

**T.C.**  
**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**ORMAN ÜRÜNLERİ KİMYASI VE TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI**

**BİRİNCİL LİFLERE ATIK KAĞIT LİFİ VE KURU SAĞLAMLIK MADDESİ**  
**İLAVESİNİN KAĞIDIN ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZIRLAYAN**  
**Şaduman ERENTÜRK**

**2008**  
**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY**

**BARTIN-2014**

## KABUL VE ONAY

Şaduman ERENTÜRK tarafından hazırlanan "BİRİNCİL LİFLERE ATIK KAĞIT LİFİ VE KURU SAĞLAMLIK MADDESİ İLAVESİNİN KAĞIDIN ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ" başlıklı bu çalışma, 18.08.2014 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy çokluğu/oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Bahattin GÜRBOY




Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER



Üye : Yrd. Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY (Danışman)



Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 29/8./2014 tarih ve 2014/115 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Doç. Dr. Selma ÇELİKAY  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **BEYANNAME**

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Yrd. Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY danışmanlığında hazırlamış olduğum “BİRİNCİL LİFLERE ATIK KAĞIT LİFİ VE KURU SAĞLAMLIK MADDESİ İLAVESİNİN KAĞIDIN ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ” adlı Yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

18 / 08 / 2014

Şaduman ERENTÜRK

## ÖN SÖZ

Tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında, değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tez savunmamda jüri üyesi olma nezaketini gösteren sayın hocalarım Prof.Dr. Bahattin GÜRBOY ve Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER'e, laboratuvar çalışmalarında hiçbir zaman bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ'ye teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Hammadde ve katyonik nişasta temininde yardımlarını esirgemeyen OYKA Kağıt Ambalaj Sanayi ve Tic. A.Ş. İşletme Müdürü Gülşen CURA hanımefendiye, Laboratuvar Teknisyeni Mustafa KÜLAH beyefendiye ve tüm laboratuvar çalışanlarına, luredur temininde yardımlarını esirgemeyen Halkalı Kağıt Karton San. ve Tic. A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme, tez yazım aşamasında yardım ve desteğini esirgemeyen eşim Cüneyt ERENTÜRK'e ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Hülya GÜL, Esra GÜNER, Süleyman KUŞTAŞ ve Ufuk ÖZGÜL'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Şaduman ERENTÜRK

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **BİRİNCİL LİFLERE ATIK KAĞIT LİFİ VE KURU SAĞLAMLIK MADDESİ İLAVESİNİN KAĞIDIN ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**Şaduman ERENTÜRK**

**Bartın Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY**

**Bartın-2014, Sayfa: xvi+100**

Bu çalışmada, birincil (karışık çam) liflerin süspansiyonuna %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında atık kağıt lifi ilave edilerek elde edilen kraft liner kağıtlarının sağlamlık ve optik özellikleri üzerine atık lif ilavesinin etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, farklı oranlarda atık kağıt lifi içeren ve atık kağıt lifi içermeyen (kontrol) lif süspansiyonlarına ayrı ayrı %0,75 katyonik nişasta (KN) ve %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen kağıtların özellikleri üzerine kuru sağlamlık maddesi türünün etkileri belirlenmiştir. İlave olarak, birincil ve atık kağıt liflerinin boyutları ve viskoziteleri tespit edilmiştir.

Karışık çam kraft hamurunun viskozitesinin atık kağıt hamuru viskozitesinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, birincil liflerin atık kağıt liflerinden daha uzun olduğu görülmüştür.

Karışık çam kraft ve atık kağıt hamuru karışım oranlarının belirli oranlarda değiştirilmesi ile elde edilen deneme kağıtlarının kopma indisi, uzama, TEA, patlama indisi ve hacimlilik değerlerinin atık kağıt lifi ilave oranının artmasıyla azaldığı belirlenmiştir. Yırtılma indisi

ve parlaklık değerlerinin atık kağıt lifi ilave oranının artmasıyla arttığı görülmüştür. Opaklık değerinin ise homojen bir artış veya azalış göstermediği tespit edilmiştir.

Kağıtların kopma indisi, uzama, TEA, patlama indisi ve parlaklık değerleri üzerinde KN'nin luredurdan daha etkili olduğu görülmüştür. Yırtılma indisi, hacimlilik değerleri ve opaklık değeri üzerinde ise luredurun KN'dan daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, lif süspansiyonuna KN ve luredur gibi kuru sağlamlık maddesi ilave edilerek kontrol kağıt örnekleri ile aynı direnç özelliklerine sahip kağıtlar daha fazla atık kağıt lifi katılarak elde edilebilir.

### **Anahtar Kelimeler**

Atık kağıt lifi, birincil lif, KN, luredur, kağıt özellikleri, kraft liner

### **Bilim Kodu**

502.06.01

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **THE EFFECT OF RECYCLED FIBER AND DRY STRENGTH AGENT ADDITION ON PAPER PROPERTIES**

**Şaduman ERENTÜRK**

**Bartın University**

**Graduate School of Applied Sciences**

**Forest Industry Engineering**

**Department of Forest Products Chemistry and Technology**

**Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY**

**Bartın-2014, Pp: xvi+100**

In this study, the effect of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% recycled fiber addition to suspension of virgin (mixed pine) fibers on strength and optical properties of kraft liner handsheets were investigated. Also, 0.75% cationic starch (CS) and 0.75% luredur separately added recycled fiber containing in different ratios and recycled fiber-free fiber suspensions. Thus, effects of dry strength agent type on handsheet properties were determined. In addition, of fiber dimension and viscosity of virgin kraft and recycled pulps were determined.

Viscosity of virgin kraft pulp was found to be higher than those of recycled pulp. On the other hand, fiber length of virgin pulp was longer than that of recycled pulp.

The tensile index, stretch, TEA, burst index and bulk values of handsheets were decreased with increasing ratio of recycled fiber addition. On the contrary, tear index and brightness of handsheets were increased with increasing ratio of recycled fiber addition. The occurring changes in handsheet opacity with increasing recycled fiber addition were not linear.

CS addition to fiber suspension were more efficient than luredur addition with regard to tensile index, stretch, TEA, burst index and brightness of handsheets. On the contrary, the effect of luredur addition on tear index and opacity was more pronounced compared to CS addition.

Consequently, the papers in the same strength properties compared to control papers and more recycled fiber containing can be obtained by adding dry strength additives such as CS and luredur to fiber suspension.

**Key Words**

Recycled fiber, virgin fiber, CS, luredur, handsheet properties, kraft liner

**Science Code:**

502.06.01



# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	VE
ONAY.....	<b>Hata!</b> <b>Yer</b>
<b>işareti tanımlanmamış.</b>	
BEYANNAME.....	iii
ÖN SÖZ.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
1.1 Genel Bilgiler.....	3
1.1.1 Odunun Kimyasal Yapısı .....	3
1.1.1.1 Selüloz .....	4
1.1.1.2 Hemiselülozlar.....	5
1.1.1.3 Lignin .....	5
1.1.1.4 Ekstraktif Maddeler .....	6
1.1.2 Kağıt Hamuru Üretim Yöntemleri .....	7
1.1.2.1 Kraft Kağıt Üretimi .....	8
1.1.3 Kağıt Üretiminde Kullanılan Hammaddeler .....	9
1.2 Atık Kağıt .....	10
1.2.1 Atık Kağıtların Sınıflandırılması.....	12
1.2.2 Kağıt Üretiminde Liflerde Meydana Gelen Değişmeler ve Bu Değişimlerin Kağıt Özellikleri Üzerine Etkileri .....	14
1.2.3 Geri Dönüşümü Etkileyen Faktörler .....	22
1.2.4 Geri Dönüştürülmüş Liflerin Direnç Özelliklerini Arttırma Teknikleri .....	26
1.2.5 Birincil Liflere Geri Dönüşüm Lif İlavesi.....	30
1.2.6 Dünya Kağıt-Karton Üretim ve Tüketimi .....	30

1.2.7 Türkiye’de Kağıt Üretim ve Tüketimi .....	34
1.2.8 Türkiye’de ve Dünya’da Atık Kağıt Kullanımı ve Geri Kazanımı .....	34
	<b><u>Sayfa</u></b>
1.2.9 Atık Kağıdın Geri Dönüşümünün Faydaları .....	38
1.3 Oluklu Mukavva .....	40
1.3.1 Oluklu Mukavva Üretiminde Kullanılan Kâğıtlar .....	42
1.3.1.1 Kraft Liner .....	43
1.3.1.2 Test Liner.....	43
1.3.1.3 NSSC .....	43
1.3.1.4 Schrenz .....	44
1.3.1.5 Geri Kazanılmış Kâğıt (Recycled Paper) .....	44
1.3.1.6 Saman Fluting.....	44
1.4 Kuru Sağlıklik Maddeleri.....	45
1.4.1 Katyonik Nişasta (KN) .....	45
1.4.2 Luredur .....	47
1.5 Çalışmanın Amacı.....	48
<b>BÖLÜM 2 MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>50</b>
2.1 Materyal .....	50
2.2 Yöntem.....	50
2.2.1 Kağıt Hamurunda Yapılan Analizler.....	50
2.2.2 Lif Morfolojisine Ait Ölçme Yöntemleri .....	51
2.2.3 Katyonik Nişasta ve Luredur Çözeltisinin Hazırlanması ve Lif Süspansiyonuna İlavesi .....	51
2.2.4 Deneme Kağıtlarının Elde Edilmesi ve Kağıtların Sağlıklik ve Optik Testleri	53
2.2.5 Verilerin Değerlendirilmesi.....	54
<b>BÖLÜM 3 BULGULAR VE İRDELEME.....</b>	<b>55</b>
3.1 Lif Morfolojisine Ait Bulgular .....	55
3.2 Hamurların Viskoziteleri .....	55
3.3 Deneme Kağıtlarının Sağlıklik ve Optik Özellikleri.....	56
3.3.1 Kopma indisi .....	60

3.3.2 Uzama.....	63
3.3.3 TEA .....	66
	<b><u>Sayfa</u></b>
3.3.4 Yırtılma İndisi .....	69
3.3.5 Patlama İndisi .....	72
3.3.6 Hacimlilik.....	75
3.3.7 Parlaklık .....	78
3.3.8 Opaklık.....	80
BÖLÜM 4 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	100

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1. Odun dokusunun yapısı.....	4
2. Selüloz molekülünün kimyasal yapısı.....	5
3. Ligninin aromatik yapı birimleri.....	6
4. Kuruma etkisi sonucu bireysel lif boyutlarındaki değişim.....	15
5. Dövme ve kuruma etkisiyle lif şekillerindeki değişim.....	16
6. Selüloz mikrofibrillerinin kuruma etkisiyle yapısının değişimi.....	17
7. Dünya kağıt ve karton üretiminin yıllara göre değişimi.....	31
8. Çeşitli ülkelerde toplam kağıt ve karton tüketimi.....	33
9. 1998-2008 yılları arası Dünya kağıt geri dönüşüm oranları.....	36
10. Geri kazanılmış kağıt kullanımı ve kağıt üretiminin 1961-2009 yılları arasında Dünya'daki gelişimi.....	37
11. Oluklu mukavva.....	41
12. Oluklu mukavvanın liner tabakası.....	42
13. Fluting kağıdı.....	42
14. Amiloz.....	46
15. Amilopektin.....	46
16. Luredur.....	52
17. Katyonik nişasta.....	52
18. Kontrol, KN ve luradur ilavesi ile kağıtların kopma indisi değerleri arasındaki ilişki..	61
19. Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların kopma indisi değerleri üzerine etkileri.....	62
20. Kontrol, KN ve luradur ilavesi ile kağıtların uzama değerleri arasındaki ilişki.....	64
21. Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların uzama değerleri üzerine etkileri.....	65
22. Kontrol, KN ve luradur ilavesi ile kağıtların TEA değerleri arasındaki ilişki.....	67
23. Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların TEA değerleri üzerine etkileri.....	68
24. Kontrol, KN ve luradur ilavesi ile kağıtların yırtılma indisi değerleri arasındaki ilişki.....	70
25. Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların yırtılma indisi değerleri üzerine etkileri.....	71

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
<b>No</b>	<b>No</b>
26. Kontrol, KN ve luradur ilavesi ile kağıtların patlama indisi değerleri arasındaki ilişki.....	73
27. Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların patlama indisi değerleri üzerine etkileri.....	74
28. Kontrol, KN ve luradur ilavesi ile kağıtların hacimlilik değerleri arasındaki ilişki.....	76
29. Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların hacimlilik değerleri üzerine etkileri.....	77
30. Kontrol, KN ve luradur ilavesi ile kağıtların parlaklık değerleri arasındaki ilişki.....	79
31. Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların parlaklık değerleri üzerine etkileri.....	79
32. Kontrol, KN ve luradur ilavesi ile kağıtların opaklık değerleri arasındaki ilişki.....	81
33. Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların opaklık değerleri üzerine etkileri.....	82

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
<b>No</b>	<b>No</b>
1. Geri dönüşümü yapılacak kağıt sınıfları.....	13
2. Geri dönüşüm işlem ekipmanlarının selüloz lifleri üzerine etkisi.....	18
3. Çeşitli ülkelerin kişi başına düşen kağıt tüketimi.....	32
4. Türkiye'deki atık kağıt kullanımı ve geri kazanım oranları.....	35
5. Türkiye'nin kağıt ambalaj atıklarının geri kazanım oranı hedefleri.....	38
6. Çalışmada kullanılan kağıtların lif karışım oranları ve KN ve luredur ilave metotları...53	
7. Karışık çam hamuru ve atık kağıt hamurunun lif özellikleri.....	55
8. Karışık çam hamuru ve atık kağıt hamurunun viskoziteleri.....	55
9. Atık kağıt lif oranının deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi.....	57
10. Atık kağıt lif oranının ve kuru sağlamlık maddesi ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi.....	58
11. Kuru sağlamlık maddesi ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi.....	59
12. Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların kopma indisinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.....	62
13. Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların uzama değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.....	65
14. Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların TEA değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.....	68
15. Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların yırtılma indisinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.....	71
16. Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların patlama indisinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.....	74
17. Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların hacimlilik değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.....	77
18. Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların parlaklık değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.....	80
19. Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların opaklık değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.....	82

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\alpha$  : Alfa

$\beta$  : Beta

### KISALTMALAR

AQ : Antrakinon

A : %100 karışık çam hamuru

A10 : %90 karışık çam hamuru-%10 atık kağıt hamuru

A20 : %80 karışık çam hamuru-%20 atık kağıt hamuru

A30 : %70 karışık çam hamuru-%30 atık kağıt hamuru

A40 : %60 karışık çam hamuru-%40 atık kağıt hamuru

A50 : %50 karışık çam hamuru-%50 atık kağıt hamuru

B : %100 karışık çam hamuru-%0,75 KN

B10 : %90 karışık çam hamuru-%10 atık kağıt hamuru-%0,75 KN

B20 : %80 karışık çam hamuru-%20 atık kağıt hamuru-%0,75 KN

B30 : %70 karışık çam hamuru-%30 atık kağıt hamuru-%0,75 KN

B40 : %60 karışık çam hamuru-%40 atık kağıt hamuru-%0,75 KN

B50 : %50 karışık çam hamuru-%50 atık kağıt hamuru-%0,75 KN

C : %100 karışık çam hamuru-%0,75 luredur

C10 : %90 karışık çam hamuru-%10 atık kağıt hamuru-%0,75 luredur

C20 : %80 karışık çam hamuru-%20 atık kağıt hamuru-%0,75 luredur

C30 : %70 karışık çam hamuru-%30 atık kağıt hamuru-%0,75 luredur

C40 : %60 karışık çam hamuru-%40 atık kağıt hamuru-%0,75 luredur

C50 : %50 karışık çam hamuru-%50 atık kağıt hamuru-%0,75 luredur

CTMP : Chemithermomechanical Pulp

DP : Degree of Polimerization

ISO : International Standart Organization

KN : Katyonik Nişasta

NSSC : Neutral Sulfite Semi Chemical

OCC : Old Corrugated Container

SEKA : Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları A.Ş.

SCAN : Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee

SPSS : Statistical Package for Social Sciences  
°SR : Schopper Riegler  
TAPPI : Technical Association of the Pulp and Paper Industry  
TMP : Thermomechanical Pulp



# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

Kağıt, bitkisel liflerin özel aletlerle dövülmesi sonucu liflerin keçeleşmesi, saçaklanması, su emerek şişmesi ve mekanik etkiler sonucu kesilmesinden sonra elek üzerinde oluşturulan safihanın kurutulmasıyla hidrojen bağlarının oluşumu sonucu belirli bir sağlamlık kazanan düzgün safihadır (Eroğlu, 1990).

Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi dünya genelindeki en geniş sanayi kollarından biridir. Bu sanayide Kuzey Amerika, Kuzey Avrupa ve Doğu Asya ülkeleri hakimdir. Ayrıca Latin Amerika ve Avustralya da önemli kağıt ve kağıt hamuru endüstrisine sahiptir. Önümüzdeki birkaç yıl içinde, Çin ve Hindistan'ın endüstrinin büyümesinde anahtar ülkeler olacağı beklenmektedir (Bajpai, 2014).

Günlük yaşantımızda kağıt çok önemli bir yer tutmaktadır. Okuduğumuz gazete ve dergiler, yazdığımız mektuplar, okullarda kullanılan defter ve kitaplar, satın aldığımız tüketim mallarının ambalajı, çocuk bezleri, kağıt mendiller ve diğer temizlik kağıtları, kullandığımız para ve okuduğumuz kitaplar vs. hep kağıttan yapılmıştır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Bugün çeşitli kullanma amaçlarına göre çok çeşitli kağıtlar üretilmektedir. Kağıdın önemli özelliklerinden birisi de  $m^2$  ağırlığı, yani gramajıdır. Buna göre üç çeşit lıf sel ürüne ayrılabilir;

- a. Kağıt 10-150  $g/m^2$
- b. Karton 150-400  $g/m^2$
- c. Mukavva 400-1200  $g/m^2$

Uluslararası istatistiklerde ise kağıt ve kartonlar kullanma amaçlarına göre iki ana gruba ayrılır. Bunlar;

- a. Kültürel kağıt ve kartonlar
- b. Endüstriyel kağıt ve kartonlar

Gazete, dergi, kitap, yazı kağıdı gibi kültürel kağıt ve kartonlar yazı ve baskıya uygun olmalıdır. Endüstriyel kağıtlar ise ambalaj, kutu imali, temizlik kağıtları, fotoğraf kağıdı, elektriksel izolasyon kağıtları vs. gibi ticari yaşamda kullanılan kağıt ve kartonlardır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Kağıdın ilk olarak kendir lifleri, bambu gövdeleri ve ağaç kabuklarından Çin'de elde edildiği bilinmektedir (Alfred, 1943). Hatta daha sonra yapılan araştırmalar da ise dokunmuş kumaştan, çok eski tarihlerde bilinen ve kullanılan keçenin Türkler tarafından icat ve imal edilmiş olduğu; dolayısıyla lifli hücrelerin keçeleştirilmesiyle elde edilen kağıdın imalinde de Türklerin yol göstermiş olduğu saptanmıştır (Lewie, 1936).

Bitki liflerinin çoğundan kağıt yapılabilir. Fakat bu bitkilerin mevcut miktarları, elde edilecek kağıdın mahiyeti ve maliyeti göz önüne alınırsa, kağıt üretiminde hammadde olarak kullanılacak bitkilerin sayısının fazla olmadığı görülür. Değişik hammaddelerden elde edilen her lifin kendine has özelliği olup, lif sahip olduğu özelliğini kağıda vermektedir.

Yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunları kağıt hamuru üretimi için ana hammadde kaynağını oluşturmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2004). Kağıt endüstrisinde iğne yapraklı ağaç odunlarından uzun lifli hamurlar, yapraklı ağaç türü odunları ve benzer lif özelliklerine sahip çoğu yıllık bitki saplarından elde edilen hamurların kısa lifli hamurlar olarak isimlendirilmesi alışkanlık haline gelmiştir. Uzun lifli iğne yapraklı ağaç odunu hamurları kağıt yapımında safiha direncini olumlu yönde artırırken; kısa ve ince liflere sahip yapraklı ağaç odunu ve yıllık bitki hamurları formasyonu homojen olan fevkalade yüzey düzgünlüğüne sahip kağıtlar verirler. Bu nedenle, dünyada olduğu gibi ülkemizde de değişik kağıt türlerinin üretimi için uzun ve kısa lifli hamurlar harmanlanarak kullanılmaktadır (Kırcı, 2003).

Kağıt endüstrisindeki teknolojik gelişmeler, hammadde teminindeki zorluklar ve artan çevre bilinci, bu endüstri ile ilgili araştırmaları alternatif yöntemler geliştirmeye yönlendirmiştir (Casey, 1980; Jurasek ve Paice, 1990). Günümüzde teknolojinin her geçen gün gelişmesiyle azalacağı düşünülen kâğıt tüketimi, bunun tam tersine teknolojinin gelişmesiyle artmıştır. Dünya'da kâğıt tüketimine olan gereksinimin artması, buna karşın kâğıt üretiminde kullanılan selülozun hammaddesi olan odun, saman, pamuk gibi doğal

kaynakların azalması, orman yetiştirilmesinin uzun süre alması, çevre kirliliği ve enerji maliyetlerinin artması, kâğıt üreticilerinin kullanılmış kâğıt kaynağına yönelmesini zorunlu kılmıştır (URL-1, 2013).

Türkiye orman kaynakları kıt olan bir ülkedir. Bu nedenle odun hamuru ithal edilmektedir. Odun hamuru üretimi başlı başına büyük bir organizasyondur. Fabrikanın kullanabileceği orman alanları, hammaddenin fabrikaya nakli ve işlenmesi yoğun çabalar ve büyük yatırımlar gerektirir. Bu tür fabrikalar hammadde kaynaklarına yakın olmak için orman içine ve nehir kenarına kurulmuşlardır. Bazıları nakliyeyi nehir üzerinden tomrukların nehre atılmasıyla yapmaktadırlar. Bu nedenle, çalışma alanının çapı oldukça büyük olmaktadır. Bu tür yatırımların maliyeti ise oldukça yüksektir.

Kullanılmış kâğıdın hammadde olarak kullanılması fabrika kurulum alanını küçültmektedir. Kâğıt hamuru üreten fabrikalarda olduğu gibi bu fabrikalar da hammadde kaynaklarına yakın olmak isterler. Bu nedenle, büyük şehirlerin kenar bölgeleri tercih edilir. Bu şehirlerde ortaya çıkan kullanılmış kâğıt bireysel toplayıcılar tarafından toplanmaktadır. Marketler, matbaalar, kentlerin belediye çöplükleri ve çöp bidonları hammadde temini için kullanılan kaynaklardır. Bunlar yetmediğinde komşu şehirler ve en sonunda diğer ülkeler hammadde temini için kullanılan ek alanlardır (Yakut, 2012).

Kullanılmış kâğıtlar 5 temel grupta sınıflandırılabilir:

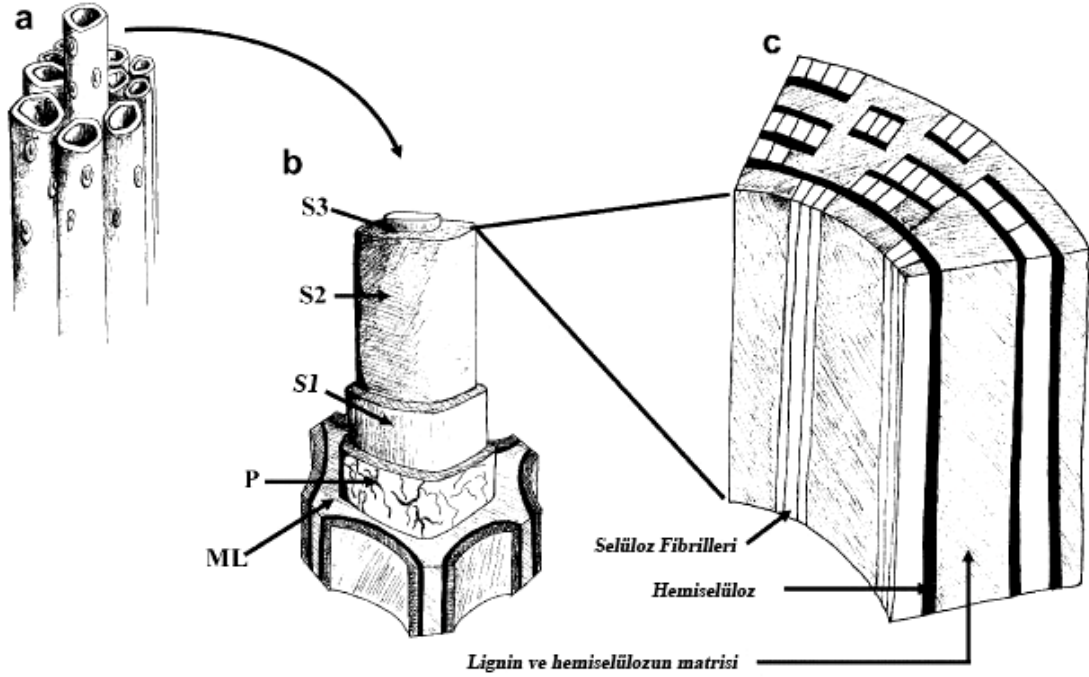
- Karışık atıklar (MOW)
- Oluklu ambalaj atıkları (OCC)
- Eski gazete kâğıtları (ONP)
- Selüloz alternatifi atıklar
- Yüksek vasıflı matbaa atıkları

## **1.1 Genel Bilgiler**

### **1.1.1 Odunun Kimyasal Yapısı**

Odun esas olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşur. Odunu oluşturan hücrelerde bu maddeler uygun şekilde bir araya gelmişlerdir. Selüloz hücre çeperinin iskeleti, hemiselüloz ve lignin mikrofibrillerin aralarını dolduran hücre çeperine katı ve rijit bir

özellik kazandıran maddelerdir (Kırcı, 2000). Hücre çeperi, bu üç ana bileşenin haricinde suda ve organik çözücülerde çözünebilen ekstraktif maddeleri ve külü oluşturan inorganik maddeleri de içerir. Ancak, bu maddelerin oranları selüloz, hemiselüloz ve lignine oranla çok daha küçüktür (Gönteki, 2006). Odun dokusunun yapısı Şekil 1’de verilmiştir.

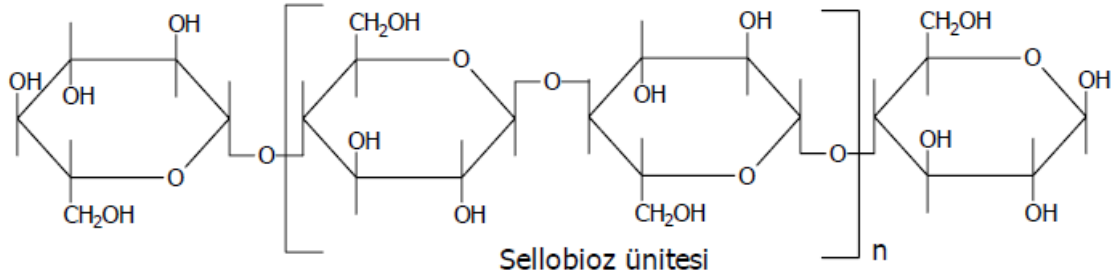


Şekil 1: Odun dokusunun yapısı. a: bitişik hücreler, b: hücre duvarının tabakaları. S1, S2, S3: sekonder çeperin tabakaları, P: primer çeper, ML: orta lamel, c: sekonder çeperdeki selüloz, lignin ve hemiselülozun dağılımı (Kirk ve Cullen, 1998).

### 1.1.1.1 Selüloz

Selüloz odunun kuru ağırlığının yaklaşık %45’ini oluşturur. Doğrusal bir polimer olan selüloz sellobioz moleküllerini oluşturan  $\beta$ -1,4 glikozidik bağlar ile bağlanmış D-glikoz ünitelerinden oluşur. Bu moleküller hidrojen bağları ve Van Der Waals güçleri ile birbirine bağlı elementer fibril denilen uzun zincirleri oluşturur. Hemiselüloz ve lignin mikrofibrillerin etrafını çevirir. Mikrofibrillerin boyuna eksen ile yaptığı açılar hücre duvarının her bir tabakasında farklılık gösterir. Selüloz mikrofibrillerinin düzenli olarak dizildiği kısımlara kristalin selüloz, dağınık bir şekilde dizildiği kısımlara amorf selüloz

denilmektedir. Amorf yapıdaki selüloz enzimatik degradasyona daha hassastır (Béguin ve Aubert, 1994). Selüloz molekülünün kimyasal yapısı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2: Selüloz molekülünün kimyasal yapısı.

### 1.1.1.2 Hemiselülozlar

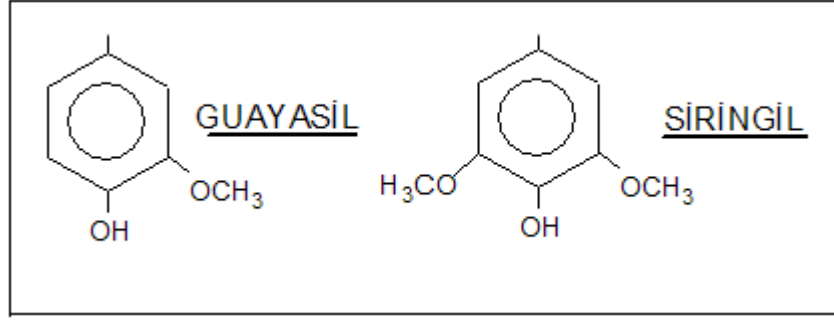
Hemiselülozlar karmaşık karbonhidrat polimerleridir ve odunun kuru ağırlığının yaklaşık %25-30'unu oluşturur. Selülozdan daha düşük polimer ağırlığa sahip bir polisakarittir. D-ksiloz, D-mannoz, D-galaktoz, D-glukoz, L-arabinoz, 4-O-metil-glukuronik asit, D-galakturnik asit ve D-glukuronik asitten oluşur. Şekerler birbirlerine  $\beta$ -1,4- ve nadir olarak  $\beta$ -1,3-glikozidik bağlar ile bağlanırlar. Yapraklı ağaç odunlarındaki hemiselülozlarının esas bileşeni glukuronoksilandır. Oysa, iğne yapraklı ağaç odunlarındaki hakim şeker glukomannandır.

Selüloz ile hemiselülozlar arasındaki temel fark hemiselülozların farklı şekerlerden oluşan kısa yana doğru zincir şeklinde dallanmasıdır. Ayrıca, hemiselülozlar selülozun tersine kolayca hidrolize edilebilen bir polimer olup, DP'si 50-300'dür (Baeza ve Freer, 2000).

### 1.1.1.3 Lignin

Lignin (selüloz ile birlikte) doğada oldukça bol bulunan bir polimerdir. Lignin odun hücrelerine yapısal destek ve sızdırmazlık sağlar. Ayrıca, hücreye oksidatif stres ve mikrobik saldırılara karşı direnç sağlar. Farklı tip bağlarla birleşmiş fenilpropan ünitelerinden oluşur. Odunun kuru ağırlığının yaklaşık %20-30'unu oluşturur. Lignin yapısal olarak amorf heteropolimerdir. Ligninde 3 farklı propionik alkol vardır. Bunlar, koniferil alkol (guyasil propanol), kumaril alkol (*p*-hidroksifenil propanol) ve sinapil alkoldür (siringil propanol). Koniferil alkol iğne yapraklı ağaç odunu ligninlerinin asıl

bileşenidir. Oysa, yapraklı ağaç odunu ligninlerinin esas bileşenleri guyasil ve siringil alkollerdir. Ligninin yapı taşı olan fenil propan birimleri birbirlerine C-C, eter bağları ve pinoresinol tipi bağlanma ile bağlanırlar. Lignindeki bağların %40'ını β-aril eter oluşturur (Fengel ve Wegener, 1989). Ligninin aromatik yapı birimleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: Ligninin aromatik yapı birimleri (Deniz, 2012).

#### 1.1.1.4 Ekstraktif Maddeler

Ekstraktifler odunda bulunan düşük moleküler ağırlıklı trigliseritler, waksar, steril esterler, steroller, serbest uzun zincirli yağ asitleri ve reçine asitlerinden oluşan lipofilik bileşenlerdir. Odun ekstraktifleri fizyolojik olarak üç gruba ayrılır. Bunlar, koruyucu reçineler, depo(lama) reçineleri ve bitki hormonlarıdır. Koruyucu reçineler; terpenler, reçine asitleri ve fenolik bileşiklerden oluşur ve ağacı biyolojik zararlara karşı korur. Yağlar, yağ asitleri ve waksar gibi depo reçineleri ağacın yedek besin kaynaklarıdır. Bitki hormonları fitosterollerdir. Odun ekstraktiflerinin bileşimi ve oranı türler arasında değiştiği gibi aynı ağaç türünde coğrafi konum, yılın mevsimi ve ağacın farklı bölgelerinde de (dal, gövde) değişiklik gösterir (Fengel ve Wegener, 1989).

Lipofilik odun ekstraktifleri yağ asitleri, reçine asitleri, waksar, alkoller, terpenler, steroller, sterol esterler ve gliseritlerden oluşur (Sjöström, 1993). Bu ekstraktiflerin her biri kağıt hamuru üretimi esnasında ve sonrasında farklı kimyasal davranışlara sahiptirler. Asidik yöntemlerde lipofilik ekstraktifleri uzaklaştırmak oldukça zordur. Buna karşın, kraft yöntemi gibi alkali yöntemlerde toplam ekstraktif miktarı ekstraktiflerin bileşimi kadar önemli olmayabilir (Dunlop-Jones vd., 1991).

Kraft hamur üretimi esnasında gliserol esterler tamamen sabunlaşır, yağ asitleri ve reçine asitleri ise çözünür. Buna karşın, steroller, bazı sterol esterler ve waksalar kraft yönteminde kullanılan alkali şartlar altında çözünebilir sabunlar oluşturmazlar. Bu yüzden, bu bileşikler birikinti oluşturmaya meyillidirler ve zift problemlerine sebep olurlar (Swan, 1967; Affleck ve Ryan, 1969; Leone ve Breuil, 1998). Sabunlaşabilen ekstraktiflere göre bu bileşiklerin daha yüksek oranda bulunması kavak ve okaliptüs gibi kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılan yapraklı ağaç odunlarından kraft kağıt hamuru üretiminde zift problemi oluşumunun ana sebebidir (Swan, 1967; Allen, 1988; Allen vd., 1991; Dunlop-Jones, 1991; Sitholé vd., 1992; Chen vd., 1995; Leone ve Breuil, 1998).

### 1.1.2 Kağıt Hamuru Üretim Yöntemleri

Kağıt hamuru üretiminde üç ana yöntem bulunmaktadır.

Bunlar;

- a. Kimyasal yöntemler
- b. Yarı kimyasal yöntemler
- c. Mekanik yöntemler

Kimyasal kâğıt hamuru prosesinde kimyasal katkısıyla lignin çözülerek liflerin ayrılması sağlanır. Daha sonra lifler yıkanarak ligninden uzaklaştırılır. Böylece elde edilen kimyasal kağıt hamuru daha beyaz, parlak, sağlam ve ışığa daha dayanıklıdır. Kimyasal proses hem teknik hem de ekonomik sebeplerden dolayı seçilir. Genel olarak sülfat, sülfid ve alkali çözeltileri hem lignini çözdüğü ve hem de ucuz olduğundan tercih edilirler (URL-2, 2013).

Mekanik hamur üretiminde hedef odunu oluşturan lifsel yapıdaki hücreleri mekanik güç kullanarak serbest hale getirmektir. Bu esnada odun bileşenlerinde çok az kayıp meydana geldiğinden verim yüksektir. Lignin ayrılmadığı için lifler katıdır. Mekanik işlem sırasında liflerde kalıcı hasar ve parçalanma meydana gelmektedir. Bu nedenle mekanik hamurdan yapılan kağıtların direnç özellikleri kimyasal hamurlardan belirgin şekilde daha düşüktür (Kırcı, 2003).

Bazen yarı kimyasal veya yüksek verimli kimyasal hamur üretimi ismi de verilen özel yöntemler de uygulanmaktadır. Yarı kimyasal kağıt hamuru üretiminde kimyasal yöntemlerdeki gibi bir pişirme işlemi uygulanıp odun yongaları yeterince yumuşatıldıktan

sonra mekanik güç kullanılarak liflere ayrılmaktadır. Üretilen hamurun kalitesi genellikle kimyasal hamurdan düşük, mekanik hamurdan daha iyidir. Verim ise orta seviyededir (Kırcı, 2003).

Şu anda üretilen kimyasal kağıt hamurunun çoğu kraft yöntemiyle gerçekleştirilmekte olup, 1950'li yıllara kadar en fazla kullanılan yöntem olan sülfite yöntemi hala dünya kağıt hamuru üretiminin %10'unu, kraft yöntemi ise %80'ini karşılamaktadır (Johansson vd., 1987).

### **1.1.2.1 Kraft Kağıt Üretimi**

Kimyasal hamur üretiminde amaç odundaki lifleri bir arada tutan ve çoğunlukla ligninden oluşan orta lameli kimyasal yolla çözerek (delignifikasyon=lignin giderme) lifleri bireysel hale getirmektir. Bu işlem sırasında hücre çeperi içerisindeki lignin ve hemiselülozların büyük bir kısmı da çözüldüğünden bireysel hale geçen liflerin esnekliği de artar. Lifleri serbest hale getirmek için mekanik enerji kullanılmadığından, lifler üzerinde mekanik hasar bulunmaz. Dolayısıyla, mekanik ve yarı kimyasal hamurlara göre, kimyasal hamurdan yapılan kağıtlar daha sağlam lifler arası bağ yapar ve kağıdın direnç özellikleri yüksek olur (Kırcı, 2000).

Kraft yöntemine sülfat yöntemi de denilmektedir. Sülfat denmesinin sebebi de pişirme çözeltisinin geri kazanılması esnasında sodyum sülfatın, sodyum sülfüre indirgenmesindedir. Kraft kağıt hamuru koyu renkli ve son derece dayanıklıdır (Casey, 1980).

Kraft yönteminde kullanılan kimyasallar sodyum sülfür ( $Na_2S$ ) sodyum hidroksit ( $NaOH$ )'tir. Sülfür, ligninin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece, yongalar soda yönteminkinden daha kısa bir süre sıcak alkaliye maruz kalırlar. Odundan kağıt hamuru elde etmek için sülfürlerin kullanımı ile ilgili ilk patent ise 1870-1871 yılında A.B.D.'de Eaton tarafından alınmıştır (Kocurek, 1989).

Bir odun yongasında, orta lamelden ligninin uzaklaşmasına bağlı olarak liflerin serbest hale gelmesi dış taraftan içe doğru devam eder. Kimyasal yöntemle kâğıt hamuru üretiminde odun yongalarından ligninin uzaklaştırılması üç aşamada meydana gelir.



Birinci aşama başlangıç delignifikasyonudur. Bu fazda, lignini çözmek için gerekli kimyasal maddeler yonga içersine girerek lignini parçalamaya başlar. Bu evrede odundan uzaklaştırılan lignin miktarı oldukça azdır.

İkinci aşama olan delignifikasyon reaksiyonlarının arttığı ve odun yongasından aşırı derecede ligninin ayrıldığı faza yoğun delignifikasyon denilmektedir. Yoğun delignifikasyon aşamasının başında lifler birbirine yapıştırıcı rol oynayan ve çoğunlukla orta lamelde bulunan ligninin yoğun olarak uzaklaştığı liflerin birbirinden ayrılmaya meyletmesi elektron mikroskopisi yöntemleriyle de kanıtlanmıştır.

Üçüncü aşamada ise yoğun delignifikasyonun tamamlandığı ve orta lameldeki lignin tükendiğinden lifler hiçbir mekanik güce ihtiyaç duyulmadan serbest hale gelmeye başladığı evredir. Delignifikasyon eğrisi yatayla paralel bir eğim göstermeye başlar. Bu evrede yalnızca hücre çeperi içersindeki kalıntı lignin çözeltilmeye başlar. Kalıntı delignifikasyonu denilen bu aşamada karbonhidrat bozunma reaksiyonları da hızlanmaya başlar (Lindholm, 1993; Kırıcı, 2000).

Pişirme işleminin uzatılmasıyla hücre çeperinden daha fazla lignini uzaklaştırmak mümkündür. Selüloz molekülleri üzerine olan kimyasal ataklar sonucu molekül zinciri kopmaya ve tahrip olmaya başlar. Bu yüzden hamurun sağlamlık özelliklerini muhafaza etmek için çok uzun süreli pişirmelerden kaçınılır (Kırıcı, 2000).

Kraft metodu, günümüzde dünya genelinde en çok kullanılan kimyasal kâğıt hamuru üretimi yöntemidir. En büyük avantajları; pişirme çözeltilsinin geri kazanılabilir özellikte olması, birçok değişik odun türlerinin kullanılabilmesi ve bazı yan ürünlerin elde edilebilir olmasıdır. Ancak, su-hava ve çevre kirliliğine neden olması ve yatırım-işletme masraflarının yüksek olması gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır (Üner ve Şahin, 2004).

### **1.1.3 Kağıt Üretiminde Kullanılan Hammaddeler**

Kağıt üretiminde kullanılan başlıca hammadde selülozdur. Ancak, günümüzde çevrenin korunması ve atık kağıtların değerlendirilmesi amacıyla kullanılmış (atık) kağıtlar toplanılarak yeniden değerlendirilmektedir. Kağıt üretiminde kullanılan maddeleri genel olarak aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz (URL-2, 2013).

- **Kimyasal Odun Hamur Selülozları:** Odundan elde edilen ve ağartılmış veya ağartılmamış hamurları kapsar.
- **Odun Hamuru:** Odundan elde edilen ve mekanik, termomekanik ve kimyasal termomekanik olarak üretilen odun hamurlarını kapsar.
- **Yıllık Bitkilerden Üretilen Hamur Selülozları:** Odun dışındaki, buğday sapı, çeltik sapı, bagasse, kendir, kenevir, kamış, jüt, bambu gibi yıllık bitkilerden kimyasal ve yarı kimyasal olarak elde edilen hamur ve selülozlar olup ağartılmış ve ağartılmamış halde kullanılırlar.
- **Atık Kağıt Hamuru:** Sadece kağıt-karton üretiminde kullanılmaya elverişli; eski kağıt, hurda kağıt, kırpıntı kağıt, toplama kağıt veya geri kazanılan kağıt olarak çeşitli şekilde ifade edildiği, atık kağıtlardan elde edilen kağıt hamurunu kapsar.

## 1.2 Atık Kağıt

Atık kağıt, herhangi bir kullanım alanında fonksiyonunu tamamlayan ve atılan her türlü kâğıt, karton ve mukavvalara denilmektedir. Gazeteler, dergiler, broşürler, kataloglar, telefon rehberleri, bilgisayar kağıtları, yazı kağıtları, karton, mukavva, ambalaj kağıdı, kâğıt fabrikalarından çıkan kopuk kâğıtlar, dönüşüm sırasında çıkan kırpıntı kâğıtlar, gazete basan matbaalardan çıkan hatalı gazete baskıları, baskı fazlası gazete kâğıtları atık kağıtlara örnek olarak verilebilir (URL-17, 2014).

İcadından buyana kağıdın elde edilmesinde kullanılan odun, pamuk, jüt, saman, kamış, kendir gibi asıl hammadde kaynakları yanında atık kağıt gibi ikincil lif olarak bilinen kaynaklarda kağıt üretiminde önemli yer tutmaktadır (Usta, 2004).

Kağıt geri dönüşümü dünyadaki sayısız ülkede uzun yıllardır yapılmaktadır. Kağıt geri dönüşümü ve kağıt ile ilgili ürünler sürdürülebilir ekonomik büyüme için çok önemlidir. Dönüşüm işlemi depolama alanı ve maliyetten tasarruf sağlar, kağıt üretimi için gerekli olan enerji gereksinimlerini ve değerli doğal kaynakların tüketimini azaltır (odun, su,

mineraller ve fosil yakıtlar). Bu ise topluma sağlanan önemli ve karlı bir hizmettir (Bajpai, 2014).

Atık kağıdın geri kazanılması, kağıdın ana hammaddesi olan orman varlıklarının korunması yanında, kağıt üretiminde ortaya çıkan diğer kirliliklerin azalmasına, su ve enerji kaynaklarının tasarrufuna imkan sağlayacaktır. Bu bakımdan ülkemizde de atık kağıdın geri dönüştürülmesi bir devlet politikası olarak benimsenmelidir (Demir, 1995).

Dünya genelinde atık kağıtların toplanarak yeniden kağıt üretiminde değerlendirilmesi üzerine olan ilgi artarak devam etmektedir. Bu durumun oluşmasında özellikle son yıllarda ormanların kağıt ve orman ürünleri endüstrisi için aşırı tüketilmesi sonucu ekolojik dengede kaydedilen olumsuz etkiler önemli yer tutmaktadır. Ayrıca toplumun bilinçlenmesi ve zaten hazır halde kağıt sayfa yapısında bulunan selülozun yeniden ve defalarca kullanılabilceğinin bilinmesi de atık kağıt geri dönüşüme olan ilginin artmasına neden olmaktadır (Şahin, 2013).

Ülkemizde atık kağıt toplanması ve kullanımı 80'li yıllardan sonra gelişmeye başlamış olup, atık kağıdın hammadde olarak kullanımı özel sektör tarafından daha çok tercih edilmektedir. 1990 yılında SEKA'nın atık kağıt alımındaki payı %16, özel sektörün ise % 84 iken, 2001 yılında SEKA'nın payı % 5'e düşmüş, özel sektörün payı ise % 95'e ulaşmıştır. Atık kağıt kullanımında her geçen yıl biraz daha artış sağlansa da atık kağıt ülkemizde halen gelişmemiş yöntemlerle toplandığı için sanayiye dönüş oranı düşük kalmaktadır.

Atık kağıt üretimde diğer hammaddelerle karıştırılarak kullanılabilceği gibi gelişen teknoloji sonucu %100 atık kağıt kullanılarak elde edilen ürün sayısı artmaktadır. Özellikle ambalaj kağıdı ve karton türlerinde atık kağıt kullanımı daha yaygındır (Usta, 2004).

Atık kağıdın birinci elden cinslerine ayrılarak depolanması gerekmektedir. Cinslerine ayrılmadan toplanan karışık atık kağıtlar daha çok katma değeri düşük olan gri karton, imitasyon karton, şrenz fluting, testliner ve kroma karton gibi kağıt türlerinin üretiminde kullanılmaktadır. Oysa, cinslerine ayrılarak depolanmış olan atık kağıdın açma, mürekkep giderme, temizleme ve beyazlatma kademelerinden geçilerek katma değeri daha yüksek olan kağıt türlerinin üretiminde kullanılması mümkün olmaktadır. Dolayısıyla atık

kağıtların cinslerine göre toplanarak depolanması ve bunları işleyecek sistemlere sahip olunabilmesi oldukça önemlidir (Sakarya ve Canlı, 2011).

Kullanılmış kağıtların %15-20'lik kısmını pratik olarak kağıt üretiminde geri kazanarak kullanmak mümkün değildir. Çünkü kullanılmış kağıtların lifleri her seferinde ortalama %15-20 oranında zayıflar (Byström ve Lönnstedt, 1997). Kullanılmış kağıtların tekrar işlenmesinden dolayı selülozik liflerin boylarında görülen bu kısalma nedeniyle kısa lifler elekte kalamadığından prosesten atık olarak ayrılır. Ülkemizde atık kağıt işleyen oluklu mukavva üreten fabrikaların ürettiği kağıt kalitesine göre %5 ile %20 arasında lif kaybı olmaktadır. Bu sebeple geri dönüşüm ile oluklu mukavva yapan fabrikalarda bile günde yaklaşık 9 ton kağıt atığı geri dönüşümde kullanılamamakta ve çevreye atılmaktadır (Yiğiter vd., 2012).

### **1.2.1 Atık Kağıtların Sınıflandırılması**

Kağıt üretimi ve kağıt dönüşüm işlerinde birçok tip ve özellikte maddelerin kullanılması, kağıtların sınıflandırılarak geri dönüşümlerinin yapılmasını daha da önemli kılmıştır. Amaca uygun ve başarılı bir atık kağıt geri dönüşüm işleminin temelini, benzer türdeki kağıt gruplarının aynı anda işleme sokulması oluşturur (Şahin, 2009). Genel olarak, benzer türdeki kağıtların aynı anda geri dönüşümlerinin yapılması ile geri kazanılan selüloz liflerinin kalitesinin yükseldiği ve prosesin veriminin olumlu yönde etkilendiğine inanılmaktadır. Bu nedenle, aynı özellikteki kağıtların bir arada, büyük miktarlar halinde tesislerde işlenebilmesi için, atık kağıt ürünlerinin daha ilk oluşumu veya geri dönüşüm tesislerine ulaştırılması esnasında özelliklerine göre sınıflandırılması ve aynı sınıf kağıtların bir arada geri dönüşümlerinin yapılması, başarılı bir prosesin gerçekleştirilmesi için önemlidir (Thomson, 1992).

Kağıt esaslı ürünlerde lifsel (selüloz) maddeler dışında birçok doğal ve sentetik madde bulunabilir. Bu maddelere örnek olarak tel, zımba, iplik, plastik kaplama malzemeleri, sentetik yüzey kaplamalar, nişasta, kil, mürekkep verilebilir. Atık kağıtlarda bu tip maddelerin türü ve miktarı, geri dönüşüm işlemlerinde verim ve kalite yanında üretim maliyetini de önemli derecede etkilemektedir (Mulligan, 1993). İnsanların günlük kullanımında faydalandığı kağıtlar çok farklı şekilde üretilmiş olabilir. Örneğin, mekanik veya ağartılmamış kimyasal hamur içeren düşük kalitedeki yazı kağıtları, gazeteler, zarflar,

ambalaj kağıtları ile birlikte yüksek kaliteli ağartılmış kimyasal hamurdan üretilen fotokopi kağıtları vb. (Thomson, 1992; Mulligan, 1993). Atık kağıtların sınıflandırılması, sayfa yapısı, kullanılan dolgu veya yüzey maddeleri tipi, üretim teknolojilerine bağlı olarak çok değişik şekilde yapılabilir. Diğer kâğıt sınıflarından kalite ve sayfa yapısı olarak belirgin şekilde ayrılan, geri dönüşüme konu olan kağıt ve karton ürünleri 5 ana sınıf altında özet olarak belirtilmiştir (Kleinau, 1990; Mulligan, 1993; Thomson, 1992). Geri dönüşümü yapılacak kağıt sınıfları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Geri dönüşümü yapılacak kağıt sınıfları.

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

### 1.2.2 Kağıt Üretiminde Liflerde Meydana Gelen Değişmeler ve Bu Değişimlerin Kağıt Özellikleri Üzerine Etkileri

Lifler bireysel selüloz moleküllerinden oluşmuştur. Bir selüloz lifi içinde bulunan alt birimleri küçükten büyüğe doğru selüloz molekül zincirleri, filamentler, fibriller ve lif şeklinde sıralayabiliriz. Selüloz molekülleri kristalitler içerisinde birleşerek ip şeklinde ve lif boyuna paralel olarak uzanırlar. Fibriller kısmen kaba morfolojik birimlerdir. Filamentler içinde selüloz zincirleri sıkıca bağlandığından su içine nüfuz edemez, fakat arasına girebilir. Filamentler elektron mikroskobu altında kolayca görülebilirler. Saçaklanma sonucu fibriller gevşeyerek filamentler ortaya çıkar ve dövmenin mekanik etkisi sonucu olarak filamentler gevşer. Filamentlerin lif yüzeyine çıkmaları (dış saçaklanma) birbirleriyle ilişkiye gelerek bağ oluşturabilecek yüzey alanını artırır. Lif içindeki filamentlerin gevşemesi ise lifin bükülebilirliğinde artışa neden olur. Buna iç saçaklanma denir. Bu nedenle, lif ağı içinde tutulan su miktarı da artar (Casey, 1961; Spencer vd., 1970; Emerton, 1965; Vilars, 1978). Liflerin şişmesi genellikle iç fibrillenme olarak adlandırılır (Page, 1989). İç fibrillenme mikroskop yardımıyla gözlemlenebilmektedir (Page ve de Grace, 1967).

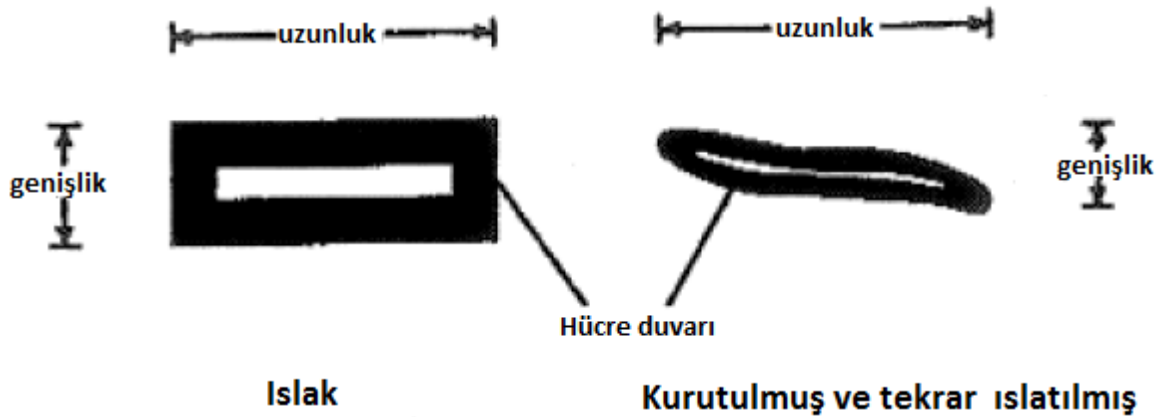
Dövme işlemi, lifler arası bağları kopararak suyun hücre çeperine, dolayısıyla lifler arasına girmesini sağlar ve bunun sonucu olarak da lifler esnek bir yapı kazanır. Esnek liflerin oluşması, liflerin bağ yapma yüzeyini dolayısıyla bağ yapabilme kapasitesini etkilediğinden bu durumdaki liflerden üretilen kağıtların optik ve mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Cao vd., 1999).

Şişme, kağıt üretimi için son derece önemli olan ve liflerin su veya kimyasal maddelerle temas etmesi sonucunda görülen fizikokimyasal bir olaydır. Su molekülleri, lif içindeki boşluklara nüfuz ederek polar bir çözücü gibi hidrojen bağlarını açmakta ve selüloz liflerini şişme için uygun hale getirmektedir. Şişme esnasında selüloz molekülleri arasındaki hidrojen bağları kırılmakta ve su molekülleri hidrojen bağları arasına yerleşmektedir. Böylece, su molekülleri hidrojen bağları yardımıyla selüloz liflerinin amorf kısımlarında bulunan serbest OH<sup>-</sup> gruplarına bağlanmakta ve lifler bu olayın sonucu olarak şişmeye başlamaktadır. Şişmenin derecesi lifin taşıdığı serbest hidroksil gruplarına bağlıdır (Luukko ve Maloney, 1999; Hafizoğlu, 1982).

Hücre çeperi içerisindeki suyun miktarı, yani lifin şişme derecesi hamur özellikleri açısından çok önemli ve gereklidir. Şişme; kağıt üretim prosesinde katkı maddelerinin adsorpsiyonu da dahil olmak üzere tüm safhaları etkilemektedir. Şişme; ayrıca ıslak sonda, pres kısmında suyun uzaklaştırılmasında, kurutma kısmında ve bağ yapısında etki göstermektedir (Maloney vd., 1998). Su içerisinde hamur liflerinin şişebilirliği, bu liflerden kağıt yapımı ve kağıt özellikleri ile yakından ilgili olduğu için önemli bir parametredir (Ottetam vd., 1991).

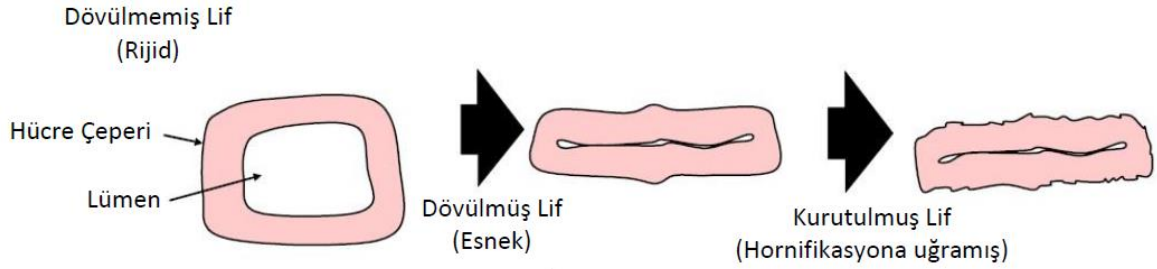
Selülozun şişmesini etkileyen birçok faktör vardır. Kristalen ve amorf bölgelerin oranı, lif yapısındaki OH<sup>-</sup> gruplarının miktarı, çözücünün cinsi ve konsantrasyonu gibi birçok değişken bu faktörler arasında sayılabilir. Ayrıca, şişmenin derecesi; sıcaklık, pH, asidik gruplar, elektrolit konsantrasyonu, vb. birçok çevresel ve kimyasal faktörlerin etkisine de bağlı olarak değişim göstermektedir (Hafizoğlu, 1982; Scallan, 1983; Lindström ve Carlsson, 1982b).

Kağıt selüloz lifleri arasında hidrojen bağlarının oluşması ile üretilir. Geri dönüşüm sırasında yaş pres ve kurutma, hücre duvarlarının çökmesine ve açıklıklarının kapanmasına neden olup, hidrojen bağlarını etkilemektedir (Üner ve Şahin, 2004). Kurutma işlemi sırasında kağıdın genellikle çekmesi ve lifler arası bağ oluşturması veya hücre lümeni ve çeperleri arasında bulunan açıklıkların kapanması ve daha sonra tekrar su ile muamele edildiğinde oluşan bu bağların açılmamasına hornifikasyon denir (Minor, 1994). Hornifikasyon selüloz liflerinde fiziksel ve kimyasal bir değişim olarak tanımlanır (Weise, 1998). Kuruma etkisi sonucu bireysel lif boyutlarındaki değişim Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4: Kuruma etkisi sonucu bireysel lif boyutlarındaki değişim (Brancato, 2008; Üner ve Şahin, 2004).

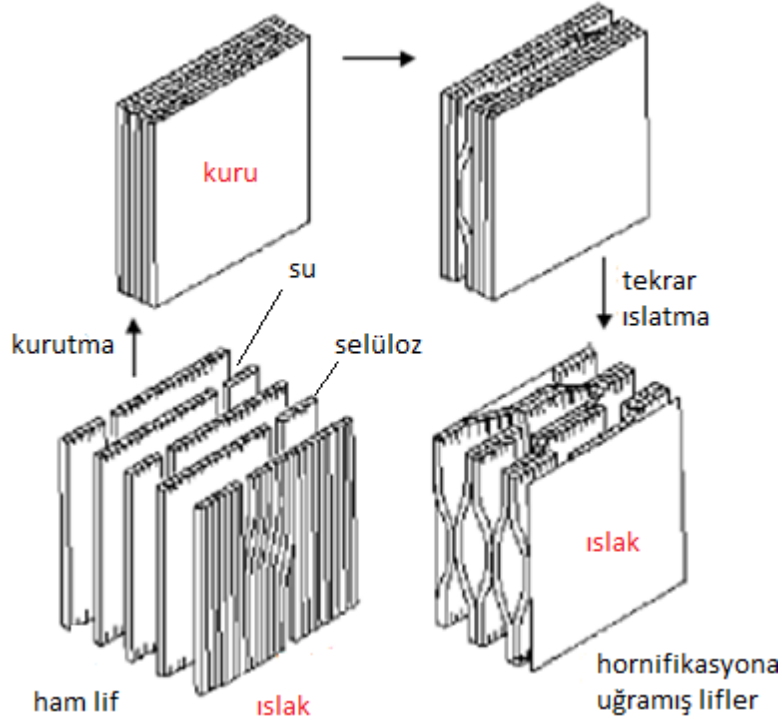
Hornifikasyon mekanizması suyun uzaklaştırılması sonucu selüloz liflerinin birbiri ile daha sıkı bir yapı oluşturmasıdır. Selüloz liflerinin kuruması ve tekrar su ile muamelesi sonucu mikrofibrillerin yeniden oryantasyonu ve karbonhidrat zincirlerinin birbirlerine karşılık gelecek şekilde düzenlenmesi sonucu daha yoğun hidrojen bağları oluşmakta ve selülozun kristal yapısı artmaktadır. Yüzey gerilmeleri ile oluşan kuvvetlerde karşı yüzeylerin birbirini çekmesi sonucu boşlukların kapanmasına neden olmaktadır (Minor, 1994). Bu olay lifler arasında oluşacak bağları ve dolayısıyla kağıt direnç özelliklerini etkilemektedir. Hornifikasyon bağ yapmak için elverişli yüzey alanını azaltmakta ve kağıdın çekme, kopma, patlama, katlama dirençlerini ve yoğunluğunu düşürmektedir (Üner ve Şahin, 2004).



Şekil 5: Dövme ve kuruma etkisiyle lif şekillerindeki değişim (Hubbe, vd., 2007).

Geri dönüşüm sırasında kağıt tekrar su ile muamele edilir. Su polar bir madde olduğundan hidrojen bağlarını koparıp tekrar oluşturabilen bir yapıya sahiptir. Presleme ve kurutma işlemi sırasında lifler biraraya gelmekte ve birbirleri arasında güçlü hidrojen bağları oluşturmaktadır. Oluşan bağlar ve kapanan lümenler nedeniyle suyun hücre lümenlerine ve diğer açıklıklara girmesini önlenmektedir (Üner ve Şahin, 2004) (Şekil 5). Kurutma ve ıslatma işleminin tekrar edilmesi ile hücre çeperi üzerinde bulunan açıklıkların kapanmasıyla daha yoğun bir çeper yapısı ortaya çıkmakta aynı zamanda liflerin bağlanması ile çeper üzerinde radyal yönde çatlaklar oluşmaktadır (Oye vd., 1991). Hornifikasyon olayı Şekil 6'da verilmiştir.





Şekil 6: Selüloz mikrofibrillerinin kuruma etkisiyle yapısının değişimi (hornifikasyon) (Brancato, 2008; Üner ve Şahin, 2004)

Genel olarak hiç kurumamış selüloz liflerinden elde edilmiş kağıtlara göre, atık kağıtlardan yeniden imal edilmiş kağıtlarda, karakteristik olarak kalite düşmektedir. Özellikle direnç özelliklerinde 4. dönüşüme kadar yüksek oranda azalmalar olmaktadır. Bu durumun oluşmasındaki sebepler ise bireysel lif direncinin, uzunluğunun, çözelti içindeki şişme özelliğinin değişmesi sonucu selüloz liflerinin aralarındaki hidrojen bağ yapabileme kabiliyetlerinin azalması olarak verilebilir (Üner ve Şahin, 2004). Elektron mikroskobu ile yapılan çalışmada; kağıtların geri dönüşümünden kazanılmış selüloz liflerinin (sekonder lif), hiç kurumamış bakir liflere göre daha ince, kısa ve enine kesit alanları daralmış olduğu açıklanmıştır (Minor, 1994).

Safihalarda mekanik direnç özelliklerinin oluşması ve geliştirilmesinde selüloz liflerinin bireysel boyutları (kalınlık ve uzunluk) önemlidir. Zira, bitkisel kaynaklardan elde edilmiş liflerin kağıt yapımına uygunluğunun pratik olarak belirtilmesinde de liflerin bireysel boyut özellikleri (runkel oranı, lif keçeleşmesi, lif kabalığı, vb.) göz önüne alınmakta ve temel kural olarak: uzun ve ince liflerden, kalın ve kısa liflere göre daha yüksek direnç özelliklerine sahip kağıtlar elde edilmektedir (Biermann, 1993). Bireysel lif boyları

azalmış, enine kesit alanları daralmış küçük boyutlu lifler kırıntı lif olarak tanımlanmaktadır (Laiyin ve Scallan, 1996; Wistara vd., 1999).

Eşdeğer dövme zamanlarında, geri dönüştürülmüş lif içeren kağıtların birincil liften elde edilenlere göre yoğunluğu daha az ve genellikle geçirgenliği daha fazladır. İkincil lifler dövüldüğü zaman daha fazla kırıntı lif oluşur. Kırıntılar lifler arasına girerek bağların güçlenmesini sağlar. Dövme esnasında serbest kalan kırıntı lifler şişme potansiyelinden ziyade süspansiyondaki spesifik yüzey alanını arttıırırlar. Dolgu maddesi gibi davranırlar. Direnç özellikleri üzerinde az, drenaj özellikleri üzerinde çok büyük etkileri vardır (De Ruvo vd., 1986). Geri dönüştürülmüş lifler birincil liflerden daha düşük sağlamlığa ve daha yüksek drenaj direncine sahiptirler (Bhatt vd., 1991).

Tablo 2’de geri dönüşümde kullanılan bazı proses ekipmanlarının lif özelliklerine etkisi özet olarak gösterilmiştir (Spangenberg, 1993).

Tablo 2: Geri dönüşüm işlem ekipmanlarının selüloz lifleri üzerine etkisi (Şahin, 2013).

<b>Özellik</b>	<b>Etki Eden Proses Ekipmanı</b>
Lif boyutu	Lif açma/hamurlaştırıcı Yoğurucu/karıştırıcı Dövme/rafinasyon
Lif morfolojisi	Lif açma/hamurlaştırıcı Ağartma Dövme/rafinasyon Kurutma
Lif yüzey özellikleri	Ağartma Mürekkep giderme Kimyasal madde eklenmesi Kirleticilerin kimyasal özellikleri
Safiha yapısındaki liflerin özellikleri	Elekler Temizleyiciler Mürekkep giderme Kağıt makinesi

Hemiselülozlar da selüloz gibi hidrofilik maddelerdir ve liflerin şişmesine yardım etmektedir. Ancak hemiselülozların hücre çeperinden uzaklaştırılması liflerin şişme özelliğini negatif yönde etkileyebileceği belirtilmiştir (Berthold ve Salmen, 1997; Oksanen vd., 1997). Hemiselülozların nisbeten kısa zincir uzunlukları ile açıklanan bu hidrofilik niteliği, liflerin çok miktarda su alarak jelatinli bir hidrata dönüşmelerine neden olup şişme sağlar ve filamentleri birbirinden ayırarak fibrilleşme meydana getirir (Houtz ve Kurtz, 1939). Bu madde tarafından meydana getirilen yüksek derecede jelatinli yüzey, kağıttaki liflerin kurutulmasıyla meydana gelen kuvvetli bağların nedenidir (Casey, 1961). Diğer bir etkide, hemiselülozlar üzerindeki aynı yüklü iyonik grupların azalması olarak gösterilebilir. Zira birbirini itici grupların azalması hücre çeperi üzerinde bulunan açıklıkların kapanmasına ve liflerin birbiri ile bağ yapmasına neden olmaktadır. Bu durumun sonucu olarak da lifler esnek ve plastik özelliklerini kaybetmektedir (Üner ve Şahin, 2004).

Hamurdaki lignin miktarı da geri dönüşüm özelliklerini etkilemektedir. Ağartılmış hamurlar ağartılmamış hamurlara göre daha çok hornifikasyona uğrarlar. Hornifikasyon bir karbonhidrat olgusu olarak görülmektedir (Klungness ve Caulfield, 1982; Laivins ve Scallan, 1993).

Yaş pres sırasında liflerde hornifikasyon olayı gözlemlenmektedir. Çünkü yaş presde ıslak safihadan, dolayısıyla su alarak şişmiş haldeki hücrelerden su sürekli olarak uzaklaştırılmaktadır. (Carlsson ve Lindström, 1984). Islak safihadan ilk uzaklaştırılan su şişmiş hücre çeperleri arasındaki serbest sudur. Bu suyun uzaklaştırılmasından sonra hornifikasyon işlemi başlamaktadır (Üner ve Şahin, 2004). Lifler yassılaştırmış, lümen ise çökmüş durumdadır. Suyun büyük bir çoğunluğu kurutma işlemi sırasında uzaklaştırılmaktadır (Scallan, 1974).

Yaş presleme işlemi ile hücre lümenleri ve çeperleri basınç altında kalmakta, birbirleri arasında kohezyon kuvvetleri oluşmakta ve yapışmalarını sağlamaktadır. Tekrar su ile temasa geçtiğinde ise bazıları hücre çeperindeki kalıcı deformasyondan dolayı açılmamaktadır (Üner ve Şahin, 2004). Kapanan boşluklar liflerin su tutma değerini etkilemektedir. Liflerin su tutabilme değeri hamur içinde bulunan tüm su yada hücre çeperi ve lümeninde tutulan tüm su olarak anlaşılmaktadır. Dövme işleminden sonra oluşan mikrofibriller üzerinde tutulan su da buna dahildir (Carlsson ve Lindström, 1984). Presde

kalma süresi ve pres basıncı hornifikasyonun artmasına neden olmaktadır (Maloney vd., 1997).

Kağıtların geri kazanılması sonucu liflerin bağlanma potansiyeli geri dönüşümsüz olarak değişmekte ve bunun sonucu olarak geri kazanılmış selüloz liflerinden üretilen kağıtların kopma uzunluğu, patlama ve katlama direnci, yoğunluğu ve uzamasının azaldığı buna karşılık yırtılma direncinin, opaklığın, bükülgenliğin ve yansıtma yeteneğinin iyileştiği gözlenmiştir (McKee, 1971; Çıldır ve Howarth, 1972; Horn, 1975; Van Wyk ve Gerischer, 1982; Howard, 1990; Oye vd., 1991). Geri dönüşüm sayısı arttıkça kağıtların yoğunluğu azalır (Bajpai, 2006). Direnç kayıpları liflerin içendeki bağ direncinde ve bağ sayısındaki azalma ya da bağlanma potansiyelindeki azalmalar sonucu oluşabilir (Guest ve Weston, 1986).

Atık kağıdın gazete, ambalaj kağıdı ve karton gibi ürün sınıflarında kullanımı mevcut kullanım oranındaki performansı ve ürün kalitesinde göze çarpan bir bozulmaya neden olmamaktadır (Cabalova vd., 2009). Kullanılan kağıt ürünlerinin geri dönüşüm oranlarında beklenen artış ofis kağıdı ve dergi kağıdı gibi yüksek kaliteli ürünlerde geri dönüştürülmüş liflerin önemli derecede tüketiminin artmasını gerektirmektedir. Atık kağıt kullanımının genişletilmesine teşvik etmek için, atık kağıt lifi ile birincil lif arasındaki farklılıkların temel niteliklerinin anlaşılması gereklidir. Aslında geri dönüştürülmüş lifler kullanılmış liflerdir ve atıktır. Geri kazanılmış kağıttan elde edilen hamurun kalitesi doğrudan liflerin geçmişinden etkilenmektedir. Bu nedenle, bu liflere nasıl işlem uygulanacağını bilmek için liflerin geçmişine yani kökenine bakılmaktadır (Bajpai, 2014).

Lif özelliklerini değiştirmek için, farklı laboratuvarlarda geri dönüşüm ile ilgili birçok çalışama yapılmıştır. Bazı araştırmacılar liflerin bağ yapma yeteneklerini, hücre duvar özelliklerini ve lif yapısındaki değişiklikleri iyileştirmenin farklı geri dönüşüm prosedürleri, test yöntemleri ve teçhizatı kullanılarak mümkün olabileceğini savunmuşlardır (Bouchard ve Douek, 1994; da Silva vd., 2007; Kato ve Cameron, 1999; Khantayanuwong vd., 2002; Khantayanuwong, 2003; Somwand vd., 2002; Song ve Law, 2010; Zanuttini vd., 2007).

Özellikle mekanik odun hamurlarından üretilmiş kağıtların geri dönüşümlerinde, kimyasal odun hamurlarından üretilenlere göre, liflerde belli derecelerde yumuşama ve esneklikle

birlikte kolay kıvrılma (curl) olduğu açıklanmıştır (Howard ve Bichard, 1992). Mekanik kağıt hamurları hem fiziksel hemde kimyasal olarak kimyasal kağıt hamurlarından farklıdır. Bu nedenle, geri dönüşümün etkisinde farklı olur. Kimyasal kağıt hamurları tekrarlanan kurutma ve şişmeye maruz kaldıklarında hornifikasyona uğrarlar ve başlangıçtaki yüksek bağlanma potansiyelini önemli ölçüde kaybederler (Bouchard ve Douek, 1994; da Silva vd., 2007; Kato ve Cameron, 1999; Khantayanuwong vd., 2002; Khantayanuwong, 2003; Somwand vd., 2002; Song ve Law, 2010; Zanuttini vd., 2007).

Hornifikasyon derecesi liflerin su tutma kapasitesi (WRV: Water Retention Value) ile ölçülebilmektedir (Kim vd., 2000). Kimyasal hamurların aksine, başlangıçta daha zayıf olan mekanik hamur liflerinin yapısı geri dönüşüm ile bozulmaz ve hatta bağlanma yetenekleri dahada iyileştirilebilir. Birçok çalışma mekanik hamur liflerinin daha iyi geri dönüştürülebilirlik gösterdiğini ortaya koymuştur (Ackerman vd., 2000; Maloney vd., 1998; Weise ve Paulapuro, 1998).

Verimi düşük sülfat ve sülfat hamurlarında geri dönüşüm, kopma uzunluğu, patlama ve katlanma dirençlerinde önemli bir azalışa sebep olurken, yoğunluk ve uzamada daha az azalışa sebep olmaktadır. Yırtılma indisi, katılık (rijitide), opaklık ve hava geçirgenliğinin ise genellikle arttığı görülmüştür. Bu değişiklikler büyük ölçüde bağlanma potansiyelinin azalmasına sebep olan liflerin esnekliğinin ve şişme kapasitesinin azalmasına atfedilmektedir (Laivins ve Scallan, 1993). Düşük verimli kimyasal hamurların kurutulması esnasında, hücre çeperindeki selüloz zincirleri arasında hidrojen bağları oluşur ve bu bağlar tekrar ıslatıldığında şişmezler. Hornifikasyon kağıdın yoğunluğunu, patlama ve kopma direncini düşürür, iç bağlanma kapasitesini azaltır. Ancak, sülfat hamurları ile yapılan çalışmalar dövülmüş hamurların aksine, dövülmemiş hamurlarda kuruma ve tekrar ıslanma işlemleri esnasında kopma direncinin arttığını ortaya koymuştur (Howard, 1995; Howard ve Bichard, 1992; Valade vd., 1994).

İkincil liflerden elde edilen kağıtların özelliklerini kısa lifler, artan kırıntı miktarı ve atık kağıttan elde edilen hamurdaki kirleticiler de etkilemektedir. Eleme ve temizleme ile çok az kirletici sistemden uzaklaştırılabilmekte geriye kalanlar ise üretime dahil olmaktadır. Eğer süspansiyondaki kirleticiler ayrı ayrı parçacıklar halinde ise üretilen kağıt yüzeyindeki görünür lekelerin sayısı daha fazla olacaktır. Eğer kağıt üzerine yazı baskı işlemi uygulanacaksa, artan kir miktarı kağıt yüzeyinin kalitesini bozmaktadır (Smith ve

Bunker, 1993). Sert kirleticiler kağıt safihası ile birlikte pres bölümüne taşınırsa kağıt üzerinde delikler ve küçük benekler oluşur. Kağıt üzerindeki deliklere tolere gösterilmez ve kökenine bakılmaksızın düzeltilmesi gerekir. Preslerde kirletici birikmesi kağıt yüzeyinde çökmelere neden olur. Bu özellikle yazı baskı işlemleri uygulanacak kağıtlarda kağıtların yüzey kalitesini bozmaktadır (Bajpai, 2014).

Mürekkep gibi görünür kirleticiler kağıtların parlaklığını azaltarak yazı baskı kağıtlarında ve gazete kağıtlarında gölge oluştururlar. İkincil liflerdeki kirleticiler tutkallamayı da etkilemektedir. Hamur hazırlama evresi alkali şartlarda yapıldığı için, geri dönüştürülmüş kağıdın kökeninde kullanılan geleneksel tutkallar kaybolur ve yenisi ile değiştirilmesi gerekir. Diğer bir etki ise tutkallama esnasında kirletici maddelerle yapışkan maddeler doğrudan bağlanabilir. Kullanılan atık lif özelliklerinin kağıt direnç özellikleri üzerinde çok büyük etkisi olmasına rağmen atık hamur içindeki kirleticilerde direnç özelliklerini etkilemektedirler (Bajpai, 2014).

### **1.2.3 Geri Dönüşümü Etkileyen Faktörler**

Geri dönüştürülmüş kağıt hamuru kalitesi aşağıdaki faktörlerden etkilenmektedir (Howard, 1995):

- Hamur çeşidi
- Kağıt yapım prosesleri, dönüştürme, kullanım ve depolama
- Geri dönüşüm işlemleri

Hamur türlerinin geri dönüşüme farklı etkileri vardır. Dövülmemiş kimyasal hamurlar ile dövülmüş kimyasal hamurlar geri dönüşüm esnasında aynı şekilde davranmazlar. Gerçek davranışları hamurların kurutulup kurutulmamasına bağlıdır. Hiç kurutulmamış ve dövülmemiş hamur liflerinin şişebilirliği son derece yüksektir ve bu nedenle daha dirençli birincil kağıtlar elde edilir. Fakat kurutma esnasında hornifikasyon nedeniyle lifler potansiyel bağlanma yeteneklerini kaybederler ve bu yüzden geri dönüşümden sonra daha zayıf ve hacimli kağıtlar elde edilir (Mohlin ve Alfredsson, 1990; Page, 1985).

Howard ve Bichard (1992), standart laboratuvar şartlarında hazırladığı 11 farklı hamurun geri dönüşüme farklı tepkiler gösterdiklerini bulmuştur. Mekanik hamur lifleri, daha düz ve esnek bir hale gelerek daha güçlü ve yoğun kağıtlar vermişlerdir. Dövülmüş kimyasal

hamur lifleri hornifikasyona uğramışlar ve sonuç olarak daha hacimli ve zayıf kağıtlar oluşturmuşlardır.

Kimyasal termomekanik hamurlar (CTMP) bir kez kurutulduğunda termomekanik (TMP) hamurlar ve taş ile öğütme sonucu elde edilen hamurlar (SGW) gibi davranmaktadırlar. Geri dönüştürülmüş ve ağartılmış sülfat ve sülfid hamurlarından elde edilen kağıtların yoğunluğu, kopma uzunluğu ve patlama direnci azalmakta, yırtılma indisi ve hava geçirgenliği artmaktadır (Howard ve Bichard, 1992).

Yapraklı ağaç odunu hamurları ile yıllık bitkilerden üretilen hamurların geri dönüşüm esnasında gösterdiği davranışlar hakkında çok fazla bilgi mevcut değildir (Yamagishi ve Oye, 1981). Ağartılmış soda hamuru lifleri de şişme özelliklerinin azalmasından dolayı bağlanma kapasitelerini kaybederler. Lignin içeriğinden dolayı ağartılmamış CTMP hamurlarında hornifikasyona daha az rastlanmaktadır. Kimyasal kağıt hamurlarında başlangıçtaki dövme derecesi ne kadar büyük olursa, geri dönüşümde hamur kalitesindeki değişim o kadar fazla olmaktadır (Lundberg ve De Ruvo, 1978; McKee, 1971).

Dövme esnasında kırıntı lifler oluşur ve bu kırıntılar kağıt yapım prosesinde veya geri dönüşüm esnasında sistemden uzaklaşmadıkça geri dönüştürülmüş hamurlar içerisinde mevcut kalmaktadır. Birincil kağıt hamuru lifleri ile karşılaştırıldığında geri dönüştürülmüş kağıt liflerinin serbestlik derecesi daha düşüktür ve bunun sebebi kırıntı liflerdir (Bovin vd., 1973; De Ruvo ve Htun, 1981; De Ruvo vd., 1978). Geri dönüştürülmüş kırıntılar kağıtta dolgu maddesi görevi görürler. Fakat, bağlanma özelliklerini iyileştirmezler (Szwarcztajn ve Przybysz, 1978).

Lif süspansiyonunun hazırlanması kırıntılarının oluşumunun yanısıra lif uzunluğunda azalmasına sebep olur. Geri dönüşüm esnasında kırıntı lifler sistemden uzaklaşmadıkça geri dönüştürülmüş hamurdaki ortalama lif uzunluğu birincil liflerle karşılaştırıldığında daha kısa, kırıntı lif içeriği ise daha fazla olacaktır. Kimyasal kağıt hamuru liflerinin şişme özelliğindeki azalma, lif boylarının kısalması ve kırıntı miktarının artması geri dönüşüm potansiyelini azaltmaktadır (Bajpai, 2014).

Yaş preslemenin geri dönüşüme olan etkisi hakkında çok fazla bilgi yoktur (Carlsson ve Lindstrom, 1984; Pycraft ve Howarth, 1980). Yaş preslemenin olumsuz etkisi olarak

hornifikasyona örnek verilebilir. Fakat, kurutma esnasında meydana gelen hornifikasyon yaş preslemedekinden daha fazladır (Howard ve Bichard, 1992).

Kağıt yapımında her zaman kimyasal katkı maddeleri kullanılır. Kağıt katkı maddeleri ve üretim yardımcıları atık kağıttan yeniden kağıt üretiminde ve birincil liflerden kağıt üretiminde belirli oranlarda kullanılır. Tutunma, boyutlandırma ve sağlamlık maddeleri geri dönüştürülmüş kağıttan kağıt yapımı esnasında kullanılan kimyasalların etkinliğini ve atık kağıt işleme proseslerini etkiler. Şap ve yapıştırma kimyasallarının geri dönüşüm potansiyelini bekleneninde ötesinde azalttığı tespit edilmiştir (Eastwood ve Clarke, 1977; Guest ve Voss, 1983; Horn, 1975).

Lindstrom ve Carlsson (1982a), birincil kimyasal kağıt hamuru liflerinin şişmesi ve bu liflerden yapılan kağıt özellikleri üzerine kimyasal ortamın etkilerini araştırmışlardır. Ağartılmamış birincil hamur liflerinin asidik ortamda daha az şiştiğini ve direnç özelliklerinin alkali ortamda kurutulanlara göre daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Ağartılmış kağıt hamurlarının ise düşük asidik grup içermesi nedeniyle başlangıç pH'ından etkilenmediğini ortaya koymuşlardır.

Geri dönüşümün lifler üzerine etkileri kağıt hamuru üretimi ve kağıt yapım aşamasının geçmesine bağlıdır. Fakat, bu etkiler beşinci döngüden sonra unutulup gitmektedir. Bazı geri dönüştürülmüş kağıt hamurlarından üretilen kağıtlar beşinci döngüden sonra %10-30 direnç kaybına maruz kalmaktadırlar. Bu kayıpları iyileştirmede belirli yüzey yapıştırma maddeleri büyük rol oynamaktadır (Nazhad, 2005).

Pycraft ve Howarth (1980), geri dönüşüm potansiyelinde kağıt makinesindeki kurutma silindirlerinin sıcaklığında etkili olduğunu bulmuşlardır. Kurutma esnasında sıcaklığın yükseltilmesi liflerin yeniden şişme özelliğini azaltmaktadır (Lundberg ve De Ruvo, 1978; De Ruvo vd., 1978; De Ruvo, 1980). Ayrıca, bu araştırmacılar geri dönüştürülmüş kağıttan yeniden kağıt yapım esnasındaki kurutma sıcaklığının yükseltilmesi halinde uzun dövme aşamasında bile liflerin su tutma kapasitelerini (WRV) yeniden kazanamayacaklarını ortaya koymuşlardır.

Kalenderlemeninde geri dönüşüm potansiyeli üzerinde önemli etkisi vardır. Gottsching ve Stiirmer (1978), geri dönüşümden sonra kalenderleme ve süper kalenderleme esnasında



kağıtların yırtılma direnci ve kopma uzunluğunun azaldığını ve lif boylarının kısaldığını belirtmişlerdir.

Yazı baskı işlemleri geri dönüştürülmüş kağıtların en çok optik özelliklerini etkilemektedir. Geri dönüştürülmüş kağıtların parlaklığını mürekkep giderme işlemlerinden sonra arta kalan mürekkep miktarının yanısıra parçacık boyutunda etkiler. 50 µm'dan küçük mürekkep parçacıkları insan gözü tarafından bireysel olarak görülemez. Fakat, bu parçacıkların varlığı kağıdın parlaklığını azaltır ve kağıda gri renk verir. 50 µm'dan büyük mürekkep parçacıkları kağıtta leke olarak görülebilmektedir (Bajpai, 2014).

Geri dönüştürülmüş kağıt hamurunun kalitesinde geri dönüştürme işleminden önceki mekanik, kimyasal ve ısıl işlem gibi prosesler de etkili olmaktadır. Yüksek yoğunluklarda mekanik etkinin liflere mikro sıkıştırma ve kıvrım verme özelliğinin olduğu bilinmektedir. Bu etki ile hamur yoğunluğu, esnekliği ve hacmi artar ve o hamurdan daha zayıf kağıtlar elde edilir (de Grace ve Page, 1976). Yüksek yoğunluklu mekanik etki pulperlerde, dağıtım birimlerinde ve ağartma aşamasında meydana gelebilmektedir. Lif kıvrıklığının kalıcılığı yüksek yoğunluklu aşamada mekanik etkilere ve sıcaklığa bağlıdır (Page vd., 1984).

Geri dönüşüm potansiyeline tüketicilerin etkisinin olup olmadığı hakkında çok fazla bilgi mevcut değildir. Tüketicilerin en önemli etkileri, eskimiş liflerin yanı sıra onlara dahada eski lifler ilave ederek kağıtların yaşlanmasına sebep olunmasıdır. Eğer gazeteler geri dönüşüm öncesinde uzun süre depolanırsa, direnç özelliklerinde azalma görülecektir (Andrews, 1990). Geri dönüştürülmüş kağıt hamurlarının kalitesinde tüketicilerin ve toplayıcıların farklı kalite derecesindeki kağıtları karıştırmalarında etkili olmaktadır (Springer vd., 1986).

Atık kağıt işleme prosesi kimyasal madde kullanımını gerektirir. Örneğin, eski gazete ve dergilerin hamurlaştırılması esnasında pulperlerde sodyum hidroksit, hidrojen peroksit, sodyum silikat, yüzey sağlamlık maddeleri ve tutundurma maddeleri vb. gibi tipik katkı maddeleri bulunmaktadır. Sodyum hidroksit hamur direncini arttırmasına rağmen, yüzey sağlamlık maddeleri hamur direncini düşürmektedir. Eğer yüzey sağlamlık maddeleri yıkanır ve kağıt makinasına taşınmazsa, yüzey gerilimi, bağlanma kapasitesi ve kağıt direnci düşülebilmektedir (Springer vd., 1986).

#### 1.2.4 Geri Dönüştürülmüş Liflerin Direnç Özelliklerini Arttırma Teknikleri

Geri dönüştürülmüş liflerin direnç özelliklerini iyileştirmek için birçok teknik kullanılmaktadır (Bhardwaj vd., 1997; Bhatt vd., 1991; Howard, 1995; Kessel ve Westenbroek, 2004; Sarkar, 1996). Kaybolan direnç özelliklerini yeniden kazanmak için genellikle dövme işlemi uygulanır (Chase, 1975). Dövme, geri dönüştürülmüş liflerin yeniden bağlanma özelliğini arttırmaktadır. Baker (1999; 2000), geri dönüştürülmüş liflerin kağıt yapma potansiyelini arttırmak için dövme uygulanabileceğini ve dövmenin etkisinin hamur türüne bağlı olduğunu belirtmiştir. Kağıt yapım aşamasında lifler yeniden şişme ve bağ yapma özelliğini çoğu zaman kaybederler. Bu nedenle, dövme gibi yoğun bir işlem liflerin özelliklerini yeniden kazandırmak için gereklidir (Lumiainen, 1992a,b; 1994a; 1995a,b; 1997).

Bhatt vd., (1991), ikincil liflerin direnç özelliklerini iyileştirmede en yaygın kullanılan yöntemleri dövme işlemi ve alkali ortamda yeniden hamurlaştırma olarak belirtmişlerdir. Kağıt yapım maliyetini azaltmak ve geri dönüştürülmüş liflerden kağıt yapma potansiyelini arttırmak için orta düşük yoğunluklu rafinörler kullanılabilir. Bununla birlikte, yanlış rafinör kullanımı suya karşı dirençte artma, lif uzunluğu, direnç ve hacimlilik değerlerinde azalma gibi negatif etkiler oluşturabilmektedir. İkincil lif potansiyeli birincil lif potansiyeli ile karşılaştırılmaz (Lumiainen, 1992b; 1994). Drenaj oranında azalma olmaksızın ve gereğinden fazla kırıntı lif oluşturmaksızın hamur özelliklerini geliştirme yöntemi olarak yüksek yoğunluklu rafinörler incelenmiştir (Fellers vd., 1978). Fakat, yüksek yoğunluklu rafinörlerin enerji tüketiminin daha fazla olduğu ve hamur özelliklerini geliştirme etkisinin düşük yoğunluklu rafinörlerden daha farklı olduğu bulunmuştur (Rangamannar ve Silveri, 1989).

Dövme, liflerin bağ yapma yeteneğini geliştirmek için fibriller oluşturur. Fakat, her geri dönüşüm lifleri zayıflatır ve geri dönüşü olmayan hasarlar verir. Eğer dövme işlemi doğru yapılmazsa, lif uzunluğunda kısalma ve yırtılma direncinde azalma görülür (Guest, 1991; Levlin, 1976). Ne yazık ki bu işlem çoğu zaman üretim kapasitesini ve drenajı azaltır. Artan dövme miktarı gelecek döngülerdeki direnç miktarlarını sınırlandırmaktadır. Yeniden hamur oluşturma gereksinimi değiştirmeden direnç özelliklerini geliştirmek için kimyasal katkı maddelerinin kullanılması, dövme işlemine alternatif bir yöntem olabilir (Chan, 1976).

Lifler arasında hidrojen bağı yapma kapasitesini artırma yeteneğine sahip anyonik polimerler ve lif ile kırıntılar arasında elektrostatik bağlar oluşturabilen katyonik polimerler olmak üzere sıkça kullanılan iki önemli reçine bulunmaktadır (Chan, 1976). Bu reçineler liflerin iç bağlanması için yüzey alanını ve direncini artırarak kağıtların direnç özelliklerini iyileştirmektedir (Linke, 1968). Atık kağıdın sodyum hidroksit ile muamelesi geri dönüştürülmüş liflerin direnç özelliklerini ve serbestlik derecelerini arttırmaktadır (Eastwood ve Clarke, 1977). Sodyum hidroksit ile muamele liflerin şişmesine ve dolayısıyla lif esnekliğine ve liflerin yüzeylerinin daha kolay şekil almasına katkı sağlar. Alkali ile muamele ve delignifikasyon işlemlerinin her ikisi geri dönüştürülmüş liflerden kağıt yapma potansiyelini arttırmaktadır (Bajpai, 2014). Eski oluklu mukavvaların (OCC) geri dönüştürülmesiyle elde edilen hamurların direnç özelliklerini geliştirmek maksadıyla alkali-oksijen delignifikasyonu üzerine çalışmalar yapılmıştır (De Ruvo vd., 1986). Delignifikasyon işlemi ile liflerin yumuşaması, şişmesi ve liflerden ligninin uzaklaştırılmasıyla bağlanma ve direnç özelliklerinin iyileştiği bulunmuştur (Markham ve Courchene, 1988).

Geri dönüştürülmüş liflerin direnç özelliklerini arttırmak için kullanılan en yaygın katkı maddesi KN'dir. Howard ve Jowsey (1989), KN ilave etme mekanizması üzerine çalışmışlar ve ıslak sonda ilave edilen KN'nin kopma direncini arttırdığını tespit etmişlerdir. KN'nin kağıdın birim alanı başına düşen bağlanma direncini arttırdığı bulunmuştur.

Geri dönüştürülmüş liflerin direncini arttırmak için liflerin soda ile muameleside yaygın olarak kullanılan kimyasal yöntemlerden biridir (Leufenberg ve Hunt, 1992). Ağartma işlemi de kimyasal muamele olarak düşünülebilir. O<sub>2</sub>, NaOH, ClO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gibi ağartma kimyasalları lif yüzeyindeki hidrojen bağları arasındaki açıklıklara girerek liflerin iç bağlanma potansiyelini iyileştirmektedirler (Minor ve Atalla, 1992; Sjöström, 1992; Freeland ve Hrutfiord, 1994). Öte yandan, Sheikhi ve Talaeipour (2011), şeker kamışı sapı küspesinden elde edilen hamurlardan yaptıkları kağıtları 3 kez geri dönüştürmüşler ve her dönüştürme evresinde hamurları NaOH ve etilamin ile muamele edip belirli bir serbestlik derecesine kadar dövme işlemi uygulamışlardır. Dövme işlemi ile doğrudan liflerarası bağlarla ilgili olan direnç özelliklerinin arttığını, geri dönüştürme esnasında NaOH ve etilamin ilavesinin dövülmüş liflere herhangi bir etki sağlamadığını belirlemişlerdir.

Ağartılmamış kraft hamurlarının hiç kurutulmadan önce sakkaroz ve glikoz gibi şekerler ile muamele edilip lif direncini artırma yönünde çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen kağıtlar geri dönüştürülüp tekrar kağıt haline getirildiğinde ise liflerin dirençlerinde hiç şeker ile muamele edilmeyen liflere göre iyileşme olduğu bulunmuştur. Ayrıca, glikoz şekerinin sakkarozu göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Zhang vd., 2004).

Eski oluklu mukavvalardan (OCC) elde edilen hamurun lif özelliklerini arttırmak için hamur ozon ile muamele edilmiştir. Ozonun hamurun kappa numarasını azaltmasına rağmen liflerin yüzeylerinde herhangi bir değişime sebep olmadığı bulunmuştur. Muamele edilmiş liflerden elde edilen kağıtlardaki nispi bağlanma alanının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, çekme direnci, kopma direnci, iç bağlanma direnci gibi kağıt özelliklerinin önemli derecede arttığı tespit edilmiştir. Ozon muamelesindeki artışların alkali muamelesi ve dövme işlemiyle sağlanan artışlarla benzer olduğu bulunmuştur (Zanuttini vd., 2005).

Enzimler nihai ürünün kalitesini etkilemeden ikincil liflerin serbestlik derecesini arttırmak için kullanılabilir. Hamurlar için en pratik ve ekonomik düzeyde olacak şekilde sıcaklık 45°C, pH 5, hamur konsantrasyonu %10 ve enzim konsantrasyonu %0,2 olan selüloz ve hemiselüloz preparatları 30 dakikanın sonunda incelenmiştir (Bhatt vd., 1991). Kessel ve Westenbroek (2004), tek bileşenli enzim kullanarak kağıt yapımı için önemli olan lif özelliklerinin olumlu yönde etkilendiğini bulmuşlardır. Lif uzunluğu sabit kalarak nispi bağ yapma alanı, liflerin esnekliği ve saçaklanması artmıştır. Endüstriyel kağıt hamuru ve tek bileşenli enzimler kullanılarak yapılan araştırmalar elek üzerindeki drenajın ve nihai kağıttaki hava geçirgenliğinin arttığını göstermektedir. Liflerin esnekliği ve nispi bağlanma alanı da etkilenmiştir. Laboratuvar koşullarında kullanılan dozlar ile karşılaştırıldığında enzimlerin daha düşük dozda kullanımı daha etkilidir.

Yapılan bir başka çalışmada ise geri dönüştürülmüş yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarından elde edilen hamurlar Novozym 342, Dinimax ve Pulpzyme HC enzimleriyle muamele edilmiştir. Lif süspansiyonundaki uzun lif oranının iğne yapraklı ağaçlarda azaldığı, yapraklı ağaçlarda arttığı bulunmuştur. Liflerin serbestlik derecesi başlangıçta %0,1 oranında azalmış daha sonra enzim ilavesi ile yeniden artmıştır. Enzimler ile liflerin temas açısının azaltılmasıyla liflerdeki kristalen bölgeler azaltılmış, böylece liflere esneklik kazandırılmıştır. Enzim muamelesinin yapraklı ağaç liflerinden elde edilen kağıtların kopma uzunluğunu artırdığı tespit edilmiştir. İğne yapraklı ağaç liflerinden elde edilen

kağıtların ise kopma uzunluğu değerlerini azalttığı görülmüştür. Her iki hamur türünden elde edilen kağıtların yırtılma direncinde azalma belirlenmiştir (Choi ve Won, 2001).

Değiştirilmiş akrilamidler, modifiye edilmiş KN ve bir enzim de dahil olmak üzere çeşitli kimyasal maddelerin selülaz ve hemiselülazla karışımının ikincil lif içeren karton kutuların ve eski kraft mukavvalarının drenaj ve direnç özelliklerini arttırıp arttırmadığı incelenmiştir (Bhardwaj vd., 1997). En iyi sonucu anyonik poliakrilamid vermesine rağmen bütün kimyasal katkı maddeleri hamur sağlamlığında ve drenajında önemli katkılar sağladığı tespit edilmiştir. Pergalese enzimi drenajı %40 oranında arttırdığı, fakat hamur sağlamlığına herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada (Sarkar, 1996), geri dönüştürülmüş liflerin drenaj özelliklerini ve sağlamlıklarını iyileştirmek için sentetik drenaj katkı polimerleri ile selülaz ve hemiselülaz enzimleri birlikte kullanılarak altı adet fabrika denemesi yapılmıştır. Liflerin serbestlik derecesinin artması sonucunda makine hızında gelişmeler kaydedilmiş, drenaj katkı polimerlerinin aktivitesi ve lif yüzeylerindeki modifikasyon işlemiyle direnç özelliklerinin iyileştiği görülmüştür.

Geri dönüştürülmüş kraft hamuru ile geri dönüştürülmüş yüksek verimli hamurun karıştırılması da direnç özelliklerini iyileştirmede kullanılabilir. Bazı kağıt fabrikaları geri dönüştürülmüş liflerden elde ettikleri kağıtlara ek direnç sağlaması için zaman zaman yapraklı ağaç lifi ilave etmektedir (Hubbe, vd., 2007). Bu, bazı ekonomik avantajları da beraberinde getirebilir. İlk olarak bahsi geçen hamurların uygun karışım oranlarının tespit edilmesi önem taşımaktadır. Hamur kalitesini geliştirmek için oksijen-alkali muamelesi veya alkali muamelesi, kimyasal katkı maddeleri ve karışıma uygun dövme miktarının incelenmesi gerekmektedir (Bajpai, 2014).

Fraksiyonlaştırma geri dönüşümlü kağıt hamuru performansını iyileştirmek için kağıt üretiminde oldukça yaygın kullanılan bir tekniktir. Bu teknik farklı kökenli lifleri ayırır ve böylece hamurlaştırmanın olumsuz etkilerini azaltmış olur (Kessel ve Westenbroek, 2004; Yu vd., 1994). Fraksiyonlaştırma çalışmaları, geri dönüştürülmüş hamurun fraksiyonlaştırılmasının hamur içindeki kül ve kırıntı liflerin yeniden dağıtılarak hamur ve kağıt özelliklerinin kontrol edilebileceğini ve geliştirilebileceğini göstermiştir. Putz vd., (1989), Almanya'daki atık bazlı ve kraft kağıt ihtiva eden hamurları kullanarak test liner ve oluklu mukavvanın orta katmanını üreten birçok kağıt fabrikasının uzun lifli fraksiyonlarını ayrı dövdüğünü ve eleme ile stoklarını ayırdıklarını bildirmişlerdir. Kısa ve

uzun lifli fraksiyonlar test liner ve oluklu mukavvanın orta katmanı gibi farklı kalitedeki kağıtları üreten iki farklı kağıt makinasında kağıda dönüştürülebileceği gibi aynı kağıdın farklı katmanlarını oluşturacak şekilde de kağıda dönüştürülebilirler.

### **1.2.5 Birincil Liflere Geri Dönüşüm Lif İlavesi**

Birincil lif temininde yaşanan sıkıntılar, geri dönüşüm liflerinin düşük maliyeti, artan çevre bilinci vb. gibi etkenler her geçen gün kağıt üretiminde geri dönüşüm liflerin kullanım oranının artmasına neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda Wistara ve Hidayah (2010), soda yöntemiyle elde edilmiş bambu hamurunun birincil liflerine %30 atık kağıt hamuru karıştırılarak yapılan deneme kağıtlarının yırtılma direnci haricindeki diğer direnç özelliklerinin arttığını belirlemişlerdir. Ghasemian vd., (2012), NSSC hamuruna %20, %30 ve %40 atık kağıt ilavesiyle elde edilen deneme kağıtlarının bütün sağlamlık özelliklerinin arttığını tespit etmişlerdir.

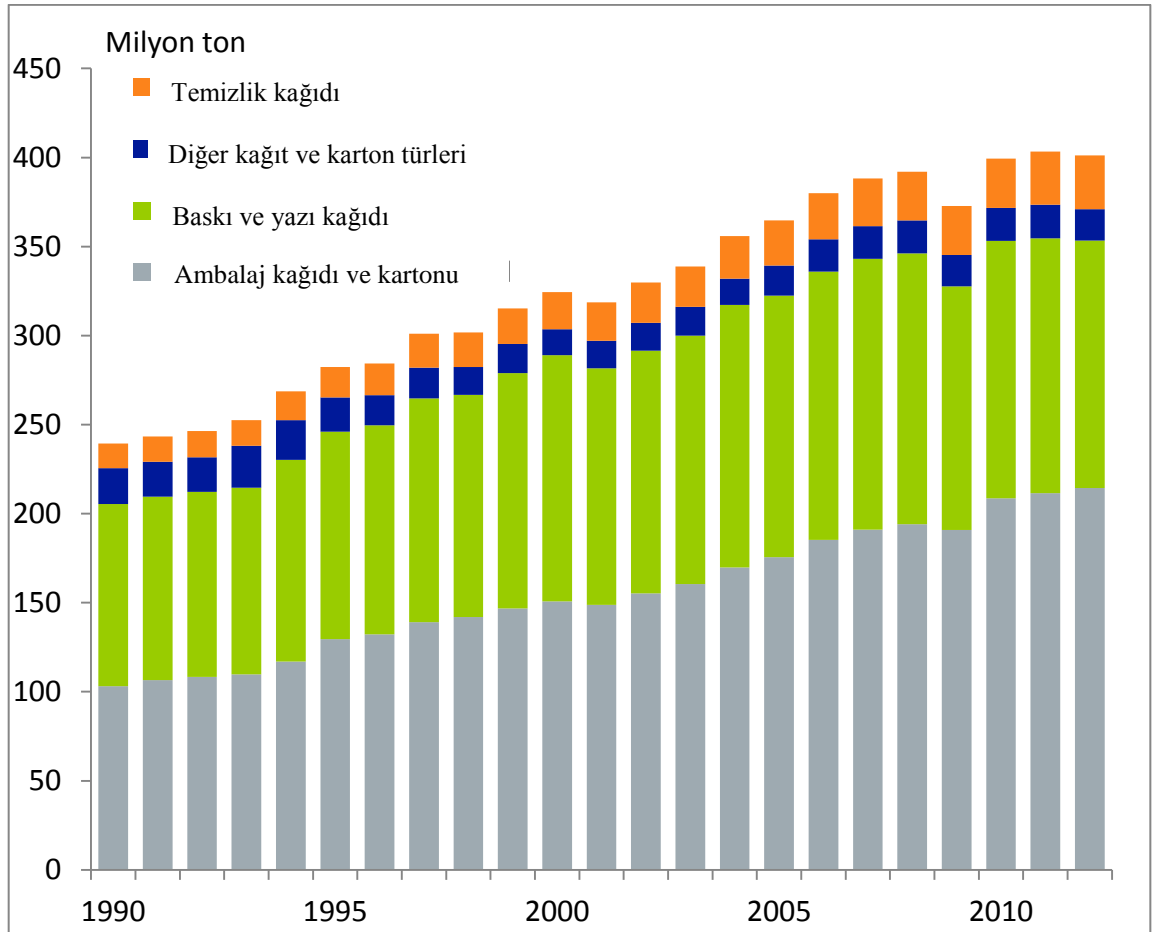
Diğer taraftan, Gülsoy vd., (2013), ağartılmamış sarıçam ve karaçam birincil liflerine %5, %10, %15, %20 ve %25 oranında atık kağıt lifi ilave etmişler ve bu işlemin kağıt özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kontrol örneği olarak atık kağıt lifi ilave edilmeksizin yalnızca karaçam ve sarıçam birincil liflerinden de deneme kağıtları yapmışlardır. Sonuç olarak, atık kağıt ilavesiyle deneme kağıtlarının yırtılma direnci dışında diğer direnç özelliklerinin azaldığı tespit edilmiştir. Kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında atık kağıt lifi içeren kağıtların hava geçirgenliğinin daha yüksek olduğunu bulunmuştur. Araştırmacılar sonuçların birincil kraft liflerine %10'a kadar atık kağıt lifi ilave edilmesinin direnç özelliklerinde önemli bir azalmaya sebep olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, bu atık kağıt ilave oranlarının ambalaj kağıdı üretimi için uygun olduğunu bulmuşlardır.

### **1.2.6 Dünya Kağıt-Karton Üretim ve Tüketimi**

Kağıt bir ülkenin sosyal ve ekonomik gelişimde önemli bir rol oynar. Gelişmekte olan ülkelerde ormanlık alanlar her yıl 13 milyon ha. azalmaktadır. 1960'dan beri Dünya nüfusu hızlı bir oranda artış göstermekte olup, yaklaşık her 15 yılda bir nüfus 1 milyar artmaktadır. Günümüzde yaklaşık 7 milyar olan Dünya nüfusunun 2075 yılında 12 milyar olması ön görülmektedir. Artan nüfus, okur-yazarlık oranı ve sanayileşme ile her geçen yıl

kağıt tüketimi artmaktadır. Örneğin, 1996-1997 yıllarında Dünya kağıt tüketimi 300 milyon ton civarında iken (Şekil 7), bu rakam günümüzde 400 milyonu aşmıştır. Günümüzde Dünya’da üretilen kağıtların %53’ü geri dönüşüm liflerden üretilmektedir (FAO, 2012). Ayrıca, birincil liflerden kağıt üretim miktarı 1980’den günümüze %38 artarken, geri dönüşüm liflerden elde edilen kağıt miktarı 1980’den günümüze %323 artmıştır. Bu genel tablo ışığında;

- Orman kaynaklarının daha verimli kullanılması,
- Yeni odun dışı (nonwood) lif kaynaklarını tespit edilmesi ve mevcutların kullanım oranlarının artırılması,
- Son olarak, atık kağıt kullanım oranının artırılması gibi konular her geçen gün daha da önem kazanmaktadır (Ashori, 2006).



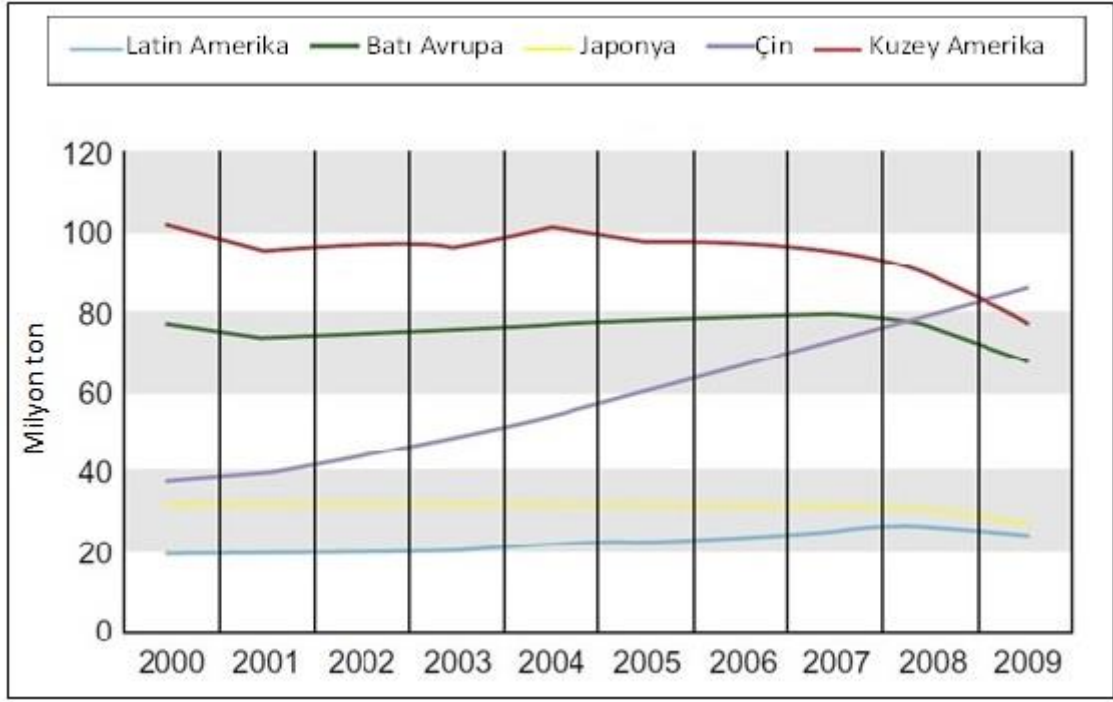
Şekil 7. Dünya kağıt ve karton üretiminin yıllara göre değişimi (milyon ton) (URL-3, 2014).

Kağıt, tarihin ilk yıllarından beri kültür iletişimini sağlamak maksadı ile kullanılmaktadır. Sanayileşmenin ve kültür faaliyetlerinin artması ile, kağıdın basın yayın faaliyetleri yanında, ambalaj sanayiinde de yaygın olarak kullanılması kağıt tüketiminin hızlı bir şekilde artmasına sebep olmuştur (Demir, 1995). Ülkelerin kağıt tüketimi gelir seviyeleri ile değişmektedir. Bir ülkede kağıt tüketim hızı kişi başına yada tüketilen kağıt miktarı ile belirlenmektedir. Birimi: kg kağıt/kişi/yıldır. Yani bir ülkede bir yılda tüketilen kağıt miktarını o ülkede yaşayan insan sayısına bölünerek kişi başına tüketilen kağıt miktarı tespit edilmektedir. Kullanılan ofis kağıtlarının bir kısmının (kitaplar, arşivler, yazışma, çeşitli mahkeme dosyaları vs.) ömrünün çok yıllı olduğu unutulmamalıdır (Öztürk, 2005). Kişi başına düşen kağıt tüketimi ülkeden ülkeye değişmektedir. Ekstrem durumlar dışında dünyada yıllık ortalama kişi başına düşen kağıt tüketimi 60 kg'dır. Çeşitli ülkelerde kişi başına düşen kağıt tüketimini Tablo 3'te, çeşitli ülkelerde toplam kağıt ve karton tüketimi ise Şekil 8'de verilmiştir (Bajpai, 2014).

Tablo 3: Çeşitli ülkelerin kişi başına düşen kağıt tüketimi.

Ülkeler	Kağıt Tüketimi (Kg/kişi/yıl)
ABD	265
AFRİKA ÜLKELERİ	7
ASYA ÜLKELERİ	40
FİNLANDİYA	194
HİNDİSTAN	9
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	65
JAPONYA	215
TÜRKİYE	58-60





Şekil 8: Çeşitli ülkelerde toplam kağıt ve karton tüketimi.

Dünya çapında kağıt-karton üretiminden ülkelerin aldığı paya bakıldığında ise; 2012 yılında dünyanın en büyük kağıt-karton üreticilerinin 103 milyon ton ile Çin ve 76 milyon ton ile Amerika Birleşik Devletleri olduğu görülmektedir. Bu iki ülke birlikte dünya kağıt-karton üretiminin yaklaşık %44'ünü yapmaktadır. Diğer en büyük üç üretici ülkenin ise 26 milyon ton ile Japonya, 23 milyon ton ile Almanya ve 11 milyon ton ile İsveç olduğu tespit edilmiştir. Bu ülkeler ise dünya kağıt-karton üretiminin %15'lik diğer kısmını yapmaktadır (FAO, 2012). Türkiye ise 2,5 milyon tonluk kağıt-karton üretimi ile dünyanın 25. büyük kağıt-karton üreticisidir. Dünya'da milyonlarca insan, çevre bilinciyle, kağıt ürünlerinin dönüşümü için çaba göstermektedir.

Kağıt ve karton talebindeki artış Avrupa'dan Kuzey Amerika ve başta Çin olmak üzere Asya'ya doğru yönelmektedir. Asya global tüketimin %40'ını oluşturmaktadır. FAO-Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün tahminine göre 2005-2020 yıllarını kapsayan süreçte dünya kağıt ve karton tüketimi yıllık %3 oranında artacaktır. Türkiye ise 5,4 milyon ton ile dünya sıralamasında 16. kağıt-karton tüketicisi olarak yerini almıştır. Türkiye'de kişi başına 68,6 kg kağıt-karton tüketimi yapılmaktadır (Sakarya ve Canlı, 2011).

### **1.2.7 Türkiye’de Kağıt Üretim ve Tüketimi**

Türkiye’de 1936 yılında kurulan kağıt sektörü, 1980’li yıllara kadar talebi yurtiçi üretimle karşılama amacı doğrultusunda faaliyet göstermiştir. 1963-79 dönemi Türk kağıt sektörü için tam bir büyüme ve gelişme dönemi olmuştur. Uzun yıllar dış rekabete kapalı olarak gelişen sektör, Avrupa Birliği (AB) ile Türkiye arasındaki gümrük duvarlarının kaldırılması ile yeni bir döneme girmiştir.

Türkiye’de kağıt üretimi selüloz ithal edilerek ve geri dönüşümlü kağıtların değerlendirilmesi ile yapılmaktadır. SEKA, özelleştirilmeden önce hammadde sağlayan tek kuruluş özelliği taşımaktaydı. SEKA özelleştirildikten sonra bu sektörün temel hammadde kaynakları, selüloz ithalatı ve atık kağıtların yeniden değerlendirilmesi olmuştur (Şengül, 2010).

Türkiye’de kağıt-karton sektöründe faaliyet gösteren 46 üretici bulunmaktadır. Sektördeki firmaların çoğu orta büyüklüktedir. 2009 yılında İstanbul Sanayi Odası’nca belirlenen “Türkiye’nin İlk 500 Sanayi Kuruluşu” arasında kağıt sektöründe faaliyet gösteren 10 firma yer almıştır. Bu firmalar; Dentaş, Hayat Kimya, İpek Kağıt, Kartonsan, Meteksan, Modern Karton, Mondi Tire Kutsan, Olmuksa, Ontex ve Umur Basım’dır (Sakarya ve Canlı, 2011). 2010 yılı kâğıt-karton üretimi 2.537.896 ton, kâğıt-karton tüketimi 5.060.129 ton olarak raporlara yansımıştır (URL-4, 2014).

### **1.2.8 Türkiye’de ve Dünya’da Atık Kağıt Kullanımı ve Geri Kazanımı**

Kağıt endüstrisinde hammadde olarak atık kağıt kullanımının önemi son on yılda önemli ölçüde artmıştır (Bajpai, 2014). Atık kağıt toplanması, kağıt ve karton ürünlerinin kullanıldıktan sonra tekrar geri dönüştürülerek hammadde olarak yararlanılması günümüz kağıt üretim teknolojilerinde mümkün olmaktadır. Böylelikle kullanılmış kağıtların çöpe atılmasının oluşturduğu çevre kirliliği ve kağıttan yeniden kağıt üretilmesi sonucu daha fazla ağaç kesilmesi önlenmektedir (Usta, 2004).

Bir ülkede toplanan atık kağıt miktarının üretilen kağıt miktarına oranına atık kağıt geri dönüşüm oranı denir (Sakarya ve Canlı, 2011). Atık kağıt geri dönüşüm oranı aşağıdaki eşitlik 1’deki gibi formülize edilebilir (URL-5, 2014).

$$\text{Geri dönüşüm oranı (\%)} = \frac{\text{Toplanan atık kağıt miktarı}}{\text{Üretilen kağıt miktarı}} \times 100 \quad (1)$$

Kağıt dönüşüm oranı 2009 yılında A.B.D.'de % 63,4 (Sakarya ve Canlı, 2011) ve 2010 yılında % 63,5, Avrupa'da ise 2011 yılında % 70,4 olarak gerçekleşmiştir. A.B.D.'de 2020 yılında kağıt geri dönüşüm oranının % 70'e yükseltilmesi hedeflenmektedir (Jourdan, 2011). Türkiye'deki atık kağıt kullanımı ve geri kazanım oranlarının yıllara göre dağılımı Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Türkiye'deki atık kağıt kullanımı ve geri kazanım oranları (x1000 ton).

	<b>Toplam Atık Kağıt Alımı (x1000 ton)</b>	<b>Kağıt Karton Üretimi (x1000 ton)</b>	<b>Kullanım Oranı (%)</b>	<b>Atık Kağıt İthalatı (x1000 ton)</b>	<b>Geri Dönüşüm Oranı (%)</b>
<b>1997</b>	797,0	1.245,1	84,0	61,2	35,8
<b>1998</b>	759,6	1.356,3	56,0	39,4	35,6
<b>1999</b>	846,6	1.350,8	62,7	61,9	35,4
<b>2000</b>	1.049,9	1.567,2	67,0	62,4	39,7
<b>2001</b>	977,8	1.512,6	65,8	91,9	43,8
<b>2002</b>	1.221,8	1.643,3	74,4	186	41,67
<b>2003</b>	1.288,9	1.619,3	79,6	63	43
<b>2004</b>	1.412,9	1.769,3	79,9	37	41,33
<b>2005</b>	1.509	1.952	77,3	28	39,53
<b>2006</b>	1.669	2.118	78,8	43	39,55
<b>2007</b>	1.823	2.229	81,78	27	39,23
<b>2008</b>	1.913	2.332	82,03	73	42,65

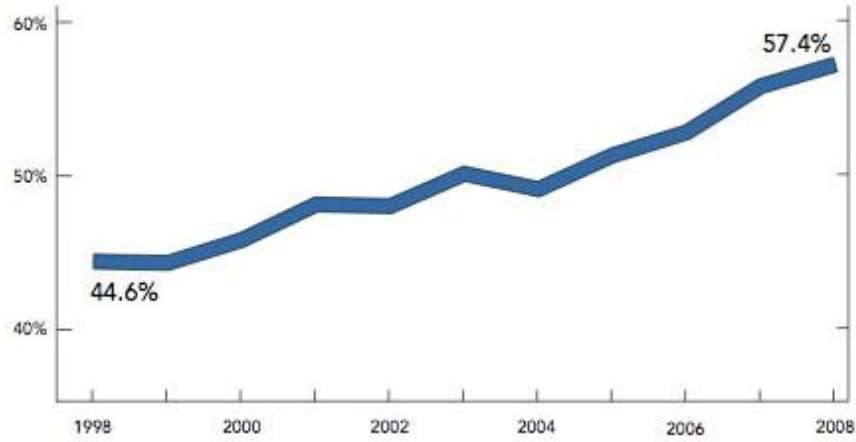
*Kaynak: Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı*

Yıllar itibarı ile bakıldığında kullanılan kağıdın geri dönüşüm oranları her yıl belirli bir miktarda artmakta olup; 2009 yılında % 44, 2010 yılında % 42 ve 2011 yılında ise % 43 olduğu görülmüştür (URL-6, 2014).

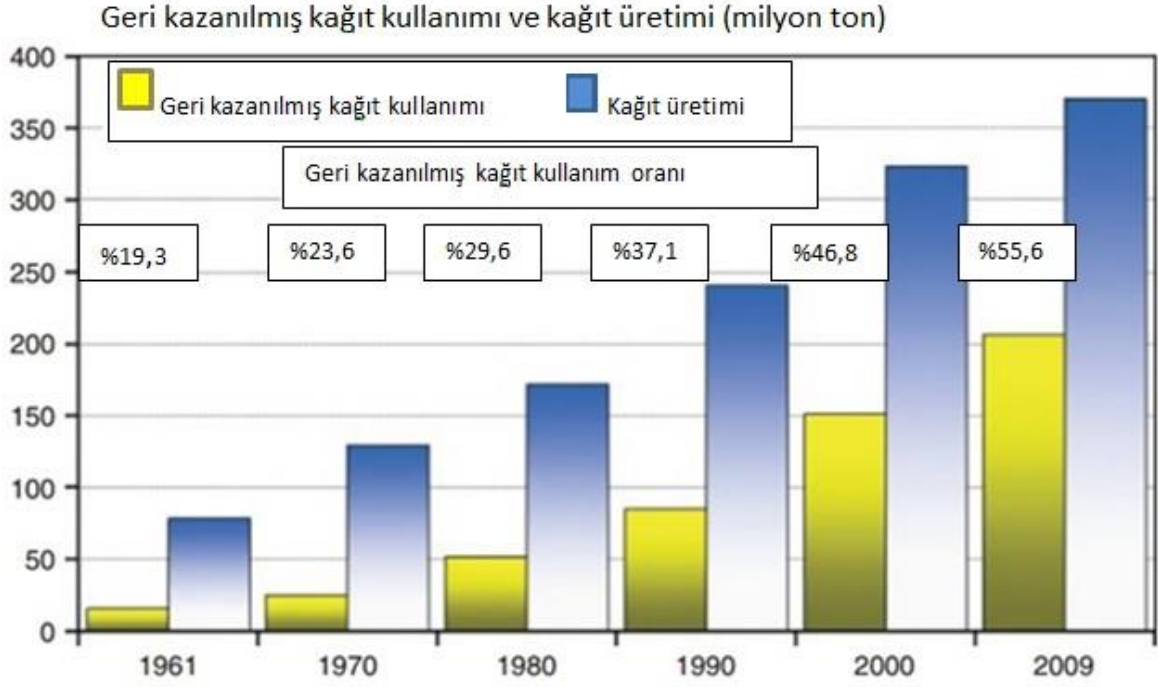
Ülkede tüketilen atık kağıt miktarının üretilen toplam kağıt miktarına oranına atık kullanım oranı denir (Sakarya ve Canlı, 2011). Atık kağıt kullanım oranı aşağıdaki eşitlik 2’deki gibi formülize edilebilir (URL-5, 2014).

$$\text{Atık kağıt kullanım oranı (\%)} = \frac{\text{Tüketilen atık kağıt miktarı}}{\text{Üretilen kağıt miktarı}} \times 100 \quad (2)$$

Atık kağıt kullanım hacimleri ve oranları ülkeden ülkeye büyük farklılıklar gösterir. 2006 yılında en önemli 13 ülke 155 milyon ton atık kağıt kullanmışlardır. Bu Dünya atık kağıt kullanımının yaklaşık %79 olduğunu göstermektedir. Zaten önemli ülkelerden 4’ü Çin, A.B.D., Japonya ve Almanya 108 milyon ton atık kağıt ile Dünya atık kağıt kullanımının %55’ini oluşturmaktadırlar (Bajpai, 2014). Şekil 9’da 1998-2008 yılları arası Dünya kağıt geri dönüşüm oranları, Şekil 10’da ise Geri kazanılmış kağıt kullanımı ve kağıt üretiminin 1961-2009 yılları arasında Dünya’daki gelişimi verilmiştir.



Şekil 9: 1998-2008 yılları arası Dünya kağıt geri dönüşüm oranları (URL-7, 2014).



Şekil 10: Geri kazanılmış kağıt kullanımı ve kağıt üretiminin 1961-2009 yılları arasında Dünya'daki gelişimi (Holik, 2013).

Batılı ülkeler ambalaj normları ve standartları geliştirerek atıkları azaltma yoluna giderken, diğer taraftan da ambalaj atıklarını toplayıp yeniden sanayiye kazandırma konusunda yoğun emek ve para harcamaktadırlar. Bu konuda ilk düzenleme "Alman Ambalaj Yönetmeliği" kapsamındaki "Yeşil Nokta"; 1 Ocak 1993 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu tarihten itibaren Almanya'daki tüm ambalajların geri alınması ve işlenmesi zorunluluğu söz konusu olmuştur. Almanya'nın öncülüğünü yaptığı bu sistem Belçika, Fransa, Benelux ülkelerini takiben tüm AB ülkelerinin ayrı ayrı benimsediği bir yapıya kavuşmuştur. Söz konusu direktif ülkemizde de 2007 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe göre Türkiye'nin kağıt ambalaj atıklarının geri kazanım oranı hedefleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Türkiye'nin kağıt ambalaj atıklarının geri kazanım oranı hedefleri.

<b>Türkiye'nin Kağıt Ambalaj Atıklarının Geri Kazanım Oranı Hedefleri</b>	
<b>Yıllar</b>	<b>Hedeflenen Oran (%)</b>
2007	35
2008	35
2009	36
2010	37
2011	38
2012	40
2013	42
2014	44
2015	48
2016	52
2017	54
2018	56
2019	58
2020	60

*Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu*

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından açıklanan 2008 yılı Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistiklerine göre % 35 olan kağıt/karton geri kazanım oranı hedefi, % 28,8 olarak gerçekleşmiştir. 2008 yılında 1.913.000 ton atık kağıt geri kazanılırken, 2010 yılında 2.231.400 ton atık kağıt geri kazanılmıştır. Atık kağıt geri kazanma oranı 2010 yılında % 41,8 oranında gerçekleştirilmiştir (Sakarya ve Canlı, 2011).

### **1.2.9 Atık Kağıdın Geri Dönüşümünün Faydaları**

Atık kağıdın geri dönüşümü ile elde edilen faydalar maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır.

- Kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üretimi daha az ağaç kesilmesi ve dolayısıyla ormanda yaşayan bitki ve hayvanların yani doğanın korunması anlamına gelir.

Ayrıca Küresel ısınmanın nedenlerinden biri de yok olan bitki örtüsüdür. Böylece küresel ısınmanın da önüne geçilmiş olunur.

- Eski teknolojiyi kullanan kağıt üretim tesislerinde bir ton kâğıt üretmek için 400 m<sup>3</sup> su tüketmek gerekirken, modern tesislerde 20-50 ton su kullanmak yeterli olmaktadır. Kullanılmış kâğıttan kâğıt üreten tesislerde bir ton kâğıt üretimi için sadece 5 ton su kullanmak yeterli olmaktadır.
- 1 ton kullanılmış kâğıt çöpe atılmayıp geri kazanıldığı ve kâğıt üretiminde tekrar kullanıldığı zaman;
  - 17 adet yetişmiş çam ağacının kesilmesi,
  - 36 ton sera gazı CO<sub>2</sub> atmosfere atılması,
  - 4100 kwh elektrik enerjisinin israf edilmesi,
  - 267 kg kirletici gazın atmosfere atılması,
  - 1750 litre fuel-oilin israf edilmesi,
  - 3-4 m<sup>3</sup> depolama alanı tasarruf edilmesi,
  - 85 m<sup>2</sup> ormanlık alanın tahrip edilmesi,
  - 38,8 ton suyun israf edilmesi önlenmiş olur (Öztürk, 2005).
- Her 54 kg gazete kağıdı dönüşümünde bir ağaç kurtulmaktadır.
- Dönüşümlü kâğıttan, fotokopi kâğıtları, kâğıt havlu ve peçeteler, oluklu mukavvalar gri kartonlar, gazete kâğıtları yapılmaktadır.
- Kurtulan her ağaç üç insanın tükettiği oksijeni üretmektedir.
- Dönüşümlü kâğıt, selülozdan kâğıt üretmeye göre % 64 daha az enerji harcamaktadır (Karıncaoğlu, 2011), ve çevre kirliliği azalmaktadır.
- Atık kâğıttan kâğıt üretimi esnasında diğer proseslerle karşılaştırıldığında daha az su kirliliği oluşmaktadır (Vest, 2000).
- Yüksek kaliteli kâğıtlar birkaç kez geri dönüştürülerek her zaman çevresel tasarruf sağlar.
- Atık kâğıttan kâğıt üretimi esnasında oluşan CO<sub>2</sub> emisyonu birincil liflerden kâğıt üretimi esnasında oluşan CO<sub>2</sub> emisyonundan %20-50 daha azdır.
- Kullanılan kâğıt genellikle geri dönüşüm tesislerine oldukça yakın yerlerden toplanması nedeniyle, geri dönüştürülmüş kâğıt üretimi taşıma maliyetlerini ve CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltır.
- Atık kâğıt toplama ve sıralama ile yerel ekonomiyi canlandırmak için yardım ederken geri dönüşüm kâğıt atığının hacmini azaltır.

- Atık kağıt hamuru birincil liflere göre daha az dövme işlemi gerektirir ve önemli zarara uğramadan yapraklı ağaç odunlarının hamurlarıyla veya yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarının karışım hamurlarıyla birlikte dövülebilmektedirler.
- Yazı ve baskıda kullanılmak üzere mürekkebi giderilmiş atık kağıttan yapılmış kağıtlar ile birincil hamurdan yapılmış kağıtlar karşılaştırıldığında, atık kağıttan yapılanlarda opaklığın daha yüksek olduğu, kıvrılmaya daha az meyilli olduğu ve daha düzgün safiha oluşturdıkları görülmüştür (Bajpai, 2014).

### 1.3 Oluklu Mukavva

Ambalaj, bir ürünün fabrikadan tüketiciye kadar ulaştırılması aşamalarında dağıtım zinciri olarak ifade edilen taşıma, depolama ve yükleme-boşaltma işlemlerinde içerdiği ürünü, koruyan ve üzerinde yer alan bilgilerle iletişim sağlayan optimum maliyetli kaplar ve/veya sargılar olarak tanımlanmaktadır. Kâğıdın ucuz ve işlenmesi kolay olması nedeniyle ambalaj maddeleri içinde tercih sıralamasında kâğıt ve karton ilk sırada yer almaktadır (Önen, 2002).

Kağıda dayalı ambalaj ürünleri, genel anlamda kâğıt ambalajlar, karton ambalajlar ve oluklu mukavva ambalajlar olarak üç grupta toplanabilmektedir (Bayraktar, 2004). Oluklu mukavva, 20. yüzyılda bulunmuş kâğıttan mamul en önemli ambalaj maddelerinden biridir. İki düz karton (liner) arasında bunları birleştiren oluklu bir kartondan (fluting) ibaret olan oluklu mukavva şok ve basınca çok dayanıklı bir yapı teşkil eder (Önen, 2002). Oluklu mukavva, mal ve eşyaların korunması ve paketlenmesi ihtiyacı nedeni ile yeni bir kâğıt kullanımı olarak ortaya çıkmıştır. Bugüne kadar değişimlere uğramış olmasına rağmen, oluklu mukavva hammaddesi açısından eski örneklerinden çok farklı değildir. Hammaddesi olan kağıdın yeniden üretilen, yeniden kullanılabilen ve geri dönüştürülebilir bir madde olması dolayısıyla çevre uyumu en yüksek olan ambalaj türü diye tanımlanabilir (Bayraktar, 2004). Oluklu mukavva örneği Şekil 11’de verilmiştir.

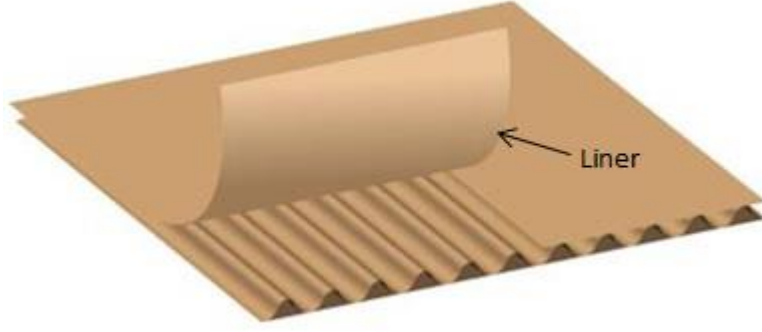




Şekil 11: Oluklu mukavva (URL-8, 2014).

Oluklu mukavvaların özellikleri, cinslerine, üretimlerinde kullanılan kâğıtlara ve yardımcı malzemeye bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan hammadde ve üretim yöntemleri, kâğıtlara birbirinden farklı özellikler kazandırmakta ve bu özelliklerin amaca uygun olarak seçilmesi başarılı ambalaj üretimi için çok büyük önem taşımaktadır (Bayraktar, 2004).

Oluklu mukavva üretiminde kullanılan kâğıtlar; odundan, saman ve benzeri bitkilerden, atık kâğıttan elde edilen, cinsine göre farklı oranlarda kullanılan lif, su, katkı maddeleri ve kâğıt yapım yöntemleri kullanılarak üretilmektedir. Kağıdın mekanik özelliklerini iyileştirmek, neme, yağa direncini artırmak, yüzey düzgünlüğünü sağlamak, renklendirmek amacı ile de KN ve renklendirici maddeler kullanılmaktadır (Bayraktar, 2004). Oluklu mukavvayı oluşturan strüktürel elemanlar, yüzlerde kullanılan “Liner” (Şekil 12), ondülede kullanılan “Fluting” (Şekil 13) cinsi kâğıtlardır. Liner olarak adlandırılan kâğıtlar, istenildiğinde esmer, beyaz veya renklendirilmiş olabilen “Kraft Liner”, “Test Liner” ve “Schrenz”, ondülede kullanılanlar ise “NSSC Fluting”, “Saman Fluting” ve “Schrenz”dir (Önen, 2002). Schrenz veya geri kazanılmış kâğıt (Recycled) olarak adlandırılan ve üretilen kâğıtlar cinslerine göre liner veya fluting olarak kullanılabilir (Bayraktar, 2004).



Şekil 12: Oluklu mukavvanın liner tabakası (URL-8, 2014).



Şekil 13: Fluting kağıdı (URL-8, 2014).

Oluklu mukavvayı oluşturacak dış, iç, ara kâğıtların gramaj, cins ve özellikleri, kutu performansı ile doğrudan ilişkili olmaları nedeniyle, büyük önem taşırlar. Pazarın gerektirdiği kâğıtların temini ve amaca uygun kullanımı, üretilen ambalajların başarılı olmasını etkiler. Kullanılan kâğıtların yanı sıra tutkalın, katkı maddelerinin cinsi de amaca uygun olarak seçilmelidir. Açık renk baskılı kutular için koyu renkli kraftlar, nemli ortamda bulunacak kutular için düşük gramajlı zayıf fluting kâğıtları seçilmemelidir (Önen, 2002).

### 1.3.1 Oluklu Mukavva Üretiminde Kullanılan Kâğıtlar

Oluklu mukavvaların özellikleri; cinslerine, üretimlerinde kullanılan kâğıtlara ve yardımcı malzemeye bağlı olarak belirlenir. Oluklu mukavvaları niteleyebilmek için öncelikle üretildikleri kâğıtları tanımak gerekir. Kullanılan hammadde ve üretim yöntemleri, kâğıtlara birbirinden farklı özellikler kazandırmaktadır ve bu özelliklerin amaca uygun olarak seçilmesi başarılı ambalaj üretimi için çok büyük önem taşımaktadır (Önen, 2002).

### **1.3.1.1 Kraft Liner**

Liner, oluklu mukavvaların dış yüzeylerinde kullanılan perdahlı kağıttır (URL-9, 2014). Kraft liner, uzun lifli olan, çam, göknar, ladin gibi yumuşak odunlu ağaçlardan, sülfat prosesi ile üretilen yüksek mukavemetli bir kâğıt türüdür (Önen, 2002). Oluklu mukavva üretiminde iç ve dış astar olarak kullanılır. Doğal renkleri kahverengi olan kraft liner kağıtlar kısmen ya da tamamen beyazlatılabilir. Ancak, herhangi bir beyazlatma yöntemi astarın dayanıklılığını %5 - 10 arası azaltır (URL-9, 2014).

Kraft, Almanca'da kuvvetli anlamına gelmektedir. Orman bakımından zengin ülkelerde üretilen kraft kâğıtları, yeterli üretimi olmayan ülkelere ihraç edilirler. Kraft kâğıtlar, genellikle esmer yani doğal renkte üretilirler, ancak istenirse tamamen beyaz veya sadece üst yüzeylerinde beyaz selüloz kullanılarak, white top adıyla da üretilebilirler. Dayanıklılık göstergesi olan patlama değerleri 3,5-5 kPa.m<sup>2</sup>/g, ağırlıkları ise 125-450 gr/m<sup>2</sup> arasında değişebilir (Önen, 2002).

### **1.3.1.2 Test Liner**

İkincil lif üzerine esmer veya beyaz birincil veya ikincil lif eklenerek üretilen iki veya üç katlı liner kâğıtlarıdır. Yine oluklu mukavva üretiminde iç ve dış astar olarak test liner kağıtlar da kullanılabilir. Ancak, oluklu mukavva kutu astarı olarak geri dönüştürülmüş kağıt lifi kullanımı, kutunun dayanıklılığını özellikle tropik koşullarda, büyük ölçüde azaltır. Eğer test liner kağıtlar yüksek kaliteli seçilmiş atıklardan üretilir ve üzeri boyanırsa ortaya imitasyon kraft olarak adlandırılan ve mükemmel dayanıklılığı olan kağıtlar ortaya çıkar (URL-10, 2014). Geri kazanmanın büyük önem taşıdığı günümüzde yaygın kullanımları vardır. Patlama değerleri 2-3,5 kPa.m<sup>2</sup>/g, gramajları ise 125-350 gr/m<sup>2</sup> arasında değişebilir. Katkı maddeleri kullanılarak neme mukavemetleri artırılabilir (Önen, 2002). Test liner ile kraft liner aynı özellikte değildir. Test liner, üzerindeki çok küçük siyah noktalar ile kraft linerden ayrılır (URL-9, 2014).

### **1.3.1.3 NSSC**

Odunu kısa lifli olan akçağaç, huş, okaliptüs gibi sert ağaçlardan, kısmen mekanik, kısmen kimyasal yolla üretilen bu kâğıt türü; oluklu mukavvaların ondüle tabakasının üretiminde

kullanılır. Bu tür kâğıtlar lif yapıları nedeniyle nem ve ısı ile aldıkları şekli korurlar. Üretim yöntemlerini tanımlayan Neutral Sulfite Semi Chemical sözcüklerinin baş harfleri ile tanımlanan bu kâğıtlar, 85-200 gr/m<sup>2</sup> olarak üretilebilirler. En yaygın kullanılan gramajları ise 112-127 gr/m<sup>2</sup>'dir. Üretildikleri ülkelere göre içlerindeki ikincil lif katkısı % 10-50 arasında değişmektedir (Önen, 2002).

#### **1.3.1.4 Schrenz**

Her çeşit atık kâğıt liflerinden yararlanılarak üretilen, genellikle gri görünümü, istenirse renklendirilerek liner ve fluting olarak kullanılabilen düşük mukavemetli kâğıtlardır. Patlama değerleri 2 kPa.m<sup>2</sup>/g altında olup, gramajları 100-350 gr/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir (Önen, 2002).

#### **1.3.1.5 Geri Kazanılmış Kâğıt (Recycled Paper)**

Tamamı ikincil liften üretilen kâğıtlar olup, mukavemetleri düşüktür. Ancak, çeşitli katkı maddeleri kullanılarak mukavemetleri artırılabilir. Gramajları 85-220 gr/m<sup>2</sup> arasında değişebilir. Geri dönüştürülmüş (recycled) kâğıtların hammaddesi olan ikincil lif; eski oluklu mukavva kutular, oluklu fabrikalarının ürettiği ıskartalar, kullanılmış kraft torba gibi kâğıt kaynaklarından sağlanır. Bu kâğıtlar, farklı katkı maddeleri ve farklı lif kaynakları kullanılarak üretildiklerinde, liner kağıdı olarak da artan oranlarda kullanılmaktadırlar. İkincil lif kullanmanın çevre faktörü dışında kâğıt fiyatlarına ekonomik olarak yansıyan pozitif taraflarının yanı sıra; yüzey ezilme, kopma, patlama gibi mekanik özelliklerinin zayıflaması, kullanılan hammaddeye bağlı olarak kalite farklılıkları göstermesi gibi negatif tarafları da mevcuttur (Önen, 2002).

#### **1.3.1.6 Saman Fluting**

Samanın yarı kimyasal olarak işlenmesi ile elde edilen birincil life, yaklaşık % 60 oranında ikincil lif katılarak, genellikle 140-160 gr/m<sup>2</sup> olarak üretilen fluting kâğıtlardır. Yüzey ezilme değerleri yüksek olmasına karşın, nemden kolay etkilenirler (Önen 2002). Oluklu mukavvada ondüle, iç ve orta yüzey kağıdı olarak kullanılır (URL-10, 2014).

## 1.4 Kuru Sağlamlık Maddeleri

Ambalaj kâğıtları üretiminde kâğıtların sağlamlık özellikleri son derece önemlidir. Son yıllardaki çevreyle ilgili endişeler nedeni ile yeni kâğıt hamuru yerine geri kazanılmış kâğıt hamurlarının kullanımı artmaktadır. Fakat kağıdın sağlamlık özelliklerinde geri kazanılmış lif kullanımı ile bir azalma görülmektedir. Bunu gidermek amacı ile ya hamur karışımına uzun liflere sahip kâğıt hamurlarının ilavesi ya da sağlamlık kimyasallarının kullanımına gidilmektedir. Kullanım yerlerine bağlı olarak kâğıt ürünlerine farklı derecelerde sağlamlık kazandırmak amacıyla kuru ve ıslak sağlamlık maddeleri ilave edilmektedir (Eklund ve Lindström, 1991; Roberts, 1996; Usta ve Eroğlu, 2004).

Kondisyonlanmış haldeki sağlamlık ise 20°C ve %65 nispi nemde ölçülen sağlamlıktır. Kondisyonlanmış haldeki sağlamlığı arttıran ve fakat; ıslak sağlamlığı değiştirmeyen maddelere kuru sağlamlık maddesi denir. Kuru sağlamlık veren maddeler lif süspanسیونuna az miktarlarda katıldıklarında kuru sağlamlığı %30-60 oranında artırırılar. Böylece, daha az lif kullanarak aynı sağlamlıkta kağıt yapılabileceğinden hammaddeden tasarruf sağlanabilir. (Eroğlu, 2009).

Suda çözünen ve hidrojen bağ yapan birçok polimer kuru mukavemet katkı maddesi olarak kullanılabilir. Aslında odun lifleri, hemiselüloz formunda kuru mukavemet maddesini kendi içinde bulundururlar. Hemiselülozların liften ayrıştırılmasının mukavemeti düşürdüğü bilinen bir gerçektir (URL-11, 2014).

Kuru sağlamlık özelliğinin geliştirilmesi için genellikle KN, luredur, CMC (karboksi metil selüloz), anyonik poliakrilamid, anyonik polistiren sülfonat gibi farklı doğal ve sentetik polimerler kullanılmaktadır (Eklund ve Lindström, 1991; Roberts, 1996; Usta ve Eroğlu, 2004). Bunlara ek olarak guar gum galactomannan, ksiloglukanlar, çitozan da kuru sağlamlığın geliştirilmesi için kullanılabilir (Myllytie, 2009).

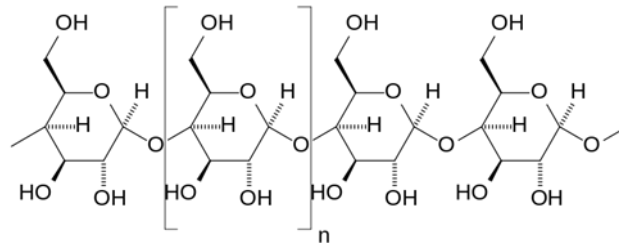
### 1.4.1 Katyonik Nişasta (KN)

KN bitkilerde fotosentezin temel ürünüdür ve polisakkaritlerin hem fotosentetik hem de fotosentetik olmayan dokulardaki en yaygın depo şeklidir. KN insan ve hayvan beslenmesinde temel olarak tüketilen bir gıda olmakla sınırlı kalmayıp yiyecek endüstrisi

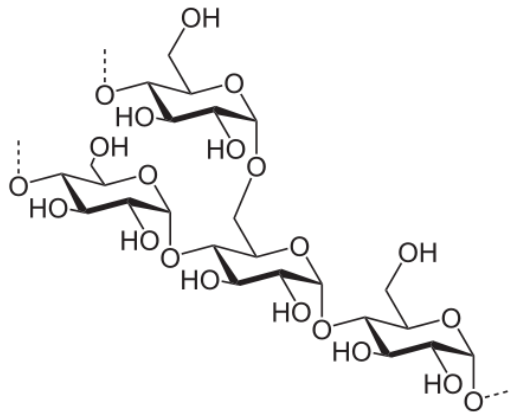
başta olmak üzere kağıt, tekstil ve diğer birçok endüstriyel alan için de temel bir ham maddedir (Ölçer ve Akın, 2008).

KN doğada bol miktarda buğday, mısır, pirinç, soya, patates, tapiako gibi bitkilerin tanelerinde ya da yumrularında bulunur (Eroğlu, 2009). Bitkiler fotosentez ile yıllık 2850 milyon ton KN üretir. Tahıllardan yıllık KN üretimi yaklaşık 2050 milyon ton, kök ve yumrulardan ise 679 milyon tondur (Burrell, 2003).

KN granülleri temel olarak glikoz polimeri olan amiloz ve amilopektinden meydana gelir, fakat yapısında az miktarda fosfat ve lipid de içerir. Amiloz (Şekil 14) genellikle 600-3000 sayıda 1-4  $\alpha$ -glikozidik bağlarla sahip glikoz anhidrit biriminden oluşur. Liner formda olup, her 1000 glikoz anhidrit biriminde bir 1-6  $\alpha$ -glikozidik yan gruplarına yani dallara sahiptir. Amilopektin (Şekil 15) ise daha büyük bir molekül olup amilozla göre daha fazla dallanma gösterir. Yaklaşık 6000-60000 glikoz anhidrit gruba sahip ve her 20-26 üniteye bir 1-6  $\alpha$ -glikozidik yan grubu taşır (Preiss, 1998).



Şekil 14: Amiloz (URL-12, 2014).



Şekil 15: Amilopektin (URL-13, 2014).

KN başta yiyecek olmak üzere pek çok endüstriyel alanda yüzyıllardır kullanılmaktadır. Örneğin, kağıt endüstrisinde KN kağıdın dayanıklılık ve baskı kalitesini arttırmada, eczacılıkta suda çabuk çözünebilen kapsül ve tablet halindeki ilaçların hazırlanmasında, inşaat sektöründe çimento katkı maddesi olarak ve boyalarda veya yanmaya dayanıklı duvar kağıdı yapımında kullanılmaktadır (URL-14, 2014). KN kağıt sanayinde kuru sağlamlık maddesi olarak kullanımının yanı sıra yüzey yapıştırma, tutundurucu madde ve kuşe bağlayıcısı olarak da kullanılmaktadır (Eroğlu, 2009). Kağıt sanayinde kullanılan KN'nin %80'i yüzey uygulaması (% 62 yüzey tutkallama, %3 karton üretiminde iki kat arasına yaş kısımda püskürtme, % 15 kuşelemede bağlayıcı) olarak yapılır. Yüzey tutkallamanın ana rolü kağıt yüzey mukavemetini arttırmak ve elyaf, pigment gibi parçacıkları kağıt yüzeyine daha iyi bağlamaktır (URL-11, 2014).

Mısır ve patetes esaslı KN'ler asidik veya alkalen kağıt üretiminde kağıtların fiziksel ve özellikle sağlamlık değerlerini artırmak ve alkalen kağıt üretiminde yapıştırma için katyonik bir yapıştırma kimyasalı olarak 20-30 yıldan beri kullanılmaktadır. Bu maddeler uygulamaya bağlı olarak 3-15 kg/ton dozajda kullanıldıklarında tutunmaya katkıları oldukça yüksektir. KN ıslak sondaki lif süspansiyonun katyonik isteğine etki eder ve koagülant olarak hareket ederek liflerin karboksil gruplarını (-COO) nötralize eder (Doiron, 1998).

#### **1.4.2 Luredur**

Luredur, karbonhidrat dağılımı değiştirilmiş sulu bir sıvıdır. Viskozitesi ~ 5,000 cps ve pH değeri 5-6 dolaylarındadır. Fiziksel formu koyu sarı, iyon yükü bakımından katyonik bir sıvıdır. Luredur, halka ezilmesi, STFI, Mullen, kopma ve iç yapışma direncini geliştiren bir kuru sağlamlık maddesidir. Ürün ıslak safihanın drenajını arttırarak üretimin artmasını sağlar ve ayrıca dövme miktarının azalmasını ve kurutmada buhar gereksinimini düşürerek enerji maliyetlerinin azalmasında rol oynar.

Luredur için normal doz olarak 15-30 lbs/t (7-14 kg/Mt) temel alınır ve luredur 4,5-8,0 pH aralığında etkili bir şekilde çalışır. Taze ve temiz su ile 5-10 defa seyreltikten sonra bir ölçüm pompası ile sisteme pompalanabilir. Luredurun ideal besleme noktası hamur kasasından önce 20 sn tutma süresi ile makinenin göğüs pompasının vakumlu tarafıdır.

Luredur aynı zamanda zift ve yapışmayı kontrol etmek ve kağıt makinasının verimliliğini arttırmak için, DAF arıtıcılar ve atık su arıtma sistemleri gibi tüm sistemleri korumak için katyonik bir sabitleyici olarak uygulanabilir. Ayrıca, luredur lifler arasında güçlü bağların oluşmasını sağlayarak levha ve kağıtların sağlamlığını artırır. Buhar tüketimini azaltmak ve/veya verimliliğin artmasını sağlamak için drenajın kolaylaşmasını sağlar. Anyonik atıkları nötr hale getirir ve kağıt yapımına uygun lif ve mineral dolgu maddelerinin tutunmasını sağlar. Zift ve yapışma için katyonik bir sabitleme maddesidir. DAF arıtma ve atık su sistemlerinin korunmasını sağlar.

Luredur hafif asidiktir ve korozyona dayanıklı uygun bir ekipmanın içinde depolanmalı ve beslenmelidir. Bu ürünün raf ömrü 12 aydır. Nakliye ve depolama esnasında ürünün donmamasına dikkat edilmelidir. Luredur konteynırlar içinde yük gemileriyle taşınmaya uygundur. İyi sanayi uygulamalarına uygun olarak, çevre kirlenmesini önlemek için dikkat edilmelidir. Dökülen luredur kaygandır ve tesirsiz bir madde ile toplanarak uygun bir şekilde bertaraf edilmelidir. Kimyasalın kullanımı esnasında genel güvenlik önlemleri alınmalıdır. Bunlar işyerinin tam havalandırılması, iyi bir cilt bakımı ve koruyucu gözlük kullanılması gibi açıklanan önlemlerdir (URL-15, 2014).

### **1.5 Çalışmanın Amacı**

Kağıt fabrikalarının lif kaynağı genellikle ya %100 atık kağıt liflerinden ya da %100 birincil liflerden meydana gelmektedir. Bazı fabrikalar ise bu iki lif kaynağını karıştırmaktadırlar. Geri dönüştürülmüş lifler ile birincil liflerin karıştırılmasındaki en önemli konu, geri dönüştürülmüş liflerin düşük olan özelliklerini iyileştirmek için gerekli olan birincil lif ilave miktarından ziyade, birincil liflere adapte olabilen geri dönüştürülmüş lif miktarıdır (Minor, vd., 1993). Kağıt yapımında yaklaşık olarak 10-12 defaya kadar dönüşüme uğramış liflerin kullanılabilmesi ve geri dönüştürülmüş liflerin birincil liflere %20-40 oranında ilave edilebileceği belirtilmiştir (Grozdzits vd., 2006). Birincil liflerin yerine ikame olarak OCC liflerinin kullanımı ile ilgili bir çok çalışma olmasına rağmen (Ghasemian, vd., 2012; Van Tran, 2002; Wistara ve Hidayah, 2010), iğne yapraklı ağaç birincil kraft hamurlarının kağıt özellikleri üzerine OCC lifi ilavesinin etkilerinin değerlendirilmesi ile ilgili çok az sayıda çalışma yapılmıştır (Fiserova, vd., 2013; Gülsoy vd., 2013).



Bu çalışmada, birincil (karışık am) liflerin süspansiyonuna %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında atık kağıt lifi ilave edilerek elde edilen kraft liner kağıtlarının sağıamlık ve optik özellikleri üzerine atık lif ilavesinin etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, farklı oranlarda atık kağıt lifi içeren ve atık kağıt lifi içermeyen (kontrol) lif süspansiyonlarına ayrı ayrı %0,75 KN ve %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen kağıtların özellikleri üzerine kuru sağıamlık maddesi türünün etkileri belirlenmiştir. Böylece, atık kağıt lifi içeren ancak kontrol (atık kağıt lifi içermeyen) kağıtlarının sağıamlık özelliklerini taşıyan deneme kağıtlarındaki atık kağıt lif ilave oranları tespit edilmiş olacaktır.

## BÖLÜM 2

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan karışık çam kraft hamuru ve atık kağıt hamuru OYKA Kağıt Ambalaj Sanayi ve Tic. A.Ş. 'den temin edilmiştir. Fabrikadan temin edilen karışık çam hamurunun yonga karışımı %70 yerli çam (*Pinus nigra* ve *Pinus sylvestris*), %30 Kuzey Amerika'dan ithal alınan Douglas göknarıdır (*Pseudotsuga menziesii*). Atık kağıt lifleri ise çoğunlukla esmer kraft kağıtlarının yeniden lif haline dönüştürülmesi ile elde edilen liflerdir.

Çalışmada kullanılan KN OYKA Kağıt Ambalaj Sanayi ve Tic. A.Ş. 'den temin edilen SOLAM firmasının Solbond PC 50 adlı ürünüdür. Katyonik patates nişastası olan bu ürün kağıt sağlamlık özelliklerinin, tutunmanın, suyun uzaklaştırılmasının ve kağıt makinasının çalışabilirliğinin geliştirilmesi için kullanılır. Beyaz toz halinde olan KN'nin kuru madde oranı %82, pH değeri ~6 ve DS değeri ~ 0,050'dir. Alevlenme noktası >300 °C, patlama limiti >%0,006, özgül ağırlığı 700kg/m<sup>3</sup>, otomatik ateşleme sıcaklığı >300 °C, ayrışma sıcaklığı >160 °C'dir. Normal sıcaklık ve depolama koşullarında ve önerilen kullanımı esnasında ürün reaktif değil, stabildir. Ürünün parçacık boyutu küçük olduğu için toz patlaması riski vardır. Bu nedenle kuru ürünün taşınması esnasında topraklanmış ekipmanlar kullanılmalı ve statik elektrikten kaçınılmalıdır. Ürün ateşleme kaynaklarına yaklaştırılmamalıdır. Eğer toz oluşursa koruyucu eldiven gözlük ve gaz maskesi kullanılmalıdır. Çalışmada kullanılan luredur ise Halkalı Kağıt Karton San. ve Tic. A.Ş. 'den temin edilmiştir.

#### 2.2 Yöntem

##### 2.2.1 Kağıt Hamurunda Yapılan Analizler

Temin edilen kağıt hamurlarının viskoziteleri SCAN-CM 15:62 standardına göre tespit edilmiştir. Lifler TAPPI T 275 sp-02 standardına göre Somerville tipi elekte elenmiştir. Elenen lifler TAPPI T 200 sp-01standardına göre Hollander'de 25 °SR'e kadar

dövülmüştür. Hamurların serbestlik derecesi Schopper Riegler cihazında ISO 5267-1 standardına göre belirlenmiştir.

### **2.2.2 Lif Morfolojisine Ait Ölçme Yöntemleri**

Kağıt sanayinde kullanılan herhangi bir ham maddenin kağıt hamuru üretiminde kullanılıp kullanılmayacağı; kullanılacak olan o hammaddeyi oluşturan hücrelerden lifsel bir yapı gösterenlerinin hücre boyları, çeper kalınlıkları, lümen genişliklerinin ölçülmesi ve bunlar arasındaki ilişkilerin kağıtçılık açısından değerlendirilmesine dayanılarak kararlaştırılabilir.

Lif morfolojisine ait çalışmada karışık çam hamuru ve atık kağıt hamurundan ana kütleyi temsil edecek şekilde bir miktar örnek alınmıştır. Örnekler bir karıştırıcı ile ayrıştırılmış, alkol ile dehidrolize edilmiştir (su trompunda). Ayrıştırılmış hamur örnekleri küçük bir şişede gliserin ile depo edilmiştir.

Gliserinde muhafaza edilen materyalden bir damla lam-lamel arasına alınarak hazırlanan geçici preparatlarda rastgele 50'şer adet lif uzunluğu, 25'er adet lif genişliği, lümen genişliği ve lif çift çeper kalınlığı Olympus CX 20 model ışık mikroskobunda ölçülmüştür.

### **2.2.3 Katyonik Nişasta ve Luredur Çözeltisinin Hazırlanması ve Lif Süspansiyonuna İlavesi**

Her bir hamur örneğinden  $125 \text{ g/m}^2$ 'lik (3,93 g) 15 adet %0,75 KN ilaveli deneme kağıdı hazırlayabilmek için  $3,93 \times 15 = 60 \text{ g}$  (fırın kurusu) hamur içeren lif süspansiyonu lif karıştırıcıya konulmuştur. 100 mL destile suya 0,45 g (60 g hamurun %0,75'i) KN (Şekil 16) ilave edilerek elde edilen çözelti, su banyosu içerisinde sürekli karıştırılarak  $95^\circ\text{C}$ 'ye kadar ısıtılmıştır. Jelatinleşme başlangıcından sonra, karıştırma işlemine 20 dak. boyunca aynı sıcaklıkta devam edilmiştir. Çözelti daha sonra 200 mL destile su ile seyreltikten sonra lif karıştırıcıdaki lif süspansiyonu üzerine ilave edilmiştir. KN ilavesinden sonra lif süspansiyonunun kesafeti %0,3'e ayarlanmıştır. KN'nin lifler tarafından absorbe edilebilmesi için 30 dak. beklendikten sonra deneme kağıtlarının yapımına geçilmiştir. KN çözeltileri her hangi bir degradasyona maruz kalmamaları için deneme kağıtlarının üretiminden hemen önce hazırlanarak lif süspansiyonlarına ilave edilmiştir.

100 mL destile suya 0,45 mL (60 g hamurun %0,75'i) luredur (Şekil 17) ilave edilerek elde edilen çözelti lif karıştırıcısındaki lif süspansiyonu üzerine ilave edilmiştir.



Şekil 16: Luredur.



Şekil 17: Katyonik nişasta (URL-16, 2014).

## 2.2.4 Deneme Kağıtlarının Elde Edilmesi ve Kağıtların Sağlamlık ve Optik Testleri

25 °SR'e kadar dövülmüş hamurlardan ISO 5269-2 standardına göre Rapid-Köthen kağıt makinesinde birincil lif:atık kağıt lif oranı 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 olmak üzere ve aynı orandaki hamurlara ayrı ayrı %0,75 KN ve %0,75 luredur ilave edilerek her bir kağıt grubundan  $125\pm 3$  g/m<sup>2</sup> gramajlı 10'ar adet deneme kağıtları yapılmıştır (Tablo 6).

Tablo 6: Çalışmada kullanılan kağıtların lif karışım oranları ve KN ve luredur ilave metotları.

Örnek	Birincil lif oranı (%)	Atık lif oranı (%)	KN oranı (%)	Luredur oranı (%)
A	100	-	-	-
A10	90	10	-	-
A20	80	20	-	-
A30	70	30	-	-
A40	60	40	-	-
A50	50	50	-	-
B	100	-	0,75	-
B10	90	10	0,75	-
B20	80	20	0,75	-
B30	70	30	0,75	-
B40	60	40	0,75	-
B50	50	50	0,75	-
C	100	-	-	0,75
C10	90	10	-	0,75
C20	80	20	-	0,75
C30	70	30	-	0,75
C40	60	40	-	0,75
C50	50	50	-	0,75

Deneme kağıtları TAPPI T 402 sp-03 standardına göre (23±2 °C sıcaklık ve %50 ±2 bağıl nem) 24 saat kondisyonlandıktan sonra kalınlığı TAPPI T 411 om-97, kopma indisi ISO 1924-3, patlama indisi TAPPI T 403 om-02, yırtılma indisi ise TAPPI T 414 om-98

standartlarına göre tespit edilmiştir. Kağıtların opaklığı TAPPI T 519 om-02, parlaklığı ise TAPPI T 525 om-02 standardına göre belirlenmiştir.

### **2.2.5 Verilerin Değerlendirilmesi**

Bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16.0 paket programı kullanılmıştır. Çam hamuru ve atık kağıt hamuru karışım oranının ve KN ve luredur ilavesinin kağıt özellikleri üzerine etkisini tespit etmek için elde edilen verilerde tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) uygulanmıştır. Gruplar arası farklılık olduğu durumda bu farkın %95 güven aralığında anlamlı olup olmadığı Duncan testiyle belirlenmiştir.

## BÖLÜM 3

### BULGULAR VE İRDELEME

#### 3.1 Lif Morfolojisine Ait Bulgular

Çam hamuru ve atık kağıt hamurunun lif morfolojisine ait bulguları Tablo 7’de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi birincil lifler atık kağıt liflerine göre daha uzun ve daha geniş olup, nispeten daha geniş lümenli ve daha geniş çeperlidir.

Tablo 7: Karışık çam hamuru ve atık kağıt hamurunun lif özellikleri.

Lif Özelliği	Karışık Çam Hamuru	Atık Kağıt Hamuru
Lif uzunluğu (mm)	2,81±1,01	2,16±1,13
Kesik lif uzunluğu (mm)	-	1,43±0,85
Lif genişliği (µm)	39,4±16,98	34,90±12,34
Lümen genişliği (µm)	20,8±11,63	18,00±13,07
Çift çeper kalınlığı (µm)	18,6±12,33	16,90±10,37

#### 3.2 Hamurların Viskoziteleri

Karışık çam hamuru ve atık kağıt hamurunun viskoziteleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8: Karışık çam hamuru ve atık kağıt hamurunun viskoziteleri.

	Viskozite (cm <sup>3</sup> /g)
Karışık Çam Hamuru	969,77±10,92
Atık Kağıt Hamuru	619,40±18,93

Selülozun polimerizasyon derecesi ile ilişkili olan viskozite değeri dolaylı olarak hamurun direnç özelliklerini de etkileyen bir faktördür. Karışık çam hamuru ve atık kağıt hamurunun viskoziteleri incelendiğinde, karışık çam hamurunun viskozitesinin atık kağıt hamurunun viskozitesinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

### **3.3 Deneme Kağıtlarının Sağlamlık ve Optik Özellikleri**

Farklı oranlarda birincil ve atık kağıt lif karışımlarından oluşan ve aynı orandaki lif karışımlarına ayrı ayrı %0,75 KN ve %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi, patlama indisi, kopma indisi, uzama, TEA ve hacimlilik gibi değerleri ile opaklık ve parlaklık değerleri tespit edilmiştir. Tablo 9’da sadece atık lif oranının, Tablo 10’da hem atık lif oranı hem de kuru sağlamlık maddesi ilavesinin, Tablo 11’de ise sadece kuru sağlamlık maddesi ilavesinin deneme kağıtlarının özelliklerine etkisi Duncan test sonuçları ile birlikte verilmiştir.



Tablo 9: Atık kağıt lif oranının deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi.

Örnek	Kopma indisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Yırtılma indisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama indisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Hacimlilik (cm <sup>3</sup> /g)	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
A	71,24±3,09a	a2,57±0,11	167,1±9,07a	5,71±0,21a	3,90±0,16a	1,40±0,02a	18,85±0,15a	99,90±0,21a
A10	58,56±2,40b	ab2,5±0,09	132,8±6,29b	5,50±0,24a	3,19±0,14b	1,45±0,02b	19,75±0,09b	99,97±0,06ab
A20	57,74±2,33b	abc2,49±0,09	125,9±6,05c	5,66±0,14a	2,99±0,12c	1,48±0,02c	20,11±0,13c	99,94±0,07a
A30	48,53±1,94c	bc2,45±0,06	107,95±3,99d	6,20±0,22b	2,67±0,09d	1,53±0,03d	20,72±0,24d	99,90±0,15a
A40	47,40±1,96c	c2,41±0,11	102,73±4,20e	6,33±0,20b	2,44±0,11e	1,55±0,03e	21,19±0,10e	99,98±0,04a
A50	44,61±1,57d	d2,21±0,12	89,77±3,83f	6,29±0,23b	2,25±0,09f	1,58±0,03f	21,69±0,08f	99,95±0,09a
B	76,77±2,77a	a2,93±0,12	186,30±6,04a	6,0±0,23a	4,39±0,18a	1,38±0,03a	18,22±0,12a	99,97±0,05ab
B10	74,48±2,58b	a2,93±0,11	191,8±6,08a	6,27±0,29ab	4,03±0,12b	1,45±0,03b	18,87±0,14b	99,92±0,15ab
B20	67,46±1,98c	a2,84±0,06	168,6±7,14b	6,31±0,36b	3,91±0,13c	1,46±0,03b	19,30±0,13c	99,98±0,02b
B30	64,43±2,24d	b2,66±0,13	150,5±7,99c	6,36±0,18b	3,53±0,13d	1,50±0,04c	19,89±0,10d	99,96±0,10ab
B40	59,59±1,42e	c2,50±0,12	128±4,97d	6,56±0,27bc	3,33±0,14e	1,52±0,03c	20,44±0,12e	99,99±0,03a
B50	58,08±1,64e	c2,52±0,10	127,1±5,76d	6,70±0,23c	3,03±0,11f	1,56±0,04d	21,00±0,10f	99,88±0,12b
C	68,34±1,99a	a2,89±0,12	175,5±7,68a	6,53±0,20a	3,68±0,12a	1,41±0,03a	18,69±0,14a	99,96±0,06ab
C10	63,85±2,50b	b2,69±0,11	152,2±7,32b	6,68±0,22ab	3,43±0,13b	1,47±0,04a	19,34±0,17b	99,97±0,06ab
C20	59,74±1,95c	bc2,62±0,11	141,2±5,16c	6,93±0,16c	3,21±0,12c	1,49±0,03b	19,86±0,13c	99,97±0,05ab
C30	55,10±1,68d	c2,54±0,09	125,61±4,84d	6,91±0,17bc	2,83±0,11d	1,53±0,04c	20,49±0,16d	99,90±0,09b
C40	48,95±1,57e	d2,40±0,09	106,37±4,50e	6,96±0,29c	2,61±0,10e	1,56±0,04c	21,18±0,05e	99,96±0,06ab
C50	46,13±2,08f	d2,39±0,10	101,26±3,69e	7,04±0,23c	2,46±0,10f	1,58±0,02d	21,50±0,08f	99,98±0,05a

Tablo 10: Atık kağıt lif oranının ve kuru sağlamlık maddesi ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi.

Örnek	Kopma indisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Yırtılma indisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama indisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Hacimlilik (cm <sup>3</sup> /g)	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
A	71,24±3,09C	2,57±0,11CDE	167,1±9,07D	5,71±0,21I	3,90±0,16C	1,40±0,02HI	18,85±0,15J	99,90±0,21AB
A10	58,56±2,40FG	2,5±0,09EFG	132,8±6,29G	5,50±0,24I	3,19±0,14H	1,45±0,02G	19,75±0,09I	99,97±0,06A
A20	57,74±2,33G	2,49±0,09EFGH	125,9±6,05H	5,66±0,14I	2,99±0,12I	1,48±0,02DEF	20,11±0,13G	99,94±0,07AB
A30	48,53±1,94I	2,45±0,06FGH	107,95±3,99I	6,20±0,22GH	2,67±0,09J	1,53±0,03C	20,72±0,24E	99,90±0,15AB
A40	47,40±1,96İ	2,41±0,11GH	102,73±4,20İ	6,33±0,20EFG	2,44±0,11K	1,55±0,03B	21,19±0,10C	99,98±0,04AB
A50	44,61±1,57J	2,21±0,12I	89,77±3,83J	6,29±0,23EFG	2,25±0,09L	1,58±0,03A	21,69±0,08A	99,95±0,09AB
B	76,77±2,77A	2,93±0,12A	186,30±6,04B	6,0±0,23H	4,39±0,18A	1,38±0,03I	18,22±0,12L	99,97±0,05AB
B10	74,48±2,58B	2,93±0,11A	191,8±6,08A	6,27±0,29FG	4,03±0,12B	1,45±0,03G	18,87±0,14J	99,92±0,15AB
B20	67,46±1,98D	2,84±0,06A	168,6±7,14D	6,31±0,36EFG	3,91±0,13C	1,46±0,03FG	19,30±0,13İ	99,98±0,02AB
B30	64,43±2,24E	2,66±0,13BC	150,5±7,99E	6,36±0,18EFG	3,53±0,13E	1,50±0,04D	19,89±0,10H	99,96±0,10AB
B40	59,59±1,42FG	2,50±0,12EFG	128±4,97GH	6,56±0,27DE	3,33±0,14G	1,52±0,03C	20,44±0,12F	99,99±0,03A
B50	58,08±1,64FG	2,52±0,10EF	127,1±5,76H	6,70±0,23BCD	3,03±0,11I	1,56±0,04AB	21,00±0,10D	99,88±0,12B
C	68,34±1,99D	2,89±0,12A	175,5±7,68C	6,53±0,20DEF	3,68±0,12D	1,41±0,03H	18,69±0,14K	99,96±0,06AB
C10	63,85±2,50E	2,69±0,11B	152,2±7,32E	6,68±0,22CD	3,43±0,13F	1,47±0,04EF	19,34±0,17İ	99,97±0,06AB
C20	59,74±1,95F	2,62±0,11BCD	141,2±5,16F	6,93±0,16ABC	3,21±0,12H	1,49±0,03DE	19,86±0,13HI	99,97±0,05AB
C30	55,10±1,68H	2,54±0,09DEF	125,61±4,84H	6,91±0,17ABC	2,83±0,11İ	1,53±0,04C	20,49±0,16F	99,90±0,09AB
C40	48,95±1,57I	2,40±0,09GH	106,37±4,50İ	6,96±0,29AB	2,61±0,10J	1,56±0,04AB	21,18±0,05C	99,96±0,06AB
C50	46,13±2,08İJ	2,39±0,10H	101,26±3,69İ	7,04±0,23A	2,46±0,10K	1,58±0,02A	21,50±0,08B	99,98±0,05AB

Tablo 11: Kuru sağamlık maddesi ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi.

Örnek	Kopma indisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Yırtılma indisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama indisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Hacimlilik (cm <sup>3</sup> /g)	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
<b>A</b>	71,24±3,09b	2,57±0,11b	167,1±9,07c	5,71±0,21c	3,90±0,16b	1,40±0,02a	18,85±0,15a	99,90±0,21a
<b>B</b>	76,77±2,77a	2,93±0,12a	186,30±6,04a	6,0±0,23b	4,39±0,18a	1,38±0,03b	18,22±0,12c	99,97±0,05a
<b>C</b>	68,34±1,99c	2,89±0,12a	175,5±7,68b	6,53±0,20a	3,68±0,12c	1,41±0,03a	18,69±0,14b	99,96±0,06a
<b>A10</b>	58,56±2,40c	2,5±0,09c	132,8±6,29c	5,50±0,24c	3,19±0,14c	1,45±0,02b	19,75±0,09a	99,97±0,06a
<b>B10</b>	74,48±2,58a	2,93±0,11a	191,8±6,08a	6,27±0,29b	4,03±0,12a	1,45±0,03b	18,87±0,14c	99,92±0,15a
<b>C10</b>	63,85±2,50b	2,69±0,11b	152,2±7,32b	6,68±0,22a	3,43±0,13b	1,47±0,04a	19,34±0,17b	99,97±0,06a
<b>A20</b>	57,74±2,33c	2,49±0,09c	125,9±6,05c	5,66±0,14c	2,99±0,12c	1,48±0,02a	20,11±0,13a	99,94±0,07a
<b>B20</b>	67,46±1,98a	2,84±0,06a	168,6±7,14a	6,31±0,36b	3,91±0,13a	1,46±0,03b	19,30±0,13c	99,98±0,02a
<b>C20</b>	59,74±1,95b	2,62±0,11b	141,2±5,16b	6,93±0,16a	3,21±0,12b	1,49±0,03a	19,86±0,13b	99,97±0,05a
<b>A30</b>	48,53±1,94c	2,45±0,06c	107,95±3,9c	6,20±0,22b	2,67±0,09c	1,53±0,03a	20,72±0,24a	99,90±0,15a
<b>B30</b>	64,43±2,24a	2,66±0,13a	150,5±7,99a	6,36±0,18b	3,53±0,13a	1,50±0,04b	19,89±0,10c	99,96±0,10a
<b>C30</b>	55,10±1,68b	2,54±0,09b	125,61±4,84b	6,91±0,17a	2,83±0,11b	1,53±0,04a	20,49±0,16b	99,90±0,09a
<b>A40</b>	47,40±1,96c	2,41±0,11a	102,73±4,20b	6,33±0,20b	2,44±0,11c	1,55±0,03a	21,19±0,10a	99,98±0,04a
<b>B40</b>	59,59±1,42a	2,50±0,12a	128±4,97a	6,56±0,27b	3,33±0,14a	1,52±0,03b	20,44±0,12b	99,99±0,03a
<b>C40</b>	48,95±1,57b	2,40±0,09a	106,37±4,50b	6,96±0,29a	2,61±0,10b	1,56±0,04a	21,18±0,05a	99,96±0,06a
<b>A50</b>	44,61±1,57b	2,21±0,12c	89,77±3,83c	6,29±0,23c	2,25±0,09c	1,58±0,03a	21,69±0,08a	99,95±0,09ab
<b>B50</b>	58,08±1,64a	2,52±0,10a	127,1±5,76a	6,70±0,23b	3,03±0,11a	1,56±0,04b	21,00±0,10c	99,88±0,12b
<b>C50</b>	46,13±2,08b	2,39±0,10b	101,26±3,69b	7,04±0,23a	2,46±0,10b	1,58±0,02a	21,50±0,08b	99,98±0,05a

### 3.3.1 Kopma indisi

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının kopma indisi değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, belirtilen lif karışım oranlarındaki lif süspansiyonlarına %0,75 KN veya %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen deneme kağıtlarının da kopma indisleri belirlenmiştir. İlave edilen atık kağıt lifi oranının artması ile kopma indisi değerlerinin azaldığı, bu azalışın istatistiki olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 18). %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının kopma indisi değerlerinin kontrol örneğine oranla sırasıyla %17,80, %18,95, %31,88, %33,46 ve %37,38 azaldığı görülmüştür.

Benzer çalışma, karaçam ve sarıçam birincil liflerine %5, %10, %15, %20 ve %25 atık kağıt lifi ilave edilmesiyle yapılmıştır. Elde edilen deneme kağıtlarının kopma indislerinin %25 atık kağıt ilavesi ile karaçamda %10,17 ve sarıçamda %14,66 azaldığı tespit edilmiştir (Gülsoy vd., 2013). Benzer kopma indisi kayıpları daha önceki çalışmalarda da bulunmuştur (Wanrosli vd., 2005; Latifah vd., 2009; Sarkosh ve Talaeipoor, 2011; Fiserova., 2013). Kopma indisi azalışlarının nedeni olarak atık kağıt liflerinin daha kısa olması gösterilebilir (Scott vd., 1995).

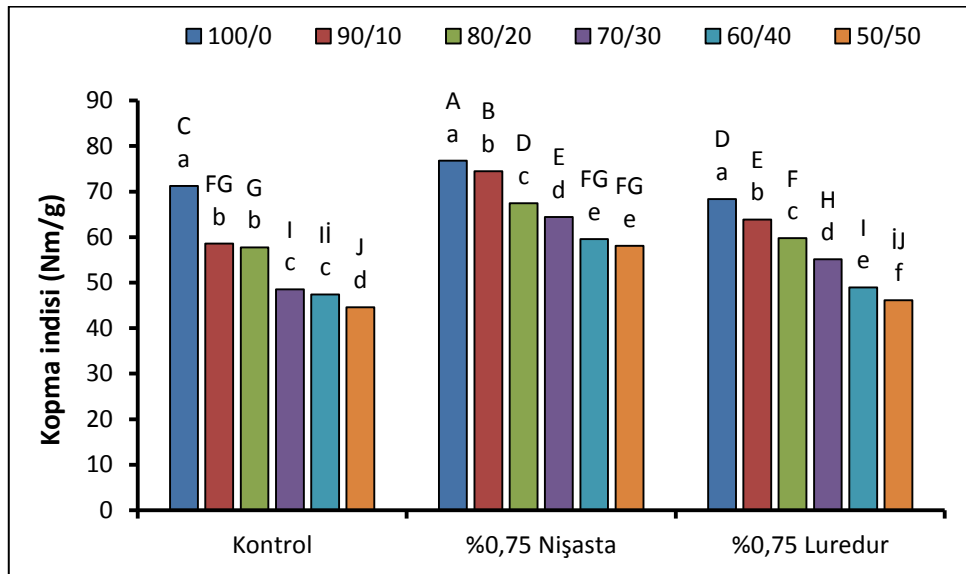
Öte yandan, şişmiş lifler daha esnektir ve kağıt yapımına daha uygundur (Wanrosli vd., 2005). Kurutulmuş liflerin şişme kapasitesi (Oksanen vd., 2000) ve su tutma kapasitesi (WRV) (Howard, 1995) hornifikasyonun sonucu olarak birincil liflere göre daha düşüktür. Esnek liflerin iç bağlanması hornifikasyona uğramış liflerden daha güçlüdür (Hubbe vd., 2007). Ayrıca uygun ve üst üste örtüşme yeteneği düşük olmasından dolayı lif kısalığı kopma indisi kayıplarına katkıda bulunur (Abubakr vd., 1995). Diğer taraftan, Wistara ve Hidayah (2010), soda yöntemiyle elde edilmiş bambu hamurunun birincil liflerine %30 atık kağıt hamuru karıştırılarak yapılan deneme kağıtlarının kopma indislerinin %5,53 arttığını belirlemişlerdir. Ghasemian vd., (2012), NSSC hamuruna %20, %30 ve %40 atık kağıt ilavesiyle elde edilen deneme kağıtlarının kopma indislerinin sırasıyla %9,02, %32,79 ve %32,79 arttığını tespit etmişlerdir.

KN ve luredur ilaveli deneme kağıtlarında da atık kağıt lifi ilave oranının artması kopma indisi değerlerinin istatistiki olarak anlamlı bir oranda ( $p < 0,05$ ) azalmasına neden olmuştur (Şekil 18). %0,75 KN ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde

edilen deneme kağıtlarının kopma indisi değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %2,98, %12,13, %15,81, %22,38 ve %24,35 azaldığı görülmüştür. Buna karşın, %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının kopma indisi değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 luredur ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %6,57, %12,58, %19,37, %28,37 ve %32,50 azaldığı görülmüştür.

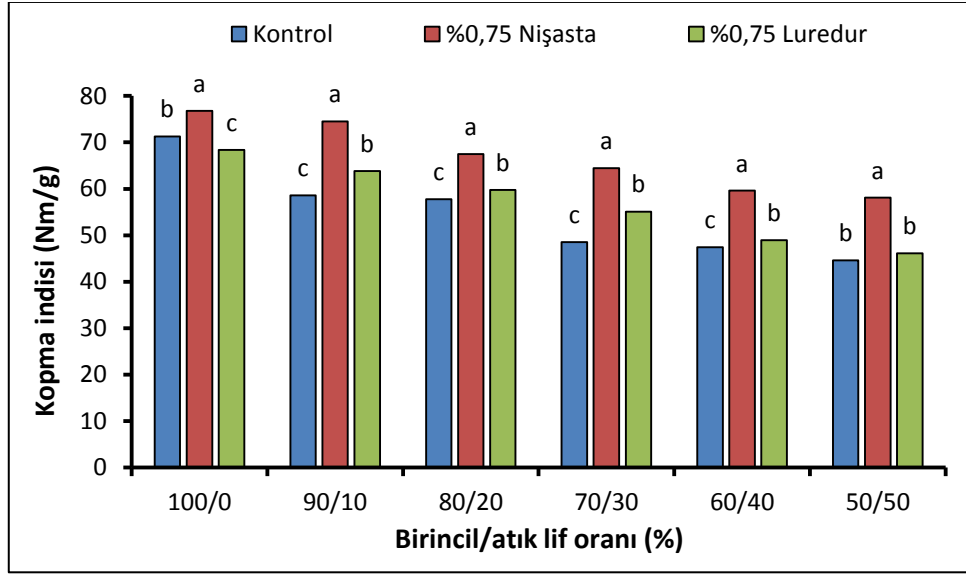
KN ilaveli örneklerde %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının kopma indisi değerlerinde meydana gelen azalmanın kontrol ve luredur ilaveli örneklere oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. En fazla kopma indisi kayıpları ise kontrol örneğinde %37,38 ile, KN ilaveli örneklerde %24,35 ile, luredur ilaveli örneklerde ise %32,50 ile %50 atık lif ilaveli örneklerde gerçekleşmiştir.

%10 atık lifi içeren kontrol kağıtlarının kopma indisi 58,56 N.m/g iken, bu değer %0,75 KN ve %50 atık lifi içeren kağıtlarda 58,08 N.m/g, %0,75 luredur ve %20 atık lifi içeren kağıtlarda 59,74 N.m/g olup, her üç değer arasındaki farkın istatistiki olarak anlamsız olduğu görülmüştür ( $p>0,05$ ). Yani, lif süspansiyonuna KN ve luredur gibi kuru sağlamlık maddesi ilave edilerek aynı kopma indisi daha fazla atık kağıt lifi katılarak elde edilebilir. Böylece birincil liflere göre daha ucuz olan atık lifler kullanılarak hammadde tasarrufu sağlanmış ve üretim maliyeti azaltılmış olacaktır.



Şekil 18: Kontrol, KN ve luredur ilavesi ile kağıtların kopma indisi değerleri arasındaki ilişki.

Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi ise Şekil 19’da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tüm lif karışım oranlarında kopma indisi değerleri KN ve luredur ilavesi ile istatistiki anlamda önemli derecede ( $p < 0.05$ ) artmıştır. Ancak, %100 birincil lif içeren kağıtlarda kopma indisi KN ilavesi ile %7,76 artarken, luredur ilavesiyle %4,07 azalmıştır. Bununla birlikte, %50 atık lif içeren kağıtlarda luredur ilavesinin kopma indisi üzerine istatistiki olarak anlamlı bir artışa neden olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 19). Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların kopma indisinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim Tablo 12’de verilmiştir.



Şekil 19: Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların kopma indisi değerleri üzerine etkileri.

Tablo 12: Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların kopma indisinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.

Atık lif oranı (%)	KN ilavesiyle değişim (%)	Luredur ilavesiyle değişim (%)
0	+7,76	-4,07
10	+27,19	+9,03
20	+16,83	+3,46
30	+32,76	+13,54
40	+25,72	+3,27
50	+30,20	+3,41

Tablo 12’de görüldüğü gibi KN veya luredur ilaveli deneme kağıtlarının içerdiği atık lif oranının artmasıyla kağıtların kopma indislerinin dalgalı bir değişim gösterdiği, fakat KN’nin kopma indisi üzerine luredurdan daha etkili olduğu ve en yüksek kopma indisi artışının %32,56 ile %30 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir. Benzer çalışmada, 15, 20, 25 ve 30 SR° dövme derecelerindeki her bir hamura ayrı ayrı %0,75, %1,5 ve %2,25 KN ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının kopma indisi değerlerinin arttığı bulunmuştur (Gülsoy, 2014). KN ilavesinin kopma indisi üzerindeki pozitif etkisi daha önce yapılan çalışmalarda da rapor edilmiştir (Hamzeh vd., 2013; Khosravani ve Rahmaninia, 2013).

### 3.3.2 Uzama

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının uzama değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, belirtilen lif karışım oranlarındaki lif süspansiyonlarına %0,75 KN veya %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen deneme kağıtlarının da uzama değerleri belirlenmiştir. İlave edilen atık kağıt lifi oranının artması ile uzama değerlerinin azaldığı, bu azalışın istatistiki olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 20). %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının uzama değerlerinin kontrol örneğine oranla sırasıyla %2,72, %3,11, %4,67, %6,23 ve %14,01 azaldığı görülmüştür.

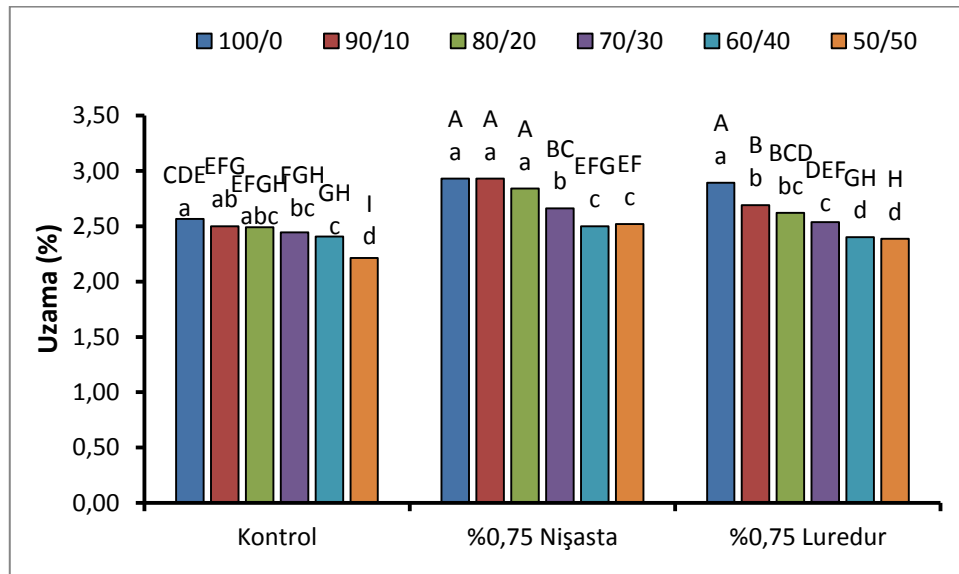
Benzer çalışma, karaçam ve sarıçam birincil liflerine %5, %10, %15, %20 ve %25 atık kağıt lifi ilave edilmesiyle yapılmıştır. Elde edilen deneme kağıtlarının uzama değerlerinin %25 atık kağıt ilavesiyle karaçamda %14,85 ve sarıçamda %15,64 azaldığı tespit edilmiştir (Gülsoy vd., 2013). Uzama değerlerindeki kayıplar atık kağıt liflerinin düşük esneklik ve düşük bağlanma potansiyeliyle açıklanabilir (Nazhad, 2005). Buna ek olarak, karışımdaki atık kağıt hamuru yüzdesinin artmasıyla uzama miktarındaki düşüş atık kağıt liflerinin kısalığı ile orantılıdır (Horn, 1978). Ghasemian vd., (2012), NSSC hamuruna %20, %30 ve %40 atık kağıt ilavesiyle elde edilen deneme kağıtlarının uzama değerlerinin sırasıyla %1,22, %28,05 ve %34,15 arttığını göstermişlerdir. Bu çelişkili sonuçlar atık kağıt lifleri ile birincil lifler arasındaki morfolojik değişikliklere atfedilebilir.

KN ve luredur ilaveli deneme kağıtlarında da atık kağıt lifi ilave oranının artması uzama değerlerinin istatistiki olarak anlamlı bir oranda ( $p < 0,05$ ) genellikle azalmasına neden

olmuştur (Şekil 20). %0,75 KN ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının uzama değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %10'luk örnekte değişmediği, %3,07, %9,15, %14,68 ve %13,99 azaldığı tespit edilmiştir. Buna karşın %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının uzama değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 luredur ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %7,02, %9,40, %12,31, %17,04 ve %17,46 azaldığı görülmüştür.

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının uzama değerlerinde meydana gelen azalmanın KN ve luredur ilaveli örneklerle oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. En fazla uzama değeri kayıpları ise kontrol örneğinde %14,01 ile %50, KN ilaveli örneklerde %14,68 ile %40, luredur ilaveli örneklerde ise %17,46 ile %50 atık lif ilaveli örneklerde gerçekleşmiştir.

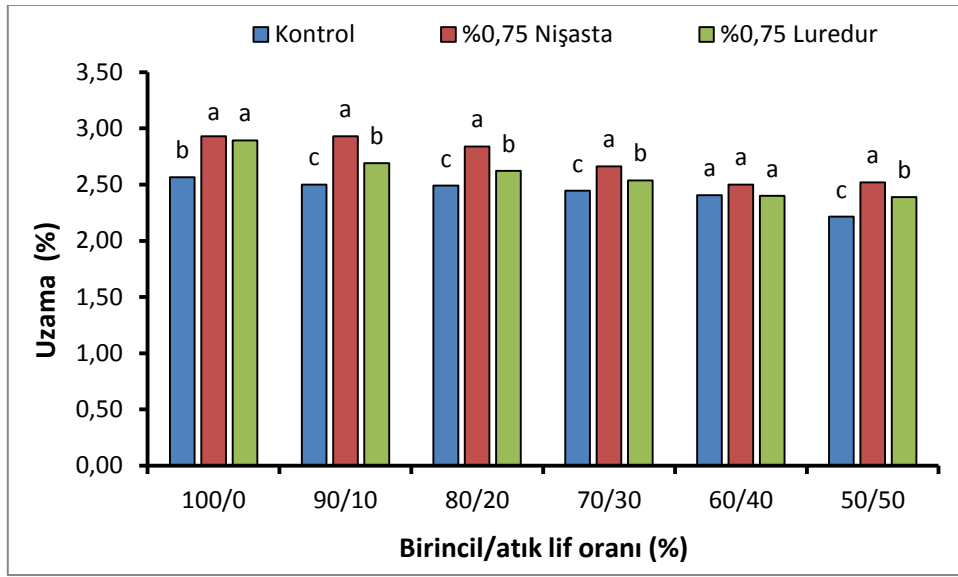
%10 atık lifi içeren kontrol kağıtlarının uzama değeri %2,5 iken, bu değer %0,75 KN ve %40 atık lifi içeren kağıtlarda %2,5, %0,75 luredur ve %30 atık lifi içeren kağıtlarda %2,54 olup, her üç değerinde istatistiki olarak anlamsız bir farka sahip olduğu görülmüştür ( $p>0,05$ ). Yani, lif süspansiyonuna KN ve luredur gibi kuru sağlamlık maddesi ilave edilerek aynı uzama değerine daha fazla atık kağıt lifi katılarak elde edilebilir.



Şekil 20: Kontrol, KN ve luredur ilavesi ile kağıtların uzama değerleri arasındaki ilişki.



Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi ise Şekil 21’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tüm lif karışım oranlarında uzama değerleri KN ve luredur ilavesi ile istatistiki anlamda önemli derecede ( $p<0.05$ ) artmıştır. Ancak, %40 atık kağıt lifi içeren kağıtlarda uzama değeri KN ilavesi ile %3,91 artarken, luredur ilavesiyle %0,25 azalmıştır. Bununla birlikte, %50 atık lif içeren kağıtlarda uzama değeri KN ilavesiyle %13,82, luredur ilavesiyle %7,86 artış sağladığı tespit edilmiştir (Tablo 13). Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların uzama değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim Tablo 13’te verilmiştir.



Şekil 21: Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların uzama değerleri üzerine etkileri.

Tablo 13: Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların uzama değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.

Atık lif oranı (%)	KN ilavesiyle değişim (%)	Luredur ilavesiyle değişim (%)
0	+14,19	+12,74
10	+17,20	+7,60
20	+14,06	+5,26
30	+8,88	+3,76
40	+3,91	-0,25
50	+13,82	+7,86

Tablo 13'te görüldüğü gibi KN veya luredur ilaveli deneme kağıtlarının içerdiği atık lif oranının artmasıyla kağıtların uzama değerlerinin dalgalı bir değişim gösterdiği, fakat KN'nin uzama üzerine luredurdan daha etkili olduğu ve en yüksek uzama artışının %17,20 ile %10 atık kağıt lifi ve KN içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir. Benzer çalışmada, 15, 20, 25 ve 30 SR° dövme derecelerindeki her bir hamura ayrı ayrı %0,75, %1,5 ve %2,25 KN ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının uzama değerlerinin arttığı bulunmuştur (Gülsoy, 2014).

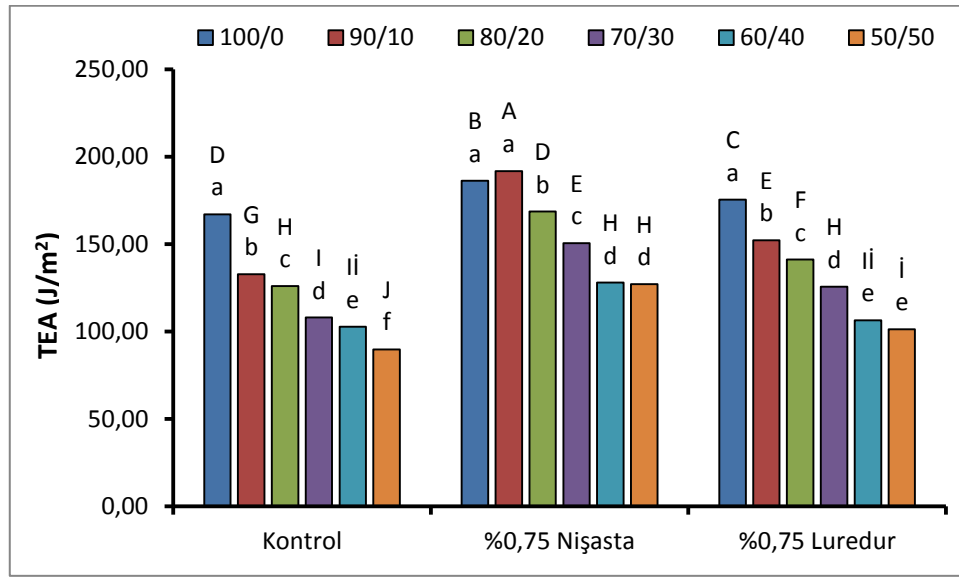
### 3.3.3 TEA

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının TEA değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, belirtilen lif karışım oranlarındaki lif süspanسیونlarına %0,75 KN veya %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen deneme kağıtlarının da TEA değerleri belirlenmiştir. İlave edilen atık kağıt lifi oranının artması ile TEA değerlerinin azaldığı, bu azalışın istatistiki olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 22). %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının TEA değerlerinin kontrol örneğine oranla sırasıyla %20,53, %24,66, %35,40, %38,52 ve %46,28 azaldığı görülmüştür.

KN ve luredur ilaveli deneme kağıtlarında da atık kağıt lifi ilave oranının artması TEA değerlerinin istatistiki olarak anlamlı bir oranda ( $p < 0,05$ ) genellikle azalmasına neden olmuştur (Şekil 22). %0,75 KN ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının TEA değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %2,95 arttığı, %9,50, %19,22, %31,29 ve %31,78 azaldığı görülmüştür. Buna karşın, %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının TEA değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 luredur ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %13,28, %19,54, %28,43, %39,39 ve %42,30 azaldığı görülmüştür.

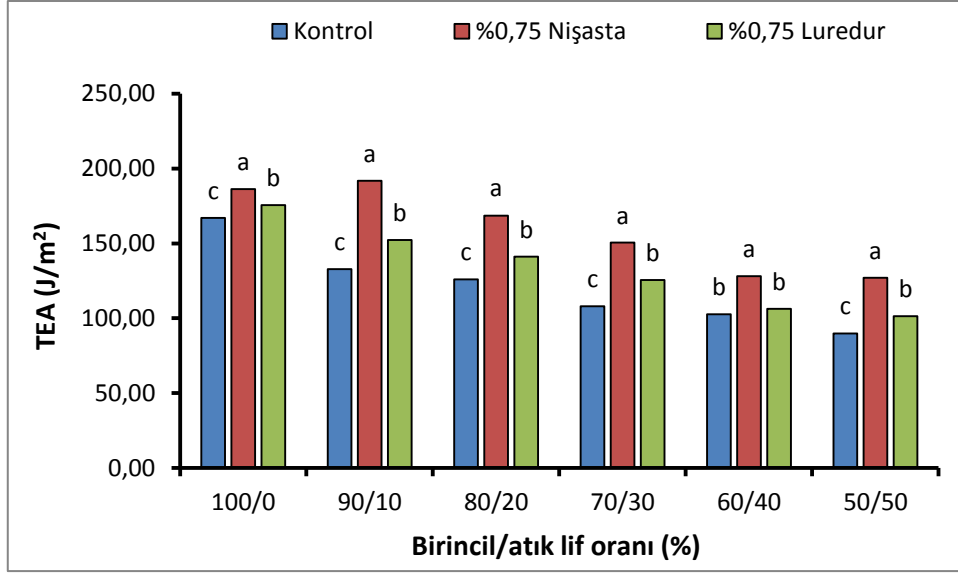
KN ilaveli örneklerde %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının TEA değerlerinde meydana gelen azalmanın kontrol ve luredur ilaveli örneklerle oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. En fazla TEA değeri kayıpları ise kontrol örneğinde %46,28 ile, KN ilaveli örneklerde %31,78 ile, luredur ilaveli örneklerde ise %42,30 ile %50 atık lif ilaveli örneklerde gerçekleşmiştir.

%20 atık lifi içeren kontrol kağıtlarının TEA değeri 125,9 J/m<sup>2</sup> iken, bu değer %0,75 KN ve %50 atık lifi içeren kağıtlarda 127,1 J/m<sup>2</sup>, %0,75 luredur ve %30 atık lifi içeren kağıtlarda 125,61 J/m<sup>2</sup> olup, her üç değerinde istatistiki olarak anlamsız bir farka sahip olduğu görülmüştür (p>0,05). Yani, lif süspansiyonuna KN ve luredur gibi kuru sağlamlık maddesi ilave edilerek aynı TEA değerleri daha fazla atık kağıt lifi katılarak elde edilebilir. Böylece birincil liflere göre daha ucuz olan atık lifler kullanılarak hammadde tasarrufu sağlanmış ve üretim maliyetinde azalma sağlanmış olacaktır.



Şekil 22: Kontrol, KN ve luredur ilavesi ile kağıtların TEA değerleri arasındaki ilişki.

Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi ise Şekil 23'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tüm lif karışım oranlarında TEA değerleri KN ve luredur ilavesi ile istatistiki anlamda önemli derecede (p<0,05) artmıştır. Ancak, %100 birincil lif içeren kağıtlarda TEA değerleri KN ilavesi ile %11,49 artarken, luredur ilavesiyle %5,03 artmıştır. Bununla birlikte, %50 atık lif içeren kağıtlarda TEA değerleri KN ilavesiyle %41,58, luredur ilavesiyle %12,80 artış sağlamıştır (Tablo 14). Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların TEA değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim Tablo 14'te verilmiştir.



Şekil 23: Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların TEA değerleri üzerine etkileri.

Tablo 14: Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların TEA değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.

Atık lif oranı (%)	KN ilavesiyle değişim (%)	Luredur ilavesiyle değişim (%)
0	+11,49	+5,03
10	+44,43	+14,61
20	+33,92	+12,15
30	+39,42	+16,36
40	+24,60	+3,54
50	+41,58	+12,80

Tablo 14’te görüldüğü gibi KN veya luredur ilaveli deneme kağıtlarının içerdiği atık lif oranının artmasıyla kağıtların TEA değerlerinde dalgalı bir değişim gösterdiği, fakat KN’nin TEA değerleri üzerine luredurdan daha etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, en yüksek TEA artışının %44,43 ile %10 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir. Daha önce yapılan benzer çalışmalarda da KN’nin TEA üzerindeki pozitif etkisi rapor edilmiştir (Laleg, 1990; Ghasemian vd., 2012; Gülsoy, 2014).

### 3.3.4 Yırtılma İndisi

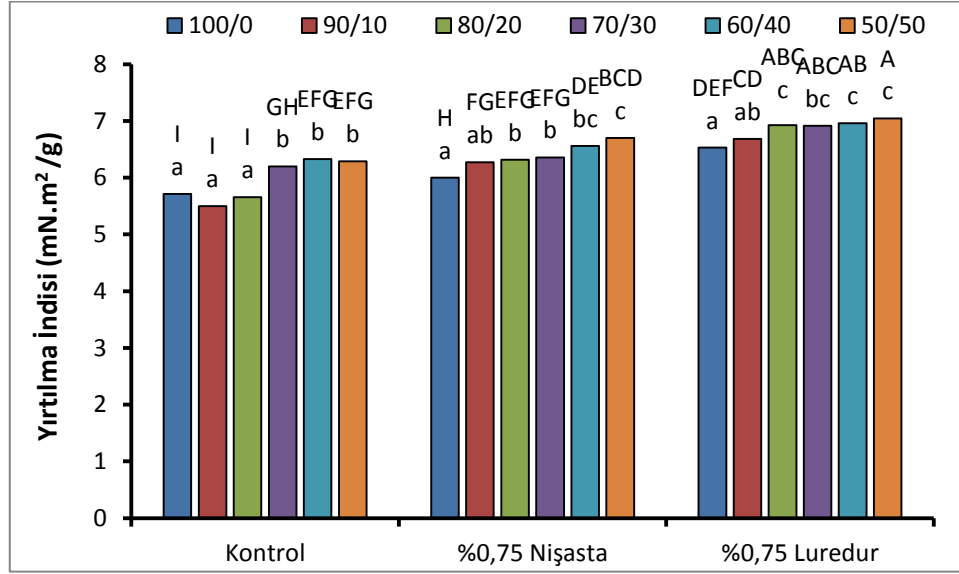
Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, belirtilen lif karışım oranlarındaki lif süspansiyonlarına %0,75 KN veya %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen deneme kağıtlarının da yırtılma indisleri belirlenmiştir. İlave edilen atık kağıt lifi oranının artması ile yırtılma indisi değerlerinin bir miktar azaldığı, daha sonra ise tekrar arttığı ve bu dalgalanmanın istatistiki olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 24). %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi değerlerinin kontrol örneğine oranla sırasıyla %3,75, %1 azaldığı, %8,50, %10,78 ve %10,08 arttığı görülmüştür.

NSSC hamuruna %20, %30 ve %40 atık kağıt ilavesiyle elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisleri sırasıyla %14,52, %20,97 ve %24,19 arttığı görülmüştür (Ghasemian vd., 2012). Aksine, bir başka çalışmada (Wistara ve Hidayah, 2010) soda yöntemiyle elde edilen bambu hamurunun birincil liflerine %30 atık kağıt ilave edilmesiyle elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi %16,67 azalmıştır. Benzer yırtılma indisi kayıpları bazı yazarlar tarafından da rapor edilmiştir (Wanrosli vd., 2005; Latifah vd., 2009).

KN ve luredur ilaveli deneme kağıtlarında atık kağıt lifi ilave oranının artması yırtılma indisi değerlerinin istatistiki olarak anlamlı bir oranda ( $p < 0,05$ ) artmasına neden olmuştur (Şekil 24). %0,75 KN ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %4,52, %5,24, %5,95, %9,29 ve %11,67 arttığı görülmüştür. Buna karşın, %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 luredur ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %2,37, %6,13, %5,91, %6,56 ve %7,88 arttığı görülmüştür.

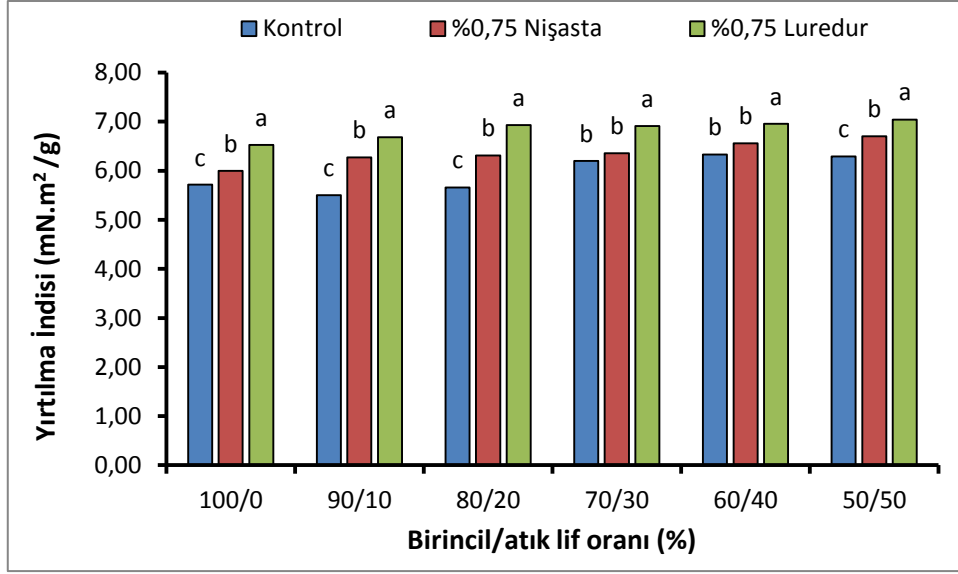
KN ilaveli örneklerde %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi değerlerinde meydana gelen artışın kontrol ve luredur ilaveli örneklere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En fazla yırtılma indisi artışı ise kontrol örneğinde %10,78 ile %40, KN ilaveli örneklerde %11,67 ile, luredur ilaveli örneklerde ise %7,88 ile %50 atık lif ilaveli örneklerde gerçekleşmiştir.

%50 atık lifi içeren kontrol kağıtlarının yırtılma indisi 6,29 mN.m<sup>2</sup>/g iken, bu değer %0,75 KN ve %50 atık lifi içeren kağıtlarda 6,70 mN.m<sup>2</sup>/g, %0,75 luredur ve %50 atık lifi içeren kağıtlarda 7,04 mN.m<sup>2</sup>/g'dır. Yani, aynı oranda atık kağıt lifi katılarak elde edilen lif süspansiyonuna KN ve luredur gibi kuru sağlamlık maddesi ilave edilerek yırtılma indisi daha yüksek kağıtlar elde edilebilir. Böylece birincil liflere göre daha ucuz olan atık lifler kullanılarak hammadde tasarrufu sağlanmış ve üretim maliyeti azalmış olacaktır.



Şekil 24: Kontrol, KN ve luredur ilavesi ile kağıtların yırtılma indisi değerleri arasındaki ilişki.

Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi ise Şekil 25’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tüm lif karışım oranlarında yırtılma indisi değerleri KN ve luredur ilavesi ile istatistiki anlamda önemli derecede ( $p < 0.05$ ) artmıştır. Ancak, %100 birincil lif içeren kağıtlarda yırtılma indisi KN ilavesi ile %5,00 artarken, luredur ilavesiyle %14,25 artmıştır. Bununla birlikte, %50 atık lif içeren kağıtlarda KN ilavesinin yırtılma indisi üzerinde %6,52, luredur ilavesinin %11,97 artış sağladığı tespit edilmiştir (Tablo 15). Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların yırtılma indisinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim Tablo 15’de verilmiştir.



Şekil 25: Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların yırtılma indisi değerleri üzerine etkileri.

Tablo 15: Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların yırtılma indisinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.

Atık lif oranı (%)	KN ilavesiyle değişim (%)	Luredur ilavesiyle değişim (%)
0	+5,00	+14,25
10	+14,03	+21,52
20	+11,62	+22,47
30	+2,53	+11,52
40	+3,59	+9,91
50	+6,52	+11,97

Tablo 15’de görüldüğü gibi KN veya luredur ilaveli deneme kağıtlarının içerdiği atık lif oranının artmasıyla kağıtların yırtılma indislerinin dalgalı bir değişim gösterdiği görülmüştür. Fakat luredurun yırtılma indisi üzerine KN’den daha etkili olduğu ve en yüksek yırtılma indisi artışının %22,47 ile %20 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir.

### 3.3.5 Patlama İndisi

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının patlama indisi değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, belirtilen lif karışım oranlarındaki lif süspansiyonlarına %0,75 KN veya %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen deneme kağıtlarının da patlama indisleri belirlenmiştir. İlave edilen atık kağıt lifi oranının artması ile patlama indisi değerlerinin azaldığı, bu azalışın istatistiki olarak anlamlı ( $p<0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 26). %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının patlama indisi değerlerinin kontrol örneğine oranla sırasıyla %18,32, %23,38, %31,62, %37,45 ve %42,41 azaldığı görülmüştür.

Benzer bir çalışmada, karaçam ve sarıçam birincil liflerine %5, %10, %15, %20 ve %25 atık kağıt lifi ilave edilmesiyle elde edilen deneme kağıtlarının patlama indislerinin önemli derecede azaldığı ve bu azalışın istatistiki olarak anlamlı ( $p<0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Karaçam ve sarıçam birincil liflerine %25 atık kağıt ilave edilmesinden sonra patlama indisi değerleri sırasıyla %17,26 ve %17,18 azalmıştır (Gülsoy vd., 2013). Benzer sonuçlar bazı yazarlar tarafından da rapor edilmiştir (Latifah vd., 2009; Sarkosh ve Talaeipoor, 2011; Horn vd., 1992). Bu azalışlar atık kağıt liflerinin düşük esnekliğine (Scallan ve Tydemon, 1992) ve düşük bağlanma potansiyeline (Scatt vd., 1995) atfedilebilir.

Diğer taraftan, Wistara ve Hidayah (2010), soda yöntemiyle elde edilmiş bambu hamurunun birincil liflerine %30 atık kağıt hamuru karıştırılarak yapılan deneme kağıtlarının patlama indislerinin %13,39 arttığını belirlemişlerdir. Ghasemian vd., (2012), NSSC hamuruna %20, %30 ve %40 atık kağıt ilavesiyle elde edilen deneme kağıtlarının patlama indislerinin sırasıyla %30,85, %53,19 ve %63,83 arttığını göstermişlerdir. Bu çelişkili sonuçlar atık kağıt lifleri ile birincil lifler arasındaki morfolojik değişikliklere atfedilebilir.

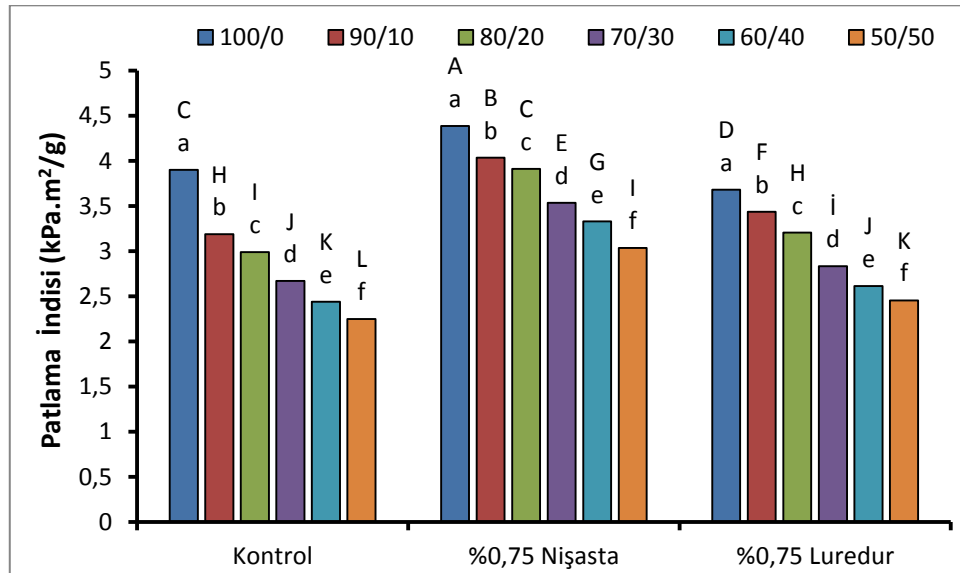
KN ve luredur ilaveli deneme kağıtlarında da atık kağıt lifi ilave oranının artmasıyla kağıtların patlama indisi değerlerinin istatistiki olarak anlamlı bir oranda ( $p<0,05$ ) azaldığı görülmüştür (Şekil 26). %0,75 KN ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının patlama indisi değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %8,05, %10,83,



%19,43, %24,13 ve %30,82 azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının patlama indisi değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 luredur ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %6,64, %12,85, %23,05, %28,95 ve %33,27 azaldığı görülmüştür.

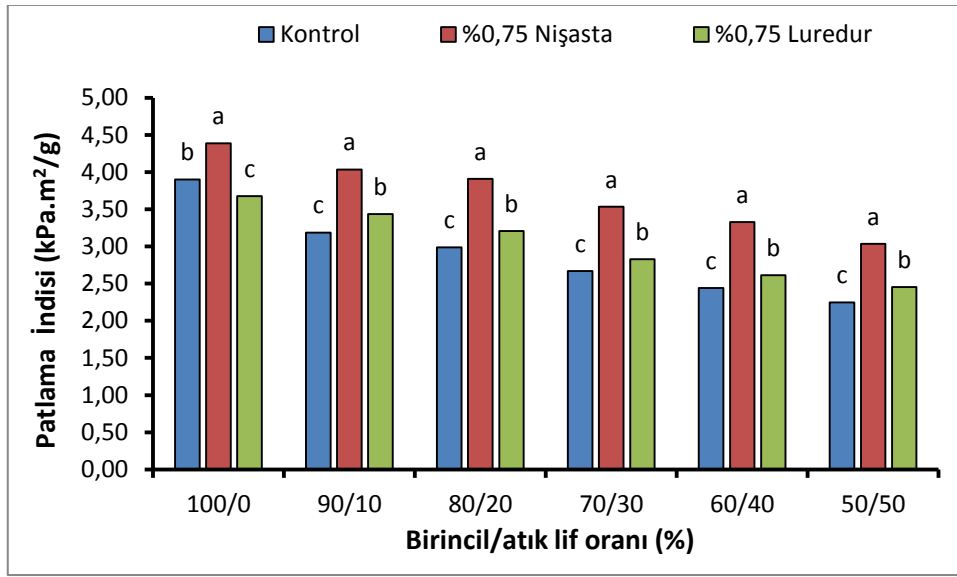
KN ilaveli örneklerde %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının patlama indisi değerlerinde meydana gelen azalmanın kontrol ve luredur ilaveli örneklere oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. En fazla patlama indisi kayıpları ise kontrol örneğinde %42,41 ile, KN ilaveli örneklerde %30,82 ile, luredur ilaveli örneklerde ise %33,27 ile %50 atık lif ilaveli örneklerde gerçekleşmiştir.

%10 atık lifi içeren kontrol kağıtlarının patlama indisi 3,19 kPa.m<sup>2</sup>/g iken, bu değer %0,75 KN ve %40 atık lifi içeren kağıtlarda 3,33 kPa.m<sup>2</sup>/g, %0,75 luredur ve %20 atık lifi içeren kağıtlarda 3,21 kPa.m<sup>2</sup>/g olup, her üç değer arasındaki farkın istatistiki olarak anlamsız olduğu görülmüştür (p>0,05). Yani, lif süspansiyonuna KN ve luredur gibi kuru sağlamlık maddesi ilave edilerek aynı patlama indisi daha fazla atık kağıt lifi katılarak elde edilebilir. Böylece birincil liflere göre daha ucuz olan atık lifler kullanılarak hammadde tasarrufu sağlanmış ve üretim maliyeti azalmış olacaktır.



Şekil 26: Kontrol, KN ve luredur ilavesi ile kağıtların patlama indisi değerleri arasındaki ilişki.

Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi ise Şekil 27’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tüm lif karışım oranlarında patlama indisi değerleri KN ve luredur ilavesi ile istatistiki anlamda önemli derecede ( $p < 0.05$ ) artmıştır. Ancak, %100 birincil lif içeren kağıtlarda patlama indisi KN ilavesi ile %12,43 artarken, luredur ilavesiyle %5,71 azalmıştır. Bununla birlikte, %50 atık lif içeren kağıtlarda KN ilavesinin patlama indisi üzerinde %34,67, luredur ilavesinin %9,33 artış sağladığı tespit edilmiştir (Tablo 16). Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların patlama indisinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim Tablo 16’da verilmiştir.



Şekil 27: Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların patlama indisi değerleri üzerine etkileri.

Tablo 16: Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların patlama indisinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.

Atık lif oranı (%)	KN ilavesiyle değişim (%)	Luredur ilavesiyle değişim (%)
0	+12,43	-5,71
10	+26,57	+7,78
20	+30,84	+7,24
30	+32,46	+6,12
40	+36,48	+6,97
50	+34,67	+9,33

Tablo 16’da görüldüğü gibi KN veya luredur ilaveli deneme kağıtlarının içerdiği atık lif oranının artmasıyla kağıtların patlama indislerinin dalgalı bir değişim gösterdiği, fakat KN’nin patlama indisi üzerine luredurdan daha etkili olduğu ve en yüksek patlama indisi artışının %36,48 ile %40 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir. Daha önce yapılan benzer çalışmalarda da KN’nin patlama indisi üzerindeki pozitif etkisi rapor edilmiştir (Laleg, 1990; Ghasemian vd., 2012; Gülsoy, 2014)

### 3.3.6 Hacimlilik

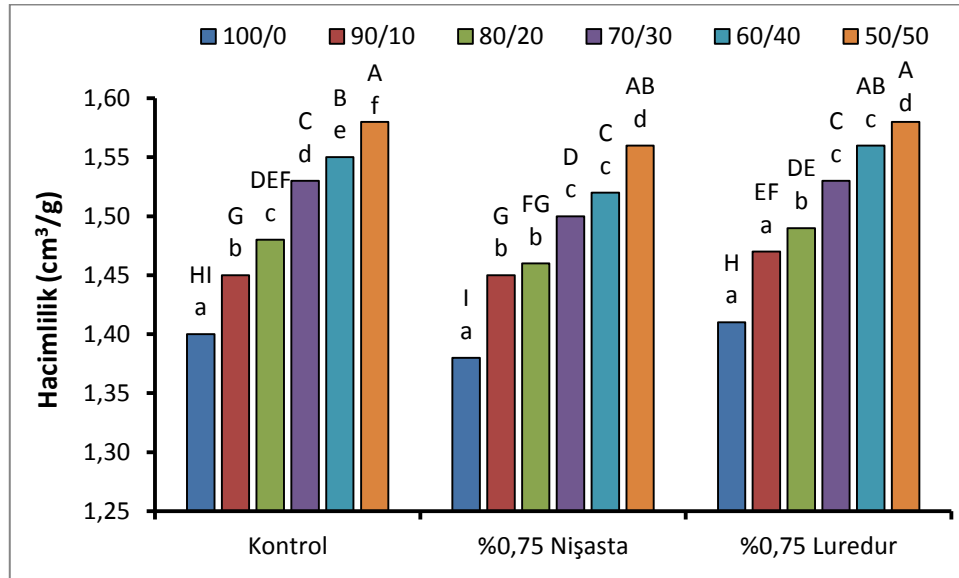
Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının hacimlilik değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, belirtilen lif karışım oranlarındaki lif süspansiyonlarına %0,75 KN veya %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen deneme kağıtlarının da hacimlilik değerleri belirlenmiştir. İlave edilen atık kağıt lifi oranının artması ile hacimlilik değerlerinin arttığı, bu artışın istatistiki olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 28). %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının hacimlilik değerlerinin kontrol örneğine oranla sırasıyla %3,57, %5,71, %9,29, %10,71 ve %12,86 arttığı görülmüştür.

Benzer çalışmada, karaçam ve sarıçam birincil liflerine %5, %10, %15, %20 ve %25 atık kağıt lifi ilave edilmesiyle elde edilen deneme kağıtlarının hacimlilik değerlerinin önemli derecede arttığı ve bu artışın istatistiki olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Karaçam ve sarıçam birincil liflerine %25 atık kağıt ilave edilmesiyle hacimlilik değerleri sırasıyla %10,87 ve %13,87 artmıştır (Gülsoy vd., 2013).

Sarkosh ve Talaeipoor (2011), atık kağıt hamuru ile soda-AQ yöntemiyle elde edilen buğday samanı hamurunun karışımındaki atık kağıt hamuru oranının artmasıyla deneme kağıtlarının hacimlilik değerlerinin arttığını ortaya koymuşlardır. Aynı dövme derecesinde geri dönüştürülmüş lif içeren kağıtların hacimlilik değerlerinin %100 birincil liflerden yapılan kağıtlardan daha yüksek olduğu daha önceki yapılan çalışmalarda da bulunmuştur (Bhat vd., 1991; Howard, 1995; Nazhad 2005; Oksanen vd., 2000). Hornifikasyondan dolayı geri dönüştürülmüş liflerin esneklikleri düşmektedir (Minor vd., 1993). Esnek olmayan, katı (rijit) lifler kağıt safihası içerisinde bir başka lif ile yakın temas oluşturamazlar. Bu nedenle, geri dönüştürülmüş lifler hacimli kağıtlar oluşturmaya meyillidir (Gülsoy vd., 2013).

KN ve luredur ilaveli deneme kağıtlarında da atık kağıt lifi ilave oranının artması hacimlilik değerlerinin istatistiki olarak anlamlı bir oranda ( $p < 0,05$ ) artmasına neden olmuştur (Şekil 28). %0,75 KN ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının hacimlilik değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %5,07, %5,80, %8,70, %10,14 ve %13,04 arttığı görülmüştür. Diğer taraftan, %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının hacimlilik değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 luredur ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %4,26, %5,67, %8,51, %10,64 ve %12,06 arttığı görülmüştür.

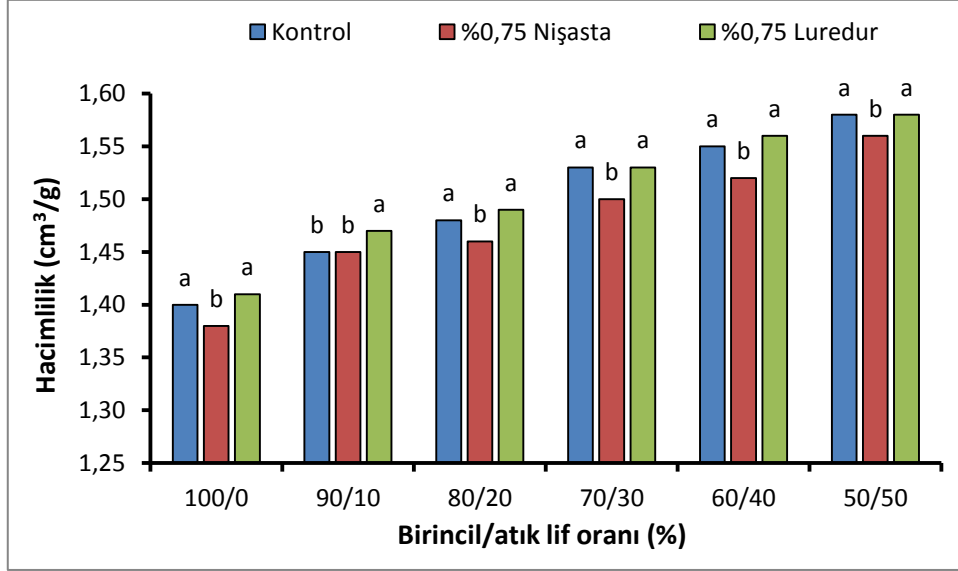
KN ilaveli örneklerde %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının hacimlilik değerlerinde meydana gelen artışın kontrol ve luredur ilaveli örneklere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En fazla hacimlilik değeri artışı ise kontrol örneğinde %12,86 ile, KN ilaveli örneklerde %13,04 ile, luredur ilaveli örneklerde ise %12,06 ile %50 atık lif ilaveli örneklerde gerçekleşmiştir.



Şekil 28: Kontrol, KN ve luredur ilavesi ile kağıtların hacimlilik değerleri arasındaki ilişki.

Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi ise Şekil 29’da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi bazı lif karışım oranlarında hacimlilik değerleri KN ve luredur ilavesi ile dalgalı bir değişim göstermiş, bazılarında ise değişmemiştir. %100 birincil lif içeren kağıtlarda hacimlilik değerleri KN ilavesi ile %1,43 azalırken, luredur ilavesiyle %0,71 artmıştır. Bununla birlikte, %50 atık lif içeren kağıtlarda luredur ilavesinin

hacimlilik değerleri üzerine istatistiki olarak anlamlı bir artışa neden olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 29). Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların hacimlilik değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim Tablo 17’de verilmiştir.



Şekil 29: Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların hacimlilik değerleri üzerine etkileri.

Tablo 17: Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların hacimlilik değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.

Atık lif oranı (%)	KN ilavesiyle değişim (%)	Luredur ilavesiyle değişim (%)
0	-1,43	+0,71
10	0,00	+1,38
20	-1,35	+0,68
30	-1,96	0,00
40	-1,94	+0,65
50	-1,27	0,00

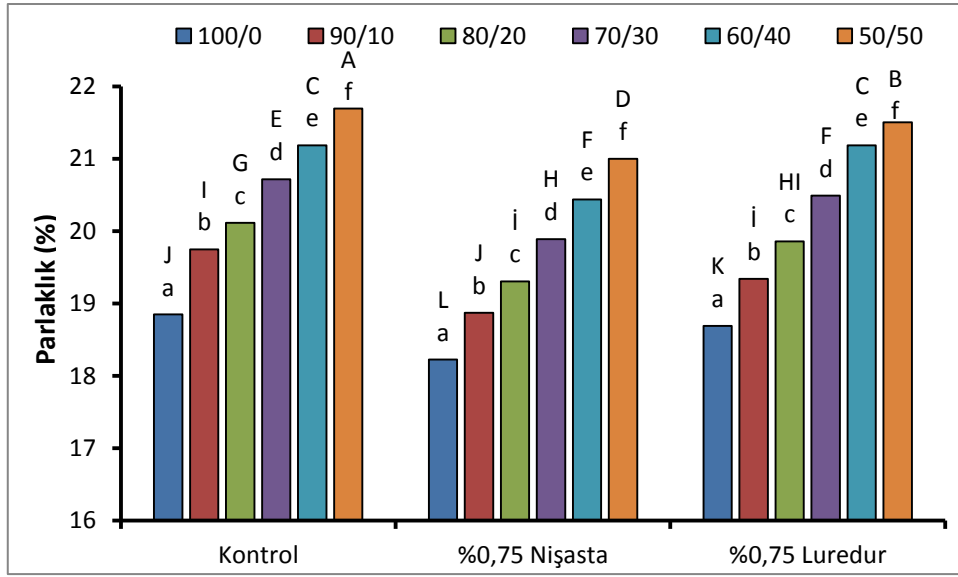
Tablo 17’de görüldüğü gibi KN veya luredur ilaveli deneme kağıtlarının içerdiği atık lif oranının artmasıyla kağıtların hacimlilik değerlerinin dalgalı bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Fakat luredurun hacimlilik değerleri üzerine KN’den daha etkili olduğu ve en yüksek hacimlilik değeri artışının %1,38 ile %10 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir.

### 3.3.7 Parlaklık

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının parlaklık değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, belirtilen lif karışım oranlarındaki lif süspansiyonlarına %0,75 KN veya %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen deneme kağıtlarının da parlaklık değerleri belirlenmiştir. İlave edilen atık kağıt lifi oranının artması ile parlaklık değerlerinin arttığı, bu artışın istatistiki olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 30). Ancak, bu artışların deneme kağıtlarının kraft kağıtları olması nedeniyle kağıtçılık açısından önem arz etmediği düşünülmektedir. %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının parlaklık değerlerinin kontrol örneğine oranla sırasıyla %4,78, %6,72, %9,93, %12,42 ve %15,10 arttığı görülmüştür.

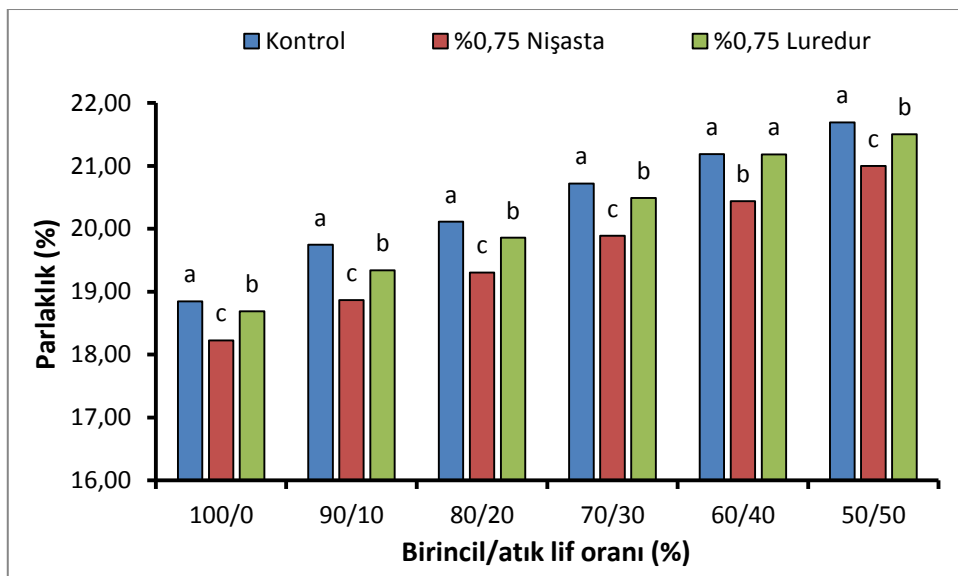
KN ve luredur ilaveli deneme kağıtlarında da atık kağıt lifi ilave oranının artması parlaklık değerlerinin istatistiki olarak anlamlı bir oranda ( $p < 0,05$ ) artmasına neden olmuştur (Şekil 30). %0,75 KN ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının parlaklık değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %3,54, %5,93, %9,14, %12,15 ve %15,24 arttığı görülmüştür. Buna karşın %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının parlaklık değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 luredur ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %3,48, %6,25, %9,63, %13,36 ve %15,07 arttığı görülmüştür.

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının parlaklık değerlerinde meydana gelen artışın KN ve luredur ilaveli örneklere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En fazla parlaklık değeri artışı ise kontrol örneğinde %15,10 ile, KN ilaveli örneklerde %15,24 ile, luredur ilaveli örneklerde ise %15,07 ile %50 atık lif ilaveli örneklerde gerçekleşmiştir.



Şekil 30: Kontrol, KN ve luredur ilavesi ile kağıtların parlaklık değerleri arasındaki ilişki.

Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi ise Şekil 31’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tüm lif karışım oranlarında parlaklık değerleri KN ve luredur ilavesi ile dalgalı bir değişim göstermiştir. Ancak, %100 birincil lif içeren kağıtlarda parlaklık değeri KN ilavesi ile %3,31 azalırken, luredur ilavesiyle %0,84 azalmıştır. Bununla birlikte, %50 atık lif içeren kağıtlarda KN ilavesinin parlaklık değeri üzerinde %3,19, luredur ilavesinin %0,86 azalış sağladığı tespit edilmiştir (Tablo 18). Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların parlaklık değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim Tablo 18’de verilmiştir.



Şekil 31: Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların parlaklık değerleri üzerine etkileri.

Tablo 18: Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların parlaklık değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.

<b>Atık lif oranı (%)</b>	<b>KN ilavesiyle değişim (%)</b>	<b>Luredur ilavesiyle değişim (%)</b>
0	-3,31	-0,84
10	-4,45	-2,07
20	-4,02	-1,27
30	-4,00	-1,11
40	-3,54	-0,01
50	-3,19	-0,86

Tablo 18’de görüldüğü gibi KN veya luredur ilaveli deneme kağıtlarının içerdiği atık lif oranının artmasıyla kağıtların parlaklık değerlerinin dalgalı bir değişim gösterdiği belirlenmiştir. Fakat KN’nin parlaklık değeri üzerine luredurdan daha etkili olduğu ve en yüksek parlaklık değeri azalışının %4,45 ile %10 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir.

### 3.3.8 Opaklık

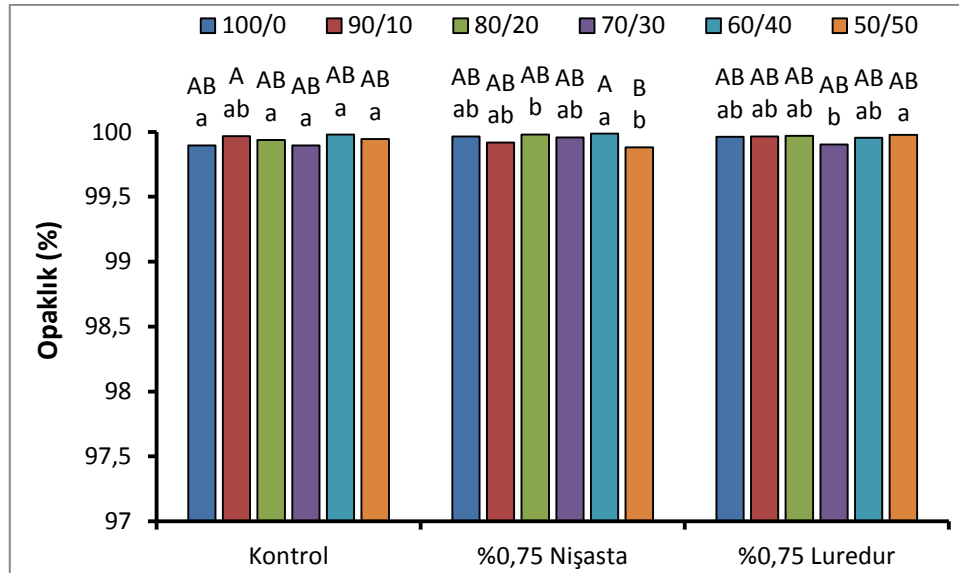
Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının opaklık değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, belirtilen lif karışım oranlarındaki lif süspansiyonlarına %0,75 KN veya %0,75 luredur ilave edilerek elde edilen deneme kağıtlarının da opaklık değerleri belirlenmiştir. İlave edilen atık kağıt lifi oranının artması ile opaklık değerlerinin arttığı, bu artışın istatistiki olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 32). Ancak, bu artışların kağıtçılık açısından önem arz edecek boyutta olmadığı düşünülmektedir. %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının opaklık değerlerinin kontrol örneğine oranla sırasıyla %0,07, %0,04 arttığı, %30’luk örnekte değişmediği ve diğerlerinde yeniden %0,08 ve %0,05 arttığı görülmüştür.

KN ve luredur ilaveli deneme kağıtlarında atık kağıt lifi ilave oranının artması opaklık değerlerinin dalgalanmasına neden olmuştur (Şekil 32). %0,75 KN ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının opaklık



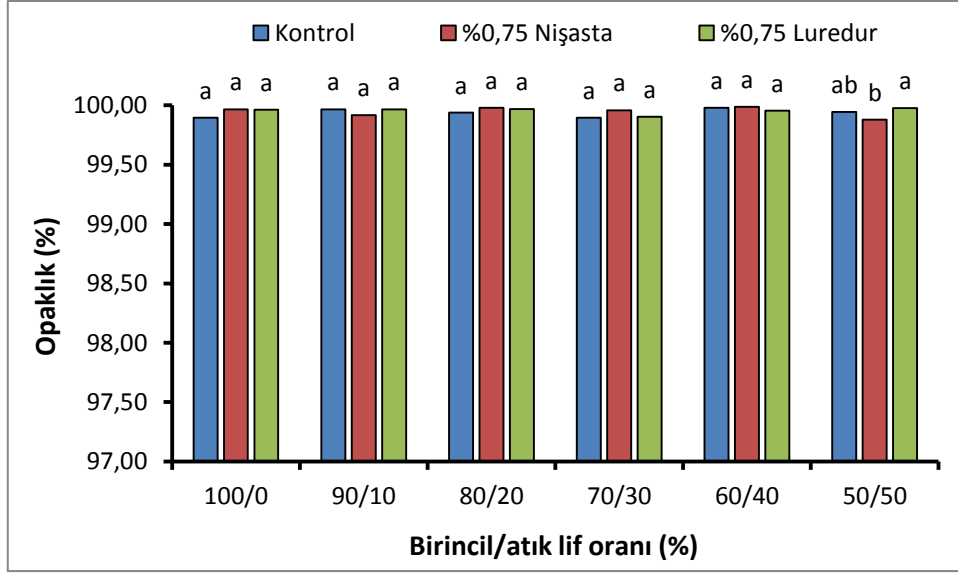
değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %0,05 azaldığı, %0,02 arttığı, %0,01 azaldığı, %0,02 arttığı ve %0,09 azaldığı görülmüştür. Buna karşın %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının opaklık değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 luredur ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla sırasıyla %10'luk örnekte değişmediği, %0,01 arttığı, %0,06 azaldığı, %0,01 azaldığı ve %0,01 arttığı görülmüştür.

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının opaklık değerlerinde meydana gelen artışın KN ve luredur ilaveli örneklere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En fazla opaklık değerleri artışı ise kontrol örneğinde %0,08 ile %40, KN ilaveli örneklerde %0,02 ile %20 ve %40, luredur ilaveli örneklerde ise %0,01 ile %20 ve %50 atık lif ilaveli örneklerde gerçekleşmiştir.



Şekil 32: Kontrol, KN ve luredur ilavesi ile kağıtların opaklık değerleri arasındaki ilişki.

Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi ise Şekil 33'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tüm lif karışım oranlarında opaklık değerleri KN ve luredur ilavesi ile dalgalı bir değişim göstermiştir. Ancak, %100 birincil lif içeren kağıtlarda opaklık değerleri KN ve luredur ilavesi ile %0,07 artarken, %50 atık lif içeren kağıtlarda KN ilavesiyle %0,07 azaldığı, luredur ilavesiyle %0,03 arttığı tespit edilmiştir. (Tablo 19). Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların opaklık değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim Tablo 19'da verilmiştir.



Şekil 33: Hamur karışım oranı ve KN veya luredur ilavesinin kağıtların opaklık değerleri üzerine etkileri.

Tablo 19: Farklı atık lif oranlarına sahip kağıtların opaklık değerlerinde KN veya luredur ilavesiyle meydana gelen % değişim.

Atık lif oranı (%)	KN ilavesiyle değişim (%)	Luredur ilavesiyle değişim (%)
0	+0,07	+0,07
10	-0,05	0,00
20	+0,04	+0,03
30	+0,06	+0,01
40	+0,01	-0,02
50	-0,07	+0,03

Tablo 19’da görüldüğü gibi KN veya luredur ilaveli deneme kağıtlarının içerdiği atık lif oranının artmasıyla kağıtların opaklık değerlerinde dalgalı bir değişim gösterdiği, fakat bu değişimlerin kağıtçılık açısından önem arz edecek boyutta olmadığı düşünülmektedir.

## BÖLÜM 4

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, karışık çam:atık kağıt hamur karışım oranlarının 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 ve 50:50 şeklinde değiştirilerek elde edilen kraft liner kağıtları ile yine aynı karışım oranlarında yapılan hamurlara ayrı ayrı %0,75 KN ve %0,75 luredur ilave edilmesiyle elde edilen kraft liner kağıtlarının özellikleri üzerine hamur karışım oranının ve sağlamlık maddesi ilave edilmesinin etkileri incelenmiştir.

Karışık çam hamuru liflerinin uzunluğu 2,81 mm, lif genişliği 39,4 µm, lümen genişliği 20,8 µm ve çift çeper kalınlığı 18,6 µm olarak ölçülmüştür. Atık kağıt hamurunun ise lif uzunluğu 2,16 mm, kesik lif uzunluğu 1,43 mm, lif genişliği 34,90 µm, lümen genişliği 18,00 µm ve çift çeper kalınlığı 16,90 µm olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen viskozite sonuçlarına göre karışık çam ve atık kağıt hamurlarının viskoziteleri sırasıyla 969,77 ve 619,40 olduğu görülmüştür.

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilave edilmesiyle elde edilen deneme kağıtlarının kopma indisi değerlerinin kontrol örneğine oranla azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, %0,75 KN veya %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarının kopma indisi değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 kuru sağlamlık maddesi ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla azaldığı görülmüştür. Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi incelendiğinde ise KN'nin kopma indisi üzerine luredurdan daha etkili olduğu ve en yüksek kopma indisi artışının %32,76 ile %30 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir. %10 atık lifi içeren kontrol kağıtlarının kopma indisi 58,56 N.m/g iken, bu değer %0,75 KN ve %50 atık lifi içeren kağıtlarda 58,08 N.m/g, %0,75 luredur ve %20 atık lifi içeren kağıtlarda 59,74 N.m/g olup, her üç değer arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmüştür ( $p>0,05$ ).

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının uzama değerlerinin kontrol örneğine oranla azaldığı görülmüştür. Bununla

birlikte, %0,75 KN veya %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarının uzama değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla %10'luk örnekte değişmediği, diğer örneklerde ise azaldığı görülmüştür. Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi incelendiğinde ise KN'nin uzama değerleri üzerine luredurdan daha etkili olduğu ve en yüksek uzama değeri artışının %17,20 ile %10 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir. %10 atık lifi içeren kontrol kağıtlarının uzama değeri %2,5 iken, bu değer %0,75 KN ve %40 atık lifi içeren kağıtlarda %2,5, %0,75 luredur ve %30 atık lifi içeren kağıtlarda %2,54 olup, her üç değerinde istatistik olarak anlamsız bir farka sahip olduğu görülmüştür ( $p>0,05$ ).

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının TEA değerlerinin kontrol örneğine oranla azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, %0,75 KN veya %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarının TEA değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla %10'luk örnekte arttığı, diğer örneklerde ise azaldığı görülmüştür. Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi incelendiğinde ise KN'nin TEA değerleri üzerine luredurdan daha etkili olduğu ve en yüksek TEA artışının %44,43 ile %10 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir. %20 atık lifi içeren kontrol kağıtlarının TEA değeri  $125,9 \text{ J/m}^2$  iken, bu değer %0,75 KN ve %50 atık lifi içeren kağıtlarda  $127,1 \text{ J/m}^2$ , %0,75 luredur ve %30 atık lifi içeren kağıtlarda  $125,61 \text{ J/m}^2$  olup, her üç değerinde istatistik olarak anlamsız bir farka sahip olduğu görülmüştür ( $p>0,05$ ).

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi değerlerinin kontrol örneğine oranla sırasıyla %10 ve %20'lik örneklerde azaldığı, diğer örneklerde ise arttığı görülmüştür. Bununla birlikte, %0,75 KN veya %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarının yırtılma indisi değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla arttığı görülmüştür. Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi incelendiğinde ise luredurun yırtılma indisi üzerine KN'den daha etkili olduğu ve en yüksek yırtılma indisi artışının %22,47 ile %20 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir. %50 atık lifi içeren kontrol kağıtlarının

yırtılma indisi 6,29 mN.m<sup>2</sup>/g iken, bu değer %0,75 KN ve %50 atık lifi içeren kağıtlarda 6,70 mN.m<sup>2</sup>/g, %0,75 luredur ve %50 atık lifi içeren kağıtlarda 7,04 mN.m<sup>2</sup>/g'dır.

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının patlama indisi değerlerinin kontrol örneğine oranla azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, %0,75 KN veya %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarının patlama indisi değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 KN ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla azaldığı görülmüştür. Her bir lif karışım oranı üzerine KN ve luredur ilavesinin etkisi incelendiğinde ise KN'nin patlama indisi üzerine luredurdan daha etkili olduğu ve en yüksek patlama indisi artışının %36,48 ile %40 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarında olduğu tespit edilmiştir. %10 atık lifi içeren kontrol kağıtlarının patlama indisi 3,19 kPa.m<sup>2</sup>/g iken, bu değer %0,75 KN ve %40 atık lifi içeren kağıtlarda 3,33 kPa.m<sup>2</sup>/g, %0,75 luredur ve %20 atık lifi içeren kağıtlarda 3,21 kPa.m<sup>2</sup>/g olup, her üç değer arasındaki farkın istatistiki olarak anlamsız olduğu görülmüştür (p>0,05).

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen deneme kağıtlarının hacimlilik değerlerinin kontrol örneğine oranla arttığı görülmüştür. %0,75 KN veya %0,75 luredur ilaveli ve %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi içeren deneme kağıtlarının hacimlilik değerlerinin kontrol örneğine (%0,75 kuru sağlamlık maddesi ilaveli ve %100 birincil lif içeren kağıt) oranla arttığı tespit edilmiştir. Buna karşın KN ve luredurun deneme kağıtlarının hacimlilik değerlerine kağıtçılık açısından önem arzedecek ölçüde bir etki göstermediği belirlenmiştir.

Birincil liflere %10, %20, %30, %40 ve %50 atık kağıt lifi ve kuru sağlamlık maddesi ilavesinin kağıtların optik özellikleri üzerine istatistiki olarak anlamlı etkileri olmasına rağmen, bu etkinin kağıtçılık açısından önem arz etmediği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, birincil liflere atık kağıt lifi ilavesi ile elde edilen kağıtlardaki direnç kaybı belirli oranlarda kullanılan KN ve luredur gibi kuru sağlamlık maddeleriyle bertaraf edilebilmektedir. Yani lif süspansiyonuna KN ve luredur gibi kuru sağlamlık maddesi ilave edilerek kontrol kağıt örnekleri ile aynı direnç özelliklerine sahip kağıtlar daha fazla atık kağıt lifi katılarak elde edilebilir. Böylece birincil liflere göre daha ucuz olan atık lifler kullanılarak hammadde tasarrufu sağlanmış, pişirme ve üretim maliyeti azalmış olacaktır.

Bu gibi avantajları nedeni ile atık kağıt lifleri ile birlikte kuru sağlamlık maddeleri yüksek sağlamlık özellikleri gerektirmeyen ürünlerde kullanılabilir. Bununla birlikte, atık kağıt liflerinin kağıt endüstrisinde kullanım oranının her geçen gün artmasından dolayı, farklı kuru sağlamlık maddelerinin (çitozan, PAM, ve CMC gibi) kullanılarak birincil liflere atık kağıt lif ilavesinin kağıdın özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi ile çalışmalar yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Abubakr, S.M., Scott. G.M. ve Klungness, J.H. (1995). Fiber fractionation as a method of improving handsheet properties after repeated recycling. *Tappi Journal*, 78(5): 123-126.
- Ackerman, C.H., Göttsching, L. ve Pakarinen, H. (2000). Papermaking potential of recycled fiber. Chapter 10. In: *Recycled Fiber and Deinking*, L. Göttsching & H. Pakarinen (Eds.). Papermaking Science and Technology, Finland, pp. 358-438.
- Affleck, R.R. ve Ryan, R.G. (1969). Pitch control in a kraft pulp mill. *Pulp and Paper Magazine Canada*, 70(12): 563-567.
- Alfred, A. (1943). *Papermaking*. von Dard Hunter. Knopf. Inc.
- Allen, L.H. (1988). Pitch control during the production of apsen kraft pulp. *Pulp and Paper Canada*, 89: 87-91.
- Allen, L.H., Sitholé, B.B., MacLeod, J.M., Lapointe, C.L. ve McPhee P. J. (1991). The importance of seasoning and barking in the kraft pulping of aspen. *Journal of Pulp and Paper Science*, 17(3): 85-91.
- Andrews, W.C. (1990). Contaminant removal, timely use vital to quality ONP fiber yield. *Pulp and Paper Canada*, 64(9): 126-127.
- Ashori, A., (2006). Nonwood fibers - A potential source of raw material in papermaking. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 45: 1133-1136.
- Baeza, J. ve Freer J. (2000). Chemical characterization of wood and its components. Chapter 8. In: *Wood and Cellulosic Chemistry*, David N.-S. Hon and Nobuo Shiraishi (Eds). CRC Press, pp. 275-384.
- Bajpai, P. (2006). *Advances in Recycling and Deinking*. U.K: Smithers Pira.
- Bajpai, P. (2014). *Recycling and Deinking of Recovered Paper*. Elsevier, Patiala, India.
- Baker, C.F. (1999). Refining recycled fibres, paper recycling challenge – Process control and mensuration. (Chapter 9). In: *Appleton, Doshi & Associates* (Eds.). WI, USA.
- Baker, C. (2000). *Refining Technology*. UK: Pira International.
- Bayraktar, F. (2004). *Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Kağıda Dayalı Ambalaj Malzemeleri Sektör Araştırması*. SA-04-7-22 Araştırma Müdürlüğü, Aralık, Ankara.
- Béguin, P. ve Aubert J.P. (1994). The biological degradation of cellulose. *FEMS Microbiology Reviews*, 13: 25-58.
- Berthold, J. ve Salmen L. (1997). Effects of mechanical and chemical treatments on pulp pore-size distribution in wood pulps examined by inverse size exclusion chromatography. *Journal of Pulp and Paper Science*, 23(6): J245-J253.

- Bhatt, G.R., Heitmann, J.A., ve Joyce, T.W. (1991). Novel techniques for enhancing the strength of secondary fiber. *Tappi Journal*, 74(9): 151-157.
- Bhardwaj, N.K., Bajpai, P. ve Bajpai, P.K. (1997). Enhancement of strength and drainage of secondary fibres. *Appita Journal*, 50(3): 230-232.
- Biermann, C.J. (1993). *Essentials of Pulping and Papermaking*. Academic Press, Inc. San Diego, CA.
- Bouchard, J. ve Douek, M. (1994). The effects of recycling on the chemical properties of pulps. *Journal of Pulp and Paper Science*, 20(5): J131-J136.
- Bovin, A., Hartler, N. ve Teder, A. (1973). Change in pulp quality due to repeated papermaking. *Paper Technology*, 14(5): 261-264.
- Brancato, A.A. (2008). Effect of Progressive Recycling on Cellulose Fiber Surface Properties. Ph. D Theses, Georgia Institute of Technology, USA, pp. 112.
- Burrell, M.M. (2003). Starch: the need for improved quality or quantity-an overview. *Journal of Experimental Botany*, 54(382): 451-456.
- Byström, S. ve Lönnstedt, L. (1997). Paper recycling: Environmental and economic impact. *Resources, Conservation and Recycling*, 21: 109-127.
- Carlsson, G. ve Lindström, T. (1984). Hornification of cellulosic fibers during wet pressing. *Svensk Papperstidning*, 15: R115-R125.
- Cao, B., Tschirner, U. ve Ramaswamy, S. (1999). A study of changes in wet fiber flexibility and surface condition of recycled fibers. *Paperi Ja Puu*, 81(2): 117-122.
- Casey, J.P. (1961). Pulp and paper. Vol.; II. In: *Paper Making*, Interscience Publishers Inc. New York, pp. 581-822.
- Casey, J.P. (1980). *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology*. Vol.: I. Third Edition, Wiley Interscience Publisher Inc, New York, pp. 409.
- Cabalová, I., Kačík, F. ve Sivák, J. (2009). Changes of molecular weight distribution of cellulose during pulp recycling. *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, 51(1): 11-17.
- Chan, L. (1976). Dry strength resins: Useful tools for papermaking. *Pulp and Paper Canada*, 77(6): 93-95.
- Chase, R. (1975). Supplementing kraft linerboard furnish with old corrugated. *Tappi Journal*, 58(4): 90-93.
- Chen, T., Wang, Z., Zhou, Y., Breuil, C., Asehim, O.K., Yee E. ve Nadeau L. (1995). Using solid-phase extraction to assess why aspen causes more pitch problems than softwoods in kraft pulping. *Tappi Journal*, 78(10): 143-149.



- Choi, Y.S. ve Won, J.M. (2001). Improvement of papermaking properties of recycled fiber with enzyme. *Journal of Korea Tappi*, 33(1): 30-37.
- Çıldır, H. ve Howarth, P. (1972). The effect of reuse on paper strength. *Paper Technology*, 13(10): 333-335.
- da Silva, T.A., Mocchiutti, P., Zanuttini, M.A. ve Ramos, L.P. (2007). Chemical characterization of pulp components in unbleached softwood kraft fibers recycled with the assistance of a laccase/HTB system. *BioResources*, 2(4): 616-629.
- Demir, A. (1995). Atık Kağıdın Geri Dönüşümü ve Ülke Ekonomisine Net Katkıları. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 15: 21-29.
- Deniz, İ. (2012). *Odun Kimyası*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon.
- de Grace, J.H., ve Page, D.H. (1976). The extensional behaviour of commercial softwood bleached kraft pulps. *Tappi Journal*, 59(7): 98-101.
- De Ruvo, A., Htun, M., ve Ehrnrooth, E. (1978). Fundamental aspects on the maintaining properties of paper made from recycled fiber. *EUCEPA Symposium*. Warsaw.
- De Ruvo, A. (1980). Fundamental and practical aspects of papermaking with recycled fibres. *Industria Della Carta*, 18(6): 287-300.
- De Ruvo, A., ve Htun, M. (1981). *Fundamental and Practical Aspects of Papermaking with Recycled Fibres*. Mechanical Engineering Publications, London, pp. 195.
- De Ruvo, A., Farstrand, P., Hagen, N. ve Haglund, N. (1986). Upgrading of pulp from corrugated containers by oxygen delignification. *Tappi Journal*, 69(6): 100-103.
- Doiron, E.B. (1998). Retention aid system. In: *Retention of Fines and Fillers During Papermaking*, J.M. Gess (Eds.). Tappi Press, Atlanta, pp. 157-176.
- Dunlop-Jones, N., Jialing, H. ve Allen, L. H. (1991). An analysis of the acetone extractives of the wood and bark from fresh trembling aspen: Implications for deresination and pitch control. *Journal of Pulp and Paper Science*, 17(2): 60-66.
- Eastwood, F.G. ve Clarke, B. (1977). Laboratory and pilot scale machine upgrading of mixed waste paper. *Paper Technology Industry*, 18(5): 155-159.
- Eklund, D. ve Lindström, T. (1991). Retention and Dewatering, Paper Chemistry, *Dt Paper Science Publications*, Grankula, Finland.
- Emerton, H.W. (1965). Composition and structure of papermaking fibers and the effect of these on the beating process. In: *Stuff Preparation for Paper and Paperboard Making*, F.M. Bolam (Eds.). Pergamon Press, Oxford, pp. 248.

- Eroğlu, H. (1976). Synthése dee Polyméres Sulfonés e Etude de Leurs Certaines de Possibilités d'Utilisations Dans la, Fabrication du Papier. Thése de Docteur Ingénieur, USMG, Grenoble.
- Eroğlu, H. (1990). *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi*. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 149, Fakülte Yayın No: 44, 623 s.
- Eroğlu, H. ve Usta, M. (2004). *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi*. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, 432 s.
- Eroğlu, H. (2009). *Kağıt Fabrikasyonu Ders Notları*, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın.
- FAO (2012). *Food and Agriculture Organisation Statistics*, Roma, Italy.
- Fellers, C., Htun, M., Kolman, M., ve De Ruvo, A. (1978). The effect of beating strategy in the manufacture of board from recycled fibres. *Svensk Papperstidning*, 81(14): 443-446.
- Fengel, D. ve Wegener, G. (1989). Wood Chemistry. In: *Ultrastructure Reactions*, Walter de Gruyter (Eds.). Berlin-New York, pp. 602.
- Fiserova, M., Ilia. A., Bohacek. S., ve Kasajova. M. (2013). Handsheet properties of recovered and virgin fibre blends. *Wood Research*, 58(1): 57-65.
- Freeland, S.A. ve Hrutfiord, B.F. (1994). Caustic treatment of OCC for strength improvement during recycling. *Tappi Journal*, 77(4): 185-191.
- Ghasemian, A., Ghaffari, M., ve Ashori, A. (2012). Strength-enhancing effect of cationic starch on mixed recycled and virgin pulps. *Carbohydrate Polymers*, 87(2): 1269-1274.
- Gottsching, L., ve Stiirmer, L. (1978). Fibre–water interactions in papermaking. *Journal of the British Paper and Board Industry Federation*, 2: 877-897.
- Gönteki, E. (2006). Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) Yongalarından Kraft Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimine NaBH<sub>4</sub>'ün Etkisi. Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 124 s.
- Grozdzits, G., Eadula, S., Gibson, M. ve Lvov, Y. (2006). Nanotechnology for paper recycling. *Tappi International Conference on Nanotechnology for the Forest Products Industry*, Atlanta, GA.
- Guest, D.A., ve Voss, G.P. (1983). Improving the quality of recycling fibre. *Paper week '83*, London.
- Guest, D., Weston, J. (1986). Fibre–water interactions: Modified by recycling. *Tappi Pulping Conference*, Toronto.

- Guest, D.A. (1991). Refining wastepaper – Theory and practices. *Pira International Conference on Current and Future Technologies of Refining*, Birmingham.
- Gülsoy, S.K., Kuştaş, S. ve Erentürk, Ş. (2013). The effect of old corrugated container (OCC) pulp addition on the properties of paper made with virgin softwood kraft pulp. *Bioresources*, 8(4): 5842-5849.
- Gülsoy, S.K. (2014). Effects of cationic starch addition and pulp beating on strength properties of softwood kraft pulp. *Starch*, 66: 655-659.
- Hafizoğlu, H. (1982). *Orman Ürünleri Kimyası*. KTÜ. Orman Fakültesi, K.T.Ü Basımevi, Fakülte Yayın No. 52, Trabzon, 245 s.
- Hamzeh, Y., Sabbaghi, S., Ashori, A., Abdulkhani, A., Soltani, F. (2013). Improving wet and dry strength properties of recycled old corrugated carton (OCC) pulp using various polymers. *Carbohydrate Polymers*, 94: 577–583.
- Holik, H., (2013). *Handbook of Paper and Board*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA (Eds.). Weinheim, pp. 992.
- Horn, R.A. (1975). What are the effects of recycling on fiber and paper properties? *Paper Trade Journal*, 159(718): 78-82.
- Horn, R.A. (1978). *Morphology of Pulp Fiber from Hardwoods and Influence on Paper Strength*. USDA Forest Service Research Paper FPL 312, Forest Products Laboratory. Madison, WI.
- Horn, R.A., Wegner, T.H., ve Kugler, D.E. (1992). Newsprint from blends of kenaf CTMP and deinked recycled newsprint. *Tappi Journal*, 75(12): 69-72.
- Houtz, H.H. ve Kurth E.F. (1939). The papermaking properties of holocellulose. *Paper Trade Journal*, 109(24): 38-41.
- Howard, R.C. ve Jowsey, C.J. (1989). The effect of cationic starch on the tensile strength of paper. *Journal of Pulp and Paper Science*, 15(6): J225-J229.
- Howard, R.C., (1990). The effects of recycling on paper quality. *Journal Pulp Paper Science*, 16(9): J143-J149.
- Howard, R.C. ve Bichard, W. (1992). The basic effects of recycling on pulp properties. *Journal of Pulp and Paper Science*, 18(4): J151-J159.
- Howard, R.C. (1995). The effects of recycling on pulp quality. In: *Technology of Paper Recycling*, R.W.J. McKinney (Eds.). Blackie Academic & Professional, New York, pp. 180-203.
- Hubbe. M.A., Venditti, R.A., ve Rojas. O.J. (2007). What happens to cellulosic fibers during papermaking and recycling? A review. *BioResources*, 2(4): 739-788.

- Johansson, A., Aaltonen, O. ve Ylinen, P., (1987). Organasolv pulping methods and properties. *Biomass*, 13(15): 45-52.
- Jourdan, T. (2011). *Should we be pushing for quality over quantity on paper recycling?* <www.greenbiz.com/> .
- Jurasek, L.C. ve Paice, M.G. (1990). The effect of inoculum on bleaching of hardwood kraft pulp with coriolus versicolor. *Journal of Pulp and Paper Science*, 16: 78-82.
- Karıncaoğlu, M. (2011). *Kağıt Üretimi ve Geri Dönüşüm*.
- Kato, K.L. ve Cameron, R.E. (1999). A review of the relationship between thermally accelerated ageing of paper and hornification. *Cellulose*, 6: 23-40.
- Kessel, L., ve Westenbroek, A. (2004). Aims and technologies for fibre upgrading. *Eighth Pira International Conference on Paper Recycling Technology*, Prague.
- Khantayanuwong, S., Toshiharu, E. ve Fumihiko, O. (2002). Effect of fiber hornification in recycling on bonding potential at interfiber crossings: Confocal Laser-Scanning Microscopy (CLSM). *Japan Tappi Journal*, 56(2): 239–245.
- Khantayanuwong, S. (2003). Determination of the effect of recycling treatment on pulp fiber properties by principal component analysis. *Kasetsart Journal (Nat. Sci.)*, 37: 219–223.
- Khosravani, A. ve Rahmaninia, M. (2013). The potential of nanosilica – cationic starch wet end system for applying higher filler content in fine paper. *BioResources*, 8: 2234–2245.
- Kırcı, H. (2000). *Kağıt Hamuru ve Endüstrisi Ders Notları*. K.T.Ü., Trabzon, 269 s.
- Kırcı, H. (2003). *Kâğıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*. 2. Baskı, K.T.Ü. Yayın No: 72, Trabzon, 291 s.
- Kim, H.J., Oh, J.S. ve Jo, B.M. (2000). Hornification behaviour of cellulosic fibres by recycling. *Applied Chemistry*, 4(1): 363–366.
- Kirk, K. ve Cullen, D. (1998). Enzymology and molecular genetics of wood degradation by white rot fungi. In: *Environmental Friendly Technologies for Pulp and Paper Industry*, R.A. Young, M. Akhtar (Eds.) Wiley, New York, pp. 273-307.
- Kleinau, J.H. (1990). Contaminants. In: *Secondary Fibers and Non Wood Pulping*, M.J. Kocurek, (Eds.). Tappi Press, Atlanta, GA.
- Klungness, J.H. ve Caulfield, D.F. (1982). Mechanism effecting fiber bonding during drying and aging of pulps. *Tappi Journal*, 65(12): 94-97.
- Kocurek, M.A. (1989). *Pulp and Paper Manufacture Alkaline Pulping*. Vol.: 5, Third Edition, Tappi Press, Atlanta, USA, pp. 637.

- Laivins, G.V. ve Scallan, A.M. (1993). The mechanism of hornification of wood pulps. In: Products of Papermaking, C.F. Baker (Eds.). *Tenth Fundamental Research Symposium*, Pira International, Oxford.
- Laivin, G.V. ve Scallan, A.M. (1996). The influence of drying and beating on the swelling of fines. *Journal of Pulp and Paper Science*, 22(5): J178-J184.
- Laleg, M., Ono, H., Barbe, M.C., Pikulik, I.I., vd. (1990). The effect of starch on the properties of groundwood furnishes paper. *Papermakers Conference Proceedings*, Atlanta.
- Latifah, J., Ainun, Z.M.A., Rushdan. I., ve Mahmudin, S. (2009). Restoring strength to recycled fibres by blending with kenaf pulp. *Malaysian Journal of Science* 28(1): 79-87.
- Laufenberg, T.L. ve Hunt, J.F. (1992). Recycled structural papers: New approaches for material property improvement. *Material Research Society*, 266: 237-241.
- Leone, R. ve Breuil, C. (1998). Filamentous fungi can degrade aspen steryl esters and waxes. *International Biodeterioration and Biodegradion*, 41: 133–137.
- Lewie, R. (1936). Generalstaatsarchivar Ī.R. Dr. Viktor Thiel, die geschitliche sendung des papiers. In: *Wochenblatt für papierfabrikation*. Prof. Robert Lewie (Eds.). 1935 Sondernummer, Manuel d' Anthropologie Culfurelle, Paris, pp. 138.
- Levlin, J.E. (1976). On the beating of recycled pulps. *EUCEPA Symposium on Secondary Fibres and Their Utilisation In The Paper Industry*, Bratislava.
- Lindholm, C.A. (1993). *Pulping Tecnology Lecture Notes*. Vol.: 1, Helsinki University, Ot-oniemi, Finland. pp. 15-29.
- Lindstrom, T. ve Carlsson, G. (1982a). The effect of carboxyl groups and their ionic form during drying on the hornification of cellulose fibers. *Svensk Papperstidning*, 85(15): R146-R151.
- Lindstrom, T. ve Carlsson, G. (1982b). The effect of chemical environment on fiber swelling. *Svensk Papperstidning*, 85(3): 14-20.
- Linke, W.F. (1962). Polyacrilamide as a stock additive. *Tappi Journal*, 45(4): 326-333.
- Linke, W.F. (1968). Retention and bonding of synthetic dry strength resins. *Tappi Journal*, 51(11): 59A-65A.
- Lumiainen, J. (1992a). Do recycled fibres need refining? *Paperi Ja Puu*, 74(4): 319-322.
- Lumiainen, J. (1992b). Refining recycled fibre – Advantages and disadvantages. *Tappi Journal*, 75(8): 92-97.
- Lumiainen, J. (1994). Refining – A key to upgrading the papermaking potential of recycled fibre. *Paper Technology*, 35(7): 41-44.

- Lumiainen, J. (1994a). Is the lowest refining intensity the best in low-consistency refining of hardwood pulps. *Tappi Papermakers Conference*, San Francisco, CA.
- Lumiainen, J. (1995a). Refining of secondary fibres. *Third International Refining Conference*, Atlanta, GA: Pira International.
- Lumiainen, J. (1995b). The specific surface edge load theory. *Third Pira International Refining Conference*, Atlanta, GA.
- Lumiainen, J. (1997). Refining of ECF and TCF bleached Scandinavian softwood kraft pulps under the same conditions. *Paperi Ja Puu*, 79(2): 109-114.
- Lundberg, R. ve De Ruvo, A. (1978). The influence of defibration and beating conditions on the paper-making potential of recycled paper. *Svensk Papperstidning*, 81(12): 383-386.
- Luukko, K. ve Maloney, T.C. (1999). Swelling of mechanical pulp fines. *Cellulose*, 6: 123-135.
- Maloney, T.C., Li, T.Q., Weise, U. ve Paulopuro, H. (1997). Intra and interfibre pore closure in wet pressing. *Appita*, 50(4): 301-306.
- Maloney, T.C., Todorovic, A. ve Paulapuro, H. (1998). The effect of fiber swelling in press dewatering. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 13(4): 285-291.
- Markham, L. ve Courchene, C.E. (1988). Oxygen bleaching of secondary fiber grades. *Tappi Journal*, 71(12): 168-174.
- McKee, R. (1971). Effect of repulping on sheet properties and fiber characteristics. *Paper Trade Journal*, 155(21): 34-40.
- Minor, J.L. ve Atalla, R.H. (1992). Strength loss in recycled fibers and method of restoration. *Material Research Society*, 266: 215-228.
- Minor, J.L., Scott, C.T., ve Attala, R.H. (1993). Restoring bonding strength to recycled fibres. *Recycling Symposium, Tappi*, Atlanta, GA.
- Minor, J.L. (1994). Hornification- its origin and meaning. *Progress in Paper Recycling*, 3: 93-95.
- Mohlin, U.B. ve Alfredsson, C. (1990). Fibre deformation and its implications in pulp characterization. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 5(4): 172-179.
- Mulligan, D.B. (1993). Sourcing and grading of secondary fiber. (Chapter 8). In: *Secondary Fiber Recycling*, R.J. Spangenberg (Eds.). Tappi Press, Atlanta, GA, pp. 141.
- Myllytie, P. (2009). Interactions of Polymers With Fibrillar Structure of Cellulose Fibres: A New Approach To Bonding And Strength In Paper. Doctoral Thesis, TKK Reports In Forest Products Technology, Series A10, Espoo, pp. 89.

- Nazhad, M.M. (2005). Recycled fiber quality - A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 11(3): 314-329.
- Oksanen, T., Buchert, J. ve Viikari, L. (1997). The role of hemicelluloses in the hornification of bleached kraft pulps. *Holzforschung*, 51(4): 355-360.
- Oksanen, T., Pere, J., Paavilainen, L., Buchert, J. ve Viikari, L. (2000). Treatment of recycled kraft pulps with *Trichoderma reesei* hemicellulases and cellulases. *Journal Biotechnology*, 78(1): 39-48.
- Ottestam, C., Engstrand, P., Htun, M., Sjögren, B. ve Ölander K. (1991). A modified WRV method for measuring the swelling properties of mechanical pulps. *International Mechanical Pulping Conference*, June, *Tappi Press*, Minneapolis.
- Oye, R., Okayama, T., Yamazaki, Y. ve Yoshinaga, N. (1991). *Changes of Pulp Fiber Cell Wall by Recycling*. 1<sup>st</sup> Research Forum on Recycling the Wasting, Harbor Castle Hotel, Toronto, Ontario, (Oct): 191-195.
- Ölçer, H. ve Akın, B. (2008). Nişasta: biyosentezi, granül yapısı ve genetik modifikasyonlar. *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16: 1302-3055.
- Önen, M. O., (2002). *Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Sektörel Araştırmalar, Oluklu Mukavva Ambalaj Ürünleri*. SA-02-2-5 Araştırma Müdürlüğü, Nisan, Ankara.
- Öztürk, M. (2005). *Kullanılmış Kağıtların Geri Kazanılması ve Kullanılmış Kağıttan Kağıt Üretimi*. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Page, D.H. ve De Grâce, J.H. (1967). Delamination of fibre walls by beating and refining. *Tappi Journal*, 50: 489-495.
- Page, D.H., Barbe, M.C., Seth, R.S. ve Jordan, B.D. (1984). The mechanism of curl creation, removal and retention in pulp. *Journal of Pulp and Paper Science*, 10(5): J74-J79.
- Page, D.H. (1985). The mechanism of strength development of dried pulps by beating. *Svensk Papperstidning*, 88(3): R30-R35.
- Page, D.H. (1989). The beating of chemical pulps – the action and the effects. *Transactions of the Ninth Fundamental Research Symposium Held at Cambridge, England*.
- Preiss, J. (1998). Modulation of starch synthesis. In: *A Molecular Approach to Primary Metabolism in Higher Plants*, Christine H. Foyer and W. Paul Quick, Taylor & Francis (Eds.). pp. 347.
- Putz, H.J., Torok, I. ve Gottsching, L. (1989). Making high quality board from low quality waste paper. *Paper Technology*, 30(6): 14-20.

- Pycraft, C.J.H. ve Howarth, P. (1980). Does better paper mean worse waste paper? *Paper Technology and Industry*, 21(10): 321-324.
- Rangamannar, G., ve Silveri, L. (1989). Diskpersion – An effective secondary fiber treatment process for high quality deinked pulp. *Tappi Pulping Conference*, Seattle, WA.
- Roberts, J.C. (1996). *The Chemistry of Paper*. The Royal Society of Chemistry, Department of Paper Science, Umist, Manchester, United Kingdom.
- Sakarya, S. ve Canlı, Ş. (2011). *Kağıt- Karton Sektör Raporu*.
- Sarkar, J.M. (1996). Recycle paper mill trials using enzyme and polymer for upgrading recycled fiber. *Appita 50th Annual General Conference*, Auckland.
- Sarkosh, R.F. ve Talaeipoor, M. (2011). Study on production of fluting paper from wheat straw soda-AQ pulp and OCC pulp blends. *Iranian Journal Wood and Paper Science Research*, 2(35): 387-397.
- Scallan, A.M. (1974). The structure of the cell wall of wood- a consequence of anisotropic inter-microfibrillar bonding? *Wood Science*, 6(3): 266-271.
- Scallan, A.M. (1983). The effect of acidic groups on the swelling of pulps. A review. *Tappi Journal*, 66(11): 121-126.
- Scallan, A.M. ve Tydeman, A.C. (1992). Swelling and elasticity of the cell walls of pulp fibres. *Journal Pulp and Paper Science*, 18(5): 188-193.
- Scott, W.E., Abbott, J.C., ve Trosset, S. (1995). *Properties of Paper an Introduction*. Tappi Press, Atlanta, GA.
- Sithole, B.B., Sullivan, J.L. ve Allen, L.H. (1992). Identification and quantitation of acetone extractives of wood and bark by ion exchange and capillary GC with a spreadsheet program. *Holzforschung*, 46(5): 409-416.
- Sjöström, E. (1992). *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. 2nd ed. Academic Press Inc. NY.
- Sjöström, E. (1993). *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. 2nd Edition, Academic Press Inc, San Diego, USA, pp. 223.
- Sheikhi, P. ve Talaeipour, M. (2011). Comparison mechanical and chemical treatments on properties of low yield bagasse pulp during recycling. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 57: 490-493.
- Smith, W.E. ve Bunker, B.L. (1993). The impact of secondary fiber on paper machine. In: *Secondary Fiber Recycling*, R.J. Spangenberg (Eds.). Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA, pp. 29.



- Somwand, K., Enomae, T. ve Onabe, F. (2002). Effect of fiber hornification in recycling on bonding potential at interfiber crossings, confocal laser scanning microscopy. *Japan Tappi Journal*, 56(2): 239–245.
- Song, X. ve Law, K.N. (2010). Kraft pulp oxidation and its influence of recycling characteristics of fibres. *Cellulose Chemistry and Technology*, 44(7–8): 265–270.
- Spangenberg, R.J. (1993). *Secondary Fiber Recycling*, (Eds.). Tappi Press, Atlanta, GA.
- Spencer, H.S., Tuck, N.M.G. ve Gordon, R.W. (1970). Beating and refining. In: *Pulp and Paper Manufacture*, Vol.: III, R.G. Macdonald (Eds.). Mc Graw Hill Book Company, New York, pp. 655.
- Springer, A.M., Dullforce, J.P. ve Wegner, T.H. (1986). Mechanisms by which white water system contaminants affect the strength of paper produced from secondary fiber. *Tappi Journal*, 69(4): 106-110.
- Swan, B. (1967). Extractives of unbleached and bleached prehydrolysis- kraft pulp from *Eucalyptus globulus*. *Svensk Papperstidning*, 70: 616-619.
- Szwarcztajn, E., ve Przybysz, K. (1978). Fibre–water interactions in papermaking. *Transactions of the BPBIF Symposium*, Oxford, England.
- Şahin, H.T. (2009). Atık kağıt özelliklerinin geri dönüşüme etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10(2): 119-125.
- Şahin, H.T. (2013). Kağıt geri dönüşüm işlemlerinin selülozun yapısında meydana getirdiği değişimler üzerine bir inceleme. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi SDU Faculty of Forestry Journal*, 14: 74-80.
- Şengül, M. (2010). *Kağıt ve Karton Ürünleri*. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi.
- Thomson, C.G. (1992). *Recycled Papers, The Essential Guide*. MIT press, Cambridge, London, UK.
- URL-1 (2013). <http://www.maripapel.com/tr/20080606944/noticias/papel-y-tisu/esfuerzos-soportados-por-el-yankee.html>, (29.01.2013).
- URL-2 (2013). [http://www.kimyamuhendisi.com / dokumanlar/doc\\_download / 228-kagit\\_uretimi.html](http://www.kimyamuhendisi.com / dokumanlar/doc_download / 228-kagit_uretimi.html), Kağıt Üretimi, (18 Ocak 2013).
- URL-3 (2014). <http://www2.forestindustries.fi/statistics/tilastokuvio/Pulpandpaper/Forms/DispForm.aspx?ID=101&RootFolder=%2fstatistics%2ftilastokuvio%2fPulpandpaper%2fJulkinen%2dEN&Source=http%3A%2F%2Fwww2%2Fforestindustries%2Efi%2Fstatistics%2Ftilastokuvio%2FPulpandpaper%2FForms%2FAIItems%2Easpx> (22.07.2014).
- URL-4 (2014). [http://www.endustriotomasyon.com/UserFiles/AttachmentFiles/Dosya/ID\\_3909\\_tr\\_TR/1\\_Kagit\\_Sektoru\\_Gelisiyor\\_Ama\\_Sorunlari\\_Var.pdf](http://www.endustriotomasyon.com/UserFiles/AttachmentFiles/Dosya/ID_3909_tr_TR/1_Kagit_Sektoru_Gelisiyor_Ama_Sorunlari_Var.pdf).

- URL-5 (2014). <http://www4.ncsu.edu/~richardv/documents/Presentation108HODetailedpart1best.pdf>.
- URL-6 (2014). <http://www.topcularkagit.com/kagittoplama.htm>.
- URL-7 (2014). <http://www.greenbiz.com/news/2010/03/26/us-paper-recycling-rates-hit-new-high>.
- URL-8 (2014). <http://www.merakname.com/mukavva-nedir-nasil-yapilir/>.
- URL-9 (2014). [http://www.tekkimambalaj.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=92&Itemid=156](http://www.tekkimambalaj.com/index.php?option=com_content&view=article&id=92&Itemid=156).
- URL-10 (2014). <http://www.ompak.com.tr/bilgibankasi-oluklumukavva.html>.
- URL-11 (2014). <http://www.solvekimya.com/site/makaleler/endustriyel-urunlermakaleleri/kagit-imalati-kagit-hammaddeleri-kagit-cesitleri.html>.
- URL-12 (2014). [http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Amylose.svg\\_](http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Amylose.svg_)
- URL-13 (2014). [http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Amylopektin\\_Sessel.svg](http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Amylopektin_Sessel.svg).
- URL-14 (2014). National Starch  $\delta$  Chemical. <http://nationalstarch.com>.
- URL-15 (2014). <http://www.stobec.com/documents/data/8407.pdf>.
- URL-16 (2014). [http://www.google.com.tr/imgres?imgurl=http://www.saglik.im/wp-content/uploads/2009/07/nisasta.jpg&imgrefurl=http://www.saglik.im/nisasta/&h=228&=221&tbnid=07cijHtLxrBNwM:&zoom=1&tbnh=186&tbnw=180&usg=\\_\\_w33vI3UzGntNsh9k6OLUVyhoTU=&docid=pfOINdbGbCG7IM&itg=1&sa=X&ei=LobjU8COYbXyQP38YKYCg&ved=0CHIQ\\_B0wCg](http://www.google.com.tr/imgres?imgurl=http://www.saglik.im/wp-content/uploads/2009/07/nisasta.jpg&imgrefurl=http://www.saglik.im/nisasta/&h=228&=221&tbnid=07cijHtLxrBNwM:&zoom=1&tbnh=186&tbnw=180&usg=__w33vI3UzGntNsh9k6OLUVyhoTU=&docid=pfOINdbGbCG7IM&itg=1&sa=X&ei=LobjU8COYbXyQP38YKYCg&ved=0CHIQ_B0wCg).
- URL-17 (2014). <http://orhankural.net/wp-content/uploads/2012/02/GER%C4%B0-D%C3%96N%C3%9C%C5%9E%C3%9CM.pptx>.
- Usta H. (2004). *İstanbul Ticaret Odası Kağıt Sektörü Profil Araştırması*.
- Üner, B. ve Şahin, H.T. (2004). Geri dönüşümde yaş pres ve kurutmanın lif özelliklerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (A)1: 145-158.
- Van Wyk, W. ve Gerischer, G. (1982). The influence of recycling on the strength properties of machine made paper. *Paperi Ja Puu*, 9: 526-533.
- Van Tran. A. (2002). Recycled old corrugated containers as a partial substitute for virgin hardwood kraft pulp. *Appita Journal*, 55(4): 301-304.
- Valade, J.L., Law, K.N. ve Peng, Y.X. (1994). Influence of blending virgin pulp on the papermaking potential of reslashed fibres. *Progress in Paper Recycling*, 3(2): 60.

- Vest, H. (2000). *Environmental Aspects of Waste Paper Recycling*. Gate Technical Information E1e <<http://www.gtz.de/gate/gateid.afp>>.
- Vilars, J. (1978). *Cours de Formation Papetiere, Papier*. Realise et Edite par Le Centre Technique du Papier-Grenoble, pp. 151.
- Wanrosli, W. D., Zainuddin, Z., ve Roslan, S. (2005). Upgrading of recycled paper with oil palm fiber soda pulp. *Industrial Crops and Products*, 21(3): 325-329.
- Weise, U. (1998). Hornification-mechanisms and terminology. *Paperi Ja Puu*, 80(2): 110-115.
- Weise, U. ve Paulapuro, H. (1998). Relation between fiber shrinkage and hornification. *Progress in Paper Recycling*, 7(3): 14-21.
- Wistara, N., Zhang, X.J. ve Young, R.A. (1999). Properties and treatments of pulps from recycled paper. Part II. Surface properties and crystallinity of fibers and fines. *Cellulose*, 6(4): 325-348.
- Wistara, N. ve Hidayah, H.N. (2010). Virgin bamboo pulp substitution improved strength properties of OCC pulp. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 3(1): 14-18.
- Yakut, A. (2012). Geri dönüştürülebilir kullanılmış kağıttan yeni kağıt üretiminin irdelenmesi. *Tesisat Mühendisliği*, 127: 68-74.
- Yamagishi, Y. ve Oye, R. (1981). Influence of recycling on wood pulp fibres – Changes in properties of wood pulp fibres with recycling. *Japan Tappi Journal*, 35(9): 33-43.
- Yiğiter, M., Arslan, K. ve Karadurmuş, E. (2012). Atık Kağıt Liflerinin İnşaat Sıva Malzemesine Dönüştürülmesi ve Karakterizasyonu. *10. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi*, Koç Üniversitesi, İstanbul.
- Yu, C. J., Defoe, R.J., ve Crossley, B.R. (1994). Fractionation technology and its applications. *Tappi Pulping Conference*. San Diego, CA.
- Zanuttini, M.A., McDonough, T.J., Courchene, C.E. ve Mocchiutti, P. (2005). *Upgrading OCC and Recycled Liner Pulps by Medium-Consistency Ozone Treatment*. Tappi Press, ITC, UNL, Argentina, IPST, Atlanta, GA. USA.
- Zanuttini, M.A., McDonough, T.J., Courchene, C. E. ve Mocchiutti, P. (2007). Upgrading OCC and recycled liner pulps by medium-consistency ozone treatment. *Tappi Journal*, 6(2): 3–8.
- Zhang, M., Hubbe M.A., Venditti, R.A. ve Heitinann, J.A. (2004). Effects of sugar addition before drying on the wet-flexibility of redispersed kraft fibers. *Journal of Pulp and Paper Science*, 30(1): 29-34.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Şaduman ERENTÜRK  
Doğum Yeri ve Tarihi : Balıkesir 18.07.1989

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği  
Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce (İyi seviye), Almanca (Başlangıç seviye)  
Bilimsel Faaliyet/Yayınlar : "Effect of chip mixing ratio of *Pinus pinaster* and *Populus tremula* on kraft pulp and paper properties. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(6), 2304-2308"  
"The effect of old corrugated container (OCC) pulp addition on the properties of paper made with virgin softwood kraft pulps. *Bioresources*, 8(4): 5842-5849."

### İş Deneyimi

Stajlar : Temmuz – 2010 Novawood Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş. Gerede/Bolu  
Ağustos – 2011 Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret. A.Ş. Balıkesir  
Projeler ve Kurs Belgeleri : Almanca Sertifikası Ocak – 2010  
TTNET Katılımcı Belgesi Mart – 2011  
YDS Kursu Yabancı Dil Sertifikası Ağustos – 2013

### İletişim

E-Posta Adresi : saduman\_tufek@hotmail.com  
Tarih : 18.08.2014