



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIK KAĞITLARIN GERİ DÖNÜŞÜM SAYISININ
İNKJET DİJİTAL BASKI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

UFUK YILMAZ

DOKTORA TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2021

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIK KAĞITLARIN GERİ DÖNÜŞÜM SAYISININ
İNKJET DİJİTAL BASKI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

UFUK YILMAZ

DOKTORA TEZİ
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

KAHRAMANMARAŞ 2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

Ufuk YILMAZ

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.
Proje No:2019/1-13D

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, Çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**ATIK KAĞITLARIN GERİ DÖNÜŞÜM SAYISININ İNKJET DİJİTAL BASKI
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI
(DOKTORA TEZİ)**

Ufuk YILMAZ

ÖZET

Bu çalışmada, atık kağıtların geri dönüştürülmesi sonucunda optik ve fiziksel özelliklerindeki değişim ve bu değişimin basılabilirlik kriterleri üzerindeki etkisi belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla atık kağıtların 6 kez geri dönüşümü sağlanmıştır. Her geri dönüşüm sonrasında üretilen kağıtların optik ve fiziksel özelliklerindeki değişim ve basılabilirlikleri değerlendirilmiş ve bu değerlendirmeler sonucunda kaçınıcı geri dönüşümden sonra elde edilen kağıdın basılabilirlik için uygun olup olmadığı tespit edilmiştir.

6 geri dönüşüm aşaması boyunca mürekkep giderme işlemlerinde yüzdürme (flotasyon) yöntemi uygulanmıştır. Mürekkep giderme işleminden sonra kağıt liflerindeki değişimi tespit etmek amacıyla lif tasnifi işlemi yapılmıştır. Bu işlemin ardından standartlara uygun parlaklığı yakalamak için kağıt hamurlarına önce %0.4 FAS (formamidin sülfonik asit) ağartma işlemi ve ardından aynı kağıt hamurlarına II. kademe hidrojen peroksit (H_2O_2) ağartma işlemi uygulanmıştır. Elde edilen kağıt hamurlarından test kağıtları üretilmiş ve bu test kağıtlarına 100 °C sıcaklıkta 20 bar basınç altında kalenderleme işlemi uygulanmıştır. Kalenderlenmiş bu kağıtların optik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra baskı kalitelerinin belirlenmesi amacıyla üretilmiş olan test kağıtlarına inkjet dijital baskı sistemi kullanılarak test baskıları yapılmış ve kendi aralarında irdelenmiştir. Yapılan bu işlemler 6 geri dönüşüm aşaması boyunca tekrarlanmıştır.

Sonuç olarak geri dönüşüm sayısı arttıkça kağıdın direnç özelliklerinde, opaklık ve ERIC değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre geri dönüşüm sayısının baskı kalitesi üzerindeki pozitif yönde etkisi olsa da bu pozitif yönde değişimin VI. geri dönüşüm aşaması sonunda dahi baskı kalitesine belirgin farklılıklar yaratmayacak kabul edilebilir derecede küçük değişiklikler olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnkjet, Baskı kalitesi, Dijital baskı, Geri dönüşüm, Kağıt hamuru

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Haziran / 2021

Danışman: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

İkinci Danışman: Prof. Dr. Sinan SÖNMEZ

Sayfa sayısı: 110

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF RECYCLING NUMBER OF WASTE
PAPERS ON INKJET DIGITAL PRINTING PROPERTIES**

(PhD THESIS)

UFUK YILMAZ

ABSTRACT

In this study, it is aimed to determine the change in optical and physical properties of papers as a result of recycling of waste papers and the effect of this change on printability criteria. For this purpose, waste papers were recycled 6 times. The changes in the optical and physical properties of the papers produced after each recycling and their printability were evaluated and as a result of these evaluations, it was determined whether the paper obtained after the recycling is suitable for printability.

During the 6 recycling stages, the flotation method was applied in ink removal processes. In order to detect the change in paper fibers after deinking, fiber sorting was performed. After this process, the pulps are first bleached with 0.4% FAS (formamidine sulfinic acid) and then the same pulps are subjected to II. step hydrogen peroxide (H₂O₂) bleaching process was applied. Test papers were produced from the obtained pulp and calendering process was applied to these test papers under 20 bar pressure at 100 °C. The optical and physical properties of these calendered papers were determined. After this stage, test prints were made using the inkjet digital printing system on the test papers produced in order to determine the print quality and they were examined among themselves. These processes were repeated during 6 recycling stages.

As a result, it was determined that as the number of recycling increased, the resistance properties, opacity and ERIC values of the paper decreased. According to the results of the study, although the number of recycling has a positive effect on printing quality, this positive change is VI. Even at the end of the recycling phase, it has been found that there are small changes at an acceptable level that will not make significant differences in print quality.

Keywords: Inkjet, Print quality, Digital printing, Recycling, Pulp

Kahramanmaraş Sütçü Imam University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forest Industry Engineering, June / 2021

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Co-Supervisor: Prof. Dr. Sinan SÖNMEZ

Paper number: 110

TEŞEKKÜR

“Atık Kağıtların Geri Dönüşüm Sayısının İnkjet Dijital Baskı Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması” başlıklı bu tez çalışması Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde Doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora eğitimi süresince benden engin bilgilerini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Danışman Hocam Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ’ a en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Akademik tecrübelerini ve mesleki bilgilerini benden hiçbir zaman esirgemeyen Marmara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Basım Teknolojileri bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Sinan SÖNMEZ’ e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim süresince benden yardımlarını ve desteklerini hiçbir şekilde esirgemeyen Prof. Dr. Suat ÇETİNER’e ve Doç. Dr. Ferhat ÖZDEMİR’e

Laboratuvar çalışmalarında benden yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇİÇEKLER’ e ve Doktora öğrencisi Ufuk KILLI’ya,

Laboratuvar çalışmalarım süresince bana her türlü kolaylığı gösteren başta KSÜ Döner Sermaye İşletme Müdürü Tevfik YAĞCI ve tüm Döner Sermaye İşletmesi çalışanlarına,

Tez çalışmamıza finansal destek sağlayan KSÜ, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederim.

Tüm yaşamım boyunca bana hep iyi bir insan olarak yaşamayı öğreten Anneme ve tüm Aileme, ayrıca her konuda her zaman yanımda olan ve hiçbir şekilde yardımlarını benden esirgemeyen sevgili eşim Beyhan YILMAZ’ a şükranlarımı sunuyorum.

Son olarak bana babalık duygusunu yaşatan oğlum Göktürk YILMAZ’ a en derin duygularıyla sevgilerimi sunuyorum.

Ufuk YILMAZ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Atık Kağıt Geri Dönüşüm Sistemi.....	5
1.1.1. Mürekkep giderme.....	6
1.2. Baskı Sistemleri	7
1.2.1. Ofset baskı sistemi.....	7
1.2.2. Flekso baskı sistemi.....	7
1.2.3. Tifdruk baskı sistemi	8
1.2.4. Serigrafi baskı sistemi	9
1.2.5. Tipo baskı sistemi.....	9
1.2.6. Dijital baskı sistemi	10
1.2.6.1. Dijital baskının tanımı	10
1.2.6.1.1. Lazerjet yazıcılar	11
1.2.6.2. İnkjet dijital baskı teknolojisi	11
1.3. Geri Dönüştürülmüş Kağıtlarda Basılabilirlik	13
1.4. ISO 13655:2017 Normuna Göre Kalite Kontrol.....	14
1.4.1. CMYK renkleri.....	15
1.4.2. RGB renkleri.....	15
1.4.3. Nokta kazancı	16
1.4.4. Baskı densitesi (zemin ton yoğunluğu)	16
1.4.5. Baskı kontrastlığı.....	17
1.4.6. Renk gamutu.....	17
1.4.7. Baskı kroması	18
1.4.8. CMYK Print Gloss 60°	18
1.4.9. Yüzey kontakt açısı ve yüzey enerjisi	18
1.4.10. CIE L*, a* ve b* değerleri	20
1.4.11. Çalışmanın amacı ve özgün değeri.....	20
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	21
3. MATERYAL VE METOT.....	24
3.1. Materyal.....	24
3.2. Metot.....	24
3.2.1. Hamurlaştırma işlemi	24
3.2.2. Depolama işlemi.....	25

3.2.3. Flotasyon (yüzdürme) işlemi.....	25
3.2.4. Lif tasnifi işlemi	26
3.2.5. Ağartma işlemi	26
3.2.6. Yapılan İstatistiksel analizler	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	30
4.1. I. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular.....	30
4.1.1. I. Geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular	30
4.1.2. I. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular.....	34
4.2. II. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular	40
4.2.1. II. Geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular	40
4.2.2. II. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular.....	43
4.3. III. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular	46
4.3.1. III. Geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular	46
4.3.2. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular.....	50
4.4. IV. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular.....	58
4.4.1. IV. geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular	58
4.4.2. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular.....	61
4.5. V. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular	65
4.5.1. V. Geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular	65
4.5.2. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular.....	68
4.6. VI. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular.....	71
4.6.1. VI. Geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular	72
4.6.2. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular.....	75
4.6.3. Geri Dönüşüm Sayısının Kağıdın Fiziksel ve Optik Özellikler Üzerine Etkisini Gösteren İstatistiksel Değerlendirmeler.....	83
4.6.4. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı özellikleri üzerine etkisini gösteren istatistiksel değerlendirmeler	88
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	97
5.1. Atık Kağıtların Geri Dönüşüm Sayısının Kağıdın Fiziksel ve Optik Özellikleri Üzerine Etkisi	97
5.2. Atık Kağıtların Geri Dönüşüm Sayısının İnkjet Dijital Baskı Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması	100
5.3. Öneriler.....	104
KAYNAKLAR.....	105

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

dk	: Dakika
ERIC	: Efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu
FAS	: Formamidin Sülfirik Asit
IEERIC	: Mürekkep giderme etkinliği
INGEDE	: Uluslararası Mürekkep Giderme Endüstrisi Kurumu
mm	: Milimetre
ppm	: Milyonda bir birim
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
SKSV	: Türkiye Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı
SR	: Hamur süspansiyonu serbestlik derecesi (Schopper Riegler)
TAPPI	: ABD Selüloz ve Kağıt Endüstrisi Teknik Birliği (Technical Association of the Pulp and Paper Industry in USA)
ÜSKİM	: Üniversite-Sanayi-Kamu İş birliği Geliştirme Uyg. ve Araştırma Merkezi
SEKA	: Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
DIN	: Almanya Standardizasyon Kuruluşu
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu
CIE	: Uluslararası aydınlatma komitesi
CMYK	: Cyan, Magenta, Sarı, Siyah renklerinin kısaltılmış uluslararası gösterimi.
kP	: Kilopaskal
mN	: Milinewton
KN	: Kilonewton

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Atık kağıt geri dönüşüm şeması	6
Şekil 1.2. Ofset baskı çalışma prensibi	7
Şekil 1.3. Flekso baskı çalışma prensibi	8
Şekil 1.4. Tifdruk baskı çalışma prensibi	9
Şekil 1.5. Serigrafi baskı çalışma prensibi	9
Şekil 1.6. Tipo baskı çalışma prensibi	10
Şekil 1.7. CMYK renk gösterimi	15
Şekil 1.8. RGB renk gösterimi	15
Şekil 1.9. Nokta kazancı gösterimi	16
Şekil 1.10. Renk gamutu gösterimi	18
Şekil 1.11. Yüzey enerjisi	19
Şekil 1.12. Yüzey temas açısı	19
Şekil 3.1. Referans kağıtlara uygulanan baskı modeli	24
Şekil 3.2. Degussa flotasyon ünitesi mürekkep giderme süreci	26
Şekil 3.3.. Kağıt üretimi, optik-fiziksel özellikler ve lif tasnifi için kullanılan cihazlar	28
Şekil 3.4. Renk ölçümü için kullanılan CMYK ve RGB skalaları	28
Şekil 4.1. I. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüleri	32
Şekil 4.2. Geri dönüşüm işlemi için kullanılan referans kağıda ait FTIR (Fourier Transform Infrared Spektrofotometre) Spektrumu	33
Şekil 4.3. I. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR spektrumu	34
Şekil 4.4. I. Geri dönüşüm aşamasına ait baskı yoğunluğu	35
Şekil 4.5. I. Geri dönüşüm aşamasına ait nokta kazancı	36
Şekil 4.6. I. Geri dönüşüm aşamasına ait baskı kontrastlığı	37
Şekil 4.7. I. Geri dönüşüm aşamasına ait baskı kroması	37
Şekil 4.8. I. Geri dönüşüm aşamasına ait gloss 60° değeri	38

Şekil 4.9. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü...	39
Şekil 4.10. I. Geri dönüşüm aşamasına ait renk gamutu	40
Şekil 4.11. II. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüleri	42
Şekil 4.12. II. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR Spektrumu	42
Şekil 4.13. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü	45
Şekil 4.14. II. Geri dönüşüm aşamasına ait renk gamutu	46
Şekil 4.15. Geri dönüşüm sayısının optik özellikler üzerine etkisi	47
Şekil 4.16. III. Geri dönüşüm sayısının lif tasnifi üzerine etkisi	48
Şekil 4.17. III. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüleri.....	49
Şekil 4.18. III. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR spektrumu	49
Şekil 4.19. Geri dönüşüm sayısının baskı densitesi üzerine etkisi	50
Şekil 4.20. Geri dönüşüm sayısının %40'lık tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi	51
Şekil 4.21. Geri dönüşüm sayısının %80'lik tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi	52
Şekil 4.22. Geri dönüşüm sayısının baskı kontrastlığı üzerine etkisi	53
Şekil 4.23. Geri dönüşüm sayısının baskı kroması üzerine etkisi	54
Şekil 4.24. Geri dönüşüm sayısının print gloss 60° değerleri üzerine etkisi	55
Şekil 4.25. Geri dönüşüm sayısının, kağıdın yüzey temas açısı ve yüzey enerjisine etkisi	55
Şekil 4.26. III. geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü	56
Şekil 4.27. III. Geri dönüşüm sayısının L* değeri üzerine etkisi	57
Şekil 4.28. III. Geri dönüşüm sayısının a* değeri üzerine etkisi.....	57
Şekil 4.29. III. Geri dönüşüm sayısının b* değeri üzerine etkisi.....	58
Şekil 4.30. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen renk evreni.....	58
Şekil 4.31. IV. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüleri.....	60
Şekil 4.32. IV. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR spektrumu	61
Şekil 4.33. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü	64
Şekil 4.34. IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen renk evreni	65
Şekil 4.35. V. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüsü.....	67

Şekil 4.36. V. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR spektrumu	67
Şekil 4.37. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü	70
Şekil 4.38. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen renk evreni.....	71
Şekil 4.39. Geri dönüşüm sayısının optik özellikler üzerine etkisi	73
Şekil 4.40. Geri dönüşüm sayısının lif tasnifi üzerine etkisi	74
Şekil 4.41. VI. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüleri.....	74
Şekil 4.42. VI. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR spektrumu	75
Şekil 4.43. Geri dönüşüm sayısının baskı yoğunluğu üzerine etkisi	76
Şekil 4.44. Geri dönüşüm sayısının %40'lık tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi	77
Şekil 4.45. Geri dönüşüm sayısının %80'lik tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi	77
Şekil 4.46. Geri dönüşüm sayısının baskı kroması üzerine etkisi	79
Şekil 4.47. Geri dönüşüm sayısının print gloss 60° üzerine etkisi	80
Şekil 4.48. Altı geri dönüşüm aşaması boyunca elde edilen yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerlerine ait grafiksel gösterim.....	80
Şekil 4.49. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü	81
Şekil 4.50. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait renk gamutu	82
Şekil 4.51. Geri dönüşüm sayısının L* değerleri üzerine etkisi	82
Şekil 4.52. Geri dönüşüm sayısının a* değerleri üzerine etkisi.....	83
Şekil 4.53. Geri dönüşüm sayısının b* değerleri üzerine etkisi	83
Şekil 5.1. VI geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait SEM görüntüleri (2000x).....	99
Şekil 5.2. Referans kağıt ve VI geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen FTIR spektrumları	99

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Dünya ve Türkiye'de kağıt-karton üretim tüketim miktarları	2
Çizelge 1.2. Dünyadaki atık kağıt üretim ve tüketim miktarları	2
Çizelge 1.3. Ülkemizde ve Dünyada kağıt üretimi için kullanılan hammadde miktarları	3
Çizelge 1.4. Avrupa birliğinde atık kağıt geri dönüşüm miktarı	4
Çizelge 1.5. Ülkemizde 2016 yılında oluşan atık kağıt miktarı	4
Çizelge 1.6. Ülkemizde yıllara göre atık kağıt geri kazanım oranları	5
Çizelge 1.7. ISO 13655:2017 standardına göre bazı kağıtlar için nokta kazancı değerleri.	16
Çizelge 1.8. ISO 13655:2017 standardına göre bazı kağıtların baskı densitesi değerleri ...	17
Çizelge 1.9. Baskı kontrastlığı açısından kalite kontrol değerlendirmesi	17
Çizelge 3.1. Geri dönüşüm süreci boyunca uygulanan hamurlaştırma koşulları	25
Çizelge 3.2. Geri dönüşüm süreci boyunca uygulanan flotasyon koşulları.....	25
Çizelge 3.3. Geri dönüştürülmüş kağıtlara uygulanan optik ve fiziksel özellik standartları	27
Çizelge 4.1. Çalışma kapsamında kullanılan referans kağıtlara ait optik değerler.....	30
Çizelge 4.2. Çalışma kapsamında kullanılan referans kağıtlara ait fiziksel değerler	30
Çizelge 4.3. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıtların fiziksel özelliklerine ait bulgular	31
Çizelge 4.4. I. Geri dönüşüm sonucunda üretilen kağıtların optik özelliklerine ait bulgular	31
Çizelge 4.5. I. Geri dönüşüm sonunda elde edilen lif tasnifi işlemi sonuçları	32
Çizelge 4.6. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen densite değerleri	34
Çizelge 4.7. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen nokta kazancı değerleri	35
Çizelge 4.8. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen baskı kontrastlığı değerleri.....	36
Çizelge 4.9. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen baskı kroması değerleri	37
Çizelge 4.10. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen CMYK gloss 60o değerleri.....	38

Çizelge 4.11. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey kontakt açısı ve kağıt yüzey enerjisine ait bulgular	39
Çizelge 4.12. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerine ait L*a*b* değerleri	39
Çizelge 4.13. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait fiziksel özellikler	40
Çizelge 4.14. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait optik değerler ..	41
Çizelge 4.15. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen lif tasnifi işlemi sonuçları ...	41
Çizelge 4.16. II. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen densite değerleri	43
Çizelge 4.17. II. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen nokta kazancı değerleri	43
Çizelge 4.18. II. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen baskı kontrastlığı değerleri ...	44
Çizelge 4.19. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen gloss 60odeğerleri	44
Çizelge 4.20. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerleri	45
Çizelge 4.21. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen CMYK ve RGB renklerine ait L*a*b* değerleri	45
Çizelge 4.22. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait fiziksel özellikler	46
Çizelge 4.23. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait optik değerler	47
Çizelge 4.24. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait lif tasnifi değerleri	48
Çizelge 4.25. III. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen densite değerleri	50
Çizelge 4.26. III. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen nokta kazancı değerlerine ait bulgular	51
Çizelge 4.27. III. Geri dönüşüm aşaması sonucunda baskı kontrastlığı değerleri	52
Çizelge 4.28. III. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen baskı kroma değerlerine ait bulgular	53
Çizelge 4.29. III. Geri dönüşüm aşaması sonrası elde edilen print gloss 60o değerlerine ait bulgular	54
Çizelge 4.30. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisine ait bulgular	55
Çizelge 4.31. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerinin L*a*b* değerlerine ait bulgular	56

Çizelge 4.32. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların fiziksel özelliklerine ait bulgular	59
Çizelge 4.33. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların ait optik özelliklerine ait bulgular	59
Çizelge 4.34. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların lif tasnifine ait bulgular	60
Çizelge 4.35. IV. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen densite değerlerine ait bulgular	61
Çizelge 4.36. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen nokta kazancı değerlerine ait bulgular	62
Çizelge 4.37. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kontrastlığına ait bulgular	62
Çizelge 4.38. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kromasına ait bulgular ...	62
Çizelge 4.39. IV. Geri dönüşüm aşaması sonrası elde edilen gloss 60o değerlerine ait bulgular	63
Çizelge 4.40. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıtların yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerlerine ait bulgular	63
Çizelge 4.41. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerin L*a*b* değerlerine ait bulgular	64
Çizelge 4.42. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların fiziksel özelliklerine ait bulgular	65
Çizelge 4.43. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların optik özelliklerine ait bulgular	66
Çizelge 4.44. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların lif tasnifine ait bulgular	66
Çizelge 4.45. V. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen densite değerlerine ait bulgular	68
Çizelge 4.46. V. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen nokta kazancı değerlerine ait bulgular	68
Çizelge 4.47. V. Geri dönüşüm aşamasında ölçülen baskı kontrastlık değerlerine ait bulgular	69
Çizelge 4.48. V. Geri dönüşüm aşaması sonrası elde edilen print gloss 60o değerlerine ait bulgular	69
Çizelge 4.49. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıdın yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerlerine ait bulgular	69

Çizelge 4.50. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerinin L*a*b* değerlerine ait bulgular.....	70
Çizelge 4.51. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların fiziksel özelliklerine ait bulgular.....	72
Çizelge 4.52. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların optik özelliklerine ait bulgular.....	72
Çizelge 4.53. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların lif tasnifine ait bulgular.....	73
Çizelge 4.54. VI. Geri dönüşüm aşamasında ölçülen densite değerlerine ait bulgular.....	75
Çizelge 4.55. VI. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen nokta kazancı değerlerine ait bulgular.....	76
Çizelge 4.56. VI. Geri dönüşüm aşamasında ölçülen baskı kontrastlığı değerlerine ait bulgular.....	78
Çizelge 4.57. VI. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen baskı kroma değerleri.....	78
Çizelge 4.58. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen print gloss 60o değerlerine ait bulgular.....	79
Çizelge 4.59. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerleri.....	80
Çizelge 4.60. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerinin L*a*b* değerlerine ait bulgular.....	81
Çizelge 4.61. Geri dönüşüm sayısının kağıdın fiziksel özellikleri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	84
Çizelge 4.62. Geri dönüşüm sayısının kağıdın optik özellikleri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	85
Çizelge 4.63. Geri dönüşüm sayısının lif tasnifine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	86
Çizelge 4.64. Geri dönüşüm sayısının densite üzerine etkisini gösteren Duncan testi sonuçları.....	88
Çizelge 4.65. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı kroması üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	89
Çizelge 4.66. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital nokta kazancı (%80'lik tram alanı) üzerine etkisini gösteren Duncan testi sonuçları.....	91
Çizelge 4.67. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı kontrastlığı üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	92

Çizelge 4.68. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı gloss 60o üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları..... 93

Çizelge 4.69. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı nokta kazancı (%40'lık tram alanı) üzerine etkisini gösteren Duncan testi sonuçları 95



1. GİRİŞ

Kağıt üretimi; genel olarak odun, yıllık bitki ve atık kağıt gibi hammaddelerden kimyasal, yarı kimyasal ve mekanik yollarla elde edilen hamurların dövme, kesme, saçaklandırma ve temizleme gibi işlemlere tabi tutularak dolgu ve katkı maddeleri ilave edildikten sonra elek üzerinde safiha oluşturulması, kurutulması ve bunun uygun ebatta kesilmesi işlemlerini kapsar. Kağıt 10-150 g/m² arasındaki bitkisel liflerin bir araya gelerek oluşturduğu düz yüzeye sahip malzemedir (Tutuş, 2010; DPT, 2005).

Eski Mısırlılar bilinen şekliyle kağıt benzeri ilk maddeyi M.Ö. 4000 yılında bulmuşlardır. Papirüs adı verilen kağıt; Nil nehri kıyısında yetişen kamışların dövülerek sert ve ince bir sayfa haline getirilmesiyle oluşmuştur. İngilizce kağıt anlamına gelen ‘paper’ kelimesi de papyrus’dan türetilerek günümüze kadar gelmiş bir kelimedir. Tarihte sonraki zamanlarda eski Yunanlılar aynı amaçla hayvan derisinden yapılan parşömen cinsi bir çeşit kağıdı kullanmışlardır (Tutuş, 2010, Eroğlu ve Usta, 2004).

İslam tarihinde ise ilk kağıt fabrikası 793-794 yılında Bağdat’ta kurulmuştur. İslam dünyasında 10. yüzyılda 6 farklı kağıt türünün üretildiği bilinmektedir. Arap ülkelerinde kağıt devlet tekelinde olup renk ve kalite bakımından birkaç çeşit üretilmekteydi. 11. yüzyılda ise Kahire üretimi kağıtlar rağbet görmekteydi. Bu dönemde kağıt, satın alınan malzemenin ambalajında kullanılacak kadar bol miktardaydı (Gürboy, 2000). Kağıt üretimi 11. yüzyıldan itibaren Arap ülkelerinden İspanya ve İtalya’ya geçmiş, buralardan da Avrupa’ya yayılmıştır. Kağıtçılığın Avrupa’ya yayılmasında Türklerin etkisinin olduğu düşünülmektedir (Poşul ve Görçelioğlu, 2004).

19. yüzyılın ilk yarısında mekanik kağıt hamuru üretim yöntemleri, ikinci yarısında ise kimyasal kağıt hamuru üretim yöntemleri keşfedilmiştir. Artık kağıda olan talebin hızla artması ile uzun yıllar boyunca kağıt ve karton üretimi için hammadde olarak odun kullanılmıştır (Sixta, 2006).

19. yüzyılın sonlarında odunun kağıt üretilen lif kaynağı olarak kullanılmasına başlanması, selüloz ve kağıt endüstrisinin gelişimini değiştiren ve kağıdın yüksek hızlı modern makinelerde seri üretimine olanak veren köklü bir gelişme olmuştur. Odunun o güne kadar kağıt yapımı için kullanılan diğer hammaddelere oranla düşük maliyeti ve bolluğu yeni geniş pazarlar açmış ve modern selüloz ve kağıt endüstrisinin temellerini kurmuştur (Aydemir, 2014).

Dünyada kağıt ve karton ürünleri üretimi istikrarlı ve kademeli artışını sürdürmektedir. 2009 yılında 370.60 milyon ton olan toplam kağıt ve karton ürünleri üretimi 2019 yılında 404.29 milyon tona ulaşmıştır (FAO, 2021). Kağıt ve karton ürünleri üretimi bu dönemde yıllık ortalama yüzde 0.67 büyümüştür. Yıllık ortalama büyüme hızı uzun soluklu bir yavaşlama dönemi yaşamakta olup yüzde 1.0 seviyesinin altında durağanlaşmıştır (ISO, 2018). Aşağıda Çizelge 1.1’de Dünya ve Türkiye’de kağıt-karton üretim ve tüketim miktarları verilmiştir (Çiçekler, 2019; FAO, 2021).

Çizelge 1.1. Dünya ve Türkiye’de kağıt-karton üretim tüketim miktarları

Yıllar	Üretim Miktarları (ton)		Tüketim Miktarları (ton)	
	Dünya	Türkiye	Dünya	Türkiye
2014	404.071.138	2.900.002	401.880.045	2.514.461
2015	407.015.776	2.920.011	403.068.168	4.833.009
2016	409.029.952	2.950.010	407.338.825	4.854.410
2017	412.645.432	2.930.002	410.906.963	4.767.012
2018	408.574.184	2.799.991	407.771.518	4.515.123
2019	404.287.843	2.940.004	401.895.064	4.334.991

Son yıllarda ise azalan orman kaynakları ile birlikte kağıda olan talebin hızla artması ve bu taleplerin karşılanması için Japonya ve Batı Avrupa’nın öncülüğü ile atık kağıtların geri dönüştürülerek tekrar kağıt hamurunda kullanılması büyük bir önem kazanmıştır (McKinney, 1995).

Dünyada neredeyse tüm ürünlerde olduğu gibi kağıt sektöründe de geri dönüşüm süreci başarılı bir şekilde uygulamaya konulmuştur. Bu konuda kanunlar ile yönetmelikler düzenlenmiş ve uygulama yasal zemine oturtulmaya çalışılmıştır. Geri dönüşüm ile birlikte ülke ekonomisine katkı sağlanmakla birlikte insan nüfusunun artışına paralel olarak artan tüketimin doğal dengeyi bozmasından dolayı, doğadan aldıklarımızı tekrar doğaya vererek bu bozulma azda olsa engellenmiş olmaktadır. Bu yüzden geri dönüşüme gereken önemin verilmesi kaçınılmazdır. Aşağıdaki Çizelge 1.2’de dünyadaki atık kağıt üretim ve tüketim miktarları verilmiştir (ISO, 2018).

Çizelge 1.2. Dünyadaki atık kağıt üretim ve tüketim miktarları

Yıllar	Atık Kağıt Üretimi (bin ton)	Atık Kağıt Tüketimi (bin ton)
2014	226.72	226.80
2015	227.94	228.25
2016	229.50	229.39
2017	231.44	231.41
2018	229.61	229.11
2019	228.58	228.59

Kağıdın geri dönüştürülmesinin avantajlarından bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Kullanılmış kağıttan yeni kağıt 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 kağıt üretmek için 400 m³ su tüketmek gerekirken, modern tesislerde 20-50 m³ su kullanmak yeterli olmaktadır. Kullanılmış kağıttan kağıt üreten tesislerde bir ton kağıt üretimi için sadece 5 m³ su kullanmak yeterli olmaktadır.
- 1 ton kullanılmış kağıt çöpe atılmayıp geri kazanıldığı ve kağıt üretiminde tekrar kullanıldığı zaman;
 - 17 adet yetişmiş çam ağacının kesilmesi,
 - 36 ton sera gazı CO₂ atmosfere atılması,
 - 4100 kWh elektrik enerjisinin israf edilmesi,
 - 267 kg kirletici gazın atmosfere atılması,
 - 1750 litre fuel-oilin israf edilmesi,
 - 3-4 m³ depolama alanı tasarruf edilmesi,
 - 85 m² ormanlık alanın tahrip edilmesi,
 - 38.8 ton suyun israf edilmesi, önlenmiş olur (Öztürk, 2005).

Geri dönüşüm işlemi uygulanan ülkelerde su kirliliğinde %30, hava kirliliğinde ise %72 azalma olduğu tespit edilmiştir.

Aşağıda Çizelge 1.3' te 2012-2017 yılları arasında ülkemizde ve dünyada kağıt üretimi için kullanılan hammadde miktarı verilmiştir (FAO, 2021).

Çizelge 1.3. Ülkemizde ve Dünyada kağıt üretimi için kullanılan hammadde miktarları

Yıllar	Dünyada (bin ton)			Türkiye (bin ton)		
	Hammadde	Atık Kağıt	Yıllık Bitki	Odun	Atık Kağıt	Yıllık Bitki
2014	225.380	14.043	176.237	2.330	53	70
2015	230.528	13.322	176.278	2.346	53	56
2016	234.063	12.331	181.271	2.370	53	70
2017	235.334	11.833	183.988	2.452	53	70
2018	229.609	12.181	191.969	2.501	53	70
2019	228.583	11.879	190.350	2.549	53	70

Çizelge 1.3 incelendiğinde 2014 yılında dünyada kağıt hamuru üretiminde hammadde olarak 176.24 milyon ton odun, 14 milyon ton yıllık bitki ve 225 milyon ton atık kağıt kullanılmıştır. Türkiye'de ise kağıt hamuru üretiminin büyük çoğunluğu atık

kağıtların geri dönüşümünden elde edilmektedir. Bunun nedenlerinden biri yıllık bitki ve odundan kağıt hamuru üretimi yapan SEKA (Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları)'nın özelleştirilmesi ve 2004 yılında üretimin durdurulmasından kaynaklanmaktadır.

Avrupa Birliği 2000 yılından beri Avrupa'daki kağıt geri dönüşümünü zorlaştıran engelleri kaldırmak için faaliyete geçmektedir. Aşağıda Çizelge 1.4'te Avrupa birliğinde atık kağıt geri dönüşüm oranı belirtilmiştir.

Çizelge 1.4. Avrupa birliğinde atık kağıt geri dönüşüm miktarı

Yıllar	Atık kağıt geri dönüşüm oranı (%)
2000	52.0
2005	62.0
2010	69.0
2012	71.0
2013	71.7
2014	71.6
2015	71.9
2016	72.5
2017	73.0

2016 yılında Avrupa'da tüketilen kağıtların %72,5'i geri dönüştürülmüştür. Bu oran 2015 yılında %71,9'dur. 2015 yılına kıyasla geri dönüşüm için kağıdın toplanması %0,9 artarak 59,5 milyon tona ulaşmıştır. 2016 yılında %60'ın altında geri dönüşüm gerçekleştiren ülkelerin sayısı 9'a düşmüştür. Şu anda 17 ülke %70'in üzerinde geri dönüşüm gerçekleştirmektedir. Avrupa'da kağıt lifleri ortalama olarak 3.6 kez geri dönüştürülmektedir. Bu oran dünya ortalamasından yaklaşık 2.4 kat fazladır (E.P.N, 2018). Avrupa Birliği dünya genelinde de en yüksek kağıt geri dönüşüm oranına sahip bölgedir. 2016 yılı verileri ile dünya ortalaması yüzde 58,6' iken Avrupa birliğinde bu oran 72,5'tir (ISO, 2018). Aşağıda ülkemizde 2016 yılında oluşan atık kağıt miktarı verilmiştir (AGED, 2018).

Çizelge 1.5. Ülkemizde 2016 yılında oluşan atık kağıt miktarı

Bölgeler	Atık kağıt (ton/yıl)
Marmara Bölgesi	1.330.598
İç Anadolu Bölgesi	691.464
Ege Bölgesi	556.773
Akdeniz Bölgesi	552.484
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	464.613
Karadeniz Bölgesi	417.299
Doğu Anadolu Bölgesi	319.709
Toplam	4.332.940

Aşağıda Çizelge 1.6’da ise ülkemizde yıllara göre atık kağıt geri kazanım oranları verilmiştir.

Çizelge 1.6. Ülkemizde yıllara göre atık kağıt geri kazanım oranları

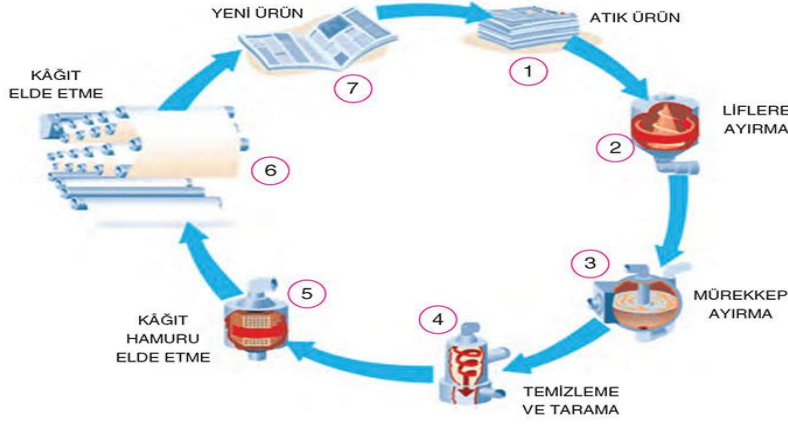
Yıl	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Atık kağıt geri kazanım oranı (%)	41.8	44.4	45.1	44.8	46.4	49.2	52.2	54.9

Yukarıdaki Çizelgeler incelendiğinde atık kağıt geri dönüşümünün her geçen yıl daha da önemsendiğini görmek mümkündür. Ancak atık kağıtlar maksimum düzeyde geri dönüştürülemediği sürece tam anlamıyla başarı sağlanmış olmayacağını belirtmek gerekmektedir. Geri dönüşüm miktarının her geçen gün artmasına rağmen geri dönüştürülemeyen kağıt miktarının da önemsenmeyecek kadar yüksek olduğu görülmektedir. Bu oranın minimum düzeye ulaşması için tüm sektörlerin ve tüm bireylerin üzerine düşen görevi önemseyerek yapması gerekmektedir. Bu başarı sağlandığı zaman ülkemiz ve dünya daha yaşanabilir bir hal alacaktır.

1.1. Atık Kağıt Geri Dönüşüm Sistemi

Kağıt atıklarının geri dönüşümünde üretilecek kağıt türleri atık kağıt kalitesine ve lif yapısına göre tanımlanır. Geri dönüştürülen her kağıt başka bir kağıt türüne entegre edilemez. Örneğin gazete kağıdı üretiminde karton ve oluklu mukavva kullanılmadığı için atık kağıtlar toplandıktan sonra sınıflandırılmalıdır.

Geri dönüşüm sürecinin ilk aşaması kağıtların sınıflandırılmasıdır. Sınıflandırma işlemi bir kızılötesi ayıklama makinesi aracılığıyla gerçekleştirilir. Makine içerisinde bulunan halojen lamba, ayrıştırılacak atıkları aydınlatır. Işık, kağıtlardaki organik maddelerin titreşmesine ve bileşiklerine göre bir çeşit spektral parmak izi vermesine neden olur. Bu sayede mürekkepli ve mürekkepsiz ürünler ayrıştırılabilir. Ayrıştırılan kağıtlar daha sonra hamur üretim biriminde liflerine ayrılarak temizlenir, öğütülür, ağartılır ve yıkanır. Lifler daha sonra su ile karıştırılarak seyreltilir. Bu işlem yapılırken gerekli kimyasal ve dolgu maddeleri ilave edildikten sonra karışım hamur karıştırma ünitesine gönderilir. Kağıt makinesi daha sonra belirli kalınlık ve genişlikte gelen hamurları eleyerek, presleyerek, kurutarak ve kalenderleyerek geri dönüşümlü kağıt üretir.



Şekil 1.1. Atık kağıt geri dönüşüm şeması

Yakın zamana kadar dijital ve inkjet baskılı kağıtların çoğu, baskıya olanak sağlayan yüzey kaplaması nedeniyle geri dönüştürülemedi. Kağıt ile baskı makinesi üreticileri, ve katkı maddesi tedarikçileri ile bağımlılığın giderilmesi ve işbirliği için yürütülen araştırmaları destekleyen Uluslararası Mürekkep Giderme Endüstrisi Birliği (INGEDE) gibi kuruluşlar bu soruna çözüm aramıştır. Dijital Baskı Mürekkep Giderme Birliği (DPDA) inkjet baskılı kağıtların geri dönüşümde son zamanlarda birçok başarılı uygulama gerçekleştirmişlerdir. Kağıt geri dönüşümündeki bu gelişmeler, matbaa için üretilen özel kağıtların teknolojik imkanlara uygun olarak geri dönüştürülebileceğini ve üretim sürecine entegre edilebileceğini göstermektedir (Hayta ve ark., 2019).

1.1.1. Mürekkep giderme

Kağıtlar genel olarak geri dönüşüm sürecinde mürekkep giderme işlemine tabi tutulmaktadır. Yaygın olan mürekkep giderme işlemleri flotasyon, yıkama ve ağartmadır. Flotasyon işlemi bir kazan içerisine alınan yüzey aktif kimyasalları ile karıştırılmış kağıt çözeltisine hava verilerek köpürtülmesi sonucu mürekkep parçacıklarının hava kabarcıklarına tutunması ile gerçekleşmektedir. Hava kabarcıklarına tutunup yüzeye çıkan mürekkep parçacıkları bir raspa yardımı ile yüzeyden alınmaktadır. Bu metot oldukça yaygındır.

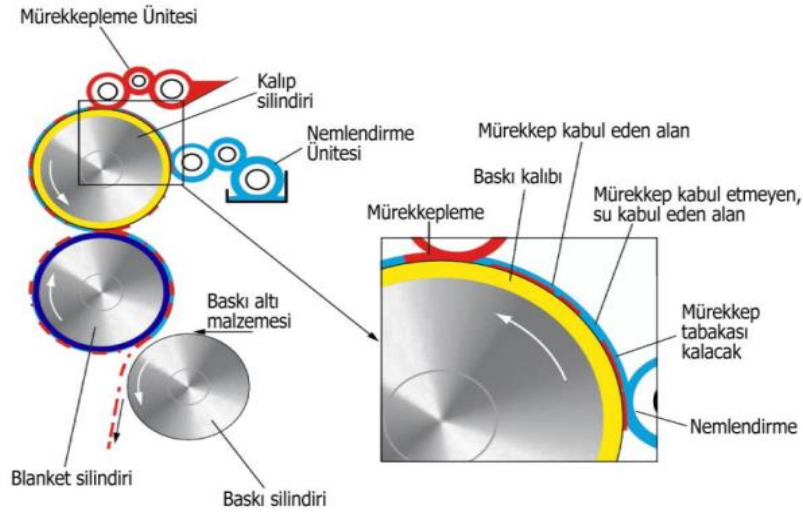
Ağartma işleminde ise kağıt hamuru içerisinde bulunan renklendirici maddeler yok edilir. Ağartma işlemi birçok metoda göre yapılmaktadır. Atık kağıtların ağartılmasında genellikle H_2O_2 , FAS, ditiyonit gibi ağartma kimyasalları kullanılmaktadır. Ağartma işlemleri sayesinde kağıtların beyazlık, parlaklık gibi optik özellikleri iyileşmektedir (Çiçekler, 2019).

1.2. Baskı Sistemleri

Baskı sistemleri genel olarak ofset baskı, flekso baskı, tıfdruk baskı ve serigrafi baskı olarak tanımlanabilir. Bunun yanı sıra teknolojik gelişmelerin ışığında ortaya çıkan dijital baskıda majör baskılardan biri haline gelmiştir. Aynı zamanda kullanımı neredeyse tükenmek üzere olan ve flekso baskı sistemi gibi yüksek baskı sistemi özelliğine dayanan tipo baskı da sayılabilir.

1.2.1. Ofset baskı sistemi

Ofset baskı sistemi düz baskı ya da sulu baskı sistemi olarak da bilinir. Suyun mürekkebi itmesi prensibine dayanan baskı sistemidir. Ayrıca görüntü direk olarak kalıptan değil kauçuk blanketinden (Şekil 1.2) alındığı için endirekt baskı da denilmektedir. Özellikle gazete, kitap, dergi, broşür gibi yüksek tirajlı ve yüksek kalite beklenen ürünlerin çoğaltılmasında kullanılan ofset baskı teknolojisi zaman ilerledikçe karton ambalaj sektörünün de değişmezleri arasında yerini almıştır. Kolay kullanımı ve sağladığı baskı kalitesi açısından ofset baskı geniş çaplı olarak kullanılan baskı sistemidir (Yılmaz, 2016).

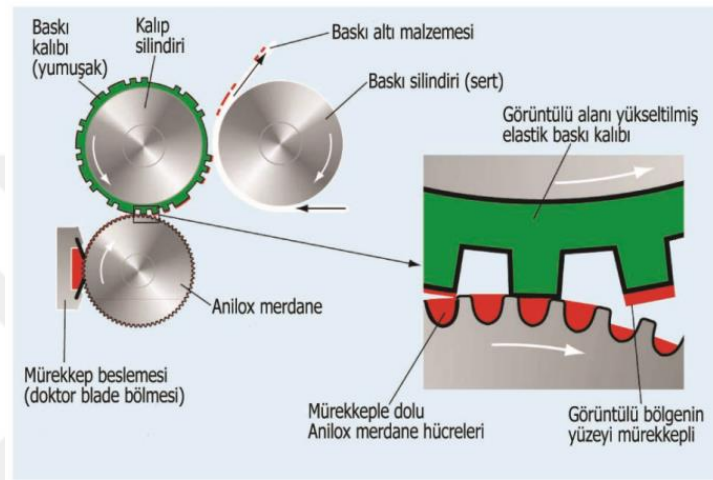


Şekil 1.2. Ofset baskı çalışma prensibi

1.2.2. Flekso baskı sistemi

Fleksografi (kısaca flekso) baskı, esnek (fleks) baskı kalıbı ile yapılan yüksek bir baskı tekniğidir. Bu baskıda basılacak iş, kalıbın gövdesinden belli bir yüksekliktedir. Kalıp (klişe) esnek olduğundan dolayı kolayca bükülebilir. Bu baskı tekniğinde kalıp, kalıp silindirine (çift taraflı bant ile) monte edilir. Mürekkep haznesi mürekkebi Aniloks (tramlı)

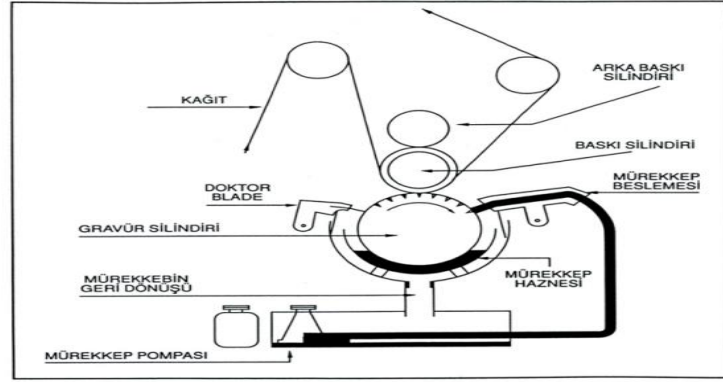
merdaneye verir. Aniloks merdane, yüksekte kalan kısımlara temas eder ve yüksek yerler mürekkep alır. Kalıp silindiri ile baskı silindiri arasından geçen baskı altı malzemesi üzerine görüntüyü aktarılır (Şekil 1.3). Flekso baskı ile karton, kraft, oluklu mukavva gibi düzgün olmayan yüzeylere ve fleksible ambalajları oluşturan CPP, MOPP, BOPP, PET (Polyester), PE (Polietilen) (LDPE -HDPE), PVC (Polivinil Klorür) gibi esnek plastik filmler üzerine ve özel mürekkepler kullanılarak alüminyum folyo üzerine baskı yapılır (URL-1, 2021).



Şekil 1.3. Flekso baskı çalışma prensibi

1.2.3. Tifdruk baskı sistemi

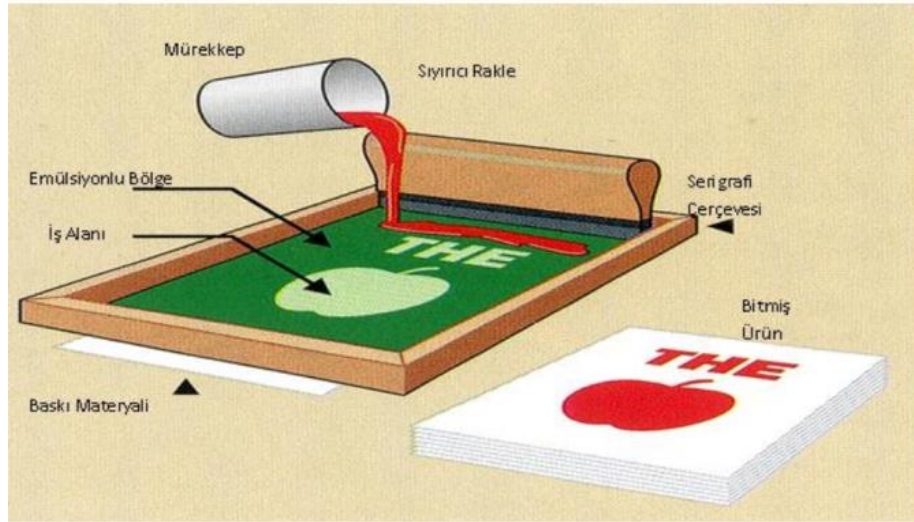
Tifdruk baskı tekniğinde baskı yapan kalıpta basan yerler basmayan yerlerden çukurdadır. Yani baskıyı gerçekleştirecek olan kalıptaki iş olan yerleri basacak kısımlar mürekkebi alıp tutabilecek şekilde çukurcuklardan meydana gelmiştir. Bu çukurcuklara iş hücreleri de denmektedir. Bu hürelere dolan mürekkepler vasıtası ile görüntü baskı altı malzemesine transfer edilir (Şekil 1.4). Kalıptaki görüntü baskı altı malzemesine doğrudan temas ile transfer edildiğinden dolayı tifdruk baskı sistemi bir direkt baskı sistemidir. Günümüzde en çok gıda maddelerinin (Bisküvi, Çikolata, Gofret, vb.) ambalajlarında kullanılmaktadır. Tifdruk baskı sayesinde baskı adedi milyonlarca olan baskılarda bile çok kaliteli sonuçlar elde edilebilmektedir (Akdoğan, 2006).



Şekil 1.4. Tifdruk baskı çalışma prensibi

1.2.4. Serigrafi baskı sistemi

Mürekkebin, kalıbın delik (görüntülü) kısımlarından baskı altı malzemesi üzerine aktarıldığı baskı tekniğidir (Şekil 1.5). Serigrafi baskı aynı zamanda Elek Baskı, İpek Baskı, (literatürde) Şablon Baskı olarak da bilinir. Sistemin en önemli özelliği, diğer baskı teknikleriyle (ofset, tipo, flekso, tifdruk) basılamayan ya da çok zor basılan değişik malzemeler (cam, porselen, metal, taş, kumaş) üzerine baskı yapabilmesidir. Yani kısaca sıvıların ve gazların dışında her şeye baskı yapabilen bir tekniktir. Baskı kalıbının ana malzemesi ipek, plastik ya da metal kılcal dokumalardır. Bu dokumaların sıklığı baskı kalitesini etkiler (URL-2, 2021).

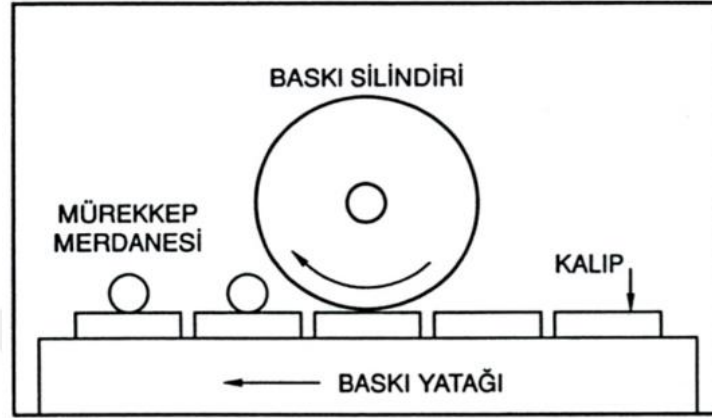


Şekil 1.5. Serigrafi baskı çalışma prensibi

1.2.5. Tipo baskı sistemi

Kartvizitten kitaba kadar broşür, fatura, numarator, kutu kesimi, varak yaldız baskısı (ısı ile), pliaj, perforaj gibi işler yüksek baskı tekniği ile basılır. En eski ve

günümüzde daha çok küçük işletmelerde kullanılan bir baskı yöntemidir. Kalıp hazırlamak için; tek tek yapılmış metal harfler (hurufatlar) elle veya makine yardımıyla yan yana dizilir, resim ve benzeri işlerin kalıpları ise metal levhalar üzerine, elle veya foto kimyasal yöntemlerle oyulmak suretiyle hazırlanır (Şekil 1.6). Hazırlanan bu metal levhalara ‘klişe’ denir (Akdoğan, 2006).



Şekil 1.6. Tipo baskı çalışma prensibi

1.2.6. Dijital baskı sistemi

1938 yılında dünyada bir devrim yaratan kopyalama teknolojisinin mucidi olarak da bilinen Chester Carlson, 22 Ekim 1938 yılında, New York'ta bulunan Astoria'daki laboratuvarında “10-22-38 ASTORIA” yazılı ilk xerografik görüntüyü elde etmiştir. Bundan sonra dijital baskıya giden adımlar gittikçe sıklaşmış ve günümüzde birçok alanda başvurduğumuz ve basım sanayinde vazgeçilmez hale gelen yeni bir baskı sistemi doğmuştur (URL-3, 2021).

1.2.6.1. Dijital baskının tanımı

Geleneksel baskı teknolojilerine karşıt olarak dijital baskı teknolojileri, sabit bir görüntülü baskı kalıbına ihtiyaç duyulmayan ve temel olarak daha önce basılmış değişik görüntülerle de başarılı sayfalar üreten baskı teknolojileridir. Bu, bilgisayarda bulunan bir dosyanın, dijital olmayan bir baskı kalıbına ihtiyaç duyulmaksızın görüntü işleyici vasıtasıyla baskı makinelerinde basabilmek anlamına gelmektedir (Mejtoft, 2006).

Dijital baskı, baskı makinelerinin bilgisayarlara bağlanmasını mümkün kılarak film ve kalıpların kullanımını ortadan kaldırır. Kısa vadeli ve düşük tirajlı basım işlerinin kalitesini yükseltmeye ve basılacak işin içeriğinde değişken veri yapısının da bulunmasına imkân sağlar (Pereira-Rangel, 2006)

Dijital baskı makinelerinde ofset baskı sistemindeki kalıp pozlandırma işi yerine bilgisayar ortamında tasarımı yapılmış olan işi baskı makinesine gönderebilen ve bu işi ayrıca baskı makinesinin anlayacağı dile çevirebilen Görüntü İşleme Birimi (Raster Image Processor) bulunmaktadır. Dijital baskı sisteminde ofset baskı sisteminde kullanılan iş öncesi hazırlık aşaması bütünüyle ortadan kaldırıldığı için hem iş gücü maliyeti hem zaman hem de birim maliyeti yükselten ara işlemlerin ortadan kalkması sonucunda düşük tirajlı işlerde büyük tasarruf sağlanabilmektedir (Özer, 2008).

1.2.6.1.1. Lazerjet yazıcılar

Lazer yazıcı, tüm sayfayı bir defada yazdırmak için büyük bir bellek kullanır. Yazıcının hafızasında oluşturulan dijital sayfa görünümü, lazer tabancası yardımıyla tambura aktarılır. Toner, tamburun lazer ışını tarafından mıknatıslanmış kısımlarına yapışır. Bu sayede tambura değen kağıt üzerinde istenilen karakterler ve grafikler oluşturulur (MEGEP, 2011).

Toner: Tonerler, termoplastik reçine gibi toner reçinesi olarak bilinen bir birincil veya bağlayıcı reçine, bir boya veya pigment gibi bir renklendirici ve bir şarj kontrol ajanı, salım ajanları ve diğer katkı maddelerini içerir. Termoplastik bağlayıcı reçineler olarak polistirenler, stiren-akrilik reçineler, stiren-metakrilik reçineler, polyesterler, epoksi reçineler, akrilikler ve üretanlar dahil olmak üzere çeşitli polimerler kullanılır (Fink, 2013). Siyah, kırmızı, mavi ve sarı renklerde üretilmektedir. Toner parçacıkları en basit haliyle % 50 demir oksit ve % 50 plastik içerir. Demir oksit, tonerin elektrostatik olarak kolayca yüklenmesini sağlar. Öte yandan, plastik malzeme toner parçacıklarını çözer. Toner partikülünün üretim teknolojisine göre yapıştırıcılar, yapıştırıcı reçine, lateks, yağlayıcı, kolay dispersiyonlu mum ve yüzey kimyasalları ve pigmentler bulunmaktadır (Karademir ve ark. 2013).

1.2.6.2. İnkjet dijital baskı teknolojisi

Mürekkep püskürtmeli dijital baskı sistemlerinde baskı, hareketli bir püskürtme kafasından mürekkep damlacıklarının elektronik olarak yönlendirilip baskı yapılacak yüzeye aktarılması ile olur. Geleneksel baskı yöntemleriyle baskı yapılamayacak kadar büyük yüzeylere baskı yapabilmemesi bu sistemin en büyük özelliğidir. Bu özelliği nedeniyle dış mekân baskılarında çok tercih edilen bir sistemdir. Sürekli akış mürekkep püskürtmesi yapan modelleri fotoğraf kalitesine yakın baskı sonucu verebilmektedir. Parlak renkte

baskı yapabilme avantajını da sunan mürekkep püskürtmeli baskı sisteminin olumsuz yönü ise baskı hızının yavaş olmasıdır (Mazlum, 2006).

İnkjet yazıcılar: İnkjet yazıcılarda kartuşların takıldığı yer olan yazma kafası kağıda değmez. Bunun yerine yazma kafası, kağıda mürekkebi uzaktan püskürtür. Yazma kafası, bir adım motoru ile sağa sola hareket ettirilirken kağıt, merdaneler yardımıyla ileri doğru hareket eder. Yazma kafası dikey olarak yerleştirilmiş birçok püskürtücü ucundan kağıda minik noktalar halinde özel bir mürekkep püskürtür. Bu püskürtücü uçların çapı, 1 milimetrenin yirmide biri küçüklüğündedir (MEB, 2013).

- **Sürekli (Continuous) İnkjet:** En eski İnkjet teknolojisidir fakat bu teknolojiye mürekkep damlacıkları baskı kafasından akarken, uygulanan elektrik yükleme (charge) işlemiyle belirli çaplarda mürekkep damlacıkları oluşturulur. Oluşturulan bu damlacıklar yine şarj işlemiyle kağıt üzerinde baskı yapılması istenilen bölgelere gönderilir. Baskı yapılması istenilmeyen bölgelerde ise mürekkep damlacık tutucuda (droplet capture) toplanarak yüksek basınçlı pompa vasıtasıyla mürekkep haznesine geri gönderilir. Günümüz teknolojiyle 600 dpi çözünürlükte baskılar yapılabilmektedir (Hoffman, 2005).

- **Drop-on- Demand (DoD) İnkjet:** Bu sistemde sadece görüntü olan alanlar için mürekkep damlacığı oluşturulur. Drop on demand teknolojileri termal inkjet, piezo inkjet ve elektrostatik inkjet olarak üç çeşittir. Termal inkjet, termal bubble jet (ısıl kabarcık püskürtme) olarak da bilinir. Bu teknolojiye mürekkep kağıda ısı yardımıyla püskürtülür. Mürekkebi ani olarak ısıtan, püskürtme ağzının içinde bulunan küçük bir ısıtıcı (Isıtma elemanı) kullanılır. Artan ısıyla mürekkebin bir kısmı buharlaşır ve bu gaz kabarcığı geri kalan mürekkebi ileri doğru dolayısıyla kağıda doğru iter. Bu işlem saniyede birkaç bin defa yapılır. Daha sonra püskürtme işlemi sırasında oluşan basınç yardımıyla sonraki püskürtme işlemi için haznedeki mürekkep çekilir. Her püskürtme ucunda yazıcının kontrol biriminden gelen elektriksel sinyallere duyarlı küçük bir ısıtıcı bulunur. Bu çok küçük ısıtıcılarla ısıtılan mürekkep damlacıkları, püskürtme kafasından yüksek ısının etkisiyle fırlatarak baskı işlemi gerçekleştirir (MEGEP, 2007).

İnkjet Dijital Baskı Mürekkepleri: İnkjet baskı mürekkepleri genel olarak üçe ayrılır. Organik boyarlar, polimer boyarlar ve pigmentler. Sektörde ve pazarda ise mürekkepler iki ana başlık altında sunulur. Su bazlı inkjet baskı mürekkepleri ve solvent bazlı inkjet baskı mürekkepleri. Su bazlı inkjet baskı mürekkepleri iç mekân ve solvent bazlı inkjet baskı mürekkepleri ise dış mekân baskı makinelerinde kullanılır. İstisna olarak kimi dış mekân baskı makineleri hem su hem de solvent bazlı mürekkep kullanarak da

baskı yapabilmektedir. Her inkjet baskı mürekkebinin hassasiyet, koku, viskozite, yüzey gerilimi, piezo-termal sistem uygunluğu, Ph gibi birtakım spesifikasyonları vardır (Le, 1998).

İnkjet Yazıcı Mürekkepleri: Ink-jet baskı mürekkeplerinin su bazlı olanlarına aynı zamanda iç mekân baskı mürekkepleri de denilmektedir. Xaar ya da Spectra baskı kafalarına göre farklı spesifikasyonlarda üretilen su bazlı mürekkepler yüksek çözünürlüklü baskılarda çok iyi sonuç vermektedir. Su bazlı mürekkeplerin zerrecik dağılımı alanı solvent bazlı mürekkebe göre çok dar olduğundan yüksek çözünürlükte baskı üretimi mümkündür (Le, 1998).

1.3. Geri Dönüştürülmüş Kağıtlarda Basılabilirlik

Basılabilirlik veya bir yüzeyin baskı kalitesi, o yüzeyin sahip olduğu özelliklerin belirli bir işlem sayesinde, yüksek kalitedeki basımlar ile ilgili üretimin düzeyini yükseltmek yoluyla, ulaştıkları dereceyi ifade eder (Sönmez, 2008). Bu dereceler bazı parametreler ile ölçülmektedir. Bu parametreleri genel olarak kağıdın parlaklığı, yüzey düzgünlüğü, pürüzlülüğü, beyazlığı ve opaklığı olarak sayabiliriz.

Yüzey düzgünlüğü ve pürüzlülüğü: Yüzey düzgünlüğü, “perdah” olarak bilinir. Perdah iyileştikçe, yeterli örtücülük için gerekli baskı mürekkebi ihtiyacı azalmakta, baskı kalitesi artmaktadır. Mürekkep yoğunluğu ve baskı kontrastlığını etkileyen kağıdın yüzey düzgünlüğü, mürekkep absorpsiyon derecesine bağlı olarak baskı parlaklığı ve rengini de etkiler. Yüzey pürüzlülüğü, kağıt yüzeyinin düz bir yüzeyden sapma derecesinin bir ölçüsüdür. Kağıt yüzeyindeki bu derinlik ve genişlik farklılıkları mürekkebin kağıt yüzeyine yerleşmesini ve basılı mürekkep filminin özelliklerini etkiler (Aydemir, 2014).

Parlaklık: Basit tabirle, kağıdın üzerine düşen ışığı yansıtma kapasitesine kağıdın parlaklığı denir. TS 11610:2017 standardına göre 80 gr yazı tabı kağıtlarında olması gereken parlaklık değeri %86’dır (Çiçekler, 2019).

%ISO Beyazlık: Bir maddeden yansıyan ışığın, ışığı tam yansıtan bir maddedeki yansımaya oranı olarak tanımlanmaktadır. ISO 11475 test metoduna göre ölçülür. R457 nm dalga boyunda ölçülen bir değer olup ölçüm yapılan cihazın UV filtresinin açık ya da kapalı olmasına bağlı olarak sayısal olarak farklılık gösterebilir. Örneğin UV filtresi kapalı bir cihazla yapılan ölçüm sonucunda 86.0 ölçülen beyazlık değeri, aynı cihazla UV filtresi açık iken 93.0 ölçülebilir (URL-4, 2021).

CIE Beyazlık: TAPPI T560 test metoduna göre optik beyazlatıcı olan ve olmayan beyaz veya beyaza yakın kağıt ve kartonun CIE beyazlığı ve tonu ölçülür. Optik beyazlatıcı ajanlar elektromanyetik spektrumun morötesi ve mor bölgesinde (genellikle 340-370 nm) ışığı emen ve floresan yoluyla mavi bölgede (tipik olarak 420-470 nm) ışığı yeniden yayan kimyasal bileşiklerdir. Bu katkı maddeleri, genellikle, görsel bir mavi-beyaz gölge vermek amacıyla kağıdın renk görünümünü geliştirmek için kullanılır. En yaygın beyazlık ölçüsü olan D65 aydınlatma, dış mekan gün ışığını temsil eder ve bu standarda CIE Beyazlık denir ve Fransa merkezli Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (aynı zamanda CIE olarak da kısaltılır) tarafından geliştirilmiştir.

ISO Beyazlık ile CIE Beyazlık arasındaki değerler, kağıt içerisinde bulunan bu optik beyazlatıcılar sayesinde farklılık göstermektedir. Başka bir deyişle ISO beyazlık ile CIE beyazlıkta kağıdın beyazlık değeri farklı dalga boylarıyla ölçüldüğü için değerler arasında farklılık oluşmaktadır.

Opaklık (%): Kağıdın ışığı geçirme derecesidir. Kağıdın opaklık derecesi ne kadar yüksekse ışığı o kadar az miktarda geçirir (URL-4, 2021).

Sarılık (E313): Sarılık, bir kağıt yüzey renginin tercih edilen beyazdan (veya renksiz) sarıya kayma derecesinin bir ölçüsü olarak tanımlanır. ASTM E313 e göre ölçüm yapılabilir

(URL-5, 2021).

ERIC (Effective Residual Ink Concentration): Geri dönüşüm sonrası kağıt hamuru içerisinde kalan mürekkep konsantrasyon miktarını belirtir, ölçü birimi (ppm)'dir.

Yukarıda verilen optik özelliklerin baskı kalitesine doğrudan ya da dolaylı olarak etki ettiğine dair çalışmalar mevcuttur (Yılmaz, 2016; Karahan, 2017; Tutuş ve ark., 2018; Juric, 2013; Hu ve ark., 2017).

1.4. ISO 13655:2017 Normuna Göre Kalite Kontrol

ISO 13655:2017 standardına göre bazı baskı parametrelerinde olması gereken değerler belirlenmiştir. Yapılan baskılar ve matbaacılık ile ilgili üretilen akademik çalışmalarda standart olarak bu norm temel alınmaktadır. Baskı parametreleri CMYK ve RGB renkleri aracılığıyla ölçülmektedir. Aşağıda bazı parametreler ve ISO 13655:2017 standart değerleri alt başlıklar halinde açıklanmıştır.

1.4.1. CMYK renkleri

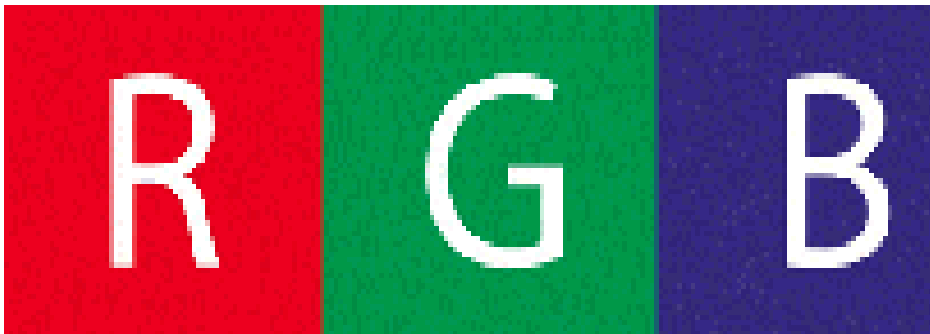
CMYK, baskıda kullanılan 4 ana renktir. C: Cyan (açık mavi, camgöbeği), M: Magenta (mor renge yakın kırmızı), Y: Yellow (Sarı) ve K: Key (Siyah)'tir (Şekil 1.7). Baskı sisteminde trikromi diye adlandırılır. Trikromi üçleme demektir. Bu renk sisteminin özü de CMY'dir. Ayrıca üç renk (CMY) mürekkebin karışımında siyah elde edilebilmesine rağmen kontrol rengi olan siyah sisteme sonradan eklenmiştir. Siyah mürekkebin kullanımı maliyetleri de düşürdüğü için renk sistemine eklenmiştir (URL-6, 2021).



Şekil 1.7. CMYK renk gösterimi

1.4.2. RGB renkleri

RGB, renk uzayı olarak da bilinen bu kavram; kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere 3 ana rengin karışımından elde edilen renk skalasını ifade eder (Şekil 1.8). Doğadaki tüm renklerin kodları, biraz daha açmak gerekirse gözümüzle görebildiğimiz her şeyin rengi, bu 3 temel rengin birleşimi ile ortaya çıkar. RGB de, bu 3 renk %100 oranında karıştığında “beyaz” renk elde edilmektedir (URL-6, 2021).



Şekil 1.8. RGB renk gösterimi

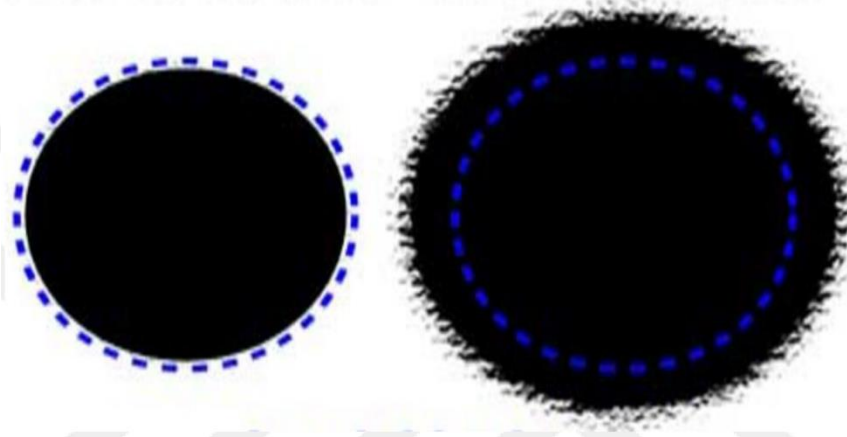
1.4.3. Nokta kazancı

Kalıpta görüntüyü oluşturan noktaların, baskıda mürekkebin dağılması, kağıdın emici özelliği ve baskı basıncı gibi nedenlerle, boyut değiştirmesi büyümesi olarak tanımlanabilir (Şahin ve ark., 2013). Aşağıda Çizelge 1.7’de ISO 13655:2017 standardına göre bazı kağıtlar için nokta kazancı değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.7. ISO 13655:2017 standardına göre bazı kağıtlar için nokta kazancı değerleri

	Parlak Kuşe		Tolerans		I. Hamur		Tolerans	
	40 (%)	80 (%)	40 (%)	80 (%)	40 (%)	80 (%)	40 (%)	80 (%)
Cyan	13	11	4	3	19	12	4	3
Magenta	13	11	4	3	19	12	4	3
Sarı	13	11	4	3	19	12	4	3
Siyah	16	13	4	3	22	14	4	3

Yapılan bir baskıda nokta kazancı muhakkak oluşur, ancak yapılan baskının kalitesinin bozulmaması açısından yukarıda Çizelge 1.7’de belirtilen değerler göz önünde bulundurularak yapılan baskı kontrol altında tutulmalıdır.



Şekil 1.9. Nokta kazancı gösterimi

Şekil 1.9 incelendiğinde orijinal nokta (sol görüntü) boyutunun baskıdaki mavi çemberle gösterdiği alan olduğunu ve bu mavi çemberin dışındaki alanın (sağ görüntü) ise nokta kazancı olduğunu belirtmek gerekmektedir.

1.4.4. Baskı densitesi (zemin ton yoğunluğu)

Baskı densitesi, baskı materyali üzerindeki mürekkep film tabakasına verilen isimdir. Aşağıdaki Çizelge 1.8’de ISO 13655:2017 standardına göre bazı kağıtların baskı densitesi değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.8. ISO 13655:2017 standardına göre bazı kağıtların baskı densitesi değerleri

	Parlak Kuşe (D)	Tole rans	I. Hamur (D)	Tolerans
Cyan (C)	1.85	± 0.30	1.55	± 0.30
Magenta (M)	1.55	± 0.30	1.20	± 0.30
Sarı (Y)	1.50	± 0.30	1.15	± 0.30
Siyah (K)	1.45	± 0.30	1.20	± 0.30

Baskı densitesinin ölçülmesi için baskı materyali üzerinde zemin baskısı (%100'lük alan) olması gerekmektedir.

1.4.5. Baskı kontrastlığı

Baskısı yapılan görüntünün en karanlık ile en parlak bölümü arasındaki farkın sayısal olarak ifadesidir (Sönmez, 2011a). Baskı kontrastlığı için ISO standardı henüz oluşturulamamıştır. Bazı otoriteler tarafından verilen değerler baz alınarak baskı kontrastlığı açısından kalite kontrol değerlendirmesi yapılmaktadır. Bu değerler aşağıda Çizelge 1.9'da verilmiştir (URL-7, 2020).

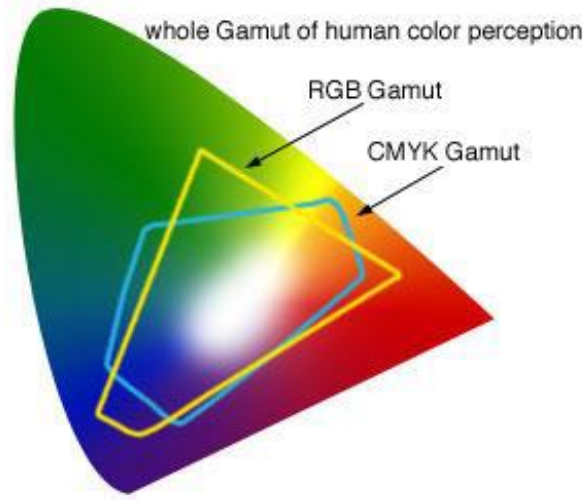
Çizelge 1.9. Baskı kontrastlığı açısından kalite kontrol değerlendirmesi

75'lik (%)	Okunan	80'lik (%)
50% ± 60 %	Çok iyi	46% ± 54%
45 % ± 50 %	İyi	43% ± 46%
40 % ± 45 %	Mükemmel	39% ± 43%
35 % ± 40 %	Standart	33% ± 39 %
25 % ± 35 %	Yetersiz	23% ± 33 %
...<25 %	Kabul edilemez	...< 23 %

Çizelge 1.9'dan da anlaşılacağı gibi kaliteli bir baskı için baskı kontrastlık değerinin yüksek olması istenmektedir. Baskı kontrastlığını kağıdın cinsi, kullanılan baskı yöntemi, kullanılan mürekkep gibi etmenler etkileyebilir.

1.4.6. Renk gamutu

Gamut, baskısı yapılacak olan şeklin renklerinin bilgisayar ortamındaki formatı olan RGB ve baskı materyali üzerindeki formatı olan CMYK renklerinin açıklı koyulu olarak evrende bulunan tüm renk tonlarını ifade eder (Şekil 1.10). Baskı kalitesini belirlemede zemin ton yoğunluğu (densite) ve renk gamutu yaygın iki yöntemdir. Gamut değeri ne kadar yüksek olursa baskıda elde edilecek renk evreni de o kadar geniş olacaktır (Gong ve ark., 2010; Sönmez, 2011).



Şekil 1.10. Renk gamutu gösterimi

1.4.7. Baskı kroması

Kroma “renk doygunluğu” anlamına gelir ve renk yoğunluğu kanalıyla ölçülebilir. İyi bir baskı kalitesi için belirleyici olan kroma değerinin yüksek olması istenir (Sönmez, 2011a). Baskı kroması aşağıdaki formüle göre hesaplanır;

$$C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

C: Kroma değeri

a: Baskının kırmızı-yeşil değeri

b: Baskının sarı-mavi değeri

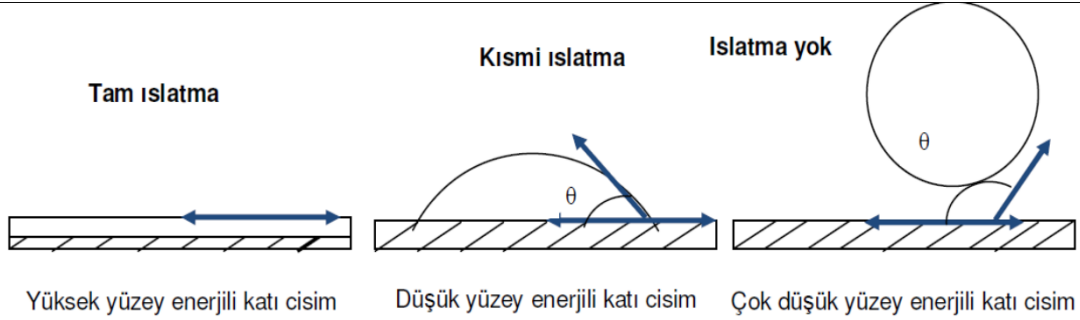
1.4.8. CMYK Print Gloss 60°

Baskının parlaklık derecesidir. Baskının gloss değeri ne kadar yüksekse okadar kaliteli bir baskı gerçekleştirilmiş demektir. Baskı türü, kullanılan mürekkep ve kullanılan kağıt baskının gloss değerini etkileyen parametrelerdir.

1.4.9. Yüzey kontakt açısı ve yüzey enerjisi

Baskı kalitesini belirlemede, kullanılan baskı altı malzemesinin yüzey özelliklerinin ve bunlara uygun baskı şartlarının belirlenmesi önemlidir. Baskı altı malzemesinin yüzeyinin suyun yüzeyde kalması, itilmesi (hidrofob), su emme (hidrofil) gibi özelliklerinin belirlenmesi baskı altı malzemesinin yüzeyi hakkında bilgi sahibi olunması açısından kullanılan yöntemlerden biridir (Şekil 1.11). Temas açısı ölçümü yapılarak baskı altı malzemesinin hidrofob ya da hidrofil olduğu belirlenmektedir (Ersoy ve Kuntman, 2008). Bir damlacığın katı bir yüzeyde yayılıp yayılmayacağını ya da yüzeyi ıslatıp

ıslatmayacağını mevcut yüzeyler arası gerilimler belirler. Yüzeyler arası gerilimler; (Solid-Gas / SG) katı-gaz, (Liquid-Gas/LG) sıvı-gaz ve (Solid-Liquid/SL) katı sıvı arasındaki yüzey gerilimi olarak 3 tanedir (Şekil 1.12).



Şekil 1.11. Yüzey enerjisi

Eğer temas açısı 90 dereceden büyükse – hidrofobik (ıslatmaz)

Eğer temas açısı 90 dereceden düşükse – hidrofilik (ıslatır)

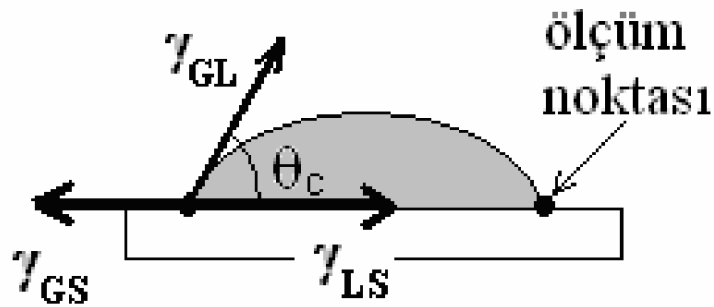
Eğer temas açısı 140 dereceden büyükse – süper hidrofobik

Eğer temas açısı 0 dereceye çok yakınsa – süper hidrofilik

Yüzey enerjisi ile yüzey temas açısı ters orantılıdır. Yüzey enerjisi arttıkça temas açısı düşer.

$$\cos \theta_c = \frac{Y_{GS} - Y_{LS}}{Y_{GL}}$$

Burada θ_c , temas açısı, Y_{GS} gaz-sıvı arasındaki yüzey gerilimi, Y_{LS} sıvı-katı ve Y_{GL} gaz-sıvı arasındaki yüzey gerilimidir (Ersoy ve Kuntman, 2008).



Şekil 1.12. Yüzey temas açısı

1.4.10. CIE L*, a* ve b* değerleri

L*a*b değerleri renklerin parmak izleridir. Baskı kalitesini ölçmek açısından hayati öneme sahip olan bu değerler spektrofotometreler aracılığıyla ölçülür. L*a*b*, bir rengin aynı anda yeşil, kırmızı veya mavi ve sarı olamayacağı teorisine dayanan renk uzayının iyi dengelenmiş yapısıdır. Bunun sonucunda, kırmızı/yeşil ve sarı/mavi sıfatlarını tarif etmek için basit değerler kullanılabilir. CIE L*a*b*'da L* rengin açıklık ve koyuluğunu (100 ise açık, 0 ise koyu), a* kırmızı/yeşil (-a yeşil, +a kırmızı), b* sarı/mavi (-b mavi, +b sarı) değerini gösterir (Köse ve Şahinbaşkan, 2008). Kağıtların CIE L*a*b* (*- 1976 CIE renk ölçüm standardı) renk ölçümleri Elrepho 3300 spektrofotometre ile D65 aydınlatma, 10° standart algılayıcı, d/0° geometri ve 5 mm ölçüm alanı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Atik, 2006).

1.4.11. Çalışmanın amacı ve özgün değeri

Bu çalışmanın amacı, atık kağıtların geri dönüşüm sayısının dijital inkjet baskı özellikleri üzerine etkisini incelemektir. Bu kapsamda kağıdın kaç geri dönüşüm aşaması sonunda baskı özelliklerinin hangi yönde değiştiiği bir çok parametre ile araştırılmıştır. Kağıdın geri dönüşüm sayısının artması hem doğal ortama hem de ülke ekonomisine çok önemli katkılar sağlayacaktır. Basım sektöründe baskı kalitesinin belirlenmesi için bu çalışmada elde edilen verilerin bilinmesi ve öğrenilmesi kaçınılmazdır. Çalışma; uygulanan yöntem, tekrarlanan geri dönüşüm sayısı ve ölçülen parametreler bakımından ilk olma özelliğine sahip olup özgün bir değer taşımaktadır.

Yapılan bu çalışmaya en benzer çalışma olan doktora tezinde, geri dönüşümün selüloz lifleri üzerine etkisini incelemiştir (Atik, 1998). Bu çalışmada Atik (1998), geri dönüşüm tekrarının kağıdın fiziksel ve optik özellikleri üzerine olumsuz etki yaptığını ifade etmiştir. Ancak geri dönüşümün kağıdın fiziksel özellikleri üzerine olan olumsuz etkisini dövme işlemi uygulanarak azaltılabileceğini ifade etmiştir. Bunun yanı sıra kalenderleme işleminin kağıdın fiziksel özellikleri üzerine önemli etkilerinin olduğunu belirtmiştir. Her geri dönüşüm işlemi sonrası kağıdın selüloz lif boyutlarının kısaldığını beyan etmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çiçekler, M. Tutuş, A. (2019). “Atık Gazete Kağıtlarının Geri Dönüşümü Üzerine Bir Araştırma” adlı çalışmada atık gazete kağıtlarından elde edilen kağıt hamurlarının hem optik hem de fiziksel özellikleri oldukça iyi olmasından dolayı CTMP hamurları ile yapılan tüm karışımlarından elde edilen gazete kağıtlarının istenilen özellikleri verdiğini tespit etmişlerdir.

Çiçekler, M. (2019). “Birincil ve İkincil Lif Karışımlarının Yazı Tabı, Oluklu Mukavva ve Gazete Kağıdı Üretiminde Kullanımının Araştırılması” adlı doktora tez çalışmasında; Yurt dışından yüksek fiyatlar ile ithal edilen ağartılmış lifler yerine ülkemizde hali hazırda bulunan atık ofis kağıtlarının, geri dönüşüm sistemine mürekkep gidermeve ağartma ünitelere kurularak tekrar ağartılmış lif olarak elde edilebileceğini ifade etmiştir. Ayrıca ülkemizde üretilmeyen gazete kağıtlarının, atık gazete kağıtlarının mürekkep giderme işlemi sonrası ağartılması ile tekrar elde edilerek ithalat miktarının azaltılabileceğini belirtmiştir.

Hayta, P. ve Oktav, M. (2019). “The Importance of Waste and Environment Management in Printing Industry” adlı makalelerinde; her bir baskı tekniğinin baskı öncesi, baskı veya baskı sonrası aşamasında kullanılan kimyasalların çoğunun VOC emisyonları içerdiğini ve bazı önlemler gerektirdiğini belirtmişlerdir. Bu önlemlerin su bazlı ve organik çözücüler ve mürekkepler kullanmak, baskıyı hazırlarken CTP kullanmak ve kuru baskıyı tercih etmek olduğunu ifade etmişlerdir.

Karahan, S. (2017). “Kağıdın Optik Özellikler Üzerine Mürekkep Giderme İşlemi ile Farklı Uygulamaların Etkileri” isimli makalesinde; ultrasonik muamele görmüş liflerin su tutma değeri geri dönüşümde oluşan kayıplardan dolayı iyileştiğini ifade etmiştir. Bunun durumun nedeni olarak ise işlemin dövme etkisinden kaynaklanmakta olduğunu belirtmiştir. Genel olarak ultrasonik işlem ve enzim kullanımı ile oldukça başarılı, ekonomik ve çevresel açıdan daha az zararlı bir mürekkep giderme işlemi başarıldığını belirlemiştir.

Yılmaz, U. (2016). “Bazı Kağıtların Fiziksel Özelliklerinin Ofset Baskı Kalitesine Etkisinin İncelenmesi” adlı yüksek lisans tezinde kağıdın bazı fiziksel özelliklerinin ofset baskı kalitesini etkilediğini tespit etmiştir.

Aydemir, C. (2014). “Kağıdın Yüzey Pürüzlülüğünün, Baskı Renk değişimi, Işık Haslıği ve Baskı Parlaklığına Etkisi” adlı makalesinde kağıdın yüzeyinin düzgünlüğü ile yüzey enerjisinin doğru orantılı olduğunu belirtmiştir. Kağıdın yüzey düzgünlüğünün azaldıkça yüzey enerjisinin de azaldığını ifade etmiştir. Son olarak bu çalışmada mürekkep haslığında renk pigmentinin dışında baskı altı malzemesi olan, kağıdın da etkili olduğunu tespit etmiştir. Bu nedenle ışık haslıği hassasiyeti olan baskı çalışmalarında kağıt faktörüne de dikkat edilmesi gerektiği ifade etmiştir.

Şahin H.T. (2014). “Geri kazanılmış sekonder liflerin yeniden kullanılması üzerine bir inceleme” isimli makalesinde kırıntı liflerin fazla olmasından dolayı yeniden üretilmiş olan kağıtların direnç özelliklerinin daha düşük olduğunu ifade etmiştir.

Sesli, Y. (2014). “Dijital Baskı Sistemlerinde Baskı Kalitesine Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi” adlı doktora tezinde, CMYK (trigromi) baskılarda ofset baskı sisteminde ve sıvı tonerli dijital baskı sistemlerinde tram noktalarının net ve birbirine yakın olduğunu; ancak kuru tonerli dijital baskı sisteminde baskı şartlarının aynı olmasına rağmen nokta keskinliğinin istenilen düzeyde olmadığını tespit etmiştir.

Karademir, A. ve ark. (2013).” Use of enzyme and ultrasonic energy in paper recycling” adlı çalışmalarında; kağıdın geri dönüşümünde enzim kullanımının genel olarak kimyasal kullanımını düşürdüğünü, ultrasonik enerji kullanımının ise elde edilen kağıtların mukavemetlerini geliştirdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca konu hakkında daha detaylı çalışmalar yapılmasının, azalan kaynaklar ve hammadde sıkıntısı çeken kağıt/karton sanayisi için hayati öneme sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Sönmez, S. (2011). “Interactive Effects Of Copolymers And Nano-Sized Pigments On Coated Recycled Paperboards İn Flexographic Print Applications” isimli makalesinde yüzey düzgünlüğünün nokta boyutunu ve şeklini etkilediğini belirtmiştir.

Gong, R. ve ark. (2010). “Application Of Nano Pigments İn İnkjet Paper Coating” isimli makalelerinde nano boyutlarda kullanılan malzemelerden en iyi sonucu nano boyuttaki kil uygulamasının verdiğini belirtmişlerdir. Bu uygulamanın özellikle yüksek bir kaplama ağırlığı ile kağıt parlaklığını ve baskı parlaklığını artırdığını belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra NBK kullanımının renk gamutunu artırdığı ve baskı benekliliğini azalttığını belirtmişlerdir.

Čabalová, I. ve ark. (2011) “Recycling of Paper- Changes of Mechanical and Optical Properties” isimli çalışmalarında ağartılmış Kraft hamurunun geri

dönüştürülmesinin kağıt hamurunun fiziksel özelliklerinde geri dönüşü olmayan modifikasyonlara neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Khantayanuwong S. ve Ark., (2006), “Relationships Between the Changed Apparent Density of Recycled Handsheets and Their Mechanical and Physical Properties” çalışmada kağıtların opaklığının başlangıçta bir kez geri dönüştürüldüğünde arttığını ve ardından takip edilen geri dönüşüm tekrarlarıyla sürekli olarak azalmaya başladığını, kağıtların parlaklığında ise artış olduğunu belirtmişlerdir.

Oğuz, M ve ark. (2003). “Ofset Baskıda Trapping Değerlerine Uygun Olarak Baskı Renk Sırasının Belirlenmesi” isimli çalışmalarında 4 renkli baskılarda trapping değerlerinin dikkate alınması gerektiğini ve özel bir durum söz konusu olmadığı sürece baskı renk sıralarının trapping renk sıralamasına uygun olarak hazırlanması gerektiğini belirtmiştir.

Somwang K., ve ark. (2002). “Effect of fiber hornification in recycling on bonding potential at interfiber crossings: Confocal laser-scanning microscopy” isimli makalelerinde Geri dönüştürülmüş kağıt tabakalardaki elyaflar arası boşluklar dahil olmak üzere bağlanmamış alanlardaki artışın, kağıt üretim işlemi sırasında geri dönüştürülmüş elyafların yeniden şişme kabiliyetindeki azalmaya dayandığını ileri sürmektedir.

Atik, C. (1998). “Geri Dönüşümün Selüloz Lifleri Üzerindeki Etkileri” adlı doktora tezi çalışmasında geri dönüşüm sayısının kağıdın direnç özellikleri ve optik özellikleri üzerine etkisinin olduğunu belirlemiştir. Ayrıca geri dönüşüm sayısı arttıkça selüloz liflerindeki esnekliğin azaldığı ve polimerizasyon derecesinin düştüğü belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

“Atık Kağıtların Geri Dönüşüm Sayısının İnkjet Dijital Baskı Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması” başlıklı tez çalışması kapsamında geri dönüştürülmek üzere INGEDE 11p-5.5 standardına göre hazırlanmış olan referans kağıtlar kullanılmıştır. Referans kağıtlara Marmara Üniversitesi Basım Teknolojileri Bölümü Öğretim Üyeleri ile yapılan görüşmeler sonucu ve yapılan akademik çalışmaların incelenmesi sonucu uygulanan baskı modeli aşağıda Şekil 3.1’te verilmiştir. Bu baskı modeli Kombassan Kağıt AŞ’de su bazlı mürekkeplerle yapılmıştır.



Şekil 3.1. Referans kağıtlara uygulanan baskı modeli

3.2. Metot

Bu çalışmada atık kağıtlar 6 kez geri dönüştürülmüştür. Her geri dönüşüm sonrasında selüloz liflerinde meydana gelen değişiklikler ile bu değişikliklere paralel olarak dijital inkjet baskı kalitesindeki değişiklikler incelenmiştir. Geri dönüşüm işlemi için kullanılan aşamalar sırasıyla hamurlaştırma, depolama, flotasyon, lif tasnifi ve ağartma işlemlerinden oluşmaktadır. Her bir geri dönüşüm için bu işlemler tekrarlanmıştır.

3.2.1. Hamurlaştırma işlemi

INGEDE 11p-5.5 standardına göre hazırlanmış olan referans kağıtlar 2x2 cm boyutlarında el ile parçalara ayrılmıştır. Atık ofis kağıtları daha sonra aşağıda Çizelge

3.1’de belirtilen şartlara bağı kalınarak hobart tipi hamurlaştırma cihazında hamurlaştırma işlemine tabi tutulmuştur.

Çizelge 3.1. Geri dönüşüm süreci boyunca uygulanan hamurlaştırma koşulları

Hamurlaştırma koşulları	Karıştırma kademe hızı	Konsantrasyon (%)	Süre (dak.)
Ön ıslatma	-	10	10
Hamurlaştırma	1-2	10	22

Hamurlaştırma işlemi süreci boyunca ilgili standartta belirtilen kimyasallardan %0.6 sodyum hidroksit (NaOH), %0.7 hidrojen peroksit (H₂O₂), %1.8 sodyum silikat (Na₂SiO₃) ve %0.8 oleik asit (C₁₈H₃₄O₂) kullanılmıştır. Bu işlem 6 geri dönüşüm aşaması boyunca tekrarlanmıştır.

3.2.2. Depolama işlemi

Hamurlaştırma işleminden sonra kağıt hamurları %5 konsantrasyonda 45 °C’de 1 saat boyunca su banyosunda bekletilmiştir.

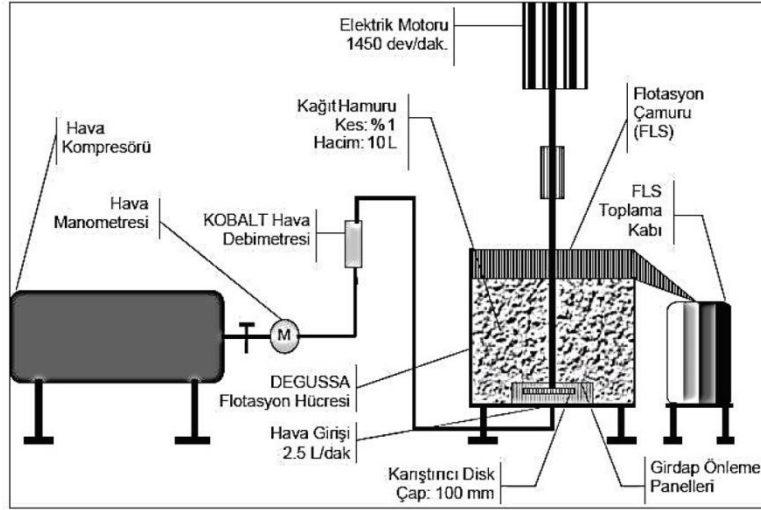
3.2.3. Flotasyon (yüzdürme) işlemi

Depolama işleminin ardından elde edilen kağıt hamurlarının içerisindeki mürekkep parçacıklarını uzaklaştırmak için aşağıda Çizelge 3.2’de belirtilen koşullarda flotasyon işlemi uygulanmıştır.

Çizelge 3.2. Geri dönüşüm süreci boyunca uygulanan flotasyon koşulları

Flotasyon koşulları	
Konsantrasyon	%0.8-1
Sıcaklık	45 °C
Süre	30 dk.
Karıştırma hızı	1450 Devir/dk.
Su sertliği	160 ppm
Hava girişi	2.5 lt/min.

Flotasyon işlemi Degussa Tipi yüzdürme hücresinde (Şekil 3.2) gerçekleştirilmiştir. Suyun sertliğini ayarlamak için CaCl₂ kullanılmıştır. Her bir flotasyon işleminde 200 gr tam kuru kağıt hamuru kullanılmıştır. Belirli aralıklar ile yüzeyde biriken atık çamur raspa yardımıyla alınarak sistemden uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3.2. Degussa flotasyon ünitesi mürekkep giderme süreci

3.2.4. Lif tasnifi işlemi

Lif tasnifi işlemi için flotasyon işleminin ardından elde edilen kağıt hamurlarından 10 gr tam kuru kağıt hamuru alınmıştır. Kağıt hamuru bir kağıt hamuru açıcı cihazı aracılığıyla bireysel hale getirilmiştir. Daha sonra Bauer-Mcnett cihazında TAPPI T 233 standardına göre lif tasnifi işlemi yapılmıştır.

3.2.5. Ağartma işlemi

Flotasyon işlemi sonrası elde edilen kağıt hamurlarına iki kademe ağartma işlemi uygulanmıştır. I. kademede %0.4 FAS (formamidin sülfirik asit) ve II. kademede hidrojen peroksit ağartma işlemi uygulanmıştır. Bu işlemler aşağıda belirtilen koşullara göre yapılmıştır.

I. Kademe (FAS) ağartma koşulları

FAS oranı (%)	: 0.4
NaOH oranı (%)	: FAS oranı /2
Süre (Dakika)	: 60
Sıcaklık (°C)	: 75
Konsantrasyon (%)	: 5

II. Kademe ağartma (H₂O₂) koşulları

H ₂ O ₂ (%)	: 7
-----------------------------------	-----

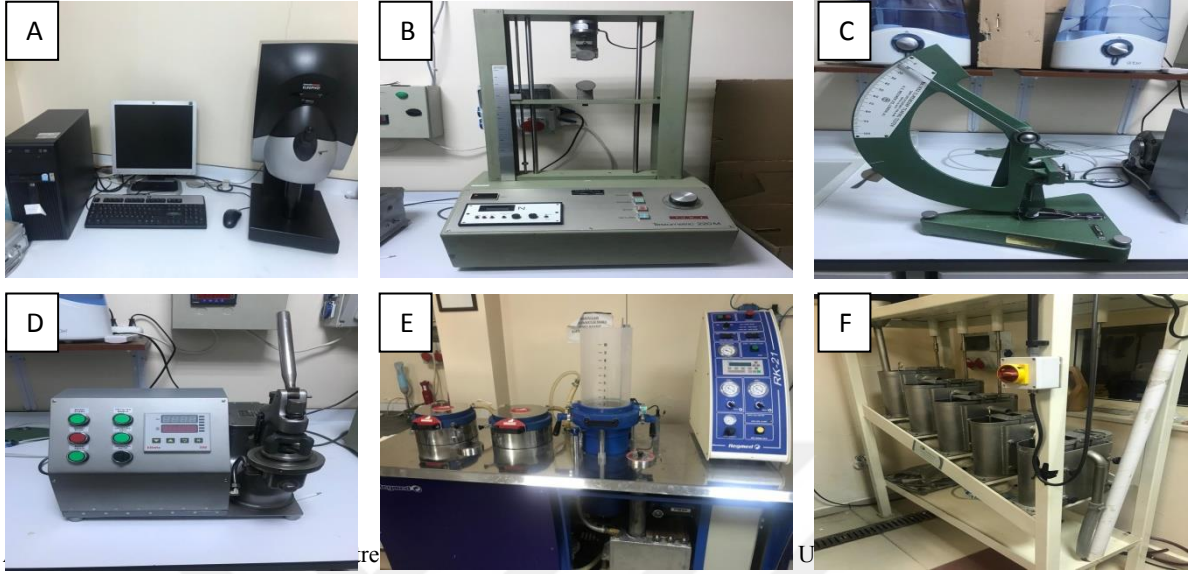
MgSO ₄ (%)	: 0.5
NaOH (%)	: H ₂ O ₂ oranı/0.75
EDTA oranı (%)	: 0.5
Na ₂ SiO ₃ (%)	: 2
Konsantrasyon (%)	: 12
Sıcaklık (°C)	: 75
Süre (Dakika)	: 60

Yukarıda belirtilen koşullarda ağartılan kağıt hamurlarından test kağıtları Yarı otomatik Rapid Kothen RK-21 kağıt makinesinde (Şekil 3.3) üretilmiştir. Bu test kağıtlarına 100 °C de 20 bar basınç altında kalenderleme işlemi uygulanmıştır. Üretilen test kağıtlarının optik ve fiziksel özellikleri aşağıda belirtilen standartlara bağlı kalınarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.3. Geri dönüştürülmüş kağıtlara uygulanan optik ve fiziksel özellik standartları

Optik ve fiziksel testler	Standartlar
Gramaj (gr/m ²)	TAPPI T 410 om-88
Kopma uzunluğu (m)	TAPPI T 494 om-01
Patlama indisi (kPa m ² /g)	TAPPI T 403 om-91
Yırtılma indisi (mN.m ² .gr)	TAPPI T 414 om-88
Lif tasnifi	TAPPI T 233
Parlaklık (%ISO)	ISO/DIS 2470
Beyazlık (% ISO)	ISO 11475
Sarıklık (E313)	ASTM E313
ERIC (ppm)	ISO 22754

Aşağıda Şekil 3.3'te geri dönüşüm aşamaları sonunda kağıt üretimi, optik-fiziksel özellikler ve lif tasnifi için kullanılan cihazların resimleri verilmiştir.



Yırtılma İndisi, D; Mullen Burst index tester: Patlama İndisi, E; Rapid Kothen RK-21: Kağıt Üretimi, F; Baver-Mcnet: Lif tasnifi

Şekil 3.3. Kağıt üretimi, optik-fiziksel özellikler ve lif tasnifi için kullanılan cihazlar

Her geri dönüşüm aşamasından sonra elde edilen test kağıtlarının fiziksel ve optik özellikleri belirlendikten sonra üretilen kağıtların tümüne su bazlı mürekkep ile Epson L3060 yazıcıyla renk ölçüm skalaları (Şekil 3.4) basılmıştır.



Şekil 3.4. Renk ölçümü için kullanılan CMYK ve RGB skalaları

Son olarak baskısı yapılan tüm geri dönüştürülmüş kağıtların X-Rite eXact™ Spektrofotometre ile baskı kaliteleri ölçülmüş baskıdaki yüzey kontakt açısı incelenmiştir. Her ölçüm 3 kez tekrarlanmış, ortalamaları alınmış ve baskı kalitesi sonuçları ISO

13655:2017 standardına bağlı kalınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca kağıdın yzey enerjisi ASTM D5946' ye gze olęulmüřtür.

3.2.6. Yapılan İstatistiksel analizler

Atık kağıtların geri dñnüşüm sayısının inkjet dijital baskı özellikleri üzerine etkisini belirlemek için SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) paket programı kullanılmıştır. Veriler arasında %95 güven aralığında ($P < 0.05$) farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ile Duncan testi yapılarak belirlenmiştir. Varyans analizi sonrası gruplar veya kademeler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli bulunması sonucunda Duncan testi uygulanmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Aşağıda Çizelge 4.1’de çalışma kapsamında kullanılan referans kağıtlara ait optik değerler verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışma kapsamında kullanılan referans kağıtlara ait optik değerler

Beyazlık (% ISO)	Parlaklık (% ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık	L	a	b	Opaklık (%)	ERIC (ppm)
80.12	98.47	-27.66	145.85	91.74	3.8	-14.29	92.90	86

Aşağıda Çizelge 4.2’de çalışma kapsamında kullanılan referans kağıtlara ait fiziksel değerler verilmiştir.

Çizelge 4.2. Çalışma kapsamında kullanılan referans kağıtlara ait fiziksel değerler

Gramaj (gr/m ²)	Kopma uzunluğu (m)	Yırtılma indisi (mN.m ² /gr)	Patlama indisi (kPa m ² /gr)	Hava geçirgenliği (m ³ /dk)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Hacimlilik (cm ³ /gr)
80	5459	6.32	3.81	293	0.95	1.02

Yukarıda fiziksel ve optik özellikleri verilen referans kağıtlar I. geri dönüşüm işlemine tabi tutulmuştur.

4.1. I. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular

INGEDE 11p-5.5 standardına göre geri dönüştürülmüş kağıtların I. geri dönüşüm aşaması sonucu elde edilen fiziksel-optik özellikleri, lif tasnifi sonuçları, nokta kazancı, zemin ton yoğunluğu ve baskı kontrastlık değerleri, kroma değerleri, renk gamutu değerlerine ait bulgular, yüzey kontakt açıları aşağıdaki Çizelgeler ve Şekillerde sırasıyla verilmiştir.

4.1.1. I. Geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.3.’te geri dönüştürülmüş kağıtların I. geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.3. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıtların fiziksel özelliklerine ait bulgular

	Kopma uzunluğu (m)	Yırtılma indisi (mN.m ² .gr)	Patlama indisi (kPa m ² /gr)	Hava geçirgenliği (m ³ /dk)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Hacimlilik (cm ³ /gr)
Ortalama	5466	6.37	3.99	243.11	0.62	1.61
Std. Sapma	111.13	0,29	0.21	9.74	0.05	0.02
Minimum	5384	6.06	3.13	236.22	0.62	1.59
Maksimum	5593	6.64	3.64	250	0.63	1.63

TS 11610: 2017 standardına göre 80 gr yazı tabı kağıtlarında olması gereken asgari değerler aşağıda verilmiştir;

Kopma uzunluğu: 2000-4000 metre

Patlama indisi: 1.3 (kPa m²/gr)

Hacimlilik: 1.2-1.5 (cm³/gr)

Yoğunluk: 0.6-0.8 (gr/cm³)

Çizelge 4.3 ile standart değerler karşılaştırıldığında elde edilen değerlerin standart değerler içerisinde olduğu görülmektedir.

Aşağıda Çizelge 4.4’de I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait optik değerler verilmiştir.

Çizelge 4.4. I. Geri dönüşüm sonucunda üretilen kağıtların optik özelliklerine ait bulgular

	Beyazlık (% ISO)	Parlaklık (% ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık	L	a	b	Opaklık (%)	ERIC (ppm)
Ortalama	73.43	86.01	-20.11	124.99	88.61	3.67	-10.86	97.55	251.67
Std. Sapma	0.60	0.68	0.07	1.05	0.56	0.07	0.23	0.39	1.15
Minimum	72.80	85.60	-20.18	124.02	88.22	3.61	-11.12	97.22	251.00
Maksimum	74.00	86.80	-20.05	126.11	89.25	3.74	-10.68	97.98	253.00

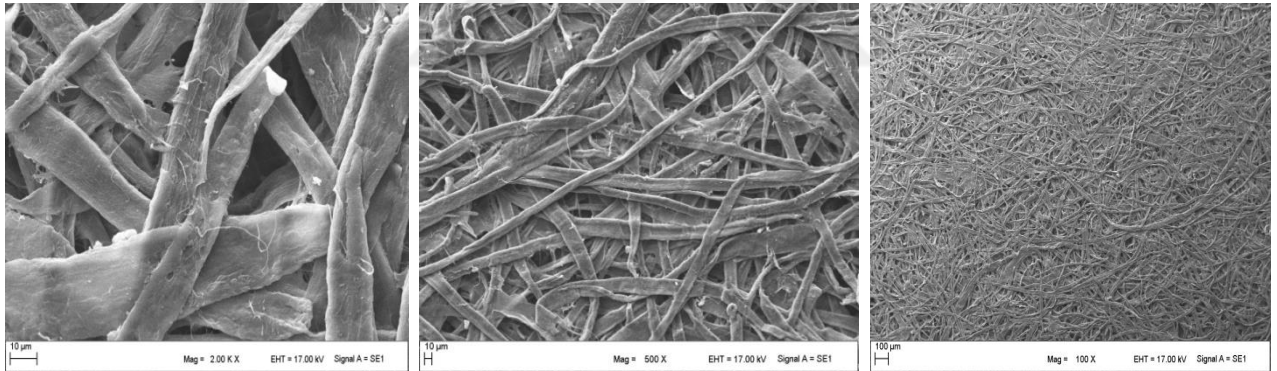
Optik özellikler açısından Çizelge 4.1 ile Çizelge 4.4 karşılaştırıldığında I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıdın beyazlık, parlaklık, CIE beyazlık ve L*a* değerlerinde bir azalma olduğu görülürken b* değerinde ise bir artış söz konusu olmuştur. Bu durum referans kağıt içerisinde bulunan dolgu maddelerinin büyük bir bölümünün I. geri dönüşüm aşaması sonunda kağıt hamurundan uzaklaştırılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Üretilen kağıdın parlaklık değeri TS 11610: 2017 standardına göre asgari %86 olmalıdır. Parlaklık ve beyazlık değerini arttırmak için metot bölümünde anlatıldığı gibi çift kademe ağartma işlemi uygulanmıştır. Aşağıda Çizelge 4.5’de I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen lif tasnifi işlemi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.5. I. Geri dönüşüm sonunda elde edilen lif tasnifi işlemi sonuçları

	16 mesh (gr)	30 mesh (gr)	50 mesh (gr)	100 mesh (gr)	200 mesh (gr)	Toplam (gr)	Kırıntı elyaf (gr)
Ortalama	0.26	3.10	1.77	2.10	0.32	7.54	2.46
Std. Sapma	0.09	0.27	0.10	0.10	0.08	-	-
Minimum	0.17	2.80	1.70	2.04	0.26	-	-
Maksimum	0.35	3.32	1.89	2.21	0.41	-	-

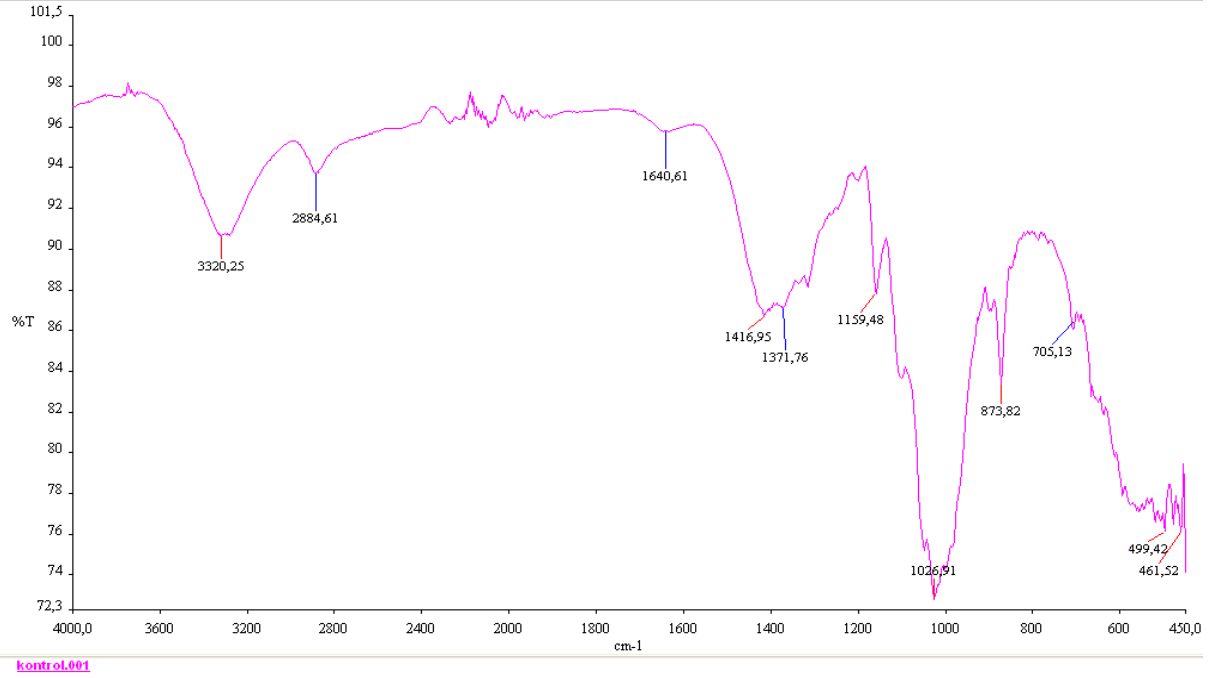
Yukarıda Çizelge 4.5’de verilen lif tasnifi sonuçlarına göre en fazla lifin 30 mesh’lik elekte bulunduğu görülmüştür. En az lifin ise 16 mesh’lik elekte olduğu belirlenmiştir. Bulunan verilere göre kırıntı elyaf miktarı ise toplam kullanılan lif oranının yaklaşık %25’ine yakın bir miktarını oluşturmaktadır. Bu durumun nedeni selüloz liflerinin geri dönüşüm süresinde kimyasal ve fiziksel müdahalelere maruz kalmasıdır. Mürekkep giderme ve ağartma işlemi sırasında uygulanan yüksek sıcaklık ve kimyasalların yanı sıra, kurutma gibi işlemleri sonrasında selüloz lifleri hornifikasyona uğrar ve lif boyutlarının kışalmasına neden olur.

Aşağıda Şekil 4.1’de ilk geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen SEM (Scanning Electron Microscop) görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.1. I. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüleri

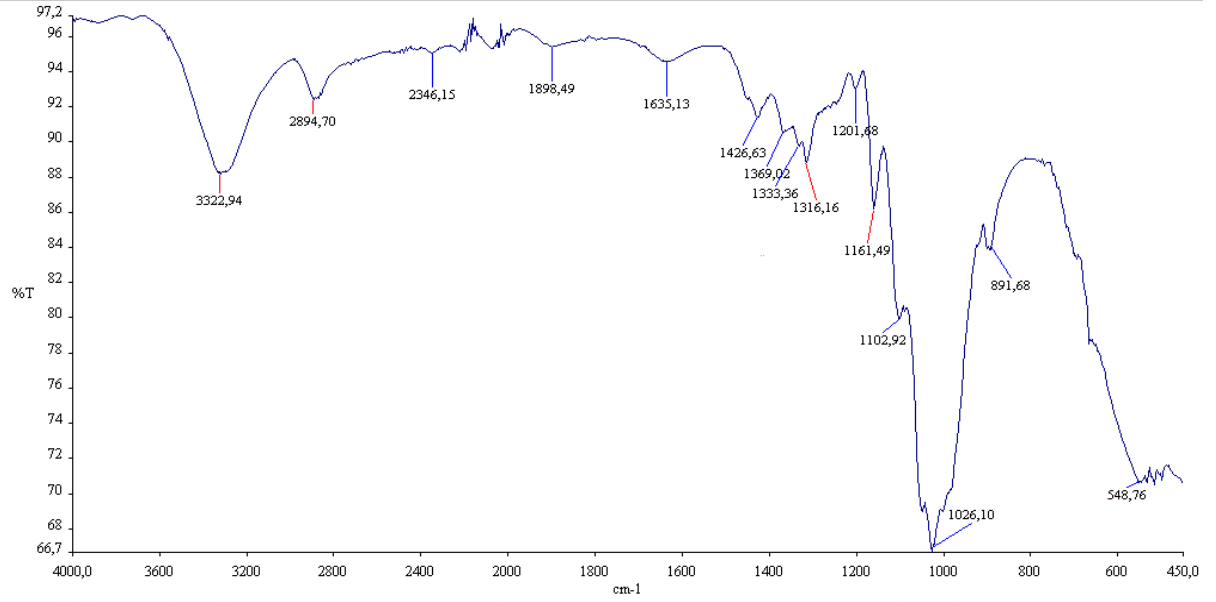
Şekil 4.2’de elde edilen pikler tez çalışmasında geri dönüştürülmek üzere kullanılan baz kağıda ait değerleri göstermektedir.



Şekil 4.2. Geri dönüşüm işlemi için kullanılan referans kağıda ait FTIR (Fourier Transform Infrared Spektrofotometre) Spektrumu

Çalışmada selülozun karakteristik tepe değerleri 3400-3440 cm^{-1} 'de hidroksil gruplarının (-OH), 2800-2900 cm^{-1} 'de metilen stres titreşiminin (-CH₂-), 1620-1640 cm^{-1} (COOH) karboksil gruplarının, 1420-1440 cm^{-1} (C=O), C-O-O'da karbonil gruplarının, 1160 cm^{-1} 'de C ve 1040-1068 cm^{-1} 'de şeker halkasının, CO-C ve C-O-H germe titreşiminin varlığını göstermektedir (Park ve ark. 2003; Halib ve ark. 2012; Gao ve ark. 2014; Gayathry ve Gopalaswamy, 2014). Çalışma sonunda elde edilen pik değerler ve 3320-3323 cm^{-1} 'de hidroksil grupları (-OH), 2884-2894 cm^{-1} (-CH₂-), 1635'te metilen stres titreşimi -1640 cm^{-1} 'de karboksilik grupların (COOH) varlığını, 1416-1429 cm^{-1} 'de (C=O) karbonil gruplarının varlığını ve 1160 cm^{-1} 'de C-O-C varlığını gösterir.

Şekil 4.3'de elde edilen pikler I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıda ait değerleri göstermektedir.



Şekil 4.3. I. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR spektrumu

Baz kağıt içerisinde bulunan kalsiyum karbonata ait 705 cm^{-1} pik değerinin I. geri dönüşüm aşaması sonunda kalsiyum karbonatın kağıt hamuru bünyesinden uzaklaştırılması sonucu genişleyip kaybolduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuç literatürle desteklenmektedir (Cai et al., 2010). Aynı zamanda çok bir değer farkı olmamasına rağmen $3320\text{-}2880\text{-}1400\text{-}1370\text{ cm}^{-1}$ piklerinden elde edilen değerlerden de anlaşılacağı gibi selüloz lifleri baz kağıda göre daha saf bir hal almış ve selüloz pik değerleri daha belirgin hale gelmiştir.

4.1.2. I. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular

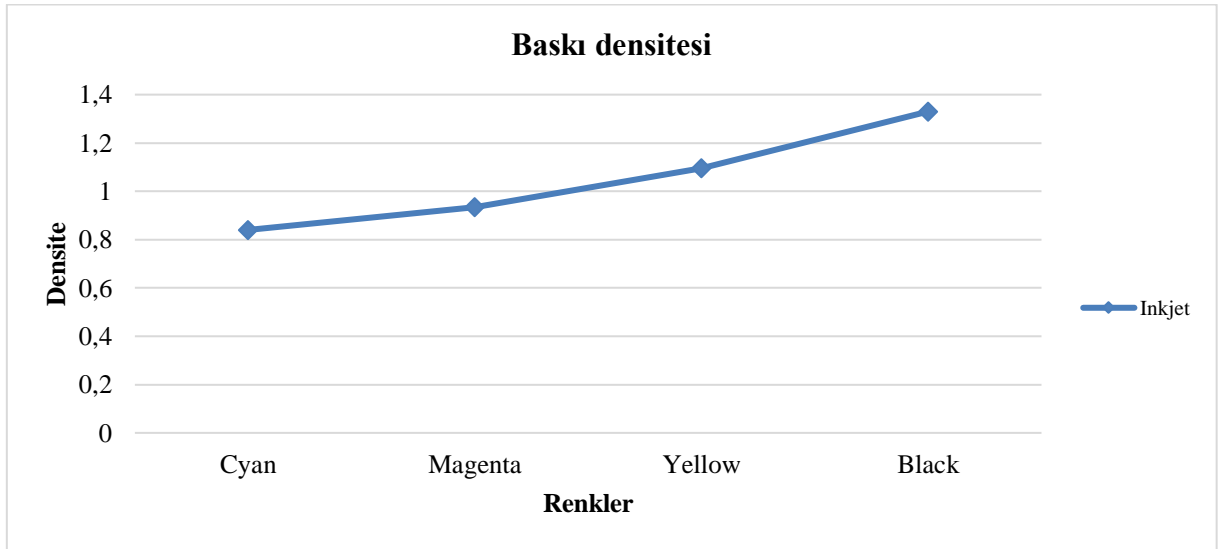
Aşağıda verilen tüm baskı kalite kontrol parametreleri inkjet dijital baskılar için standart değerler oluşturulamadığı için ofset baskı kalite kontrol parametrelerine göre değerlendirilmiştir. Aşağıda I. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara ait densite nokta kazancı ve baskı kontrastlığı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.6. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen densite değerleri

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	0.84	0.02	0.82	0.86
Magenta	0.94	0.03	0.91	0.96
Yellow	1.10	0.03	1.07	1.12
Black	1.33	0.04	1.29	1.37

Yukarıdaki Çizelge 4.6 ile Çizelge 1.8 incelendiğinde I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara yapılan baskılarda CMYK baskı densite değerlerinin CMY renklerinde standart değerler altında kaldığı, yalnızca siyah renkte standart değerlerin üzerinde bulunduğu belirlenmiştir.

Aşağıda Şekil 4.4’de I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK densite grafiği verilmiştir. Verilen Şekilden anlaşılacağı gibi en düşük densite değerinin cyan renkte, en yüksek densite değerinin ise siyah renkte olduğu görülmüştür.



Şekil 4.4. I. Geri dönüşüm aşamasına ait baskı densitesi

Aşağıda Çizelge 4.7.’de I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen nokta kazancı değerleri verilmiştir.

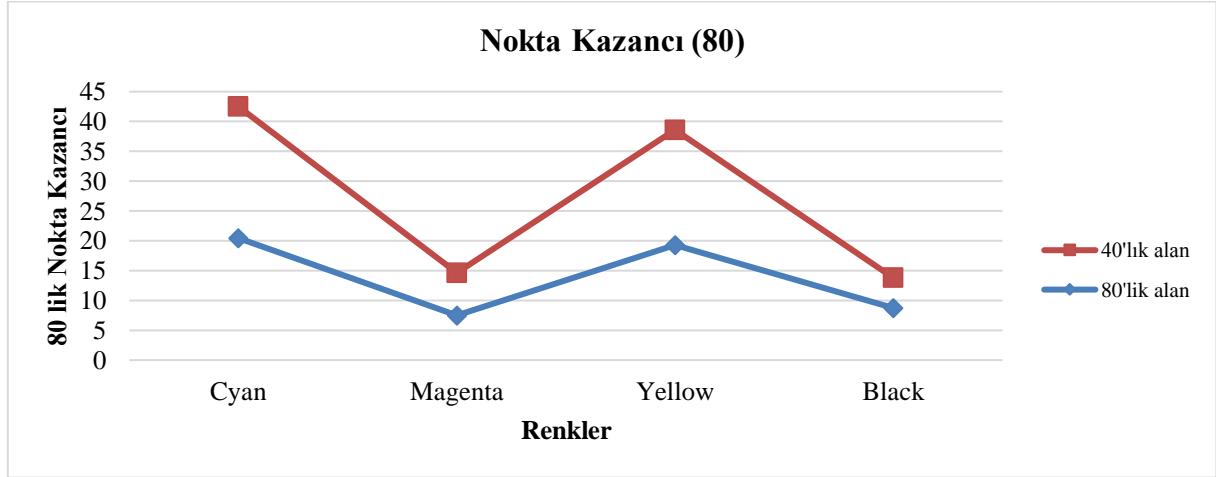
Çizelge 4.7. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen nokta kazancı değerleri

Renk	Ortalama		Std. Sapma		Minimum		Maksimum	
	%80’lik alan	%40’lık alan	%80’lik alan	%40’lık alan	%80’lik alan	%40’lık alan	%80’lik alan	%40’lık alan
Cyan	20.45	22.05	0.15	0.55	20.30	21.50	20.60	22.60
Magenta	7.50	7.10	0.60	1.60	6.90	5.50	8.10	8.70
Yellow	19.30	19.25	0.10	0.15	19.20	19.10	19.40	19.40
Black	8.75	5.05	0.35	0.75	8.40	4.30	9.10	5.80

Çizelge 1.7 ile Çizelge 4.7 incelendiğinde %80’lik tram alanında ölçülen nokta kazancı değerlerinin cyan ve sarı renklerde standart değerleri aştığı, magenta ve siyah renklerinde ise standart değerlerin altında bir değerde bulunduğu belirlenmiştir. %40’lık tram alanında yapılan ölçümlerde ise yine cyan ve sarı renklerinde değerlerin standart

değerleri aştığı, magenta ve siyah renklerinde ölçülen değerlerin standart değerlerden daha düşük çıktığı belirlenmiştir.

Aşağıda Şekil 4.5’de I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen %80’lik ve %40’lık tram alanları nokta kazancı değerleri grafiği verilmiştir.



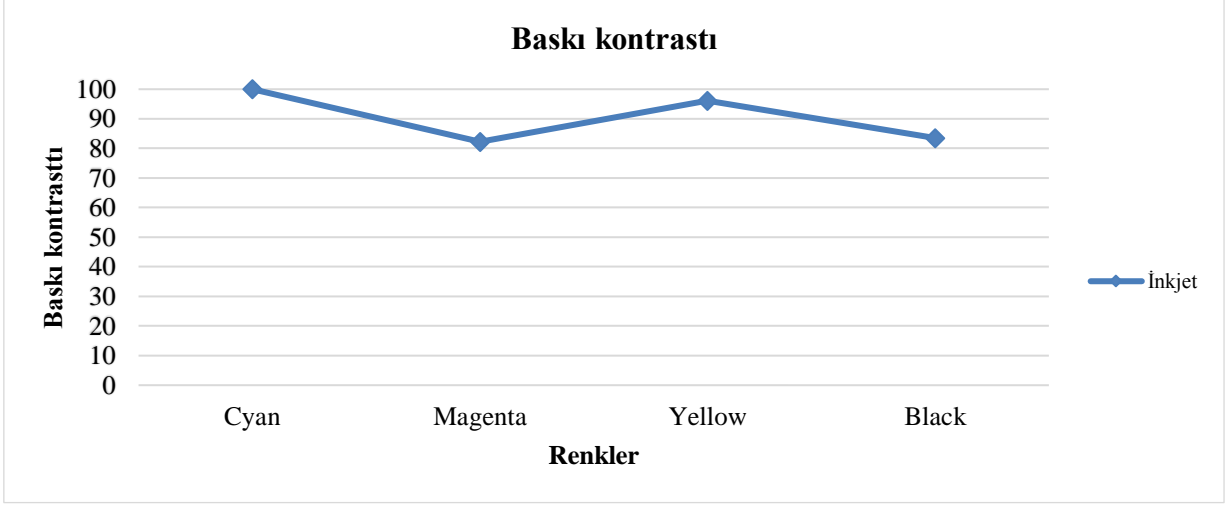
Şekil 4.5. I. Geri dönüşüm aşamasına ait nokta kazancı

Aşağıda Çizelge 4.8’de I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen baskı kontrastlığı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.8. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen baskı kontrastlığı değerleri

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	100	0.00	100.00	100.00
Magenta	82.25	1.15	81.10	83.40
Yellow	96.20	0.20	96.00	96.40
Black	83.45	0.45	83.00	83.90

Baskı kontrastlığı değerleri incelendiğinde ise ölçülen değerlerin yukarıda Çizelge 1.9’ da belirtilen değerlerden çok daha yüksek değerler olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.6. I. Geri dönüşüm aşamasına ait baskı kontrastlığı

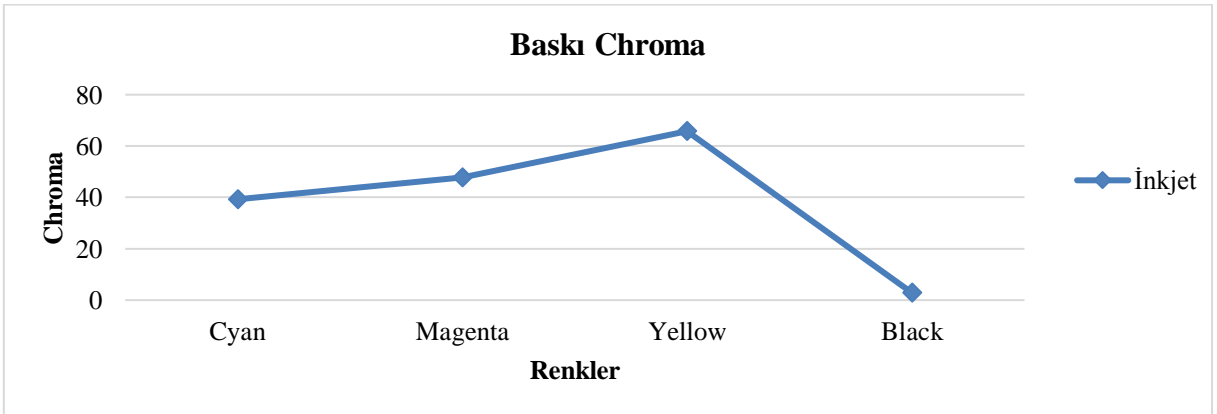
Şekil 4.6'den de anlaşılacağı gibi en yüksek baskı kontrastlığı değeri cyan renkte %100 olarak, en düşük baskı kontrastlığı değeri ise magenta renkte 82.25 olarak ölçülmüştür.

Aşağıda Çizelge 4.9'da I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen baskı kroma değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.9. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen baskı kroması değerleri

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	39.34	0.51	38.82	39.85
Magenta	47.79	0.08	47.71	47.87
Yellow	65.78	0.06	65.71	65.84
Black	2.82	0.08	2.74	2.91

Renk doygunluğu baskı kalitesi için önemli bir kriterdir. Kroma değerleri baskıda ne kadar yüksek oradaysa kağıt yüzeyindeki renk de o kadar doymuş çıkar, bu da baskı kalitesi açısından istenen bir durumdur (Yılmaz, 2016).



Şekil 4.7. I. Geri dönüşüm aşamasına ait baskı kroması

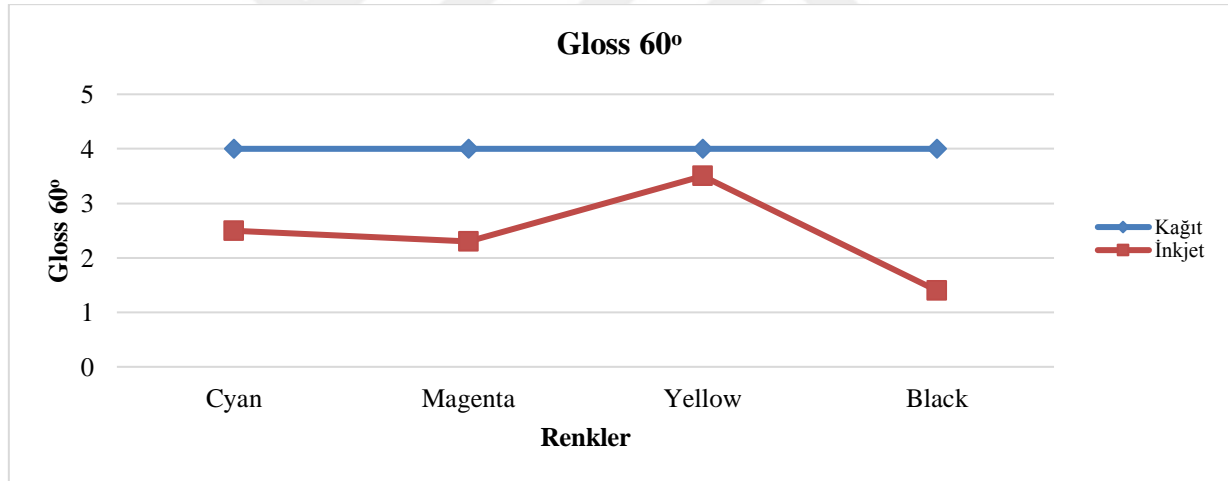
CMYK baskı kroma değerleri incelendiğinde ise en yüksek baskı kroma değerinin sarı renkte olduğu belirlenmiştir. En düşük baskı kroma değerinin ise K yani siyah renkte olduğu görülmektedir.

Aşağıda Çizelge 4.10'da I. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen CMYK gloss değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.10. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen CMYK gloss 60° değerleri

Renkler	Kağıt	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	4	2.5	0.10	2.40	2.60
Magenta	4	2.3	0.00	2.30	2.30
Yellow	4	3.5	0.10	3.40	3.60
Black	4	1.4	0.10	1.30	1.50

Gloss değeri baskının parlaklığının 60° açıyla ölçülen parlaklık değeridir. Bu değer ne kadar yüksek olursa baskıda elde edilen kalite artacaktır. Aşağıda Şekil 4.8'de I. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen gloss 60° değerleri verilmiştir.



Şekil 4.8. I. geri dönüşüm aşamasına ait gloss 60°değeri

Verilen değerler incelendiğinde geri dönüştürülmüş olan kağıdın gloss değerinin 4 olduğu görülmektedir. Baskı gloss değerine bakıldığında ise en yüksek değer sarı renkte bulunduğu tespit edilmiştir. En düşük gloss değerine sahip renk ise black rengi olmuştur.

Aşağıda Çizelge 4.11'de I. geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey kontakt açısı ve kağıt yüzey enerjisi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.11. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey kontakt açısı ve kağıt yüzey enerjisine ait bulgular

Ger dönüşüm aşaması	Kontakt açısı (°)	Yüzey enerjisi (mj/m ²)
I. Ger dönüşüm aşaması	31.60	53.60

Yukarıda Çizelge 4.11’de yüzey kontakt açısı 31.6°, yüzey enerjisi ise 53.6 (mj/m²) olarak ölçülmüştür. Bu durumda I. geri dönüşüm aşaması sonucunda elde edilen kağıt hidrofilik olarak tanımlanmıştır. Kağıt üretimi sırasında herhangi bir dolgu maddesi kullanılmaması kağıdın yüzey kontakt açısının ve kağıdın yüzey enerjisinin verilen sonuçlarda etkili olduğunu göstermiştir. Kağıdın yüzey enerjisi ASTM D5946’ ye göre ölçülmüştür.



Şekil 4.9. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü

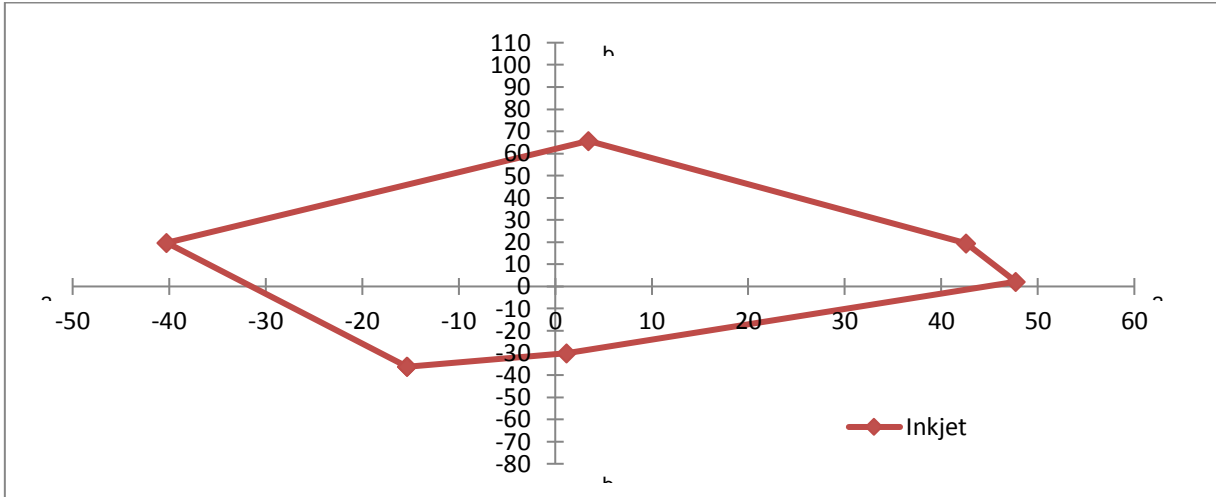
Şekil 4.9’da verilen drop volume görüntüsü incelendiğinde temas açısının 90 dereceden düşük olduğu görülmektedir. İlk geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen görüntülere göre kağıdın hidrofilik yapıda olduğu görülmektedir.

Aşağıda Çizelge 4.12’de I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerine ait L*a*b* değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.12. I. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerine ait L*a*b* değerleri

Renkler	L*	a*	b*
C	59.31	-15.33	-36.23
M	54.52	47.74	2.18
Y	80.70	3.46	65.69
K	32.26	2.78	0.47
R	55.14	42.58	19.51
G	56.64	-40.25	19.77
B	41.89	1.19	-29.99

Aşağıda Şekil 4.10'da verilen renk gamutu yukarıda Çizelge 4.12'de verilen L*a*b değerleri aracılığıyla ölçülmüştür.



Şekil 4.10. I. Geri dönüşüm aşamasına ait renk gamutu

4.2. II. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular

INGEDE 11p-5.5 standardına göre geri dönüştürülmüş kağıtların II. geri dönüşüm aşaması sonucu elde edilen kağıtların fiziksel-optik özellikleri, lif tasnifi sonuçları, nokta kazancı, zemin ton yoğunluğu ve baskı kontrastlık değerleri, kroma değerleri, renk gamutu değerlerine ait bulgular, yüzey kontakt açıları aşağıdaki Çizelge ve şekillerde sırasıyla verilmiştir.

4.2.1. II. Geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.13'te II. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.13. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait fiziksel özellikler

	Kopma uzunluğu (m)	Yırtılma indisi (mN.m ² .gr)	Patlama indisi (kPam ² /gr)	Hava geçirgenliği (m ³ /dk)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Hacimlilik (cm ³ /gr)
Ortalama	5301	6.24	3.24	250.91	0.63	1.58
Std. Sapma	68.40	0.20	0.18	14.08	0.12	0.26
Minimum	5222	6.02	3.05	240.96	0.62	1.56
Maksimum	5346	6.42	3.48	260.87	0.64	1.61

II. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen fiziksel özellikler incelendiğinde I. geri dönüşüm aşamasında elde edilen değerlere göre kopma uzunluğu, patlama indisi, yırtılma

indisi değerlerinin azaldığı görülmektedir. Elde edilen sonuçların literatürdeki bilgilerle örtüştüğü görülmektedir (Atik. 1998; Čabalová ve ark. 2011; Somwang ve ark. 2002; Şahin. 2014). Hava geçirgenliğinin ise önceki aşamaya göre artış gösterdiği belirlenmiştir. Aşağıda Çizelge 4.14’de II. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait optik değerler verilmiştir.

Çizelge 4.14. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait optik değerler

	Beyazlık (% ISO)	Parlaklık (% ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık	L	a	b	Opaklık (%)	ERIC (PPM)
Ortalama	76.32	86.07	-14.77	114.08	90.01	2.70	-8.02	95.57	160.67
Std. Sapma	0.82	0.55	0.13	0.10	0.87	0.28	0.30	0.14	0.58
Minimum	75.57	85.70	-14.89	114.01	89.01	2.43	-8.32	95.44	160.00
Maksimum	77.20	86.70	-14.63	114.20	90.54	2.98	-7.73	95.72	161.00

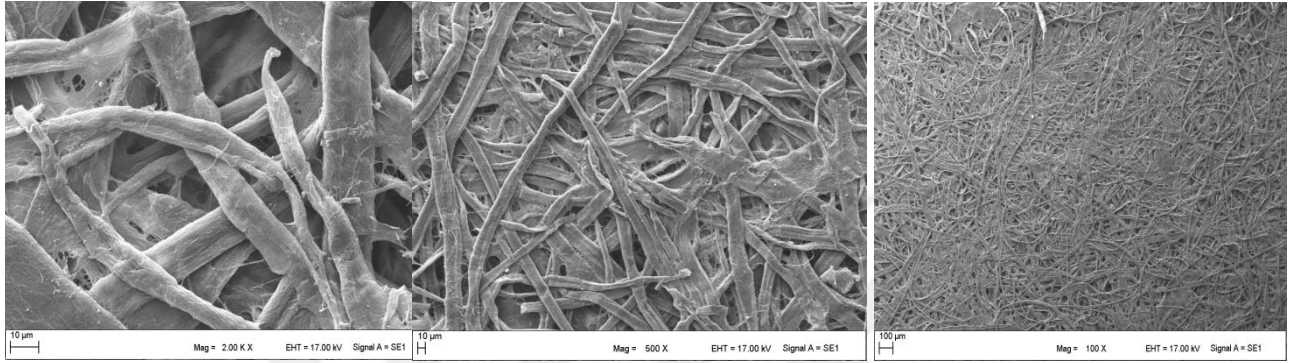
TS 11610: 2017 standardında belirtilen parlaklık değeri elde edildikten sonra ölçülen optik değerlerde I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen optik değerlere göre bazı değişiklikler meydana gelmiştir. Parlaklık değeri neredeyse aynı değere ulaşmasına rağmen beyazlık, sarılık, L* ve b* değerlerinde bir artış olduğu belirlenmiştir. CIE beyazlık a*, opaklık ve ERIC değerlerinde ise bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Cabalova, I. “Recycling of paper-changes of mechanical and optical properties” isimli makalesinde farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kağıtların mekanik ve optik özelliklerini incelemiş, ilk geri dönüşüm aşamasında tüm sıcaklıklarda kurtulan kağıtların opaklık değerlerinde %10’luk bir azalma tespit etmiştir. Sonraki geri dönüşümde ise opaklık değerlerinin arttığını belirlemiştir. Opaklık değeri Cabalova’nın çalışmasının aksine bizim çalışmamızda II. geri dönüşüm aşaması sonunda azalmıştır. Şahin, H.T. “Geri kazanılmış sekonder liflerin yeniden kullanılması üzerine bir inceleme” isimli makalesinde; yıkanmış ve mürekkep uzaklaştırma işlemi uygulanmış sekonder liflerden üretilen kağıtların daha düşük beyazlık ve parlaklık özelliği gösterdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde gazete kağıdı üretimi esnasında sekonder lif oranının artmasının parlaklığın azalmasına ve opaklığın artmasına neden olduğunu ifade etmiştir.

Çizelge 4.15. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen lif tasnifi işlemi sonuçları

	16 mesh (gr)	30 mesh (gr)	50 mesh (gr)	100 mesh (gr)	200 mesh (gr)	Toplam (gr)	Kırıntı elyaf (gr)
Ortalama	0.51	2.45	1.11	1.69	1.73	7.49	2.51
Std. Sapma	0.11	0.20	0.12	0.11	0.09	-	-
Minimum	0.39	2.25	1.02	1.59	1.63	-	-
Maksimum	0.61	2.65	1.24	1.81	1.79	-	-

Çizelge 4.15 incelendiğinde lif boyutlarının giderek küçüldüğü anlaşılmaktadır. 16 mesh, 30 mesh, 50 mesh ve 100 mesh'lik eleklerde biriken lif miktarının azaldığı 200 mesh'lik elekte biriken lif miktarının artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumda kırıntı elyaf miktarı I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kırıntı elyaf miktarından daha fazla olmuştur.

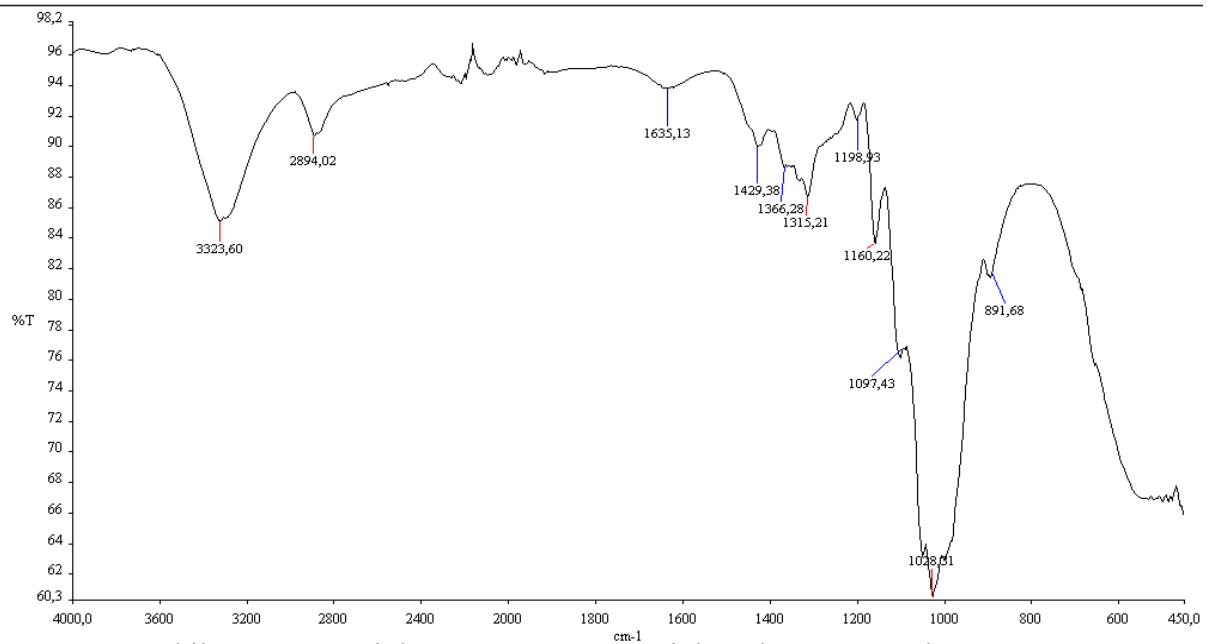
Aşağıda Şekil 4.11'de II. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.11. II. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüleri

Şekil 4.11 dikkatli bir şekilde incelendiğinde selüloz liflerinin deformasyona uğradığı görülmektedir.

Şekil 4.12'de elde edilen pikler II. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıda ait değerleri göstermektedir.



Şekil 4.12. II. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR Spektrumu

İkinci geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen FTIR spektrumları incelendiğinde pik değerler arasında çok belirgin farklılıklar olmadığı görülmektedir. Elde edilen küçük değer farklılıklarının ortam şartlarından oluştuğu düşünülmekte olup sonuca herhangi bir etki etmediği belirlenmiştir. Geri dönüşüm aşamaları sonrası ERIC değerlerindeki azalma ile ortamda bulunan mürekkep miktarının azaldığı belirlenmiştir. Selüloz piklerinin daha belirgin hale gelmesi ile ERIC değerlerindeki azalma arasında doğrudan bir bağlantı olduğu düşünülmektedir.

4.2.2. II. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.16'de II. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara ait densite, nokta kazancı ve baskı kontrastlığı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.16. II. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen densite değerleri

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	0.84	0.00	0.84	0.84
Magenta	0.91	0.00	0.91	0.91
Yellow	1.09	0.01	1.08	1.09
Black	1.28	0.03	1.25	1.30

Çizelge 4.16 ile I. geri dönüşüm aşamasına ait Çizelge 1.8 karşılaştırıldığında I. geri dönüşüm aşaması sonrası ve II. geri dönüşüm aşaması sonrası üretilen kağıtların densite değerlerinin değişmediği belirlenmiştir. Her iki aşama sonunda ölçülen densite değerleri karşılaştırıldığında II. aşamada siyah renkte %5'lik bir azalma olduğu belirlenmiş bu değerinde tolerans değerler içerisinde olduğu belirlenmiştir. İlk aşamada olduğu gibi siyah rengin densite değerinin en yüksek değerde, cyan rengin densite değerinin ise en düşük değerde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17. II. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen nokta kazancı değerleri

Renk	Ortalama (%)		Std. Sapma		Minimum		Maksimum	
	%80'lik alan	%40'lık alan	%80'lik alan	%40'lık alan	%80'lik alan	%40'lık alan	%80'lik alan	%40'lık alan
Cyan	20.60	23.00	0.20	0.10	20.40	22.90	20.80	23.10
Magenta	7.15	7.45	0.15	0.45	7.00	7.00	7.30	7.90
Yellow	18.80	16.50	0.10	0.60	18.70	15.90	18.90	17.10
Black	8.20	4.90	0.10	0.20	8.10	4.70	8.30	5.10

I ve II aşamalı geri dönüştürülmüş kağıtların nokta kazancı değerleri incelendiğinde %80'lik alanda ölçülen nokta kazancı değerlerinde önemli bir azalma ya da artışın

olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek nokta kazancı değerlerinin yine cyan renginde olduğu en düşük nokta kazancı değerinin ise magenta renginde olduğu belirlenmiştir.

%40'lık alanda ölçülen nokta kazancı değerleri incelendiğinde ise, I. aşamaya göre sarı rengin nokta kazancı değerinde II. aşamada %15'lik bir azalma gerçekleşmiştir. Diğer renklerde ise yine kayda değer bir artış ya da azalma belirlenememiştir.

Çizelge 4.18. II. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen baskı kontrastlığı değerleri

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	100	0.00	100.00	100.00
Magenta	82.90	0.10	82.80	83.00
Yellow	96.25	0.25	96.00	96.50
Black	83.65	0.05	83.60	83.70

Baskı kontrastlık değerleri incelendiğinde yine I. aşamada ölçülen baskı kontrastlık değerlerine göre kayda değer bir artış ya da azalma tespit edilememiştir. CMYK baskı kroma değerlerine baktığımızda I. aşamaya göre II. aşama sonunda sarı renkte %2,3 lük bir artış olduğu belirlenmiştir. Diğer renklerde kayda değer bir farklılığa rastlanmamıştır. Aşağıda Çizelge 4.19'da II. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK gloss değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.19. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen gloss 60odeğerleri

Renkler	Kağıt	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	4.05	2.60	0.00	2.60	2.60
Magenta	4.05	2.35	0.05	2.30	2.40
Yellow	4.05	3.65	0.05	3.60	3.70
Black	4.05	1.50	0.00	1.50	1.50

İlk geri dönüşüm aşaması sonucuna oranla II. aşama sonucunda elde edilen CMYK gloss değerlerini incelediğimizde II. aşama sonunda tüm renklerin print gloss değerlerinin azda olsa bir artış eğilimine girdiği görülmüştür. İlk aşamada olduğu gibi en yüksek gloss değerine sahip renk sarı renk ve en düşük parlaklık değerine sahip renk ise siyah renk olmuştur. Aşağıda Çizelge 4.20'de II. geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.20. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerleri

Ger dönüşüm aşaması	Kontakt açısı (°)	Yüzey enerjisi (mj/m ²)
II. Ger dönüşüm	23.40	56.60

İlk aşama ve II. aşama sonucunda üretilen kağıtların yüzey temas açılarını ve yüzey enerjilerini karşılaştırdığımızda II. aşama sonunda üretilen kağıdın I. aşamaya göre yüzey temas açısının düştüğü ve yüzey enerjisinin arttığı belirlenmiştir. II. aşama sonunda üretilen kağıdın hidrofilik özelliği değişmemiştir.



Şekil 4.13. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü

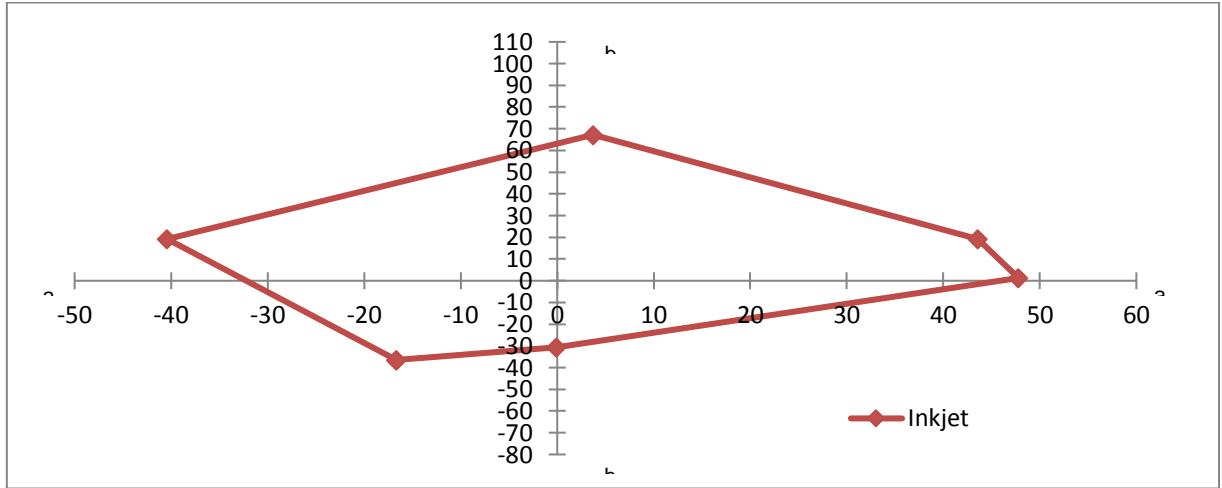
Aşağıda Çizelge 4.21’te II. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen CMYK ve RGB renklerine ait L*a*b* değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.21. II. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen CMYK ve RGB renklerine ait L*a*b* değerleri

Renkler	L*	a*	b*
C	61.34	-16.68	-36.47
M	55.76	47.80	1.35
Y	83.17	3.71	67.22
K	33.92	2.95	0.28
R	56.52	43.57	19.12
G	58.35	-40.42	19.29
B	43.37	-0.09	-30.62

İlk aşama sonunda ve II. aşama sonunda yapılan baskıların L*a*b* değerleri karşılaştırıldığında tüm renklerin L* değerlerinde bir artış olduğu belirlenmiştir. Yine a* değerlerine baktığımızda mavi renk dışında diğer renklerde çok azda olsa bir artış söz konusudur diyebiliriz. Son olarak b* değerlerini incelediğimizde sarı renkte bir artış diğer

renklerde ise azda olsa bir azalma olduğu görülmüştür. Aşağıda Şekil 4.14’de II. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen renk evreni gösterilmektedir.



Şekil 4.14. II. Geri dönüşüm aşamasına ait renk gamutu

4.3. III. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular

INGEDE 11p-5.5 standardına göre geri dönüştürülmüş kağıtların III. geri dönüşüm aşaması sonucu elde edilen kağıtların fiziksel-optik özellikleri, lif tasnifi sonuçları, nokta kazancı, zemin ton yoğunluğu ve baskı kontrastlık değerleri, kroma değerleri, renk gamutu değerlerine ait bulgular, yüzey kontakt açıları aşağıdaki Çizelge ve şekillerde sırasıyla verilmiştir.

4.3.1. III. Geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.22’de III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait fiziksel özellikler verilmiştir.

Çizelge 4.22. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait fiziksel özellikler

	Kopma uzunluğu (m)	Yırtılma indisi (mN.m ² .gr)	Patlama indisi (kPam ² /gr)	Hava geçirgenliği (m ³ /dk)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Hacimlilik (cm ³ /gr)
Ortalama	4957	5.74	2.85	679.63	0.61	1.63
Std. Sapma	145.16	0.38	0.27	114.31	0.02	0.42
Minimum	4814	5.35	2.49	598.80	0.60	1.58
Maksimum	5104	6.11	3.09	760.46	0.63	1.66

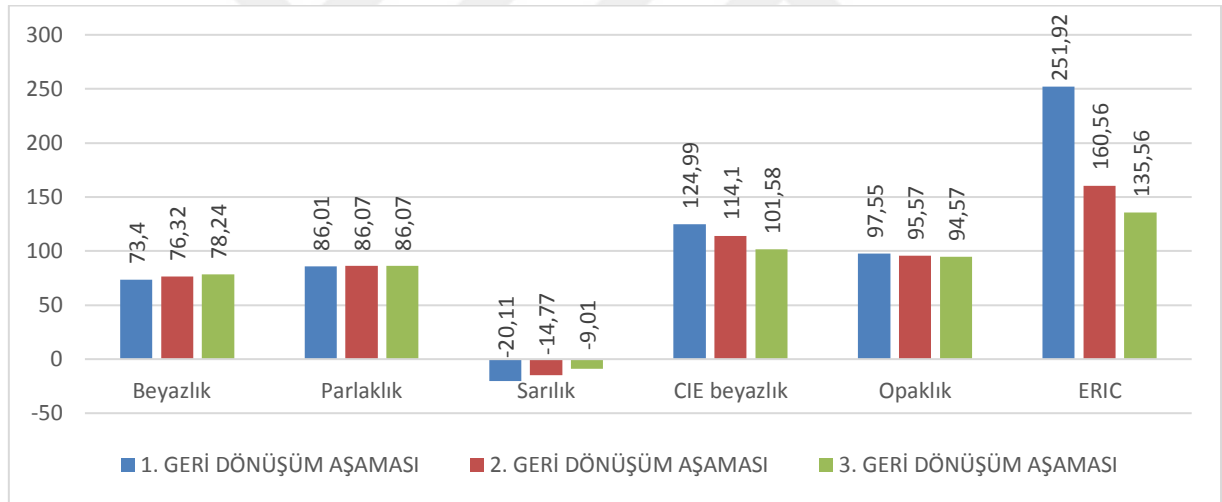
İlk üç aşama sonunda geri dönüşüm sayısı arttıkça kopma uzunluğunun, yırtılma ve patlama indisi değerlerinin kademeli bir şekilde azaldığı görülmektedir. Hava geçirgenliği

değerlerinin ise yine kademeli bir şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Aşağıda Çizelge 4.23'te da III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait optik değerler verilmiştir.

Çizelge 4.23. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait optik değerler

	Beyazlık (% ISO)	Parlaklık (% ISO)	Sarılık (E313)	CIE Beyazlık	L*	a*	b*	Opaklık (%)	ERIC (PPM)
Ortalama	78.24	86.11	-9.01	101.58	90.89	1.51	-4.98	94.57	135.33
Std. Sapma	0.30	0.06	0.55	0.36	0.10	0.09	0.14	0.18	0.58
Minimum	78.02	86.06	-9.55	101.20	90.79	1.44	-5.12	94.40	135.00
Maksimum	78.59	86.17	-8.45	101.92	90.98	1.61	-4.84	94.76	136.00

Çizelge 4.23 incelendiğinde bir önceki aşamada elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Beyazlık, sarılık, L* ve b* değerlerinde bir önceki geri dönüşüm aşaması sonucuna göre artış olduğu belirlenmiştir. CIE beyazlık, a*, opaklık ve ERIC değerlerinde ise bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Aşağıda Şekil 4.15'de geri dönüşüm sayısının optik özellikler üzerine etkisi verilmiştir.



Şekil 4.15. Geri dönüşüm sayısının optik özellikler üzerine etkisi

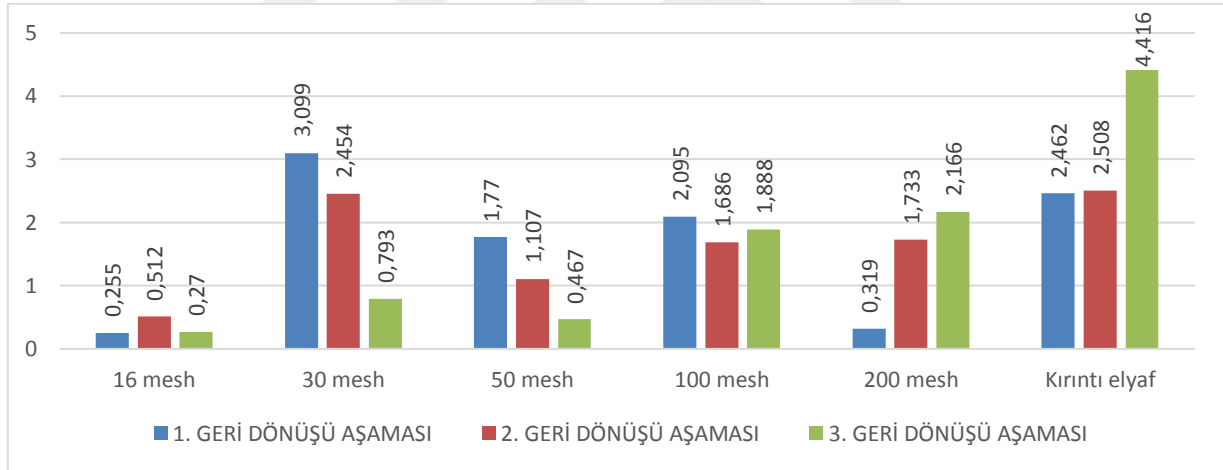
Khantayanuwong S. ve ark. "Relationships between the changed apparent density of recycled handsheets and their mechanical and physical properties" isimli çalışmada kağıtların opaklığının başlangıçta bir kez geri dönüştürüldüğünde arttığını ve ardından takip edilen geri dönüşüm tekrarlarıyla sürekli olarak azalmaya başladığını, kağıtların parlaklığında ise artış olduğunu belirtmişlerdir. Literatürde elde edilen bu bilgi ile bizim çalışmamızda opaklık ile ilgili elde ettiğimiz sonuçlar arasında bir paralellik olduğu görülmektedir. Şekil 4.16'dan da anlaşılacağı gibi opaklık değeri ilk geri dönüşüm aşaması sonrası artmış ve sonraki geri dönüşüm aşamaları sonunda ise azalmıştır.

Aşağıda Çizelge 4.24’de III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait lif tasnifi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.24. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait lif tasnifi değerleri

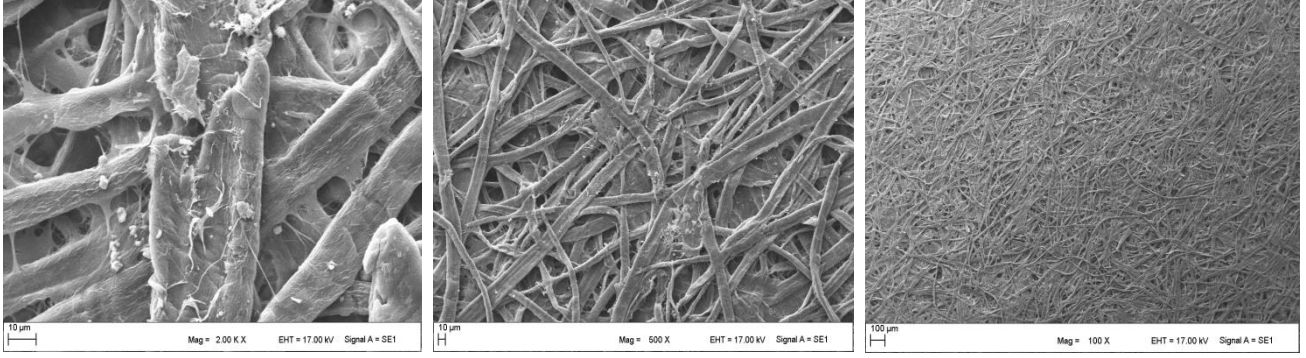
	16 mesh (gr)	30 mesh (gr)	50 mesh (gr)	100 mesh (gr)	200 mesh (gr)	Toplam (gr)	Kırıntı elyaf (gr)
Ortalama	0.27	0.79	0.47	1.89	2.17	5.58	4.42
Std. Sapma	0.06	0.07	0.13	0.05	0.07	-	-
Minimum	0.21	0.71	0.40	1.83	2.10	-	-
Maksimum	0.33	0.83	0.62	1.92	2.23	-	-

Çizelge 4.24 incelendiğinde 16,30 ve 50 mesh’lik eleklerde biriken lif miktarının III. aşama sonunda elde edilen değerlere kadar kademeli bir şekilde azaldığı 100 ve 200 mesh’lik elekte biriken lif miktarının ise artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumda lif boyutlarının giderek küçülmesinden dolayı kırıntı elyaf miktarı ilk iki geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kırıntı elyaf miktarından daha fazla olmuştur. Aşağıda Şekil 4.16’da geri dönüşüm sayısının lif tasnifi üzerine etkisi verilmiştir.



Şekil 4.16. III. Geri dönüşüm sayısının lif tasnifi üzerine etkisi

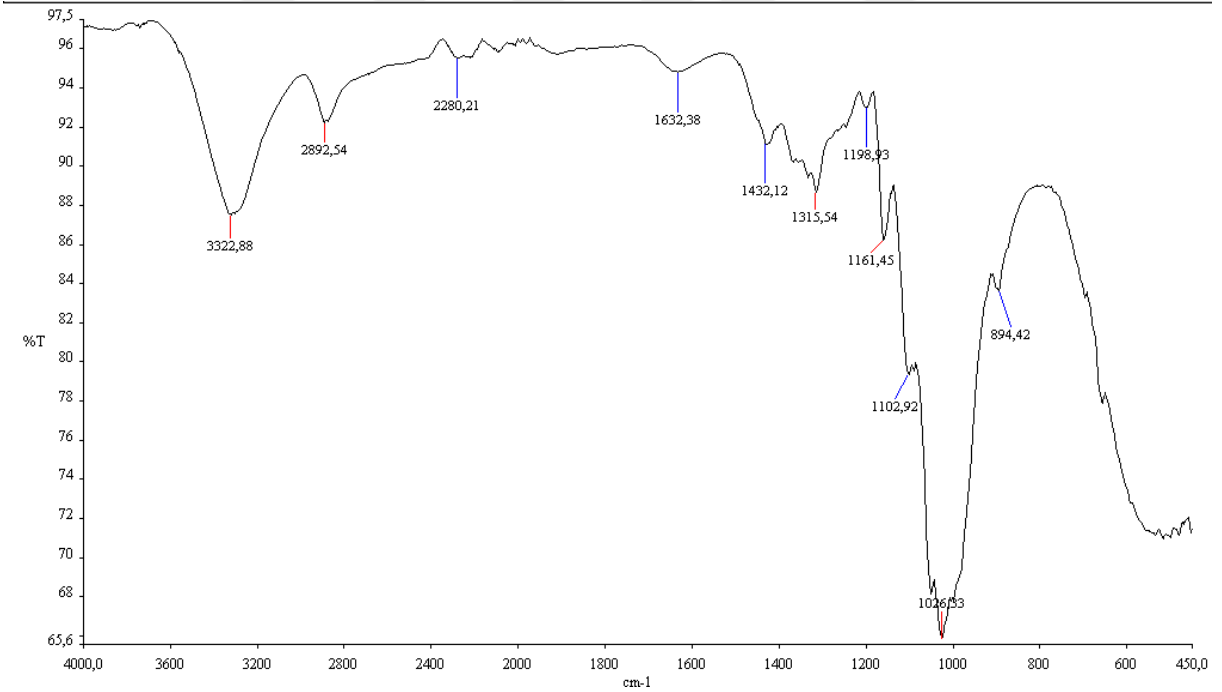
II. geri dönüşüm aşaması sonrası elde edilen veriler değerlendirilirken de belirtildiği gibi selüloz lifleri geri dönüşüm işlemine ne kadar maruz kalırsa liflerdeki kısalma okadar fazla olduğu görülmektedir. Aşağıda Şekil 4.17’de III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.17. III. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüleri

Sem görüntüleri incelendiğinde lif yapısındaki deformasyonun geri dönüşüm sayısı arttıkça daha belirgin bir hal almaya başladığı görülmektedir. İlk geri dönüşüm aşamasına göre III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen görüntülerde lif yüzeyi parçalanmaya ve yüzeyinin soyulmaya başladığı görülmektedir. Geri dönüşüm aşamaları sonunda elde edilen değerler ile SEM görüntülerinin paralellik gösterdiği görülmektedir.

Şekil 4.18’de elde edilen pikler III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıda ait değerleri göstermektedir.



Şekil 4.18. III. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR spektrumu

Geri dönüşüm aşamasında belirtildiği gibi elde edilen piklerde belirgin bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Selüloz pik değerlerindeki çok belirgin olmayan küçük farklılıkların selülozun geri dönüşüm tekrarı nedeniyle saflaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

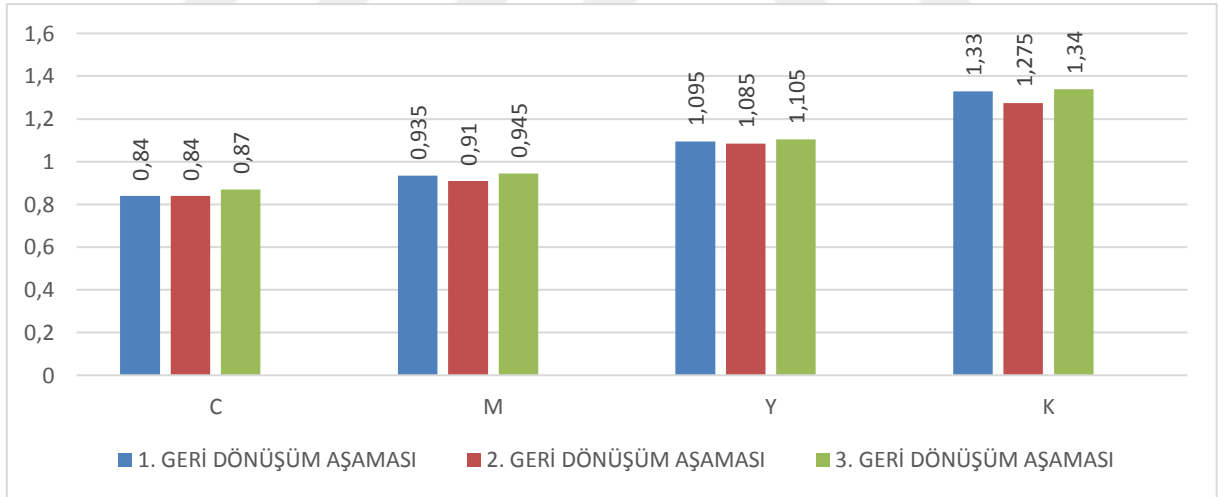
4.3.2. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.25’de III. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara ait densite, nokta kazancı ve baskı kontrastlığı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.25. III. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen densite değerleri

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	0.87	0.03	0.84	0.90
Magenta	0.95	0.02	0.93	0.96
Yellow	1.11	.015	1.09	1.12
Black	1.34	0.03	1.31	1.37

İlk üç geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen densite değerleri karşılaştırıldığında, III. aşama sonunda ve I. geri dönüşüm aşaması sonunda hemen hemen aynı sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen değerlerdeki artış ya da azalmanın tolerans değerler aralığında olduğu belirlenmiştir. Genel olarak baktığımızda ilk üç geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen tüm renklerin densite değerlerinde kayda değer bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir. Aşağıda Şekil 4.19’de geri dönüşüm sayısının baskı densitesi üzerine etkisi verilmiştir.



Şekil 4.19. Geri dönüşüm sayısının baskı densitesi üzerine etkisi

Literatürde geri dönüşüm sayısının baskı densitesi üzerine etki edip etmediğine dair herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. Ancak Yılmaz ve ark. (2021) A research of Comparing of the Effects on the Color Properties of Offset, Laser and Inkjet Print Systems on Uncoated Recycled Papers” isimli makalelerinde lazerjetin, inkjet ve ofset baskıya göre magenta, sarı ve siyah renklerin densite değerlerinde daha iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Su bazlı mürekkebin yağ bazlı mürekkep ve tonerli baskılara göre daha düşük

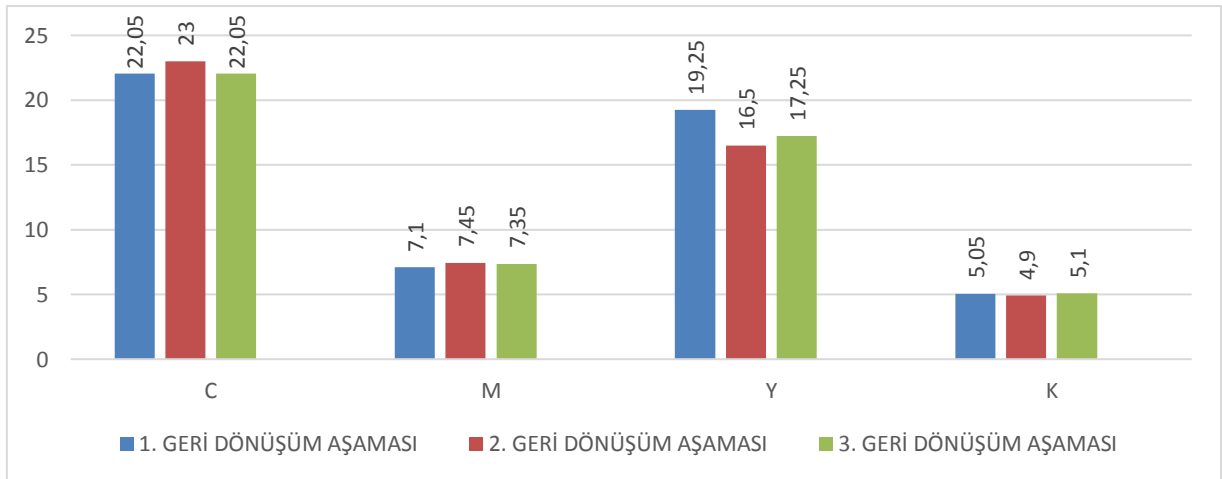
performans sergilemesinin nedeninin baskı yüzeyindeki mürekkep katmanının yağ bazlı ve tonerli baskıya göre daha fazla ışık geçirgenliği göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Aşağıda Çizelge 4.26'da III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait nokta kazancı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.26. III. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen nokta kazancı değerlerine ait bulgular

Renk	Ortalama (%)		Std. Sapma		Minimum		Maksimum	
	%80'lik alan	%40'lık alan	%80'lik alan	%40'lık alan	%80'lik alan	%40'lık alan	%80'lik alan	%40'lık alan
Cyan	20.05	22.05	0.15	0.85	19.90	21.20	20.20	22.90
Magenta	7.65	7.35	0.05	0.55	7.60	6.80	7.70	7.90
Yellow	19.35	17.25	0.15	0.35	19.20	16.90	19.50	17.60
Black	9.00	5.10	0.10	0.30	8.90	4.80	9.10	5.40

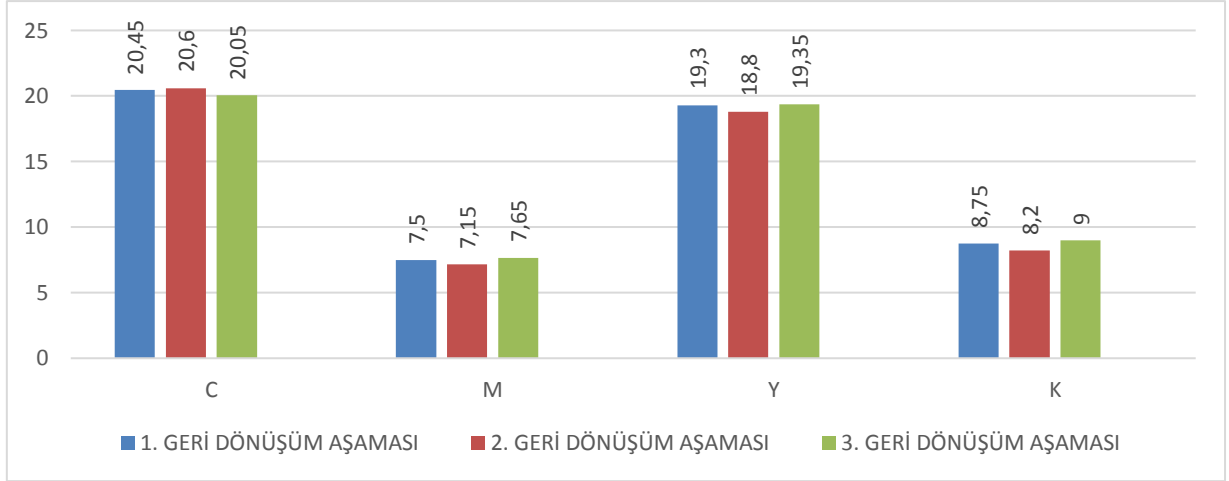
%40'lık tram alanına baktığımızda önceki aşamada I. aşamaya göre sadece sarı renkte anlamlı bir azalma meydana gelmiştir. Önceki geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen nokta kazancı değerine göre sarı renkte 0.75 birimlik bir artış söz konusu olmuştur. Bu artış oranı siyah renkte 0.20 birimlik bir değerde olmuştur. Önceki geri dönüşüm aşamasına göre magenta renginde 0.10 cyan renginde ise 0.95 birimlik bir azalma meydana geldiği görülmektedir. Aşağıdaki şekilde ilk üç aşamaya ait %40'lık tram alanı nokta kazancı değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.20. Geri dönüşüm sayısının %40'lık tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi

Şekil 4.20 incelendiğinde genel anlamda küçük farklılıklar olduğu görülmektedir. Verilen değerler incelendiğinde geri dönüşüm sayısının III geri dönüşüm aşaması sonunda nokta kazancı değerlerine anlamlı bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen %80'lik tram alanındaki nokta kazancı değerlerinde anlamlı bir değişiklik elde edilememiştir. Cyan renkte 0.55 birimlik bir azalma olduğu görülmektedir. Magenta renginde ise yine 0.50 birimlik bir değer artışı olduğu tespit edilmiştir. Sarı renkte II. geri dönüşüm aşamasının ardından 0.5'lik bir değer artışı olmuştur. Siyah renkte ise 0,8'lik bir değer artışı olduğu belirlenmiştir. Aşağıda Şekil 4.21'de geri dönüşüm sayısının %80'lik tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi verilmiştir.



Şekil 4.21. Geri dönüşüm sayısının %80'lik tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi

Şekil 4.21' de belirtildiği gibi III geri dönüşüm tekrarının nokta kazancı değerleri üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

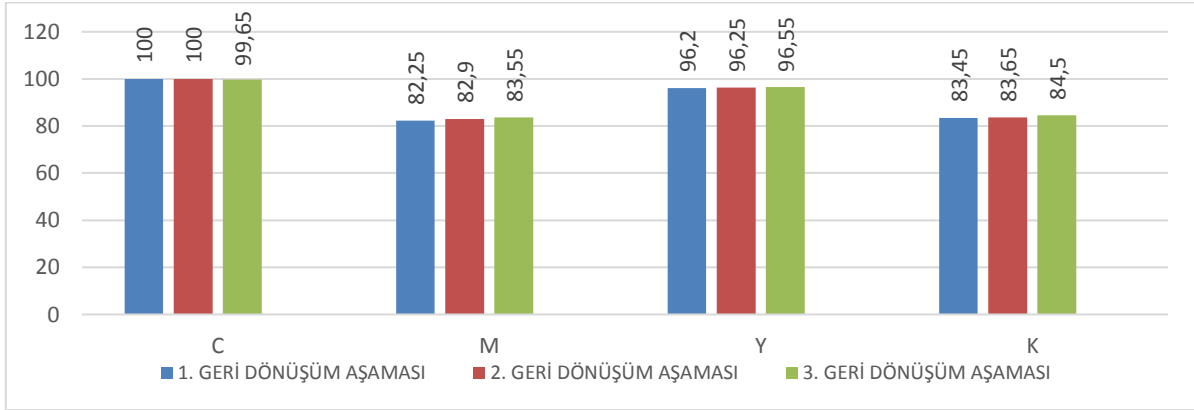
Aşağıda Çizelge 4.27'de III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait baskı kontrastlığı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.27. III. Geri dönüşüm aşaması sonucunda baskı kontrastlığı değerleri

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	99.65	0.35	99.30	100.00
Magenta	83.55	0.15	83.40	83.70
Yellow	96.55	0.05	96.50	96.60
Black	84.50	0.30	84.20	84.80

Çizelge 4.27'deki baskı kontrastlık değerleri incelendiğinde yine ilk üç geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen baskı kontrastlık değerlerinde belirgin bir değişiklik tespit edilememiştir. III. geri dönüşüm aşaması sonunda bir önceki aşamaya göre cyan renkte 0.35, magentada 0.2, sarı renkte 0.30, siyah renkte ise 0.90 birimlik bir artış söz konusu olmuştur.

Aşağıda Şekil 4.22’de ilk üç aşamaya ait baskı kontrastlık değerlerinin karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.



Şekil 4.22. Geri dönüşüm sayısının baskı kontrastlığı üzerine etkisi

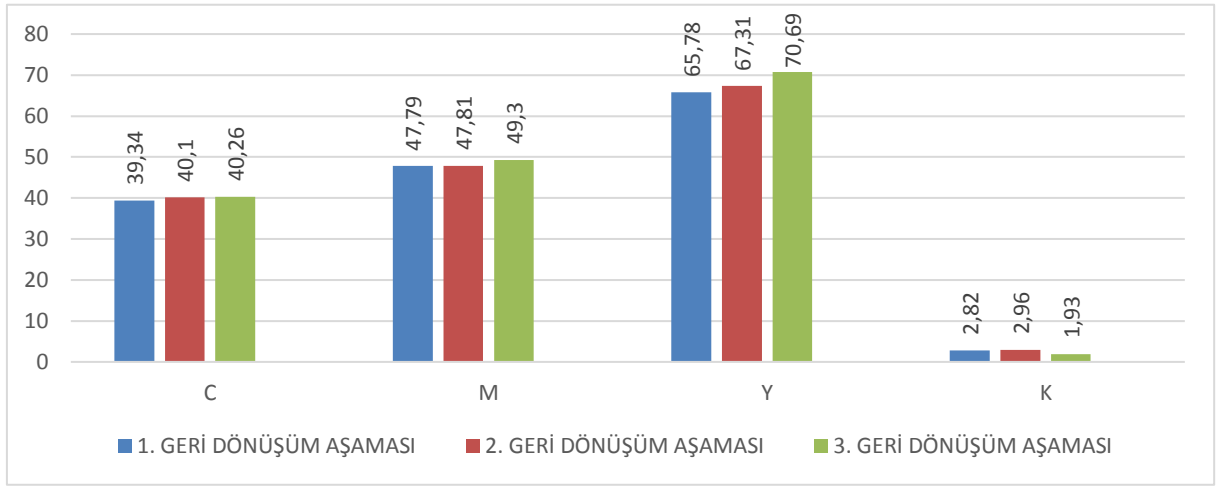
Kağıdın optik özelliklerinde meydana gelen değişikliklere rağmen baskı kontrastlığı değerlerinde çok anlamlı farklılıklar meydana gelmediği görülmektedir. Bu durumun nedeni olarak baskı için kullanılan mürekkebin yapısının baskı kontrastlığına etkisinin kağıdın yapısından daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Aşağıda Çizelge 4.28’de III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait baskı kroma değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.28. III. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen baskı kroma değerlerine ait bulgular

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	40.26	0.04	40.22	40.29
Magenta	49.29	0.17	49.13	49.46
Yellow	70.68	0.26	70.42	70.94
Black	1.93	1.08	0.85	3.00

CMYK baskı kroma değerlerine bakacak olursak ilk üç aşama sonunda sarı renkte anlamlı bir artış olduğu görülmektedir. Bu artış azda olsa cyan ve magenta renginde de meydana gelmiştir. III. geri dönüşüm aşaması sonunda CMY baskı kroma değerlerindeki değişiklik sırasıyla 0.90, 0.30, 0.20 değerinde artış meydana gelmiştir. Siyah renkte ise 0.35’lik azalma olduğu görülmüştür. Aşağıda Şekil 4.23’te ilk üç aşama sonunda elde edilen baskı kroma değerlerine ait grafiksel gösterim verilmiştir.



Şekil 4.23. Geri dönüşüm sayısının baskı kroması üzerine etkisi

Kağıdın yapısındaki optik değişikliklerden dolayı elde edilen baskılarda elde edilen $L^*a^*b^*$ değerlerinde farklılıklar meydana gelmiştir. Bu farklılıklar her üç geri dönüşüm aşaması sonrası baskı kromasında bir artışa neden olmuş ve geri dönüşüm sayısının baskı kromasına olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir.

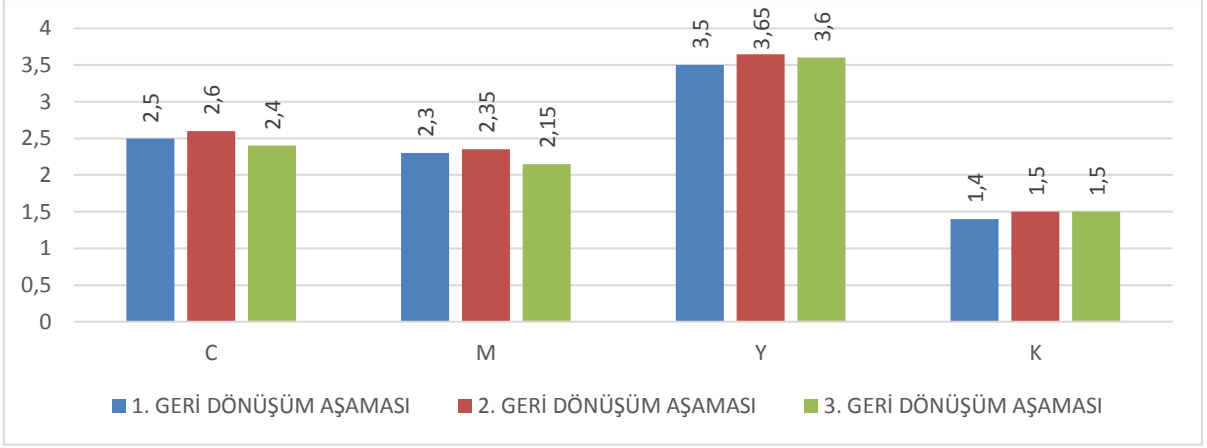
Aşağıda Çizelge 4.29'da III. geri dönüşüm aşaması sonrası elde edilen CMYK gloss değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.29. III. Geri dönüşüm aşaması sonrası elde edilen print gloss 60° değerlerine ait bulgular

Renkler	Kağıt	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	4.15	2,40	0,10	2,30	2,50
Magenta	4.15	2,15	0,05	2,10	2,20
Yellow	4.15	3,60	0,00	3,60	3,60
Black	4.15	1,50	0,00	1,50	1,50

Çizelge 4.29 incelendiğinde kağıdın gloss 60° değerinin I. ve II. aşama sonrası elde edilen kağıtların gloss değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. CMYK renklerini incelediğimizde ilk üç aşama sonunda CMY renklerinde II. aşamada ölçülen değerler I. aşamaya göre yükselmiştir. Ancak III. aşama sonrasında elde edilen değerlerde biz azalma görülmüştür. Siyah renkte ise III. aşama sonunda herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

Aşağıda Şekil 4.24'te ilk üç aşama sonunda elde edilen CMYK print gloss 60° değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Geri dönüşüm sayısının print gloss 60° değerleri üzerine etkisi

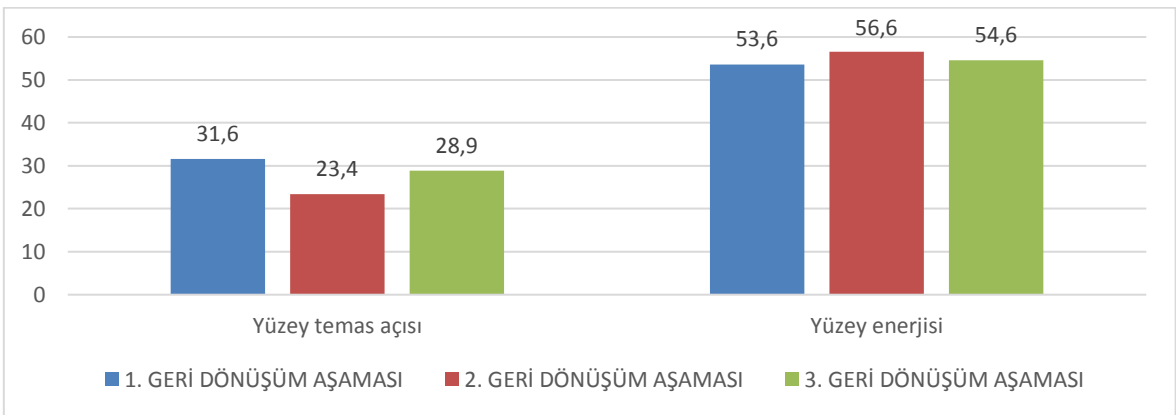
Şekil 4.24 incelendiğinde geri dönüşüm sayısının gloss 60° değerleri üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

Aşağıda Çizelge 4.30'da III. geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.30. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisine ait bulgular

Gerİ dönüşüm aşaması	Kontakt açısı (°)	Yüzey enerjisi (mj/m ²)
III. Geri dönüşüm	28.90	54.60

İlk üç geri dönüşüm aşamasına ait temas açıları ve yüzey enerjilerine bakarsak III. aşama sonunda elde edilen kağıdın temas açısı I. aşamaya göre düşük II. aşamaya göre ise yüksek değerde bulunmuştur. Yüzey enerjisi ise bu durumla ters orantılı olarak I. aşamaya göre yüksek II. aşamaya göre düşük değerlerde bulunmuştur. Bu durumu daha iyi anlamak için aşağıda Şekil 4.25'de üç aşama sonunda elde edilen kağıtların yüzey temas açısı ve yüzey enerjileri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Geri dönüşüm sayısının, kağıdın yüzey temas açısı ve yüzey enerjisine etkisi

Şekil 4.25'e bakıldığında her geri dönüşüm aşaması sonunda kağıdın temas açıları ve yüzey enerjilerinin değiştiği görülmektedir. Ancak geri dönüşüm sayısının şu ana kadar yüzey temas açısı ve yüzey enerjisine anlamlı bir etkisinin olduğu söylenemez.

Aşağıda Şekil 4.26'da III. geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.26. III. geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü

Şekil 4.26 incelendiğinde literatürde elde edilen bilgilere göre III. geri dönüşüm aşaması sonrası elde edilen kağıdın hidrofilik olduğu görülmüştür.

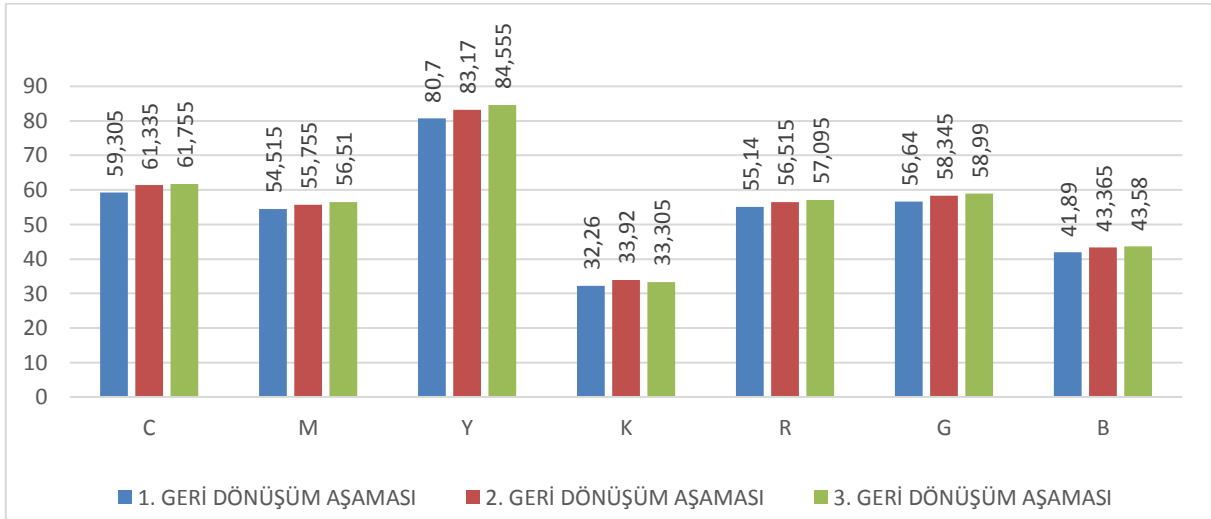
Aşağıda Çizelge 4.31'de III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerine ait $L^*a^*b^*$ değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.31. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerinin $L^*a^*b^*$ değerlerine ait bulgular

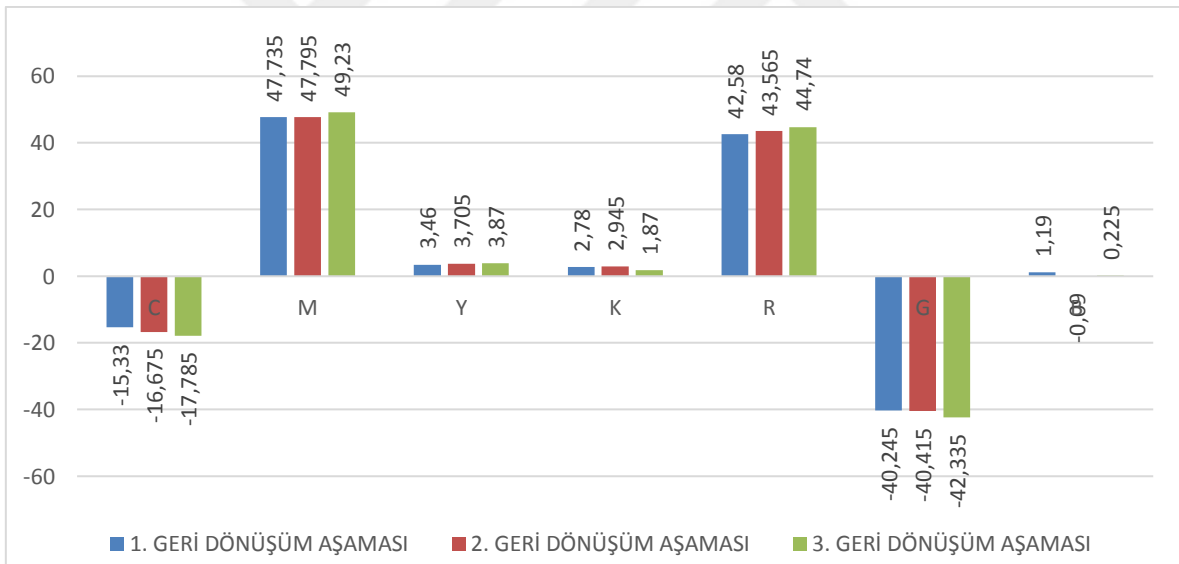
Renkler	L^*	a^*	b^*
C	61.76	-17.79	-36.12
M	56.51	49.23	2.50
Y	84.56	3.87	70.58
K	33.31	1.87	0.44
R	57.10	44.74	20.51
G	58.99	-42.34	20.51
B	43.58	0.23	-30.72

İlk üç aşama sonunda elde edilen $L^*a^*b^*$ değerleri incelendiğinde tüm renklerin L^* değerlerinde azda olsa kademeli bir artış söz konusu olmuştur. Cyan mavi ve yeşil renklerinde üç aşama boyunca kademeli bir azalma söz konusu olmuştur. Bunun aksine RMY renklerinde ise kademeli olarak bir artış gözlemlenmiştir. Siyah renkte ise II.

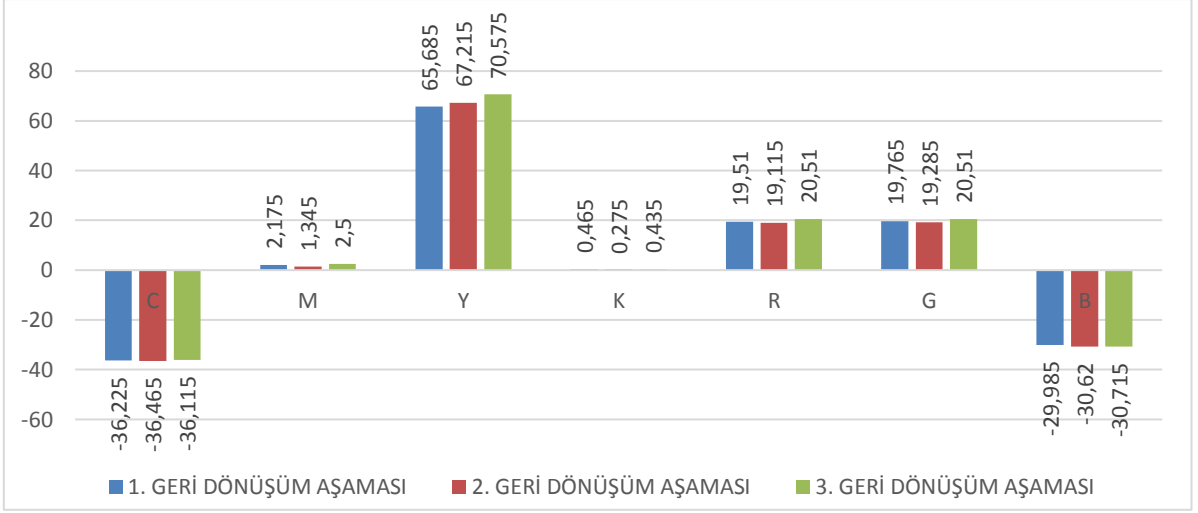
aşamada I. geri dönüşüm aşamasına göre bir değer artışı olmuş III. aşama sonunda ise bu değerde bir azalma tespit edilmiştir. Aşağıda Şekil 4.27-4.28-4.29’de ilk üç geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen $L^*a^*b^*$ değerlerine ait grafikler verilmiştir.



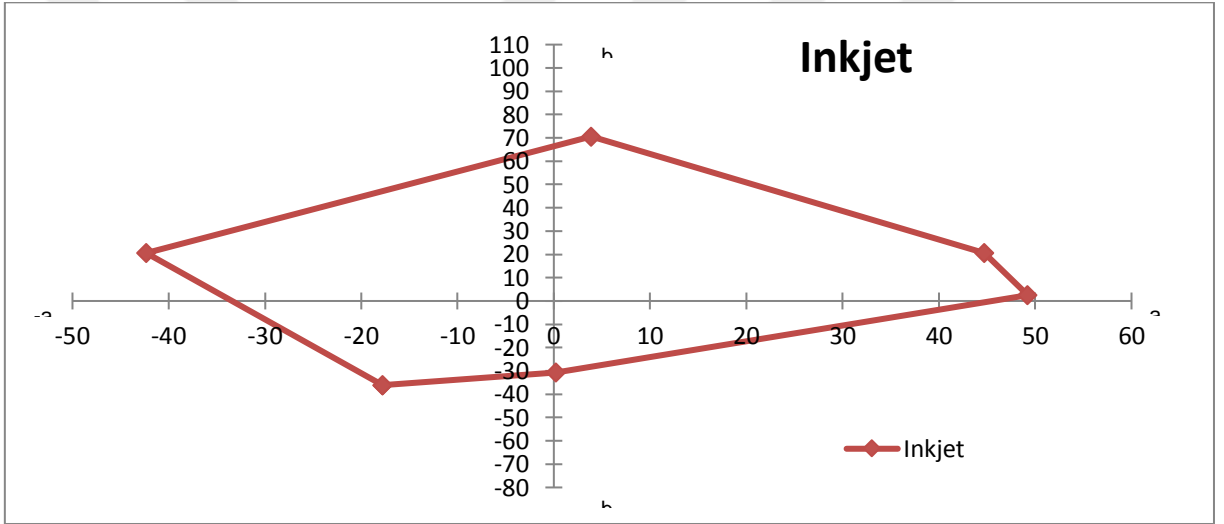
Şekil 4.27. III. Geri dönüşüm sayısının L^* değeri üzerine etkisi



Şekil 4.28. III. Geri dönüşüm sayısının a^* değeri üzerine etkisi



Şekil 4.29. III. Geri dönüşüm sayısının b* değeri üzerine etkisi



Şekil 4.30. III. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen renk evreni

4.4. IV. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular

INGEDE 11p-5.5 standardına göre geri dönüştürülmüş kağıtların IV. geri dönüşüm aşaması sonucu elde edilen kağıtların fiziksel-optik özellikleri, lif tasnifi sonuçları, nokta kazancı, zemin ton yoğunluğu ve baskı kontrastlık değerleri, kroma değerleri, renk gamutu değerlerine ait bulgular, yüzey kontakt açıları aşağıdaki çizelge ve şekillerde sırasıyla verilmiştir.

4.4.1. IV. geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.32’de da IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.32. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların fiziksel özelliklerine ait bulgular

	Kopma uzunluğu (m)	Yırtılma indisi (mN.m ² .gr)	Patlama indisi (kPam ² /gr)	Hava geçirgenliği (m ³ /dk)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Hacimlilik (cm ³ /gr)
Ortalama	4448	5.02	2.37	770.55	0.65	1.55
Std. Sapma	166.29	0.46	0.14	112.16	0.03	0.06
Minimum	4276	4.52	2.29	691.24	0.62	1.49
Maksimum	4608	5.43	2.59	849.86	0.67	1.60

Fiziksel özellik Çizelgelerini karşılaştırdığımızda ilk üç geri dönüşüm aşaması sonuçlarına paralel sonuçlar elde edildiği görülmüştür. IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların direnç özelliklerinde kademeli bir azalma olduğu görülmektedir. Hava geçirgenliği değerlerinin önceki aşamalardaki gibi artış gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen bilgiler literatürdeki bilgilerle örtüşmektedir. Aşağıda Çizelge 4.33'te IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait optik değerler verilmiştir.

Çizelge 4.33. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların ait optik özelliklerine ait bulgular

	Beyazlık (% ISO)	Parlaklık (% ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık	L*	a*	b*	Opaklık (%)	ERIC (PPM)
Ortalama	79.17	87.43	-11.75	110.18	91.62	2.15	-6.52	94.22	117.67
Std. Sapma	0.91	0.68	0.26	0.16	0.39	0.17	0.41	0.12	0.58
Minimum	78.21	87.01	-12.04	110.01	91.24	2.04	-6.94	94.13	117.00
Maksimum	80.01	88.22	-11.55	110.32	92.02	2.35	-6.12	94.36	118.00

IV. aşama sonunda elde edilen kağıtların optik özellikleri incelenecek olursa, parlaklık değerinin hemen hemen aynı değerde olmasına rağmen beyazlık değerlerinin artışını sürdürdüğünü görebiliriz. Geri dönüşüm sayısı arttıkça CIE beyazlık değerinin azalmaya devam ettiği belirlenmiştir. Bu durum opaklık ve eric değeri içinde geçerlidir. Yani geri dönüşüm sayısı arttıkça opaklık değeri ve eric değeri azalmaya devam etmektedir.

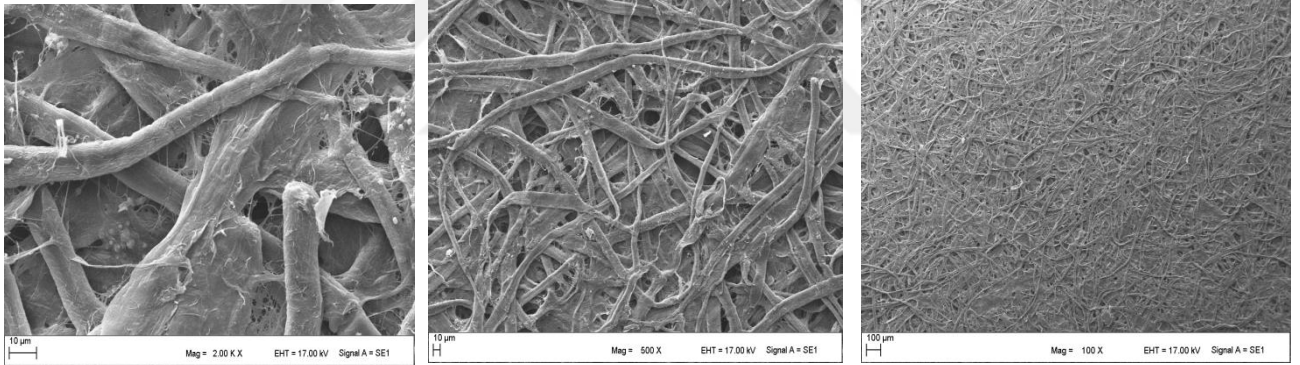
Aşağıda Çizelge 4.34'da IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait lif tasnifi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.34. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların lif tasnifine ait bulgular

	16 mesh (gr)	30 mesh (gr)	50 mesh (gr)	100 mesh (gr)	200 mesh (gr)	Toplam (gr)	Kırıntı elyaf (gr)
Ortalama	0.20	0.62	0.64	1.47	2.10	5.02	4.98
Std. Sapma	0.05	0.13	0.06	0.06	0.17	-	-
Minimum	0.17	0.51	0.60	1.42	2.00	-	-
Maksimum	0.26	0.76	0.71	1.54	2.30	-	-

Önceki geri dönüşüm aşamaları sonuçları da göz önünde bulundurulduğunda IV. geri dönüşüm aşaması sonunda lif birikme yoğunluğunun küçük boyutlu eleklere kayma durumu devam etmiştir. Bu geri dönüşüm aşaması sonunda önceki geri dönüşüm aşamalarına paralel bir durum söz konusu olmuştur. Bu durumda kırıntı elyaf miktarı artışını sürdürmüştür.

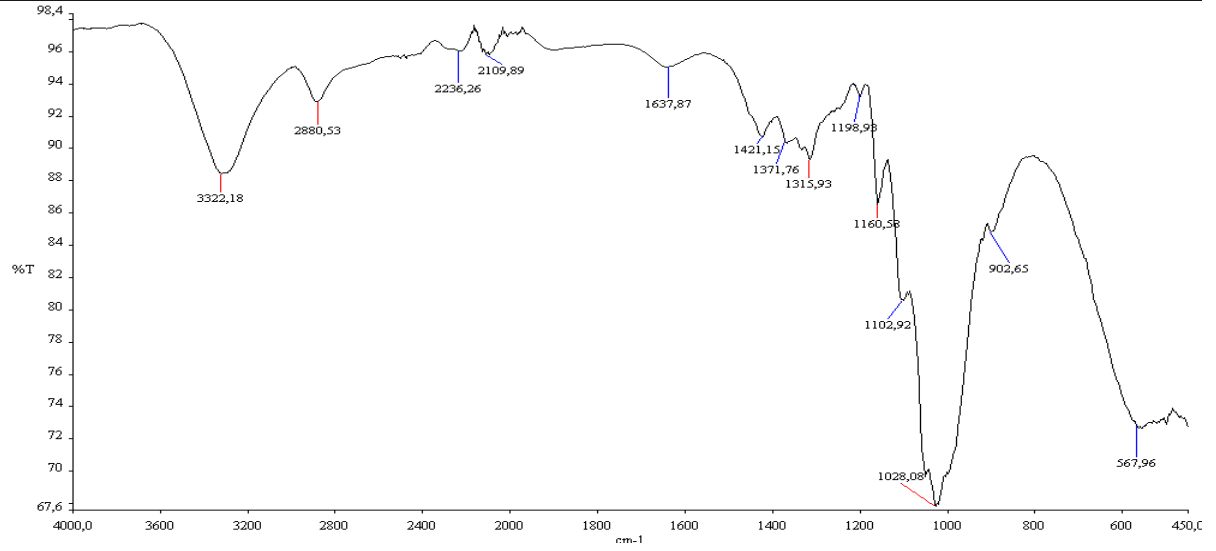
Aşağıda Şekil 4.31’de IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.31. IV. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüleri

Geri dönüşüm aşamaları sonunda elde edilen SEM görüntüleri incelendiğinde liflerdeki deformasyonun arttığı görülmektedir. Kullanılan kimyasallar ve kağıt sahifesi oluştururken liflerin maruz kaldığı kurutma yönteminden dolayı lifler iyiden iyiye bozulmuştur. IV geri dönüşüm aşaması sonrası SEM görüntülerinin tamamı incelendiğinde saçaklanmanın arttığı ve lifin oval özelliğini kaybetmeye başladığı açık bir şekilde görülmektedir.

Şekil 4.32’de elde edilen pikler IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıda ait değerleri göstermektedir.



Şekil 4.32. IV. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR spektrumu

FTIR spektrumları incelendiğinde önceki geri dönüşüm aşamalarında olduğu gibi belirgin bir farklılık gözlenmemiş olup, elde edilen küçük değer farklılıklarının selülozun her geri dönüşüm aşaması sonunda mürekkep kirlilikleri ve dolgu maddelerinin uzaklaştırılmasından ve selülozun daha da saflaştırılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4.2. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.35’de IV. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara ait densite değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.35. IV. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen densite değerlerine ait bulgular

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	0.88	0.02	0.86	0.89
Magenta	0.96	0.01	0.95	0.97
Yellow	1.13	0.20	1.11	1.15
Black	1.36	0.02	1.33	1.38

Önceki aşamalarda elde edilen densite değerleri ile IV. aşamada elde edilen densite değerleri incelendiğinde cyan renginde çok azda olsa kademeli bir artış olduğu tespit edilmiştir. Magenta renginde ise I. aşama sonrası densite değerinde küçük bir azalma tespit edilmiş ise de III. ve IV. aşama sonuçlarında yine çok azda olsa bir artış söz konusu olmuştur. Bu durum sarı ve siyah renklerde de aynı şekildedir. Aşağıda Çizelge 4.36’da IV. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara ait nokta kazancı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.36. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen nokta kazancı değerlerine ait bulgular

Renk	Ortalama		Std. Sapma		Minimum		Maksimum	
	%80'lik alan	%40'lik alan	%80'lik alan	%40'lik alan	%80'lik alan	%40'lik alan	%80'lik alan	%40'lik alan
Cyan	20.55	22.75	0.15	22.05	20.40	22.50	20.70	23.00
Magenta	7.55	7.75	0.35	0.35	7.20	7.40	7.90	8.10
Yellow	18.95	18.65	0.05	0.15	18.90	18.50	19.00	18.80
Black	9.70	5.90	0.10	0.10	9.60	5.80	9.80	6.00

%80'lik tram alanına baktığımızda, önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Elde edilen değişikliklerin tolerans değerler arasında olduğu belirlenmiştir. Önceki geri dönüşüm aşamasına göre cyan renginde 0.7, magenta 0.4, sarı 1.4, siyah renkte 0.8 birimlik bir artış söz konusu olmuştur.

Çizelge 4.37. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kontrastlığına ait bulgular

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	100	0.00	100.00	100.00
Magenta	82.70	0.30	82.40	83.00
Yellow	96.25	0.05	96.20	96.30
Black	85.25	0.25	85.00	85.50

IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen baskı kontrastlık değerlerini incelediğimizde önceki aşamalara göre önemli bir değişiklik izlenmemiştir. Çok ufak çapta da olsa siyah renkte kademeli bir artış gözlemlenmiştir. Genel anlamda IV geri dönüşüm tekrarının baskı kontrastlığı üzerine çok fazla bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Aşağıda Çizelge 4.38'de IV. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara baskı kroma değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.38. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kromasına ait bulgular

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	41.56	0.06	41.50	41.62
Magenta	50.00	0.48	49.52	50.48
Yellow	72.83	0.03	72.80	72.86
Black	3.14	0.00	3.14	3.14

Baskı kroma değerlerine baktığımızda CMYK renklerinin tümünde elde edilen baskı kroma değerleri önceki aşamalara göre elde edilmiş en yüksek değerler olmuştur. Önceki geri dönüşüm aşamasına göre cyan renginde 1.5, magenta renginde 0.7, sarı renkte 2.20 ve siyah renkte 1.2 değer artışı söz konusu olmuştur. IV geri dönüşüm aşaması

sonunda elde edilen sonuçlara göre kağıtta meydana gelen değişikliklerin en büyük yansımalarının baskı kroma değerlerindeki artış olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.39 IV. Geri dönüşüm aşaması sonrası elde edilen gloss 60° değerlerine ait bulgular

Renkler	Kağıt	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	4	2.35	0.05	2.30	2.40
Magenta	4	2.20	0.00	2.20	2.20
Yellow	4	3.45	0.05	3.40	3.50
Black	4	1.30	0.00	1.30	1.30

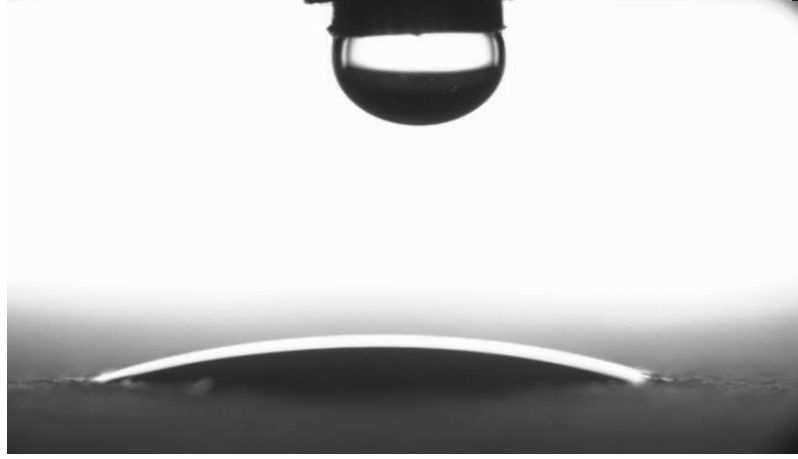
Çizelge 4.39'a baktığımızda kağıdın gloss değerinin I. aşama sonunda elde edilen gloss değerine ulaştığını görebiliriz. Cyan ve sarı renklerinde II. aşamada azda olsa bir değer artışı meydana gelmiş ancak III. ve IV. aşama sonunda değerler yine azda olsa azalmıştır. Magenta ve siyah renklerde ise II. ve III. aşamada değerlerde ufak bir artış yaşanmış ve IV. aşama sonunda düşmüştür. Aşağıda Çizelge 4.40'da IV. geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.40. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıtların yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerlerine ait bulgular

Ger dönüşüm aşaması	Yüzey temas açısı (°)	Yüzey enerjisi (mj/m ²)
IV. Geri dönüşüm aşaması	21.70	57.10

IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıdın temas açısı önceki geri dönüşüm aşamasına göre % 25 azalmıştır. Elde edilen kağıdın yüzey enerjisi ise önceki geri dönüşüm aşamasına göre % 4,5 oranında artmıştır. İlk IV geri dönüşüm aşaması incelendiğinde geri dönüşüm sayısının yüzey temas açısını düşürdüğünü ve yüzey enerjisini arttırdığını belirlemiş olduk.

Aşağıda Şekil 4.33'de IV. geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü verilmiştir.



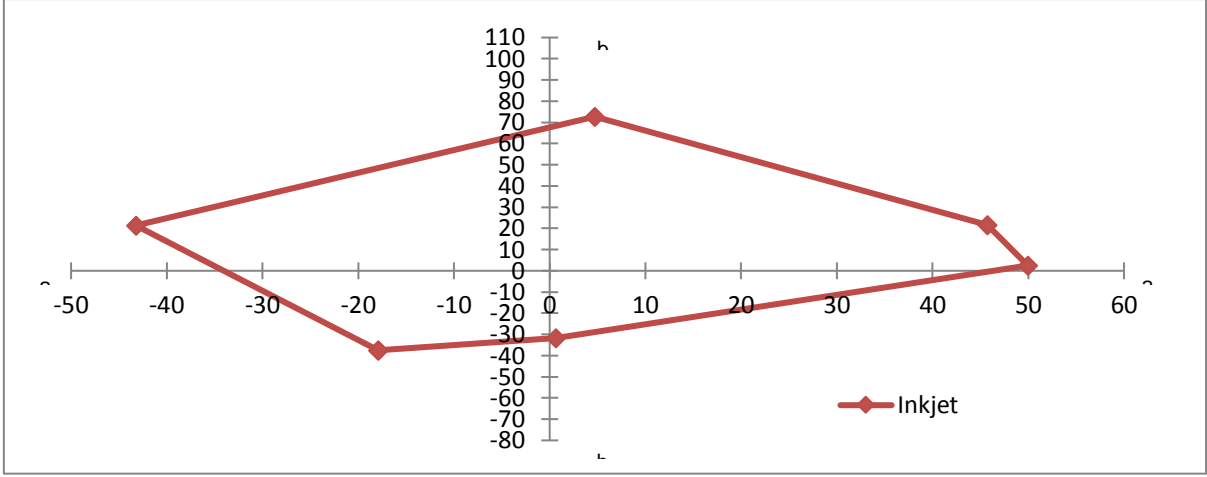
Şekil 4.33. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü

Aşağıda Çizelge 4.41’de IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerine ait $L^*a^*b^*$ değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.41. IV. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerin $L^*a^*b^*$ değerlerine ait bulgular

Renkler	L^*	a^*	b^*
C	61.94	-17.93	-37.50
M	55.92	49.95	2.39
Y	85.06	4.71	72.68
K	32.95	3.09	0.54
R	56.76	45.70	21.53
G	58.01	-43.24	21.31
B	42.65	0.66	-31.68

L^* değerleri incelendiğinde magenta, kırmızı, yeşil ve mavi renklerde ilk üç aşamada kademeli küçük bir artış IV. geri dönüşüm aşamasında ise bir düşüş yaşanmıştır. Cyan ve sarı renklerinde ise kademeli olarak küçük bir artış söz konusu olmuştur. Siyah renkte ise anlamlı bir değişiklik izlenememiştir. Çizelge 4.41’deki a^* değerleri incelendiğinde sarı ve kırmızı renklerinde kademeli olarak bir değer artışı izlenmiştir. Cyan ve yeşil renklerinde ise geri dönüşüm sayısı arttıkça ufak çapta bir azalma meydana gelmiştir. Magenta renginde önceki aşamaya göre küçük bir artış söz konusudur. Siyah renkte anlamlı bir değişiklik izlenememiştir. b^* değerleri incelendiğinde cyan ve magenta renklerde anlamlı bir değişiklik izlenememiştir. Sarı renginde ufak değer farklılıklarıyla kademeli bir artış söz konusu olmuştur. Mavi renkte yine küçük değer farklılıklarıyla geri dönüşüm sayısı arttıkça bir azalma meydana gelmiştir. Siyah, kırmızı ve yeşil renklerde ise I. geri dönüşüm aşaması sonrası bir düşüş ve sonraki aşamalarda değer artışları meydana gelmiştir.



Şekil 4.34. IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen renk evreni

4.5. V. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular

V. geri dönüşüm aşaması sonucu elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri, lif tasnifi sonuçları, nokta kazancı, zemin ton yoğunluğu ve baskı kontrastlık değerleri, kroma değerleri, renk gamutu değerlerine ait bulgular, yüzey kontakt açıları aşağıdaki Çizelge ve şekillerde sırasıyla verilmiştir.

4.5.1. V. Geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.42'de V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait fiziksel özellikler verilmiştir.

Çizelge 4.42. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların fiziksel özelliklerine ait bulgular

	Kopma uzunluğu (m)	Yırtılma indisi (mN.m ² .gr)	Patlama indisi (kPam ² /gr)	Hava geçirgenliği (m ³ /dk)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Hacimlilik (cm ³ /gr)
Ortalama	4157	4.96	2.34	787.88	0.65	1.53
Std. Sapma	84.60	0.46	0.12	135.49	0.02	0.06
Minimum	4087	4.47	2.24	692.04	0.56	1.67
Maksimum	4251	5.37	2.49	883.65	0.60	1.78

Fiziksel değerler Çizelgelerinin tümüne baktığımız zaman direnç özelliklerindeki azalmanın V. aşama sonunda elde edilen kağıtlarda da devam ettiği görülmektedir. Kopma uzunluğu, yırtılma indisi ve patlama indisi değerlerinin önceki geri dönüşüm aşaması sonuçlarına göre düştüğü görülmüştür. V. geri dönüşüm aşaması sonunda hava geçirgenliğinin ise kademeli artışı devam etmiştir.

Aşağıda Çizelge 4.43’de V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait optik değerler verilmiştir.

Çizelge 4.43. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların optik özelliklerine ait bulgular

	Beyazlık (% ISO)	Parlaklık (% ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık	L*	a*	b*	Opaklık (ISO)	ERIC (PPM)
Ortalama	79.25	86.07	-10.21	105.77	91.35	1.88	-5.69	94.01	116.67
Std. Sapma	0.48	0.91	0.07	0.82	0.60	0.07	0.05	0.13	0.58
Minimum	78.90	85.17	-10.28	104.99	90.92	1.80	-5.74	93.89	116.00
Maksimum	79.80	86.99	-10.15	106.63	92.04	1.92	-5.64	94.14	117.00

Çizelge 4.43’de optik özellikler incelendiğinde parlaklık değerlerinin sabit olmasına karşın önceki geri dönüşüm aşaması sonuçlarına göre beyazlık değerlerinde ufakta olsa bir artış devam etmiştir. Bu durumun aksine opaklık ve ERIC değerlerinde ise azalma durumu devam etmiştir.

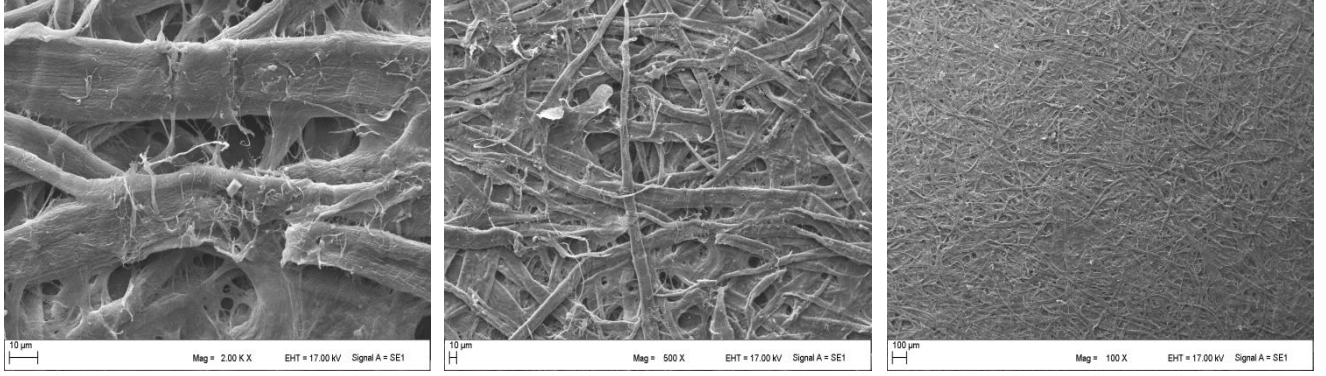
Aşağıda Çizelge 4.44’de V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara lif tasnifi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.44. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların lif tasnifine ait bulgular

	16 mesh (gr)	30 mesh (gr)	50 mesh (gr)	100 mesh (gr)	200 mesh (gr)	Toplam (gr)	Kırıntı elyaf (gr)
Ortalama	0.05	0.60	0.70	1.48	1.79	4.62	5.38
Std. Sapma	0.02	0.12	0.01	0.07	0.08	-	-
Minimum	0.04	0.49	0.69	1.43	1.73	-	-
Maksimum	0.07	0.73	0.71	1.56	1.88	-	-

V. geri dönüşüm lif tasnifi sonuçlarına göre lif boyutlarındaki küçülme oranı devam etmektedir. 100 ve 200 mesh’lik eleklerde olan birikme V. geri dönüşüm aşaması sonunda artışa devam etmiştir. Buna karşın 16,30 ve 50 mesh’lik eleklerde bulunan lif miktarları geri dönüşüm sayısı arttıkça azalmaya devam etmiştir. Yine liflerin yaklaşık 5.4 gramı kırıntı elyaf olarak atık sulara karışmıştır.

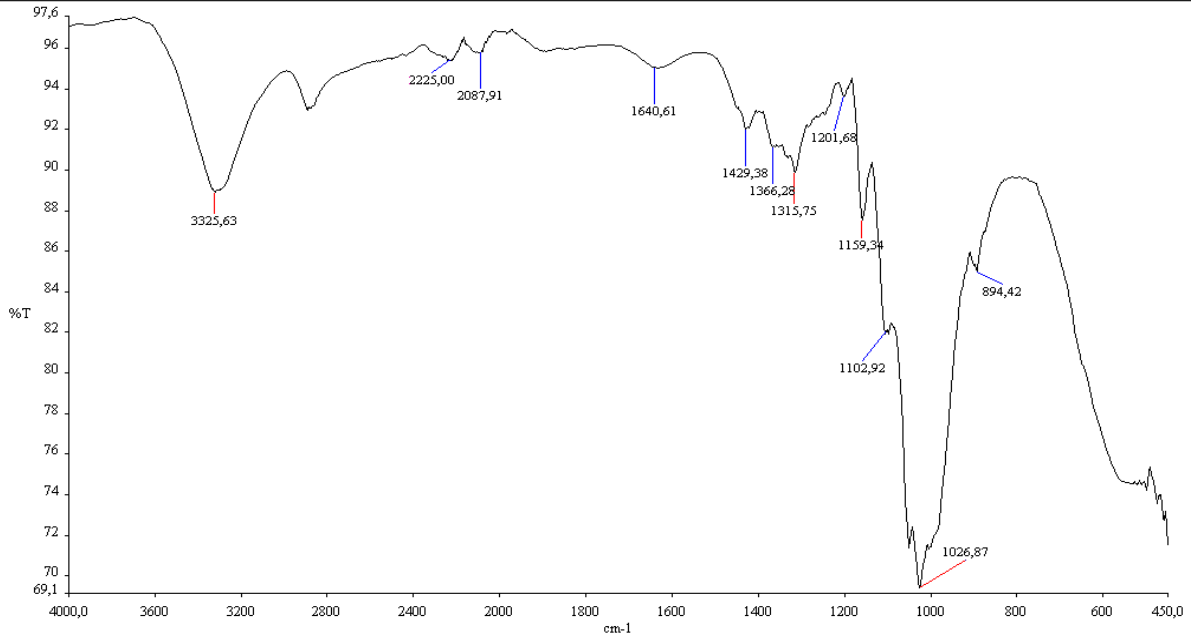
Aşağıda Şekil 4.35’de IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.35. V. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüsü

V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen SEM görüntüleri incelendiğinde lif yüzeyi ve lif yapısındaki deformasyonun devam ettiği görülmektedir. Lif yapısındaki saçaklanmanın önceki geri dönüşüm aşamalarına nazaran daha da arttığı ve lif boyutlarının daha da küçüldüğü tespit edilmiştir.

Şekil 4.36'da elde edilen pikler V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıda ait değerleri göstermektedir.



Şekil 4.36. V. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR spektrumu

V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen FTIR spektrumu incelendiğinde önceki geri dönüşüm aşamalarında elde edilen pik değerleri arasında belirgin bir farklılığın olmadığı görülmüştür.

4.5.2. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.45’de V. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara ait densite, nokta kazancı ve baskı kontrastlığı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.45. V. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen densite değerlerine ait bulgular

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	0.88	0.01	0.87	0.89
Magenta	0.97	0.01	0.96	0.97
Yellow	1.15	0.02	1.13	1.17
Black	1.39	0.01	1.38	1.39

Önceki aşamalarda elde edilen densite değerleri ile V. aşamada ölçülen densite değerleri incelendiğinde cyan renginde herhangi bir değişiklik tespit edilememiştir. Magenta, sarı ve siyah renklerde ise I. geri dönüşüm aşamasında bir azalma ve sonraki aşamalarda ise bir artış söz konusu olmuştur. Bu değişiklik gösteren değerlerin baskı kalitesini değiştirecek kadar büyük değerler olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.46. V. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen nokta kazancı değerlerine ait bulgular

Renk	Ortalama (%)		Std. Sapma		Minimum		Maksimum	
	%80’lik alan	%40’lik alan	%80’lik alan	%40’lik alan	%80’lik alan	%40’lik alan	%80’lik alan	%40’lik alan
Cyan	20.05	22.60	0.05	0.80	20.00	21.80	20.10	23.40
Magenta	7.55	6.50	0.15	0.00	7.40	6.50	7.70	6.50
Yellow	19.30	17.40	0.30	0.30	19.00	17.10	19.60	17.70
Black	9.30	4.75	0.10	0.35	9.20	4.40	9.40	5.10

80’ lik alanda ölçülen nokta kazancı değerler incelendiğinde tüm renklerde baskı kalitesini değiştirecek kadar önemli bir değişiklik izlenememiştir. Önceki geri dönüşüm aşamasına göre cyan renkte 0.5, siyah renkte ise 0.4 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Sarı renkte ise önceki geri dönüşüm aşamasına göre 1.6 değerinde bir artış söz konusu olmuş ve magenta renginde ise herhangi bir değer farklılığı tespit edilememiştir. %40’lık alanda ölçülen nokta kazancı değerlerine baktığımızda cyan renginde önemli bir değişikliğe rastlanmamıştır. Magenta renginde ise V. aşama sonunda nokta kazancı değerinde bir azalma meydana gelmiştir. Sarı renkte ise II. aşamada bir azalma meydana gelmiş III. ve IV. aşamada bir artış ve V. aşamada ise bir düşüş meydana gelmiştir. Siyah renkte ise V. aşama sonunda fark edilebilir bir artış olmuştur.

Çizelge 4.47. V. Geri dönüşüm aşamasında ölçülen baskı kontrastlık değerlerine ait bulgular

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	100	0.00	100.00	100.00
Magenta	82.90	0.20	82.70	83.10
Yellow	96.70	0.10	96.60	96.80
Black	85.15	0.15	85.00	85.30

Baskı kroma değerleri incelendiğinde cyan renginde önceki geri dönüşüm aşamasına göre herhangi bir değer farklılığı olmadığı görülmüştür. Magenta renginde ise yine 0.2 değerinde küçük bir artış meydana gelmiştir. Sarı renkte yine baskı kalitesini değiştirebilecek büyüklükte bir farklılık gözlenememiştir. Önceki geri dönüşüm aşamasına göre sarı renkte 0.45 değerinde bir artış olduğu belirlenmiştir. Siyah renkte ise önceki geri dönüşüm aşamasına göre yine 0.1 değerinde bir artış olduğu belirlenmiştir. Aşağıda Çizelge 4.48’de V. geri dönüşüm aşaması sonrası elde edilen CMYK gloss değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.48. V. Geri dönüşüm aşaması sonrası elde edilen print gloss 60o değerlerine ait bulgular

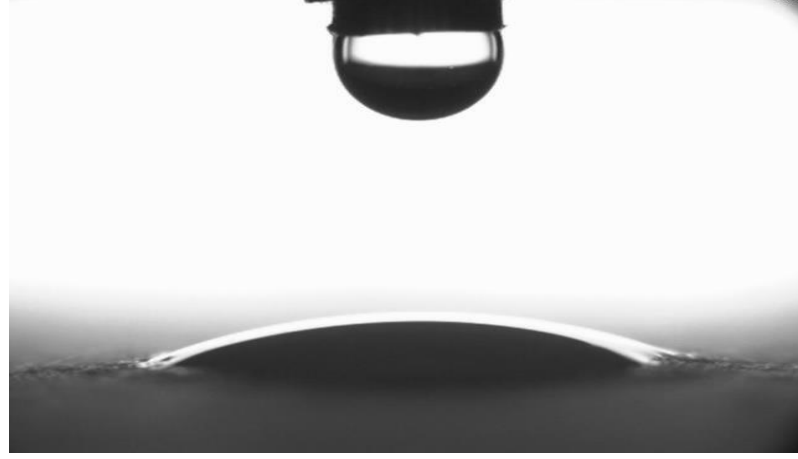
Renkler	Kağıt	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	4.10	2,45	0,05	2,40	2,50
Magenta	4.10	2,25	0,05	2,20	2,30
Yellow	4.10	3,55	0,05	3,50	3,60
Black	4.10	1,45	0,05	1,40	1,50

Öncelikle kağıdın gloss değerinin önceki aşamaya göre arttığını görmek mümkündür. CMYK renklerinin tümünde ise baskı kroma değeri önceki geri dönüşüm aşamasına göre artış göstermiştir. Aşağıda Çizelge 4.49’da V. geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.49. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıdın yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerlerine ait bulgular

Geri dönüşüm aşaması	Temas açısı (°)	Yüzey enerjisi (mj/m ²)
V. Geri dönüşüm aşaması	21.90	57.10

V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıdın yüzey temas açısı binde bir oranında artmıştır. Yani bir önceki aşamada elde edilen değerle neredeyse aynı kalmıştır. Yine yüzey enerjisi ise bir önceki aşamada elde edilen değerle aynı değerde bulunmuştur.



Şekil 4.37. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü

Şekil 4.37 incelendiğinde V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen drop volume görüntüsü ile IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen drop volume görüntüleri arasında önemli bir farklılık olmadığı görülmektedir. elde edilen kağıdın hidrofilik özellikte olduğu görülmektedir.

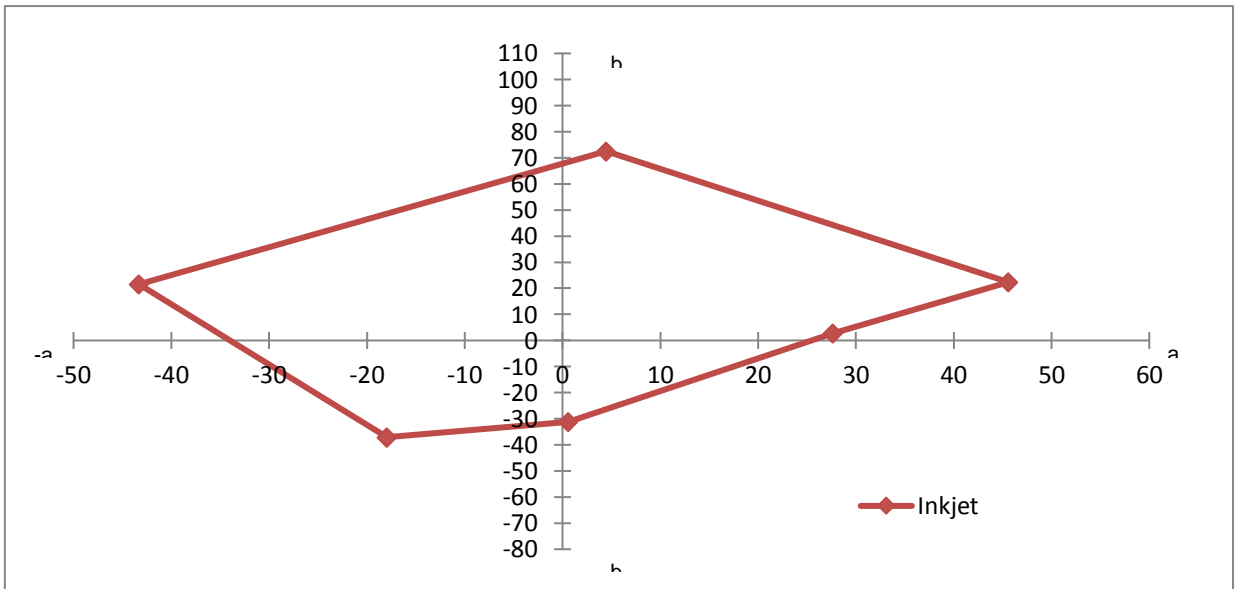
Aşağıda Çizelge 4.50’de V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerine ait $L^*a^*b^*$ değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.50. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerinin $L^*a^*b^*$ değerlerine ait bulgular

Renkler	L^*	a^*	b^*
C	61.94	-17.93	-37.50
M	55.94	27.67	2.81
Y	84.78	4.46	72.51
K	33.09	3.22	0.58
R	56.85	45.61	22.34
G	58.57	-43.31	21.47
B	42.59	0.60	-31.27

L^* değerlerini incelediğimizde önceki aşamalarda elde edilen cyan rengindeki küçük çaptaki kademeli artış V. aşamada elde küçük bir azalma ile son bulmuştur. Magenta, kırmızı ve yeşil renklerde ise ilk üç aşamada elde edilen küçük çaptaki değer artışlarından sonra yine küçük çapta bir azalma olmuş V. aşama sonunda elde edilen değerlere göre ise yine ufak çapta bir artış söz konusu olmuştur. Sarı renkte önceki aşamalarda elde edilen kademeli artış sonunda V. aşamada bir azalma meydana geldiği görülmüştür. Siyah rengin L^* değerlerinde önceki aşamalarda inişli çıkışlı bir görüntü izlenmiştir. V. aşamada ise bir önceki aşamaya göre siyah renkte küçük bir artış söz

konusudur. Mavi renkte ise ilk üç aşama artış IV. ve V. aşamada ise bir azalma olduğu görülmüştür. A* değerleri incelendiğinde sarı ve kırmızı renklerinde ilk dört aşama bir artış olmuş V. aşamada ise küçük çapta bir azalma olduğu belirlenmiştir. Cyan ve yeşil renklerde ise geri dönüşüm sayısı arttıkça ufak çapta bir azalma meydana gelmiştir. Magenta renginde önceki aşamalarda elde edilen değerlere göre neredeyse yarı yarıya bir azalma söz konusu olmuştur. Siyah renkte önceki aşamada elde edilen değerlere göre küçük çapta bir artış olduğu belirlenmiştir. b* değerlerine baktığımızda Cyan, magenta, siyah, kırmızı ve yeşil renklerde önceki geri dönüşüm aşamasına göre baskı kalitesine etki etmeyecek derecede artış olduğu gözlemlenmiştir. Y ve B renklerinde ise önceki aşamaya göre yine baskı kalitesine etki etmeyecek oranlarda bir azalma söz konusu olmuştur.



Şekil 4.38. V. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen renk evreni

4.6. VI. Geri Dönüşüm Aşamasına Ait Bulgular

INGEDE 11p-5.5 standardına göre geri dönüştürülmüş kağıtların VI. geri dönüşüm aşaması sonucu elde edilen kağıtların fiziksel-optik özellikleri, lif tasnifi sonuçları, nokta kazancı, zemin ton yoğunluğu ve baskı kontrastlık değerleri, kroma değerleri, renk gamutu değerlerine ait bulgular, yüzey kontakt açıları aşağıdaki Çizelge ve şekillerde sırasıyla verilmiştir.

4.6.1. VI. Geri dönüşüm aşamasına ait fiziksel, optik özellikler ve lif tasnifi sonuçlarına ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.51’de VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.51. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların fiziksel özelliklerine ait bulgular

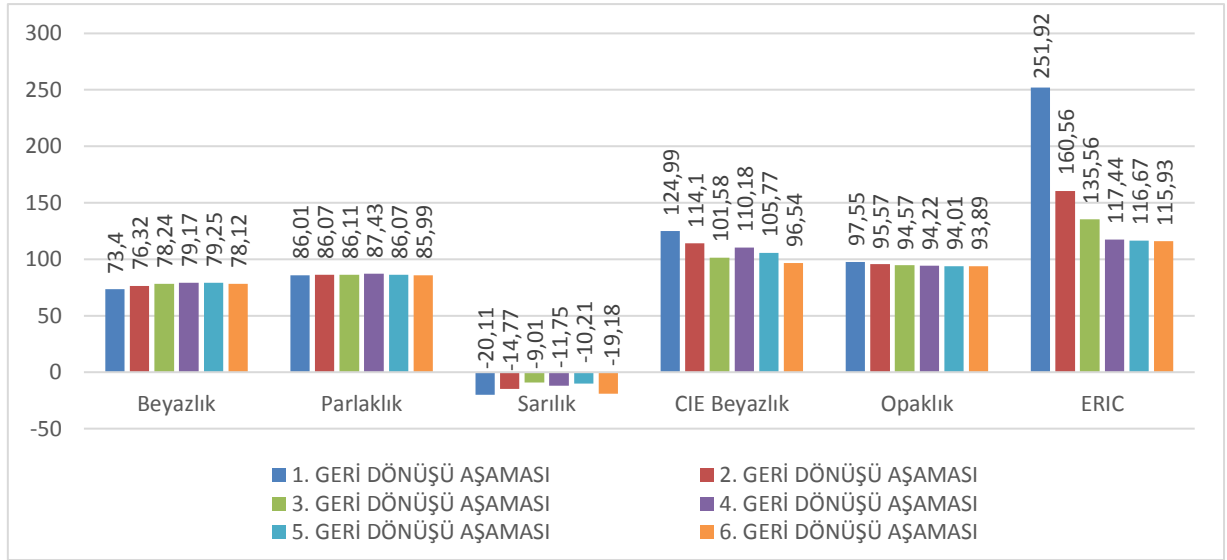
	Kopma uzunluğu (m)	Yırtılma indisi (mN.m ² .gr)	Patlama indisi (kPam ² /gr)	Hava geçirgenliği (m ³ /dk)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Hacimlilik (cm ³ /gr)
Ortalama	4071	4.41	2.14	554.44	0.65	1.59
Std. Sapma	185.16	0.43	0.13	99.79	0.65	0.06
Minimum	3865	4.06	1.98	438.87	0.62	1.52
Maksimum	4223	4.89	2.26	625	0.66	1.63

Önceki geri dönüşüm aşamaları ve son geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen fiziksel özellikler değerlendirildiğinde VI. aşama sonuna kadar geri dönüştürülmüş olan kağıtların geri dönüşüm sayısı arttıkça direnç özelliklerinin kademe kademe azaldığı belirlenmiştir. Kopma uzunluğu, yırtılma indisi ve patlama indisi değerleri 6 aşama sonunda elde edilen kağıtlarda dahil her aşama sonunda azalmıştır. Hava geçirgenliği değerlerini incelediğimizde bu değer V. aşama sonunda pik yaptığı ve VI. aşama sonunda elde edilen kağıtlarda düşüşe geçtiği görülmüştür. Aşağıda Çizelge 4.52’de VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait optik değerler verilmiştir.

Çizelge 4.52. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların optik özelliklerine ait bulgular

	Beyazlık (% ISO)	Parlaklık (% ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık	L*	a*	b*	Opaklık (%)	ERIC (PPM)
Ortalama	78,12	85,99	-19,18	96,54	90,84	1,50	-3,92	93,89	116,00
Std. Sapma	0,13	0,15	0,42	0,45	0,31	0,03	0,06	0,13	0,00
Minimum	77,97	85,83	-19,66	96,12	90,48	1,47	-3,99	93,76	116,00
Maksimum	78,21	86,13	-18,88	97,01	91,02	1,53	-3,88	94,01	116,00

Optik özellikler incelendiğinde VI. aşama sonunda elde edilen değerlerde parlaklık değerinin neredeyse aynı olmasına rağmen beyazlık değeri ise düşüşe geçmiştir. Beyazlık değeri Çizelgelerden da anlaşılacağı gibi V. aşama sonunda elde edilen kağıtlarda en yüksek değerine ulaşarak pik yapmış ve VI. aşama sonunda ise bu değer düşüşe geçmiştir. Önceki aşamalarda elde edilen sonuçlara paralel olarak geri dönüşüm sayısı arttıkça opaklık ve eric değerleri düşüşe devam etmiştir.



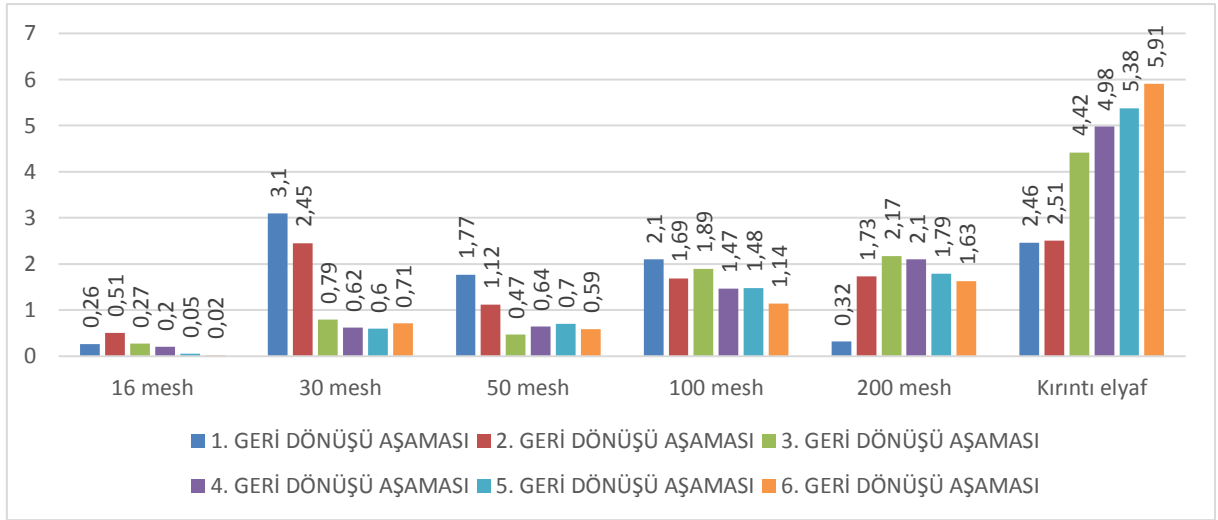
Şekil 4.39. Geri dönüşüm sayısının optik özellikler üzerine etkisi

Aşağıda Çizelge 4.53’de VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait lif tasnifi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.53. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtların lif tasnifine ait bulgular

	16 mesh (gr)	30 mesh (gr)	50 mesh (gr)	100 mesh (gr)	200 mesh (gr)	Toplam (gr)	Kırıntı elyaf (gr)
Ortalama	0.02	0.71	0.59	1.14	1.63	4.09	5.91
Std. Sapma	0.01	0.06	0.06	0.04	0.04	-	-
Minimum	0.02	0.66	0.52	1.11	1.59	-	-
Maksimum	0.03	0.77	0.64	1.18	1.66	-	-

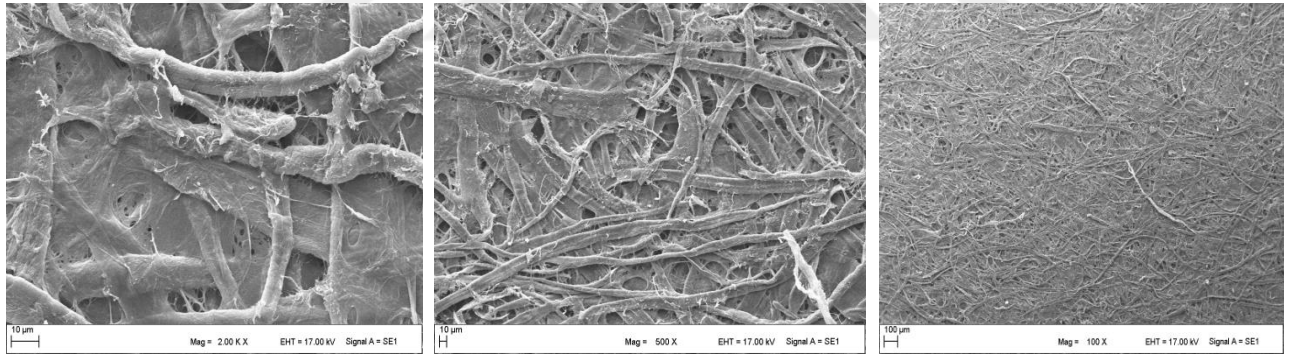
Lif tasnifi sonuçlarına baktığımız zaman önceki geri dönüşüm aşamalarına benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Lifler 100 ve 200 meshlik eklelerde birikmiş ve kırıntı lif miktarı artmıştır. 16 meshlik eklede lif miktarı yok denecek kadar azalmıştır. Altı geri dönüşüm aşaması sonunda 10 gr tam kuru kağıt lifinin neredeyse %60’lık kısmı kırıntı elyafa dönüşmüş ve atık sulara karışarak lif kaybı olarak değerlendirilmiştir. 10 gr tam kuru kağıt hamurundan yaklaşık 4 gramı eklelerde birikmiştir. Liflerde meydana gelen hornifikasyondan dolayı lif boyutları küçülmüş ve SEM görüntülerinden de anlaşılacağı gibi lifler çok yıpranmıştır. Bu durumun nedeni olarak daha öncede belirttiğimiz gibi selüloz liflerinin gerek kimyasal ve gerek mekanik etkilere yüksek sıcaklıklara maruz kalması gösterilebilir.



Şekil 4.40. Geri dönüşüm sayısının lif tasnifi üzerine etkisi

Kırıntı elyafın her geri dönüşüm aşaması sonunda artması ve uzun liflerin ise her geri dönüşüm aşaması sonrası kısalması lifler üzerindeki mekanik ve kimyasal etkinin en büyük göstergesi olmuştur.

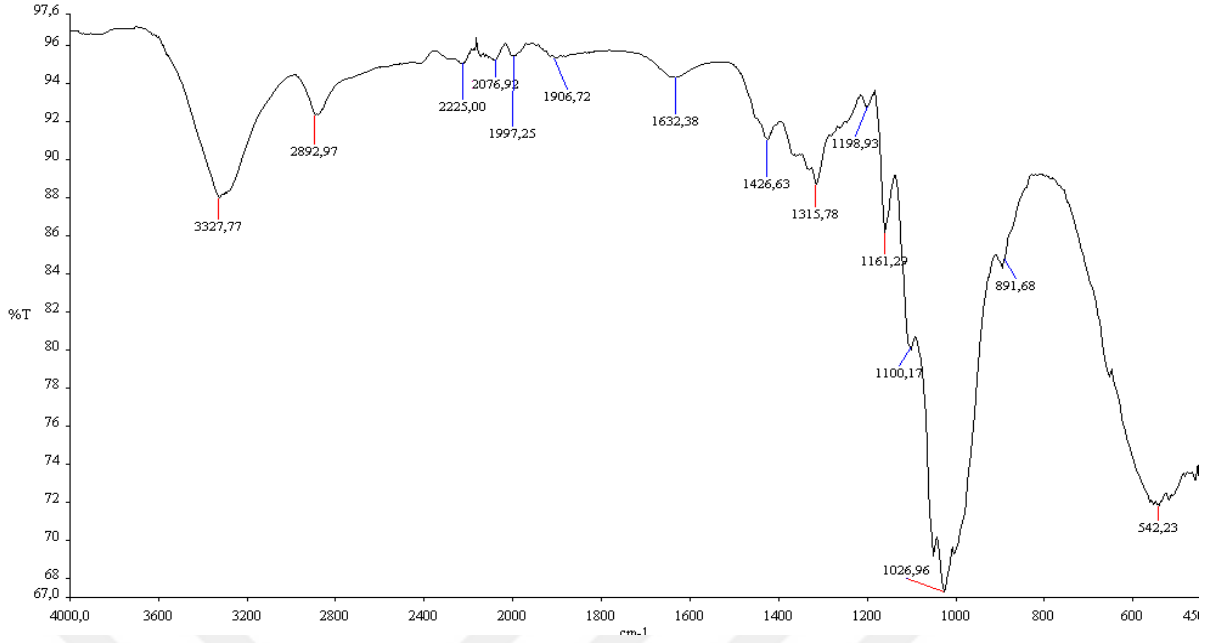
Aşağıda Şekil 4.41’de VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.41. VI. Geri dönüşüm aşamasına ait SEM görüntüleri

Geri dönüşüm aşamaları sonunda elde edilen SEM görüntülerinden de anlaşılacağı gibi geri dönüşüm sayısı arttıkça liflerdeki deformasyonun arttığı görülmektedir. Liflerde meydana gelen saçaklanmadan anlaşılacağı gibi lifler lif özelliğini yitirmiş lif yüzey alanı genişlemiştir. Bu durumda lifler arası boşluklar artmış ve dolayısıyla buda kağıdın direnç özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir.

Şekil 4.42’de elde edilen FTIR pikleri VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıda ait değerleri göstermektedir.



Şekil 4.42. VI. Geri dönüşüm aşamasına ait kağıdın FTIR spektrumu

VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen FTIR grafiği incelendiğinde elde edilen pik değerler ile önceki geri dönüşüm aşamalarında elde edilen pik değerler arasında anlamlı bir değişiklik izlenememiştir.

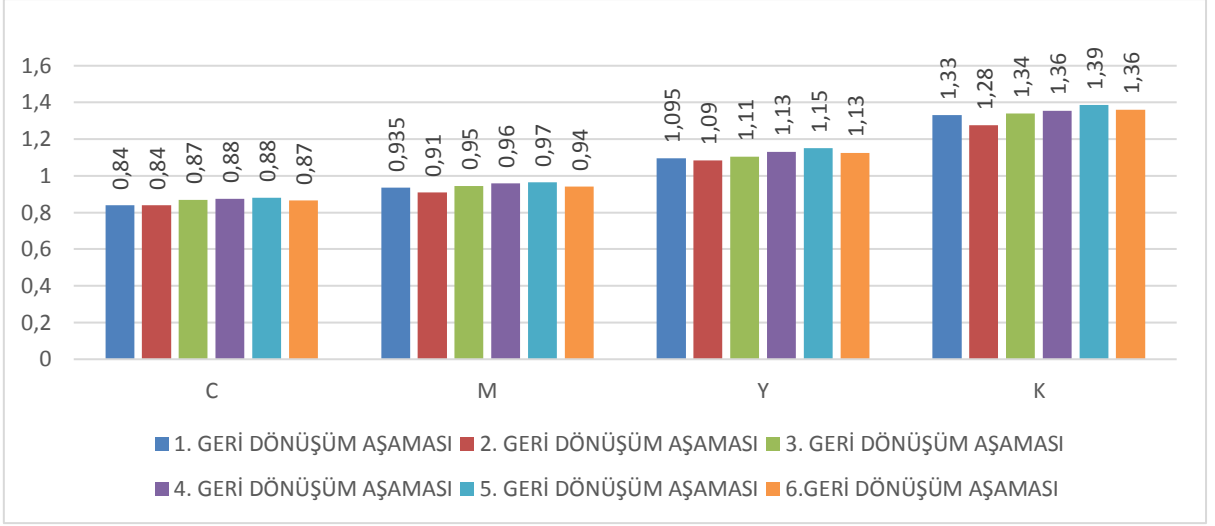
4.6.2. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen baskı kalite parametrelerine ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.54’de VI. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara ait densite değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.54. VI. Geri dönüşüm aşamasında ölçülen densite değerlerine ait bulgular

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	1.19	0.03	1.16	1.22
Magenta	1.12	0.01	1.10	1.13
Yellow	1.06	0.04	1.02	1.10
Black	1.29	0.01	1.28	1.29

Önceki geri dönüşüm aşamalarındaki densite değerlerine bakıldığında ilk iki aşamada değerler sabit kalmıştır. III. aşamada ise baskı kalitesine etki etmeyecek derecede bir değer artışı belirlenmiştir. IV. ve V. aşamada ise densite değeri 0.88 değeri ile sabit kalmıştır. Son aşamada ise 6 geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen en yüksek densite değeri olmuştur. Belirlenen bu değer değişikliklerinin baskı kalitesine etki etmeyecek kadar küçük değerler olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.43. Geri dönüşüm sayısının baskı densitesi üzerine etkisi

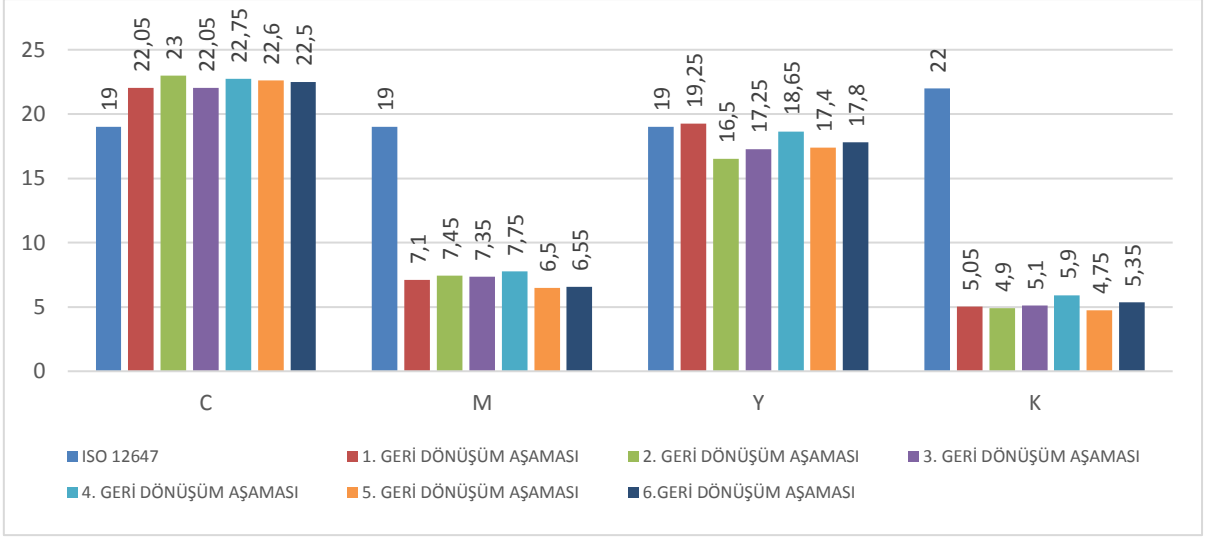
Aşağıda Çizelge 4.55’de VI. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara ait densite değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.55. VI. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen nokta kazancı değerlerine ait bulgular

Renk	Ortalama (%)		Std. Sapma		Minimum		Maksimum	
	%80’lik alan	%40’lık alan	%80’lik alan	%40’lık alan	%80’lik alan	%40’lık alan	%80’lik alan	%40’lık alan
Cyan	18.75	23.85	0.05	0.05	18.70	23.80	18.80	23.90
Magenta	12.50	19.75	0.00	0.15	12.50	19.60	12.50	19.90
Yellow	18.65	22.55	0.75	0.65	17.90	21.90	19.40	23.20
Black	9.90	10.05	0.40	0.55	9.50	9.50	10.30	10.60

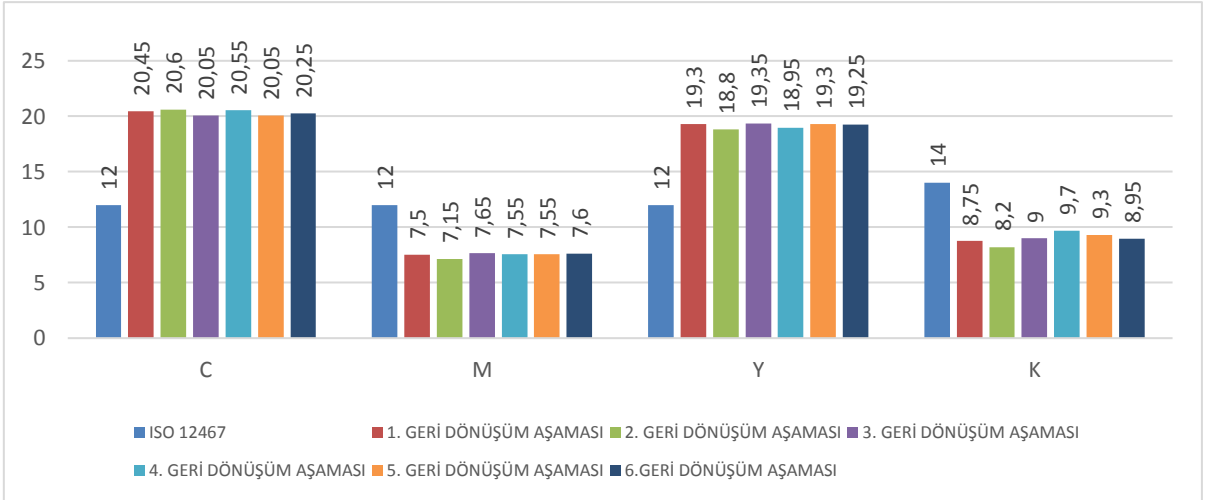
Nokta kazancı değerleri incelendiğinde tüm renklerde %80’lik tram alanında önceki aşamalara göre büyük bir değer farklılığı tespit edilememiştir. Magenta ve siyah renklerin nokta kazancı değerleri VI geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen en yüksek değer olmuştur. Cyan rengin nokta kazancı değeri ise VI geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen en düşük değer olmuştur. Sarı renkte ise önceki geri dönüşüm aşaması nokta kazancı değerine göre 0.65 birimlik bir değer artışı söz konusu olmuştur.

Aşağıda Şekil 4.44’te Geri dönüşüm sayısının %40’lık tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi verilmiştir.



Şekil 4.44. Geri dönüşüm sayısının %40'lık tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi

%40'lık alanda ölçülen nokta kazancı değerlerine baktığımızda cyan renginde bir önemli bir değişikliğe rastlanmamıştır. Ancak VI. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen nokta kazancı değerinin en yüksek değer olduğu görülmüştür. Magenta renginde ise V. aşama sonunda nokta kazancı değerinde bir azalma meydana gelmiştir. VI. aşama sonunda ölçülen magenta değeri yine VI geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen en yüksek değer olmuştur. Sarı ve siyah renklerde ise yine önceki aşamalara göre en yüksek değerler elde edilmiş olup siyah rengin nokta kazancı değerinde önceki geri dönüşüm aşamasına göre %100'den fazla bir artış olduğu belirlenmiştir. Aşağıda Şekil 4.45'de Geri dönüşüm sayısının %80'lik tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi verilmiştir.



Şekil 4.45. Geri dönüşüm sayısının %80'lik tram alanı nokta kazancı üzerine etkisi

Aşağıda Çizelge 4.56'da VI. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara ait densite değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.56. VI. Geri dönüşüm aşamasında ölçülen baskı kontrastlığı değerlerine ait bulgular

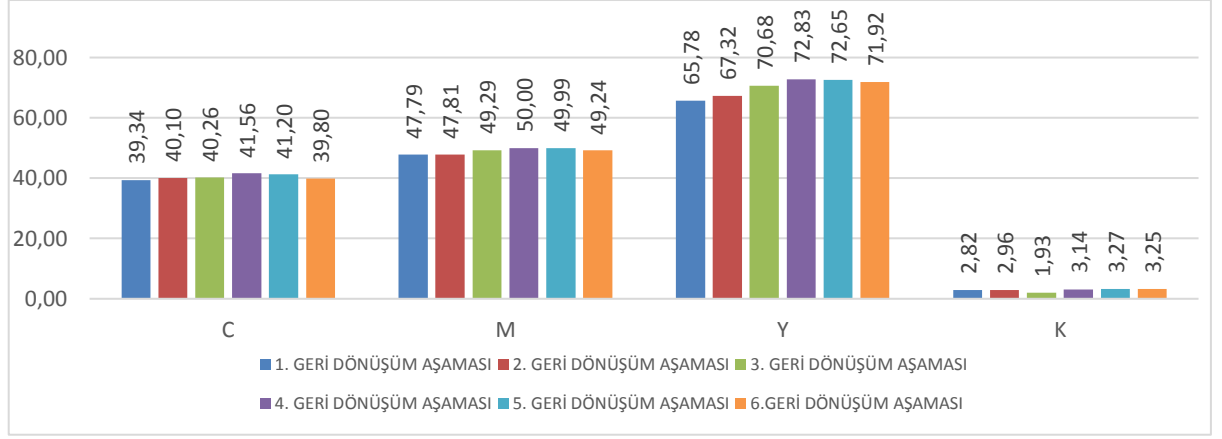
Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	100	0.00	100.00	100.00
Magenta	82.90	0.20	82.70	83.10
Yellow	96.70	0.10	96.60	96.80
Black	85.15	0.15	85.00	85.30

Baskı kontrastlığı değerleri incelendiğinde cyan rengin kontrastlık değeri önceki geri dönüşüm aşamasına göre 2.15 birimlik bir azalmayla VI geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen en düşük değer olmuştur. Magenta renk ise 5.7 birimlik bir değer artışı ile VI geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen en yüksek değer olmuştur. Sarı rengin yine 0.3 birimlik bir artış ile VI geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen en yüksek değer olduğu görülmektedir. Siyah rengin densite değerinde 2.1 birimlik bir değer artışı olmuş magenta ve sarı renklerde olduğu gibi VI geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen en yüksek değer olmuştur. Aşağıda Çizelge 4.57’de VI. geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen dijital inkjet baskılara ait densite değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.57. VI. Geri dönüşüm aşaması sonucunda ölçülen baskı kroma değerleri

Renk	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	52.54	0.15	52.39	52.69
Magenta	60.79	0.03	60.76	60.82
Yellow	72.96	0.81	72.15	73.76
Black	2.01	0.06	1.95	2.07

Baskı kroma değerlerine baktığımızda cyan renginde VI. aşama sonunda elde edilen değerler önceki aşamada elde edilen değerlere göre en yüksek değer olmuştur. Magenta ve sarı renklerde elde edilen değerler ise yine önceki geri dönüşüm aşamalarında elde edilen değerlere göre en yüksek kroma değerleri olmuştur. Siyah rengin kroma değerinde ise 1.26 birimlik bir azalma meydana gelmiş ve önceki geri dönüşüm aşamalarında elde edilen en düşük değer olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.46. Geri dönüşüm sayısının baskı kroması üzerine etkisi

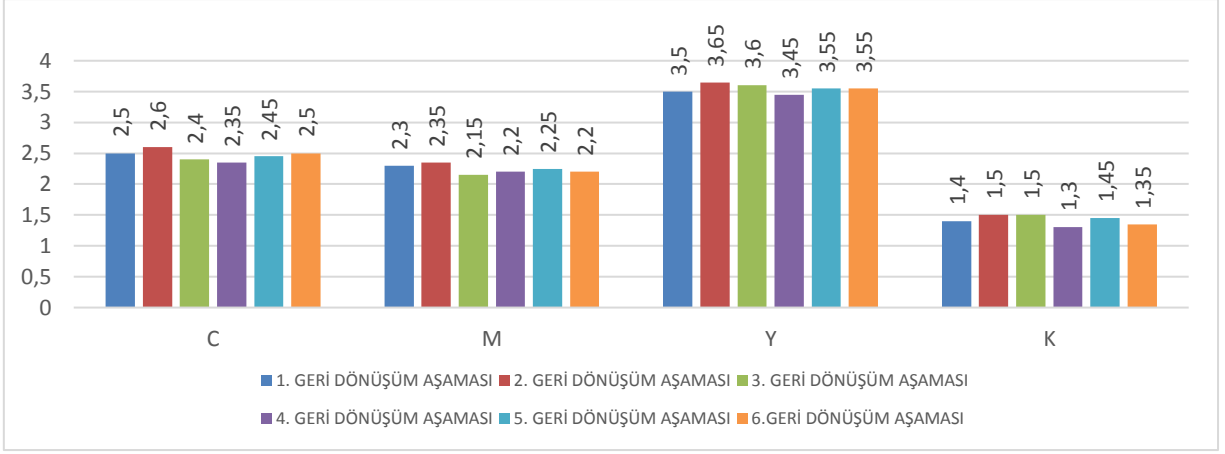
Baskı kroma değerleri incelendiğinde I. geri dönüşüm aşaması ile VI. geri dönüşüm aşaması arasında bir değer artışı olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre geri dönüşüm tekrarının baskı kroması değerlerine olumlu etkisinin olduğu söylenebilir.

Aşağıda Çizelge 4.58’de VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK gloss değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.58. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen print gloss 60o değerlerine ait bulgular

Renkler	Kağıt	Ortalama (%)	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Cyan	4.10	4.10	0.30	3.80	4.40
Magenta	4.05	4.60	0.30	4.30	4.90
Yellow	4.05	5.85	0.05	5.80	5.90
Black	4.05	3.75	0.05	3.70	3.80

CMYK print gloss değerleri incelendiğinde tüm renklerde elde edilen rakamlar VI geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülen en yüksek rakamlar olmuştur. Önceki geri dönüşüm aşamalarına göre cyan renkte 1.75, magenta renginde 2.35, sarı renkte 3.30, siyah renkte ise 2.30 birimlik bir değer artışı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.47. Geri dönüşüm sayısının print gloss 60° üzerine etkisi

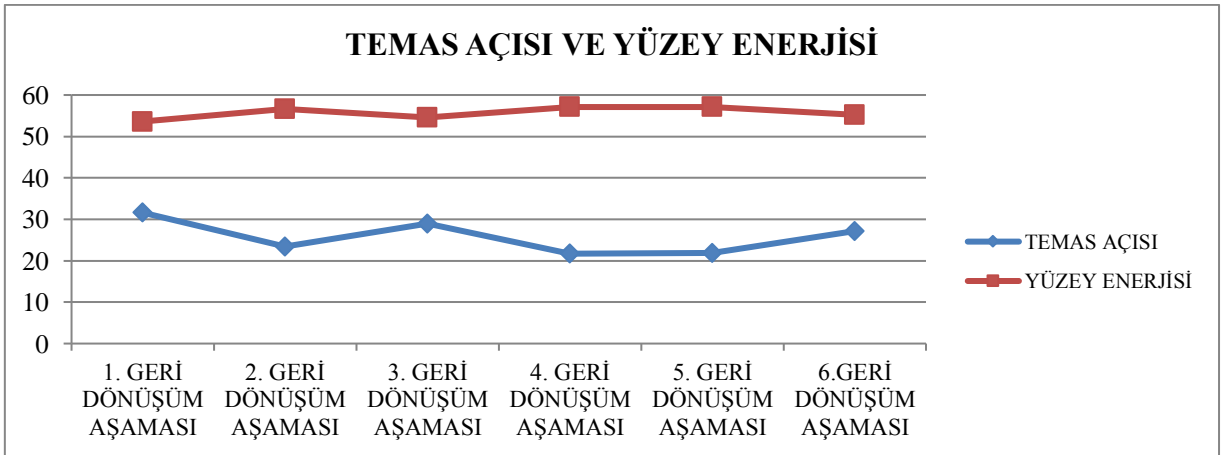
Şekil 4.47 genel anlamda incelendiğinde geri dönüşüm sayısının gloss 60° üzerine çok anlamlı bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

Aşağıda Çizelge 4.59’da VI. geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.59. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerleri

Geri dönüşüm aşaması	Kontakt açısı (°)	Yüzey enerjisi (mj/m ²)
VI. Geri dönüşüm aşaması	27.20	55.20

VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen yüzey temas açısı önceki aşamada elde edilen değerlere göre artış göstermiştir. Elde edilen kağıdın yüzey enerjisi ise bir önceki geri dönüşüm aşamasına oranla azalmıştır.



Şekil 4.48. Altı geri dönüşüm aşaması boyunca elde edilen yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi değerlerine ait grafiksel gösterim

VI geri dönüşüm aşamasının tamamı değerlendirildiğinde genel anlamda geri dönüşüm sayısının yüzey temas açısını düşürdüğü, yüzey enerjisini ise arttırdığı tespit edilmiştir.

Aşağıda Şekil 4.49'da VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıda ait drop volume görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.49. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıda ait drop volume görüntüsü

Şekil 4.49 incelendiğinde temas açısının önceki geri dönüşüm aşamalarına göre biraz daha yüksek olduğu fark edilmektedir.

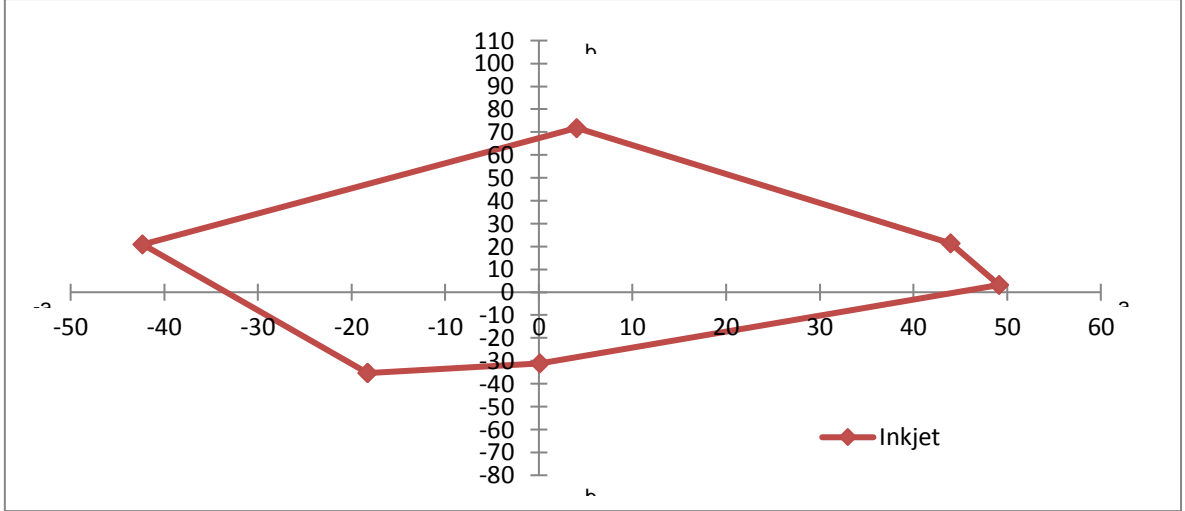
Aşağıda Çizelge 4.60'da VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerine ait $L^*a^*b^*$ değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.60. VI. Geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen CMYK ve RGB renklerinin $L^*a^*b^*$ değerlerine ait bulgular

Renkler	L^*	a^*	b^*
C	62.01	-18.3	-35.34
M	56.425	49.135	3.145
Y	84.59	4.04	71.81
K	33.29	3.21	0.49
R	56.935	43.95	21.43
G	58.73	-42.30	20.99
B	43.495	0.13	-31.06

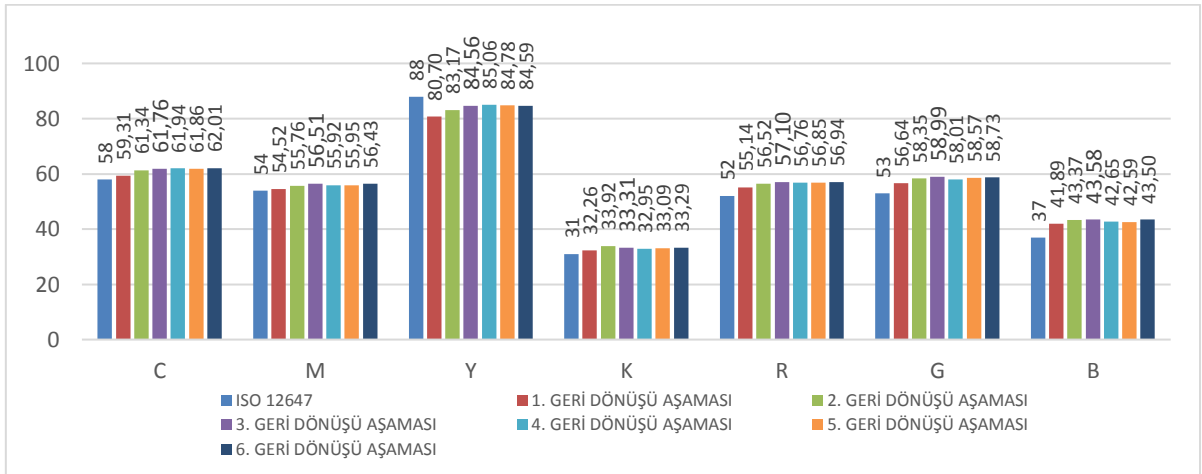
Çizelge 4.60'a göre L^* değerlerini incelediğimizde sarı renk haricinde diğer renklerin tümünde azda olsa bir önceki aşamaya göre bir artış söz konusu olmuştur. Sarı renkte ise önceki aşamaya göre ufak bir düşüş görülmektedir. A^* değerleri incelendiğinde

ise yeşil renk haricinde tüm renklerde küçüğe olsa bir düşüş meydana geliştirebilir. Yeşil renkte ise ufak çapta bir artış belirlenmiştir. B* değerlerine baktığımızda ise cyan, magenta ve mavi renklerde bir önceki geri dönüşüm aşamasına göre azda olsa bir artış meydana gelmiştir. Sarı, siyah, kırmızı ve yeşil renklerde ise küçük çaplı azalmalar tespit edilmiştir.



Şekil 4.50. VI. Geri dönüşüm aşamasında üretilen kağıda ait renk gamutu

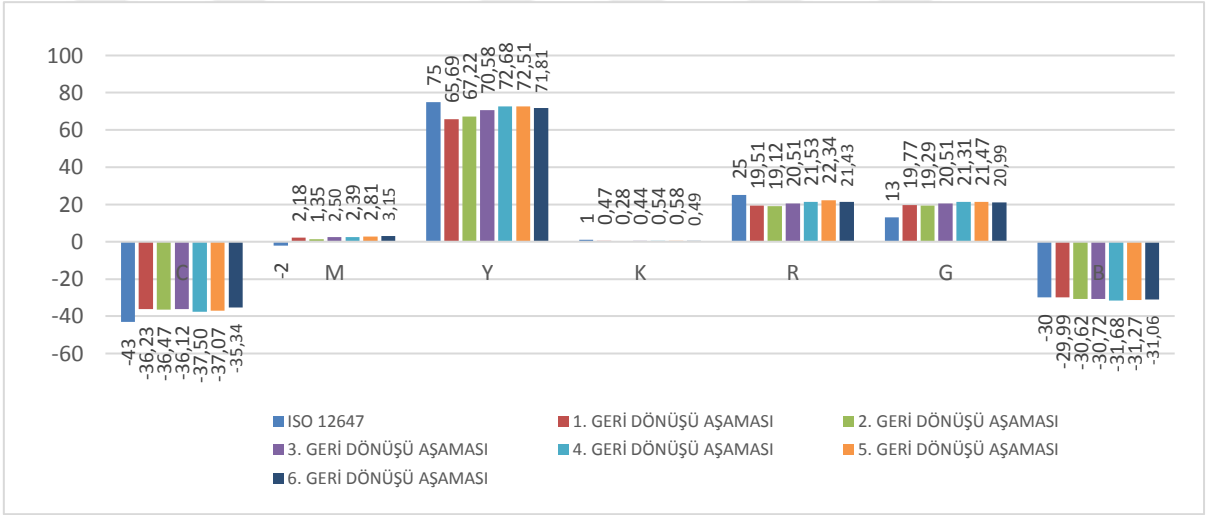
Aşağıda Şekil 4.51-4.52-4.53’de altı geri dönüşüm aşaması boyunca elde edilen L*a*b* değerlerine ait grafiksel gösterimler verilmiştir.



Şekil 4.51. Geri dönüşüm sayısının L* değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.52. Geri dönüşüm sayısının a* değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.53. Geri dönüşüm sayısının b* değerleri üzerine etkisi

4.6.3. Geri Dönüşüm Sayısının Kağıdın Fiziksel ve Optik Özellikler Üzerine Etkisini Gösteren İstatistiksel Değerlendirmeler

Aşağıda Çizelge 4.61’de geri dönüşüm sayısının kağıdın fiziksel özellikleri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre geri dönüşüm sayısının kağıdın tüm fiziksel özellikleri üzerine anlamlı bir etkisi olduğu ($p > .000$, $p > .001$) Çizelge 4.62’den anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.61. Geri dönüşüm sayısının kağıdın fiziksel özellikleri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Kopma uzunluğu (m)	Kontrol	4476b	17.47	4461	4495	.000
	1. Dönüşüm	*5466d	111.13	5384	5593	
	2. Dönüşüm	5301d	68.39	5222	5346	
	3. Dönüşüm	4957c	145.12	4814	5104	
	4. Dönüşüm	4448b	166.29	4276	4608	
	5. Dönüşüm	4157a	84.59	4087	4251	
	6. Dönüşüm	4071a	185.16	3865	4223	
Yırtılma İndisi (mN.m ² .gr)	Kontrol	3.95a	0.06	3.88	3.99	.000
	1. Dönüşüm	*6.37c	0.29	6.06	6.64	
	2. Dönüşüm	6.24c	0.20	6.02	6.42	
	3. Dönüşüm	5.74c	0.38	5.35	6.11	
	4. Dönüşüm	5.02b	0.46	4.52	5.43	
	5. Dönüşüm	4.96b	0.46	4.47	5.37	
	6. Dönüşüm	4.41ab	0.43	4.06	4.89	
Patlama İndisi (kPa m ² /gr)	Kontrol	2.20a	0.11	2.11	2.32	.000
	1. Dönüşüm	*3.39c	0.21	3.13	3.64	
	2. Dönüşüm	3.24c	0.18	3.05	3.48	
	3. Dönüşüm	2.85b	0.27	2.49	3.09	
	4. Dönüşüm	2.37a	0.14	2.29	2.59	
	5. Dönüşüm	2.34a	0.12	2.24	2.49	
	6. Dönüşüm	*2.14a	0.13	1.98	2.26	
Hava geçirgenliği (m ³ /dk)	Kontrol	688.02bc	5.66	684.00	692.00	.001
	1. Dönüşüm	*243.11a	9.74	236.22	250.00	
	2. Dönüşüm	250.91a	14.08	240.96	260.87	
	3. Dönüşüm	679.63bc	114.31	598.80	760.46	
	4. Dönüşüm	770.55bc	112.16	691.24	849.86	
	5. Dönüşüm	787.88c	135.49	692.04	883.65	
	6. Dönüşüm	554.44b	99.79	483.87	625.00	
Yoğunluk (gr/cm ³)	Kontrol	0.79c	0.05	0.74	0.83	.000
	1. Dönüşüm	0.62b	0.01	0.62	0.63	
	2. Dönüşüm	*0.63b	0.01	0.62	0.64	
	3. Dönüşüm	0.61ab	0.02	0.60	0.63	
	4. Dönüşüm	0.65b	0.03	0.62	0.67	
	5. Dönüşüm	0.65b	0.02	0.56	0.60	
	6. Dönüşüm	0.65b	0.02	0.62	0.66	
Kalınlık	Kontrol	110a	3.61	107.00	114.00	.000
	1. Dönüşüm	141b	1.53	140.00	143.00	
	2. Dönüşüm	139b	2.65	137.00	142.00	
	3. Dönüşüm	143b	3.61	139.00	146.00	
	4. Dönüşüm	*136b	5.00	131.00	141.00	
	5. Dönüşüm	138b	5.29	147.00	157.00	
	6. Dönüşüm	140b	5.20	134.00	143.00	
Hacimlilik (cm ³ /gr)	Kontrol	1.28a	0.04	1.25	1.33	.000
	1. Dönüşüm	1.61bc	0.02	1.59	1.63	
	2. Dönüşüm	1.58bc	0.03	1.56	1.61	
	3. Dönüşüm	1.63c	0.04	1.58	1.66	
	4. Dönüşüm	*1.55bc	0.06	1.49	1.60	
	5. Dönüşüm	1.53b	0.06	1.67	1.78	
	6. Dönüşüm	1.59bc	0.06	1.52	1.63	

Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır. “” işareti ile gösterilen değerler kağıt özelliklerinde istenilen değerleri ifade etmektedir.

Yapılan Duncan testine göre kopma uzunluğunda I., III., IV. V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Duncan testine göre sadece I. ve II. geri dönüşüm aşamasına ait kopma uzunluğu değeri arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum Patlama indisinde ve hava geçirgenliği değerlerinde de söz konusu olmuştur. Yine Duncan testine göre yırtılma indisinde I., IV., V. ve VI. geri

dönüşüm aşaması sonunda ölçülen yırtılma indisi sonuçlarına göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Yapılan Duncan testine göre sadece I., II. ve III. geri dönüşüm aşamasına ait yırtılma indisi değerleri arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Yoğunluk, kalınlık ve hacimlilik değerlerinde ise yapılan Duncan testine göre I., II., III., IV., ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Aşağıda Çizelge 4.62’de geri dönüşüm sayısının kağıdın optik özellikleri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre geri dönüşüm sayısının kağıdın tüm optik özellikleri üzerine anlamlı bir etkisi olduğu ($p>.000$) Çizelge 4.63’ten anlaşılmaktadır.

Yapılan Duncan testine göre beyazlık, sarılık CIE beyazlık, a*, b*, opaklık ve ERIC değerlerinde I., II., III., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. L* değerinde ise II., III. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Duncan testine göre parlaklık değerinde ise I., II., III., V., ve VI. geri dönüşüm aşamaları sonunda elde edilen değerlerde %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.62. Geri dönüşüm sayısının kağıdın optik özellikleri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Beyazlık (% ISO)	Kontrol	80.12e	0.35	79.80	80.50	.000
	1. Dönüşüm	73.43a	0.60	72.80	74.00	
	2. Dönüşüm	76.32b	0.82	75.57	77.20	
	3. Dönüşüm	78.24cd	0.30	78.02	78.59	
	4. Dönüşüm	79.17cde	0.91	78.21	80.01	
	5. Dönüşüm	*79.25de	0.48	78.90	79.80	
	6. Dönüşüm	78.12c	0.13	77.97	78.21	
Parlaklık (% ISO)	Kontrol	98.47c	0.51	97.96	98.98	.000
	1. Dönüşüm	86.01a	0.68	85.60	86.80	
	2. Dönüşüm	86.07a	0.55	85.70	86.70	
	3. Dönüşüm	86.11a	0.06	86.06	86.17	
	4. Dönüşüm	*87.43b	0.68	87.01	88.22	
	5. Dönüşüm	86.07a	0.91	85.17	86.99	
	6. Dönüşüm	85.99a	0.15	85.83	86.13	
Sarılık (E313)	Kontrol	-27.66a	0.43	-28.01	-27.18	.000
	1. Dönüşüm	*-20.11b	0.07	-20.18	-20.05	
	2. Dönüşüm	-14.77d	0.13	-14.89	-14.63	
	3. Dönüşüm	-9.01g	0.55	-9.55	-8.45	
	4. Dönüşüm	-11.75e	0.26	-12.04	-11.55	
	5. Dönüşüm	-10.21f	0.07	-10.28	-10.15	
	6. Dönüşüm	-19.18c	0.42	-19.66	-18.88	
CIE Beyazlık	Kontrol	145.85g	0.28	145.57	146.12	.000
	1. Dönüşüm	*124.99f	1.05	124.02	126.11	
	2. Dönüşüm	114.08e	0.10	114.01	114.20	
	3. Dönüşüm	101.58b	0.36	101.20	101.92	
	4. Dönüşüm	110.18d	0.16	110.01	110.32	
	5. Dönüşüm	105.77c	0.82	104.99	106.63	
	6. Dönüşüm	96.54a	0.45	96.12	97.01	

Çizelge 4.62. Devamı

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
L	Kontrol	91.74c	0.22	91.52	91.95	.000
	1. Dönüşüm	88.61a	0.56	88.22	89.25	
	2. Dönüşüm	90.01b	0.87	89.01	90.54	
	3. Dönüşüm	90.89bc	0.10	90.79	90.98	
	4. Dönüşüm	*91.62c	0.39	91.24	92.02	
	5. Dönüşüm	91.35c	0.60	90.92	92.04	
	6. Dönüşüm	90.84bc	0.31	90.48	91.02	
A	Kontrol	3.8e	0.19	3.59	3.96	.000
	1. Dönüşüm	*3.67e	0.07	3.61	3.74	
	2. Dönüşüm	2.7d	0.28	2.43	2.98	
	3. Dönüşüm	1.51a	0.09	1.44	1.61	
	4. Dönüşüm	2.15c	0.17	2.04	2.35	
	5. Dönüşüm	1.88b	0.07	1.80	1.92	
	6. Dönüşüm	1.5a	0.03	1.47	1.53	
B	Kontrol	-14.29a	0.36	-14.69	-13.99	.000
	1. Dönüşüm	*-10.86b	0.23	-11.12	-10.68	
	2. Dönüşüm	-8.02c	0.30	-8.32	-7.73	
	3. Dönüşüm	-4.98f	0.14	-5.12	-4.84	
	4. Dönüşüm	-6.52d	0.41	-6.94	-6.12	
	5. Dönüşüm	-5.69e	0.05	-5.74	-5.64	
	6. Dönüşüm	-3.92g	0.06	-3.99	-3.88	
Opaklık (%)	Kontrol	92.9a	0.21	92.70	93.12	.000
	1. Dönüşüm	*97.55e	0.39	97.22	97.98	
	2. Dönüşüm	95.57d	0.14	95.44	95.72	
	3. Dönüşüm	94.57c	0.18	94.40	94.76	
	4. Dönüşüm	94.22bc	0.12	94.13	94.36	
	5. Dönüşüm	94.01b	0.13	93.89	94.14	
	6. Dönüşüm	93.89b	0.13	93.76	94.01	
ERIC (ppm)	Kontrol	86a	4.73	156.00	165.00	.000
	1. Dönüşüm	251.92f	1.15	251.00	253.00	
	2. Dönüşüm	160.56e	0.58	160.00	161.00	
	3. Dönüşüm	135.56d	0.58	135.00	136.00	
	4. Dönüşüm	117.44c	0.58	117.00	118.00	
	5. Dönüşüm	116.67bc	0.58	116.00	117.00	
	6. Dönüşüm	*115.93b	0.00	116.00	116.00	

Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır. “” işareti ile gösterilen değerler kağıt özelliklerinde istenilen değerleri ifade etmektedir.

Aşağıda Çizelge 4.63’te geri dönüşüm sayısının kağıt hamuru üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.63. Geri dönüşüm sayısının lif tasnifine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
16 Mesh (g)	1. Dönüşüm	0.26b	0.09	0.17	0.35	.000
	2. Dönüşüm	0.51c	0.11	0.39	0.61	
	3. Dönüşüm	0.27b	0.06	0.21	0.33	
	4. Dönüşüm	0.20b	0.05	0.17	0.26	
	5. Dönüşüm	0.05a	0.02	0.04	0.07	
	6. Dönüşüm	0.02a	0.01	0.02	0.03	
30 Mesh (g)	1. Dönüşüm	3.10c	0.27	2.80	3.32	.000
	2. Dönüşüm	2.45b	0.20	2.25	2.65	
	3. Dönüşüm	0.79a	0.07	0.71	0.83	
	4. Dönüşüm	0.62a	0.13	0.51	0.76	
	5. Dönüşüm	0.60a	0.12	0.49	0.73	
	6. Dönüşüm	0.71a	0.06	0.66	0.77	
50 Mesh (g)	1. Dönüşüm	1.77d	0.10	1.70	1.89	.000
	2. Dönüşüm	1.11c	0.12	1.02	1.24	
	3. Dönüşüm	0.47a	0.13	0.40	0.62	
	4. Dönüşüm	0.64b	0.06	0.60	0.71	
	5. Dönüşüm	0.70b	0.01	0.69	0.71	
	6. Dönüşüm	0.59ab	0.06	0.52	0.64	

Çizelge 4.63. Devamı

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
100 Mesh (g)	1. Dönüşüm	2.10e	0.10	2.04	2.21	.000
	2. Dönüşüm	1.69c	0.11	1.59	1.81	
	3. Dönüşüm	1.89d	0.05	1.83	1.92	
	4. Dönüşüm	1.47b	0.06	1.42	1.54	
	5. Dönüşüm	1.48b	0.07	1.43	1.56	
	6. Dönüşüm	1.14a	0.04	1.11	1.18	
200 Mesh (g)	1. Dönüşüm	0.32a	0.08	0.26	0.41	.000
	2. Dönüşüm	1.73b	0.09	1.63	1.79	
	3. Dönüşüm	2.17c	0.07	2.10	2.23	
	4. Dönüşüm	2.10c	0.17	2.00	2.30	
	5. Dönüşüm	1.79b	0.08	1.73	1.88	
	6. Dönüşüm	1.63b	0.04	1.59	1.66	
Kırıntı Lif	1. Dönüşüm	2.46	-	-	-	
	2. Dönüşüm	2.51	-	-	-	
	3. Dönüşüm	4.42	-	-	-	
	4. Dönüşüm	4.98	-	-	-	
	5. Dönüşüm	5.38	-	-	-	
	6. Dönüşüm	5.91	-	-	-	

*Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre geri dönüşüm sayısının lif tasnifine tüm eleklerde anlamlı bir etkisi olduğu ($p > .000$) Çizelge 4.63'den anlaşılmaktadır.

Yapılan Duncan testine göre 16 mesh'lik elekte I., II., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., III. ve IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Duncan testine göre 30 mesh'lik elekte I., II., III., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. III., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine yapılan Duncan testine göre 50 mesh'lik elekte I., II., III., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

100 mesh'lik elek için yapılan Duncan testine göre I., II., III., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise

Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Duncan testine göre 200 mesh'lik elekte I. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. II., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

4.6.4. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı özellikleri üzerine etkisini gösteren istatistiksel değerlendirmeler

Aşağıda Çizelge 4.64'te geri dönüşüm sayısının baskı densitesi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre geri dönüşüm sayısının baskı densitesinin tüm renkleri üzerine anlamlı bir etkisi olduğu ($p>.000$, $p>.029$, $p>.009$) Çizelge 4.65'den anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.64. Geri dönüşüm sayısının densite üzerine etkisini gösteren Duncan testi sonuçları

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Cyan	1. Dönüşüm	0.84a	0.02	0.82	0.86	.000
	2. Dönüşüm	0.84a	0.00	0.84	0.84	
	3. Dönüşüm	0.87ab	0.03	0.84	0.90	
	4. Dönüşüm	0.88ab	0.02	0.86	0.89	
	5. Dönüşüm	0.88b	0.01	0.87	0.89	
	6. Dönüşüm	*1.19c	0.03	1.16	1.22	
Magenta	1. Dönüşüm	0.94ab	0.03	0.91	0.96	.029
	2. Dönüşüm	0.91a	0.00	0.91	0.91	
	3. Dönüşüm	0.95bc	0.02	0.93	0.96	
	4. Dönüşüm	0.96bc	0.01	0.95	0.97	
	5. Dönüşüm	0.97c	0.01	0.96	0.97	
	6. Dönüşüm	*1.12d	0.01	1.10	1.13	
Sarı	1. Dönüşüm	1.10abc	0.03	1.07	1.12	.000
	2. Dönüşüm	1.09ab	0.01	1.08	1.09	
	3. Dönüşüm	1.11bc	0.02	1.09	1.12	
	4. Dönüşüm	1.13cd	0.02	1.11	1.15	
	5. Dönüşüm	*1.15d	0.02	1.13	1.17	
	6. Dönüşüm	1.06a	0.04	1.02	1.10	
Siyah	1. Dönüşüm	1.33b	0.04	1.29	1.37	.009
	2. Dönüşüm	1.28a	0.03	1.25	1.30	
	3. Dönüşüm	1.34bc	0.03	1.31	1.37	
	4. Dönüşüm	1.36bc	0.02	1.33	1.38	
	5. Dönüşüm	*1.39c	0.01	1.38	1.39	
	6. Dönüşüm	1.29a	0.01	1.28	1.29	

**Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır. "*" işareti ile gösterilen değerler standartlara en yakın değerleri ifade etmektedir.

Yapılan Duncan testine göre cyan renkte elde edilen değerler arasında I., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., III., ve IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların

olmadığı tespit edilmiştir. Yine Duncan testine göre magenta renkte elde edilen değerler arasında I., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I. ve II. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ve III. ve IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Sarı renk için yapılan Duncan testine göre I., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I. ve II. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Yine yapılan Duncan testine göre siyah renkte elde edilen değerler arasında I.,II., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., III., ve IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Aşağıda Çizelge 4.65’de geri dönüşüm sayısının baskı kroma değeri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.65. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı kroması üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Cyan	1. Dönüşüm	39.34a	0.51	38.82	39.85	.000
	2. Dönüşüm	40.10b	0.17	39.92	40.27	
	3. Dönüşüm	40.26b	0.04	40.22	40.29	
	4. Dönüşüm	41.56c	0.06	41.50	41.62	
	5. Dönüşüm	41.20c	0.09	41.11	41.28	
	6. Dönüşüm	*52.54d	0.15	52.39	52.69	
Magenta	1. Dönüşüm	47.79a	0.08	47.71	47.87	.029
	2. Dönüşüm	47.81a	0.35	47.46	48.17	
	3. Dönüşüm	49.29a	0.17	49.13	49.46	
	4. Dönüşüm	50.00a	0.48	49.52	50.48	
	5. Dönüşüm	42.99a	12.99	27.99	50.59	
	6. Dönüşüm	*60.79b	0.03	60.76	60.82	
Sarı	1. Dönüşüm	65.78a	0.06	65.71	65.84	.000
	2. Dönüşüm	67.32b	0.59	66.73	67.91	
	3. Dönüşüm	70.68c	0.26	70.42	70.94	
	4. Dönüşüm	72.83d	0.03	72.80	72.86	
	5. Dönüşüm	72.65d	0.76	71.89	73.40	
	6. Dönüşüm	*72.96d	0.81	72.15	73.76	
Siyah	1. Dönüşüm	2.82b	0.08	2.74	2.91	.009
	2. Dönüşüm	2.96b	0.06	2.90	3.03	
	3. Dönüşüm	1.93a	1.08	0.85	3.00	
	4. Dönüşüm	3.14b	0.00	3.14	3.14	
	5. Dönüşüm	*3.27b	0.03	3.24	3.30	
	6. Dönüşüm	2.01a	0.06	1.95	2.07	

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre geri dönüşüm sayısının baskı kroma değerinin tüm renkleri üzerine anlamlı bir etkisi olduğu ($p>.000$, $p>.029$, $p>.009$) Çizelge 4.66'den anlaşılmaktadır.

Yapılan Duncan testine göre cyan renkte elde edilen değerler arasında I., II., III., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. II. ile III. geri dönüşüm aşaması ve IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine Duncan testine göre magenta renkte elde edilen değerler arasında I. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., III., IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Sarı renk için yapılan Duncan testine göre I., II., III., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine yapılan Duncan testine göre siyah renkte elde edilen değerler arasında I., III. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., IV., ve V geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ve III. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Aşağıda Çizelge 4.66'da geri dönüşüm sayısının nokta kazancı (%80'lik tram alanı) değeri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre geri dönüşüm sayısının baskı kroma değerinin cyan magenta ve siyah renkleri üzerine anlamlı bir etkisi olduğu ($p>.000$) sarsı rengin üzerine ise anlamlı bir etkisi olmadığı ($p.<109$) Çizelge 4.66'dan anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.66. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital nokta kazancı (%80'lik tram alanı) üzerine etkisini gösteren Duncan testi sonuçları

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Cyan	1. Dönüşüm	20.45c	0.15	20.30	20.60	.000
	2. Dönüşüm	20.60c	0.20	20.40	20.80	
	3. Dönüşüm	20.05b	0.15	19.90	20.20	
	4. Dönüşüm	20.55c	0.15	20.40	20.70	
	5. Dönüşüm	20.05b	0.05	20.00	20.10	
	6. Dönüşüm	*18.75a	0.05	18.70	18.80	
Magenta	1. Dönüşüm	7.50a	0.60	6.90	8.10	.000
	2. Dönüşüm	7.15a	0.15	7.00	7.30	
	3. Dönüşüm	7.65a	0.05	7.60	7.70	
	4. Dönüşüm	7.55a	0.35	7.20	7.90	
	5. Dönüşüm	7.55a	0.15	7.40	7.70	
	6. Dönüşüm	*12.50b	0.00	12.50	12.50	
Sarı	1. Dönüşüm	19.30ab	0.10	19.20	19.40	.109
	2. Dönüşüm	18.80ab	0.10	18.70	18.90	
	3. Dönüşüm	19.35b	0.15	19.20	19.50	
	4. Dönüşüm	18.95ab	0.05	18.90	19.00	
	5. Dönüşüm	19.30ab	0.30	19.00	19.60	
	6. Dönüşüm	*18.65a	0.75	17.90	19.40	
Siyah	1. Dönüşüm	8.75b	0.35	8.40	9.10	.000
	2. Dönüşüm	8.20a	0.10	8.10	8.30	
	3. Dönüşüm	9.00bc	0.10	8.90	9.10	
	4. Dönüşüm	9.70de	0.10	9.60	9.80	
	5. Dönüşüm	9.30cd	0.10	9.20	9.40	
	6. Dönüşüm	*9.90e	0.40	9.50	10.30	

**Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır. “*” işareti ile gösterilen değerler standartlara en yakın değerleri ifade etmektedir.

Yapılan Duncan testine göre cyan renkte elde edilen değerler arasında I., III., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II. ve IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ve III. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine Duncan testine göre magenta renkte elde edilen değerler arasında I. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., III., IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Sarı renk için yapılan Duncan testine göre I., II., III., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine yapılan Duncan testine göre siyah renkte elde edilen değerler arasında I., II., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I. ve III. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen

değerler arasında ve Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Aşağıda Çizelge 4.67’de geri dönüşüm sayısının baskı kontrastlığına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.67. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı kontrastlığı üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Cyan	1. Dönüşüm	*100c	0.00	100.00	100.00	.000
	2. Dönüşüm	*100c	0.00	100.00	100.00	
	3. Dönüşüm	99.65b	0.35	99.30	100.00	
	4. Dönüşüm	*100c	0.00	100.00	100.00	
	5. Dönüşüm	*100c	0.00	100.00	100.00	
	6. Dönüşüm	97.85a	0.25	97.60	98.10	
Magenta	1. Dönüşüm	82.25a	1.15	81.10	83.40	.000
	2. Dönüşüm	82.90ab	0.10	82.80	83.00	
	3. Dönüşüm	83.55b	0.15	83.40	83.70	
	4. Dönüşüm	82.70ab	0.30	82.40	83.00	
	5. Dönüşüm	82.90ab	0.20	82.70	83.10	
	6. Dönüşüm	*88.65c	0.25	88.40	88.90	
Sarı	1. Dönüşüm	96.20a	0.20	96.00	96.40	.001
	2. Dönüşüm	96.25a	0.25	96.00	96.50	
	3. Dönüşüm	96.55ab	0.05	96.50	96.60	
	4. Dönüşüm	96.25a	0.05	96.20	96.30	
	5. Dönüşüm	96.70bc	0.10	96.60	96.80	
	6. Dönüşüm	*97.00c	0.30	96.70	97.30	
Siyah	1. Dönüşüm	83.45a	0.45	83.00	83.90	.000
	2. Dönüşüm	83.65a	0.05	83.60	83.70	
	3. Dönüşüm	84.50b	0.30	84.20	84.80	
	4. Dönüşüm	85.25c	0.25	85.00	85.50	
	5. Dönüşüm	85.15c	0.15	85.00	85.30	
	6. Dönüşüm	*87.25d	0.15	87.10	87.40	

**Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır. “*” işareti ile gösterilen değerler standartlara en yakın değerleri ifade etmektedir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre geri dönüşüm sayısının baskı kroma değerinin tüm renkleri üzerine anlamlı bir etkisi olduğu ($p>.000$, $p>.001$) Çizelge 4.68’den anlaşılmaktadır.

Yapılan Duncan testine göre cyan renkte elde edilen değerler arasında I., III. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine Duncan testine göre magenta renkte elde edilen değerler arasında I., III. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Sarı renk için yapılan Duncan testine göre I., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., III., ve IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine yapılan Duncan testine göre siyah renkte elde edilen değerler arasında I., III., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I. ve II. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ve IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Aşağıda Çizelge 4.68’de geri dönüşüm sayısının gloss 60° değeri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre geri dönüşüm sayısının baskı kroma değerinin tüm renkleri üzerine anlamlı bir etkisi olduğu ($p>.000$) Çizelge 4.68’den anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.68. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı gloss 60° üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Cyan	1. Dönüşüm	2.50a	0.10	2.40	2.60	.000
	2. Dönüşüm	2.60a	0.00	2.60	2.60	
	3. Dönüşüm	2.40a	0.10	2.30	2.50	
	4. Dönüşüm	2.35a	0.05	2.30	2.40	
	5. Dönüşüm	2.45a	0.05	2.40	2.50	
	6. Dönüşüm	*4.10b	0.30	3.80	4.40	
Magenta	1. Dönüşüm	2.30a	0.00	2.30	2.30	.000
	2. Dönüşüm	2.35a	0.05	2.30	2.40	
	3. Dönüşüm	2.15a	0.05	2.10	2.20	
	4. Dönüşüm	2.20a	0.00	2.20	2.20	
	5. Dönüşüm	2.25a	0.05	2.20	2.30	
	6. Dönüşüm	*4.60b	0.30	4.30	4.90	
Sarı	1. Dönüşüm	3.50a	0.10	3.40	3.60	.000
	2. Dönüşüm	3.65b	0.05	3.60	3.70	
	3. Dönüşüm	3.60c	0.00	3.60	3.60	
	4. Dönüşüm	3.45d	0.05	3.40	3.50	
	5. Dönüşüm	3.55d	0.05	3.50	3.60	
	6. Dönüşüm	*5.85d	0.05	5.80	5.90	
Siyah	1. Dönüşüm	1.40b	0.10	1.30	1.50	.000
	2. Dönüşüm	1.50b	0.00	1.50	1.50	
	3. Dönüşüm	1.50a	0.00	1.50	1.50	
	4. Dönüşüm	1.30b	0.00	1.30	1.30	
	5. Dönüşüm	1.45d	0.05	1.40	1.50	
	6. Dönüşüm	*3.75d	0.05	3.70	3.80	

**Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır. “*” işareti ile gösterilen değerler standartlara en yakın değerleri ifade etmektedir.

Yapılan Duncan testine göre cyan renkte elde edilen değerler arasında I. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., III., IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine Duncan testine göre magenta renkte elde edilen değerler arasında I. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., III., IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Sarı renk için yapılan Duncan testine göre I., II., III., IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. IV., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine yapılan Duncan testine göre siyah renkte elde edilen değerler arasında I., III., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II. ve IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Aşağıda Çizelge 4.70'de geri dönüşüm sayısının gloss 60° değeri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre geri dönüşüm sayısının % 40 nokta kazancı değerinin tüm renkleri üzerine anlamlı bir etkisi olduğu ($p > .000$, $p > .013$) Çizelge 4.69'dan anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.69. Geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı nokta kazancı (%40'lık tram alanı) üzerine etkisini gösteren Duncan testi sonuçları

Özellikler	Geri dönüşüm	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Cyan	1. Dönüşüm	*22.05a	0.55	21.50	22.60	.013
	2. Dönüşüm	23.00ab	0.10	22.90	23.10	
	3. Dönüşüm	*22.05a	0.85	21.20	22.90	
	4. Dönüşüm	22.75a	0.25	22.50	23.00	
	5. Dönüşüm	22.60a	0.80	21.80	23.40	
	6. Dönüşüm	23.85b	0.05	23.80	23.90	
Magenta	1. Dönüşüm	7.10a	1.60	5.50	8.70	.000
	2. Dönüşüm	7.45a	0.45	7.00	7.90	
	3. Dönüşüm	7.35a	0.55	6.80	7.90	
	4. Dönüşüm	7.75a	0.35	7.40	8.10	
	5. Dönüşüm	6.50a	0.00	6.50	6.50	
	6. Dönüşüm	*19.75b	0.15	19.60	19.90	
Sarı	1. Dönüşüm	*19.25c	0.15	19.10	19.40	.000
	2. Dönüşüm	16.50a	0.60	15.90	17.10	
	3. Dönüşüm	17.25b	0.35	16.90	17.60	
	4. Dönüşüm	18.65c	0.15	18.50	18.80	
	5. Dönüşüm	17.40b	0.30	17.10	17.70	
	6. Dönüşüm	22.55d	0.65	21.90	23.20	
Siyah	1. Dönüşüm	5.05a	0.75	4.30	5.80	.000
	2. Dönüşüm	4.90a	0.20	4.70	5.10	
	3. Dönüşüm	5.10a	0.30	4.80	5.40	
	4. Dönüşüm	5.90b	0.10	5.80	6.00	
	5. Dönüşüm	4.75a	0.35	4.40	5.10	
	6. Dönüşüm	*10.05c	0.55	9.50	10.60	

**Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır. “*” işareti ile gösterilen değerler standartlara en yakın değerleri ifade etmektedir.

Yapılan Duncan testine göre cyan renkte elde edilen değerler arasında I. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanlış olma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., III., IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanlış olma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine Duncan testine göre magenta renkte elde edilen değerler arasında I. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanlış olma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I., II., III., IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanlış olma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Sarı renk için yapılan Duncan testine göre I. II., III., V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında %5 yanlış olma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. I. ve IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ve III. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında Duncan testine göre %5 yanlış olma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Yine yapılan Duncan testine göre siyah renkte elde edilen değerler arasında I., IV. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %5 yanlış olma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların

olduğu tespit edilmiştir. I., II., III., ve V. geri dđnüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler arasında ise Duncan testine göre %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada atık kağıtların geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında INGEDE 11p standardına göre hazırlanmış olan referans kağıtlar 6 kez geri dönüştürülmüş ve her geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıdın optik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Her geri dönüşüm aşamasına ait lif tasnifi işlemleri yapılmıştır. Çalışmanın asıl amacı ise her geri dönüşüm aşaması sonunda üretilen kağıtların inkjet dijital baskı kalitelerinin birçok parametre ile belirlenmesidir.

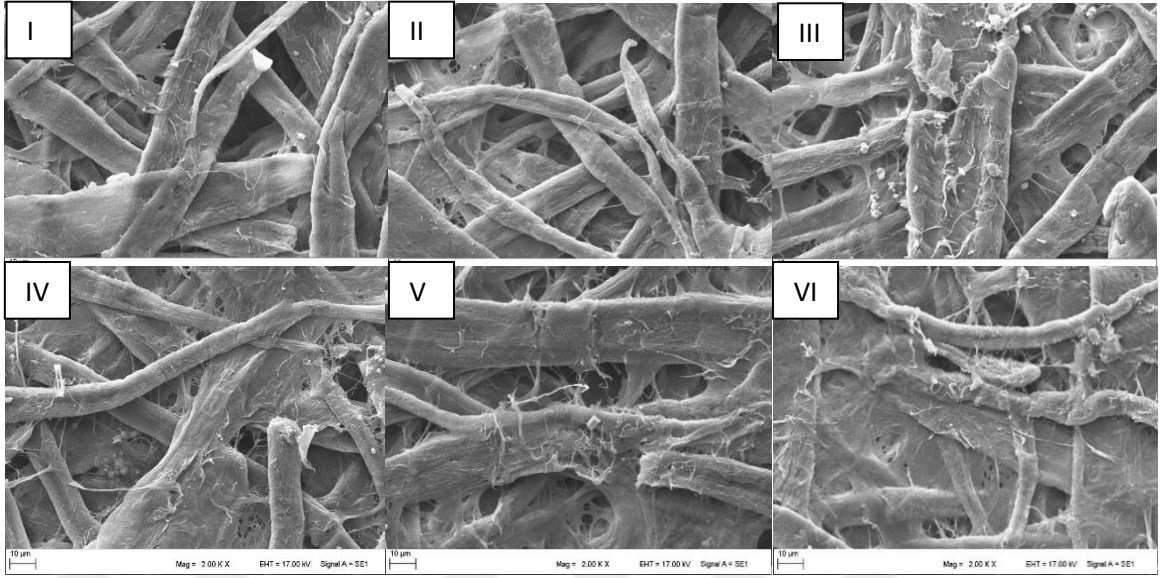
5.1. Atık Kağıtların Geri Dönüşüm Sayısının Kağıdın Fiziksel ve Optik Özellikleri Üzerine Etkisi

Çalışma sonuçlarına göre geri dönüşüm sayısı arttıkça üretilen kağıtların kopma uzunluklarının kademeli bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. I. geri dönüşüm aşaması sonunda kopma uzunluğu 5466 metre iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda yaklaşık %26.5'lük bir azalma ile 4071 metre olmuştur. Bu durum yine üretilen kağıtların yırtılma ve patlama indislerinde de görülmüştür. Yırtılma indisi değeri ilk geri dönüşüm aşaması sonunda 6.37 birim iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda yaklaşık %31'lik bir azalma ile 4.41 birime düşmüştür. Patlama indisi değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 3.39 birim iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda yaklaşık %37 oranında azalmayla 2.14 birime düşmüştür. Hava geçirgenliği değerinin V. geri dönüşüm aşaması sonunda zirveye çıktığı ve pik değere ulaştığı VI. geri dönüşüm aşaması sonunda ise düşüşe geçtiği görülmüştür. I. geri dönüşüm aşaması sonunda 243 olan hava geçirgenliği V. geri dönüşüm aşaması sonunda %224'lük bir artış göstermiş ve 788'e ulaşmıştır. V. geri dönüşüm aşamasında ise tekrar %30'lük bir azalma olmuş ve hava geçirgenliği değeri 554 birime düşmüştür.

Yine çalışma sonuçlarına göre beyazlık değeri V. geri dönüşüm aşaması sonunda pik değere ulaşmış ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda düşüşe geçtiği belirlenmiştir. Beyazlık değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda %73 iken V. geri dönüşüm aşaması sonunda %8 artışla 79 birim olmuştur. Sarılık değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda -20 iken III. geri dönüşüm aşaması sonunda en yüksek değere ulaşmış ve %55'lik artışla %-9'a ulaşmıştır. VI. geri dönüşüm aşaması sonunda ise %211'lik düşüşle -19'a ulaşmıştır. CIE beyazlık değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 125 birim iken VI. geri dönüşüm aşaması

sonunda yaklaşık %23'lük bir azalmayla 96'ya gerilemiştir. L* değeri VI geri dönüşüm aşaması boyunca inişli çıkışlı bir grafik izlemiştir. VI. geri dönüşüm aşaması sonunda I. geri dönüşüm aşamasına göre %2.5'luk bir azalma meydana gelmiştir. Parlaklık değeri her aşamaya uygulanan ağartma uygulamaları (%0.4 FAS +H₂O₂) aynı olduğundan dolayı yaklaşık olarak 86 değerinde stabil kalmıştır. a* değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 3.60 değerine sahip iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda yaklaşık %60'lık bir azalmayla 1.50 değerine gerilemiştir. B* değeri genel olarak baktığımızda 6 geri dönüşüm aşaması boyunca negatif değerden pozitif değere meyletmıştır. I. geri dönüşüm aşaması sonunda b* değeri 10.86 iken yaklaşık % 64 oranında bir artışla -3.92'ye ulaşmıştır. Geri dönüşüm sayısı arttıkça opaklık değerlerinde bir azalma olduğu tespit edilmiştir. I. geri dönüşüm aşaması sonunda 97.55 olan opaklık değerinde VI. geri dönüşüm aşaması sonunda yaklaşık %4'lük bir azalma meydana gelmiş ve opaklık değeri 93.89 olmuştur. ERIC değerlerinin ise yine her geri dönüşüm aşaması sonunda kademeli bir şekilde azaldığı belirlenmiştir. İlk geri dönüşüm aşaması sonunda 251 olan ERIC değeri VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %54'lük bir azalma ile 115'e gerilemiştir.

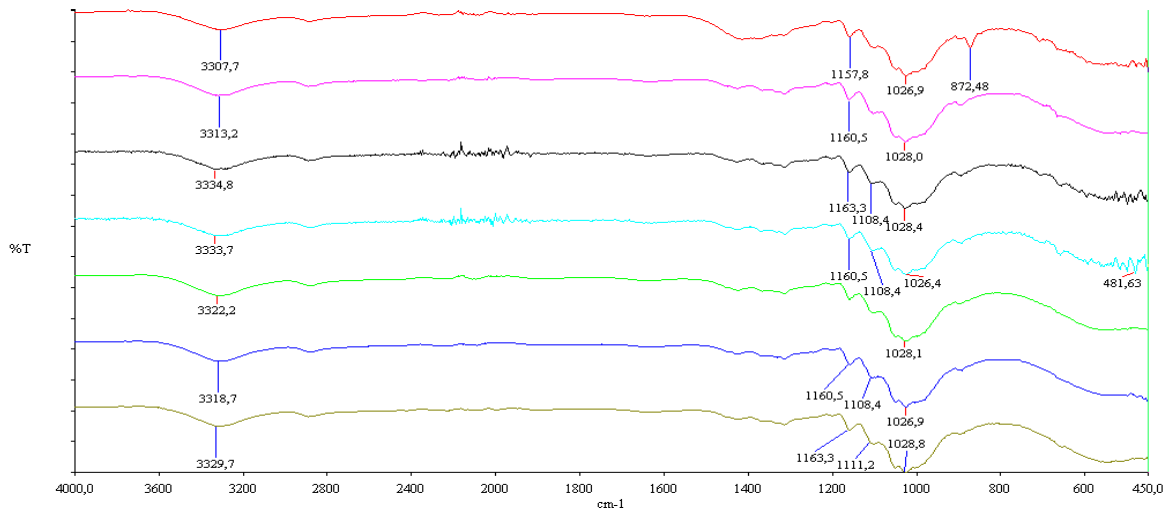
Lif tasnifi değerleri incelendiğinde her geri dönüşüm aşaması sonunda lif boyutları küçülmüş ve liflerin büyük çoğunluğu 100 ve 200 mesh'lik eleklerde birikme eğilimine girmiştir. Yine geri dönüşüm sayısı arttıkça kırıntı lif miktarı da artmıştır. VI. geri dönüşüm aşaması sonunda 16 mesh'lik elekte neredeyse lif kalmamıştır. Altı geri dönüşüm aşaması sonunda liflerin neredeyse %60'lık kısmı kırıntı life dönüşmüş ve atık sulara karışmıştır. İlk geri dönüşüm aşaması sonunda kullanılan kağıt hamurunun % 31'ini oluşturan 30 mesh'lik elekte VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %7.1'e düşmüştür. 200 mesh'lik elekte ise ilk geri dönüşüm aşaması sonunda biriken lifle kullanılan tüm kağıt hamurunun %3.2 sini oluştururken bu oran VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %16.3'e yükselmiştir. Aşağıda Şekil 5.1'te kontrol ve 6 geri dönüşüm aşamaları sonunda çekilen SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 5.1. VI geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait SEM görüntüleri (2000x)

SEM görüntüleri incelendiğinde liflerde deformasyon her geri dönüşüm sonrasında artmış ve lifin yapısındaki değişiklikler elde edilen görüntülerde fark edilmiştir. Her geri dönüşüm aşamasından sonra liflerin kısaldığı saçaklanmanın arttığı ve lif yüzey alanının genişlemiş olduğu söylenebilir. Lifler hornifikasyona uğramış ve VI geri dönüşüm aşaması sonunda oval şekilden düz bir şekle geçmiştir.

Aşağıda Şekil 5.2’te referans kağıt ve 6 geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen kağıtlara ait FTIR spektrumları toplu grafiği verilmiştir.



Şekil 5.2. Referans kağıt ve VI geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen FTIR spektrumları

Şekil 5.2'deki FTIR görüntüleri incelendiğinde, her bir geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen selülozların FTIR spektrum değerlerinde küçük farklılıklar görülmektedir. Bu küçük değer farklılıkları, her geri dönüşüm sonrasında selüloz liflerinden mürekkep partikülleri ve dolgu maddelerinden uzaklaştırılması sonrasında daha saf selüloz kaynağının kaldığı şeklinde düşünülmektedir. Bu durum ERIC değerlerinden de anlaşılacağı gibi kağıt hamuru içerisinde bulunan mürekkep konsantrasyon miktarının azalması ile selüloz pik değerlerinin daha belirgin hale gelmesi arasında kuvvetli bir bağ olduğunu göstermektedir.

5.2. Atık Kağıtların Geri Dönüşüm Sayısının İnkjet Dijital Baskı Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması

Çalışma verilerine bakıldığında cyan rengin densite değeri ilk geri dönüşüm aşaması sonunda 0.84 iken VI geri dönüşüm aşaması sonunda yaklaşık %42'lik bir değer artışı ile 1.19 'a ulaşmıştır. Magenta rengin densite değeri ise ilk geri dönüşüm aşaması sonunda 0.94 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %19'luk bir değer artışı yaşamış ve 1.12'ye ulaşmıştır. Sarı rengin densite değeri ise ilk geri dönüşüm aşaması sonunda 1.10 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %4'lük bir azalma ile 1.06 değerine gerilemiştir. Siyah rengin densite değeri ilk geri dönüşüm aşaması sonunda 1.33 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %3'lük bir azalma ile 1.29'a gerilemiştir. Araştırma verileri dikkatlice incelendiğinde optimum densite değerleri küçük farklılıklarla V ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilmiştir. Bu geri dönüşüm aşamaları sonunda elde edilen değerlerin standart değerlere daha yakın olduğu görülmektedir.

%80'lik tram alanı nokta kazancı değerleri incelendiğinde I. geri dönüşüm aşaması sonunda cyan rengin %80'lik nokta kazancı değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 20.45 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %8.5'luk bir azalma ile 18.75 değerine ulaşmıştır. Magenta nokta kazancı değerine baktığımızda I. geri dönüşüm aşaması sonunda 7.5 olan değer VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %66 oranında artarak 12.5' e ulaşmıştır. Sarı renkte ise ilk geri dönüşüm aşaması sonunda 19.3 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %4'lük bir azalma gerçekleşmiş ve 18.65 değerine gerilemiştir. Siyah renkte ise I. geri dönüşüm aşaması sonunda 8.75 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %13 oranında bir değer artışı ile 9.90'a ulaşmıştır. %80'lik tram alanı optimum değerlerinin VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edildiği belirlenmiştir. VI. geri dönüşüm aşaması sonunda

ölçülen nokta kazancı değerlerinin standart değerlere daha yakın değerler olduğu tespit edilmiştir.

%40'lık tram alanı nokta kazancı değerleri incelendiğinde ilk geri dönüşüm aşaması sonunda cyan rengin nokta kazancı değeri 22.05 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %8 artış göstererek 23.85'e ulaşmıştır. Magenta rengin nokta kazancı değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 7.1 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %178'lik bir değer artışı ile 19.75'e ulaşmıştır. Sarı renkte ise I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değer 19.25'tir. Bu değer VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %17'lik değer artışı ile 22.55'e ulaşmıştır. Siyah rengin nokta kazancı değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 5.05 iken %99'luk bir değer artışı ile VI. geri dönüşüm aşaması sonunda 10.05 olmuştur. %40'lık tram alanı nokta kazancı değerlerinin cyan ve sarı renkte ilk geri dönüşüm aşaması sonunda magenta ve siyah renkte ise VI. geri dönüşüm aşaması sonunda standart değerlere en yakın değerler olduğu belirlenmiştir.

Baskı kontrastlığı değerleri incelendiğinde Cyan rengin kontrastlık değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 100 olarak ölçülmüşken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda yaklaşık %2'lik bir değer kaybıyla 97.85 olmuştur. Magenta renkte ise I. geri dönüşüm aşaması sonunda baskı kontrastlık değeri 82.25 olarak ölçülmüşken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %8'lik bir değer artışı kazanmış ve 88.65'e yükselmiştir. Sarı rengin baskı kontrastlık değerleri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 96.2 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda yaklaşık %1'lik değer artışı ile 97 olmuştur. Siyah renge baktığımızda I. geri dönüşüm aşaması sonunda baskı kontrastlık değeri 83.45 olarak ölçülmüştür. Bu değer VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %4.5'lik bir artış ile 87.25 olarak ölçülmüştür. Baskı kontrastlık değerlerinin optimum sonuçları magenta sarı ve siyah renkte VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilmiştir. Cyan renkte ise bu değer I. geri dönüşüm aşaması sonunda tam değer ile elde edilmiştir.

Print gloss 60° değerleri incelendiğinde cyan rengin gloss değerinin I. geri dönüşüm aşaması sonunda 2.5 olduğu görülmektedir. Bu değer VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %64 oranında artarak 4.1 olmuştur. Magenta renkte ise bu değer I. geri dönüşüm aşaması sonunda 2.3 olarak ölçülmüştür. VI. geri dönüşüm aşaması sonunda ise %100'lük bir artış ile 4.6'ya yükselmiştir. Sarı rengin gloss 60° değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 3.5 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %67 oranında artış göstererek 5.85'e ulaşmıştır. Siyah renkte ise yine bu değer I. geri dönüşüm aşaması sonunda 1.4 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %167 oranında bir artışla 3.75 olarak ölçülmüştür. Print gloss 60°

sonuçları incelendiğinde optimum değerlerin cyan, magenta, sarı ve siyah renklerin tümünde VI. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçüldüğü tespit edilmiştir.

Baskı kroma değerlerine bakıldığında cyan rengin kroma değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 39.34 olarak bulunmuştur. Bu değer VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %33 artış göstermiş ve 52.54 olmuştur. Magenta rengin kroma değeri ise ilk geri dönüşüm aşaması sonunda 47.79 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda %27 artarak 60.79 değerine yükselmiştir. Sarı renkte ise bu değer I. geri dönüşüm aşaması sonunda 65.78 olarak ölçülmüş ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda ise % 11 oranında artış göstererek 72.96'ya ulaşmıştır. Siyah renkte baskı kroma değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda 2.82 iken VI. geri dönüşüm aşaması sonunda yaklaşık %28 oranında azalmış ve 2.01 değerine gerilemiştir. Baskı kroma değerlerinin tümü incelendiğinde optimum değerlerin cyan, magenta ve sarı renklerde VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edildiği belirlenmiştir. Siyah renkte ise optimum değer V. geri dönüşüm aşaması sonunda ölçülmüştür.

Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre geri dönüşüm sayısı arttıkça kağıdın direnç özelliklerinin kademeli bir şekilde azaldığı belirlenmiştir. Direnç özelliklerinin azalması ile densite, baskı kroması, baskı kontrastlığı, print gloss 60° değeri, L*a*b değerleri arasında bir ters orantı olduğu görülmektedir. Yani kağıdın direnç özellikleri azaldıkça saydığımız bu parametre değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Nokta kazancı değerleri ile ise kağıdın direnç özellikleri arasında doğru orantı olduğu görülmektedir. Direnç özellikleri azaldıkça nokta kazancı değerlerinin de azaldığı görülmektedir. Kağıdın geri dönüşmesi sonrası lif boyutlarının kısılması ile kırıntı elyaf miktarının artması üretilen kağıdın daha düzgün bir yüzeye sahip olmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda bu durumun üretilen kağıdın direnç özelliklerinin düşmesine neden olduğu bilinmektedir (Atik, 1998; Čabalová ve ark. 2011; Somwang ve ark. 2002; Şahin, 2014). Ancak lif boyutlarının kısılması kağıdın daha düzgün bir yüzeye sahip olmasını sağlamaktadır. Kağıdın yüzey düzgünlüğünün artması, kağıdın mürekkep ihtiyacını azaltacağı ve baskının kalitesinin artacağı anlamına gelmektedir. Kağıdın yüzey düzgünlüğü baskı kontrastlığı ve mürekkep yoğunluğunu etkiler ve baskı parlaklığının artmasını sağlar (Aydemir, 2014).

Genel anlamda bakıldığında kağıdın geri dönüşüm sayısının kağıdın optik özelliklerinden sarılık, CIE beyazlık ve opaklık değerleri üzerine olumsuz etkisi olduğu belirlenmiştir. Beyazlık ve ERIC değerlerine ise geri dönüşüm sayısının olumlu etkisinin olduğu söylenebilir. Kağıdın optik özellikleri baskı kalitesi açısından çoğu zaman kağıdın

fiziksel özelliklerinden önce gelmektedir. Kağıdın beyazlığı parlaklığı sarılığı baskı kalitesine etki eden önemli parametrelerdir. Çalışma sonucuna göre geri dönüşüm tekrarı arttıkça kağıdın beyazlık değeri V. geri dönüşüm aşamasına kadar bir artış sergilemiştir. Bu durumun densite, baskı kroması, baskı kontrastlığı, gloss 60° değeri ve L*a*b değerleri ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Yani baskı kalitesi parametrelerindeki olumlu yöndeki bu ilerleyişin kağıdın beyazlık değerindeki artışla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda lif tasnifi verilerine göre VI geri dönüşüm aşaması boyunca lif boyutlarının kısaldığı ve kırıntı elyaf miktarının ise her geri dönüşüm aşaması sonrasında arttığı belirlenmiştir. Yani geri dönüşüm sayısının lif boyutları üzerine olumsuz etkisinin olduğu açık bir şekilde belirlenmiştir. Yukarıda belirttiğimiz gibi lif boyutlarının küçülüp kırıntı elyaf miktarının artması daha düzgün bir yüzeye sahip kağıt üretilmesini sağlamaktadır. VI. geri dönüşüm aşaması sonrası lif boyutları en küçük halini almışken baskı parametrelerinde ise en optimum değerler elde edildiği görülmektedir. Bu sonuca dayanarak baskı kalitesi için lif boyutlarının daha kısa olması istenmektedir.

Atık kağıtların geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı özellikleri üzerine etkisini inceleyecek olduğumuzda; genel anlamda atık kağıtların geri dönüşüm sayısının inkjet dijital baskı özellikleri üzerine azda olsa olumlu etkisinin olduğu söylenebilir. Birçok parametrede optimum değerlerin VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edildiği görülmektedir. I. ve VI. geri dönüşüm tekrarı arasında yapılan renk ölçüm sonuçlarının tümü arasındaki değer farklılıklarının tolerans değerler içerisinde olduğu belirlenmiştir. Ancak yinele bir değerlendirme yapılacak olursa; baskı densitesi. %80'lik tram alanı nokta kazancı. %40'lık tram alanı nokta kazancı, baskı kontrastlığı, print gloss 60° ve baskı kroma değerlerinin çoğunluk renginin optimum değeri VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilmiştir. Sadece %40'lık tram alanı cyan ve sarı rengin nokta kazancı optimum değeri I. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilmiştir. Cyan rengin baskı kontrastlık değeri ise I., II., IV. ve V. geri dönüşüm aşaması sonunda tam değer olarak VI. geri dönüşüm aşamasında elde edilen değerden yüksek değerde ölçülmüştür. Ölçülen diğer parametrelerin tüm renklerinde optimum değerlerin büyük çoğunluğu VI. geri dönüşüm aşaması olmak üzere V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilmiştir.

Yapılan çalışma sonuçlarına göre ekonomiklik dikkate alındığında; baskı kalitesi parametreleri tolerans değerleri ile kağıdın fiziksel ve optik özellikleri ve lif tasnifi sonuçlarını dikkate alarak bir bütün olarak değerlendirme yapmak gereklidir. IV. geri dönüşüm aşaması sonunda lif tasnifi sonuçlarına göre geri dönüştürülen kağıt liflerinin

%49.8'i kırıntı life dönüşmüş ve verim %50.2' ye düşmüştür. Her geri dönüşüm aşaması sonunda lif boyutlarının küçüldüğünü ve verimin düştüğünü göz önünde bulundurduğumuzda IV. geri dönüşümden sonra kağıtları geri dönüştürmenin ekonomiklik açısından mantıklı olmadığı görülmektedir. Baskı kalitesi açısından bakıldığında ise IV. geri dönüşüm aşaması ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değer farklılıkları tolerans değerler arasında kalmıştır. Yani ekonomiklik dikkate alındığında baskı kalitesi açısından da IV. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilen değerler tolerans değerler arasında kaldığından dolayı hem verim hem de baskı kalitesi açısından en uygun geri dönüşüm aşaması IV. geri dönüşüm aşaması olmuştur.

5.3. Öneriler

- Ülke dışından çok yüksek fiyatlarla ithal edilen birincil ya da ikincil lifler yerine ülkemizde bulunan atık ofis kağıtlar geri dönüşüm sistemi ile geri dönüştürülüp yeniden kullanılabilir.
- Atık kağıtların geri dönüşüm sayısının arttıkça kağıdın direnç özellikleri üzerine yaptığı olumsuz etkiler birincil ve ikincil liflerin karıştırılarak kullanılması ile azaltılabilir.
- İkincil liflerden elde edilen kağıtların inkjet dijital baskı kalitesi açısından sorun olmadığı çalışma sonucuna göre belirlenmiştir. Bunun sonucu olarak ikincil liflerden üretilen kağıt baskı sektöründe aktif olarak kullanılabilir.
- Geri dönüşüm işlemi sonrası mürekkebi giderilmiş kağıt hamuruna farklı ağartma teknikleri uygulayarak kağıdın optik özellikleri geliştirilebilir.
- Çalışma sonucunda her ne kadar da baskı kalitesi için standart rakamlara en yakın değerler V. ve VI. geri dönüşüm aşaması sonunda elde edilmiş olsa da bu alanda daha fazla çalışma yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- AGED, 2018. “2016 Bölgesel Atık Kağıt Geri Dönüşüm Bilgi Sistemi (GBS) Raporu”. Atık Kağıt ve Geri Dönüşümcüler Derneği ve İktisadi İşletmesi. İstanbul.
- Akdoğan, A.E., 2006. “Basılı Ürünlerin İncelenerek Üzerine Uygulanan Baskı Tekniklerinin Belirlenmesi”. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul
- Atik, C., 2006. “Affect of sample position on colour values of wood under diffuse illumination”, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 56(1), 73 - 79.
- Aydemir C., 2014. “Kağıdın Yüzey Pürüzlülüğünün. Baskı Renk değişimi. Işık Haslığı ve Baskı Parlaklığına Etkisi” Marmara Fen Bilimleri Dergisi. DOI: 10.7240/mufbed.86137. Sayı 3 Sayfa:81-88.
- Čabalová, I., Kačík F., Kačíková D., 2011. “Recycling of Paper- Changes of Mechanical and Optical Properties”. Conference: SGEM2011 11th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference and EXPO. DOI: 10.5593/sgem2011/s21.112
- Cai, G.B., Chen, S.F., Liu, L., Jiang, J., Yao, H. B., Xu., A. W., Yu, S.H., 2010. "1,3-Diamino-2-hydroxypropane-N,N,N',N'-tetraacetic acid stabilized amorphous calcium carbonate: nucleation, transformation and crystal growth", CrystEngComm 12(1).
- Çiçekler, M., 2019. Birincil ve İkincil Lif Karışımlarının Yazı Tabı. Oluklu Mukavva ve Gazete Kağıdı Üretiminde Kullanımının Araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Kahramanmaraş.
- DPT., 2005. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. “Kağıt Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu”.
- EPN, 2018. “The State Of The Global Paper Industry”, Chapter 2. PP- 21. Ersoy. A., Kuntman. A. “Polimerik Yalıtkanlarda Yüzey Özelliklerinin Temas Açısı İle İncelenmesi” BURSA ELECO. Türkiye. 2008.
- Eroğlu, H., Usta, M., 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi Ders kitabı I ve II. Cilt. Esen Ofset Matbaacılık. İstanbul.
- FAO, 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT statistics database. erişim: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Tarih. 08.04.2021
- Fink, J. K., 2013. “Toners” Reactive Polymers Fundamentals and Applications. Second edition. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-3149-7.00020-6>
- Gao, C., Yan, T., Du, J., He, F., Luo, H., Wan, Y. (2014). “Introduction of broad spectrum antibacterial properties to bacterial cellulose nanofibers via immobilising ϵ -polylysine nanocoatings”, Food Hydrocoll. 36: 204-211.

- Gayathry, G., Gopaldaswamy, G., 2014. "Production and characterization of microbial cellulosic fibre from *Acetobacter xylinum*", *Indian J. Fibre Text. Res.* 39: 93-96.
- Halib, N., Iqbal, M. C., Amin. M., Ahmad, I., 2012. "Physicochemical properties and characterization of nata de coco from local food industries as a source of cellulose", *Sains Malaysiana* 41(2): 205–211.
- Gong, R., Fleming, Paul D., Sönmez, S., 2010. *Application Of Nano Pigments İn Inkjet Paper Coating*. 26. *International Conference On Digital Printin Techologie*. Austin.
- Hayta P., Oktav M. "The Importance of Waste and Environment Management in Printing Industry". *EJENS*. Volume 3. Issue 2 (2019). pp. 18-26).
- Hoffman, M., 2005. "Digital Printing Technology and Printing". *Oce Printing Company*. Almanya.
- Hu, G., Fang, H., Lin, M., Chu, F., 2017. "Effect of Paper Optical Properties on the Color Reproduction in Ink Jet Printing". *Conference: China Academic Conference on Printing & Packaging and Media Technology*. DOI: 10.1007/978-981-10-3530-2_56
- ISO, 2018. *Kağıt Ve Kağıt Ürünleri İmalat Sanayi*. İstanbul.
- Ivana, J. İ., KarlovitsIvana, İ., Tomić, İ., Novaković, D., 2013. "Optical paper properties and their influence on colour reproduction and perceived print quality". *Nordic Pulp and Paper Research Journal* 28(2):264-273.
- Karademir, A., Karahan, S., Imamoglu, S., 2013. "Use of enzyme and ultrasonic energy in paper recycling" *J His Cul Art Res.* ;1(4):280-297, Turkey.
- Karahan, S., 2017. "Kağıdın Optik Özellikler Üzerine Mürekkep Giderme İşlemi ile Farklı Uygulamaların Etkileri" *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. Sayı 5. Sayfa: 146-160.
- Khantayanuwong, S., Keawmanee, S., Chusri, A., 2006. "Relationships Between the Changed Apparent Density of Recycled Handsheets and Their Mechanical and Physical Properties" *Kasetsart Journal - Natural Science* 40(2):541-548.
- Khantayanuwong, S., Enomae, T., Onahe, F. 2021. "Effect of Fiber Hornification in Recycling on Bonding Potential at Interfiber Crossings Confocal Laser-scanning Microscopy", *JAPAN TAPPI JOURNAL*, pp. 239-245.
- Köse, E., Şahinbaşkan, T., 2008. "Renk Yönetiminde Kullanılan Standart ICC Profillerinin Türkiye’de Oluşturulmuş Bazı Profiller ile Karşılaştırılması". *Politeknik Journal*. Vol 11. No 4. s.365-371.
- Somwang, K., Enomae, T., Onabe, F., 2002. "Effect of fiber hornification in recycling on bonding potential at interfiber crossings: Confocal laser-scanning microscopy". *Japan TAPPI Journal* 56(2). 79-85.DOI: 10.2524/jtappij.56.239.
- Le, H. P., 1998. "Progress and Trends in Inkjet Printing Technology". *Journal of Imaging Science and Technology*. Oregon.

- Mazlum, F. S., 2006. "Masaüstü Yayıncılık Tasarım ve Basım Teknolojilerine Giriş". Gazi Kitapevi. Ankara. Türkiye 29.54. 63. 121.131.165.
- McKinney, R.W.J., 1995. "Technology of paper recycling", BLACKIE A&P. pp: 401. ISBN 0-7514-0017-3.
- MEB., 2013. Bilişim Teknolojileri. Yazıcılar. Ankara.
- MEGEP., 2011. "Lazer Yazıcı Baskı Teknolojisi". Elektrik Elektronik Teknolojisi. Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara.
- MEGEP., 2007. "Mürekkep Püskürtmeli Yazıcı Yazma Teknolojisi". Elektrik Elektronik Teknolojisi. Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara.
- Mejtoft, T., 2006. "Staregies in the Digital Printing Value System.". Lisans Tezi. Royal Institute of Technology FBE. Stockholm. 3.
- Oğuz. M., Şimşeker, O., 2003. "Ofset Baskıda Trapping Değerlerine Uygun Olarak Baskı Renk Sırasının Belirlenmesi 1. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu (pp.94). Ankara. Turkey.
- Özer B., 2008 "Yeni Bir İş Modeli Olarak İnternet Tabanlı Dijital Baskı Sistemleri" Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul. 19. 25-29.
- Öztürk. M., 2005. Kullanılmış Kağıtların Geri Kazanılması Kullanılmış Kağıttan Kağıt Üretimi. Çevre ve Orman Bakanlığı. Ankara
- Park, J. K., Park, Y.H., Jung, J.Y. 2003b. "Production of bacterial cellulose by Gluconacetobacter hansenii PJK isolated from rotten apple", Biotechnol. Bioprocess Eng. 8(2):83-88.
- Pereira-Rangel. A. E., 2006. "Knowledge Representation For Digital Publishing Workflow". Lisans Tezi. University of Puerto Rico FBE. Puerto Rico. 14.
- Poşul, S., Görçelioğlu, E., 2004. Kağıt. Kitap ve Kütüphaneler. İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi Dergisi. 54(2): 83-96.
- Sixta, H., 2006. Handbook of Pulp. Primera Edicion. Volume 1. Editorial: Wiley-VCH.
- Sönmez, S. 2011a. "Interactive Effects Of Copolymers And Nano-Sized Pigments On Coated Recycled Paperboards İn Flexographic Print Applications". Asian Journal Of Chemistry. No. 6. Vol. 23. pp. 2609-2613.
- Sönmez, S., 2011b. "Tasarım Kaynaklı Baskı Problemlerinin Çözümünde Grafik Tasarım Eğitiminin Önemi" Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 23(1) 1-11.
- Sönmez S., 2008. "Kartonun Yüzey Özelliklerinin Değiştirilerek Basılabilirlik Niteliğinin Geliştirilmesi". Marmara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. İstanbul.

Şahin, C., Özomay, Z., Keskin, B., 2013. “Gazete Kağıtında Baskı Basıncının Nokta Kazancına Etkisinin Değerlendirilmesi”, Electronic Journal of Vocational Colleges. s. 121-128.

Şahin, H. T., 2014. “Geri kazanılmış sekonder liflerin yeniden kullanılması üzerine bir inceleme”. Suleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. 15: 183-188.

Tutuş, A., 2010. “Ülkemizde Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminin Dünü ve Bugünü.” KSÜ Orman Fakültesi. Orman Endüstri Müh. Bölüm Semineri. Kahramanmaraş.

Tutuş, A., Kılı U., Günderen F., Çiçekler M., 2018. “Kuşe Karton Üretimi Üzerine Bir Araştırma”. Uluslararası Artvin Sempozyumu. sf; 937-948.

URL-1 <https://ironikimya.com/flekso-baski-teknigi>. Erişim Tarihi 27.09.2020

URL-2 <https://www.ilpen.com.tr/blog/promosyon-urunlerinde-baski-teknikleri> Erişim Tarihi 08.04.2021

URL-3 <https://www.grafikerler.net/fotokopi-70-yasinda-t30298.html>. Erişim Tarihi 08.04.2021

URL- 4 <https://www.alkimkagit.com.tr/tr/arge/kagit-terminolojisi/> Erişim Tarihi 08.04.2021

URL- 5 <https://www.xrite.com/service-support/whiteness-and-yellowness-indices-in-a-spectroeye> Erişim Tarihi 28.06.2021

URL-6 <https://www.setasonline.com.tr/renk-gamutu-lab-cmykrbg-nedir-> Erişim Tarihi 08.04.2021

URL-7 http://www.cofomegra.it/www.cofomegra.it/documents/QUALITY_CONTROLS.pdf Erişim Tarihi 01.11.2020

Yılmaz, U., (2016). Bazı Kağıtların Fiziksel Özelliklerinin Ofset Baskı Kalitesine Etkisinin İncelenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.