğıt hamuruna 8 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): 12 damla Arap zankı

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Parçacık takviyeli kompozit

Takviye elemanı: 12 g pirinç kepeği posası (atık)

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 4 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

Devore baskı: Yok

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Kâğıt hamuru, 10 no'lu reçetedeki ile aynı prosestir. Reçine olarak Arap zankı, takviye olarak da bir atık olan pirinç kepeği posası kullanılarak banyo suyu hazır hale getirilmiştir. Tüm diğer reçetelerde uygulandığı gibi, kâğıt kalıbı üzerine alınan hamur kurumaya bırakılmıştır.

Gözlem: Bu reçetedeki kompozitin (bkz. Şekil 99) üretimi aşamasında zorluk yaşanmıştır. Bu durumun sebebinin reçineden kaynaklanma ihtimaline karşın kullanılan Arap zankı miktarın düşürülmesine karar verilmiştir.



Şekil 99- Kompozit Uygulama: 24

2.2.12. Reçete No: 12

Kâğıt hamuru: 200 g resim kâğıdı ve 4 L su = %5 kesafet

Banyo oranı: 80 g kâğıt hamuruna 6 L su = %1,25 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): 6 damla Arap zankı

Koruyucu: 1 g şap

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Parçacık ve elyaf takviyeli sandviç yapılı kompozit

Elyaf yerleştirme biçimleri: Kesikli

Takviye elemanı: 12 g pirinç kepeği posası (atık), soya, jüt ve tül

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 4 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

Devore baskı: Yok

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Kâğıt hamuru, 10 no'lu reçetedeki ile yine aynı şekilde hazırlanmıştır. Kompozit yapı için hazırlanan banyo suyunda reçine olarak kullanılan Arap zankının miktarı, bir önceki uygulamanın yarısına düşürülerek 6 damla kullanılmıştır. Buna ilaveten koruyucu olarak şap kullanılmıştır. Sandviç bir yapı olan bu kompozitin ilk tabakası oluşturulduktan sonra elekten ayrılmadan önce, seçilen elyaf ara yüzeye yine tasarım kaygısı içerisinde yerleştirilmiş ve ikinci tabaka, hamur henüz kalıp üzerindeyken bir beher yardımıyla banyo suyundan alınan liflerin kalıp üzerinde orantılı bir biçimde gezdirilmesiyle oluşturulmuş ve bu şekilde kurutulmuştur.

Gözlem: Zank miktarı düşürüldüğünde üretim aşaması kolaylaşsa da, elde edilen kompozit yapı (bkz. Şekil 100) parçalanmaya müsait bir yapıya dönüşmüştür. Bu duruma kullanılan şapın da etki etmiş olabileceği ihtimali bulunmaktadır. Takviye olarak kullanılan elyaf içerisinde en iyi sonuç soya ve tülün kullanılmasından alınmış, ancak jütün tutunmasında da bir sorun yaşanmamıştır.



Şekil 100- Kompozit Uygulama:25 (ıslak)

2.2.13. Reçete No: 13

Kâğıt hamuru: Fabrika hamuru

Banyo oranı: 100 g kâğıt hamuruna 10 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): Yok

Takviye elemanı: Yok

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 1 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

Sud kostik: Var

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Fabrikadan alınan hamur, 10 L banyo suyuna karıştırılmıştır. Bu uygulama fabrika hamurundan herhangi bir dolgu maddesi, reçine ve takviye malzeme ilave edilmeden elde edilecek olan kâğıdın yapısını ve içeriğindeki elyafın dağılımını

gözlemek amacıyla yapılmıştır. Aynı zamanda bir kompozit yapı olan kâğıt tamamen kuruduktan sonra sudan kostik damlatılarak aşınma şekli gözlenmiştir.

Gözlem: Kompozitin sudan kostik kullanılan alanları zayıflamış ve delinmiştir (bkz. Şekil 101). Fabrika hamuru herhangi bir işleme tabi tutulmadan banyo suyuna karıştırıldığında lif açılmasının yeterli miktarda gerçekleşmediği (bkz. Şekil 102) kompozit bir yapı elde edilmiştir (bkz. Şekil 103).



Şekil 101- Kompozitte Sud Kostikle Doku Zayıflatma Denemesi



Şekil 102- Hamurda Gözlenen
Lif Düğümleri



Şekil 103- Kompozit Uygulama:
26

2.2.14. Reçete No: 14

Kâğıt hamuru: Fabrika hamuru

Banyo oranı: 100 g kâğıt hamuruna 10 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): Yok

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Elyaf takviyeli sandviç kompozit

Elyaf yerleştirme biçimi: Kesikli

Takviye elemanı: Soya

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 1 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

Sud kostik: Var

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Fabrika hamuru %1 yoğunluk sağlanacak şekilde banyo suyu ile karıştırılmıştır. Takviye elyaf olarak kullanılan soya, sandviç yapılı olan bu kompozitin ilk tabakası kalıp üzerinden kurutma bezine alındıktan sonra, düzensiz bir biçimde ara yüzeye yerleştirilmiştir. Üst tabaka da aynı banyo suyundan elde edildikten sonra, elyaflı yüzeyin üzerine kapatılmış ve kurumaya bırakılmıştır.

Gözlem: Sud kostik kullanılan alanlarda yüzeyde sararma gerçekleşmiş fakat delinme gözlenmemiştir. Bu durum, kullanılan soyanın ve kompozitin sandviç yapılı olmasının (bkz. Şekil 104,105), yapıya sağlamlık kattığı düşüncesini güçlendirmiştir.



Şekil 104- Soya Elyafı Takviyeli,
Sandviç Yapılı Kompozit



Şekil 105- Kompozit Uygulama: 27

2.2.15. Reçete No: 15

Kâğıt hamuru: Fabrika hamuru

Banyo oranı: 100 g kâğıt hamuruna 10 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): Yok

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Elyaf takviyeli sandviç kompozit

Elyaf yerleştirme biçimi: Kesiksiz

Takviye elemanı: Keten

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 2 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

Sud kostik: Var

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Proses 14 no'lu reçete ile aynı şekilde uygulanmış, ancak kullanılan takviye elemanı, keten lifi olarak değiştirilmiştir.

Gözlem: Sandviç kompozitlerde yaşanan yapının kalınlığına ve dağılmayan lif kümelerine bağılı olarak, yapıda şekillendirme esnasında kırılmalar oluştuğu gözlenmiştir (bkz. Şekil 106). Kullanılan sud kostik ise kompozitte sadece az miktarda sararmaya yol açmıştır. Bunların yanı sıra kullanılan keten elyafı, elde edilen bu kompozit yapıyı (bkz. Şekil 107) sağlamlaştırmış fakat aynı zamanda da sert bir tutum vermiştir.



Şekil 106- İkincil (sekonder) Lif ve Keten Elyafı Kullanılan Kompozit Uygulamada Gözlenen Kırılmalar



Şekil 107- Kompozit Uygulama: 28

2.2.16. Reçete No: 16

Kâğıt hamuru: Fabrika hamuru

Banyo oranı: 100 g kâğıt hamuruna 10 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): 10 g sodyum aljinat (suda eritilerek)

Takviye elemanı: Yok

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 1 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

Sud kostik: Var

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Hazır haldeki fabrika hamurunun yoğunluğu 10 L su ile seyreltikten sonra tekstil baskıcılığında baskı patında kıvam maddesi olarak kullanılan toz haldeki sodyum aljinat 0,5 L su içerisinde eritildikten sonra, hazırlanan banyo suyuna ilave edilmiştir. Reçine eklenmiş hamurdan elde edilecek olan yapıyı gözlemek için, herhangi bir dolgu maddesi ya da takviye malzeme kullanılmamıştır.

Gözlem: Kostik kullanılan alanlarda kâğıtta zayıflama gerçekleşmişse de 13 no'lu reçeteye kıyasla aşınmanın daha zor gerçekleştiği gözlenmiştir (bkz. Şekil 108). Bu durum sodyum aljinat kullanılan hamurdan elde edilen kompozitin (bkz. Şekil 109), ekstra bir dayanım kazandığı şeklinde bir yorum yapılmasına sebep olmuştur.



Şekil 108- Sodyum Aljinat Kullanılan Kompozitte, Sud Kostığının Etkisi



Şekil 109- Kompozit Uygulama: 29

2.2.17. Reçete no: 17

Kâğıt hamuru: Fabrika hamuru

Banyo oranı: 25 g kâğıt hamuruna 2,5 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): Yok

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Parçacık takviyeli kompozit

Takviye elemanı: 5 g pirinç kepeği posası (atık)

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 1 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

Sud kostik: Var

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Kâğıt hamuru yine %1 yoğunluk sağlanacak şekilde su ile seyreltilerek banyo suyu hazırlanmıştır. Bir önceki reçetede reçine faktörü gözlenirken, bu reçetede reçine kullanılmamış fakat pirinç kepeği posası kullanılarak takviye malzeme ile elde edilen kompozit yapı gözlenmiştir.

Gözlem: Bu yapıda sud kostiğin kullanıldığı alanların, yırtılarak değil, ufalanarak parçalandığı dikkat çekmiştir (bkz. Şekil 110). Çünkü pirinç kepeği posası,

kompozit malzemenin kırılma dayanıklılığını da azaltmıştır. Fakat bu durum, ortaya çıkan malzemenin sağlam olduğu anlamını taşımamaktadır.

Pirinç kepeği posası ile elde edilen bu kompozitin (bkz. Şekil 111) çok yumuşak bir tutuma sahip olduğu gözlenmiştir.



Şekil 110- Pirinç Kepeği Posası Kullanılan Kompozitte Sud Kostigin Etkisi



Şekil 111- Kompozit Uygulama: 30

2.2.18. Reçete No: 18

Kâğıt hamuru: Fabrika hamuru

Banyo oranı: 25 g kâğıt hamuruna 2,5 L su = % 1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): 2,5 g sodyum aljinat (suda eritilerek)

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Parçacık takviyeli kompozit

Takviye elemanı: 5 g pirinç kepeği posası

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 1 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

Sud kostik: Var

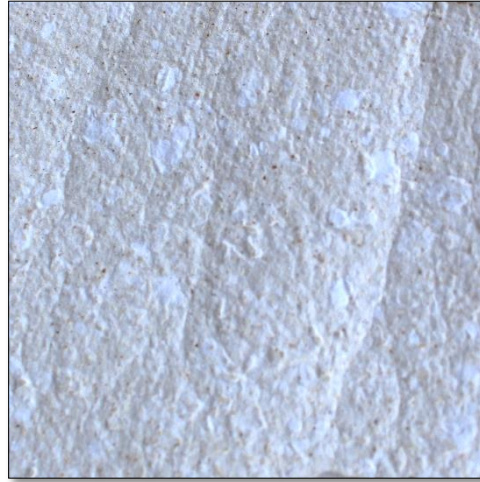
Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Kâğıt hamuru yine %1 yoğunlukta banyo suyu ile karıştırılmış ve bu defa sodyum aljinat ve pirinç kepeği posası bir arada kullanılarak birbirine olan etkileri ve ortaya çıkan kompozit incelenmiştir.

Gözlem: 17 no'lu reçetede pirinç kepeği posası ile elde edilen dağılmaya müsait ve dayanıksız yapının, bu reçetede reçine olarak kullanılan sodyum aljinat ilavesiyle birlikte dengelendiği gözlenmiştir. Kompozitin sud kostik kullanılan bölgelerinde, bir önceki reçeteye kıyasla parçalanmanın daha az olduğu gözlenmiş, zayıflayan alanlar ancak yırtılarak açılabilmiştir. Bu da sodyum aljinatın elde edilen kompozit yapıyı sağlamlaştırdığı kanısını kuvvetlendirmiştir (bkz. Şekil 112,113).



Şekil 112- Pirinç Kepeği Posası ve Sodyum Aljinatın Bir Arada Kullanıldığı Kompozitte Kostik Etkisi



Şekil 113- Kompozit Uygulama: 31

2.2.19. Reçete No: 19

Kâğıt hamuru: Fabrika hamuru

Banyo oranı: 25 g kâğıt hamuruna 2,5 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): 2,5 g sodyum aljinat (suda eritilerek)

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Elyaf takviyeli sandviç yapılı kompozit

Elyaf yerleştirme biçimi: Kesikli

Takviye elemanı: Jüt

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 1 gün

Ütü: Yok

Pres: Yok

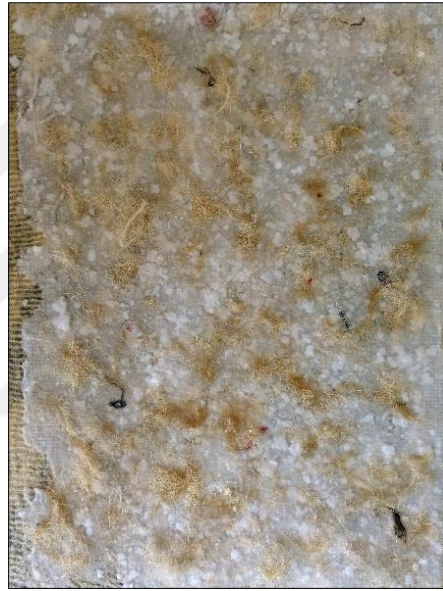
Sud kostik: Var

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: 25 g kâğıt hamuru, 2,5 L su ile karıştırılıp, yine suda eritilmiş ve böylelikle şişen sodyum aljinat banyo suyuna ilave edildikten sonra, sandviç yapılı kompozitin kâğıt kalıbı üzerine alınan ilk tabakası kurutma bezi üzerine alınmıştır. Ardından kesikli jüt elyafı düzensiz bir biçimde bu tabakanın yüzeyine serilmiştir (bkz.

Şekil 114). İkinci tabaka da aynı şekilde hazırlandıktan sonra elyaflı yüzeyin üzerine kapatılarak oluşturulan sandviç yapılı kompozitin kuruması beklenmiştir.

Gözlem: Bölgesel olarak uygulanan kostiğin kompozit malzeme üzerinde etkili olduğu ancak jüt liflerinin elde edilen malzemenin ufalanmasını önlediği ve yapıya sağlamlık kattığı gözlenmiştir (bkz. Şekil 115). Bunun yanı sıra jüt liflerinin sodyum aljinatla bir arada kullanılmasıyla elde edilen kompozitin (bkz. Şekil 116) sağlam olduğu gibi ve şekillendirmeye de müsait olduğu gözlenmiştir.



Şekil 114- Sandviç Yapılı Kompozitin Jüt Kullanılan Ara Yüzeyi



Şekil 115- Jüt ve Sodyum Aljinatın Bir Arada Kullanıldığı Kompozitte Sudan Kostinin Etkisi



Şekil 116- Kompozit Uygulama: 32

2.2.20. Reçete No: 20

Kâğıt hamuru: Fabrika hamuru

Banyo oranı: 100 g kâğıt hamuruna 10 L su = %1 kesafet

Dolgu maddesi: Yok

Reçine (iç tutkallama): 10 g sodyum aljinat (suda eritilerek)

Takviye malzemesine göre kompozit türü: Parçacık ve elyaf takviyeli sandviç yapılı kompozit

Elyaf yerleştirme biçimi: Kesikli ve kesiksiz

Takviye elemanı: 20 g pirinç kepeği posası, jüt, (sentetik ağırlıklı) atık lif, poliestere, keten, pamuk, viskon, kâğıt ip

Kuruma süresi: Kapalı ortamda 3 gün

Ütü: Yok

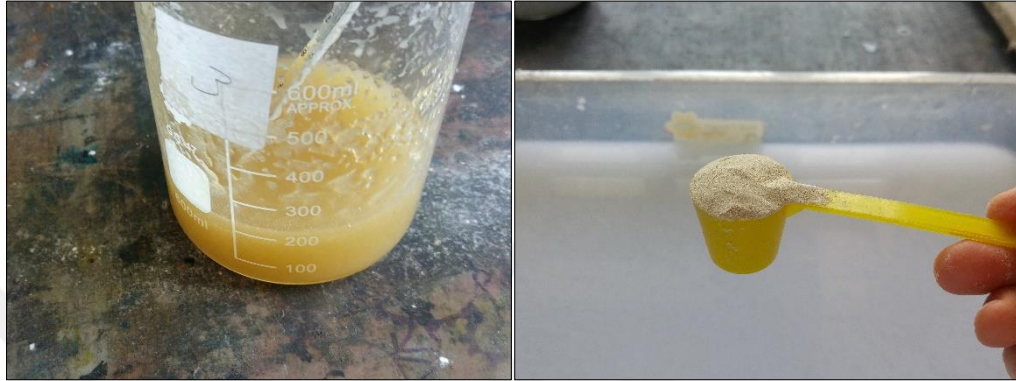
Pres: Yok

Sud kostik: Var

Dış tutkallama (aher) ve mühre: Yok

Uygulama: Kâğıt hamuru 1 L su içerisinde bekletilerek lif dağılması beklenmiştir. Tam çözülme yine sağlanamadığı için elyaf, mikserle dağıtılmış ve banyo suyunun kalan kısmı da üzerine ilave edilerek %1 yoğunlukta hazırlanmıştır. Reçine suda eritilerek, şişen sodyum aljinat ve takviye malzemelerinden biri olan pirinç kepeği

posası (bkz. Şekil 117) banyo suyuna ilave edilmiştir. Sandviç yapıda olan kompozitin ilk tabakası elek üzerine alındıktan sonra elekten çıkarılmadan (bkz. Şekil 118) kâğıt ipe örülen kafes şeklindeki file bu araya yüzeye serilmiş ve lifler kafes içlerine yerleştirilmiştir (bkz. Şekil 119-125).



Şekil 117- Kompozitin Hamurunda Kullanılan Sodyum Aljinat ve Pirinç Kepeği Posası



Şekil 118- Kompozitin Kalıp Üzerindeki Görünümü



Şekil 119- Kompozit No: 33
Sandviç Yapılı Kompozitin Ara Yüzeyinin Oluşturulması



Şekil 120- Kompozit: Jüt
Elyaf



Şekil 121-
Kompozit: Atık
Elyaf



Şekil 122- Kompozit:
Poliester Elyaf



Şekil 123-Kompozit:
Keten Elyaf



Şekil 124-Kompozit:
Pamuk Elyaf



Şekil 125-Kompozit:
Viskon Elyaf

Gözlem: Fabrikadan alınmış olan kâğıt hamurunda, suda bekletilerek lif çözülmesi tam anlamıyla sağlanamadığı için kâğıt elyafı mikserle dağıtılmıştır. Ancak elde edilen sonuca göre lif boylarının daha da kısılmasıyla birlikte kompozitin dayanıklılığı da düşmüştür. Yine de bu durum kompozitin şekillendirilmesine engel teşkil edecek boyutta değildir. Sonuç olarak ince, yumuşak ve şekillendirilebilir nitelikte bir kompozit yapı elde edilmiştir.

2.3. Sanatsal Uygulamalar

Tılsımlı gömlekler Osmanlı döneminden günümüze kadar gelmiş ve pek çok araştırmaya konu olmuş eşsiz birer kültür mirası olarak kabul edilen, dönem giysileridir. Bu gömleklerin Osmanlı sultanları tarafından; savaşta galip gelmek, nazardan korunmak ve şifa bulmak için giyildiği bilinmektedir. Üzerindeki motiflerle ve yazılarla hâlâ gizemini koruyan tılsımlı gömleklerde, bu gibi farklı amaçlarla yazılmış koruyucu dualar bulunmaktadır. Ayrıca, bu gömleklerin üzerindeki yazı, şekil ve dönemin bezeme motifleriyle de kitap tezhibi sanatına yaklaştığı görülmüştür. Tılsımlı gömlekler konusunda yapılan araştırmalarla gömleklerin; hattatların kâğıdı terbiye etmek için kullandığı aherleme yöntemiyle yazıya elverişli hale getirilen ince pamuk kumaşlardan dikilerek, nakkaşlar atölyesinde işlendiği tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra form olarak da dikkat çekici olan bu gömlekler; Topkapı Sarayı Müzesi'nde Osmanlı tekstili ve padişah giysileri üzerine çalışan Doç. Dr. Hülya Tezcan'ın ifadesiyle 4 gruba ayrılmaktadır. İlk grupta; kaftan görünümünde ve boyu diz altına kadar inen, önden açık, yakasız, kısa veya uzun kollu gömlekler bulunmaktadır. İkinci grupta; kalçalara kadar inen, önden açık veya göbeğe kadar yırtmaçlı, çoğunlukla yakasız, nadiren 5 cm yükseklikte dik yakalı, kısa kollu gömlekler; üçüncü grupta ise yine bu gruba benzeyen fakat önden çapraz şekilde kapanan gömlekler bulunmaktadır. Dördüncü ve son grupta bulunan gömlekler ise iki yanı açık, baştan giyilen ve bele kadar uzun olurdu (Güven, 2014: 16-17,19-20).

Bu çalışmadaki sanatsal uygulamaların çıkış noktasını oluşturan bahsi geçen tüm bu bilgi ve gözlemler olmakla birlikte; işlevsel niteliği olduğu kadar görsel estetiğe de sahip olan bu kıyafetlerin özellikle formlarından esinlenilmiştir.

Kompozit yapılarla oluşturulan tasarımlarda *Suya Düşen Cemre* adı verilen ilk tasarım, reçete hazırlama aşamasını içeren deneysel çalışmalarda uygulanan farklı reçetelerden elde edilen kompozitlerle oluşturulmuştur. Bu kompozitlerde sanatsal ifadeyi destekleyici ve tasarım sürecinde uygulanabilecek çeşitli yüzey tasarımları denenmiştir. İlk tasarımda olduğu tılsımlı gömlek formlarının aslına yakın boyutlarda çalışılmış, ancak atölye şartlarının bu ebatta bir çalışmaya uygun olmadığına deneyimlenmesi üzerine, bundan sonraki çalışmaların tamamında boyut küçültülmüştür.

Bu bölümde *Suya Düşen Cemre, Hemdem, Krizalit, Hazan, Kozalı Hurûfât, Çintemani, Tecerrüt, Yedigâr, Bellek Düğümleri* ve *Geçmiş Mazi* adı verilen 10 parça tasarım bulunmaktadır. Yukarıda da bahsedildiği gibi ilk tasarım, 9,10,12 ve 20 no'lu reçetelerden üretilen kompozitlerle oluşturulmuş fakat diğer 9 farklı tasarımda tek bir reçete baz alınarak görsel olarak kumaş taklidi, şekillenmeye müsait, olabildiğince sağlam, yumuşak ve yüzey tasarımlarına olanak sağlayacak niteliğe kavuştuğuna karar verilen 20 no'lu reçete uygulanmıştır. Elde edilen kompozitlerle form oluşturma esnasında yapıştırıcı olarak muhallebi aheri ve kompozitin yapısına ve tasarımın büyüklüğüne bağlı olarak da kâğıt tela kullanılmıştır. Tasarım oluşturulurken farklı renklerde iplik ve liflerden, ince dokulu kumaşlardan, mürekkepli kâğıt atıklarından, kuru bitki ve kelebeklerden faydalanılmıştır.

Tasarımlara ait verilen ilk görsellerde tasarımcının ve tasarımın adı, malzemesi, boyutu ve yapım yılına ilişkin bilgiler verilmiştir.

2.3.1. Sanatsal Çalışma: Suya Düşen Cemre

9,10,12 ve 20 no'lu reçetelerden elde edilen kompozitlerle; kaftan görünümünde, boyu diz altına kadar inen, yakasız fakat göğüs kısmına kadar yırtmaçlı, uzun kollu ve baştan giymenin mümkün olduğu gömlek formu tasarlanmıştır (bkz. Şekil 126-127) Ağırlıklı olarak bitkilerin kullanıldığı tasarımda; kumaş, lif ve ipliklerle kompozisyonu destekleyici şekilde çiçek motifleri oluşturulmuştur (bkz. Şekil 128-131). Formu oluşturan parçalar, kullanılan ince kumaşlarla, liflerle ve hibiscus çiçeğinden elde edilen boya ile renklendirilerek birbirinden ayrılmıştır. Bunun yanı sıra kâğıt hamuru,

muhallebi aheri ile karıştırılarak şekillendirildikten sonra kurutularak düğme yapılmış ve yine muhallebi aheri ile yapıştırılmıştır (bkz. Şekil 132).

Bu tasarımın genelinde hâkim olan motif ve malzeme, bitki ve çiçeklerden oluşmakla birlikte, kullanılan renkler de mümkün olduğunca doğal tonlarda bırakılarak baharın gelişi yansıtılmak istenmiştir. Tasarım; *havaya, suya ve toprağa olmak üzere üç aşamada sıcaklık artışını ifade eden ve doğanın yeniden canlanması, baharın habercisi* anlamındaki cemre ile ifade edilmiş ve kompozitlerin tamamının suyun içinde elde edildiğini vurgulama amacıyla tasarıma “Suya Düşen Cemre” adı verilmiştir.



Şekil 126- Esra Dereli, “Suya Düşen Cemre”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit,
1.23 x1.53 cm, 2017-2018



Şekil 127- “Suya Düşen Cemre” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü



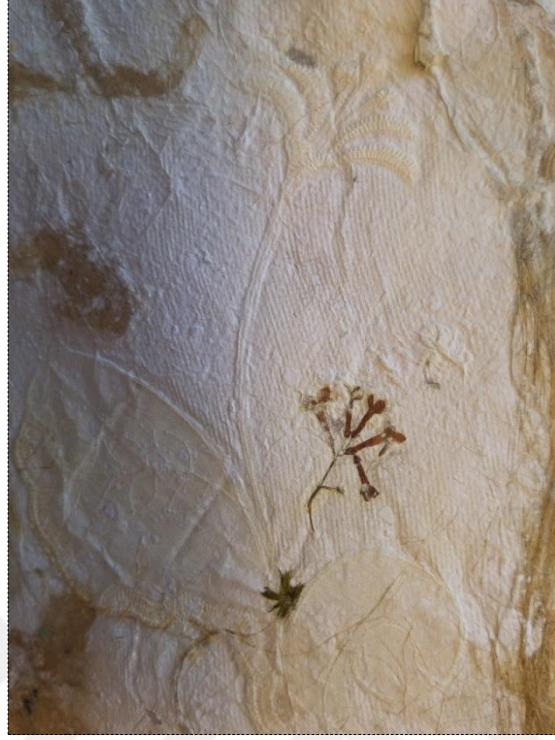
Şekil 128- Kumaş, Lif ve İplikler ile Oluşturulmuş Motif Örnekleri



Şekil 129- İki Farklı Kompozit Yapı ve Kâğıt, İplik ve Sardunya Çiçeği Detayı



Şekil 130- Biberiye Dalı ve Kâğıt Hamuru Liflerinin Detayı



Şekil 131- Tül Kumaş ve Kuru Çiçeğin Oluşturduğu Desen Detayı



Şekil 132- Kâğıt Hamurundan Elde Edilen Düğmeler ve Tasarımın Ön Yüzüne Ait Detay

2.3.2. Sanatsal Çalışma: Hemdem

Önden açık, yakasız ve kısa kollu gömlek formunda tasarlanan bu çalışmada (bkz. Şekil 133) omuz, kol ve sırt ortası keten lifleri ile birleştirilmiştir (bkz. Şekil 134-135). Tasarım, adını kırmızı ve yeşil ipliklerle renklendirilerek vurgulanmaya çalışılan lale motifinden almıştır. Formun ön yüzünde bir lalenin eşit olmayan iki yarısı işlenmiştir. Görüleceği gibi yaprak içlerinde birbirinden bağımsız yaprak motifleri işlenerek, benzer de olsa birbirinden farklı özellikleri olduğu vurgulanmıştır (bkz. Şekil 136). Motifin ancak ön kısmı kapatıldığında bütün bir lale formu alıyor (bkz. Şekil 137) olması sebebiyle *birlikte yaşayan* anlamına gelen “Hemdem” adı verilmiştir.



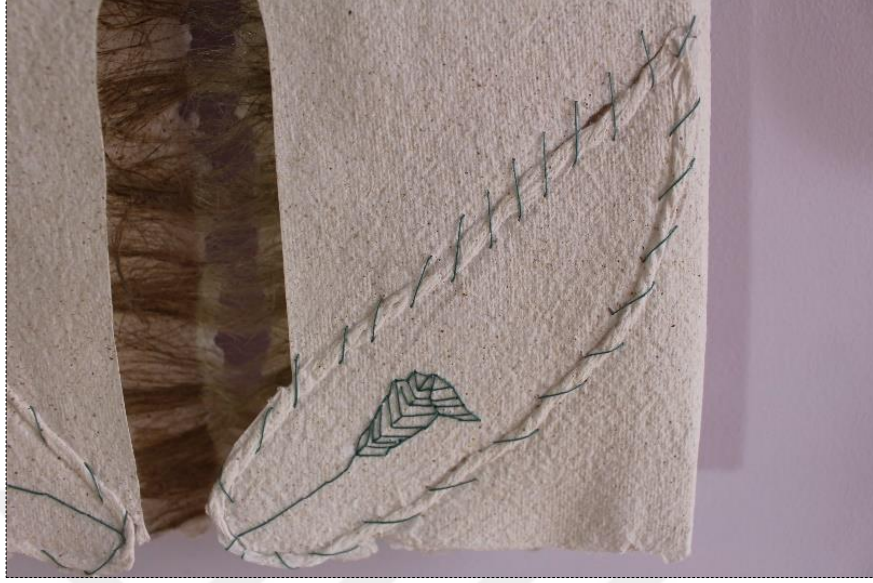
Şekil 133- Esra Dereli, “Hemdem”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 44x28 cm, 2018



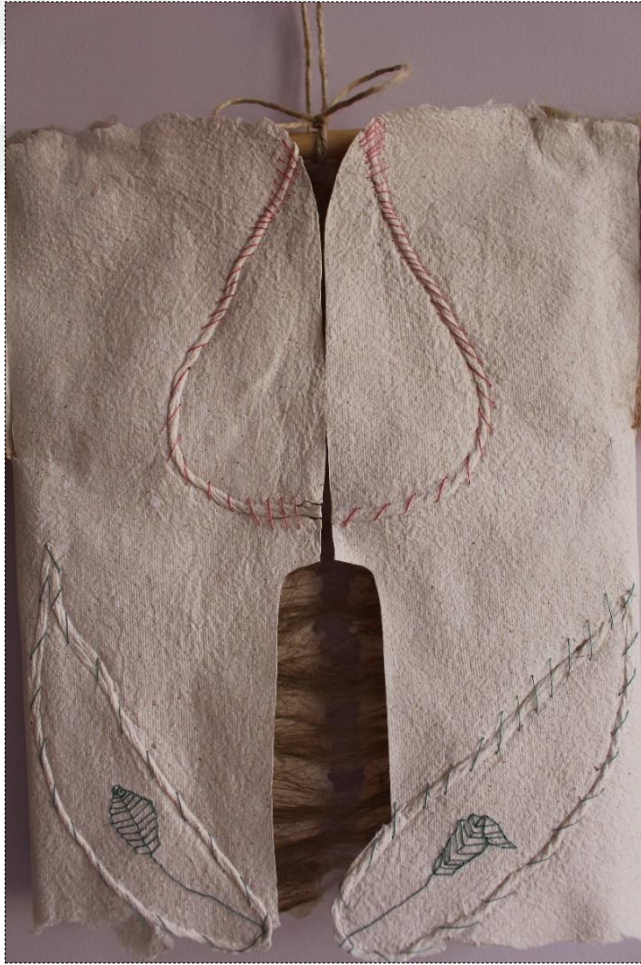
Şekil 134- “Hemdem” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü



Şekil 135- Tasarımın Omuz ve Kol Detayı



Şekil 136- Yaprak İçine İşlenen Yaprak Motifi



Şekil 137- Tasarımın Ön Yüzünden Detay Görüntü

2.3.3. Sanatsal Çalışma: Krizalit

Kaftan görünümünde ve boyu diz altına kadar inen, önden açık, yakasız ve kısa kollu gömlek formundaki bu tasarım (bkz. Şekil 138-139) için üretilen kompozitlerde geri dönüştürülmüş ipek, soya ve keten lifleri kullanılmıştır (bkz. Şekil 140). Bilindiği gibi pamuklu ve ipekli kumaşlar, kaftan ve gömleklere kullanılmış olan kumaşların başında gelmektedir. Buradan hareketle tasarım oluşturulurken ipek lifleri ile kelebek kullanılmış (bkz. Şekil 141) ve elde edilen kompozitin de mümkün olduğunca yumuşak ve ince olmasına dikkat edilmiştir. *Bir böceğin koza içinde ya da dışında, kelebek olmadan önce geçirdiği başkalaşım* anlamına gelen “Krizalit”, konu olarak formun yaka kısmında işlenmiş ve tasarıma adını vermiştir (bkz. Şekil 142).



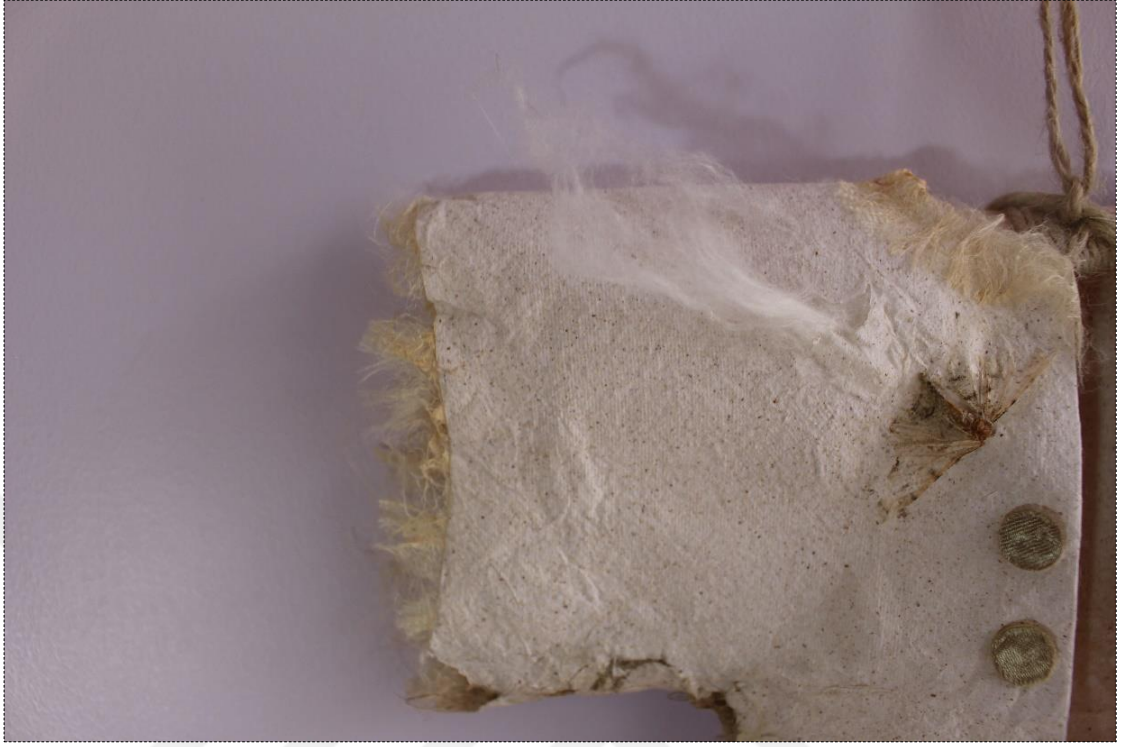
Şekil 138- Esra Dereli, “Krizalit”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 28x37 cm, 2018



Şekil 139- “Krizalit” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü



Şekil 140- Keten Lifi Kullanılarak Birleştirilen Parça Detayı



Şekil 141- Tasarımda Kullanılan Kelebek ve İpek Lifleri Detayı



Şekil 142- Tasarımın Ön Yüzünden Detay Görüntü

2.3.4. Sanatsal Çalışma: Hazan

Önden açık, yakalı ve kısa kollu gömlek formundaki tasarıma (Bkz. 143-144) kompozitte kullanılan kuru yaprak ve hâkim renk olan kahve tonlarından dolayı; *sonbahar, güz* anlamına gelen “Hazan” adı verilmiştir. Yaprakta bulunan yeniklerden yola çıkılarak, Türk tezyinî sanatlarında sıkça kullanılan bir teknik olan çift tahrir uygulanmıştır. Yenik yaprak örneğinde olduğu gibi pozitif ve negatif alanlar, (bkz. Şekil 145) bu teknikte de bir motifin çift tahrir olarak çalışılma prensibini oluşturmaktadır. Uygulanacak motifin dış hatları çizilmeden, negatif alanları renklendirilerek form oluşturulmaktadır.

Kompozitte kullanılan tülün deseni, tasarımın ön yüzünün bu formda şekillenmesini sağlayarak monotonluğu kırmıştır. Burada kullanılan çiçek dalı desenli tül renklendirilmeyerek doku şeklinde bırakılmış ve ilk baharla birlikte yeşerecek olan tohumların toprak altındaki varlığına dikkat çekilmek istenmiştir (bkz. Şekil 146). Kompozitin arka yüzünde ise, kompozit üretimi esnasında yüzeye müdahale edilerek doku oluşturulmuştur (bkz. Şekil 147).



Şekil 143- Esra Dereli, “Hazan”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 40x26 cm, 2018



Şekil 144- "Hazan" Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü



Şekil 145- Sandviç Yapılı Kompozite Yerleştirilmiş Yaprak Detayı



Şekil 146- Çift Tahrir ve Sandviç Yapılı Kompozit Arasında Kullanılan Tül ile Oluşan Doku



Şekil 147- Tasarımın arka yüzünde oluşturulan doku detayı

2.3.5. Sanatsal Çalışma: Kozalı Hurûfât

Bu tasarım kaftan görünümünde, yakası göğüs kısmına kadar yırtmaçlı, kolsuz ve baştan giyilen uzun gömlek formunda çalışılmıştır (bkz. Şekil 148-149). Tasarım oluşturulurken sandviç yapılı olarak üretilen kompozit, mürekkepli kağıtların ara yüzeyde kullanımına olanak sağlamıştır. Ara yüzeyde kâğıdın kullanılmadığı alanlarda ise ağırlıklı olarak ipek lifleri kullanılmıştır. Renk ve doku itibarıyla bir kozayı anımsatan kompozitin üst tabakası kısmen ayrılarak metinlerin görülmesi sağlanmış (bkz. Şekil 150). Böylece *harfler* anlamına gelen hurûfâtın koza içine alınması konu edilmiştir. Bilindiği gibi tılsımlı gömleklere Arap harfleri ile çeşitli dualar yazılmıştır. Bu tasarımın esin kaynağını da bu fikir oluşturmuştur. Ancak bu tasarımda Arap harflerinin yanı sıra, Latin harflerinin de kullanıldığı metinlere yer verilmiştir. Bunların yanı sıra mürekkepli kâğıtlar, kumaşlardan kesilen motifler, tüller, lifler ve renklendirme amacıyla hibiscus bitkisi de kullanılmıştır (bkz. Şekil 151-152).



Şekil 148- Esra Dereli, “Kozalı Hurûfât”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 29x47 cm, 2018



Şekil 149- “Kozalı Hurûfât” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü



Şekil 150- Sandviç Yapılı Kompozit ile Oluşturulan Tasarımın Detayı



Şekil 151- Tasarımın Omuz Detayı



Şekil 152- Keten Lifi Kullanılarak Birleştirilen Kompozit Parçalar

2.3.6. Sanatsal Çalışma: Çintemani

Tasarım; önü kapalı, yakası göğse kadar yırtmaçlı, uzun kollu, boyu kalçalara kadar inen ve baştan giyilen gömlek formunda çalışılmıştır (bkz. Şekil 153-154). Klâsik forma yakın şekilde yapılan çalışmada, padişah giysilerinde sıkça kullanılmış olan *güç ve saltanat sembolü üç benek*, bir başka deyişle “Çintemani” motifi kullanılmıştır (bkz. Şekil 155). Oval hatlara sahip olan gömleğin kol ağzlarına, burada kullanılan zambak çiçeğinin formu verilmiştir (bkz. Şekil 156). Sandviç yapılı olarak üretilen kompozitte takviye elyaf olarak kullanılan keten, yer yer açıkta bırakılarak yüzey tasarlanmıştır. Renklendirilen alanlarda hibiscus çiçeğinden elde edilen boya, mürekkep ve altın yaldız kullanılmıştır. Renklendirmenin daha fazla olduğu bu tasarımda, ıslanmaya karşı dirençli olmayan kompozit yapıyı desteklemesi için kâğıt tela kullanılmıştır.



Şekil 153- Esra Dereli, “Çintemani”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 56x37 cm, 2018



Şekil 154- “Çintemani” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü



Şekil 155- Tasarımda Kullanılan Çintemani Motifi



Şekil 156- Tasarımın Kol Detayı

2.3.7. Sanatsal Çalışma: Tecerrüt

Önü açık, yakasız, bele kadar uzun ve kolların abartıldığı gömlek formunda bir tasarım oluşturulmuştur (bkz. Şekil 157-158). Çeşitli tüllerin kullanıldığı gömlekte, kompozit de mümkün olduğunca ince dokulu üretilmiştir. Gömleğin önü kapatıldığında, dalıyla birleşen bir çiçek ortaya çıkmaktadır. Çalışmada mürekkepli kâğıtlar, mürekkep, yaldız, kuru çiçek ve ipek lifleri kullanılmıştır (bkz. Şekil 159). Gömleğin önündeki formun benzeri olan çiçek motifli tül parça, arka ortayı birleştirmektedir (bkz. Şekil 160).

Artık kullanımı bulunmayan bir giysi olan tılsımlı gömleklerin günümüzden *sıyrılıp*, *soyutlanmalarına* atıfta bulunularak, aynı anlamdaki “tecerrüt” kelimesi bu tasarıma adını vermiştir.



Şekil 157-Esra Dereli, “Tecerrüt”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 44x29 cm, 2018



Şekil 158- “Tecerrüt” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü



Şekil 159- Tasarımın Ön Yüzüne Ait Detaylar



Şekil 160- Tasarımın Arka Yüzüne Ait Detaylar

2.3.8. Sanatsal Çalışma: Yadigâr

Kaftan görünümünde, boyu diz altına kadar inen, yakası göğse kadar yırtmaçlı, önü kapalı, uzun kollu gömlek formunda çalışılmış bir tasarımdır (bkz. Şekil 161-162). Soya ve jüt lifleriyle oluşturulmuş kompozitlerin, desenli tül kumaşın, kâğıt telanın ve sardunya çiçeğinin kullanıldığı bir çalışmadır. Bazı kompozitlerin yüzeyine, hamur henüz yaş haldeyken müdahalede bulunularak doku oluşturulmuştur (bkz. Şekil 163). Kullanılan sardunya çiçeğinin 37 yıl gibi uzun bir geçmişe sahip olması dolayısıyla bu tasarım; *olay veya kişiyi hatırlatan nesne* anlamındaki “Yadigâr” adını almıştır.



Şekil 161- Esra Dereli, “Yadigâr”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 37x42 cm, 2018



Şekil 162- “Yedigâr” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü



Şekil 163- Tasarıma Ait Bazı Doku ve Malzeme Detayları

2.3.9. Sanatsal Çalışma: Bellek Düğümleri

Önü açık, yakalı, boyu kalçaya kadar inen, kısa kollu gömlek formunda tasarlanan bir çalışmadır (bkz. Şekil 164-165). Çalışmaya esin kaynağı olan tılsımlı gömleklerin geçmişe ait olması, toplumun kendi geçmişine ve kültür varlıklarına dair bilinçaltını sorgulatma sebebi olarak bu tasarımda işlenmeye çalışılmıştır. Esin kaynağı olan bu konudan yola çıkılarak tasarıma “Bellek Düğümleri” adı verilmiştir. Giysi formundaki çalışmanın ön kısmı eritilen mum ile kapatılmıştır. Kollarda ve arka parçadaki yırtmaçta, dantel parçalar kullanılmıştır (bkz. Şekil 165-166). Tasarımın bir yarısında bulunan kompozitler, sandviç yapıda üretilerek arasında kullanılan elyaf bölgesel olarak yüzeye çıkarılmış ve konunun işlenişi bu şekilde tamamlanmıştır (bkz. Şekil 167).



Şekil 164-Esra Dereli, “Bellek Düğümleri”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit,
28x38 cm, 2018



Şekil 165- “Bellek Düğümleri” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü



Şekil 166- Tasarımın Omuz ve Kol Detayı



Şekil 167- Sandviç Yapılı Kompozitte Tasarıma Ait Bazı Detaylar

2.3.10. Sanatsal Çalışma: Geçmiş Mazi

Gömlek görünümünde, bele kadar uzun, önü kapalı, yakalı ve uzun kollu gömlek formunda tasarlanan bir çalışmadır (bkz. Şekil 168-169). Tasarımda kullanılan kompozitler oluşturulurken keten ve jüt liflerinin yanı sıra eski fotoğraf filmleri de kullanılmış (bkz. Şekil 170), oluşturulan gömlek formunun kol ve yaka kısmı da siyah tül kumaşla şekillendirilmiştir (bkz. Şekil 171).

Tılsımlı gömlek formu bu çalışmaya da esin kaynağı olmuş, ancak kompozitler oluşturulurken ve yüzey tasarımı yapılırken çok daha güncel bir ifade kullanılmıştır. Bu şekilde güncelin ve geçmişin bir arada işlendiği tasarıma, *geride kalmış zaman* anlamına gelen kelime; güncel ve eski dildeki kullanımıyla bir arada verilmiş ve tasarım “Geçmiş Mazi” olarak adlandırılmıştır.



Şekil 168- Esra Dereli, “Geçmiş Mazi”, Tekstil ve Kâğıt Yapılı Kompozit, 44x26 cm, 2018



Şekil 169- “Geçmiş Mazi” Adlı Tasarımın Arkadan Görünümü



Şekil 170- Tasarımın Ön Yüzüne Ait Bazı Detaylar



Şekil 171- Tasarımın Kol ve Boyun Detayı

SONUÇ

Bu çalışmada geniş bir konu başlığı olan kâğıt, elde üretim şekliyle ele alınmıştır. Torgnydotter'in tanımıyla kâğıt; lif, hava ve tutkaldan meydana gelen bir kompozittir (Bozkurt, 2012: 8). Fakat geniş üretim ve kullanım alanlarını kapsayan kompozit konusunun klasik anlamda bilinen el yapımı kâğıt üretiminde, yöntem geliştirmek ve alternatif üretmek arayışlarında genel olarak göz ardı edildiğini söylemek mümkündür. Halbuki malzemeyi tanımak; onunla yapılabileceklerin sınırlarının genişletilmesi demek olacaktır. Bu çalışmada amaç, çevreci kaygılar ile birincil kaynaklar olan ağaç ve bitki lifleri yerine geri dönüştürülmüş tekstil lifleri ve ikincil selüloz kaynağı denilebilecek olan kâğıttan yeniden elde edilmiş olan kâğıt hamuruyla, sanatsal üretime de alternatif sağlayacak standartların yaklaşık olarak yakalanabildiği yeni materyaller üretmek olmuştur. İşte bu amaçla yapılan deneysel çalışmalar sonucunda ise, optimum ve sorunsuz çalışma koşullarının belirlenmesi açısından çeşitli gözlemler ve saptamalar yapılmıştır. Bu çerçevede yapılan gözlemler ve sunulabilecek öneriler ise şu şekilde sıralanabilir:

- Kâğıt hamuru su kesafetinde optimum oranın %1 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Fakat takviye malzeme olarak kullanılacak olan elyafın banyo suyuna karıştırılması halinde, kullanılan elyaf çeşidine göre su miktarının değiştirilerek karışım yoğunluğunun yeniden ayarlanmasının gerekliliği gözlenmiştir.
- Atık kâğıtlardan elde edilen kâğıt hamurunda, lif açma işleminde sorun yaşanmıştır. Üretilen kağıtların hangi lif çeşidine sahip olduğunun ve kullanılan yapıştırıcı maddelerin türünün bilinmiyor olması dolayısıyla lif açma işleminde tek bir uygulamayla sonuç alınamayacağı görülmüştür. Atık kâğıtları 12 saat suda bekletmenin ve kullanılan karbonatın yeterli gelmemesi üzerine, mikserle dağıtılan liflerin zarar görmesine bağlı olarak yapının dayanıklılığının düştüğü görülmüştür.
- Pudranın, bir kompozit yapı olan kâğıdın yüzey düzgünlüğünü artırdığı ve kullanıldığı yapılarda yüzey çatlak oluşumunun daha az olduğu gözlenmiştir. Bu

durum mühre işlemi de kolaylaştıran bir etkendir. Pudranın kompozit içerisindeki bir başka olumlu etkisi ise, kompozitlerde renklendirme işleminin kontrollü şekilde sağlanabilmesidir.

- Yalancı portakal ağacı olarak da bilinen Osage Orange (Maclura Pomifera) meyvesinin reçine olarak kullanımının sandviç yapılı kompozitler için yeterli olmadığı, ancak ince yapılı kompozit oluşturmak için denemeye açık olduğu gözlenmiştir.
- Bir diğer reçine olan British gum kullanıma uygun bulunmamış, viskoziteyi artırarak hamurun kalıpten ayrılmasını güçleştirmiştir.
- Fabrika atığından temin edilen toz haldeki sakız kabağı; reçine olarak kullanılmak üzere su ile kaynatılmış, fakat yapışkanlık sağlamaması üzerine kompozit yapılarda denenmesi iptal edilmiştir.
- Sandviç yapılı kompozit malzeme üretiminde, elyaf olarak pamuğun tercih edilmesi halinde, reçine miktarının artırılmasının ve pamukların iyi ıslatılmasının gerekli olduğu grlmştir. Aynı zamanda pamuk lifini ince bir tabaka oluşturacak şekilde ve kesiksiz elyaf olarak kullanmanın da sonuca olumlu etki ettiği gözlenmiştir. Sandviç yapılı kompozit yapılarda kullanılan malzemelerin kalınlıklarının birbirine yakınlığı tutunmayı kolaylaştırmaktadır.
- Kğit endüstrisinde dış tutkallama olarak adlandırılan aherlemenin ve mühre işleminin, kğit yapısının dayanıklılığını artırdığı gözlenmiştir. Bu durum özellikle devore baskı tekniğinin uygulandığı kompozitlerde daha net gözlenmiştir. Isıya maruz kalan kompozit kırılğan hale gelirken, aherlenmiş olan yapıların daha esnek kalabildiği grlmştir.
- Devore baskı tekniğinin kğit ağırlıklı kompozitler için çok uygun bir teknik olmadığı ancak yine de yüksek vasıflı kğitlerin kullanıldığı durumlarda, bu tekniğin olumlu sonuç verme olasılığının daha yüksek ve denemeye açık olduğu gözlenmiştir. Dokuyu inceltmede sonuç alınamayan bu yöntem ile desen

oluşturmanın ve doğal tonlarda renklendirmenin geliştirilebilir nitelikte olduğu görülmüştür. Ayrıca kompozit yapının inceliği oranında, bu baskı yönteminin başarılı olma olasılığının arttığı da gözlenmiştir.

- Kostik kullanarak yapılan yırtılma ve aşınma denemelerinde, hamurda bulunan sodyum aljinatın kompozit yapının sağlamlığını artırdığı görülmüştür.
- Bir atık olmasına rağmen pirinç kepeği posasının, kompozit yapıya ekstra bir yumuşaklık kazandırdığı gözlenmiştir. 18 no'lu reçete örneğinde de görülebileceği gibi; pirinç kepeği posası ve sodyum aljinatın birlikte kullanıldığı denemelerde, kostiğin etkisinin hamurda kullanılan sodyum aljinat ve posa oranına göre değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir. Posanın artırıldığı uygulamalarda kompozitin yumuşaklığına bağlı olarak kostiğin daha etkili olduğu ve dokunun zayıflatılmasının kolaylaştığı görülmüştür. Sodyum aljinat miktarının posaya olan oranı artırıldığı durumlarda ise, kompozit yapının sağlamlığı ve kostik kullanarak dokunun zayıflatılmasının zorlaştığı görülmüştür.

Tılsımlı gömleklerden ilham alınarak uygulanan sanatsal çalışmalarda ise; hazırlanan tüm bu reçeteler içinden şekillendirmeye müsait, yumuşak, ince fakat mümkün olduğunca sağlam yapılı kompozit üretmeye uygun olan son reçete seçilerek, tekstil görünümündeki bu sanatsal uygulamalar için kullanılmıştır.

Bu çalışmaya alt yapı hazırlayan sebepler, çalışma süreci ve sanatsal çalışmalar dikkate alındığında görülen odur ki, yapımı esnasında etki eden pek çok faktörün söz konusu olduğu kâğıt; kimyadan botaniğe, sanattan tekstile ve hatta mühendisliğe kadar pek çok disiplinin ortak çalışma konusu olabilecek nitelikte bir malzemedir.

KAYNAKÇA

Genel Başvuru Kaynakları:

SÖNMEZ, Nedim – AĞIRBAŞ, Seda (Haz.) (2012). *Kâğıt ve Kitap Sanatları Müzesi*, Ege Üniversitesi Yayınları.

Makaleler:

BULUT, Yasemin-ERDOĞAN, Ümit Halis (2011). “Selüloz Esaslı Doğal Liflerin Kompozit Üretiminde Takviye Materyali Olarak Kullanımı”, *TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası-Tekstil ve Mühendis*, S.82, ss. 26-35.

FOWLER, P. -HUGHES, J. -ELIAS, R. (2006). “Review Biocomposites: Technology, Environmental, Credentials and Market Forces”, *SCI Food Agric*, Sayı 86, Temmuz 2006, ss. 1781-1789.

GÜVEN, İrem (2014). “Osmanlı Sultanlarının Dua Kalkanları”, *İSMEK El Sanatları Dergisi*, Yıl 2014, Sayı 17, ss. 16-22.

GÜVEN, İ.M.V. Noyan- KAPLANOĞLU, Lütfü – YANGÖZ, Hayrettin. “Kâğıt Yüzeyine Uygulanan Sanat Eserlerinde Kâğıdın Önemi”, *Akdeniz Sanat Dergisi*, 2012, Cilt 5, Sayı 9, ss. 46-59.

LOH, Kelvin -TAN, Willy (2011). “Natural Silkworm-Epoxy Resin Composite for High Performance Application”, *Metal, Ceramic and Polymeric Composites for Various Uses*, (ed. John Cuppoletti), In Tech, ss.325-340.

ULCAY, Yusuf- AKYOL, Mihriban- GEMCİ, Remzi (2002). Polimer Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Malzemelerin Arabirim Mukavemeti Üzerine Farklı Kür Metotlarının Etkisinin İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi*, C: 7, S: 1, 2002, ss. 93-116.

YAKUT, Andaç (2012). “Geri Dönüştürülebilir Kullanılmış Kâğıttan Yeni Kâğıt Üretiminin İrdelenmesi”, *Tesisat Mühendisliği*, Sayı 127, Ocak-Şubat 2012, ss. 68-75.

Kitap İçi Bölüm:

İŞMAL, Ö. ERDEM- PAUL, R. (2018). “Composite Textiles in High-Performance Apparel”, *High-Performance Apparel*, Woodhead Publishing, ss. 377-420.

JOSE, J.- MALHOTRA, S.- THOMAS, S.- JOSEPH, K.- GODA, K.- SREEKALA, M. (2012). “Advances in Polymer Composites: – Macro and Microcomposites – State of the Art, New Challenges and Opportunities”, *Polymer Composites* (ed. Sabu Thomas, Kuruvilla Joseph, Sant Kumar Malhotra, Koichi Goda, Meyyarappallil Sadasivan Sreekala), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA., ss. 1-16.

Basılmamış Kaynaklar:

ALPYILDIZ, Tuba (2010). *Tekstil Kompozitleri Üzerine Bazı Çalışmalar*, dan. Prof. Dr. Arif KURBAK, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.

AYATA, Ümit (2008). *Okalıptüs (Eucalyptus Camaldulensis Ve Eucalyptus Grandis) ’ün Odun Özellikleri Ve Kâğıt Endüstrisinde Kullanımının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, dan. Doç. Dr. İbrahim Bektaş, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

BİLDİK, Ahsen Ezel (2015). *Geri Dönüşümlü Liflerde Alkil Keten Dimer Tutkallamasını Etkileyen Faktörler Ve Kâğıt Özelliklerindeki Sonuçları*, Doktora Tezi, dan. Prof. Dr. K. Bahattin Gürboy, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri Kimyası Ve Teknolojisi Bilim Dalı, İstanbul.

BOZKURT, Cihan (2012). *Atık Kâğıt Geri Dönüşüm Liflerinden Üretilen Kâğıtların Özelliklerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, dan. Doç. Dr. Halil Turgut Şahin,

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

ERENTÜRK, Şaduman (2014). Birincil Liflere Atık Kâğıt Lifi Ve Kuru Sağlık Maddesi İlavesinin Kâğıdın Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, dan. Yrd. Doç. Dr. Sezgin Koray Gülsoy, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri Kimyası Ve Teknolojisi Bilim Dalı, Bartın.

GÜLTEKİN, Sadık (2013). *Size Preste Nişasta Kullanımının Bazı Ambalaj Kâğıtların Fiziksel Ve Optik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, dan. Prof. Dr. Ahmet Tutuş, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

KARAHAN, Selim (2008). *Ön Modifikasyon İşlemiyle Kâğıt İç Yapıştırma İşleminin İyileştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, dan. Doç. Dr. Arif Karademir, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

KÖMBECİ, Kenan (2014). *Domates Saplarından Lif Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, dan. Doç. Dr. Birol Üner, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

KUZU, Ali Taner (2011). *Tekstil Takviyeli Polimer Matrisli Kompozitlerin İşlenebilirliğinin İncelenmesi*, dan. Yrd. Doç. Dr. Mustafa BAKKAL, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Malzeme ve İmalat Programı, İstanbul.

ÖZDEN, Öznur (1998). *Kâğıt Yüzeyinin Kaplanmasında Nişasta Kullanımı*, Doktora Tezi, dan. Prof. Dr. Erol Göksel, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı (Lif Ve Kâğıt Teknolojisi Programı), İstanbul.

SELİMBEYOĞLU, Candan (2001). *Geri Dönüşümlü Kâğıtlar Üzerine Renkli Baskılarda Densitometrik Parametrelerin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, dan. Prof. Dr. Mert

Ülgen, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matbaa Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.

VARLIBAŞ, Hülya (2010). *Lif Modifikasyon İşleminin Retansiyon Üzerine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, dan. Doç. Dr. Arif Karademir, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

İnternet Kaynakları:

AKKAPILI, Yusuf. Selüloz ve Kimyasal Yapısı, *Solver Kimya*, http://www.solverkimya.com/site/makaleler/endustriyel-urunler_makaleleri/seluloz-ve-kimyasal-yapisi.html (13.03.2017).

ÇELEBİ, Uygur. *Kâğıt Üretimi ve Teknolojisinin Kimyasal Yönden İncelenmesi* <http://www.academia.edu/28269281/Kâğıt.pdf> (21.12.2017)

http://kisi.deu.edu.tr/cesim.atas/kompozit/4_%20Uretim%20Yontemleri.pdf (25.05.2018)

<https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2013/01/ipek-iplik-terbiyesi-ipek-cesitleri.html> (01.06.2018)

<https://www.indiamart.com/proddetail/polyester-fibers-13621554355.html> (01.06.2018)

MARİNOV, Valery. Composite Materials. *Manufacturing Technology*, ss. 61-64. http://me.emu.edu.tr/me364/ME364_various_composites.pdf (25.05.2018)

ÜNAL, Osman. - *Kompozit Malzemeler*, Yapı Malzemesi Ders Notları, Bölüm 6. <http://www.kocaelimakine.com/wp-content/uploads/2011/11/kompozit-malzemeler-ders-notlari-osman-unal.pdf> (11.03.2017).

ZOR, Mehmet. *Genel Bilgiler*, Kompozit Malzemeler Dersi, Bölüm:1. http://kisi.deu.edu.tr/mehmet.zor/composite%20materials/2-Genel_bilgiler.pdf (15.03.2017).

ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad: Esra DERELİ

Doğum Yeri ve Yılı: İzmir, 1986

Yabancı Dil: İngilizce

Lisans Eğitimi: 2012-2016, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Geleneksel Türk Sanatları Bölümü Tezhip Ana Sanat Dalı

Lise Eğitimi: 2003, Özel İzmir Çağdaş Eğitim Lisesi

Ortaokul Eğitimi:

- John Stocker Middle School (İngiltere)
- St. Sidwell's C. of E. Combined School (İngiltere)

Yayınlar

- IV. Uluslararası Atina Sanat ve Sanat Eğitimi Sempozyumu- “Tezyini Sanatlarda *Tabiattan Kaçış* Felsefesine Bir Örnek: *Rûmî Motifi*” başlıklı Poster Bildiri (Yrd. Doç. Aynur Erbaş MAKTAL ve Esra DERELİ)

Aldığı Ödüller:

- TC. Kültür ve Turizm Bakanlığı GENÇDES Projesi kapsamında, Simurg İletişim Sanatları' nın düzenlediği “Simurg’ un Uçuşu” konu başlıklı “Masal Resimleme Yarışması İkincilik Ödülü” /2017
- Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi “2015-2016 Fakülte Birincisi” Ödülü

- Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Z Raporu 2016, “2015-2016 Akademik Yılı Mezuniyet Projeleri Sergisi’nde “Fuzûli Divanı’nda Su ile İlişkilendirilmiş Gül Konulu Beyitler Işığında Türk Tezyinatında Özgün Tasarımlar” projesi ile “Tezhip Ana Sanat Dalı En İyi Mezuniyet Projesi Ödülü”

Aldığı Sertifika ve Belgeler:

- Ege Üniversitesi 7. Uluslararası Ege Art Sanat Günleri (25 Eylül-25 Aralık 2017) / Katılım Sertifikası
- IV. Uluslararası Atina Sanat ve Sanat Eğitimi Sempozyumu/ Yunanistan (5-18 Haziran 2017) / Katılım Sertifikası
- Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi/ 2015-2016 Fakülte Birincisi Belgesi
- Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi / 2015- 2016 Geleneksel Türk Sanatları Bölüm Birincisi Belgesi
- Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi/ Yüksek Onur Belgesi (2016)
- Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü/ “İzmir” konulu sergi katılım belgesi (2016)
- Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü/ “Gül” konulu sergi katılım belgesi (2016)
- Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi “Dönüşüm” temalı Uluslararası Sanat ve Tasarım Kongresi (2014)
 - “Ebru Sanatı” Atölye Çalışması Katılım Belgesi
 - “Dönüşüm ve Doğal Kâğıt” Atölye Çalışması Katılım Belgesi
 - “İzmir Efsaneleri” İkat Çalıştay Atölye Çalışması Katılım Belgesi

Katıldığı Sergiler:

- Hâfıza Mekânları Smyrna/ İzmir (10 Mayıs- 29 Haziran 2018)
- TC. Kültür ve Turizm Bakanlığı GENÇDES Projesi kapsamında, Simurg İletişim Sanatları' nın düzenlediği “Simurg’ un Uçuşu” konu başlıklı Masal Resimleme Jürili Sergisi (2017)
- Ege Üniversitesi 7. Uluslararası Ege Art Sanat Günleri (25 Eylül-25 Aralık 2017)
 - Gül Güney Tezhip Atölyesi Hilye-i Şerif Sergisi
 - Tülin Adanır Kâğıt Atölyesi Doğal Kâğıt Sergisi
- Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Z Raporu 2016, “2015-2016 Akademik Yılı Mezuniyet Projeleri Sergisi” /Tezhip Tasarımı
- Filiz Adıgüzel Toprak Atölyesi “Minyatürlerde İzmir” Sergisi (Bornova Anadolu Lisesi Kültür, Sanat, Spor Festivali/ 2016)
- Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü’nce Düzenlenen Sergiler (DEÜ Devlet Konservatuvarı Sabancı Kültür Sarayı/ 2016)
 - “Gül” Sergisi/ Tezhip Tasarımı
 - “İzmir” Sergisi/ Minyatür Tasarımı
- Dokuz Eylül Üniversitesi Geleneksel Türk Sanatları Bölüm Sergisi/ Hat Tasarımı (Narlidere Atatürk Kültür Merkezi/ 2015)

Stajlar:

- Ödemiş Belediyesi Birgi Mezarlığı/ Mezar taşı Tespit, Rölöve ve Restitüsyonları (2014/İzmir)
- Anadolu Kültür ve Turizm Derneği Minium Sanat Galerisi/ Tezhip ve Minyatür Uygulamaları (2015/ İzmir)