



**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**KAĞIT VE KARTONUN YAPISAL  
ÖZELLİKLERİNİN BASILABİLİRLİK  
PARAMETRELERİNE ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ**

---

ZAFER ÖZOMAY

**DOKTORA TEZİ**

Matbaa Eğitimi Anabilim Dalı

**DANIŞMAN**

Doç. Dr. Cem AYDEMİR

**II. DANIŞMAN**

Yrd. Doç. Dr. Ş.Cem ÖZAKHUN

İSTANBUL, 2016



**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**KAĞIT VE KARTONUN YAPISAL  
ÖZELLİKLERİNİN BASILABİLİRLİK  
PARAMETRELERİNE ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ**

---

ZAFER ÖZOMAY

722508002

**DOKTORA TEZİ**

Matbaa Eğitimi Anabilim Dalı

**DANIŞMAN**

Doç. Dr. Cem AYDEMİR

**II. DANIŞMAN**

Yrd. Doç. Dr. Ş.Cem ÖZAKHUN


İSTANBUL, 2016

**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**


Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Öğrencisi Zafer ÖZOMAY' ın "Kağıt ve Kartonun Yapısal Özelliklerinin Basılabilirlik Parametrelerine Etkisinin İncelenmesi" başlıklı tez çalışması, 30 / 12 / 2016 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri**


Doç. Dr. Cem AYDEMİR (Danışman)

Marmara Üniversitesi ..... (İMZA) 


Prof. Dr. Mehmet AKALIN (Üye)

Marmara Üniversitesi ..... (İMZA) 


Prof. Dr. Oya OĞUZ (Üye)

Haliç Üniversitesi ..... (İMZA) 

Prof. Dr. Mert ÜLGEN (Üye)

Acıbadem Üniversitesi ..... (İMZA) 

Yrd. Doç. Dr. Hayri ÜNAL (Üye)

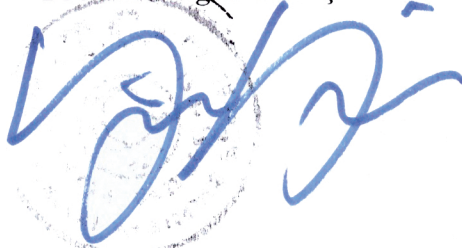

Marmara Üniversitesi ..... (İMZA) 

**ONAY**

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 30.01.2017 tarih ve 2017/03.02 sayılı kararı ile Zafer ÖZOMAY' ın Matbaa Eğitimi Anabilim Dalı Doktora derecesi alması onanmıştır.

**Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü**

**Prof. Dr. Uğur YAHŞİ**

## **TEŞEKKÜR**

Öğütleri, fikirleri, desteği ve klavuzluğu ile tezime ve akademik hayatımdaki duruşuma çok önemli katkılar sağlayan, saygıdeğer hocamlarım Sayın Doç. Dr. Cem AYDEMİR ve Yrd. Doç. Dr. Ş. Cem ÖZAKHUN' a teşekkür ederim.

Çalışmalarımda bana hem pratik hem de teorik anlamda büyük katkılar sağlayan Sayın Yrd. Doç. Dr. Ferhat GÜNGÖR'e, tezimin uygulama baskıları sırasında yardımlarından dolayı Arş. Gör. Dr. Doğan TUTAK'a, fikirleri ve desteklerinden dolayı Yrd.Doç.Dr.Ahmet AKGÜL ve Yrd.Doç.Dr. Lutfi ÖZDEMİR'e, kağıt ve karton testlerinde destek sağlayan Muratlı Karton Kağıt Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye, baskı uygulamalarım için destek sağlayan Print Center Kazmaz Matbaacılık San. ve Tic. A.Ş.'ye tez çalışmam boyunca bilgi, tecrübe ve emeklerini esirgemeyen bölümümüzün tüm hocalarına ve tez çalışmam için maddi destek sağlayan Marmara Üniversitesi BAPKO birimine teşekkür ederim.

Yardım ve desteğiyle bana güç veren, sevgili eşim Dr. Meral ÖZOMAY'a, bugünlere gelmem de büyük emek ve çaba göstererek beni yetiştiren ve her konuda destekleyen annem Nesrin ÖZOMAY ve babam Nadir ÖZOMAY'a, kardeşlerim Dr. Gülcan ÖZOMAY ve Nilüfer ÖZOMAY'a, en içten minnet ve şükranlarımı sunarım.

Bu Tez Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Merkezi'nin BAPKO FEN-C-DRP-120514-0168 nolu projesi kapsamında desteklenmiştir.

**Aralık 2016**

**Zafer ÖZOMAY**



# İÇİNDEKİLER

	SAYFA
TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vi
YENİLİK BEYANI .....	vii
SEMBOLLER .....	viii
KISALTMALAR .....	ix
ŞEKİL LİSTESİ .....	x
TABLO LİSTESİ .....	xvii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Giriş .....	1
1.2. Amaç .....	1
1.3. Genel Bilgiler .....	3
1.3.1. Kağıt .....	3
1.3.2. Karton .....	4
1.4. Kağıt ve karton fiziksel özellikleri ve testleri .....	5
1.4.1. Kağıt ve karton yüzey özellikleri .....	5
1.4.1.1. Yüzey (Kaballığı) Düzgünlüğü .....	5
1.4.1.2. Hava Geçirgenliği .....	8
1.4.1.3. Su Emiciliği (Cobb) ve Mürekkep Emiciliği .....	9
1.4.1.4. Yüzey Gerilimi .....	10
1.4.2. Kağıt ve Karton Boyutsal Özellikleri .....	12
1.4.2.1. Gramaj .....	12

1.4.2.2. Kalınlık .....	12
1.4.2.3. Yoğunluk .....	14
1.4.3. Kağıt ve Karton Optik Özellikleri .....	15
1.4.3.1. Parlaklık .....	15
1.4.3.2. Beyazlık .....	18
1.4.3.3. Opaklık .....	21
1.4.4. Mukavemet Özellikleri .....	22
1.4.4.1. Esneklik .....	23
1.4.4.2. Gerilme ve Sıkışma Mukavemeti .....	24
1.4.4.3. Bükülme ve Eğilme Mukavemeti .....	26
1.4.4.4. Yırtılma Mukavemeti .....	30
1.4.5. Kağıt ve Karton Diğer Özellikleri .....	31
1.4.5.1. Kül Miktarı .....	31
1.5. Kağıt ve karton baskı sonrası testleri .....	32
1.5.1. Baskı Nokta Kazancı .....	32
1.5.2. Zemin Ton Yoğunluğu .....	33
1.5.3. Trapping .....	34
1.5.4. Gri Balans .....	35
1.5.5. CIE renk ölçümü .....	36
1.5.5.1. L (Lightness – Parlaklık) .....	37
1.5.5.2. a (Kırmızı/Yeşil) .....	37
1.5.5.3. b (Sarı/Mavi) .....	38
1.5.5.4. CIE renk farkı ( $\Delta E$ ).....	38
1.5.5.5. CIELab ve CIEXYZ renk uzayı.....	39
1.6. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	40

1.6.1. TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution).....	41
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>43</b>
2.1. Materyal .....	43
2.1.1. Test Kapsamında Kullanılan Kağıt ve Karton Özellikleri .....	43
2.1.2. Test Kapsamında Kullanılan Mürekkep Özellikleri .....	46
2.1.3. Test Kapsamında Kullanılan Termal Kalıp Özellikleri .....	46
2.1.4. Test Kapsamında Kullanılan Kalıp Makinesi Özellikleri .....	47
2.1.5. Renk ve Densite Ölçüm Cihaz Özellikleri .....	47
2.1.6. Test Kapsamında Kullanılan Diğer Cihaz ve Malzemeler .....	48
2.1.7. Renk Ölçüm Skalası .....	48
2.2. Yöntem .....	49
2.2.1. Test Baskı Uygulaması .....	49
2.2.2. Zemin Ton Yoğunluğu Ölçüm Uygulaması .....	49
2.2.3. Tram Ton Yoğunluğu Ölçüm Uygulaması .....	49
2.2.4. Renk Ölçüm Uygulaması .....	49
2.2.5. Işık haslığı testi uygulaması .....	50
2.2.6. Yüzey Temas Açısı ve Yüzey Enerjisi Uygulaması .....	50
2.2.7. TOPSİS Yöntemi Uygulaması .....	51
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>53</b>
3.1. I. Hamur Kağıtlara Uygulanan Testlerin Teknik Analizi .....	53
3.2. A. Bristol Kağıtlara Uygulanan Testlerin Teknik Analizi .....	66
3.3. Kroma Kartonlara Uygulanan Testlerin Teknik Analizi .....	82
3.4. Mat Kuşe Kağıtlara Uygulanan Testlerin Teknik Analizi .....	95
3.5. Parlak Kuşe Kağıtlara Uygulanan Testlerin Teknik Analizi .....	110

3.6. TOPSİS Analizi .....	126
3.6.1. I. Hamur Kağıtlara Uygulanan TOPSİS Analizi .....	126
3.6.2. A. Bristol Kağıtlara Uygulanan TOPSİS Analizi .....	130
3.6.3. Kroma Kartonlara Uygulanan TOPSİS Analizi .....	131
3.6.4. Mat Kuşe Kağıtlara Uygulanan TOPSİS Analizi .....	132
3.6.5. Parlak Kuşe Kağıtlara Uygulanan TOPSİS Analizi .....	133
<b>4. SONUÇLAR .....</b>	<b>135</b>
4.1. Sonuçlar .....	135
4.2. Öneriler .....	140
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>141</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>145</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	

## ÖZET

# KAĞIT VE KARTONUN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BASILABİLİRLİK PARAMETRELERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Teknolojideki gelişim basım sektöründe de hızla etkisini göstermektedir. Basım endüstrisinde teknolojideki en büyük gelişim baskı sistemleri ve baskı altı malzemeleri üzerine olmaktadır. Bu durum rekabetin yaşandığı ve nihai tüketiciye direkt ulaşan baskıaltı malzemelerinde büyük önem kazanmaktadır. Son tüketiciye ulaşan kağıt ve karton, hem ürünün dış görünüşü ile ticari rekabeti arttırmakta, hem de ürünü taşınması ve saklama koşullarını doğrudan etkilemesi sebebiyle de sağlık açısından önem oluşturmaktadır.

Baskı sonucunun görsel kalitesi büyük oranda baskı altı malzemesi ve mürekkebin optimum düzeyde birleşme sürecine bağlıdır. Kâğıdın yapısal özellikleri baskının kayıpsız ve istenilen renk değerinde elde edilebilmesi açısından son derece büyük önem taşımaktadır. Kâğıt ve Karton yüzeyindeki yağ bazlı mürekkebin baskı sonrası kâğıda yerleşme, sabitlenme ve kuruma süreci, baskının rengi, parlaklığı, densitesi, kontrastlığı, nokta kazancı, trapping, gri balans, mürekkep tüketimi ve ışık haslığı gibi basılabilirlik parametrelerini etkilemektedir. Kâğıt ve karton, heterojen ve değişebilir bir malzeme olduğundan yapısal özelliklerinin ölçülmesi ve bu özelliklerinin basılabilirlik parametrelerine etkilerinin tespit edilmesi gerekir.

Yapılan çalışmada; Kağıt ve kartonun birbirini etkileyen özelliklerinin (kül miktarı, perdah, yüzey enerjisi, temas açısı) yanı sıra, kağıdın yüzey özelliklerine bağlı olarak yağ bazlı mürekkeplerin baskı, renk değişim dereceleri, kuruma, renk parlaklık ve ışık haslığı değişimleri, mürekkep tüketimi değişkenleri analiz yöntemleri kullanılarak baskı kalite parametrelerine etkisi tespit edilmiş ve kullanıcılara önerilerde bulunulmuştur.

## **ABSTRACT**

# **INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF STRUCTURAL PROPERTIES OF PAPER AND CARDBOARD ON PRINTABILITY PARAMETERS**

The development in technology is also rapidly affecting the printing industry. In printing industry, the greatest development in technology is on printing systems and printing materials. This situation is of great importance in the pressurized materials, where competition is experienced and the final consumer reaches directly. The pressurized material that reaches to the last consumer increases the commercial competition with creating the external appearance of the product and it is also important for the health conditions due to product storage conditions and product transportation.

The visual quality of the print result is largely dependent on the optimum level of incorporation process of the underprint material and ink. The structural characteristics of the paper are extremely important in that the print can be obtained without loss and at the desired color value. The oil on the paper and cardboard surface affects the printability parameters such as settlement, fixation and drying process, print color, brightness, density, contrast, dot gain, trapping, gray balance, ink consumption and light fastness after printing on water and solvent based ink. Since paper and cardboard are heterogeneous and interchangeable materials, it is necessary to measure the structural properties and determine the effects of these properties on the printability parameters.

In this study; Depending on the surface properties of the paper, the effectiveness of the oil based inks on the quality elements, the color loss grades, the drying and color brightness changes, the ink consumption and the analysis methods have been determined and the recommendations have been given to the users.

## YENİLİK BEYANI

Kağıt ve karton yüzey kabalığı, yüzey enerjisi, hava geçirgenliği, su ve yağ absorpsiyonu, gramaj ve temel ağırlığı, kalınlık, yoğunluk ve hacim, parlaklık, beyazlık, opaklık, yüzey dayanıklılığı, asit ve alkali miktarı, kül miktarı, nem içeriği gibi yapısal özelliklere sahiptir [1]. Basım endüstrisinde kağıt ve karton yüzeylere yağ, su, ve solvent bazlı mürekkeplerle baskılar gerçekleştirilmektedir. Kâğıt ve kartonların baskı işlemine karşı davranışı olarak tanımlanabilecek basılabilirlik kavramı sonuçlanan baskı kalitesi açısından baskıya uygunluğu ifade etmek için kullanılır [2]. Baskı süreci ve sonucu üzerinde önemli etkileri olan kâğıt ve kartonun basılabilirliği kağıt – mürekkep etkileşimi açısından önemlidir.

Baskı sonucunun görsel kalitesi büyük oranda baskı altı malzemesi ve mürekkebin optimum düzeyde birleşme sürecine bağlıdır. Kâğıdın yapısal özellikleri baskının kayıpsız ve istenilen renk değerinde elde edilebilmesi açısından son derece büyük önem taşımaktadır. Kâğıt ve Karton yüzeyindeki yağ bazlı mürekkebin baskı sonrası kâğıda yerleşme, sabitlenme ve kuruma süreci, baskının rengi, parlaklığı, densitesi, kontrastlığı, nokta kazancı, trapping, gri balans, mürekkep tüketimi ve ışık haslığı gibi baskı kalite parametrelerini etkilemektedir [3].

Matbaa işletmeleri için mevcut birçok farklı kağıt türü ve yapısı olduğundan dolayı, mürekkep ve kağıt arasındaki ilişki açısından mürekkep absorpsiyonunun hızı ve miktarı iyi bilinmelidir. Bunun önemi baskı mürekkep yoğunluk değerleri ve dolayısıyla baskı kalite parametrelerine olan etkisi açısındandır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda kağıt ve kartonun birçok özelliğinin basılabilirlik ve baskı kalitesine etkisi derinlemesine incelenmiştir.

Bu çalışma; kağıt ve kartonun özelliklerinin baskı sürecine, baskı kalitesine ve basılabilirliğe etkisinin bilinmesi ve üretim verimliliği ile ilgili sunduğu sonuçlar açısından orijinal bir çalışmadır.

**Aralık 2016**

**Doç. Dr. Cem AYDEMİR**

**Zafer ÖZOMAY**

## SEMBOLLER

<b>°C</b>	:	Derece Celsius (Santigrat)
<b>°K</b>	:	Derece Kelvin
<b>Ag</b>	:	Gümüş
<b>cm</b>	:	Santimetre
<b>dpi</b>	:	İnç başına nokta sayısı (Dot Per Inch)
<b>E<sub>λ</sub></b>	:	Relatif Eritemal Spektral Etki
<b>Fe</b>	:	Demir
<b>g</b>	:	Gram
<b>K/S</b>	:	Renk Verimi
<b>Kg</b>	:	Kilogram
<b>kPa</b>	:	Kilo Pascal
<b>lpi</b>	:	İnç başına çizgi sayısı (Lines Per Inch)
<b>m</b>	:	Metre
<b>ml</b>	:	Mililitre
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>N</b>	:	Newton
<b>Nm</b>	:	Numara Metrik
<b>pH</b>	:	Power Hydrogen
<b>ppm</b>	:	Milyonda Bir Birim (Parts per million)
<b>psi</b>	:	İnç Kareye Pound Cinsinden Basınç (Pound Per Square Inch)
<b>S<sub>λ</sub></b>	:	Güneşin Spektral Radyasyonu
<b>ΔE</b>	:	Renk Farkı
<b>μm</b>	:	Mikrometre



## KISALTMALAR

<b>ASTM</b>	:	American Section of the Int. Association for Testing Materials
<b>MS</b>	:	Mass Spectrometry
<b>NMR</b>	:	Nükleer Manyetik Rezonans
<b>SEM</b>	:	Taramalı Elektron Mikroskobu
<b>TGA</b>	:	Termo-Gravimetrik Analiz
<b>TLC</b>	:	İnce Tabaka Kromatografisi
<b>PPS</b>	:	Parker Print-Surf
<b>UV</b>	:	Ultraviyole
<b>TAPPI</b>	:	Selüloz ve Kağıt Sanayi Teknik Derneği
<b>Cobb</b>	:	Kağıt Su Emilim Testi
<b>Ar-Ge</b>	:	Araştırma Geliştirme
<b>DIN</b>	:	Alman Norm Enstitüsü
<b>CIE</b>	:	The International Commission on Illumination
<b>ISO</b>	:	International Organization for Standardization
<b>CMYK</b>	:	Cyan, Magenta, Yellow, Black
<b>BWS</b>	:	Mavi Yün Skala (Blue Wool Scale)
<b>ASTM</b>	:	The American Society for Testing and Materials
<b>BS</b>	:	British Standards
<b>GATF</b>	:	Graphic Arts Technical Foundation
<b>Lab</b>	:	L (lightness), a (kırmızı-yeşil eksen), b (sarı-mavi eksen)
<b>IH1</b>	:	I. Hamur Kağıt 80g/m <sup>2</sup> Numune 1
<b>IH2</b>	:	I. Hamur Kağıt 80g/m <sup>2</sup> Numune 2

<b>IH3</b>	:	I. Hamur Kağıt 80g/m <sup>2</sup> Numune 3
<b>IH4</b>	:	I. Hamur Kağıt 80g/m <sup>2</sup> Numune 4
<b>IH5</b>	:	I. Hamur Kağıt 80g/m <sup>2</sup> Numune 5
<b>AB1</b>	:	Amerikan Bristol Karton 300g/m <sup>2</sup> Numune 1
<b>AB2</b>	:	Amerikan Bristol Kağıt 300g/m <sup>2</sup> Numune 2
<b>AB3</b>	:	Amerikan Bristol Kağıt 300g/m <sup>2</sup> Numune 3
<b>AB4</b>	:	Amerikan Bristol Kağıt 300g/m <sup>2</sup> Numune 4
<b>AB5</b>	:	Amerikan Bristol Kağıt 300g/m <sup>2</sup> Numune 5
<b>AB6</b>	:	Amerikan Bristol Kağıt 300g/m <sup>2</sup> Numune 6
<b>AB7</b>	:	Amerikan Bristol Kağıt 300g/m <sup>2</sup> Numune 7
<b>KK1</b>	:	Kroma Karton 200g/m <sup>2</sup> Numune 1
<b>KK1</b>	:	Kroma Karton 200g/m <sup>2</sup> Numune 2
<b>MK1</b>	:	Mat Kuşe Kağıt 250g/m <sup>2</sup> Numune 1
<b>MK2</b>	:	Mat Kuşe Kağıt 250g/m <sup>2</sup> Numune 2
<b>MK3</b>	:	Mat Kuşe Kağıt 250g/m <sup>2</sup> Numune 3
<b>MK4</b>	:	Mat Kuşe Kağıt 250g/m <sup>2</sup> Numune 4
<b>PK1</b>	:	Parlak Kuşe Kağıt 250g/m <sup>2</sup> Numune 1
<b>PK2</b>	:	Parlak Kuşe Kağıt 250g/m <sup>2</sup> Numune 2
<b>PK3</b>	:	Parlak Kuşe Kağıt 250g/m <sup>2</sup> Numune 3
<b>PK4</b>	:	Parlak Kuşe Kağıt 250g/m <sup>2</sup> Numune 4
<b>PK5</b>	:	Parlak Kuşe Kağıt 250g/m <sup>2</sup> Numune 5
<b>PK6</b>	:	Parlak Kuşe Kağıt 250g/m <sup>2</sup> Numune 6

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b>SAYFA</b>
Şekil 1.1.	Kağıt Üretim ..... 3
Şekil 1.2.	Karton Katmanları ..... 4
Şekil 1.3.	Kağıt Yüzey Yapısı ..... 6
Şekil 1.4.	Bendtsen Yüzey Düzgünlüğü Test Yöntemi ..... 6
Şekil 1.5.	AFM Atomik Kuvvet Mikroskop Şeması ..... 7
Şekil 1.6.	Hava geçirgenliği ölçüm şeması ..... 8
Şekil 1.7.	Kağıt özelliğine bağlı Mürekkep emilme test karşılaştırması ..... 9
Şekil 1.8.	Cobb Test Cihazı ..... 10
Şekil 1.9.	Yüzey gerilimi temas açısı ölçümü ..... 11
Şekil 1.10.	Temas açısı test cihazı ..... 11
Şekil 1.11.	Kağıt-Karton Kalınlık ..... 13
Şekil 1.12.	Kalınlık Ölçümü ..... 13
Şekil 1.13.	Kağıt yüzey parlaklık ..... 15
Şekil 1.14.	Kağıt yüzey parlaklık ölçümü ..... 16
Şekil 1.15.	Parlaklık yansıma farkı ..... 17
Şekil 1.16.	Kağıt-Karton ISO gramaja göre Beyazlık ..... 18
Şekil 1.17.	Beyazlık ölçümü ..... 19
Şekil 1.18.	Brightness ve Whiteness ölçüm farklılığı ..... 20
Şekil 1.19.	Düşük ve Yüksek Opaklık ..... 22
Şekil 1.20.	Örnek kağıt esneklik sınır ölçüsü ..... 24
Şekil 1.21.	Gerilme ve sıkışma mukavemeti ..... 24
Şekil 1.22.	En ve Boy gerilme ve uzama mukavemeti..... 25
Şekil 1.23.	Gerilme ve sıkışma sonrası lif görünümü ..... 26

Şekil 1.24.	Bükülme Mukavemeti .....	27
Şekil 1.25.	Eğilme Mukavemeti .....	28
Şekil 1.26.	Kağıt Yırtılma Aşamaları .....	30
Şekil 1.27.	Nokta kazancı değişimi .....	32
Şekil 1.28.	Mürekkep kalınlığı ve optik yoğunluk ölçümü .....	33
Şekil 1.29.	Renk skalası trapping ölçüm alanı .....	35
Şekil 2.1.	Mürekkep diğer özellikleri .....	46
Şekil 2.2.	Test baskılarında kullanılan renk ölçüm skalası.....	48
Şekil 3.1.	I. Hamur kağıt kül miktarı .....	53
Şekil 3.2.	I. Hamur kağıt perdah miktarı .....	53
Şekil 3.3.	I. Hamur kağıt perdah ve kül miktarı karşılaştırması .....	53
Şekil 3.4.	I. Hamur kağıt beyazlık ölçümü .....	54
Şekil 3.5.	I. Hamur kağıt sarılık ölçümü .....	54
Şekil 3.6.	I. Hamur kağıt beyazlık ve sarılık ölçüm karşılaştırması .....	54
Şekil 3.7.	Kopma mukavemeti en .....	55
Şekil 3.8.	Kopma mukavemeti boy .....	55
Şekil 3.9.	I. Hamur kağıt kopma mukavemeti en - boy ölçüm karşılaştırması .....	55
Şekil 3.10.	Uzama ölçümü en .....	56
Şekil 3.11.	Uzama ölçümü boy .....	56
Şekil 3.12.	I. Hamur kağıt uzama en - boy ölçüm karşılaştırması .....	56
Şekil 3.13.	I. Hamur kağıt yüzey enerjisi .....	57
Şekil 3.14.	I. Hamur kağıt temas açısı .....	57
Şekil 3.15.	I. Hamur kağıt yüzey enerjisi – temas açısı ölçüm karşılaştırması.....	57
Şekil 3.16.	I. Hamur kağıt ISO standardı ile $\Delta E$ karşılaştırması .....	58
Şekil 3.17.	Test baskıları zeminton yoğunluğu .....	59

<b>Şekil 3.18.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu .....	59
<b>Şekil 3.19.</b>	Test baskıları numuneler renk evreni farkı .....	62
<b>Şekil 3.20.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası CMYK $\Delta E$ değerleri .....	62
<b>Şekil 3.21.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası RGB $\Delta E$ değerleri .....	66
<b>Şekil 3.22.</b>	A. Bristol kül miktarı .....	67
<b>Şekil 3.23.</b>	A. Bristol perdah miktarı .....	67
<b>Şekil 3.24.</b>	A. Bristol perdah ve kül miktarı karşılaştırması .....	67
<b>Şekil 3.25.</b>	A. Bristol beyazlık ölçümü .....	68
<b>Şekil 3.26.</b>	A. Bristol sarılık ölçümü .....	68
<b>Şekil 3.27.</b>	A. Bristol beyazlık ve sarılık ölçüm karşılaştırması .....	68
<b>Şekil 3.28.</b>	Kopma mukavemeti en .....	69
<b>Şekil 3.29.</b>	Kopma mukavemeti boy .....	69
<b>Şekil 3.30.</b>	A. Bristol kopma mukavemeti en - boy ölçüm karşılaştırması .....	69
<b>Şekil 3.31.</b>	Uzama ölçümü en .....	70
<b>Şekil 3.32.</b>	Uzama ölçümü boy .....	70
<b>Şekil 3.33.</b>	A. Bristol uzama en - boy ölçüm karşılaştırması .....	70
<b>Şekil 3.34.</b>	A. Bristol yüzey enerjisi .....	71
<b>Şekil 3.35.</b>	A. Bristol temas açısı .....	71
<b>Şekil 3.36.</b>	A. Bristol yüzey enerjisi – temas açısı ölçüm karşılaştırması .....	71
<b>Şekil 3.37.</b>	A. Bristol perdah miktarı .....	72
<b>Şekil 3.38.</b>	IGT Mürekkep transfer miktarı .....	72
<b>Şekil 3.39.</b>	IGT Mürekkep transfer miktarı .....	72
<b>Şekil 3.40.</b>	A. Bristol Kuşe Formasyonu .....	73
<b>Şekil 3.41.</b>	A. Bristol Parlaklık .....	73
<b>Şekil 3.42.</b>	A. Bristol kuşe formasyonu ve parlaklık karşılaştırması .....	73

<b>Şekil 3.43.</b>	A. Bristol ISO standardı ile $\Delta E$ karşılaştırması .....	74
<b>Şekil 3.44.</b>	Test baskıları zeminton yoğunluğu .....	75
<b>Şekil 3.45.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu .....	77
<b>Şekil 3.46.</b>	Test baskıları numuneler renk evreni farkı .....	78
<b>Şekil 3.47.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası CMYK $\Delta E$ değerleri .....	80
<b>Şekil 3.48.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası RGB $\Delta E$ değerleri .....	82
<b>Şekil 3.49.</b>	Kroma karton kül miktarı .....	82
<b>Şekil 3.50.</b>	Kroma karton perdah miktarı .....	82
<b>Şekil 3.51.</b>	Kroma karton perdah ve kül miktarı karşılaştırması .....	83
<b>Şekil 3.52.</b>	Kroma karton beyazlık ölçümü .....	83
<b>Şekil 3.53.</b>	Kroma karton sarılık ölçümü .....	83
<b>Şekil 3.54.</b>	Kroma karton beyazlık ve sarılık ölçüm karşılaştırması .....	84
<b>Şekil 3.55.</b>	Kopma mukavemeti en .....	84
<b>Şekil 3.56.</b>	Kopma mukavemeti boy .....	84
<b>Şekil 3.57.</b>	Kroma karton kopma mukavemeti en - boy ölçüm karşılaştırması .....	85
<b>Şekil 3.58.</b>	Uzama ölçümü en .....	85
<b>Şekil 3.59.</b>	Uzama ölçümü boy .....	85
<b>Şekil 3.60.</b>	Kroma karton uzama en - boy ölçüm karşılaştırması .....	86
<b>Şekil 3.61.</b>	Kroma karton yüzey enerjisi .....	86
<b>Şekil 3.62.</b>	Kroma karton temas açısı .....	86
<b>Şekil 3.63.</b>	Kroma karton yüzey enerjisi – temas açısı ölçüm karşılaştırması .....	87
<b>Şekil 3.64.</b>	Kroma karton ISO standardı ile $\Delta E$ karşılaştırması .....	88
<b>Şekil 3.65.</b>	Test baskıları zeminton yoğunluğu .....	89
<b>Şekil 3.66.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu .....	90
<b>Şekil 3.67.</b>	Test baskıları numuneler renk evreni farkı .....	91

<b>Şekil 3.68.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası CMYK $\Delta E$ değerleri .....	92
<b>Şekil 3.69.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası RGB $\Delta E$ değerleri .....	95
<b>Şekil 3.70.</b>	Mat kuşe kağıt kül miktarı .....	95
<b>Şekil 3.71.</b>	Mat kuşe kağıt perdah miktarı .....	95
<b>Şekil 3.72.</b>	Mat kuşe kağıt perdah ve kül miktarı karşılaştırması .....	96
<b>Şekil 3.73.</b>	Mat kuşe kağıt beyazlık ölçümü .....	96
<b>Şekil 3.74.</b>	Mat kuşe kağıt sarılık ölçümü .....	96
<b>Şekil 3.75.</b>	Mat kuşe kağıt beyazlık ve sarılık ölçüm karşılaştırması .....	97
<b>Şekil 3.76.</b>	Kopma mukavemeti en .....	97
<b>Şekil 3.77.</b>	Kopma mukavemeti boy.....	97
<b>Şekil 3.78.</b>	Mat kuşe kağıt kopma mukavemeti en - boy ölçüm karşılaştırması .....	98
<b>Şekil 3.79.</b>	Uzama ölçümü en .....	98
<b>Şekil 3.80.</b>	Uzama ölçümü boy .....	98
<b>Şekil 3.81.</b>	Mat kuşe kağıt uzama en - boy ölçüm karşılaştırması .....	99
<b>Şekil 3.82.</b>	Mat kuşe kağıt yüzey enerjisi .....	99
<b>Şekil 3.83.</b>	Mat kuşe kağıt temas açısı .....	99
<b>Şekil 3.84.</b>	Mat kuşe kağıt yüzey enerjisi – temas açısı ölçüm karşılaştırması .....	100
<b>Şekil 3.85.</b>	Mat kuşe kağıt perdah miktarı .....	100
<b>Şekil 3.86.</b>	IGT Mürekkep transfer miktarı .....	100
<b>Şekil 3.87.</b>	Mat kuşe kağıt perdah ve IGT Mürekkep transfer miktarı karşılaştırması .....	101
<b>Şekil 3.88.</b>	Mat kuşe kağıt kuşe formasyonu .....	101
<b>Şekil 3.89.</b>	Mat kuşe kağıt parlaklık .....	101
<b>Şekil 3.90.</b>	Mat kuşe kağıt kuşe formasyonu ve parlaklık karşılaştırması .....	102
<b>Şekil 3.91.</b>	Mat kuşe kağıt ISO standardı ile $\Delta E$ karşılaştırması .....	103

<b>Şekil 3.92.</b>	Test baskıları zeminton yoğunluğu .....	104
<b>Şekil 3.93.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu .....	105
<b>Şekil 3.94.</b>	Test baskıları numuneler renk evreni farkı .....	106
<b>Şekil 3.95.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası CMYK $\Delta E$ değerleri .....	107
<b>Şekil 3.96.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası RGB $\Delta E$ değerleri .....	110
<b>Şekil 3.97.</b>	Parlak kuşe kağıt kül miktarı .....	110
<b>Şekil 3.98.</b>	Parlak kuşe kağıt perdah miktarı .....	110
<b>Şekil 3.99.</b>	Parlak kuşe kağıt perdah ve kül miktarı karşılaştırması .....	111
<b>Şekil 3.100.</b>	P. kuşe kağıt beyazlık ölç. ....	111
<b>Şekil 3.101.</b>	P. kuşe kağıt sarılık ölçümü .....	111
<b>Şekil 3.102.</b>	Parlak kuşe kağıt beyazlık ve sarılık ölçüm karşılaştırması .....	112
<b>Şekil 3.103.</b>	Kopma mukavemeti en .....	112
<b>Şekil 3.104.</b>	Kopma mukavemeti boy .....	112
<b>Şekil 3.105.</b>	Parlak kuşe kağıt kopma mukavemeti en-boy ölçüm karşılaştırması ..	113
<b>Şekil 3.106.</b>	Uzama ölçümü en .....	113
<b>Şekil 3.107.</b>	Uzama ölçümü boy .....	113
<b>Şekil 3.108.</b>	Parlak kuşe kağıt uzama en - boy ölçüm karşılaştırması .....	114
<b>Şekil 3.109.</b>	P. kuşe kağıt yüzey enerjisi .....	114
<b>Şekil 3.110.</b>	Parlak kuşe kağıt temas açısı .....	114
<b>Şekil 3.111.</b>	Parlak kuşe kağıt yüzey enerjisi–temas açısı ölçüm karşılaştırması ...	115
<b>Şekil 3.112.</b>	Parlak kuşe perdah miktarı .....	115
<b>Şekil 3.113.</b>	IGT Mürekkep transfer mik. ....	115
<b>Şekil 3.114.</b>	Parlak kuşe kağıt perdah ve IGT Mürekkep transfer miktarı karşılaştırması .....	116
<b>Şekil 3.115.</b>	Parlak kuşe Kuşe Formasyonu .....	116



<b>Şekil 3.116.</b>	Parlak kuşe Parlaklık .....	116
<b>Şekil 3.117.</b>	Parlak kuşe kağıt kuşe formasyonu ve parlaklık karşılaştırması .....	117
<b>Şekil 3.118.</b>	Parlak kuşe kağıt ISO standardı ile $\Delta E$ karşılaştırması .....	118
<b>Şekil 3.119.</b>	Test baskıları zeminton yoğunluğu .....	119
<b>Şekil 3.120.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu .....	120
<b>Şekil 3.121.</b>	Test baskıları numuneler renk evreni farkı .....	121
<b>Şekil 3.122.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası CMYK $\Delta E$ değerleri .....	123
<b>Şekil 3.123.</b>	Test baskıları ışık haslığı sonrası RGB $\Delta E$ değerleri .....	125
<b>Şekil 4.1.</b>	Işık haslık sonrası zeminton yoğunluğu yüzdesel farkı.....	136
<b>Şekil 4.2.</b>	Işık haslık sonrası Lightness değer farkı.....	137
<b>Şekil 4.3.</b>	Işık haslık sonrası C, M, Y, K, R, G, B $\Delta E$ değerleri.....	138

## TABLO LİSTESİ

	<b>SAYFA</b>
<b>Tablo 1.1.</b> Kağıt yoğunluk örneği .....	14
<b>Tablo 2.1</b> I.Hamur kağıt renk ve temel özellikleri .....	43
<b>Tablo 2.2.</b> I.Hamur kağıt mukavemet ve diğer özellikleri .....	43
<b>Tablo 2.3.</b> Amerikan Bristol renk ve temel özellikleri .....	44
<b>Tablo 2.4.</b> Amerikan Bristol mukavemet ve diğer özellikleri .....	44
<b>Tablo 2.5.</b> Kroma karton renk ve temel özellikleri .....	44
<b>Tablo 2.6.</b> Kroma karton mukavemet ve diğer özellikleri .....	44
<b>Tablo 2.7.</b> Mat kuşe renk ve temel özellikleri .....	45
<b>Tablo 2.8.</b> Mat Kuşe mukavemet ve diğer özellikleri .....	45
<b>Tablo 2.9.</b> Parlak kuşe renk ve temel özellikleri .....	45
<b>Tablo 2.10.</b> Parlak Kuşe mukavemet ve diğer özellikleri .....	45
<b>Tablo 1.11.</b> Mürekkep teknik özellikleri .....	46
<b>Tablo 2.12.</b> Termal CTP kalıp teknik özellikleri .....	46
<b>Tablo 2.13.</b> Termal CTP makinesi teknik özellikleri .....	47
<b>Tablo 2.14.</b> Densite Cihazı teknik özellikleri .....	47
<b>Tablo 3.1.</b> Hamur kağıt numuneleri ile ISO standardı L*a*b* Değerleri .....	58
<b>Tablo 3.2.</b> Test baskısı zemin ton yoğunluğu değerleri .....	59
<b>Tablo 3.3.</b> Test baskısı ışık haslığı sonrası zemin ton yoğunluğu değerleri .....	60
<b>Tablo 3.4.</b> Test baskısı CMYK renkleri Lab değerleri .....	61
<b>Tablo 3.5.</b> Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri Lab değerleri .....	61
<b>Tablo 3.6.</b> Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ değerleri .	62
<b>Tablo 3.7.</b> Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK $\Delta E$ değerleri .....	63
<b>Tablo 3.8.</b> Test baskısı RGB renkleri Lab değerleri .....	64

<b>Tablo 3.9.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri Lab değerleri .....	64
<b>Tablo 3.10.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ değerleri .....	65
<b>Tablo 3.11.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB $\Delta E$ değerleri .....	65
<b>Tablo 3.12.</b>	A. Bristol numuneleri ile ISO standardı $L^*a^*b^*$ Değerleri .....	73
<b>Tablo 3.13.</b>	Test baskısı zemin ton yoğunluğu değerleri .....	74
<b>Tablo 3.14.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası zemin ton yoğunluğu değerleri .....	75
<b>Tablo 3.15.</b>	Test baskısı CMYK renkleri Lab değerleri .....	76
<b>Tablo 3.16.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri Lab değerleri .....	77
<b>Tablo 3.17.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ değerleri ..	78
<b>Tablo 3.18.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK $\Delta E$ değerleri .....	78
<b>Tablo 3.19.</b>	Test baskısı RGB renkleri Lab değerleri .....	79
<b>Tablo 3.20.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri Lab değerleri .....	80
<b>Tablo 3.21.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ değerleri .....	81
<b>Tablo 3.22.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB $\Delta E$ değerleri .....	81
<b>Tablo 3.23.</b>	Kroma karton numuneleri ile ISO standardı $L^*a^*b^*$ Değerleri .....	87
<b>Tablo 3.24.</b>	Test baskısı zemin ton yoğunluğu değerleri .....	88
<b>Tablo 3.25.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası zemin ton yoğunluğu değerleri .....	89
<b>Tablo 3.26.</b>	Test baskısı CMYK renkleri Lab değerleri .....	90
<b>Tablo 3.27.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri Lab değerleri .....	91
<b>Tablo 3.28.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ değerleri ..	91
<b>Tablo 3.29.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK $\Delta E$ değerleri .....	92
<b>Tablo 3.30.</b>	Test baskısı RGB renkleri Lab değerleri .....	93
<b>Tablo 3.31.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri Lab değerleri .....	93
<b>Tablo 3.32.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ değerleri .....	94
<b>Tablo 3.33.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB $\Delta E$ değerleri .....	94

<b>Tablo 3.34.</b>	Mat kuşe kağıt numuneleri ile ISO standardı L*a*b* Değerleri .....	102
<b>Tablo 3.35.</b>	Test baskısı zemin ton yoğunluğu değerleri .....	103
<b>Tablo 3.36.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası zemin ton yoğunluğu değerleri .....	104
<b>Tablo 3.37.</b>	Test baskısı CMYK renkleri Lab değerleri .....	105
<b>Tablo 3.38.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri Lab değerleri .....	106
<b>Tablo 3.39.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ değerleri	106
<b>Tablo 3.40.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK $\Delta E$ değerleri .....	107
<b>Tablo 3.41.</b>	Test baskısı RGB renkleri Lab değerleri .....	108
<b>Tablo 3.42.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri Lab değerleri .....	108
<b>Tablo 3.43.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ değerleri ...	109
<b>Tablo 3.44.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB $\Delta E$ değerleri .....	109
<b>Tablo 3.45.</b>	Parlak kuşe kağıt numuneleri ile ISO standardı L*a*b* Değerleri .....	117
<b>Tablo 3.46.</b>	Test baskısı zemin ton yoğunluğu değerleri .....	118
<b>Tablo 3.47.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası zemin ton yoğunluğu değerleri .....	119
<b>Tablo 3.48.</b>	Test baskısı CMYK renkleri Lab değerleri .....	120
<b>Tablo 3.49.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri Lab değerleri .....	119
<b>Tablo 3.50.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ değerleri	122
<b>Tablo 3.51.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK $\Delta E$ değerleri .....	122
<b>Tablo 3.52.</b>	Test baskısı RGB renkleri Lab değerleri .....	123
<b>Tablo 3.53.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri Lab değerleri .....	124
<b>Tablo 3.54.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ değerleri ...	124
<b>Tablo 3.55.</b>	Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB $\Delta E$ değerleri .....	125

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Giriş

Kağıt ve karton yüzey kabalığı, yüzey enerjisi, hava geçirgenliği, su ve yağ absorpsiyonu, gramaj ve temel ağırlığı, kalınlık, yoğunluk ve hacim, parlaklık, beyazlık, opaklık, yüzey dayanıklılığı, asit ve alkali miktarı, kül miktarı, nem içeriği gibi yapısal özelliklere sahiptir [1]. Basım endüstrisinde kağıt ve karton yüzeylere yağ, su, ve solvent bazlı mürekkeplerle baskılar gerçekleştirilmektedir. Kâğıt ve kartonların baskı işlemine karşı davranışı olarak tanımlanabilecek basılabilirlik kavramı sonuçlanan baskı kalitesi açısından baskıya uygunluğu ifade etmek için kullanılır [2]. Baskı süreci ve sonucu üzerinde önemli etkileri olan kâğıt ve kartonun baskıya (kâğıt-mürekkep etkileşimi açısından) uygunluğu önemlidir.

Baskı sonucunun görsel kalitesi büyük oranda baskı altı malzemesi ve mürekkebin optimum düzeyde birleşme sürecine bağlıdır. Kâğıdın yapısal özellikleri baskının kayıpsız ve istenilen renk değerinde elde edilebilmesi açısından son derece büyük önem taşımaktadır[1,2]. Kâğıt ve Karton yüzeyindeki yağ bazlı mürekkebin baskı sonrası kâğıda yerleşme, sabitlenme ve kuruma süreci, baskının rengi, parlaklığı, densitesi, kontrastlığı, nokta kazancı, trapping, gri balans, mürekkep tüketimi ve ışık haslığı gibi basılabilirlik parametrelerini etkilemektedir [3]. Kâğıt ve karton, heterojen ve değişebilir bir malzeme olduğundan yapısal özelliklerinin ölçülmesi ve bu özelliklerinin basılabilirlik parametrelerine etkilerinin tespit edilmesi gerekir [2,3].

## 1.2. Amaç

Yüzey kabalığı, porozite, su ve yağ absorpsiyonu, gramaj ve temel ağırlık, kalınlık, yoğunluk ve hacim, parlaklık, beyazlık, opaklık, asit ve alkali miktarı, kül miktarı, nem içeriği kağıdın yapısal özelliklerinden bazılarıdır[2]. Basılabilirlik baskı sırasında kâğıt üzerine aynı standartta sürekli baskı yapabilme yeteneği olarak da ifade edilebilir [3]. Baskı rengi, mürekkep parlaklığı, densite, kontrastlık, nokta kazancı, trapping ve ışık haslığı ise basılabilirlik özelliklerinden bazılarıdır.

Matbaa işletmeleri için mevcut birçok kâğıt çeşidi olduğundan dolayı, mürekkep ve

kağıt arasındaki ilişki açısından mürekkep absorpsiyonunun hızı ve miktarı iyi bilinmelidir [2]. Bunun önemi mürekkep yoğunluk değerlerindeki ve dolayısıyla basılabilirlik parametrelerine olan etkisi açısındandır. Ancak yapılan çalışmalarda kağıt ve kartonun yapısal özelliklerinin mürekkep absorpsiyonuna ve dolayısıyla basılı mürekkep filmindeki yoğunluk değişimine ve dolayısıyla basılabilirliğe etkisi derinlemesine ele alınmamıştır

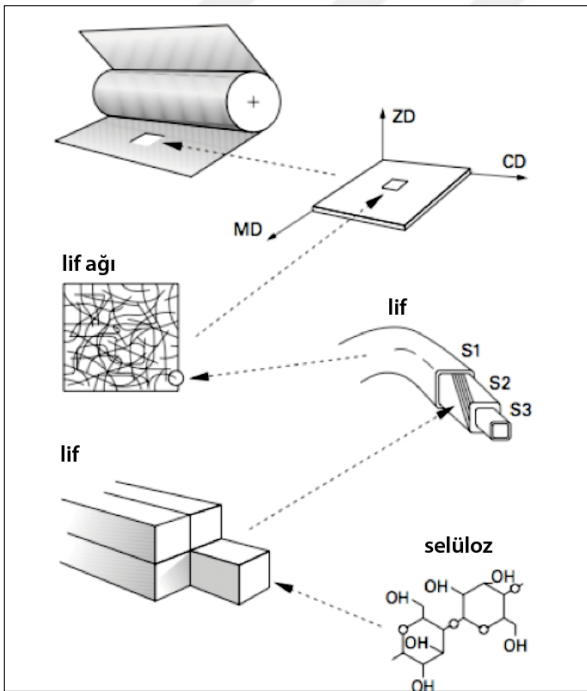
Bu çalışmada öncelikle yapısal özelliklerini tespit etmek amacıyla kağıt ve kartonlara yüzey enerjisi, sıvı temas açısı, parlaklığı, yüzey kabalığı, hava geçirgenliği, mukavemet, opaklık, kül miktarı, gibi test ölçümleri yapılarak her bir kâğıt değişkeninin yağ bazlı basılı mürekkep filmine ve dolayısıyla basılabilirliğe olan etkileri tespit edilecek ve farklı yöntemlerle detaylı irdelenecektir.

## 1.3 Genel Bilgiler

### 1.3.1 Kağıt

Kağıt, hammaddesi olan çeşitli ağaç türlerinin ve atık kağıt malzemelerin, odun hamuru ve selüloz haline getirilmesi ile çeşitli mekanik ve kimyasal etkiler sonucunda sonsuz elek sisteminden geçirilmesi ardından kurutulması sonucu mukavemet kazanarak oluşan düzgün satıhtır.

Kağıt hammaddesinde kullanılan iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlar olarak iki gruba ayrılır. Sektörün ihtiyacını karşılamak için genellikle daha yumuşak bir yapıya sahip olması sebebiyle iğne yapraklı ağaçlar kullanılır [5]. Ağaçlar parçalanarak talaş haline getirildikten sonra ıslatılarak çeşitli kimyasallar ile odun hamuru haline getirilir. Hamur yapı dövme işlemleri ile keçeleştirilmesi sağlanır ve elek üzerinde yapısında bulunan su süzdürülerek birbirine bağlanıp katılaşması sağlanır [6]. Belli miktar katılaştıran yapı daha sonra kurutulularak kağıt üretim süreci tamamlanır.

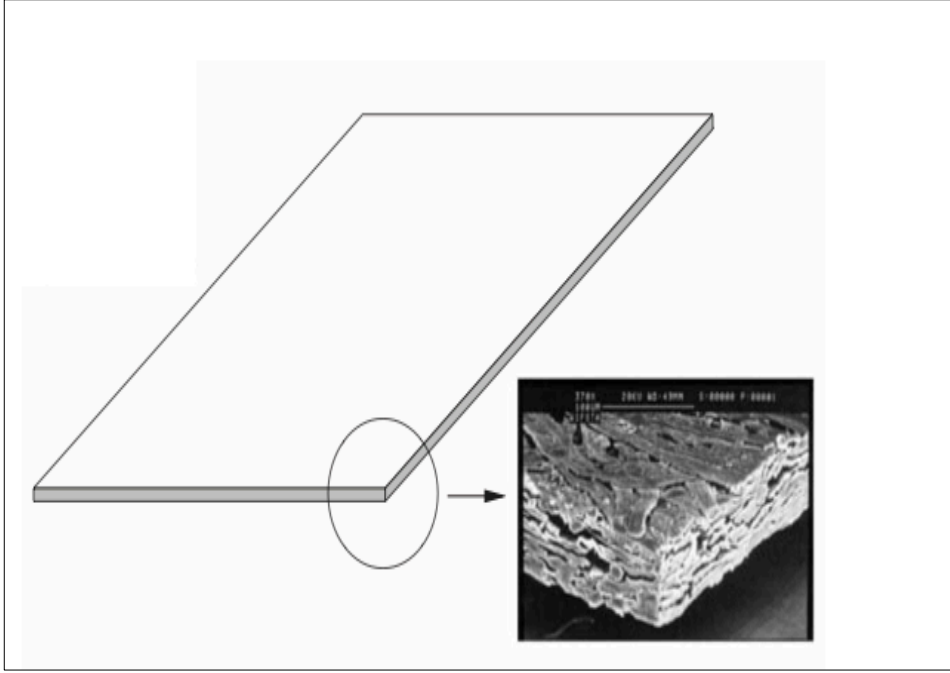


Şekil 1.1 : Kağıt Üretim

Kağıt genel olarak 10-150 g/m<sup>2</sup> arasında olan, bitkisel liflerden meydana gelen düz yüzeyli bir malzemedir [5,6].

### 1.3.2 Karton

Gramaj olarak yüksek, kalın, mukavemet fazla, tek veya çok katlı olan kağıtlardan oluşan yapı karton olarak adlandırılmaktadır. Farklı kullanım alanları olması sebebiyle çeşitli üretim yöntemleri ve yüzey yapılarına sahiptir. Yaygın kullanılan ve yüzey işlemi yapılmamış kartonlar 4 ana katmandan oluşmaktadır [7].



**Şekil 1.2 :** Karton Katmanları

**Alt Kat:** Genellikle geri dönüştürülmüş kağıtlardan elde edilmesi ve görünüm açısından baskı şartlarına uygun olmamasından dolayı kullanım alanına göre karton yapının alt kısmını oluşturmaktadır.

**Orta Kat:** Kartonun hacim özelliğini arttırmak için kullanılan orta kat, farklı özellikteki tüm geri dönüşüm kağıtları hammaddesini oluşturmaktadır.

**Koruyucu Üst Kat:** Alt katmanlarda oluşan lekelenmeleri üstte bulunan ve dış görünümü sağlayan katman iletmemek için genellikle I. Hamur kağıttan oluşturulan katmandır.

**Üst Kat:** Saf selüloz liflerinden oluşturularak parlak ve beyaz görünümü sağlayan üst kat, sağlam ve güzel görünüş yaratarak kartonun dış yüzeyini meydana getirmektedir.



## **1.4. Kağıt ve Karton Fiziksel Özellikleri Ve Testleri**

### **1.4.1 Kağıt ve Karton Yüzey Özellikleri**

Kağıt ve Kartondun basım tekniklerine uygunluğu fiziksel özelliklerine göre belirlenmektedir. Baskıya uygunluğu açısından kağıt ve kartondun yüzey özellikleri basılabilirlik şartlarını ve baskı kalitesini etkilemektedir [8].

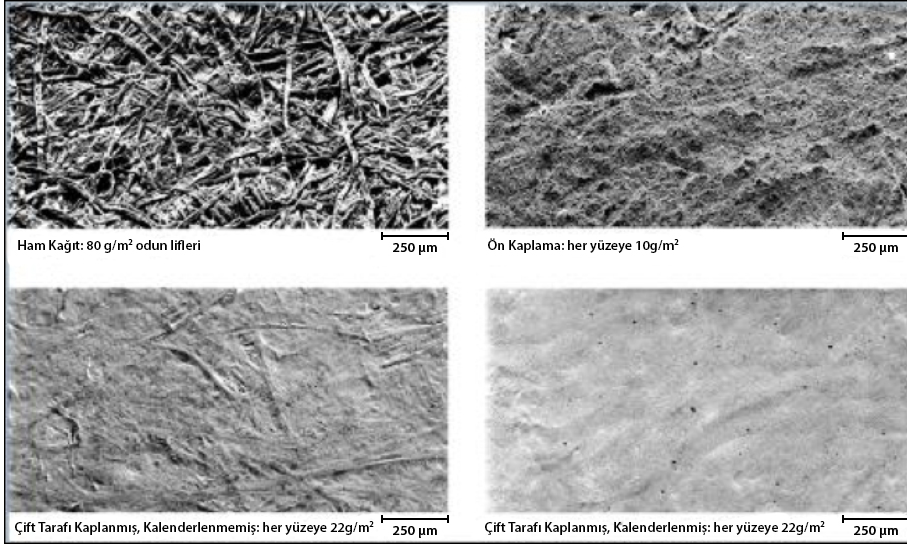
Yüzey özellikleri bakımından kağıt ve karton, yüzey (Kaballığı) düzgünlüğü, hava geçirgenliği, emicilik, yüzey kontak açısı olarak sınıflandırılabilir. [6]

#### **1.4.1.1 Yüzey (Kaballığı) Düzgünlüğü**

Perdahlama olarak da adlandırılan yüzey düzgünlüğü, basım sürecinde gerekli miktarda mürekkep örtücülüğünün sağlanmasında önemli bir faktördür. Baskıdaki kalite ve parlaklık perdah miktarına göre artmaktadır [7]. Kağıt yada kartondun yüzey yapısına bağlı olarak düzgünlüğü değişim gösterir. I. Hamur kağıtlarda fotokopi çekimi gibi işlemlerde pürüzlülük etkili değilken, seri üretimdeki bir baskı makinasında yüzey düzgünlüğü yüksek olan parlak kuşe kağıt görsel açıdan daha iyi bir sonuç vermektedir [8,9]. Baskı aşamasında en önemli konu minimum mürekkep ile maksimum verim elde etmek olduğundan kağıdın yüzey düzgünlüğü baskı sürecinde mürekkebin davranışını ve performansını etkilemektedir [10].

Kağıt yüzey düzgünlüğü baskı sonrasında uygulanan çeşitli laminasyon uygulamalarında önem arz etmektedir [11]. Kağıdın yüzeyin düzgünlüğü aynı zamanda baskı sonrasında yapılacak çeşitli laminasyon uygulamalarının yüzeye bağlanabilirliği açısından önemlidir.

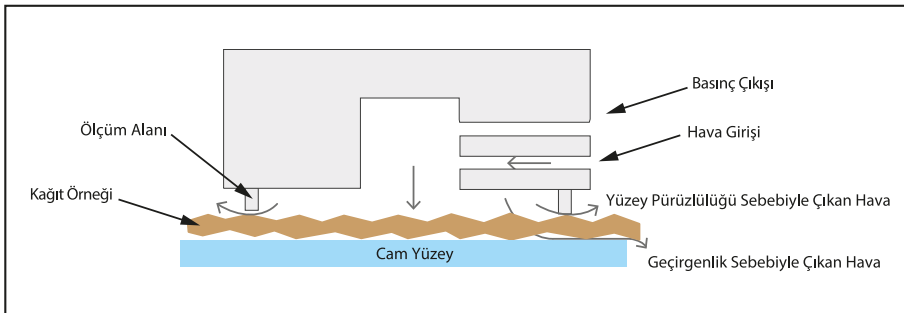
Yüzey düzgünlüğü, kaballığı yada pürüzlülüğü olarak adlandırılan yüzey özelliği farklı yöntemler ile ölçümlenmektedir. Kaplanmamış yüzeyler için Bendtsen yöntemi, kaplamalı kağıtlar için PPS (Parker Print-Surf) yöntemi standartlarda da belirtilmesinden dolayı daha fazla kullanılmaktadır [12].



**Şekil 1.3 : Kağıt Yüzey Yapısı**

En yaygın kullanılan yüzey düzgünlüğü ölçüm cihazları hava sızıntı olarak adlandırılan yöntem ile materyal içerisinden geçen hava miktarı ile yüzey düzgünlüğünü ilişkilendirmektedir [11,12].

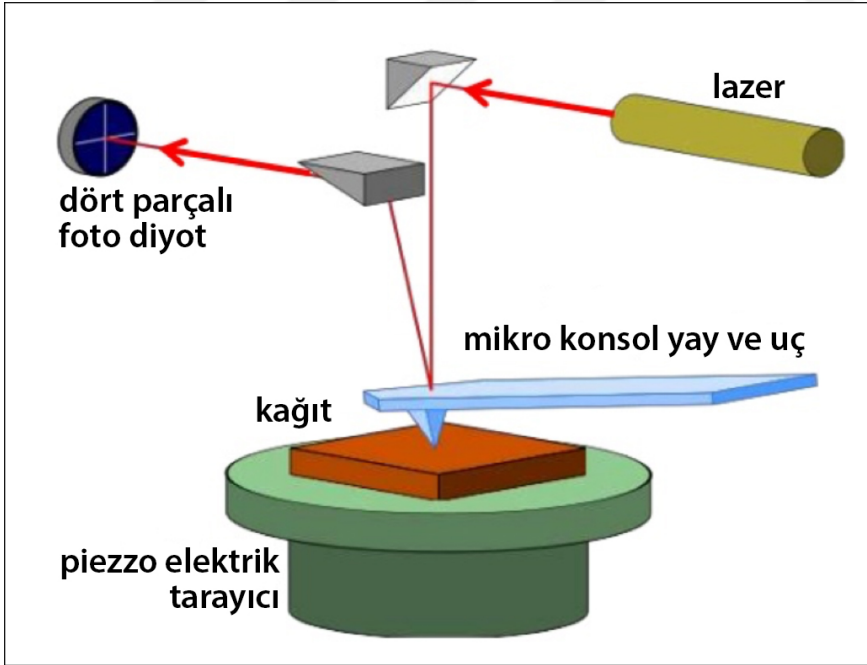
Bendtsen veya PPS (Parker Print Surface) cihaz üzerindeki düzgünlüğü kabul bilinen yüzey ile materyalin arasından geçen hava miktarı ile ölçüm belirlenir. Bendtsen ölçüm metodu TAPPI UM 535 test metodunda belirtildiği gibi cam yüzey ile kağıt yada kartonun arasından geçen hava miktarı ölçülerek gerçekleştirilir. Ölçüm sonucu sensör tarafından algılanarak dakikada geçen hava miktarı ml cinsinden elde edilir. Birim olarak ml/dk' dır [13]. Bendtsen ölçüm cihazı sayısal sonucunda değer küçüldükçe yüzey düzgünlüğü arttığı gibi değer büyüdükçe yüzey düzgünlüğünün azaldığı tespit edilmektedir.



**Şekil 1.4 : Bendtsen Yüzey Düzgünlüğü Test Yöntemi**

PPS (Parker Print Surf) yüzey düzgünlüğü ölçüm sisteminde test işlemi 490-1960 kPa basınç altında test işlemini gerçekleştirmektedir [12,13]. Kaplanmış kağıtların yüzey düzgünlüğünün tespit edilmesi amacıyla kullanılabilen yöntem John Parker tarafından geliştirilmiştir [11]. TAPPI T555 standart test metodunda belirtildiği ölçümü gerçekleştiren yöntem, cihazın temel parçası ile kağıt arasında belirli alandan geçen hava akımını zaman bağlı geçişinin ölçülmesi prensibi ile çalışmaktadır. Hava geçişi iki dar paralel alan ( $51 \mu m$ ) kullanılması sebebiyle birim olarak " $\mu m$ " kullanılmaktadır [14].

Bu ölçümlerin dışında mikro düzeyde yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde son yıllarda geliştirilen ve daha önce hiç olmadığı kadar yüksek çözünürlükte gözlemlememizi sağlayan SEM (Scanning Electron Microscopy) yöntemi kağıt topografyasını, hem kaplama tabakasını hem de basılı mürekkep yüzeyini incelemek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [15]. Bunun yanında daha yeni bir teknoloji olarak (AFM) atomik kuvvet mikroskobu özellikle mikro yüzey pürüzlüğü olan durumlarda , mürekkep miktarının düşük olduğu bölgelerde ve özellikle kaplamanın kaba pigmentler içerdiği durumlarda önemlidir [14,15].



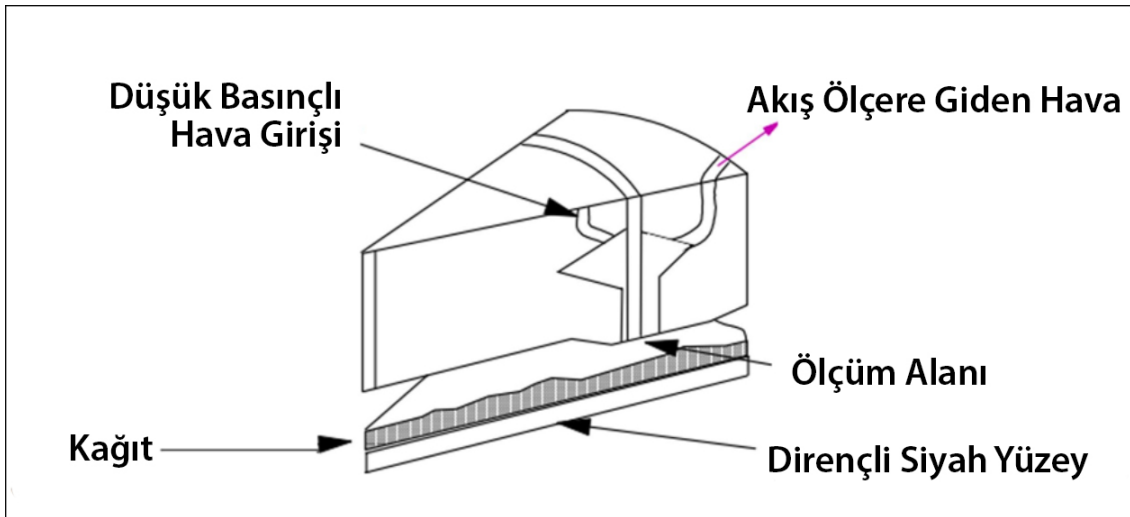
Şekil 1.5 : AFM Atomik Kuvvet Mikroskop Şeması

### 1.4.1.2 Hava Geçirgenliği

Kağıt ve Kartonun yapısal özelliklerine bağlı olarak birim zamanda, birim basınç altında, birim alandan geçen ortalama hava geçiş miktarıdır [15]. Hava geçirgenliği bir çok maddeye uygulanabilen genel bir özellik olmasının yanında, kağıt yada karton tabakasının bir özelliği olarak düşünülür [13].

Diğer plastik ve metal malzemeler ile karşılaştırıldığında kağıt ve karton yüksek oranda gözenekli bir yapıdadır. Gözenekliliğin artması hava geçirgenliğini de doğrudan arttırmaktadır. Kağıt için gözeneklilik kullanım alanına göre önem arz etmekle birlikte baskı ve baskı sonrası işlemlerde makinelerin çalışması açısından dezavantaj yaratabilmektedir [15]. Kağıt hava geçirgenliği kağıdın boyutsal özelliklerini doğrudan etkilemekle birlikte laminasyon uygulamalarının sorunsuz yapılabilmesi için kağıdın düşük hava geçirgenliğine sahip olması gerekir [14].

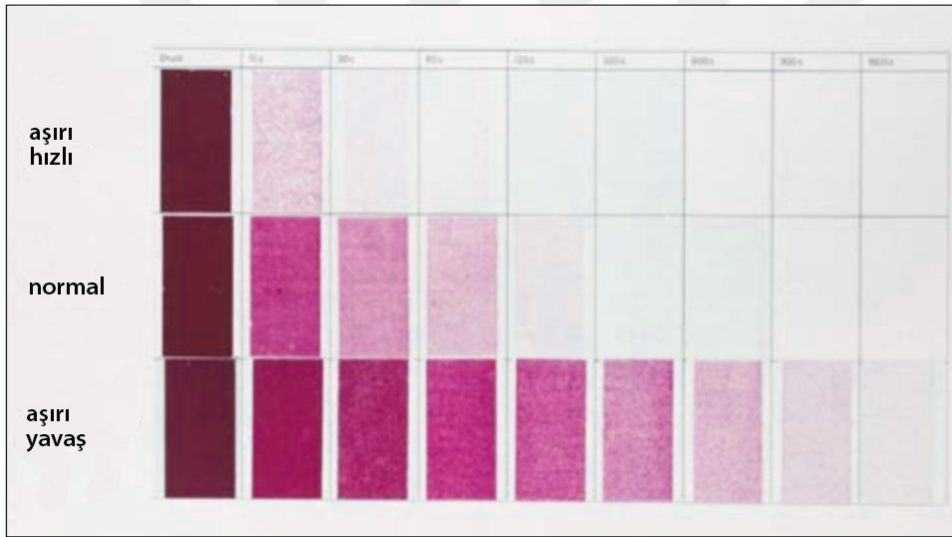
Hava geçirme testi belli bir alandan havanın akış hızını ölçümleyerek çalışan Bendtsen test cihazı ile TAPPI T 460 standardına uygun olarak yapılmaktadır.  $100\text{cm}^3$  sabit basınç altında yer çekimi ile aşağıya inen ve  $1\text{ in}^2$  lik dairesel bir yapının arasında bulunan kağıt içerisinden geçen hava miktarını zamana bağlı ölçümlenmektedir. [11-15]. Belirli miktardaki havanın, birim alandan geçme süresi de ölçüm metoduna göre ml/dk. ve m/Pa.s birimi ile ifade edilmektedir [14].



Şekil 1.6 : Hava geçirgenliği ölçüm şeması

### 1.4.1.3. Su Emiciliği (Cobb) ve Mürekkep Emiciliği

Kağıdın emici özelliği, baskı sonrasında mürekkebin sıvı fazının kağıt tarafından emilimi ve dolayısıyla yüzeyde kurumasına olanak sağlamaktadır. Kurumanın gerçekleşmesi büyük oranda mürekkebin yapısı ve kağıdın emici yapısıyla sağlanmaktadır. Kağıdın mürekkep emiciliği ölçümü özel mürekkep bir yardımıyla gerçekleştirilir [16]. Kağıt üzerine aktarılan mürekkep belli bir süre (30, 60, 90, 120, 300, 600, 900, 1800, 3600 saniye olarak) bekletildikten sonra fazla olan kısmı yüzeyden alınır [14]. Kağıt yüzeyinde kalan mürekkep izi densitometre ile ölçülünerek karşılaştırma yapılır. Şekil 1.7’ de görüldüğü gibi densitometre ölçümünde oluşan sonuç emiciliği yüksek olan kağıtlarda daha düşük değere sahip iken, emiciliğin düşük olan kağıtlarda daha yüksek değere sahiptir [16].



Şekil 1.7 : Kağıt özelliğine bağlı Mürekkep emilme test karşılaştırması

Literatürde Cobb testi olarak ifade edilen kağıt emiciliği testi, kağıt ve kartonun suya karşı gösterdiği direncin ölçülmesidir [17]. Kağıdın yüzey emiciliği özelliğini ölçmek amacıyla 100 cm<sup>2</sup> kağıt metal bir silindir arasına sıkıştırılır. Kağıda uygulanacak test standardında belirtilen 30, 60 ve 120 saniye bekletilme süresine göre, alan içerisinde yine standartta belirtilen oranlarda su ilave edilir [16]. Standartta belirtilen süre bazında 30 saniye testinde 2,5 cm alan içerisine su ilave edilirken, 60 ve 120 saniyelik olan test metodu uygulanacak ise 1 cm derinlikte su ilave edilir [14]. Ölçüler dahilinde hazırlanan kağıt yada kartonun kuru hali ile su ile temas süresinde

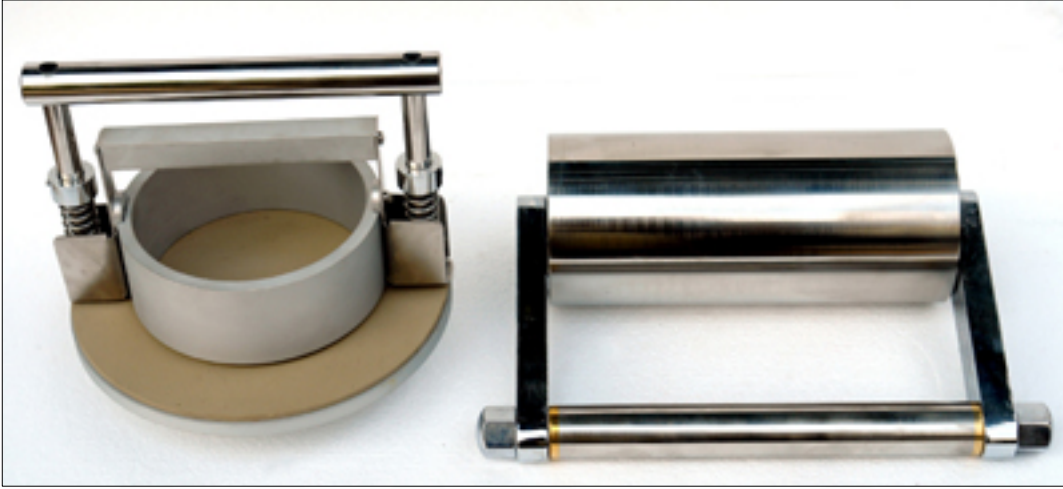
sonra oluşan ağırlık farkı su emme miktarı olarak ölçümlenmektedir. Tüm ölçümlmeler ve uygulamalar Cobb testi için ISO 535 ve TAPPI T 441 test metotlarında belirtildiği üzere yapılarak ideal sonuç oluşturulmaktadır [17].

Cobb değeri standartta belirtilen;

Cobb =  $(T_2 - T_1) \times 100$  formülüne göre hesaplanmaktadır.

Burada ;  $T_1$ : Kağıdın su emilimi yapılmadan ağırlığı

$T_2$ : Kağıdın su emilimi yapıldıktan sonraki ağırlığını ifade etmektedir.

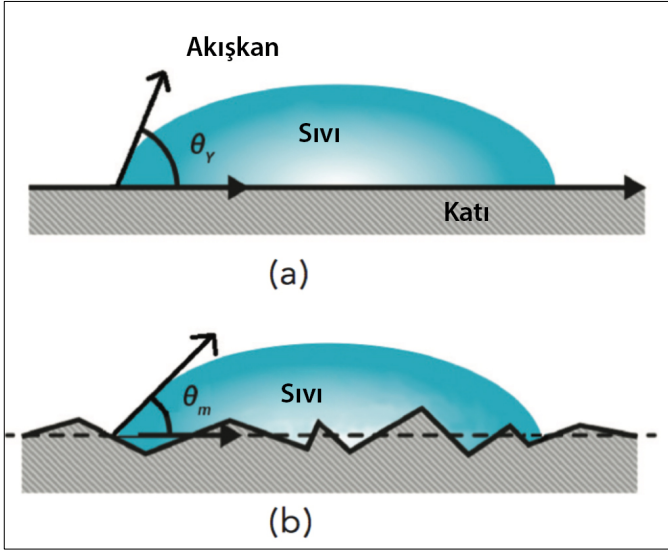


**Şekil 1.8** : Cobb Test Cihazı

#### **1.4.1.4. Yüzey Gerilimi**

Kağıt ve kartonun yüzey özelliğine bağlı olarak sıvının damlatılarak ilk temas anındaki damlacık ile standartta belirtilen süre aralığı içerisinde damlanın yayılımının takip edilerek gösterdiği tepkimenin ölçülmesi sonucunda yüzey gerilimi, temas açısı yada yüzey enerjisi tespiti gerçekleştirilmektedir [17].

Günümüzde en yaygın kullanılan yöntem goniometre kullanılarak damla oluşturmak ve damlayı kağıt üzerine aktarıp doğrudan ölçümlenmektedir. The Young-Dupre denklemi kullanılarak bağlanma enerjisini doğrudan sıvının yüzey gerilimi neticesinde, sıvının katı ile oluşturduğu temas açısı ( $\theta$ ) ölçümü sonucunda gerçekleştirilmektedir.[16-18]



**Şekil 1.9 :** Yüzey gerilimi temas açısı ölçümü

Bu yöntem neticesinde sadece statik temas açısı ölçümlemesi değil aynı zamanda dinamik emilim testi olarak bir damla sıvının hacmi ve yayılımı neticesinde kağıt ve kartonun sıvı emiciliği test edilebilmektedir. Zamanla kağıdın boyutlanması ve sus tuma derecesini belirlemek içinde kullanılabilir. Standart olarak TAPPI T558 ve T 458 yöntemi baz alınmaktadır.[18]



**Şekil 1.10 :** Temas açısı ölçüm test cihazı



## 1.4.2 Kağıt ve Karton Boyutsal Özellikleri

### 1.4.2.1 Gramaj

Gramaj, kağıdın birim alanına düşen ağırlıktır. Yırtılma mukavemeti, kalınlık gibi pek çok fiziksel özelliğini kağıdın gramajı etkilemektedir. Ayrıca opasite gibi test edilebilen diğer optik özelliklerini de önemli ölçüde etkilemektedir. Kağıdın çeşitli mukavemet özellikleri temel özelliklerinin yanında büyük oranda gramajı ile artmaktadır.[17-19]

Üretimi tamamlanmış kağıdın temel bir özelliği olan gramaj, matbaacının genellikle kağıdı ağırlığı ile aldığından dolayı ekonomik üretimini etkileyen bir özelliktir.

Farklı metrik sistemler ile ölçümlenebilen gramaj temel olarak kütleye bağlı ağırlık oranlamasına sahip bir hesaplama kullanılmaktadır. Temel olarak kağıt kesici tarafından 100cm<sup>2</sup> lik bir kağıt yada karton kesilerek hassas terazi üzerinde tartımı gerçekleştirilir. Burada elde edilen sonuç 100 ile çarpılarak g/m<sup>2</sup> cinsinden sonuçlar tanımlanır ;

$G = \frac{K \cdot m^2}{A}$  formülü ile hesaplama gerçekleştirilir.

K: Kağıt numune ağırlığı (g)

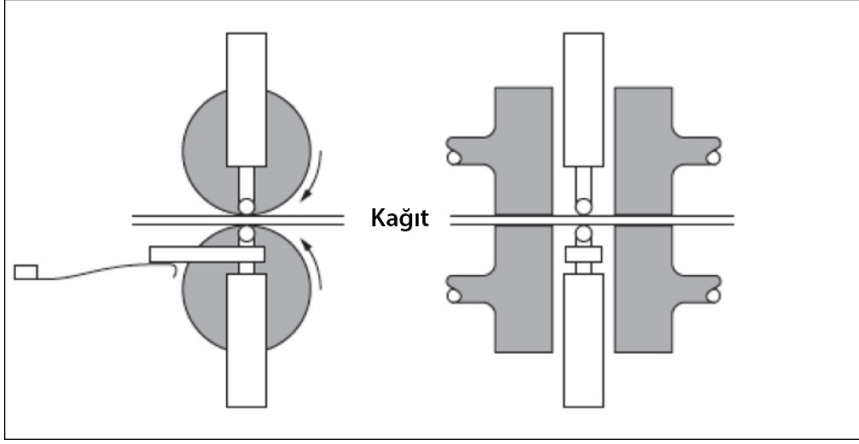
A: Kağıt numune kesit alanı (cm<sup>2</sup>) olarak formülde ifade edilmektedir. [19]

### 1.4.2.2 Kalınlık

Kağıt ve karton üç boyuttan oluşan bir materyaldir. En, boy ve yükseklik olarak nitelendirilen üç boyut içerisinde yüksekliğin karşılığı kalınlıktır. Bir tek kağıt yada kartonun alt katmanı ile üst katmanı arasındaki mikron cinsinden ölçüm sonucu kalınlık olarak tanımlanmaktadır. Mikrometre ile ölçülünerek kalınlık tespit edilmektedir.

Kağıt kalenderleme oranı, nem içeriği, yapısındaki liflerin özellikleri kalınlığa direkt etki etmektedir. Kalınlık aynı zamanda kağıdın mukavemet, optik özellikleri gibi çeşitli özelliklerini olumlu ve olumsuz yönde etkileyebilmektedir. [18]

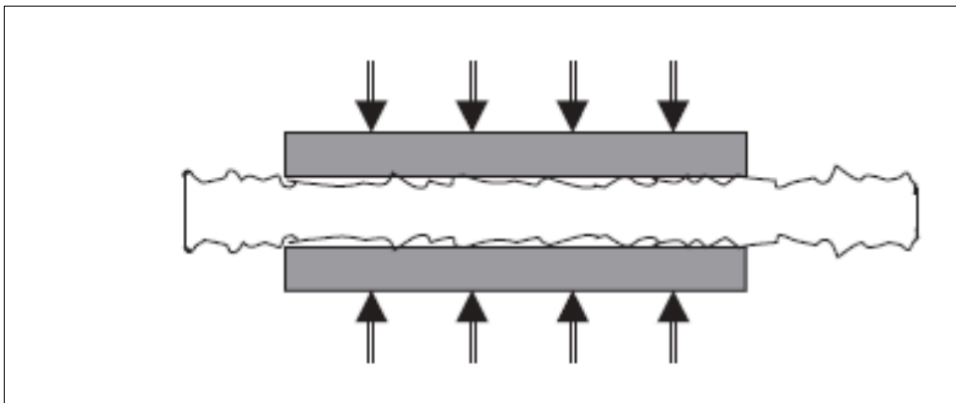




**Şekil 1.11 :** Kağıt-Karton Kalınlık Ölçümü

Basım sektörünün en çok kullanılan baskı malzemelerinden kağıdın kalınlığı üretim hattının rahat işlemleri için çok önemlidir. Kağıdın kalınlığına bağı olarak baskı sistemlerindeki basınç miktarının değışimi baskılardaki nokta kazancı ve aktarılan mürekkep miktarını değıştirmektedir. Baskı sırasında tabaka üzerindeki kalınlık farkları kalite kontrol aşamasında yaşanılacak zorlukları meydana getirdiğı gibi, makinada kazanlar arasında işleyişini de zorlaştırmaktadır. [19]

Ambalaj ürünleri gibi özellikle mukavemet özelliklerinin ön planda olduğı materyallerin kağıdın kalınlığından kaynaklı sorunlar yaşanabilmektedir. Kitap kapakları, ürün taşıma ambalajları, kutular gibi ürünlerin patlama yırtılma gibi özellikleri kalınlığın etkilediğı bilinmektedir. [20]



**Şekil 1.12.** Kalınlık Ölçümü

Kağıt ve karton üretiminde üretim hattı ve basım işletmelerinde üretim rahatlığı için kalınlık özelliklerinin hem üretimin düzgün ilerlemesi ve kalite kontrolün oluşturulabilmesi için tabakanın her yerinde eşit oluşturulması gerekmektedir.

### 1.4.2.3 Yoğunluk

Kağıt kalınlığının taban alanı ile çarpılması sonucunun, ağırlığa oranı kağıdın yoğunluğu olarak ifade edilmektedir. Uluslararası birim sisteminde  $g/cm^3$  olarak kullanılır. Kağıt yada kartonun ağırlığının hacmine oranı olan yoğunluk kağıt üretimini ve baskı aşamasında mürekkep yoğunluğunu doğrudan etkilemektedir.

Yoğunluk,

$$P = \frac{m(g)}{V(cm^3)}$$
 formülü ile hesaplanır.

$P =$  Yoğunluk ( $g/cm^3$ ),  $m =$  Kağıt ağırlığı (g) ,  $V =$  Kağıt-Karton Hacmi ( $cm^3$ ) olarak ifade edilir.[19-21]

Baskı aşamasında özellikle kağıdın üst katmanında oluşan mürekkebin, en alt katmana ulaşması yoğunlukla ilişkilidir. Yoğunluğu yüksek olan kağıtlarda arkaya geçme daha az olurken yoğunluğu düşük olan kağıtlarda daha fazladır. Aynı zamanda yoğunluk ile bağlantılı olarak hava geçirgenliği özelliği ve optik özelliklerinden özellikle opaklığı üzerinde etkilidir. [20]

Yoğunluk, kalınlık ve hacim ile doğrudan ilişkili olmasından dolayı aynı gramaja sahip olan kağıt yada kartonun yoğunluğu farklı olabilir. Basınç ile aynı gramajdaki kağıt hacimsel olarak inceltir ve yoğunluğu düşürüldüğü takdirde yüzey pürüzlülüğü azalır fakat mukavemet özelliklerinde kayıplar meydana getirmektedir.

**Tablo 1.1.** Kağıt yoğunluk örneği

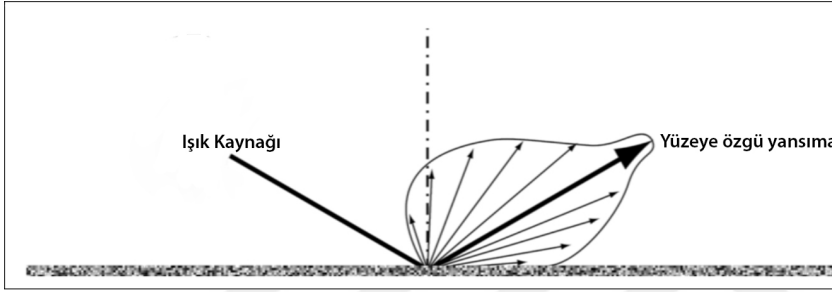
Kağıt $g/m^2$	Kalınlık ( $\mu m$ )	Yığın ( $cm^3/g$ )	Yoğunluk ( $g/cm^3$ )	Sayfa Sayısı	Kitap Kalınlığı
80	80	1	1	256	10,2
80	112	1,4	0,715	256	14,3
100	140	1,4	0,715	256	17,9

### 1.4.3 Kağıt ve Karton Optik Özellikleri

#### 1.4.3.1 Parlaklık

Parlaklık, kağıt ve kartonun ışığı spektral yönde yansıtabilme yeteneğini gösteren, yüzeyin optik bir özelliğidir. Spektral yansıtım, tek bir gelen yöndeki ışığın, tek bir giden yöne yansıdığı bir yüzeyden, gelen ışığın ayna benzeri yüzey üzerine yansıtımının ölçülmesidir.[21]

Işık ışını belirli bir açıyla ( $\epsilon$ ) kağıt ya da karton gibi bir yüzeye çarparsa, bazıları yüzeyden içeri girer, geri kalan kısmı yansıtılır.[22]



**Şekil 1.13 :** Kağıt yüzey parlaklık

Parlaklık ölçüm değerleri, boyutsuz parlak ünitelerde (GU) belirtilmiştir. Bu sayının yüzde olarak bir değer olmadığını unutmamak önemlidir. Parlaklık değeri ışığın miktarı ile değil, belirli bir kırılma indisinin siyah cilalı bir cam standardıyla ilgilidir [20]. Bu standart için, ölçülen değer tüm ölçüm metodları için 100 parlak birim olarak ayarlanır.

Parlak metaller, aynalar ve bazı folyolar gibi parlak malzemeler, kalibrasyon için kullanılan siyah cam standardından daha yüksek bir kırılma indeksine sahiptir. Bu nedenle, bu ürünler için 100' den çok daha parlak birimler, hatta 2.000' e kadar daha yüksek parlaklık birimleri kullanılabilir [21].

Birçok kağıt veya karton ürününde, optik görünüm, kalitenin önemli bir göstergesidir. Nihai ürünün yüzeyinde düzgün bir parlaklık elde edilmek istenir, bu nedenle üretim sürecinde olduğu gibi Ar-Ge' de de parlaklığı sürekli stabil tutmak önemlidir. Özellikle üretim sırasında parlaklık kontrolü önemlidir. Eksikliklerin erken tespit edilmesi böylece firelerden kaçınılmakta ve tasarruf sağlanmaktadır [20].

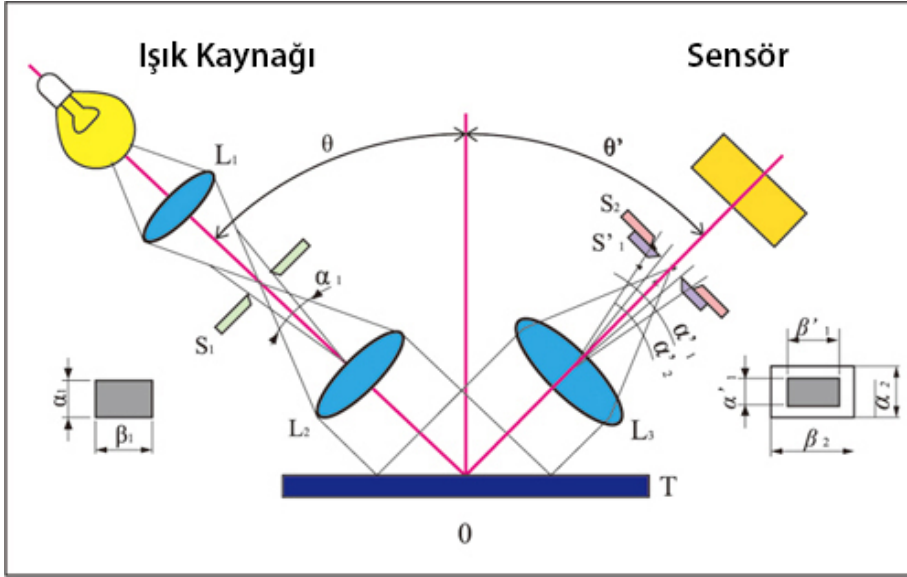
Parlaklık ölçümü için kullanılan ölçüm prensibi aşağıda belirtildiği gibi;

$L_1$  = Işık Kaynağı

$\epsilon_1$  = Yaklaşma Açısı

$L_2$  = Algılama sensör sistemi

$\epsilon_2$  = Yansıma Açısı



**Şekil 1.14 :** Kağıt yüzey parlaklık ölçümü

Kağıt endüstrisi için parlaklık ölçümü için birçok standart mevcuttur, bunların en yaygın olanları Alman DIN (Alman Norm Enstitüsü) ve Amerikan TAPPI (Selüloz ve Kağıt Sanayi Teknik Derneği) tarafından verilir.

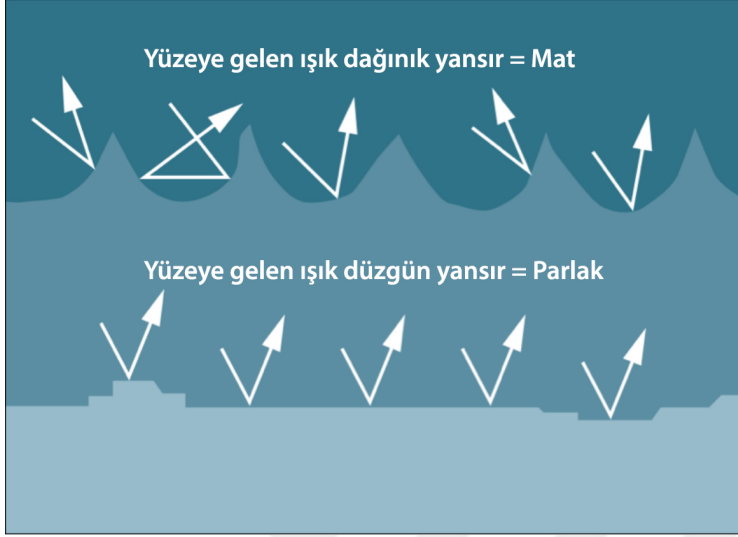
Tappi T 480, kağıt ve kartonun parlaklık derecesini 75 derece (kağıt yüzeyinden 15 °) belirler. Bu yöntem, düşük veya orta derecede parlak kaplanmış ve kaplanmamış kağıtlar için olduğu kadar kağıt veya kartondan üzerine yapılan çoğu mürekkep filmi için de uygundur. Standart, karşılık gelen parlaklık ölçüm cihazının teknik gereksinimlerini açıklamaktadır.

Tappi T 653, kağıt ve kartonun parlaklık derecesini 20 derecede (kağıt yüzeyinden 70 °) tanımlar. Bu yöntem, parlak kaplamalı, dökme-kaplamalı, lake edilmiş, kuşelenmiş kağıtlar ve yüksek parlaklıkta mürekkep filmler için uygundur. TAPPI parlaklığı, ağartma etkilerine en duyarlı bölgedeki hamurun yansımalarını ölçmek için seçilen filtreye dayanmaktadır.

DIN 54502: Bu Alman standardı, 45 ve 75 derecelik parlaklık ölçüm metodlarını tanımlar. Parlaklık ölçümü için teknik gerekliliklerin yanı sıra ölçüm prosedürünü de açıklar. Tappi standartlarının farklı gereklilikleri nedeniyle, ölçüm alanının boyutu ve

şekli farklıdır ve sonuçlar karşılaştırılmaz veya birbirine dönüştürülemez. 45 ° 'de daha parlak, 75 ° ile düşük parlak yüzeylerde örneklerin ölçülmesi önerilir.

Hangi standart uygulanacağı yüzey parlaklığına (düşük, yüksek veya çok yüksek parlaklık) ve müşterinin veya şirket içi kuralların gereklerine bağlıdır.



**Şekil 1.15 :** Parlaklık yansımaya farkı

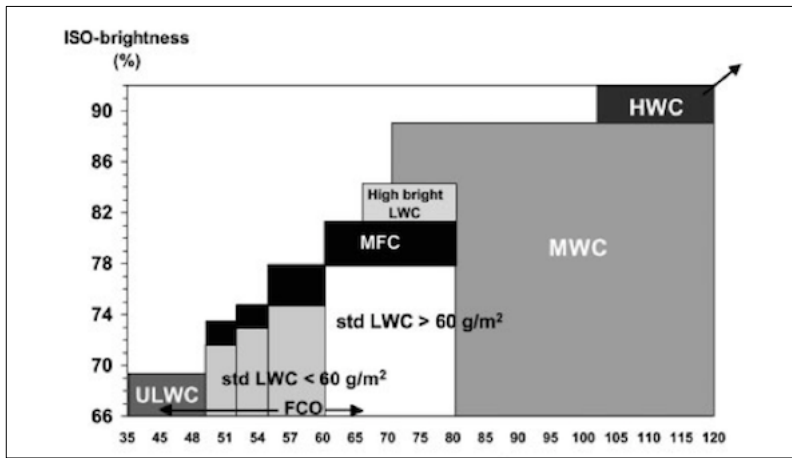
Çoğu durumda, parlaklık üretimi çok büyük oranda etkilemektedir. Bununla birlikte, örneğin yeni ürünler için yeni referans değerleri tanımlanmalıdır. Bir parlaklık izleme sistemi oluşturulmalı, görsel olarak incelenen örneklerle desteklenmesi gerekmektedir. Referans değeri, istenen görsel görünüme sahip "mükemmel" bir numune ölçülerek ayarlanır. Üst ve alt sınır değerleri, görsel muayene ile hafif veya çok hafif parlak olarak değerlendirilen numunelerin ölçülmesi ile tanımlanabilir [21]. Çoğu durumda, üretici bu parlak referans değerlerini kendileri için ayarlamaktadır, bazı durumlarda müşteriye bağlı olarak da üretim gerçekleştirilebilmektedir [20].

Mürekkebi uyguladıktan sonra elde edilen baskı parlaklığı sadece kağıdın yüzey parlaklığına bağlı olmayıp mürekkebin kağıda absorpsiyon derecesine de bağlıdır. Hem renk görünümü hem de onun yoğunluğu mürekkep kuruması ve yüzeye karışması ile değişecektir. Farklı kalitelerde kağıt üzerine aynı mürekkep, kağıt parlaklığı ve emilim kombinasyonuna bağlı olan geniş olarak farklılıklar gösteren görünümlere sahip olacaktır [22]. Yüksek parlaklığa sahip kağıtlar üzerine yapılan baskılar, iyi renk ve daha parlak sonuç vermektedir. Düşük parlaklık sahip yüzeylerde ise donuk bir doymamış görünümüne sahip olmaktadır.

### 1.4.3.2 Beyazlık

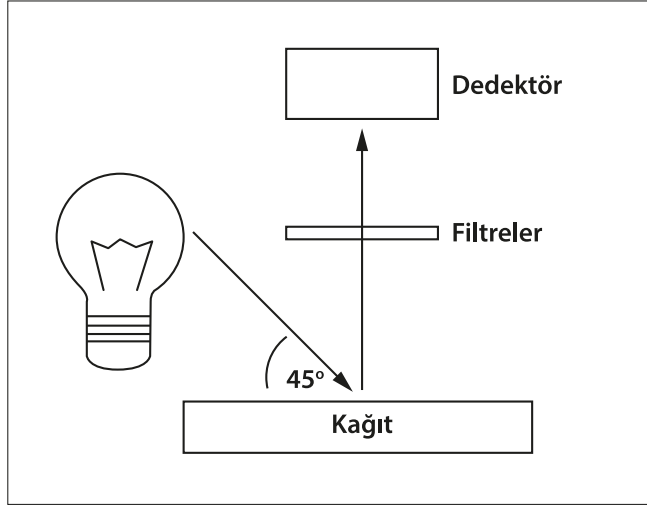
Beyazlık ve parlaklık, bazen farklı kağıtların göreceli beyazlığını karşılaştırırken veya belirli bir kağıdın beyazlığını tanımlarken birbirinin yerine kullanılabilir. Bununla birlikte, bu iki terim birbiriyle ilişkili iken, bilimsel tanımları farklıdır [21]. Aslında aynı derecede parlaklığa sahip olan kağıtlar görsel görünüm açısından büyük farklılık gösterebilir[20].

TAPPI parlaklığı, ağartma etkilerine en duyarlı bölgedeki hamurun yansımalarını ölçmek için seçilen filtreye dayanmaktadır [23].



Şekil 1.16 : Kağıt-Karton ISO gramaja göre Beyazlık

Kağıdın beyazlığı, bir kağıt yüzeyinin görünür renk evreninde tüm dalga boylarında yansımaları ile ölçülür. Kağıdın parlaklığı, spektrumun mavi bölgesindeki reçete edilen tek bir dalga boyunun (457 nm) ışık miktarını o kağıdın bir yastığı tarafından yansıyan miktara, 100 yansıtma özelliğine sahip bir standart tarafından yansıtılan miktara kıyasla ölçülür.



**Şekil 1.17 :** Beyazlık (Brightness) ölçümü

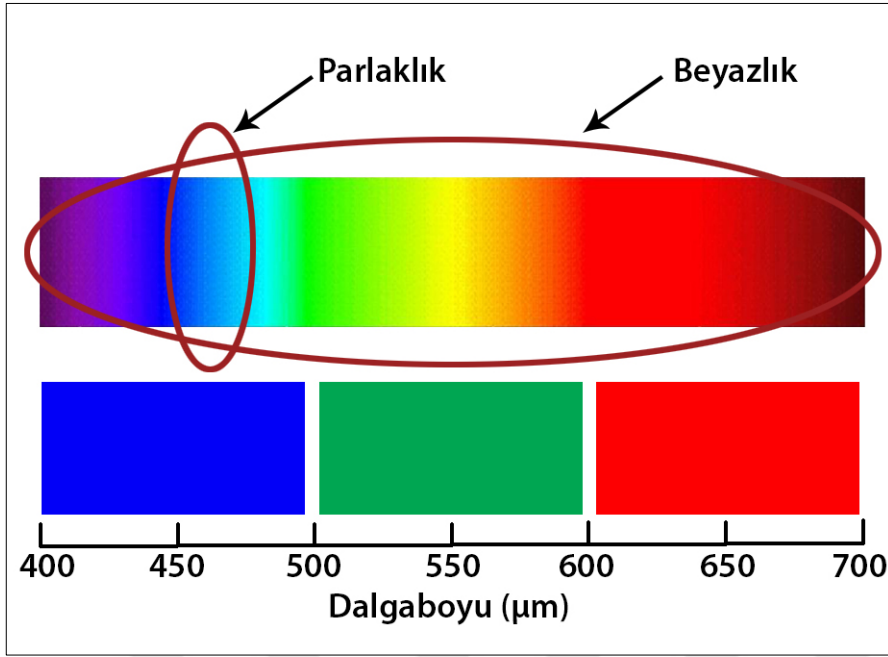
Beyazlık, bir kağıdın ışığın bütün renklerini eşit şekilde yansıtabilme becerisi olarak tanımlanabilir. Kağıdın görünür spektrum boyunca yer alan bütün dalga boylarındaki ışığı dağınık şekilde yansıtma derecesidir [23].

Kağıt gerçekten beyazlığa sahip ise yüksek bir yansıtma derecesine sahip olmalı ve bir ışık dalga boyunu diğerinden fazla emilimini etkileyecektir [24]. Beyaz kağıtların çoğunun toplam yansıtması %50 ile %90 arasında olup, farklı dalga boylarında %20 ila %30 kadar varyasyonlar görülebilmektedir [25].

CIE beyazlık değeri, beyazlaştırıcı ajanları olan veya olmayan beyaz kağıtların gün ışığı aydınlatıcı (C/2° veya D65/10°) altında bakıldıklarında görülen görsel görünümüdür. Görülen renk evreninde mavi bölgesiyle sınırlı olan ISO parlaklığı ölçümünün tersine, görülen spektral aralığın tamamı üzerinde elde edilen yansıtma verilerine dayanır.

Bu renk skalası, iki rengin aynı anda hem yeşil hem de kırmızı veya hem mavi hem de sarı olamayacağını söyleyen renk görüşünün zıt renkler teorisine dayanmaktadır. Sonuç olarak, kırmızı/yeşil ve sarı/mavi unsurları tanımlamak için tek değerler kullanılabilir.

L\*, siyah için sıfırdan kusursuz beyaz için 100'e kadar artan şekilde açıklığı temsil eder a\* pozitifken kırmızılığı, negatifken yeşilliği temsil eder ve gri için sıfırdır b\* pozitifken sarılığı, negatifken maviliği temsil eder ve gri için sıfırdır.



**Şekil 1.18 :** Brightness ve Whiteness ölçüm farklılığı

$L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  – değerleri günümüzde kağıdın renk gölgesini tanımlamak için baskın dalga boyunun yerine yaygın olarak kullanılmaktadırlar [25].

İnsan gözünün gördüğü şekliyle açıklık, %0 ile %100 arasında değişebilen Y-değeri olarak verilir. Y-değeri, kağıdın yansımalarının spektrum alanının tümü olduğu, ancak maksimum ışık yoğunluğunun 557 nm olduğu İnsan gözü duyarlılığındaki ( $C/2^\circ$ ) ışıkla ölçülür. Y-değeri, ISO parlaklığının 457 nm yoğunluktaki mavi ışıkla ölçülmesi açısından ISO parlaklığından farklıdır. Y-değeri sıklıkla bir materyalin yansıtıcılığının tek ölçütü olarak kullanılır [25].

Beyazlığa katkıda bulunan en önemli optik özellik ışık yayılımıdır. Selüloz lifleri ve dolgu maddeleriyle etkileşen ışığın birçok refleksiyonları ve refraksiyonlarının bir kombinasyonu ile ortaya çıkar. Yüzeyden gelen ışığın görsel yansımaları ile birlikte olduğunda ışık yayılımı toplam beyazlığı verir. Kağıttan göze dönen görünür ışığın yoğunluğu ne kadar yüksek ise, onun görsel beyazlığı o kadar büyük olacaktır. Bir yüzeyin beyazlığının belirsiz bir ölçümü, onun üzerinde vuran ışığın tüm dalga boylarının toplam yansıtmasıdır [24].

Kağıt hamurlarının beyazlığını arttırmanın çeşitli yolları vardır. Yüksek beyazlığa sahip olan dolgu maddelerinin katılması hem beyazlığı arttırmakta ayrıca opaklığı yükseltmektedir [25].



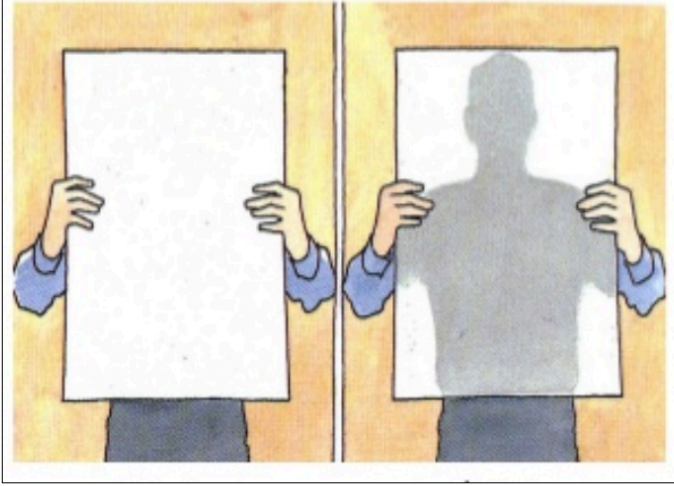
Beyazlık değerinin sayısal olarak artması, kağıdın beyazlığının yüksek olduğunun göstergesidir. Kağıdın her iki yüzeyinin beyazlık değerinin aynı olması istenmektedir. Gözle görülür beyazlığın arttırılması amacıyla optik beyazlatıcılar ve çivit boya kullanılmaktadır [26].

### 1.4.3.3 Opaklık

Nesnenin veya yüzeyin ışığın kendisinden geçmesine ne kadar engel olduğu opaklık özelliğini tanımlamaktadır. Opak olan bir nesne, ışığın geçmesine izin vermez. Kağıt üretiminde opaklık, kağıttan gönderilen ışığın miktarını tanımlayan bir tanımdır. Düşük dereceli opaklığa sahip kağıt daha yarı şeffaf veya çok ışık geçmesine izin verirken, yüksek derecede opaklığa sahip kağıt fazla ışık geçmesine izin vermez. Bir kağıdın opaklığı, belirli bir kağıt üzerine oluşturulan görüntünün ters taraftan ne kadar görüneceğini belirler [26].

Kağıdın temel bileşenlerinden olan selüloz elyafları şeffaftır, ancak bir kağıt ağdaki yığımları, kağıdın opaklığını kazandırarak sayfadan geçen ışığı yaymaktadır. Kil, titanyum dioksit ve kalsiyum karbonat gibi dolgu maddeleri, bir kağıda ışığın difüzyonunu arttırmak için eklenir ve böylece opaklığını arttırır [25]. Bununla birlikte, en iyi matlaştırıcılar en pahalı olma eğilimindedir; bu nedenle kağıtların çoğu yarı saydamdır. Kağıtların renklendirilmesi ve boyanması da, kağıtların baz ağırlığı, yığın veya kaplamanın artması ile opaklığını arttırılmaktadır.

Bir kağıdın opaklığının ölçülmesi, kontrast oranı yöntemini veya difüzyon opaklık yöntemini kullanan bir opasimetre kullanılarak gerçekleştirilir [26]. Kontrast oranı yöntemi, beyaz bir yüzeyle desteklendiğinde bir kağıttan geri yansıyan miktara siyah bir kağıt yaprağı ile desteklendiğinde, bir kağıttan geri yansıtılan ışığın miktarını karşılaştırır. Difüzyon opaklık yöntemi, beyaz yüzeyin test edilen kağıdın istifiyle değiştirilmesi bakımından kontrast oranı yönteminden farklıdır.



**Şekil 1.19** : Düşük ve Yüksek Opaklık

Baskının bir kağıt sayfasının ters tarafına ne derece ışık geçireceği, opaklığın azalması değil, mürekkep emiliminin ve kağıttaki penetrasyonun artması olabilmektedir, ancak optik bir sorun değil, yapısal bir sorunun sonucu olarak oluşmaktadır [26].

Opaklık terimi aynı zamanda basılı bir mürekkebin ışığın kendisinden geçmesine izin vermesine veya önlemesine, ne lekelenmesine veya altındaki şeyi görmesine izin vermesine değinmektedir. Opak pigmentler, ışığın kendileri arasından geçmesine izin vermez, tersine onu yansıtırlar ve düz renkleri basmak için kullanılırlar. Şeffaf pigmentler, arka plan baskılarını veya alt tabakasını ortaya çıkaran çeşitli ışık miktarlarının geçmesine izin verir [27]. Şeffaf pigmentler, daha opak mürekkeplerin renk mukavemetini azaltmak, renk pigmentlerinin dağılmasına yardımcı olmak ve daha pahalı pigmentlerin bir miktarını "genişletmek" için kullanılır.

#### **1.4.4 Mukavemet Özellikleri**

Mukavemet, gramajdan ve kalınlıktan sonra karton seçiminin belirlenmesinde en önemli özelliktir. Mukavemet, paketlenme uygulamaları için doğru kartonun kalitesini belirlemede de etkilidir [23-25].

Kartonun geniş bir ambalajlama ve grafik uygulamaları yelpazesinde kullanılmasını sağlayan sağlamlıktır. Sertlik olmaksızın, karton, paketlenmiş içerikleri fiziksel koruma sağlamadaki birincil işlevini yerine getiremez.

Sertlik, sıkıştırma kuvveti, tokluk, kıvrılma kabiliyeti, katlanabilirlik gibi diğer mukavemet özellikleriyle de ilgilidir. Farklı parametrelerle birlikte , kendi etkileşimi açısından daha kolayca ölçülebilen kendi başına bir özelliktir[24].

Son kullanıcıya katılık, dönüşüm ve paketlenme hattı verimliliğini büyük ölçüde etkileyen kritik bir parametredir. Maksimum sertlik, mümkün olan en düşük gramajda elde edilmeli ve bu sayede tutarlı ve düzgün bir seviyede tutulmalıdır. Paketleme hattının ötesinde, perakendeciye ve tüketiciye kadar dağıtım zincirinde önemli bir rol oynamaya devam etmektedir [25].

Kartonun kuvvet ve moment altında stabil kalması imalat sırasında en önemli hususlardan biridir ve üretim koşulları, belirtilen değerlerin bakımını sağlamak için dikkatle kontrol edilmektedir. Seçilen lif bileşiminin ve yapısının arzulan en tutarlı performansı elde etmek ürünün tutarlılığı açısından son derece önemlidir [27].

#### **1.4.4.1 Esneklik**

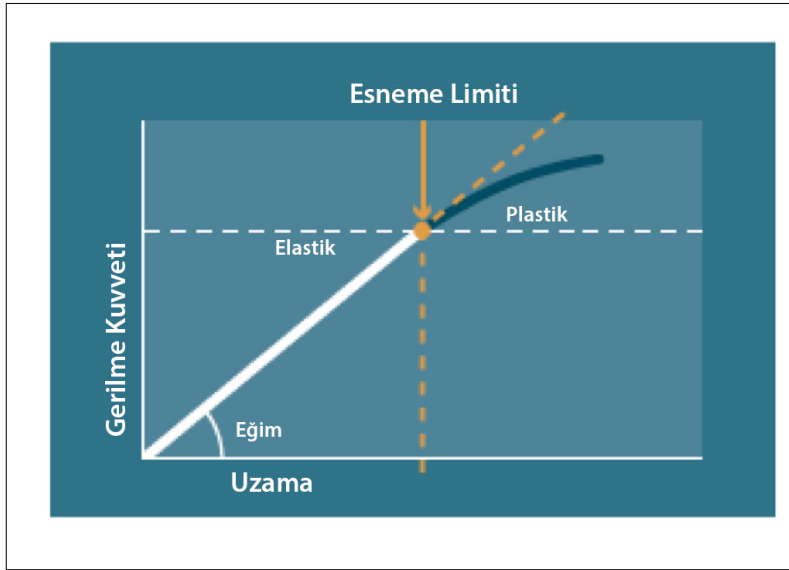
Kağıt-Karton belirli bir elastik sınırlar dahilinde esneme davranışı sergileyebilir. Bu, uygulanan kuvvetin kağıttan kaynaklanan deformasyonla orantılıdır. Uygulanan kuvvet gücü kaldırılırsa kağıt orijinal boyutlarını geri kazanır [28]. Bu durum Hooke's kanunu ile şu şekilde ifade edilir;

Kuvvet = Kağıt elastikiyeti x Gerinim

(Uygulanan Güç) = (Malzeme Sabiti) x (Boyutsal Değişim)' dir.

Kağıt esneme sınırının ötesinde şekil değiştiren davranış sergilemesi, plastik olduğunu göstermektedir. Bu, uygulanan kuvvet artık deformasyonla orantılı olmaktadır. Kuvvet kaldırıldığında karton orijinal boyutlarına geri gelmemesi, kuvvetin aşırı ve esneme kat sayısının yüksek olduğunun göstergesidir. Esneme sınırının boyutsal olarak değeri tipik olarak % 0.2-0.5 görece uzama şeklinde olmalıdır.

Esneklik formülü aynı zamanda Young's kanunu olarak bilinir ve formül, eğrinin başlangıç eğimi ile orantılıdır [29].



Şekil 1.20 : Örnek kağıt esneklik sınır ölçüsü

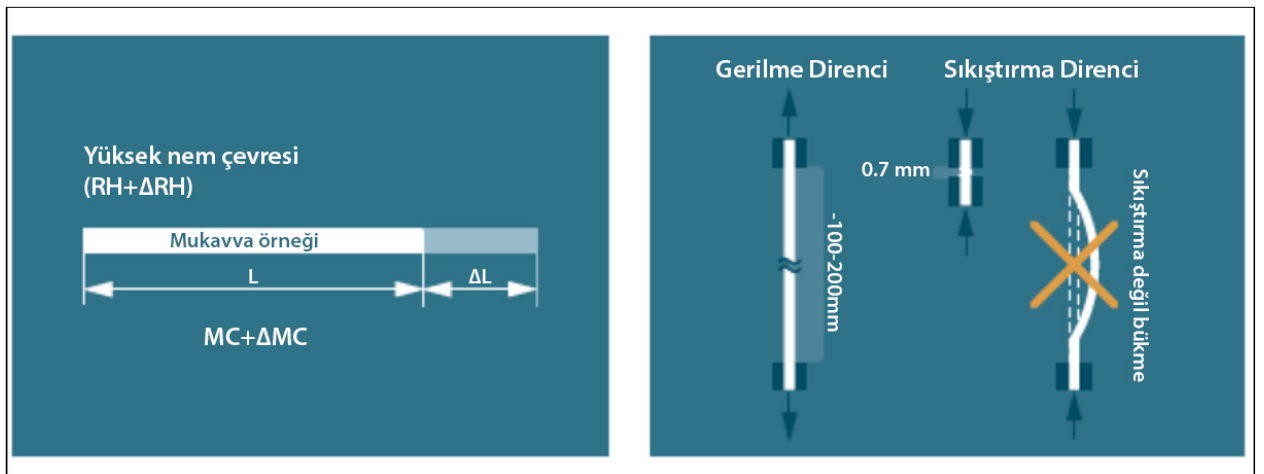
#### 1.4.4.2 Gerilme ve Sıkışma Mukavemeti

Gerilme direnci genişlik başına gereken birim kuvvettir. Genellikle kartonun bulunduğu çekme makinesi ile belirlenir. Test kağıt şeridi yavaş bir şekilde kuvvet uygulanarak, maksimum uzama ve kuvvet kaydedilir.

Gerilme Direnci =  $\frac{F(Kuvvet)_{max}}{W(Genişlik)}$  = kN/m formülü ile hesaplanır.

Uzama, bağıl nispi artış olarak hesaplanır.

Uzama =  $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100 = \%$  olarak sonuçlandırılır [29].

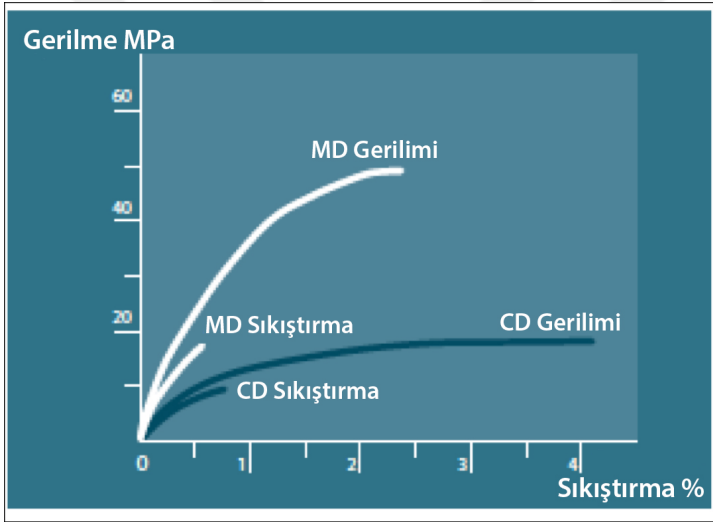


Şekil 1.21 : Gerilme ve sıkışma mukavemeti

Gerilme direnci kuvveti ölçerek değerlendirilir. 15mm genişliğinde bir karton şeridi deformasyona uğratmak gerekmektedir. Oluşturulan kuvvet genişliğe bölünür ve sonuç kN/m olarak ifade edilir. Bu durum BS 4415 ve ISO 1924-2 standardında da belirtilmektedir [28].

Gerilme direnci özellikle baskının standartlar dahilinde yapılabilmesi için kağıdın belirli gerginlikte ilerlemesi gerekliliğinin olduğu web ofset baskılarında önemlidir. Kağıt tabakalama makinelerinin de etkili olan gerilme direnci tabaka baskı makinelerinde önemi daha azdır [29].

Gerilme direnci ölçümü kağıdın su yönü ve tersi yönden üçer numune ile tekrarlanır ve ortalama hesaplanarak sonuç oluşturulur.



**Şekil 1.22 :** En ve Boy gerilme ve uzama mukavemeti

Kağıt ve karton, karmaşık yapıda çok sayıda lif birleşmesi ile oluşmasından dolayı gözenekli bir malzemedir. Sonsuz elek üzerin de ilerlerken lifler birbirine tutunur ve bir ağ oluşturur, oluşan bu ağ esneklik limitleri dahilinde bir kuvvet uygulandığı takdirde lifler tamamen kopmaktadır [30]. Ayrıca liflerin oluşturduğu bir fiber ağ yapısı çok sayıda destekleyici kolon oluşturmaktadır. Oluşan destekleyici kolonlar sıkıştırma altında bükülmeye uğrar ve liflerde kırılma meydana getirmektedir. Gerilme ve sıkıştırma arasında ki farklı olan durum sıkıştırma direnci her zaman gerilme direncine göre 2-3 kat daha düşüktür. Bu iki durumda kartonun katlanabilme özelliğidir.

$$\text{Sıkıştırma Direnci} = \frac{F(\text{Kuvvet})_{\text{max}}}{W(\text{Genişlik})} = \text{kN/m formülü ile hesaplanır.}$$

Test yapılan bandın serbest uzunluğu 0,7mm ye düşürülür ve sonuç mikroskop tarafından gözlemlenerek dahili sıkıştırma kuvvetini belirlenmesini sağlar.



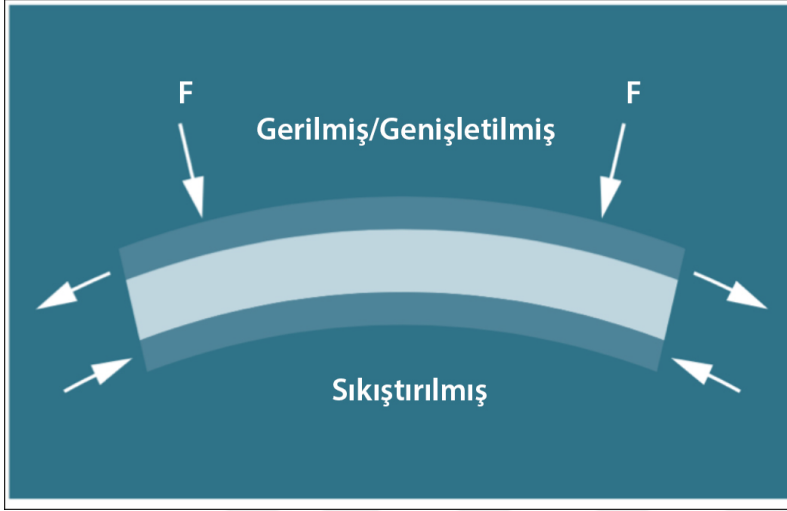
**Şekil 1.23 :** Gerilme ve sıkışma sonrası lif görünümü

#### **1.4.4.3 Bükülme ve Eğilme Mukavemeti**

Mukavemet, kartonun uygulanan belirli bir kuvvetin neden olduğu bükülme direnci olarak tanımlanır. Bükülme mukavemeti, belirli bir mesafe veya açı ile tanımlanmış bir malzemeyi saptırmak için uygulanması gereken kuvvetin bir ölçüsü olarak da tanımlanabilir. Bu tanım, en genel kabul görmüş stabil ölçüm yöntemlerinde uygulanır.

Yüksek sertlik değerleri, çok katlı tabakanın dış katmanlarında yoğunlaşan yüksek kalınlık ve yüksek esneklik modülü ile elde edilebilir [31]. Yüzey katlarındaki yüksek gerilme sertliği, bükülme esnasında uygulanan stresin devam etmesi için büyük önem taşımaktadır. Esnek özellikler, kullanılan lif türünü göre büyük ölçüde etkilenmektedir. Kimyasal kağıt hamurundan elde edilen uzun lifler, iyi bağlanmayı ve dolayısıyla yüksek elastik modülü mümkün kılar ve kartonun dış katlarında en verimli şekilde kullanılırlar [30]. Fiber türü de kalınlığı etkiler; örneğin mekanik fiber, orta katlarda kullanıldığında daha yüksek hacim yaratır. Sertliği artırmaya yönelik bu yaklaşım katı bir kesite kıyasla birim ağırlık başına daha yüksek direnç sağlayan prensip ile karşılaştırılabilir. Liflerin çeşitli katmanları, elyaf özelliklerinin en iyi şekilde kullanılması için birbirine iyi bağlanmalıdır.

Direnç özelliği, bir malzemenin harici olarak uygulanan bir kuvvete ya da gerilmeye tepki verme biçimiyle ilgilidir. Stres uygulandığında bir şekil değiştirme ya da boyut değişikliği meydana gelir [31]. Bu, stres türüne bağlı olarak bir uzatma veya sıkıştırma olabilir.



**Şekil 1.24 : Bükülme Mukavemeti**

Kağıt ürünlerindeki sertliğin değerlendirilmesi için çok sayıda farklı prosedür geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları, daha düşük sertlik ürünleri (<150 g / m<sup>2</sup>) için daha uygundur, örn. Rezonans yöntemi ve daha yüksek sertlik (oluklu veya oluklu malzeme) için diğerleri, örn. Dört nokta giriş yöntemi.

Bununla birlikte, mukavva için muhtemelen en çok kabul gören dört yöntem vardır:

- Eğilme direnci ISO 5628 (mNm) (L & W 5 °) (DIN 53 121)
- Eğilme dayanımı ISO 2493 (mN) (S & B 15 °)
- Bükme momenti ISO 2493 (mNm) (Taber 15 °)
- Bükülme sertliği ISO 5629 (mNm) (L & W Rezonansı) (DIN 53 123).

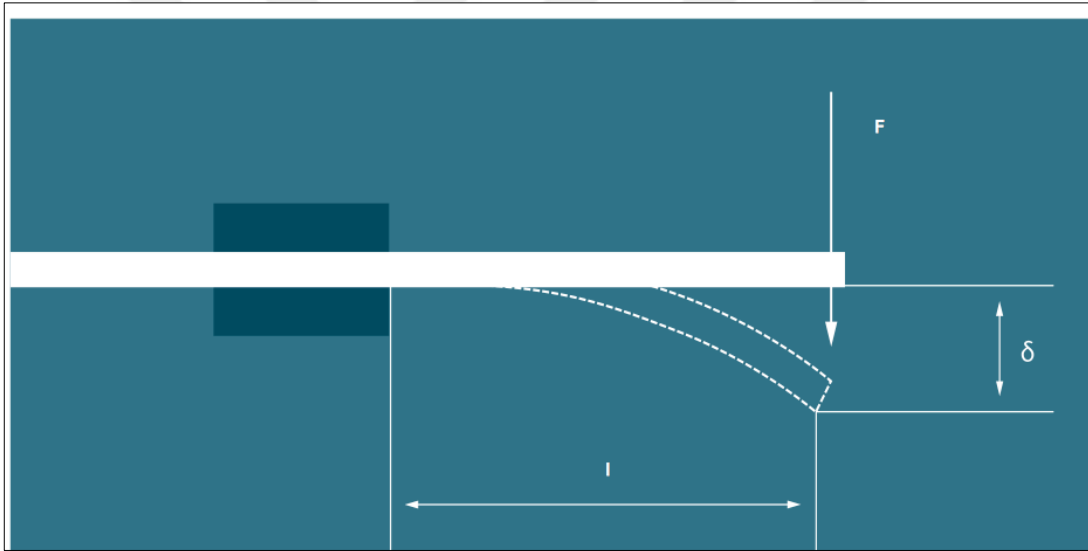
Karton, çeşitli yöntemler kullanılarak test edilir ve eğilme momenti ölçümleri basit bir hesaplama ile eğilme direncine dönüştürülür [30-32].

Karton farklı yönde farklı özelliğe sahip bir materyal olduğu için, ölçümler kartonun makine yönünde (MD) ve çapraz yönünde (CD) kesilmiş şeritler üzerine yapılır. Sertlik oranı (MD / CD) karton farklı yön özelliğine göre bir değerlendirmesini oluşturur [31].

Eğilme dayanımı, dikdörtgen bir kartondan numuneyi 15 ° 'lik bir açıda bükme için gereken kuvvettir. Bükülme sertliği, 5 ° 'lik açısal sapmada kaydedilen kuvvetten hesaplanır.

Kartonların çoğunluğu için 15 ° 'lik bir eğilme açısı elastik limiti aşmaktadır. Bununla birlikte, 5 ° 'lik bir açı genellikle elastik sınırdan kalır ve standart bir değer olarak kabul edilir. Kurulum hassasiyeti çok önemlidir çünkü sadece 0.5 ° 'lik bir hata derecesi% 10'luk bir ölçüm hatasına neden olacaktır [33].

Eğilme direnci, bükülme direnci ve bükme momenti iki nokta yöntemi kullanılarak ölçülür. Bu yöntemde, numunenin bir ucu aşağıda gösterildiği gibi bir kelepçe ile tutturulur ve numune, kelepçeden bir uzaklığa F kuvvetiyle yüklenir. Örnek daha sonra bir mesafe boyunca eğilir [33,34].



**Şekil 1.25 :** Eğilme Mukavemeti

Mukavemet oranı, MD ve CD sertlik seviyeleri arasındaki ilişkinin bir ifadesidir. Oran ne kadar yüksekse, CD'ye göre MD sertliği de o kadar yüksektir.

Formunu Koruma oranı =  $S_{MD} / S_{CD}$

Formunu korumayı tek bir değer olarak vermek için MD ve CD değerlerini alıp geometrik ortalama sertlik (GM) değerini hesaplamak mümkündür;

$$S_{GM} = \sqrt{S_{MD} \times S_{CD}}$$



Kartonun formunu koruma şartlarını belirtirken GM rijitliği nadiren kullanılır, ancak ürünlerin rijitlik seviyeleri için karşılaştırıldığında yararlıdır ve karton tasarım her iki yönden de geçerli olmadığında özellikle önemlidir. Genel bir kural olarak, daha büyük karton tasarımları MD sertliğine daha fazla talep getirir ve küçük karton tasarımları CD sertliğine daha fazla dikkat gerektirir [34,35].

Büküm sertliği Messmer-Büchler sertlik ölçer kullanılarak yaygın olarak ölçülür. 38 mm genişliğinde bir şerit alette kelepçelenir ve 5 ° 'lik bir açıda bükülür. Mukavvanın serbest ucu, bir yük hücresi ile temas eder ve kayıtlı kuvvet mukavvı rijitliği ile orantılıdır. Kelepç daha sonra 10 ° daha döndürülür ve 15 ° 'de kuvvet 15N mN'de bükülme direnci olarak kaydedilir.

$$\text{Bükme Mukavemeti}(L\&W 5^{\circ}) = \frac{60 \times L^2}{\pi \times \text{deg} \times b} \times \text{Bükme kuvveti } 5^{\circ} = (\text{mNm})$$

$$L = \text{numune uzunluğu (m)} = 0.050$$

$$\Pi = 3.14$$

$$\text{Deg} = \text{eğme açısı } (^{\circ}) = 5$$

$$B = \text{numune genişliği (m)} = 0.038$$

$$\text{Bu nedenle: Eğilme Sertlik} = 0.2514 \times \text{Bükme kuvveti } (5^{\circ}) (L\&W 5^{\circ})$$

Bükülme sertliğinden eğilme momentine veya eğilme direncine herhangi bir derecede doğrulukla dönüştürmenin mümkün olmadığını unutulmamalıdır.

$$\text{Eğilme dayanımı (L \& W } 15^{\circ}) \text{ mN} = \text{bükme momenti } (15^{\circ}) \text{ mNm} \times 20.70$$

Eğilme mukavemeti, eğilme direncinin ve numunenin 15 ° 'lik bir açıda bükülmesi için uygulanan bir kuvvetin verildiği numune uzunluğunun bir sonucudur.

Eğilme momentinin ölçümü bir Taber sertliği ölçme aleti kullanılarak yapılır. 38 mm genişliğinde bir şerit bir ucu sıkıştırılmış ve diğerine 15 ° 'lik bir bükülme sağlamak için bir kuvvet uygulanmıştır. Bükme momenti doğrudan ölçeye göre okunur ve kullanılan aralık ağırlığı için düzeltilir. Karşılık gelen yönergelerde alınan okumaların ortalama değeri kaydedilir ve mNm olarak ifade edilir [34].

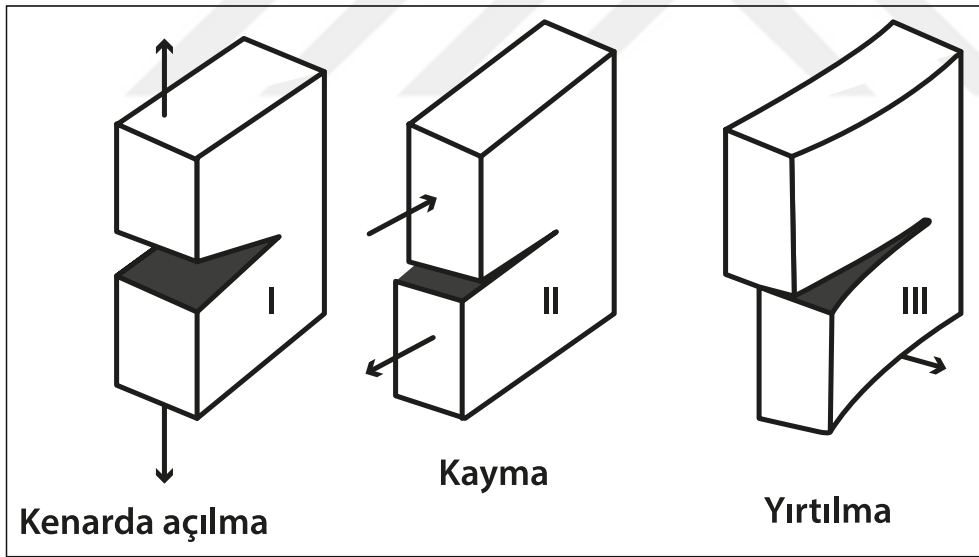
$$\text{Eğme momenti (Taber } 15^{\circ}) \text{ mNm} = \text{eğilme dayanımı (L \& W } 15^{\circ}) \text{ mN} \times 0.0483$$

Bükülme mukavemeti muhtemelen en sık belirtilen karton parametrelerinden biridir ve bu bakımdan nihai ürün üreticisine veya son kullanıcıya önemli miktarda bilgi vermektedir.

#### 1.4.4.4 Yırtılma Mukavemeti

Mukavemet özellikleri, gramaj arttıkça artar. Dahası, yüksek çekme mukavemeti potansiyeli Elyaf türüne ve üretim yöntemine bağlı olarak, Örneğin. Kimyasal olarak işlenmiş, türlerden uzun lifler Çam ve ladin en iyi sonuçları verir.. Oranı MD / CD'deki kuvvet, şekillendirme işlemine bağlıdır.

Yırtılma mukavemeti kağıdın yırtılması için harcanan kuvvete karşı gösterdiği dirençtir. Lif uzunluğuna ve dayanıklılığına bağlı olarak direnç kuvveti etkilenmektedir. Uzun liflerden oluşan kağıtlar yırtılmaya karşı daha fazla direnç göstermektedirler. Bunun yanında kağıt üretiminde kullanılan dolgu maddeleri ve kimyasallar yırtılma direncini düşürmektedir. Ölçümleme kağıdın rijit özelliğinden dolayı hem su yönünde hem de tersi yönde tekrar ederek gerçekleştirilmelidir.



Şekil 1.26 : Kağıt Yırtılma Aşamaları

Kağıt yapımı esnasında kağıt liflerin kağıt üretim su yönü boyunca daha kolayca yırtılır. Üretimin diğer aşamalarında uygulanan inceltme işlemiyle gerilme direnci arttıkça yırtılma direnci azalır. Yırtılma direnci, sadece makinelerde değil aynı zamanda son ürünün kullanımında karşılaşılabilecek olan gerilimlere kağıdın dayanma direncini değerlendirmek üzere kullanılan önemli bir özelliğidir [34].

Uygun standartlar EN BS 21974, ISO 1974, TAPPI T 414 ve TAPPI T 496' dır.

Yırtılma yüzdesi=  $100 \times 16 \times \text{Okuma değeri} / \text{g/m}^2 \times \text{kat adedi}$  şeklindedir. Sonuç % olarak ifade edilir.

Herhangi bir gramajdaki kağıdın yırtılması için gerekli kuvvetin gram cinsinden değeri hesaplanırken;

Yırtılma mukavemeti = Okunan değer x 16 / kağıt kat sayısı şeklinde hesaplanmaktadır.

## **1.4.5 Kağıt ve Karton Diğer Özellikleri**

### **1.4.5.1 Kül Miktarı**

Kağıt ve kartonun kül içeriği kağıt hamurundan inorganik kalıntılar, kağıt yapım kimyasallarından inorganik kalıntılar ve hatalı eklenen materyal veya dolgu malzemeleri içerecektir. Bu gibi durumlarda, belirlenen kül seviyesinin önemi, hangi külleme sıcaklığının kullanıldığına ve ilave edilen materyallerin kimliğine bağlı olarak değişecektir [34-35].

Selüloz ve kalsiyum karbonat içeren kağıtlar için, 525 ° C'de ateşleme, selülozu ve nemi gidermektedir, fakat kalsiyum karbonatın temelde bozulmamış kül gibi kalmasına neden olur. 900 ° C sıcaklıktaki ateşleme kalsiyum karbonatı kalsiyum oksite dönüştürecektir. Bu gibi durumlarda, 525 ° C' e ilave 900 ° C kalsiyum karbonat seviyesini iyi bir tahmini sağlamak için birlikte kullanılabilir. Kağıt ve kartonun kül miktarını hesaplamak için TAPPI T 413 ve TAPPI T 211 standartları kullanılmaktadır. Kağıtta bulunan külün miktarı yapısında bulunan tüm karbon artığı yanıcaya kadar 525 ° C + 25 ° C yakılarak 30 – 60 dk. aralığında etüv içerisinde tutulur. Sonuç % olarak belirlenir ve kalan dolgu maddeleri, kül artığı ve kaplama kimyasal maddeleridir. % kül miktarı;

Kül Miktarı % =  $A \times 100 / B$  formülü ile hesaplanır.

Burada; A = Kül ağırlığı (g), B = nemsiz numunenin ağırlığı (g) şeklindedir. [35]

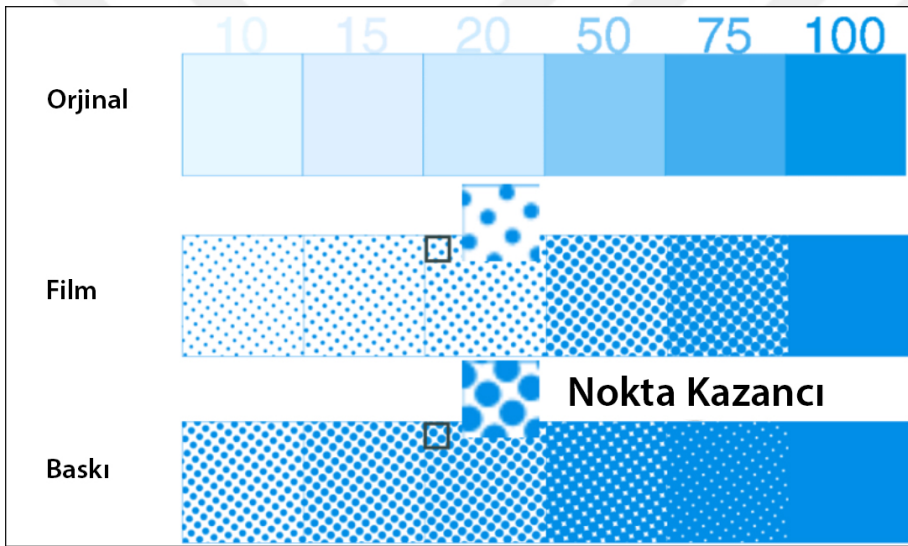
## **1.5 Kağıt ve Karton Baskı Sonrası Testleri**

### **1.5.1 Baskı Nokta Kazancı**

Genellikle, baskı altı malzemesi üzerinde oluşturulan noktalar, baskı kalıp üzerindeki noktalara kıyasla genişler. Bu, fiziksel (mekanik) nokta kazancıdır. Fiziksel nokta

kazancı kısmen, mürekkep ve baskı altlığı gibi sarf malzemelerinin baskı makinesinin işleyişi ile ilgili kazançta farklılıklar meydana gelebilir. Fiziksel nokta kazancı, örneğin mürekkep viskozitesi çok düşükse veya kağıt elyafları açık gözenekli olduğunda yüksektir. Fiziksel nokta kazancı, baskı silindirisinin basıncından da etkilenir. Eğer baskı makinesinde çiftleme problemi varsa, fiziksel nokta artışı da artabilir [37].

Fiziksel nokta kazanımının yanında optik nokta kazancı adı verilen optik bir olay meydana gelir ve basılı noktaların fiziksel boyutlarından daha büyük görünmesine neden olur. Optik nokta kazancı, baskı alt katmanındaki ışık saçılması nedeniyle oluşur. Kısmen basılı bir alt katman aydınlatılmışsa, hafif fotonlar farklı yollardan dolaşabilirler. Şekil 27, bu gibi etkilerin bir gösterimidir.



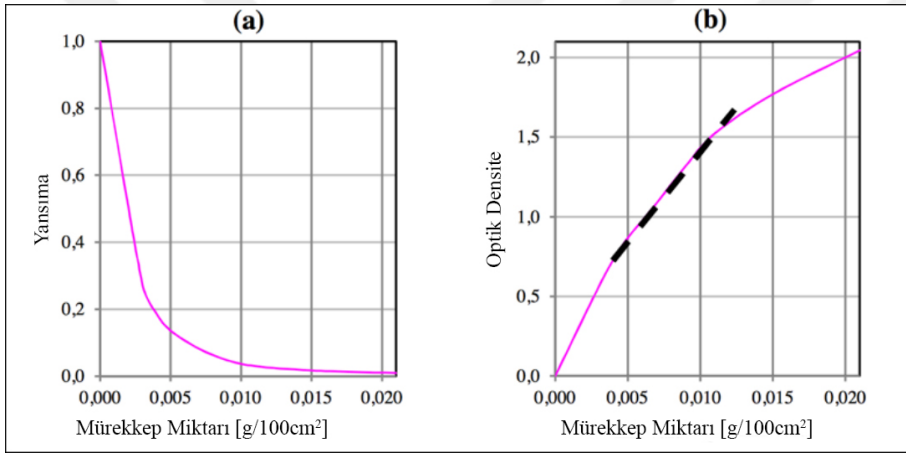
**Şekil 1.27 :** Nokta kazancı değişimi

Mekanik ve optik nokta kazanım etkisi birlikte genel olarak nokta kazancı denir. ISO 12647-2 / 2013'deki tüm önerilen nokta kazanç değerleri, hem fiziksel hem de optik nokta kazancı dahil olmak üzere toplam nokta kazancı içindir. Ayrıca, ISO, ofset baskıda önerilen hedef nokta kazancı seviyesi için Ton Değer Artışı terimi de kullanılmaktadır. Nokta kazancını ölçmek ve değerlendirmek için bir densitometre veya spektrofotometre ölçüm cihazı gereklidir. Nokta kazancı ;

$D_{NK} = D_B - D_R$  formüle edilebilir.  $D_{NK}$  = Nokta Kazancı (Dot Gain) ,  $D_B$  = Baskı Nokta değeri,  $D_R$  = Nominal nokta referans değeri olarak gösterilmektedir.

### 1.5.2 Zemin Ton Yoğunluğu

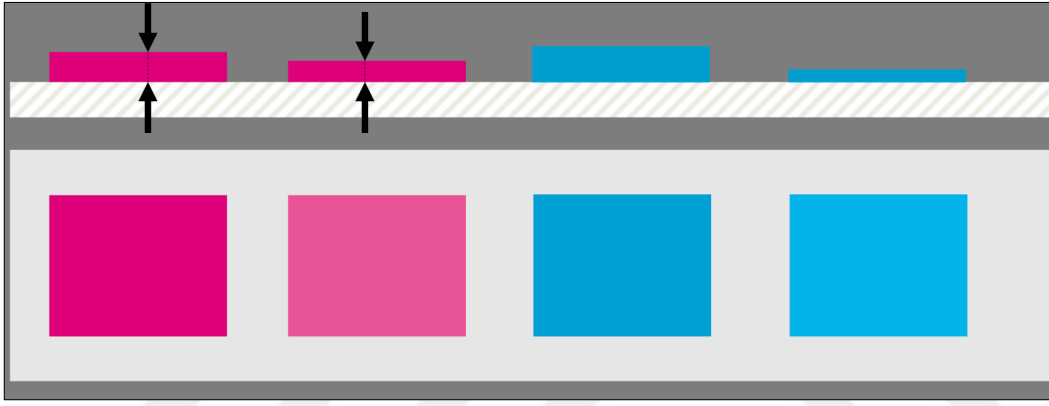
Baskı makinesi operatörü, baskı makinesinde mürekkep tabakasının kalınlığını kontrol etmek için daima belirli bir değere ihtiyaç duyar. Mürekkep tabakasının kalınlığını doğrudan ölçme veya belirleme [ $\mu\text{m}$ ] veya mürekkep değeri [ $\text{g} / \text{cm}^2$ ], pratikte zor ve ekonomik olarak kolay değildir. Daha pratik bir yol, baskı işlemi gerçekleştirilirken mürekkep miktarını belirlemek ve kontrol etmek için dolaylı bir değer kullanmaktır. Optik yoğunluk pigment konsantrasyonuna ve mürekkep tabakasının kalınlığına bağlı olan dolaylı bir değerdir. Şekil 28'de gösterilen çizimler, bir mürekkep kalınlığı testinin sonucudur. Şekil 28 (a) 'da görüldüğü gibi, yansıtma faktörü, magenta mürekkebin mürekkep hacmi değeriyle orantılı olarak ve karşılıklı logaritmiktir.



**Şekil 1.28 :** Mürekkep kalınlığı ve optik yoğunluk ölçümü

Şekil 28 (b), aynı mürekkebin optik yoğunluk eğrisini göstermektedir; bu, mürekkep miktarına bağımlılığını açıkça göstermektedir. Siyah kesikli çizgi, yoğunluğu bu örnekte 0.8 ile 1.6 arasında olan magenta mürekkebinin çalışma aralığını göstermektedir [36-38]. Bir mürekkebin zeminton yoğunluğu aralığı, bir baskı makinesi operatörünün kullanmayı seçtiği baskı üretimi için uygun bir yoğunluk aralığıdır. Örneğin, ofset baskıda magentanın çalışma aralığı genellikle 1.3 ila 1.6 arasındadır. Genellikle parlak kaplamalı bir kağıda basılmış olan magentanın yoğunluk seviyesi, ofset baskıda yaklaşık 1.50'dir. Baskı işleminde mürekkebin gerekli kalınlığı ve dolayısıyla yoğunluğu esas olarak mürekkep özelliklerine ve alt tabakalara bağlıdır. Şekil 28 (b) 'de görüldüğü gibi çalışma aralığındaki optik yoğunluk neredeyse doğrusaldır. Bu nedenle optik yoğunluk, baskı makinelerinde mürekkep tabakası kalınlığını kontrol etmek için kolay ve kullanışlı dolaylı bir değerdir.

Densitometre ve spektrofotometre grafik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bir baskılı mürekkebin renk değerlerini ölçmek için bir spektrofotometre kullanılırken (örneğin bu değerleri CIELAB hedefiyle karşılaştırmak), mürekkep yoğunluğunu ölçmek için bir yoğunluk ölçer kullanılır (mürekkep tabakası kalınlığını kontrol etmek için dolaylı değer) Densitometre, mürekkep yoğunluklarını belirlemek için bir mürekkep tabakasının veya bir baskı altlığının ışık emilimini ölçen bir araçtır. Ayrıca, ton değeri, nokta kazancı, ve baskı kontrastı gibi farklı baskı kalite kriterleri bir yoğunluk ölçer kullanılarak değerlendirilebilir ve kontrol edilebilir [37].



**Şekil 1.29** : Mürekkep kalınlığı renk farklılığı

Bununla birlikte, baskı üretim tesislerinde her iki teknolojiyi (spektrofotometre ve yoğunluk ölçümü) kullanmak yaygın bir durumdur. İlk adımda renklerin ölçümleri ve bunların ISO hedef değerleri ile karşılaştırılması hazırlanma aşamasında bir spektrofotometre ile yapılır. Renklerin hedef değerlerine bir spektrofotometre ile ulaşıldıktan ve doğrulandıktan sonra, baskısının mürekkep yoğunlukları bir densitometre ile ölçülebilir. Bundan sonra, bu yoğunluk değerleri üretim yoğunluğudur ve üretim aşamasında kullanılabilir. Baskı işlemi sırasında mürekkep düzeyini sabit tutmak ve kontrol etmek için üretim yoğunluğu değerleri üretimde kullanılır.

### 1.5.3 Trapping

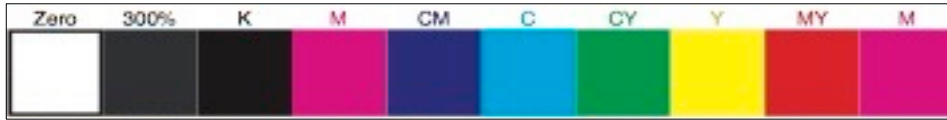
Çok renkli bir ofset baskı makinesinde, proses mürekkepleri (CMYK) arka arkaya bir baskı üzerine üzerinde art arda basılmaktadır. Farklı mürekkep ünitelerindeki noktalar, kısmen veya tamamen üst üste basılır ve üst üste baskılanmış mürekkep ıslak olarak baskı altı malzemesi üzerine aktarılır. İlk mürekkep üzerindeki ikinci baskılı

mürekkebin kalınlığı veya miktarı, kağıda ikinci mürekkep basıldığında olduğu gibi değildir.

Tapping ölçümü;

Trapping =  $(D_K + D_1/D_2) \times 100$  şeklinde ifade edilir.  $D_K$  = Karışım renk,  $D_1$  = İlk basılan renk,  $D_2$  = İkinci basılan renk şeklindedir.

Sonuç yüzde (%) olarak ifade edilir.



**Şekil 1.30 :** Renk skalası trapping ölçüm alanı

Mürekkebin kabul etme değerini etkileyen mürekkep sıcaklığı, nemlendirme, baskı hızı vb. farklı faktörler vardır. Mürekkebin kabul etme değeri, basılı ürünlerin renk görünümünü (ikincil ve üçüncül renkler) ve gri dengesini etkiler. Mürekkebin kabul etme değerinin miktarına bağlı olarak, gri denge ve çok renkli baskılı ürünün renk görünümü, basılı tekli mürekkep değerleri aynı olsa bile çok farklı olabilir. Tüm baskılar için tekli basılı mürekkeplerin mürekkep değerleri tüm numunelerde aynı basılmış olsa da, farklı kabul oranı nedeniyle üst baskıların sonuçları eşit değildir [36].

#### **1.5.4 Gri Balans**

Gri denge, belirlenmiş görüntüleme koşulları altında basılı bir alanı tanımlayan ve herhangi bir görünür renk algısı olmaksızın baskı koşullarını tanımlayan baskı sürecini ayarlamak için bir ton değeri (cyan, magenta, yellow) orantılı birleşimidir.

Gri balans doğru baskı sürecinde kalitenin anahtarlarından biridir. İnsan gözü, gözün tarafsız olarak algıladığı bir baskılı alt tabakanın beyazı en küçük sapmaları gördüğünde, oldukça hassas tepki verir. Baskı alt tabakasının algılanmış beyazı yalnızca fiziksel özelliklerine ve çeşitli ortamlara da bağlıdır. Görüntüleme koşulları, standart ışıklandırma, mavi ışık veya gün ışığı altında griye bakıldığında görüntüde fark oluşmaktadır [38].

Gri balansın doğru baskıyla ilişkisi çok tartışılan bir konudur. Çok uzun zaman önce, gri denge aslında renk basımında belirleyici bir unsurdur. Gri denge belirli değerlere uymak

zorundaydı. ISO 12647-2: ISO proses kontrolü ISO standardı hedef değerler tanımlamıştır ve 25-19-19, 50-40-40, 75-64-64 şeklinde olmalıdır.

Baskı verilerini ve tabaka beslemeli ve web ofset için ICC prosesleri üretim için gri denge davranışına geniş kapsamlı bilgi verilmektedir. ISO standardının tolerans aralığında mürekkeple yapılan küçük değişiklikler hızla gri dengesinde değişikliğe neden olur. Aynı şekilde, ISO standardının tolerans aralığında nokta kazançlarındaki değişiklikler görünür değişikliğe yol açar [37].

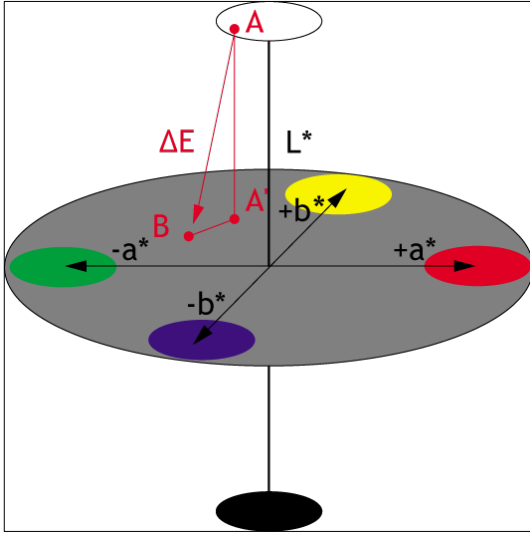
Basılı renkler nispeten düşük mürekkep miktarı ile sağlandığında sıklıkla klasik bir gri denge durumuna sahip olabilseniz de, yüksek mürekkep miktarı ile herhangi bir sapma kolayca daha büyük olabilir. Bu ıslak baskıda mürekkep alış verişi davranışıyla ilgilidir. Gri alanlardaki miktarı düşük olduğunda tramlar yan yana gelmekte fakat mürekkep miktarı yüksek olduğunda üst üste gelerek gri balans dengesinde daha belirgin sapmalar meydana getirmektedir.

### **1.5.5 CIE renk ölçümü**

Renk ölçüm, belirli bir görsel rengini, uyarıcının spektral güç dağılımına dayanan niceliksel veriyle belirlemeyi amaçlar. Aynı zamanda iki uyaran arasındaki farkın spesifikasyonu ile de ilgilidir. Üç renkli genelleme, geniş bir koşullar aralığında, birçok renk uyararı üç sabitin katkı karışımıyla eşleştirilebileceğini belirtmektedir. Katkı karışımına doğrusallık yasalarının (simetri, geçişlilik, orantılılık ve katma değer) eklendiğini göz önüne alırsak, güçlü bir niceliksel veri oluşturur.

CIE sistemi, standart bir gözlemcinin renk uydurma fonksiyonları ile ağırlıklandırılan bir nesneden (yansıtma veya transmittans aracılığıyla) gelen spektral bilgiye dayanır. Bu üç renk eşleme fonksiyonu, belirli bir geometrinin göz önüne alındığında standart bir gözlemcinin farklı dalga boylarına duyarlılığını temsil eder. 2 derecelik (1931) veya 10 derece (1964) bir görüntü açısı. Göz önüne alınan dalga boyları aralığı 360 nm ile 830 nm arasındadır ve görsel spektrum olarak tanımlanır. Bu üç fonksiyon birincil olarak kabul edilir. CIE, sanal alanda X, Y, Z göz önünde bulundurarak, çoğu renkleri elde etmek için ağırlıklı spektral gücün yalnızca pozitif ilavesini sağlamak için gerçekte kullanılabilir alanda oluşturmaktadır. CIE renk ölçümünün amacı, renk ölçümü ve renk farkı ölçümü için bazı pratik kuralları ve standartları tanımlamaktır.





Şekil 1.31 : CIE Lab ölçüm alanı ve  $\Delta E$

### 1.5.5.1 L (Lightness – Parlaklık)

Rengin parlaklık değerini verir. 0'dan 100'e kadar değer alır. 0 karanlığı (siyahı), 100 parlaklığı (beyazı) gösterir. Densite ile yakından ilgilidir. Densite (mürekkep yoğunluğu, mürekkep film kalınlığı) arttıkça parlaklık azalır. Bunun nedeni Spektrofotometrenin gönderilen ışık ve yansıyan ışık prensibine göre çalışmasındandır. Densitenin artması demek, mürekkep yoğunluğunun (film kalınlığının) artması demektir ve sonuçta da yansıyan ışığın azalması demektir. Bundan dolayı genelde L değerinin azalması, densitenin artması olarak anlaşılabilir [36].

### 1.5.5.2 a (Kırmızı/Yeşil)

a değeri ekstra renkteki kırmızı/yeşil oranını yada zemin oluşturan trigromi renklerin içerisindeki kırmızılık/yeşillik değerini gösterir. Zemin oluşturan trigromi renklerden kasıt, işin ekstra renkle de basılacakken trigromi kalıplarda belirli oranlarda tramlanmış (gri balans değerindeki oluşturulan gri gibi) olup kağıt üzerinde zemin gibi görünen yerlerdir. Örneğin işin genelinde % 10'luk cyan, %43'lük magenta, %27'lik sarının bulunduğu bir iş ekstra renkle oluşturularak özel olarak zeminde basılabilir. Fakat bu az renkli makinelerde makineden bir kere daha geçmesi demektir. Bu da maliyeti direkt etkiler. Böyle trigromi renklerin ve ekstra renklerin bir arada bulunduğu durumlarda eğer ekstra renk kurumsallaşmış bir şirketin logosunun rengi yada çok önemli bir

pantone renk zemin renk değilse ekstra rengin bileşenleri trigromi renklere verilir ve sonuçta ekstra renk, trigromi renklerin belirli yoğunluklarından elde edilmiş olur.

a değeri 0'dan “-“ değere gittikçe yeşillik artar, “+” değere gittikçe kırmızılık artar. Örneğin referans alınan a değeri-20 ise, baskı sonucunda -44 çıkarsa bu işin baskıdaki yeşil oranı fazla denilir. Baskı sonucunda a değeri -8 çıkarsa bu durumda da baskıdaki yeşil oranı azdır yada diğer bir ifadeyle kırmızı oranı fazladır denilir. Farklı bir işte ise referans a değeri (müşteri onaylı a değeri) +13 ise, baskı sonucunda +22 çıkarsa “bu işin baskıdaki yeşil oranı azdır yada kırmızı oranı fazladır denilir. a değeri için (-,0) arasındaki değerlerde (referans=-45, baskı numune=-39 gibi) yeşil fazla yada az demek daha doğrudur. Aynı şekilde (0,+) arasındaki değerler için de kırmızı fazla yada az demek daha doğru olur.

### **1.5.5.3 b (Sarı/Mavi)**

b değeri ekstra renkteki sarı/mavi oranını yada zemin oluşturan trigromi renklerin içerisindeki sarılık/mavilik değerini gösterir. b değeri 0'dan “-“ değere gittikçe sarılık artar. Örneğin referans alınan b değeri (müşteri onaylı b değeri) +20 ise, baskı sonucunda +20'den büyük çıkarsa bu işin baskıdaki sarı oranı fazladır, +20'den küçük çıkarsa bu işin mavi oranı fazladır denilir. b değeri için (-,0) arasındaki değerlerde mavi fazla yada az demek, (0,+) arasındaki değerler içinde sarı fazla yada az demek daha doğru olur.

### **1.5.5.4 CIE renk farkı ( $\Delta E$ )**

Baskı kalitesi yada process kontrol bağlamında renkleri ölçmek ve karşılaştırmak gerekmektedir. Şekil 1.31'de görüldüğü gibi iki renk arasındaki renk fark, üç boyutlu CIELAB renk uzayındaki koordinatları ile oluşturulmaktadır. Delta E iki numunenin birbiriyle renk uzayında ne kadar yakın yada uzak olduğunu öklid mesafesi ile tanımlanan fark denklemi ile belirlenir. Dolayısıyla iki an unsur arasındaki gözlemciye göre yaklaşık farkı temsil eden sonucu vermektedir. CIELAB iki numune arasındaki öklid uzaklığını tanımlayan denklem;

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \text{ şeklindedir.}$$

$$\Delta L^* = L^*_{\text{numune}} - L^*_{\text{hedef}}$$

$\Delta L^* > 0$  numunelerin hedef renkten daha açık olduğu anlamına gelir,

$\Delta L^* < 0$  numunenin hedef renkten daha koyu anlamına gelir,

$$\Delta a^* = a^*_{\text{numune}} - a^*_{\text{hedef}}$$

$\Delta a^* > 0$  numunenin hedef renkten daha kırmızı anlamına gelir

$\Delta a^* < 0$  numunenin hedef renkten daha yeşil anlamına gelir

$$\Delta b^* = b^*_{\text{numune}} - b^*_{\text{hedef}}$$

$\Delta b^* > 0$  numunenin hedef renkten daha sarı anlamına gelir

$\Delta b^* < 0$  numunenin hedef renkten daha mavi anlamına gelir.

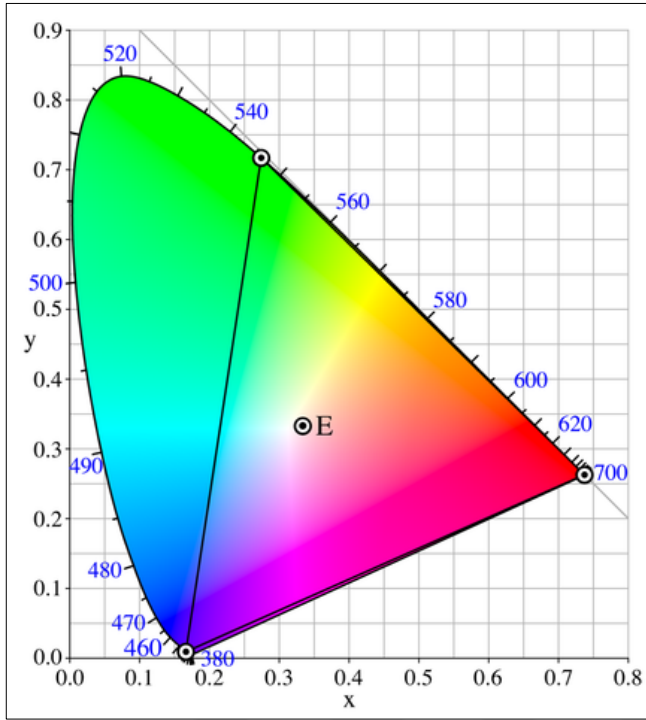
Bu basit denklemler özellikle grafik sanatları ve baskı endüstrisinde uluslararası proses standartlarında kullanıldığı gibi, tolerans aralığı genellikle CIELAB 1976 a , b ve  $\Delta E$  şeklinde oluşturulmaktadır [37].

#### **1.5.5.5 CIE Lab ve CIE XYZ renk uzayı**

CIE Lab ve CIE XYZ renk uzayları insan görebileceği tüm renkleri kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu renk uzayları, insanların rengi nasıl gördüğüne bağlı olarak tam skala kullanarak rengi tanımlar; böylece belirli bir değer setinin daima aynı renk anlamına geldiği düşünülür.

CIE Lab renk uzayı CIE 1931 XYZ renk uzayına dayanır ve insan gözü tarafından görülebilen ve sayılarıyla belirtilen renk ve tonların tümünü içerecek şekilde formüle edilmiştir. Kesin renk anlamı sağlar. CIE XYZ renk uzayı 1920'lerin sonlarında yapılan bir dizi deneyden türetilmiştir, deney sonuçları CIE XYZ renk uzayının türetildiği bir spesifikasyona birleştirilerek oluşturulmuştur [38].

Herhangi bir ICC profili aygıt "renk uzayı" ICC ve XYZ veya  $L^* a^* b$  renk alanı veya tersi arasında hesaplama yapılmasına izin verecek bir veya daha fazla tablo içerir. ICC profillerinde XYZ veya  $L^* a^* b$ 'deki her sayısal değer kullanılır, çünkü her bir alan insanın görebileceğine göre tek bir rengi tanımlar.



**Şekil 1.32 :** CIE Lab renk uzayı

Renk uzayları, renk ve ton ayarlamaları yapmak için uygun renk modelleridir. Bir renk alanı, gamut olarak da adlandırılan renk takımlarıdır. Her bir gamut tek bir baskı için ölçümlenen alanı belirtmektedir. Farklı baskı altı malzemeleri ve farklı baskı sistemlerin kendilerine özgü oluşturabilecekleri renk tonları ile renk gamutları da farklılık göstermektedir [38].

## 1.6 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri nitel ve nicel kriter esasına dayalı, değişik türden problemler için ortak çözümler sunabilen ve uygulaması kolay yöntemlerdir [39-41].

Belli bir amaca yönelik karar vermek için, kararın kriterleri, alt-kriterler, paydaşlar ve gruplardan etkilenerek alternatif önlemler alınır ve sonrasında en iyi alternatif, öncelikler arasından belirlenir [42].

Fakat, birçok karar içeren kriter ve hedefler, bazı nicel ve nitel kararlarla çatışmaktadır. Bu türden karar vermeye, Çok Kriterli Karar Verme denir [43].

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin amacı, genellikle birbirleriyle çatışan alternatifler, opsiyonlar, politikalar, eylemler veya adaylar arasından birden çok özelliği, kriteri veya amaç dikkate alarak en iyisini seçmektir [44].

ÇKKV Yöntemleri aşağıdaki şekildedir; [44]

Değer/Fayda Temelli Yöntemler

Çok Ölçütlü Değer Teorisi-SMARTS

Basit Toplamalı Ağırlıklandırma

Ağırlıklı Çarpım Yöntemi

**TOPSIS**

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Analitik Şebeke Süreci (ANP)

Üstünlük Yöntemleri [45]

ELECTRE

PROMETHEE

Gri İlişkisel Analiz (GİA)

Diğer (Basit) Yöntemler

Leksikografik Model

Kötümserlik (Maksimin)

İyimserlik (Maksimaks) vd.

### **1.6.1 TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution)**

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan ve C.L. Hwang ve K. Yoon tarafından geliştirilen " İdeal çözüme Benzerlik yolu ile Tercih Sırasına Ulaşma Tekniği" (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution\_ TOPSIS) ideal çözüme en yakın uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en uzak bir çözüm belirler fakat yöntem bu uzaklıkların göreceli önemini dikkate almaz ideal alternatife göreceli yakınlığı en fazla olan alternatifi seçme mantığına dayalıdır [46]. Topsis yöntemi rasyonelliği ve kolay kavranabilirliği, hesaplamadaki basitliği ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılmasına imkân vermesi gibi avantajları nedeniyle literatürde en çok kullanılan tekniklerden biridir [47].



## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan kağıt ve karton yüzey özelliklerine bağlı olarak, yüzey enerjisi, hava geçirgenliği, gramaj ve temel ağırlığı, kalınlık, yoğunluk ve hacim, parlaklık, beyazlık, opaklık, yüzey dayanıklılığı, kül miktarı, nem içeriği gibi yapısal özelliklerine bağlı olarak baskıya uygunluklarının ölçülmesi için kullanılan malzeme, cihaz, ortam koşulları teknik olarak verilmektedir.

#### 2.1.1. Test Baskılarında Kullanılan Kağıt ve Karton Özellikleri

Test kapsamında kullanılan kağıt ve kartonların gramaj, kalınlık, beyazlık, sarılık, L, a, b, perdah, stiffness, kül miktarı, kopma mukavemeti, IGT baskı tutunma, kuşe formasyonu gibi teknik özellikleri tablolar halinde aşağıda verilmiştir. Araştırmada kullanılan kağıt ve karton çeşitleri olarak I. Hamur kağıt, Amerikan Bristol, Mat Kuşe, Parlak Kuşe ve kroma karton kullanılmıştır.

**Tablo 2.1.** I.Hamur kağıt renk ve temel özellikleri

Numune	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Kalınlık (µm)	Beyazlık (%)	Sarılık	L	a	b
IH1	80	104	83,32	-4,17	91,68	0,03	-2,08
IH2	89	121	85,02	-5,51	92,18	-0,72	-2,47
IH3	80	115	84,1	-4,56	91,92	-0,03	-2,26
IH4	89	112	84,07	-4,3	91,99	0,05	-2,19
IH5	79	102	84,11	-4,8	91,88	0,11	-2,46

**Tablo 2.2.** I.Hamur kağıt mukavemet ve diğer özellikleri

Numune	Perdah (µm)	Stiffness Boy5° L&W(mNm)	Stiffness En5° L&W(mNm)	Kül %525°C	Kopma Mukavemet Boy Nm/g	Kopma Mukavemet En Nm/g
IH1	5,11	0,6	0,2	24,43	94,13	64,91
IH2	8,09	0,4	0,2	23,64	84,61	58,35
IH3	6,14	0,6	0,2	21,63	83,67	57,70
IH4	6,26	0,6	0,4	20,25	84,61	58,35
IH5	5,23	0,4	0,2	24,27	95,32	65,73

**Tablo 2.3.** Amerikan bristol karton renk ve temel özellikleri

Numune	Gramaj g/m <sup>2</sup>	Kalınlık µm	Beyazlık	Sarıklık	L	a	b	Parlaklık
AB1	298	402	80,88	4,03	93,1	-0,19	2,15	53
AB2	291	409	78,93	6,75	92,95	0	3,45	54,6
AB3	296	459	82,99	4,5	94,02	-0,13	2,39	58,4
AB4	299	399	81,4	4,5	93,46	-0,13	2,33	58,7
AB5	296	481	82,83	3,24	93,58	-0,71	1,97	59,8
AB6	291	511	85,95	3,42	95,11	-0,72	2,06	61,8
AB7	294	497	85,72	3,35	95,00	-0,74	2,04	53,8

**Tablo 2.4.** Amerikan bristol karton mukavemet ve diğer özellikleri

Numune	Perdah (µm)	Stiffness Boy 5° L&W mNm	Stiffness En 5° L&W mNm	IGT (m/sn)	Kül % 525 °C	Kopma Mukavemet Boy Nm/g	Kopma Mukavemet En Nm/g	Kuşe Formasyonu
AB1	1,02	34,5	18,2	1,64	27,1	25,27	17,43	3,4
AB2	2,79	35	22,5	2,17	25,54	25,88	17,85	0,82
AB3	1,18	46,9	21,6	1,18	11,35	25,44	17,54	2,6
AB4	0,81	34,6	19,8	3,18	24,2	25,18	17,37	6,3
AB5	1,05	53,1	26,4	1,64	14,68	25,44	17,54	5,7
AB6	0,7	57,3	27,4	1,27	12,55	25,88	17,85	1,7
AB7	0,94	59,9	27,5	0,82	11,63	25,61	17,66	1,9

**Tablo 2.5.** Kroma karton renk ve temel özellikleri

Numune	Gramaj g/m <sup>2</sup>	Kalınlık µm	Beyazlık	Sarıklık	L	a	b
KK1	214	233	76,91	0,20	90,30	-0,64	0,32
KK2	207	252	77,44	1,49	90,88	-0,30	0,82

**Tablo 2.6.** Kroma karton mukavemet ve diğer özellikleri

Numune	Perdah (µm)	Stiffness Boy 5° L&W mNm	Stiffness En 5° L&W mNm	IGT (m/sn)	Kül % 525 °C	Kopma Mukavemet Boy Nm/g	Kopma Mukavemet En Nm/g	Kuşe Formasyonu
KK1	56,00	2,35	5,30	2,70	0,50	32,24	35,19	24,27
KK2	30,80	2,64	7,00	3,10	0,73	27,06	36,38	25,09



**Tablo 2.7.** Mat kuşe kağıt renk ve temel özellikleri

Numune	Gramaj g/m <sup>2</sup>	Kalınlık µm	Beyazlık	Sarıklık	L	a	b	Parlaklık
MK1	250	207	86,72	-0,59	94,16	-0,55	-0,09	43,30
MK2	251	237	86,87	-1,78	93,90	-0,26	-0,84	31,60
MK3	248	244	85,10	0,69	93,97	-0,96	0,70	35,40
MK4	251	242	87,38	-1,27	94,24	-0,11	-0,63	41,90

**Tablo 2.8.** Mat kuşe kağıt mukavemet ve diğer özellikleri

Numune	Perdah µm	Stiffness Boy 5° L&W mNm	Stiffness En 5° L&W mNm	IGT m/sn	Kül % 525 °C	Kopma Mukavemeti Boy Nm/g	Kopma Mukavemeti En Nm/g	Kuşe Formasyonu
MK1	1,27	5,20	4,20	0,86	47,69	30,12	20,77	2,10
MK2	1,59	6,50	4,10	1,18	46,15	30,00	20,69	0,55
MK3	1,56	7,00	5,20	1,18	40,91	30,36	20,94	2,20
MK4	1,87	6,90	5,00	1,36	47,54	30,00	20,69	0,46

**Tablo 2.9.** Parlak kuşe kağıt renk ve temel özellikleri

Numune	Gramaj g/m <sup>2</sup>	Kalınlık µm	Beyazlık	Sarıklık	L	a	b	Parlaklık
PK1	246	190	83,57	-0,74	92,84	-0,66	-0,15	77,10
PK2	246	228	86,98	-0,69	94,29	-0,36	-0,22	61,50
PK3	248	232	87,08	-0,47	94,39	-0,34	-0,15	60,90
PK4	253	227	87,28	-1,20	94,26	-0,33	-0,47	68,00
PK5	253	197	83,66	-0,50	92,93	-0,55	-0,05	77,50
PK6	243	226	86,56	-0,34	94,39	-1,44	0,39	67,50

**Tablo 2.10.** Parlak kuşe kağıt mukavemet ve diğer özellikleri

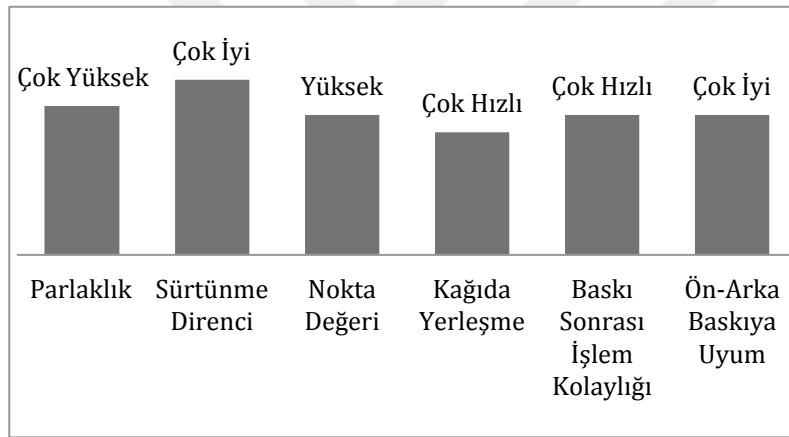
Numune	Perdah µm	Stiffness Boy 5° L&W mNm	Stiffness En 5° L&W mNm	IGT m/sn	Kül % 525 °C	Kopma Mukavemeti Boy Nm/r	Kopma Mukavemeti En Nm/g	Kuşe Formasyonu
PK1	0,78	4,00	3,50	0,72	49,91	30,61	21,11	1,80
PK2	0,81	5,80	4,50	0,82	49,10	30,61	21,11	2,50
PK3	0,89	6,30	4,70	1,00	47,46	30,36	20,94	0,88
PK4	0,82	5,80	4,80	0,91	50,59	29,76	20,53	0,57
PK5	0,82	3,90	3,20	1,54	50,10	29,76	20,53	1,70
PK6	1,05	6,00	4,30	1,54	41,30	30,99	21,37	0,63

## 2.1.2. Test Baskılarında Kullanılan Mürekkep Özellikleri

Çalışmada kullanılan mürekkep ISO 12647-2 ofset baskı standartları ve ISO 2846-1 mürekkep standartlarına uygun üretilmiş, sürtünme direnci ideal, ön-arka baskı yapılması için uygun, parlaklık değerleri standartlar dahilindedir. Teknik özellikleri Tablo 2.11’ de gösterilmiştir.

**Tablo 2.11.** Test baskılarında kullanılan mürekkep teknik özellikleri

Renk	Işık WS Işık Haslığı	Alkol Dayanımı	Solvent Dayanımı	Alkali Dayanımı
Siyah	8	+	+	+
Cyan	8	+	+	+
Magenta	5	+	+	-
Sarı	5	+	+	+



**Şekil 2.1** Test baskılarında kullanılan mürekkep diğer özellikleri

## 2.1.3. Test Baskılarında Kullanılan Termal Kalıp Özellikleri

**Tablo 2.12.** Test baskılarında kullanılan termal CTP kalıp teknik özellikleri

Özellikler	Açıklama
Lazer Tipi	Termal LD 830 nm (800-850nm)
Duyarlılık	120mj/cm <sup>2</sup>
Çözünürlük	200lpi(1-99%)
FM tram	FM20
Ölçü	0.15, 0.20, 0.30 mm
Baskı Sayısı	100.000

#### 2.1.4. Test Baskılarında Kullanılan Kalıp Makinesi Özellikleri

Çalışmada yapılan baskıların kalıplarının hazırlandığı termal ctp sisteminde sahip kalıp hazırlama makinesinin teknik özellikleri Tablo 2.13' de gösterilmektedir.

**Tablo 2.13.** Test baskılarında kullanılan termal CTP makinesi teknik özellikleri

Özellikler	Açıklama
Kalıp	Pozitif ve Negatif
Kalıp Ölçüleri	Max:1165x950mm Min:304x305mm
Pozlama Boyutu	1165x938mm
Kalıp Kalınlığı	0.15 - 0.30 arası
Işık Gücü	512ch GLV+ 60XBarLD x 808nm
Tambur D.Hızı	max: 230rpm
Çözünürlük	4000dpi

#### 2.1.5. Renk ve Densite Ölçüm Cihaz Özellikleri

Çalışmada yapılan baskıların densitometrik ve spektrofotometrik renk ölçümlerinin yapıldığı ölçüm cihazının teknik özellikleri Tablo 2.14' de gösterilmektedir.

**Tablo 2.14.** Densite Cihazı teknik özellikleri

Özellikleri	Açıklama
Beyaz Standart Sapma	0.05 $\Delta E_{ab}$
Densite Hassasiyet Ölçüm	0.01 CMYK 10nm
Ölçüm Aralığı	400-700nm
Renk Farkı	CIE $\Delta E^*$ (1976), $\Delta E_{CMC}$ , CIE $\Delta E^*$ (2000), and CIE $\Delta E^*$ (1994)
Renk Evreni Aydınlatma	CIE $L^*a^*b^*$ , CIE $L^*C^*h^\circ$ , CIE XYZ and Yxy A, C, D50, D55, D65, D75, F2, F7, F11, D12
Gözlemci Açısı	2° ve 10°
Densite Standardı	Status A, E, I, T and G
Cihaz Standardı	ISO 5-4:2009(E), ISO 13655:2009

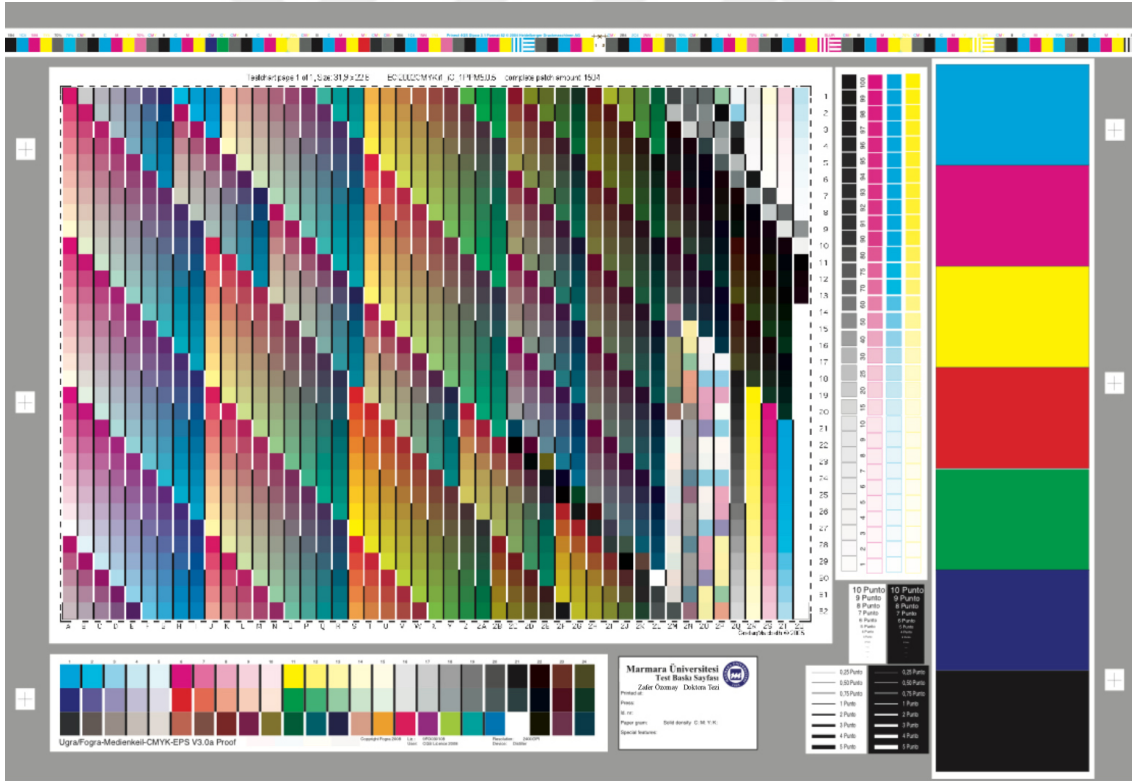
## 2.1.6. Test Baskılarında Kullanılan Diğer Cihaz ve Malzemeler

Çalışmada yapılan test baskıları normal şartlar altında Heidelberg SM52 10 renk baskı makinesinde gerçekleştirilmiştir. Standartlar dahilinde blanket üzerinden uygulama yapılarak kuruma sonrası ışık haslıkları Solarbox 1500 ışık haslık ölçüm cihazında ölçümlenmiştir. Test kağıtları yüzey gerilim ölçümleri için Pocket-Goniometer PG-X cihazı kullanılmıştır.

## 2.1.7. Test Baskılarında Kullanılan Renk Ölçüm Skalası

Test baskıları Şekil 2.2' de gösterilen skala hazırlanarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Skala üzerinde zemin yoğunluğu, nokta şişmesi, renk, renk farklılığı, gri dengesi, renk evreni gibi ölçüm yapılabilecek alanlardan oluşmaktadır.

Skala baskı ölçüsü 350 x 500 mm olarak çalışmada kullanılmak üzere hazırlanmıştır.



Şekil 2.2. Test baskılarında kullanılan renk ölçüm skalası

## **2.2 Yöntem**

### **2.2.1. Test Baskı Uygulaması**

Test baskıları ofset baskı sistemi ile 7000 devir hız ile çalışma sırasında aynı kalınlığa sahip farklı özellikteki kağıtların makinadan arka arakaya geçirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Baskı basınç değeri baskı sırasında aynı kalınlıktaki kağıtlar için sabit tutulmuştur. Kontrol ölçüm alanlarından mürekkep su dengesi sabit tutulmak kaydı ile baskı ortam koşulları 22<sup>0</sup>C ortam sıcaklığı %60 bağıl nemde sağlanmıştır. Her bir numune üzerine aktarılan mürekkep miktarları eşit olmak koşuluyla, kağıt fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişimler karşılaştırılmıştır.

### **2.2.2. Zemin Ton Yoğunluğu Ölçüm Uygulaması**

Çalışmada hazırlanan baskı numuneleri zemin ton yoğunluk değerleri 2<sup>0</sup> gözlemci açısı ve D50 ışık kaynağı altında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler ISO 12647-2 standardı dahilinde gerçekleştirilmiştir. Baskı anı mürekkep yoğunluğu, kuruma sonrası mürekkep yoğunluğu ve ışık haslığı uygulaması sonrasında oluşan mürekkep yoğunluk ayrı ayrı ölçümlenerek sonuçları grafiksel olarak oluşturularak yorumlanmıştır.

### **2.2.3. Tram Ton Yoğunluğu Ölçüm Uygulaması**

Nokta kazanç ölçümleri baskı sonrasında 2<sup>0</sup> gözlemci açısı ve D50 ışık kaynağı altında yüzdesel olarak yüzde 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100 tram noktası yoğunluk ölçüm değerleri ve baskı sonrası eğrileri grafikler ile gösterilmiştir. Ölçümler ISO 12647-2 standardı dahilinde gerçekleştirilmiştir.

### **2.2.4. Renk Ölçüm Uygulaması**

Renk ölçüm için test skalaları ISO 12642-2 ve ISO 12642-1 standartlarına uygun hazırlanmıştır. Test baskıları ISO 12647-2 standardının uygulandığı matbaada gerçekleştirilmiştir. Test Baskıları için hazırlanan skala üzerinde bulunan ECI 2002 renk ölçüm alanından ICC profilleri oluşturularak renk evrenleri hazırlanmıştır. Ölçümler x-rite Eye-one renk ölçüm cihazı ve spectro scan ile ölçümlenerek renk evrenleri her bir

kağıt için ayrı düzenlenmiş ve birbiriyle aralarında oluşan farkları tespit edilerek tablo ve grafikler ile gösterilmiştir. Tüm ölçümler ISO 12647-2 standartları dahilinde gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca traping gri balans, L, a, b ölçümleri x-rite exact renk ölçüm cihazı ile ölçümleri yapılarak delta E, delta a, delta b, değerleri oluşturulmuştur. Tüm ölçümler baskı anı, baskı sonrası, ışık haslığı sonrası olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

### **2.2.5. Işık haslığı testi uygulaması**

Işık haslığı testi ISO 12040 standardı dahilinde yapılan uygulama ile ISO 105-B02 standardına sahip ışık haslığı cihazı ile gerçekleştirilmiştir. 10mm x 45mm ebadında hazırlanan CMYK ve RGB basılı renk numuneleri cihaz içerisine uygun alanlarına yerleştirilerek gün ışığını simüle eden ISO 105-B02 standardına sahip xenon ark lamba altında solmanın meydana geldiği süre boyunca bekletilmiştir. Solmaların oluşumu mavi yün skala ile takip edilmiş ve solma işlemi mavi skala 7' deki renk değişimi, gri skalaya göre 4' e eşit olana kadar devam ettirilmiştir. Gerekli solma tamamlandıktan sonra ışık haslığı testi sonlandırılmıştır. Renklerde oluşan solmalar CIE Lab renk evreninde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda delta e farkları hesaplanarak grafikleri oluşturulmuştur. Aynı baskı koşullarında oluşturulan farklı fiziksel özelliklere sahip kağıtların ışık haslığı sonrası ölçümlenen renk farklılıkları hesaplanmıştır.

### **2.2.6. Yüzey Temas Açısı ve Yüzey Enerjisi Uygulaması**

Çalışmada yüzey temas açısı ölçüm cihazı olarak PGX yüzey temas açısı ölçüm cihazı kullanıldı. Kalite kontrol uygulamaları için tasarlanmış bir video tabanlı bir araçtır. Bu cihaz yüzeyi ölçümlenecek numuneler üzerine, içindeki pompa yoluyla bir damla ölçüm sıvısı damlatarak yüzey gerilimini, kontak açısını ve sonrasında bilgisayar ortamında yüzey enerjisi ölçümlemesini kamerası sayesinde numune fotoğrafları çekimi gerçekleştirerek sonuçlandırmaktadır. Bu deneyde yüzeye 2,5 µl arı su damlatılarak, 30s içinde 20 imaj alınarak gerekli ölçümler gerçekleştirildi. Yüzeyler emici olmasından dolayı dinamik yüzey temas açısı ölçümlenerek yüzey gerilimleri hesaplandı. Bilgisayar ortamındaki ölçüm sonuçları yüzey enerjisi ölçüm programı dönüştürülerek yüzey enerjisi olarak hesaplandı.

### 2.2.7. TOPSIS Yöntemi Uygulaması

**1. Aşama :** Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

$A_{ij}$  matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

**2. Aşama :** Standart karar matrisinin oluşturulması A matrisinin tüm elemanları hesaplanarak elde edilir ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır;

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}}$$

R standart karar matrisi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

**3. Aşama :** Değerlendirme kriterlerine bağlı belirlenen kriterler ile standart karar matrisi çarpımı ile bulunan matris işlemi Ağırlık standart karar matrisini oluşturmaktadır. Elde edilen Ağırlıklı standart karar verme matrisi (V) aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

Öncelikle değerlendirme kriterlerine göre ağırlık değerleri ( $w_i$ ) belirlenir ve R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ile çarpılarak (V) matrisi oluşturulur.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

**4. Aşama :** Pozitif ideal çözümün oluşturulabilmesi için ağırlıklı standart karar verme matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme sütün değerlerinin en büyüğü ile seçilmekte ve aşağıda belirtilen formül ile sağlanmaktadır.

$$A^* = \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

Negatif ideal çözüm oluşturulabilmesi için ise aşağıdaki formül uygulanır.

$$A^- = \left\{ \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

Her iki formülde de  $J$  fayda (maksimizasyon),  $J'$  ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

**5. Aşama :** Tüm alternatifler değerlendirilirken pozitif ve negatif ideal çözüm kümesinden uzaklıkları Euclidian uzaklık yaklaşımı ile hesaplanır. Aşağıda belirtilen formül kullanılmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

**6 Aşama :** Tüm alternatiflerin ideal çözüme göre yakınlık sayısı hesaplanırken pozitif ve negative ölçümleri göz önünde tutularak; negatif ideal ölçüsünün, toplam ayırım ölçüsü içindeki payı yakınlık katsayısı değerini vermektedir. Aşağıda formül verilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$$

Formül ile oluşan sonuçta  $C_1$  değeri  $0 \leq C \leq 1$  aralığında yer alır ve  $C_1$  değerinin 1'e yakın olması ideal çözüme yakın olmasını ve 0'a yakınlığı ideal çözüme olan uzaklığı vermektedir.

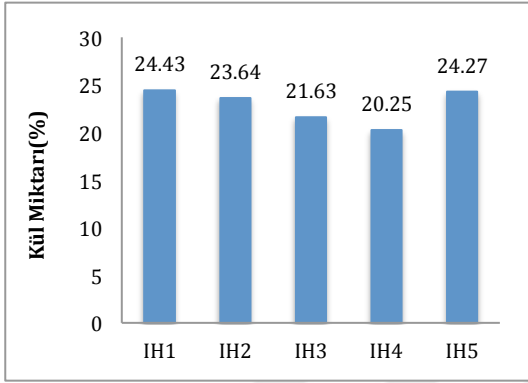


### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

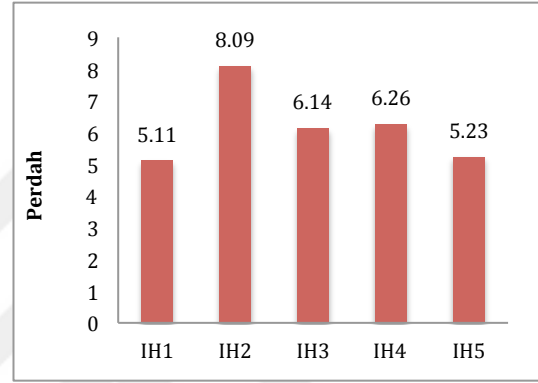
#### 3.1 I. Hamur Kağıtlara Uygulanan Testlerin Teknik Analizi

##### 3.1.1 Kül Miktarı – Perdah Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip I.Hamur kağıt numunesinin kül miktarı ve perdah miktarı ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de belirtilmiştir.

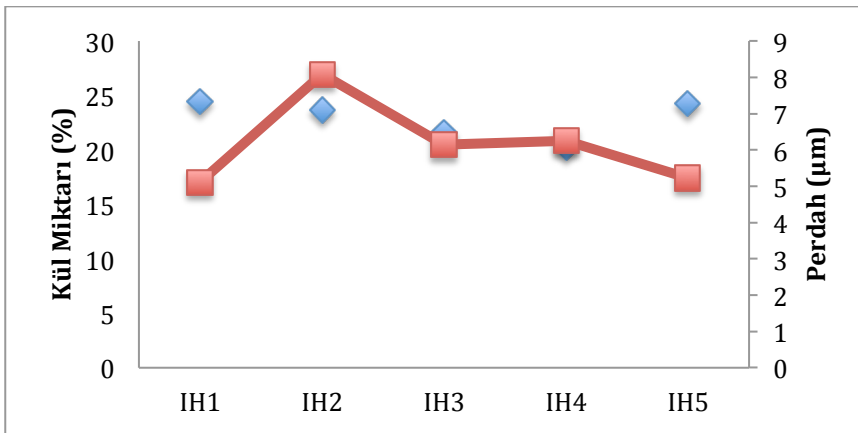


Şekil 3.1. I. Hamur kağıt kül miktarı



Şekil 3.2. I. Hamur kağıt perdah miktarı

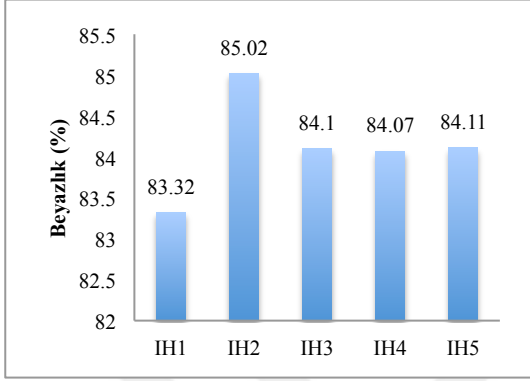
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 80 g/m<sup>2</sup> I. Hamur kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kül miktarı ve perdah ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kül miktarı ve perdah arasında olan ilişki Şekil 3.3’te gösterilmiştir. Kül miktarı ve perdah karşılaştırıldığında şekilde de görüldüğü gibi birbirleri arasında ters oranda bir eğilim izlemektedirler.



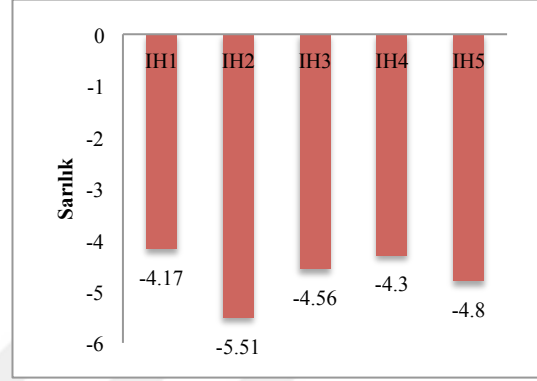
Şekil 3.3. I. Hamur kağıt perdah ve kül miktarı karşılaştırması

### 3.1.2 Beyazlık (Brightness) – Sarılık Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip beş (5) adet I.Hamur kağıt numunelerinin beyazlık ve sarılık ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te belirtilmiştir.

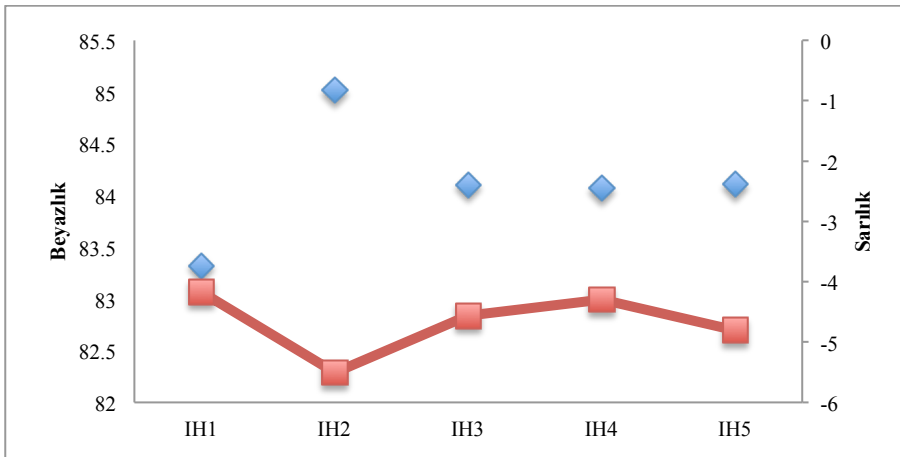


Şekil 3.4. I. Hamur kağıt beyazlık ölçümü



Şekil 3.5. I. Hamur kağıt sarılık ölçümü

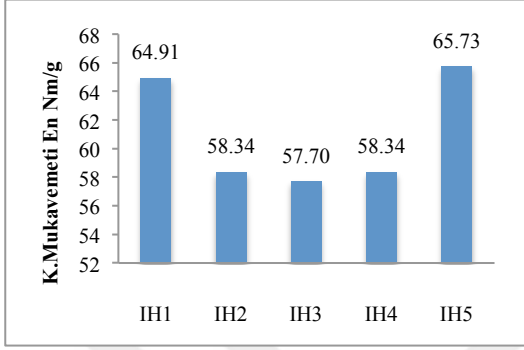
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 80 g/m<sup>2</sup> I. Hamur kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra beyazlık (Brightness) ve sarılık (Yellowness) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda beyazlık ve sarılık ölçümleri arasında olan ilişki Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Beyazlık ve sarılık ölçümleri farklı metotlar içerip, ölçüm sonuçları farklı aralık olsa da eğilimleri tespit edilmiştir. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi beyazlık ve sarılık değerleri birbirlerinin tersi oranda yönelim göstermektedir.



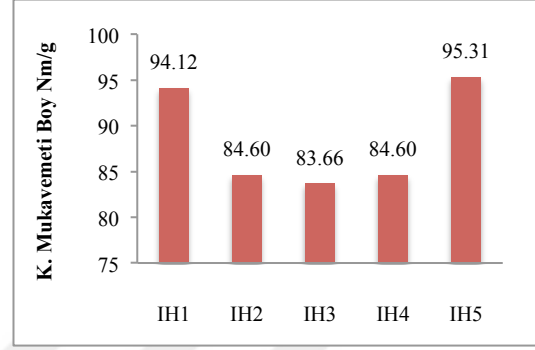
Şekil 3.6. I. Hamur kağıt beyazlık ve sarılık ölçüm karşılaştırması

### 3.1.3 Kopma Mukavemeti En - Boy Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip beş (5) adet I.Hamur kağıt numunelerinin kopma mukavemeti en ve boy ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de belirtilmiştir.

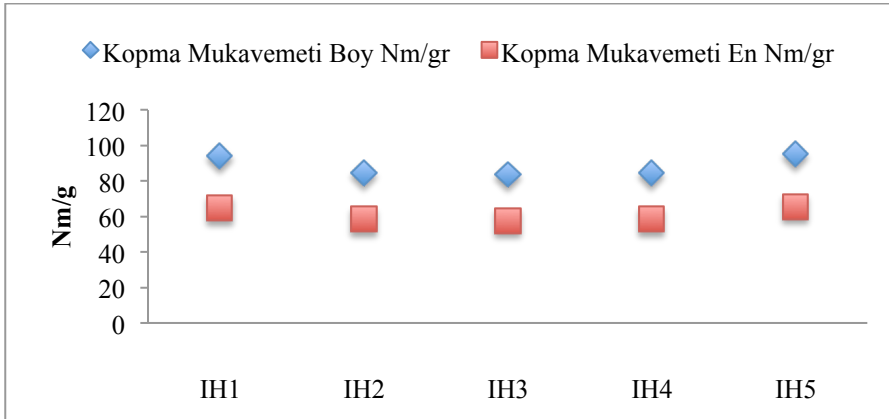


Şekil 3.7. Kopma mukavemeti en



Şekil 3.8. Kopma mukavemeti boy

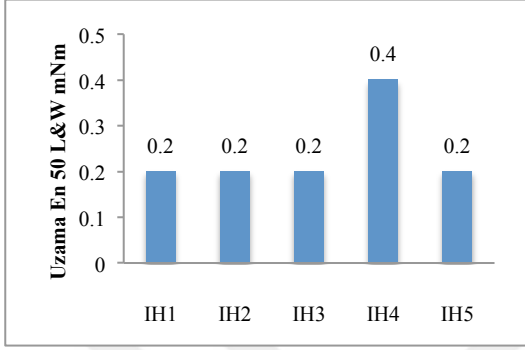
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 80 g/m<sup>2</sup> I. Hamur kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kopma mukavemeti en ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış kopma mukavemeti test cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kopma mukavemeti en ve boy arasında olan ilişki Şekil 3.9’da gösterilmiştir. kopma mukavemeti en ve boy ölçümü karşılaştırıldığında Şekil 3.9’da görüldüğü gibi birbirleri arasında değer olarak farklı olsa da aynı yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.



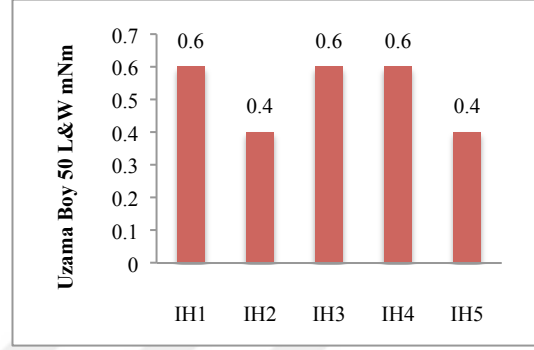
Şekil 3.9. I. Hamur kağıt kopma mukavemeti en - boy ölçüm karşılaştırması

### 3.1.4 Uzama (Stiffness) Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip beş (5) adet I.Hamur kağıt numunesinin uzama oranları en ve boy olarak ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de belirtilmiştir.

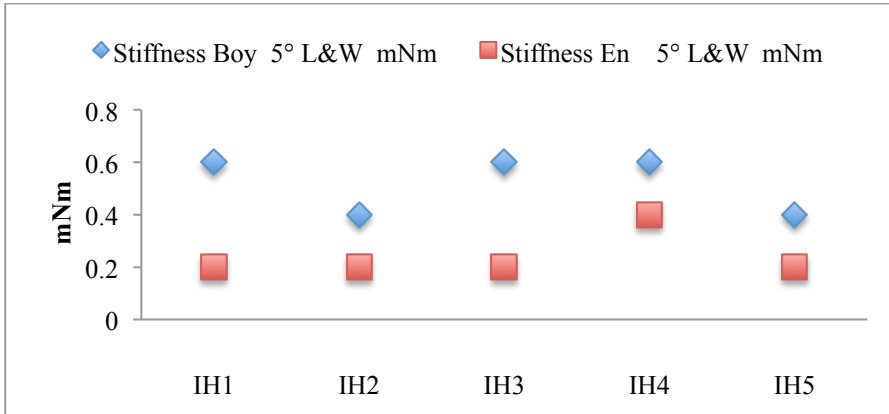


Şekil 3.10. Uzama ölçümü en



Şekil 3.11. Uzama ölçümü boy

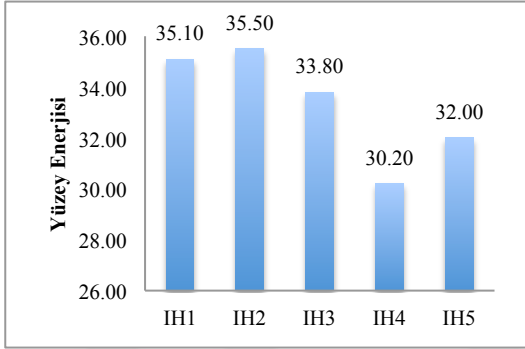
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $80 \text{ g/m}^2$  I. Hamur kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kopma mukavemeti en ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış uzama (stiffness) test cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda uzama en ve boy arasında olan ilişki Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Uzama oranı en ve boy ölçümü karşılaştırıldığında Şekil 3.12’de görüldüğü gibi birbirleri arasında değer olarak farklı olsa da bağımsız bir eğilim oluşturduğu görülmektedir.



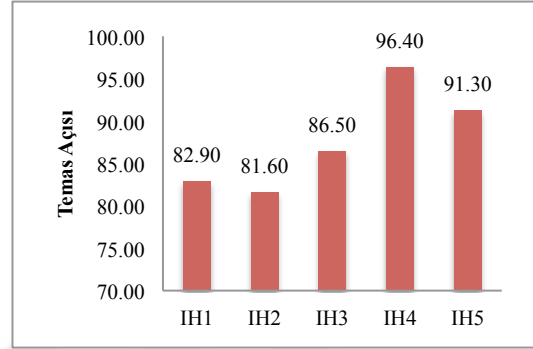
Şekil 3.12. I. Hamur kağıt uzama en - boy ölçüm karşılaştırması

### 3.1.5 Yüzey Enerjisi ve Temas Açısı Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip I.Hamur kağıt numunesinin yüzey temas açısı ve buna bağlı olarak hesaplanan yüzey enerji ölçümleri gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'te belirtilmiştir.

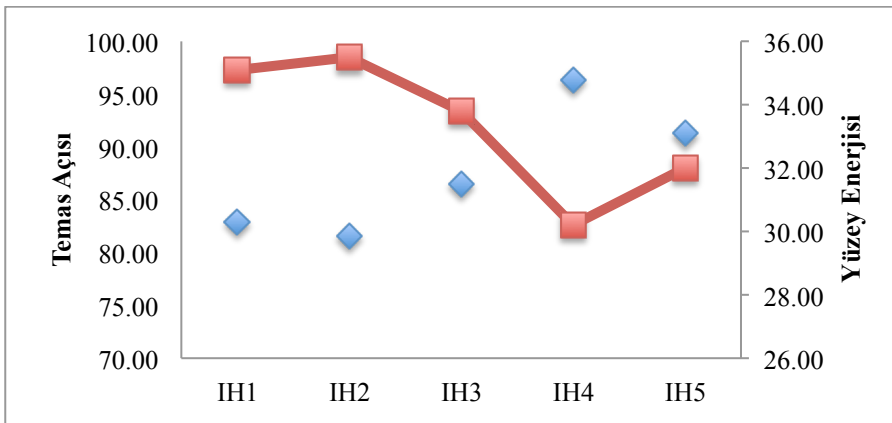


Şekil 3.13. I. Hamur kağıt yüzey enerjisi



Şekil 3.14. I. Hamur kağıt temas açısı

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 80 g/m<sup>2</sup> I. Hamur kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış temas açısı test cihazı (PGX+) ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi arasında olan ilişki Şekil 3.15'te gösterilmiştir. yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında Şekil 3.15'te görüldüğü gibi birbirleri arasında temas açısı düşük değere sahip yüzeyin, yüzey enerji miktarı fazla olduğu, sonuç karşılaştırmalarından ters yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.



Şekil 3.15. I. Hamur kağıt yüzey enerjisi – temas açısı ölçüm karşılaştırması

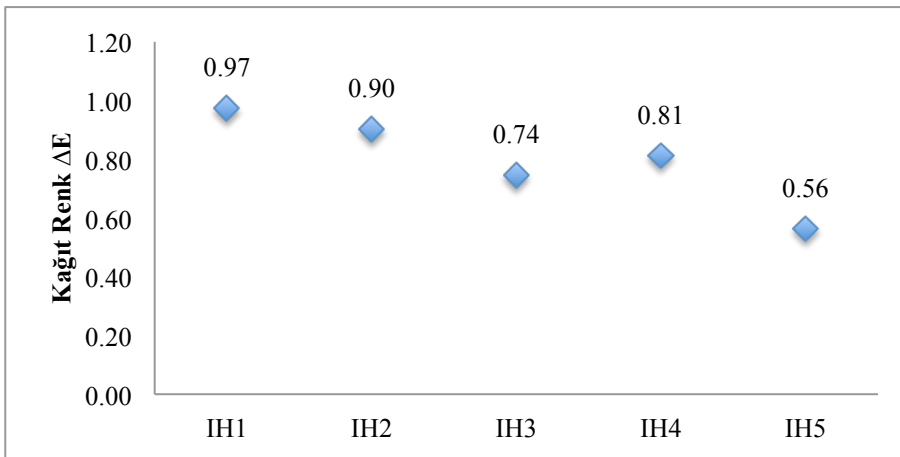
### 3.1.6 Kağıt L\*a\*b\* Değer Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip beş (5) adet I.Hamur kağıt numunesinin Lab ölçüm değerleri ve ISO 12647-2 de belirtilen standarda göre olması gereken ölçüm sonuçları Tablo 3.1’de belirtilmiştir.

**Tablo 3.1.** I. Hamur kağıt numuneleri ile ISO standardı L\*a\*b\* Değerleri

Numune	L	a	b
ISO IH	92(95)	0	-3
IH1	91,68	0,03	-2,08
IH2	92,18	-0,72	-2,47
IH3	91,92	-0,03	-2,26
IH4	91,99	0,05	-2,19
IH5	91,88	0,11	-2,46

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 80 g/m<sup>2</sup> I. Hamur kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra ölçümler ISO-12647-1:2004’ de belirtilen ayrıca kalibrasyonu yapılan ve standartta belirtilen ksenon lamba ve CIE 45<sup>0</sup>-0 geometriye sahip spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda test numunelerinin Lab değerleri ile ISO 12647-2 standardında belirtilen I.Hamur kağıt Lab değeri ile karşılaştırılarak  $\Delta E$  sonuçları Şekil 3.16’da gösterilmiştir.  $\Delta E$  sonuçları karşılaştırıldığında Şekil 3.16’da görüldüğü gibi test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen beş farklı fiziksel özelliğe sahip I.Hamur kağıt numunelerinin ISO standardı yakın bir beyazlığa sahip olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 3.16.** I. Hamur kağıt ISO standardı ile  $\Delta E$  karşılaştırması

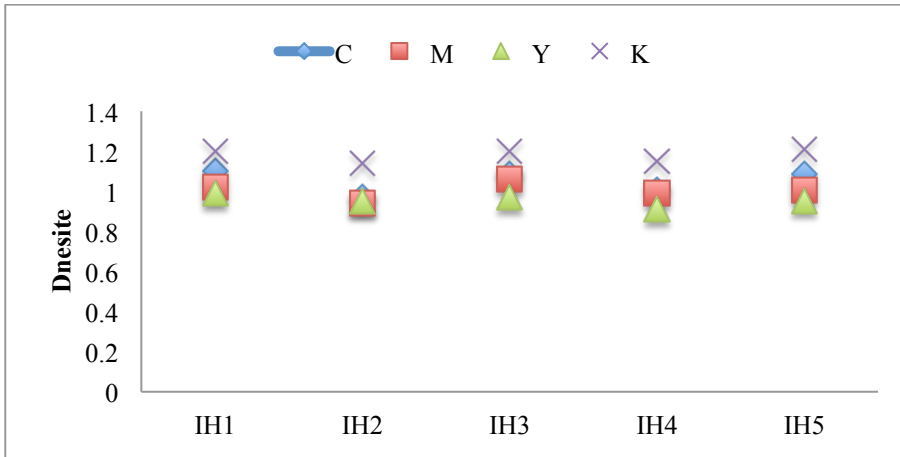
### 3.1.7 Zeminton Yoğunluğu Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip beş (5) adet I.Hamur kağıt numunelerinin zeminton yoğunluğu ölçüm değerleri ve ISO standardında belirtilen olması gereken ölçüm sonuçları Tablo 3.2’de belirtilmiştir.

**Tablo 3.2.** Test baskısı zemin ton yoğunluğu değerleri

Numune	C	M	Y	K
IH1	1,1	1,02	0,99	1,2
IH2	0,97	0,94	0,95	1,14
IH3	1,09	1,06	0,97	1,2
IH4	1,01	0,99	0,91	1,15
IH5	1,09	1,01	0,95	1,21

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 80 g/m<sup>2</sup> I. Hamur kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra yapılan test baskıları ölçümleri densitometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış densitometre ile CMYK değerleri ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri Şekil 3.17’de gösterilmiştir. Zeminton yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında Şekil 3.17’de görüldüğü gibi Siyah renk değeri diğer renk değerlerinden standart da belirtildiği gibi yüksek olduğu, yine aynı şekilde sarı rengi ise düşük olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.17.** Test baskıları zeminton yoğunluğu

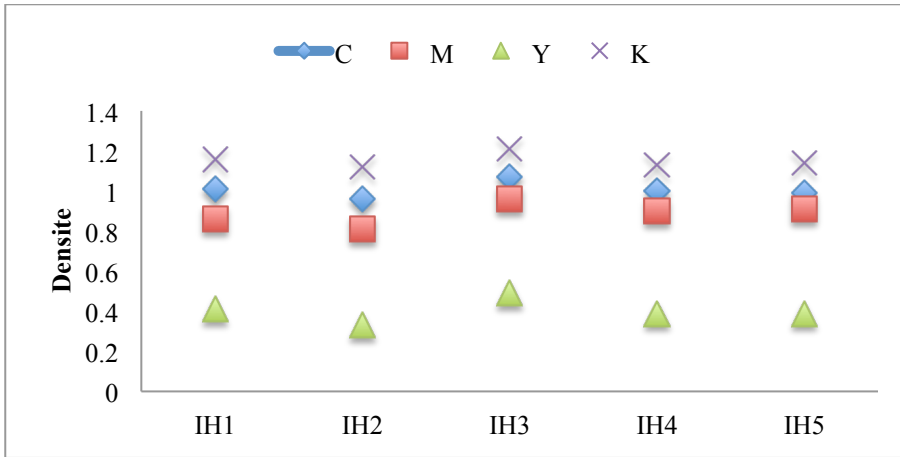
### 3.1.8 Işık Haslığı Sonrası Zeminton Yoğunluğu Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip beş (5) adet I.Hamur kağıt numunesinin uygulanan test baskıları sonrası ışık haslığı zeminton yoğunluğu ölçüm değer sonuçları Tablo 3.3'te belirtilmiştir.

**Tablo 3.3.** Test baskısı ışık haslığı sonrası zemin ton yoğunluğu değerleri

Numune	C	M	Y	K
IH1	1,01	0,86	0,41	1,16
IH2	0,96	0,81	0,33	1,12
IH3	1,07	0,96	0,49	1,21
IH4	1	0,9	0,39	1,13
IH5	0,99	0,91	0,39	1,14

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $80 \text{ g/m}^2$  I. Hamur kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası ışık haslığı testi zeminton yoğunluğu ölçümleri densitometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış densitometre ile CMYK değerleri ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri Şekil 3.18'de gösterilmiştir. Zeminton yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında Şekil 3.18'de görüldüğü gibi Siyah renk değeri diğer renk değerlerinden standart da belirtildiği gibi mürekkebin ışık haslık derecesine bağlı olarak yüksek olduğu, yine aynı şekilde sarı rengi ise ışık haslık derecesine bağlı düşük olduğu görülmektedir. Fakat ışık haslık testi öncesi zeminton yoğunluğu değerleri ile karşılaştırıldığında kağıt fiziksel özelliklerine bağlı olarak farklılık olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.18.** Test baskıları ışık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu



### 3.1.9 Test Baskısı CMYK Lab Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip beş (5) adet I.Hamur kağıt numunesinin test baskıları sonrasında Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab ölçüm değer sonuçları Tablo 3.4’te belirtilmiştir.

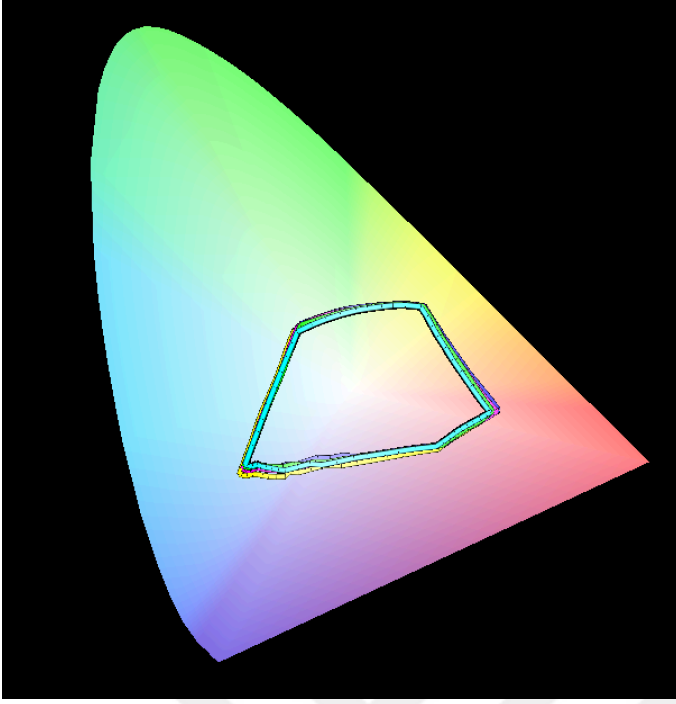
**Tablo 3.4.** Test baskısı CMYK renkleri Lab değerleri

	C			M			Y			K		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
IH1	60,3	-25,36	-45,3	58,88	62,28	0,43	96,51	-4,21	79,38	38,33	-0,34	3,03
IH2	63,88	-26,48	-43,19	60,7	60,46	-1,96	96,58	-5,87	75,33	41,09	-0,14	3,61
IH3	58,52	-20,03	-51,89	55,04	61,01	-8,07	90,29	-5,24	68,27	36,62	0,56	1,65
IH4	60,13	-21,12	-49,75	57,08	61,16	-4,92	93,26	-4,77	70,12	39,05	0,56	-0,73
IH5	60,31	-25,1	-43,29	58,72	61,11	0,89	95,41	-4,65	76,38	39,3	-0,27	2,89

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 80 g/m<sup>2</sup> I. Hamur kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası Lab ölçümleri spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab ölçüm ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri ışık haslığı sonrasında oluşan farklı kağıtlar üzerindeki etkileri Tablo 3.5’te gösterilmiştir. Işık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrası Lab değerleri karşılaştırıldığında, tüm renklerin L değerlerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Lightness değerlerindeki değişim kağıtların fiziksel özelliklerine göre farklı oranlarda azalma meydana getirmektedir. L değerinde olduğu gibi a ve b değerlerinde de ışık haslığı sonrası değişim meydana gelmektedir. Buradaki farklılığı oluşturan kullanılan mürekkeplerin ışık haslık değerleri ve yine kağıdın fiziksel özelliklerinin etkisi olmaktadır.

**Tablo 3.5.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri Lab değerleri

	C			M			Y			K		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
IH1	59,28	-23,77	-45,18	58,35	54,68	-3,15	94,91	-5,85	40,05	37,99	-0,32	1,4
IH2	61,26	-25,17	-43,05	60,20	52,98	-4,30	97,47	-6,67	34,51	40,57	-0,60	2,10
IH3	56,83	-23,28	-44,39	55,22	53,96	-4,42	90,47	-5,35	57,88	35,77	-0,23	0,83
IH4	59,92	-23,26	-44,11	57,97	55,40	-2,39	94,46	-5,50	35,72	38,16	-0,37	1,34
IH5	57,46	-22,84	-43,94	57,92	55,18	-2,41	94,29	-5,15	38,13	36,89	-0,37	0,94



**Şekil 3.19.** Test baskıları I. Hamur numuneler renk evreni farkı

ECI 2002 skalası ile oluşturulan test baskı skalası üzerinden yapılan ölçümler neticesinde IH1, IH2, IH3, IH4, IH5 kod numaralı I. Hamur kağıtların renk evrenleri oluşturularak Şekil 3.19’da verilmiştir. Birbirlerine yakın olsa da farklılığın olduğu renk evrenleri arasında baskı şartlarının tamamen aynı olmasına ve kağıt gramajlarının da sabit olmasına rağmen fiziksel özelliklerindeki farklılığın meydana getirdiği görülmektedir.

**Tablo 3.6.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri

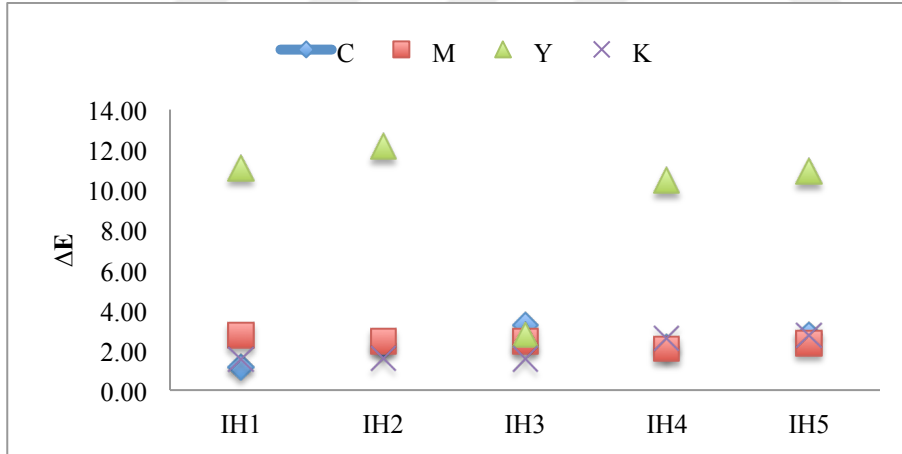
	C			M			Y			K		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
IH1	1,02	1,59	0,12	0,53	7,6	3,58	1,6	1,64	39,33	0,34	0,02	1,63
IH2	2,62	1,31	0,14	0,5	7,48	2,34	0,89	0,8	40,82	0,52	0,46	1,51
IH3	1,69	3,25	7,5	0,18	7,05	3,65	0,18	0,11	10,39	0,85	0,79	0,82
IH4	0,21	2,14	5,64	0,89	5,76	2,53	1,2	0,73	34,4	0,89	0,93	2,07
IH5	2,85	2,26	0,65	0,8	5,93	3,3	1,12	0,5	38,25	2,41	0,1	1,95

Cyan, Magenta, Yellow ve Black renklerinin ışık haslığı sonrası  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.6’da verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında CMYK renklerinin tamamında L değeri IH5 kodlu kağıt numunesinde daha fazla fark yarattığı görülmektedir.

**Tablo 3.7.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK  $\Delta E$  değerleri

Numune	$\Delta E$ C	$\Delta E$ M	$\Delta E$ Y	$\Delta E$ K
IH1	1,15	2,74	11,08	1,51
IH2	2,30	2,46	12,17	1,59
IH3	3,24	2,44	2,76	1,57
IH4	2,12	2,07	10,46	2,58
IH5	2,78	2,37	10,92	2,74

Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab değerleri Işık haslığı öncesi ve sonrası ölçümlenerek Tablo 3.7’de gösterilmiştir. Cyan, Magenta, Yellow ve Black  $\Delta E$  değerleri karşılaştırıldığında Tablo 3.7’de görüldüğu baskı şartları aynı olan numunelerin ölçüm sonrası değerlerinde farklılık görülmektedir. Özellikle yellow renginde oluşan  $\Delta E$  farkının yüksek olması kullanılan mürekkebin ışık haslık değerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat kağıdın yapısal özellikleri göz önüne alındığında aynı mürekkep fakat farklı numuneler üzerinde tüm baskı koşulları sabit olmasına rağmen IH1 kodlu I. Hamur kağıt ışık haslığı öncesi ışık haslığı sonrası  $\Delta E$  C değerleri 1,15 olarak görülmekte iken, IH5 numunesinde  $\Delta E$  C değerleri 2,78 olarak oluştuğu görülmektedir.



**şekil 3.20.** Test baskıları ışık haslığı sonrası CMYK  $\Delta E$  değerleri

Ölçüm sonuçları  $\Delta E$  ışık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrasında karşılaştırıldığında IH1  $\Delta E$  M değerleri 2,78 olarak görülmekte iken, IH4 numunesinde  $\Delta E$  M 2,072 dir. IH2  $\Delta E$  Y değerleri 12,17 olarak görülmekte iken, IH4 numunesinde  $\Delta E$  Y 10,04 dir. IH1  $\Delta E$  K değerleri 1,51 olarak görülmekte iken, IH5 numunesinde  $\Delta E$  M 2,42 dir.

### 3.1.10 Test Baskısı RGB Lab Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip beş (5) adet I.Hamur kağıt numunesinin test baskıları sonrasında kırmızı, yeşil, mavi (RGB) Lab ölçüm değer sonuçları Tablo 3.8'te belirtilmiştir.

**Tablo 3.8.** Test baskısı RGB renkleri Lab değerleri

	R			G			B		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
IH1	57,17	60,6	31,26	55,6	-45,14	13,98	39,22	8,78	-27,25
IH2	58,54	58,92	27,58	57,94	-46,04	13,27	41,73	7,46	-30,01
IH3	56,03	58,77	29,71	55,85	-45,19	14,25	39,87	7,20	-27,75
IH4	56,22	59,28	29,16	56,20	-44,97	13,29	39,84	8,09	-26,70
IH5	56,55	59,24	29,60	54,93	-43,60	13,12	39,16	8,83	-25,26

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 80 g/m<sup>2</sup> I. Hamur kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası Lab ölçümleri spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Kırmızı, Yeşil ve Mavi (RGB) Lab ölçüm ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri ışık haslığı sonrasında oluşan farklı kağıtlar üzerindeki etkileri Tablo 3.8'de gösterilmiştir. Işık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrası Lab değerleri karşılaştırıldığında, tüm renklerin L değerlerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Lightness değerlerindeki değişim kağıtların fiziksel özelliklerine göre farklı oranlarda azalma meydana getirmektedir. L değeri değerlerinde olduğu gibi a ve b değerlerinde de ışık haslığı sonrası azalma meydana gelmektedir. Buradaki farklılık kullanılan mürekkeplerin ışık haslık değerleri ve yine kağıdın fiziksel özelliklerinin etkisi olmaktadır. Kırmızı, yeşil ve mavi renklerinin de ölçülmesi CMYK renk karışımları ile oluşması ile değişimlerin izlenmesi içindir.

**Tablo 3.9.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri Lab değerleri

	R			G			B		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
IH1	55,43	55,13	15,4	54,29	-40,23	-2,42	39,71	6,59	-28,66
IH2	57,09	54,04	10,68	57,14	-40,31	-10,01	41,73	4,49	-30,94
IH3	53,85	54,21	13,68	54,00	-40,23	-7,34	38,10	6,35	-31,04
IH4	56,26	55,06	13,60	55,08	-40,60	-7,55	39,55	6,28	-28,86
IH5	55,96	54,99	13,58	54,04	-39,67	-5,43	37,06	6,49	-28,03

Işık haslığı öncesi Tablo 3.8'deki Lab değerleri ile ışık haslığı sonrası Tablo 3.9 Lab değerleri karşılaştırıldığında lightness, a ve b değerlerinde azalma meydana gelmektedir. Tüm baskıların sabit koşullar altında gerçekleştirildiği göz önünde bulundurulurak kağıt numuneleri arasındaki değişim farkının kağıtların yapısal özelliklerindeki farklılıktan kaynaklandığı ve değerlerin özellikle ışık haslığı düşük olan yellow rengi ile bağlantı olan kırmızı ve yeşil renklerinde b değerlerinde ışık haslığı sonrası büyük farklılık meydana getirdiği görülmektedir. Işık haslığı öncesinde yeşil renkte 13,92 değerlerinde ölçümlenen b değeri, ışık haslığı sonrasında -7,50 değerlerinde görülmektedir. Aynı zamanda yeşil rengin ışık haslığı sonrası b değerindeki kağıt numuneleri arasında farka bakıldığında IH1 numunesi -2,72 değerine sahip iken, IH2 numunesinde -10,01 olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.10.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri

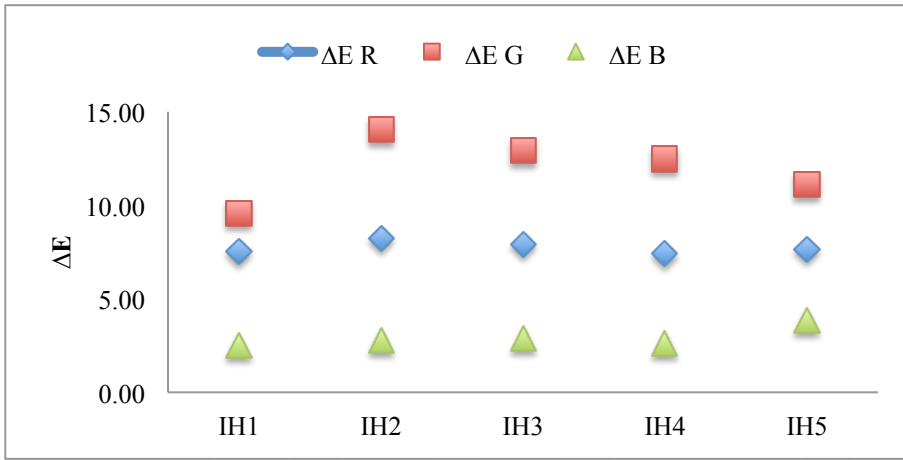
	R			G			B		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
IH1	1,74	5,47	15,86	1,31	4,91	16,4	0,49	2,19	1,41
IH2	1,45	4,88	16,9	0,8	5,73	23,28	0	2,97	0,93
IH3	2,18	4,56	16,03	1,85	4,96	21,59	1,77	0,85	3,29
IH4	0,04	4,22	15,56	1,12	4,37	20,84	0,29	1,81	2,16
IH5	0,59	4,25	16,02	0,89	3,93	18,55	2,1	2,34	2,77

Kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) renklerinin ışık haslığı sonrası  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.10'da verilmiştir. Kırmızı renk ışık haslığı öncesi, sonrası lightness fark değeri IH1 numunesinde 1,74 iken IH4 numunesinde 0,04' dür. Yine aynı renk  $\Delta a$  5,47 değerleri ile en yüksek fark IH1 numunesinde, 4,22 değerleri ile IH4 en az fark sahip olduğu görülmektedir.  $\Delta b$  değerine bakıldığında 16,90 ile en yüksek fark IH2 numunesinde iken, 15,56 ile en düşük fark IH4 numunesindedir.

**Tablo 3.11.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri

Numune	$\Delta E R$	$\Delta E G$	$\Delta E B$
IH1	7,53	9,58	2,51
IH2	8,23	14,05	2,78
IH3	7,92	12,94	2,90
IH4	7,42	12,48	2,61
IH5	7,66	11,10	3,84

Test baskısı ışık haslığı sonrası kırmızı, yeşil, mavi (RGB)  $\Delta E$  değerleri numuneler arasında karşılaştırıldığında kırmızı renk  $\Delta E$  8,23 değeri ile en yüksek fark IH2 numunesinde iken 7,42 değeri ile en düşük fark IH4 numunesindedir. Yeşil renk numuneler arasında en fazla  $\Delta E$  değeri 14,05 ile IH2 numunesinde iken, en düşük fark 9,58 değerine sahip IH1 numaralı numunedir. Mavi renk numuneler arasında en fazla  $\Delta E$  değeri 3,84 ile IH5 numunesinde iken, en düşük fark 2,51 değerine sahip IH1 numaralı numunedir. Şekil 3.21’de test baskıları ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri grafiğinde kağıtlar arasındaki yapısal farklılıklara bağlı olarak değişimler görülmektedir.

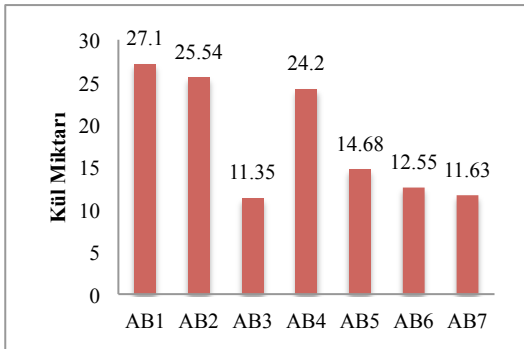


Şekil 3.21. Test baskıları ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri

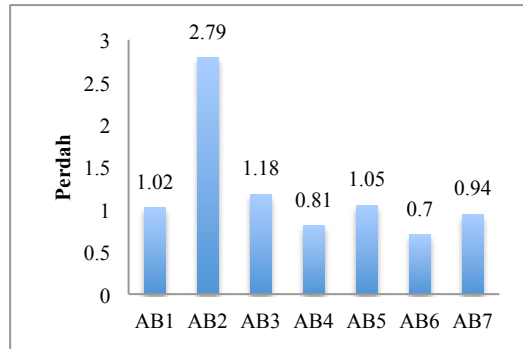
## 3.2 Bristol Kağıtlara Uygulanan Testlerin Teknik Analizi

### 3.2.1 Kül Miktarı – Perdah Ölçüm Analizi

Farklı yedi amerikan bristol kağıt numunesinin kül miktarı ve perdah miktarı ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.22 ve Şekil 3.23’te belirtilmiştir.

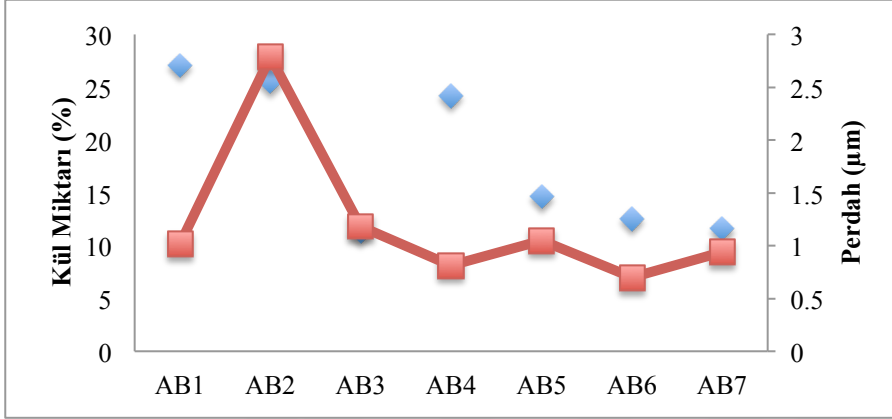


Şekil 3.22. A. Bristol kül miktarı



Şekil 3.23. A. Bristol perdah miktarı

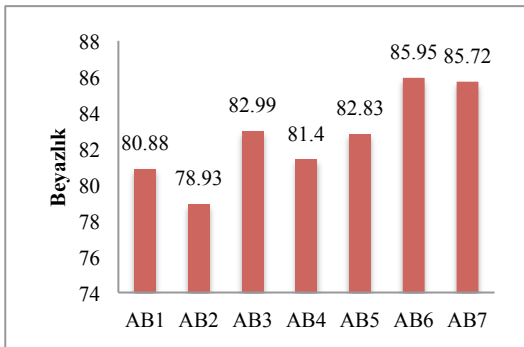
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 300 g/m<sup>2</sup> amerikan bristol kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kül miktarı ve perdah ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kül miktarı ve perdah arasında olan ilişki Şekil 3.24'te gösterilmiştir. Kül miktarı ve perdah karşılaştırıldığında şekilde de görüldüğü gibi birbirleri arasında bağımsız bir eğilim izlemektedirler.



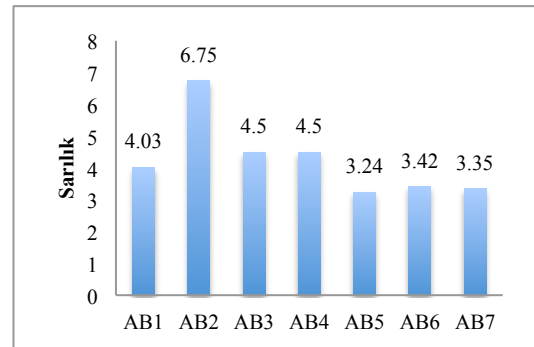
Şekil 3.24. A. Bristol perdah ve kül miktarı karşılaştırması

### 3.2.2 Beyazlık (Brightness) – Sarılık Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi (7) adet amerikan bristol kağıt numunesinin beyazlık ve sarılık ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.25 ve Şekil 3.26'da belirtilmiştir.



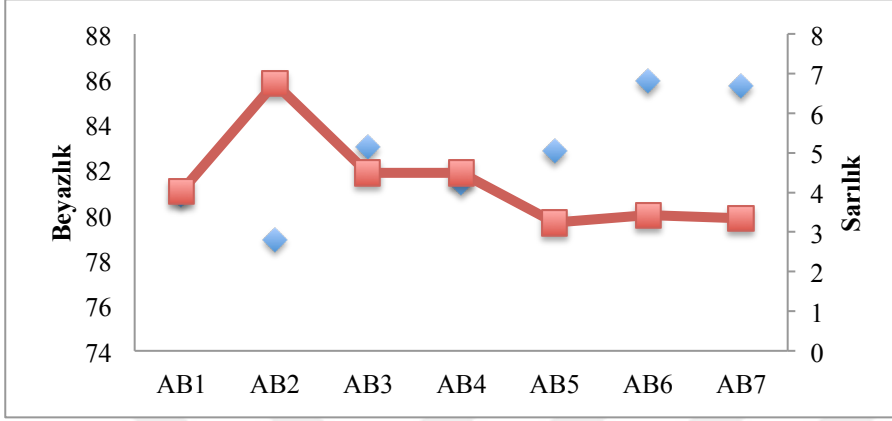
Şekil 3.25. A. Bristol beyazlık ölçümü



Şekil 3.26. A. Bristol sarılık ölçümü

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 300 g/m<sup>2</sup> amerikan bristol kağıtlardan belirlenen yedi tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra beyazlık (Brightness) ve sarılık (Yellowness) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda beyazlık ve

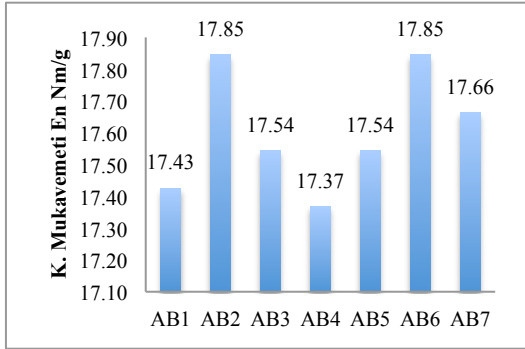
sarılık ölçümleri arasında olan ilişki Şekil 3.27’de gösterilmiştir. Beyazlık ve sarılık ölçümleri farklı metotlar içerip, ölçüm sonuçları farklı aralık olsa da eğilimleri tespit edilmiştir. Şekil 3.27’de görüldüğü gibi beyazlık ve sarılık değerleri birbirlerinin tersi yönde eğilim göstermektedir.



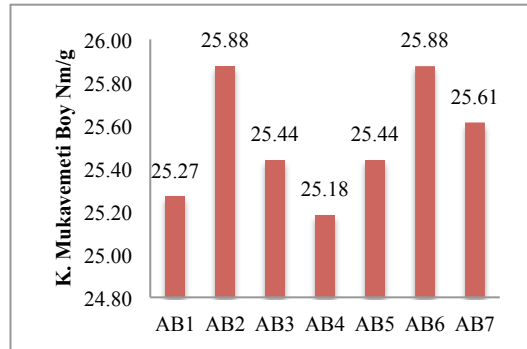
Şekil 3.27. A. Bristol beyazlık ve sarılık ölçüm karşılaştırması

### 3.2.3 Kopma Mukavemeti En - Boy Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi (7) adet amerikan bristol kağıt numunesinin kopma mukavemeti en ve boy ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.28 ve Şekil 3.29’da belirtilmiştir.



Şekil 3.28. Kopma mukavemeti en

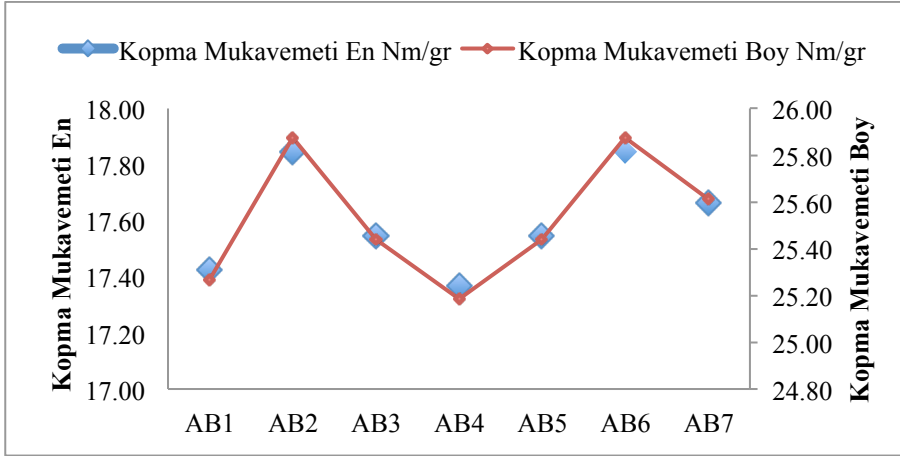


Şekil 3.29. Kopma mukavemeti boy

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $300 \text{ g/m}^2$  amerikan bristol kağıtlardan belirlenen yedi tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kopma mukavemeti en ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış kopma mukavemeti test cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kopma mukavemeti en ve boy arasında olan ilişki Şekil 3.30’da gösterilmiştir. kopma mukavemeti en ve boy ölçümü karşılaştırıldığında Şekil 3.30’da görüldüğü gibi



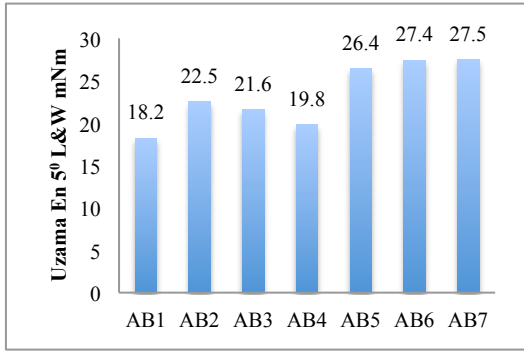
birbirleri arasında değer olarak farklı olsa da aynı yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.



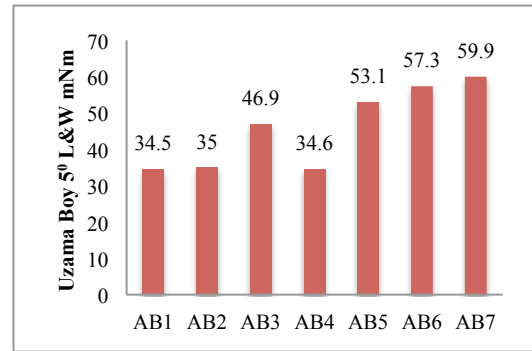
Şekil 3.30. A. Bristol kopma mukavemeti en - boy ölçüm karşılaştırması

### 3.2.4 Uzama (Stiffness) Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi (7) adet amerikan bristol kağıt numunesinin uzama oranları en ve boy olarak ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.31 ve Şekil 3.32’de belirtilmiştir.

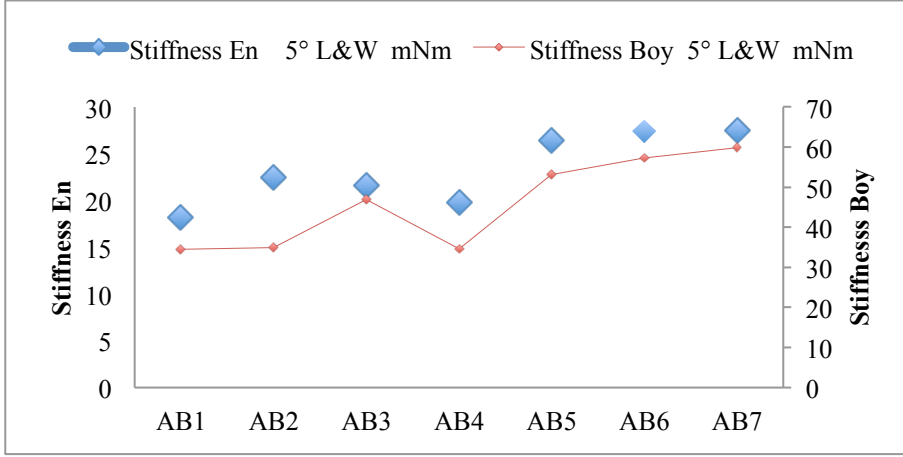


Şekil 3.31. Uzama ölçümü en



Şekil 3.32. Uzama ölçümü boy

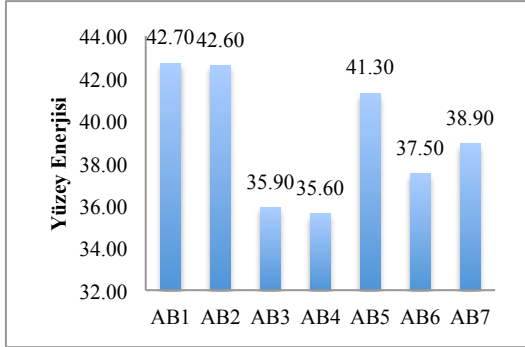
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 300 g/m<sup>2</sup> amerikan bristol kağıtlardan belirlenen yedi tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kopma mukavemeti en ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış uzama (stiffness) test cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda uzama en ve boy arasında olan ilişki Şekil 3.33’te gösterilmiştir. Uzama oranı en ve boy ölçümü karşılaştırıldığında Şekil 3.33’te görüldüğü gibi birbirleri arasında değer olarak farklı olsa da benzer bir eğilim oluşturduğu görülmektedir.



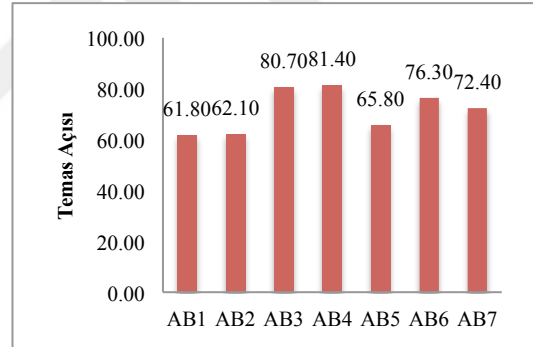
Şekil 3.33. A. Bristol uzama en - boy ölçüm karşılaştırması

### 3.2.5 Yüze Enerjisi ve Temas Açısı Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi (7) adet A.Bristol kağıt numunesinin yüzey temas açısı ve buna bağlı olarak hesaplanan yüzey enerji ölçümleri gerçekleştirilerek sonuçları Şekil 3.34 ve Şekil 3.35'te belirtilmiştir.

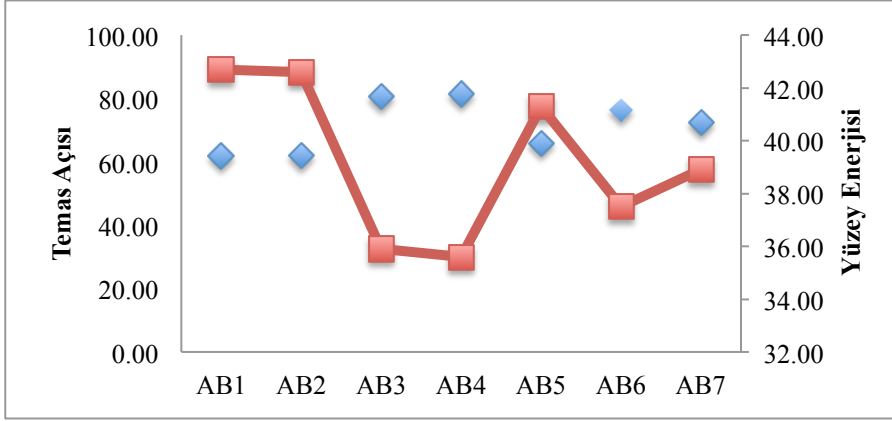


Şekil 3.34. A. Bristol yüzey enerjisi



Şekil 3.35. A. Bristol temas açısı

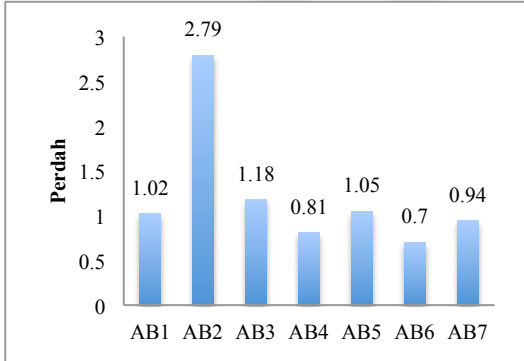
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $300 \text{ g/m}^2$  amerikan bristol kağıtlardan belirlenen yedi tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış temas açısı test cihazı (PGX+) ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi arasında olan ilişki Şekil 3.36'da gösterilmiştir. yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında Şekil 3.36'da görüldüğü gibi birbirleri arasında temas açısı düşük değere sahip yüzeyin, yüzey enerji miktarı fazla olduğu, sonuç karşılaştırmalarında ters yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.



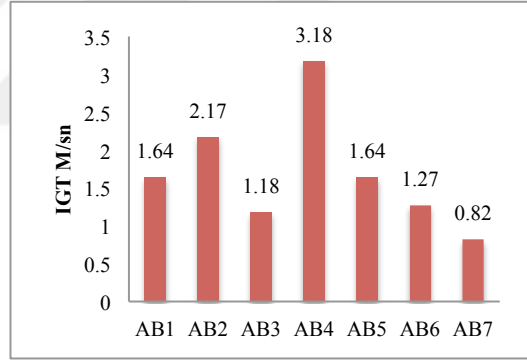
Şekil 3.36. A. Bristol yüzey enerjisi – temas açısı ölçüm karşılaştırması

### 3.2.6 Perdah – IGT Mürekkep Transfer Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi (7) adet amerikan bristol kağıt numunesinin perdah ve IGT mürekkep transfer miktarı ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.37 ve Şekil 3.38’de belirtilmiştir.

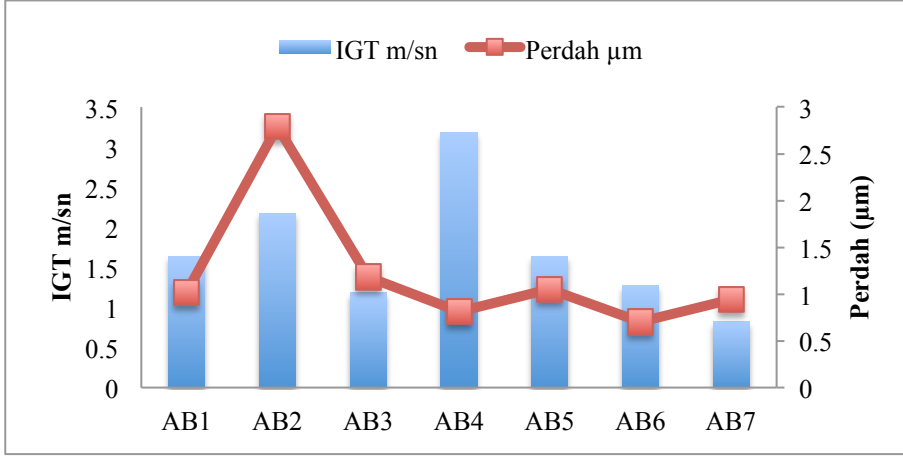


Şekil 3.37. A. Bristol perdah miktarı



Şekil 3.38. IGT Mürekkep transfer miktarı

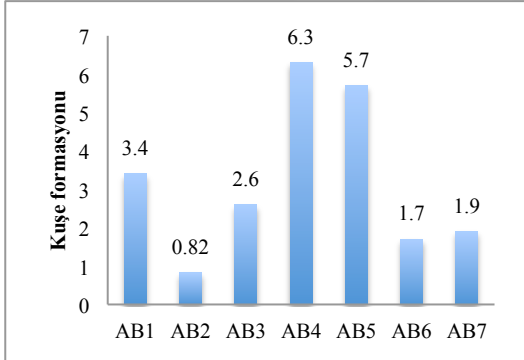
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 300 g/m<sup>2</sup> amerikan bristol kağıtlardan belirlenen yedi (7) tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra perdah ve IGT mürekkep transfer ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda perdah ve IGT mürekkep transfer hızı arasında olan ilişki Şekil 3.39’da gösterilmiştir. Kül miktarı ve perdah karşılaştırıldığında şekilde de görüldüğü gibi birbirleri arasında benzer oranda bir eğilim izlemektedirler.



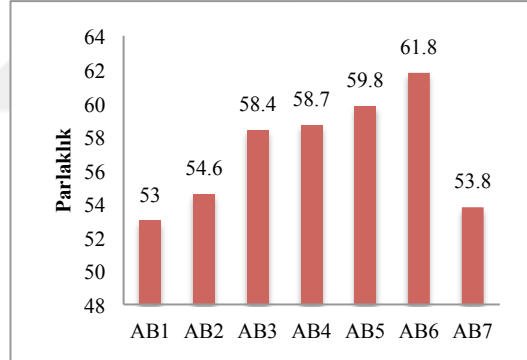
Şekil 3.39. IGT Mürekkep transfer miktarı

### 3.2.7 Kuşe Formasyonu – Parlaklık Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi (7) adet amerikan bristol numunesinin kuşe formasyonu ve parlaklık ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.40 ve Şekil 3.41’de belirtilmiştir.

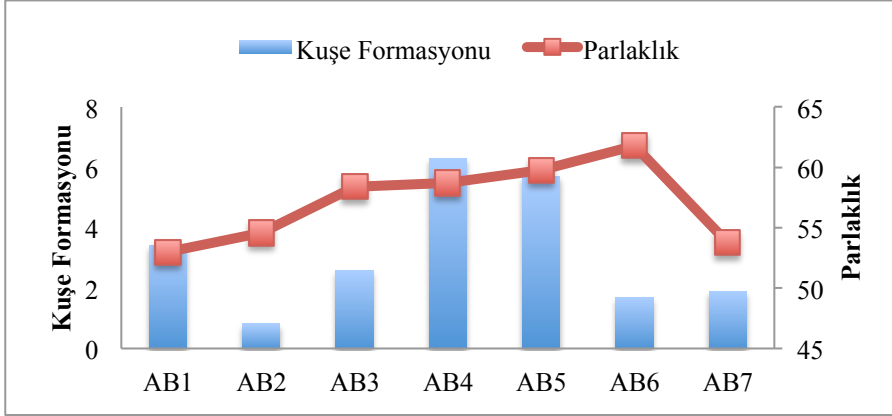


Şekil 3.40. A. Bristol Kuşe Formasyonu



Şekil 3.41. A. Bristol Parlaklık

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $300 \text{ g/m}^2$  amerikan bristol kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kuşe formasyonu ve parlaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kuşe formasyonu ve parlaklık arasında olan ilişki Şekil 3.42’de gösterilmiştir. Kuşe formasyonu ve parlaklık karşılaştırıldığında şekilde de görüldüğü gibi birbirlerinden bağımsız bir eğilim izlemektedirler.



Şekil 3.42. A. Bristol kuşe formasyonu ve parlaklık karşılaştırması

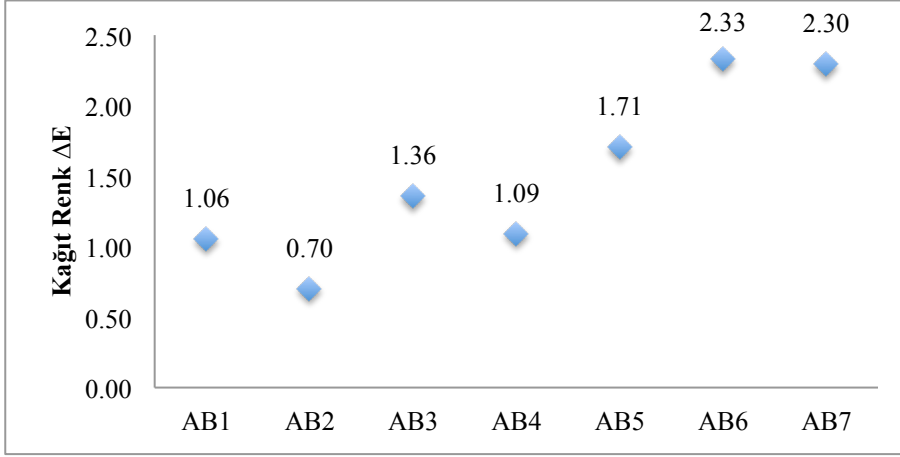
### 3.2.8. Kağıt L\*a\*b\* Değer Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi (7) adet amerikan bristol kağıt numunesinin Lab ölçüm değerleri ve ISO 12647-2 de belirtilen standarda olması gereken ölçüm sonuçları Tablo 3.12’de belirtilmiştir.

Tablo 3.12. A. Bristol numuneleri ile ISO standardı L\*a\*b\* Değerleri

Numune	L	a	b
ISO AB	92	0	3
AB1	93,1	-0,19	2,15
AB2	92,95	0	3,45
AB3	94,02	-0,13	2,39
AB4	93,46	-0,13	2,33
AB5	93,58	-0,71	1,97
AB6	95,11	-0,72	2,06
AB7	95,00	-0,74	2,04

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 300 g/m<sup>2</sup> amerikan bristol kağıtlardan belirlenen yedi tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra ölçümler ISO-12647-1:2004’ de belirtilen ayrıca kalibrasyonu yapılan ve standartta belirtilen ksenon lamba ve CIE 45<sup>0</sup> – 0 geometriye sahip spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda test numunelerinin Lab değerleri ile ISO 12647-2 standardında belirtilen Numune kağıt Lab değeri ile karşılaştırılarak ΔE sonuçları Şekil 3.43’te gösterilmiştir. ΔE sonuçları karşılaştırıldığında Şekil 3.43’te görüldüğü gibi test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi bristol kağıt numunelerinin ISO standardı yakın bir beyazlığa sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.43. A. Bristol ISO standardı ile  $\Delta E$  karşılaştırması

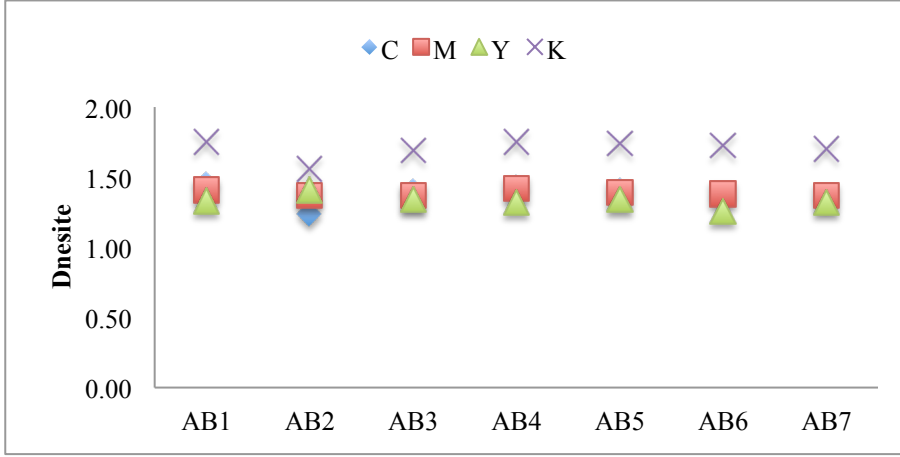
### 3.2.9. Zeminton Yoğunluğu Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi adet amerikan bristol kağıt numunesinin zeminton yoğunluğu ölçüm değerleri ve ISO standardında belirtilen olması gereken ölçüm sonuçları Tablo 3.13'te belirtilmiştir.

**Tablo 3.13.** Test baskısı zemin ton yoğunluğu değerleri

Numune	C	M	Y	K
AB1	1,45	1,41	1,33	1,75
AB2	1,24	1,37	1,41	1,56
AB3	1,40	1,37	1,34	1,69
AB4	1,43	1,42	1,32	1,75
AB5	1,41	1,39	1,34	1,74
AB6	1,38	1,38	1,26	1,73
AB7	1,37	1,37	1,32	1,70

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $300 \text{ g/m}^2$  amerikan bristol kağıtlardan belirlenen beş tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra yapılan test baskıları ölçümleri densitometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış densitometre ile CMYK değerleri ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri Şekil 3.44'te gösterilmiştir. Zeminton yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında Şekil 3.44'te görüldüğü gibi Siyah renk değeri diğer renk değerlerinden standart da belirtildiği gibi yüksek olduğu, yine aynı şekilde sarı rengi ise düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 3.44. Test baskıları zeminton yoğunluğu

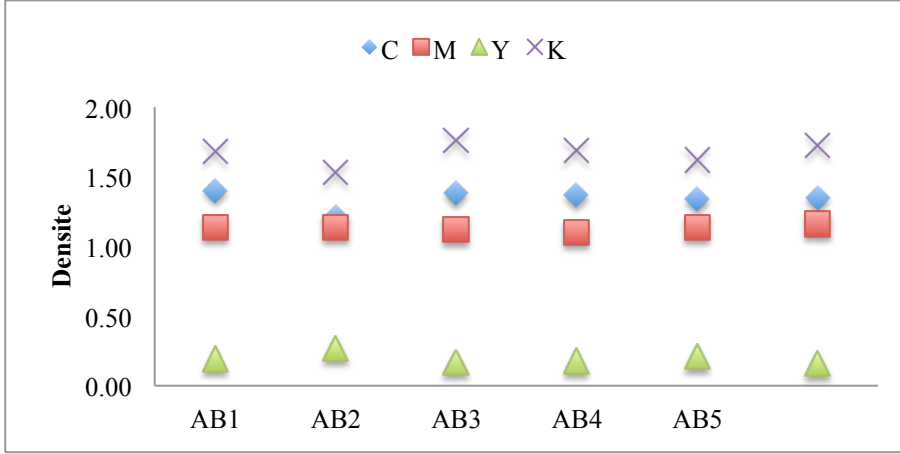
### 3.2.10 Işık Haslığı Sonrası Zeminton Yoğunluğu Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi adet amerikan bristol kağıt numunelerinin uygulanan test baskıları sonrası ışık haslığı zeminton yoğunluğu ölçüm değer sonuçları Tablo 3.14’te belirtilmiştir.

Tablo 3.14. Test baskısı ışık haslığı sonrası zemin ton yoğunluğu değerleri

Numune	C	M	Y	K
AB1	1,40	1,14	0,19	1,68
AB2	1,21	1,14	0,27	1,53
AB3	1,38	1,12	0,17	1,76
AB4	1,37	1,10	0,18	1,69
AB5	1,34	1,14	0,21	1,62
AB6	1,35	1,16	0,16	1,72
AB7	1,32	1,14	0,13	1,66

300 g/m<sup>2</sup> amerikan bristol kağıtlardan belirlenen yedi tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası ışık haslığı testi zeminton yoğunluğu ölçümleri densitometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış densitometre ile CMYK değerleri ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri Şekil 3.45’te gösterilmiştir. Zeminton değerleri karşılaştırıldığında Şekil 3.45’te görüldüğü gibi Siyah renk değeri diğer renk değerlerinden standart da belirtildiği gibi mürekkebin ışık haslık derecesine bağlı olarak yüksek olduğu, yine aynı şekilde sarı rengi ise ışık haslık derecesine bağlı düşük olduğu görülmektedir. Fakat ışık haslık testi öncesi zeminton yoğunluğu değerleri ile karşılaştırıldığında kağıt fiziksel özelliklerine bağlı olarak farklılık olduğu görülmektedir.



Şekil 3.45. Test baskıları ışık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu

### 3.2.11 Test Baskısı CMYK Lab Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi (7) amerikan bristol kağıt numunelerinin test baskıları sonrasında Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab ölçüm değer sonuçları Tablo 3.15'te belirtilmiştir.

Tablo 3.15. Test baskısı CMYK renkleri Lab değerleri

	C			M			Y			K		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
AB1	58,22	-37,26	-49,62	52,36	76,53	-2,97	93,34	-6,27	91,68	21,72	-0,52	0,48
AB2	61,79	-36,57	-48,39	53,38	77,33	-4,55	94,71	-5,62	96,56	24,48	-0,15	1,74
AB3	57,88	-38,26	-48,63	53,08	75,61	-4,49	93,61	-6,20	91,83	20,48	-0,32	1,30
AB4	58,38	-37,52	-49,09	51,35	75,84	-2,45	92,82	-5,50	91,23	22,05	-0,32	0,58
AB5	59,87	-38,01	-50,03	52,47	76,29	-4,37	93,47	-6,26	91,62	21,08	-0,73	0,83
AB6	58,19	-37,83	-49,29	52,08	77,16	-3,17	93,17	-5,99	90,12	19,86	-0,30	1,27
AB7	58,99	-38,94	-46,37	52,87	76,40	-1,90	93,26	-5,60	92,07	24,99	-0,79	1,51

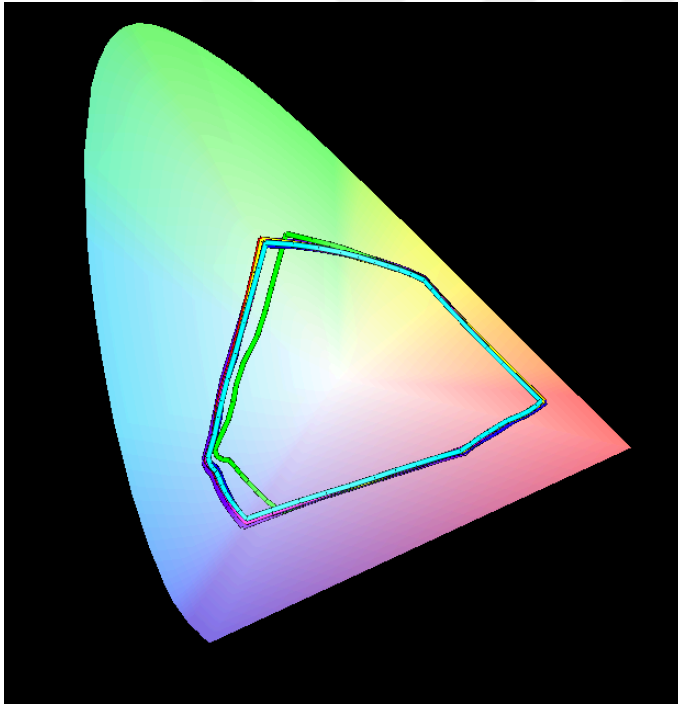
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $300 \text{ g/m}^2$  amerikan bristol kağıtlardan belirlenen yedi tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası Lab ölçümleri spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab ölçüm ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri ışık haslığı sonrasında oluşan farklı kağıtlar üzerindeki etkileri Tablo 3.16'da gösterilmiştir. Işık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrası Lab değerleri karşılaştırıldığında, tüm renklerin L değerlerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Lightness değerlerindeki değişim kağıtların fiziksel özelliklerine göre



farklı oranlarda azalma meydana getirmektedir. L değeri değerlerinde olduğu gibi a ve b değerlerinde de ışık haslığı sonrası değişim meydana gelmektedir. Buradaki farklılık kullanılan mürekkeplerin ışık haslık değerleri ve yine kağıdın fiziksel özelliklerinin etkisi olmaktadır.

**Tablo 3.16.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri Lab değerleri

	C			M			Y			K		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
AB1	57,46	-42,17	-42,42	55,26	69,08	0,40	97,12	-3,51	21,02	22,87	-0,95	3,83
AB2	59,41	-36,58	-42,78	54,82	67,75	-1,42	94,01	-3,02	23,08	24,03	-0,28	2,46
AB3	56,83	-37,39	-46,59	55,49	68,48	-2,14	94,88	-0,99	15,92	19,77	-0,23	1,99
AB4	56,66	-37,42	-46,89	55,02	68,30	-2,04	94,72	-1,43	17,44	18,56	-0,01	2,55
AB5	58,79	-37,65	-46,91	53,49	68,40	-4,33	94,71	-2,17	18,64	22,56	-0,44	1,93
AB6	59,17	-41,81	-43,11	56,23	71,31	-0,49	99,24	-2,99	21,38	19,66	0,43	4,71
AB7	58,22	-36,88	-46,65	54,42	69,90	-4,44	98,18	-1,88	16,08	21,20	-0,57	1,61



**Şekil 3.46.** Test baskıları numuneler renk evreni farkı

ECI 2002 skalası ile oluşturan test baskı skalası üzerinden yapılan ölçümler neticesinde AB1, AB2, AB3, AB4, AB5, AB6, AB7 kod numaralı amerikan bristol kağıtların renk evrenleri oluşturularak Şekil 3.46'da verilmiştir. Renk evrenleri arasında birbirleriyle karşılaştırıldığında farklılığın olduğu, baskı şartlarının tamamen aynı olmasına ve kağıt

gramajlarının da sabit olmasına rağmen fiziksel özelliklerindeki farklılığın meydana getirdiği görülmektedir.

**Tablo 3.17.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri

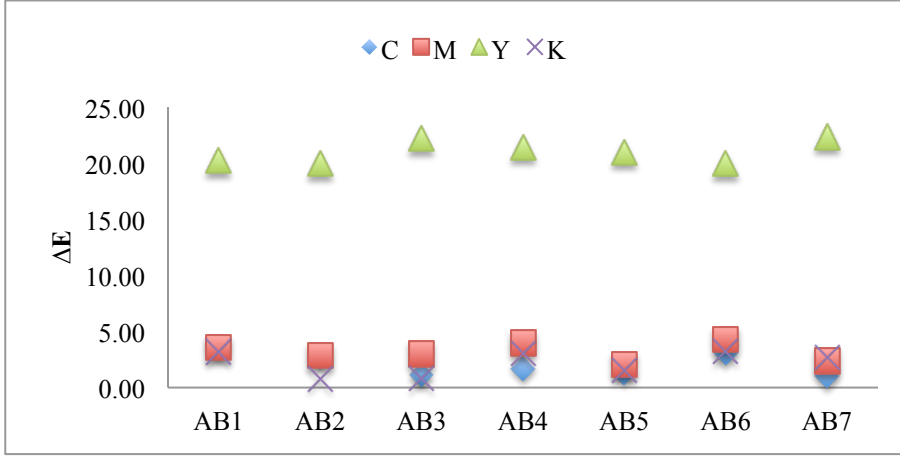
	C			M			Y			K		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
AB1	0,76	4,91	7,2	2,9	7,45	3,37	3,78	2,76	70,66	1,15	0,43	3,35
AB2	2,38	0,01	5,61	1,44	9,58	3,13	0,7	2,6	73,48	0,45	0,13	0,72
AB3	1,05	0,87	2,04	2,41	7,13	2,35	1,27	5,21	75,91	0,71	0,09	0,69
AB4	1,72	0,1	2,2	3,67	7,54	0,41	1,9	4,07	73,79	3,49	0,31	1,97
AB5	1,08	0,36	3,12	1,02	7,89	0,04	1,24	4,09	72,98	1,48	0,29	1,1
AB6	0,98	3,98	6,18	4,15	5,85	2,68	6,07	3	68,74	0,2	0,73	3,44
AB7	0,77	2,06	0,28	1,55	6,5	2,54	4,92	3,72	75,99	3,79	0,22	0,1

Cyan, Magenta, Yellow ve Black renklerinin ışık haslığı sonrası  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.17’de verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında CMYK renklerinin tamamında L değeri AB2 kodlu kağıt numunesinde daha fazla fark yarattığı görülmektedir.

**Tablo 3.18.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK  $\Delta E$  değerleri

Numune	$\Delta E$ C	$\Delta E$ M	$\Delta E$ Y	$\Delta E$ K
AB1	3,58	3,56	20,21	3,20
AB2	2,79	2,88	19,97	0,76
AB3	1,14	2,98	22,20	0,82
AB4	1,71	3,99	21,46	3,08
AB5	1,35	2,11	21,00	1,54
AB6	3,07	4,33	19,97	3,21
AB7	1,06	2,39	22,35	2,73

Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab değerleri Işık haslığı öncesi ve sonrası ölçülünerek Tablo 3.18’de gösterilmiştir. Cyan, Magenta, Yellow ve Black  $\Delta E$  değerleri karşılaştırıldığında Tablo 3.18’de görüldüğü baskı şartları aynı olan numunelerin ölçüm sonrası değerlerinde farklılık görülmektedir. Kağıdın yapısal özellikleri göz önüne alındığında aynı mürekkep fakat farklı numuneler üzerinde tüm baskı koşulları sabit olmasına rağmen AB1 kodlu amerikan bristol kağıt ışık haslığı öncesi ışık haslığı sonrası değişim  $\Delta E$  C değeri 3,58 olarak görülmekte iken, AB7 numunesinde  $\Delta E$  C değeri 1,06 olarak oluştuğu görülmektedir.



**Şekil 3.47.** Test baskıları ışık haslığı sonrası CMYK  $\Delta E$  değerleri

Ölçüm sonuçları  $\Delta E$  ışık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrasında karşılaştırıldığında AB6  $\Delta E$  M değeri 4,33 olarak görülmekte iken, AB5 numunesinde  $\Delta E$  M 2,11 dir. AB7  $\Delta E$  Y değeri 22,35 olarak görülmekte iken, AB2 ve AB6 numunesinde  $\Delta E$  Y 10,04 dir. AB6  $\Delta E$  K değeri 2,73 olarak görülmekte iken, AB2 numunesinde  $\Delta E$  K 0,76 dır.

### 3.2.12 Test Baskısı RGB Lab Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip yedi (7) amerikan bristol kağıt numunelerinin test baskıları sonrasında kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) Lab ölçüm değer sonuçları Tablo 3.19’te belirtilmiştir.

**Tablo 3.19.** Test baskısı RGB renkleri Lab değerleri

	R			G			B		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
AB1	53,34	71,07	43,07	53,95	-67,71	24,71	26,42	21,12	-48,55
AB2	52,51	70,61	44,88	57,73	-63,24	35,85	29,61	24,82	-44,88
AB3	52,24	69,95	44,58	53,50	-66,01	24,72	26,65	20,25	-47,23
AB4	51,24	69,03	41,30	52,37	-67,30	24,33	26,37	19,34	-46,53
AB5	52,47	70,47	42,21	54,81	-67,36	24,44	26,17	20,82	-47,76
AB6	51,03	71,10	43,54	52,83	-65,69	23,16	26,33	19,32	-46,55
AB7	52,04	70,92	44,09	54,32	-66,08	24,99	28,55	18,57	-44,46

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 300 g/m<sup>2</sup> amerikan bristol kağıtlardan belirlenen yedi tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası Lab ölçümleri spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Kırmızı, Yeşil ve Mavi (RGB) Lab ölçüm ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri

ışık haslığı sonrasında oluşan farklı kağıtlar üzerindeki etkileri Tablo 3.20’de gösterilmiştir. Işık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrası Lab değerleri karşılaştırıldığında, tüm renklerin L değerlerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Lightness değerlerindeki değişim kağıtların fiziksel özelliklerine göre farklı oranlarda azalma meydana getirmektedir. L değeri değerlerinde olduğu gibi a ve b değerlerinde de ışık haslığı sonrası değişim meydana gelmektedir. Buradaki farklılık kullanılan mürekkeplerin ışık haslık değerleri ve yine kağıdın fiziksel özelliklerinin etkisi olmaktadır. Kırmızı, yeşil ve mavi renklerinin de renk değerlerinin ölçülmesi cyan, magenta, yellow ve black renk karışımları ile oluşması ve değişimlerin kararlılığının izlenmesi içindir.

**Tablo 3.20.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri Lab değerleri

	R			G			B		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
AB1	53,60	68,21	13,51	57,50	-53,12	-22,48	27,88	13,64	-43,49
AB2	52,33	66,79	15,17	58,73	-50,87	-23,06	30,32	18,95	-41,66
AB3	52,98	68,10	10,18	55,38	-51,09	-23,94	26,89	15,98	-45,54
AB4	52,92	67,76	10,30	54,75	-51,60	-22,80	27,52	14,89	-45,80
AB5	52,48	68,40	9,05	56,50	-50,71	-26,91	27,43	16,35	-46,80
AB6	54,89	69,38	12,51	57,63	-55,07	-18,88	28,65	13,55	-44,13
AB7	55,08	69,13	9,47	59,35	-52,13	-23,98	30,84	15,66	-46,38

Işık haslığı öncesi Tablo 3.19’deki Lab değerleri ile ışık haslığı sonrası Tablo 3.20 Lab değerleri karşılaştırıldığında lightness, a ve b değerlerinde azalma meydana gelmektedir. Tüm baskıların sabit koşullar altında gerçekleştirildiği göz önünde bulundurularak kağıt numuneleri arasındaki değişim farkının kağıtların yapısal özelliklerindeki farklılıktan kaynaklandığı ve değerlerin özellikle ışık haslığı düşük olan yellow rengi ile bağlantı olan kırmızı ve yeşil renklerinde b değerlerinde ışık haslığı sonrası büyük farklılık meydana getirdiği görülmektedir. Işık haslığı öncesinde yeşil renkte 24,74 değerlerinde ölçümlenen b değeri, ışık haslığı sonrasında -20,50 değerlerinde görülmektedir. Aynı zamanda yeşil rengin ışık haslığı sonrası b değerindeki kağıt numuneleri arasında farka bakıldığında en yüksek b değeri AB6 numunesi -18,88 değerine sahip iken, en düşük değer AB5 numunesin de -10,01 olarak görülmektedir.

**Tablo 3.21.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri

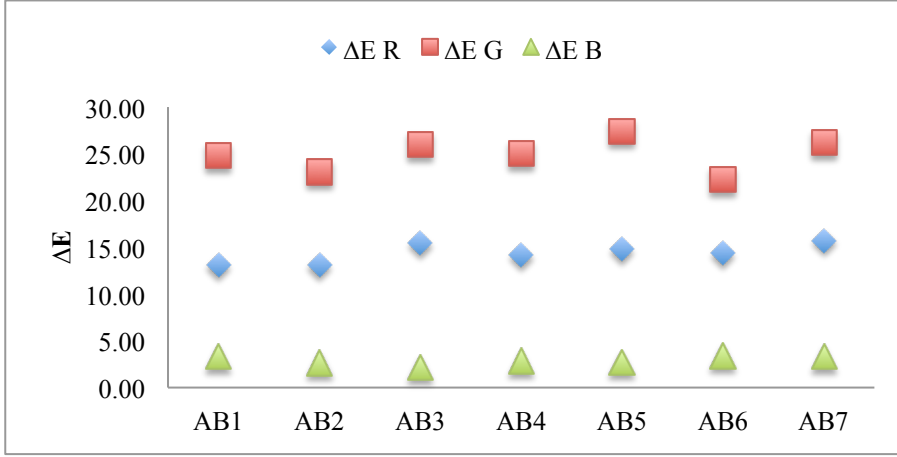
	R			G			B		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
AB1	0,26	2,86	29,56	3,55	14,59	47,19	1,46	7,48	5,06
AB2	0,18	3,82	29,71	1	12,37	22,79	0,71	5,87	3,22
AB3	0,74	1,85	34,4	1,88	15,9	48,66	0,24	4,27	1,69
AB4	1,68	1,27	31	2,38	15,7	47,13	1,15	4,45	0,73
AB5	0,01	2,07	33,16	1,69	16,65	51,35	1,26	4,47	0,96
AB6	3,86	1,72	31,03	4,8	10,62	42,04	2,32	5,77	2,42
AB7	3,04	1,79	34,62	5,03	13,95	48,97	2,29	2,91	1,92

Kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) renklerinin ışık haslığı sonrası  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.21’de verilmiştir. Kırmızı renk ışık haslığı öncesi, sonrası lightness fark değeri AB6 numunesinde 3,86 iken AB5 numunesinde 0,01’ dir. Yine aynı renk  $\Delta a$  3,82 değeri ile en yüksek fark AB2 numunesinde, 1,27 değeri ile AB4 en az fark sahip olduğu görülmektedir.  $\Delta b$  değerine bakıldığında 34,62 ile en yüksek fark AB2 numunesinde iken, 31,00 ile en düşük fark AB4 numunesindedir.

**Tablo 3.22.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri

Numune	$\Delta E$ R	$\Delta E$ G	$\Delta E$ B
AB1	13,12	24,85	3,34
AB2	13,11	23,04	2,67
AB3	15,48	26,02	2,18
AB4	14,19	25,01	2,83
AB5	14,85	27,42	2,74
AB6	14,37	22,22	3,41
AB7	15,73	26,19	3,36

Test baskısı ışık haslığı sonrası kırmızı, yeşil, mavi (RGB)  $\Delta E$  değerleri numuneler arasında karşılaştırıldığında kırmızı renk  $\Delta E$  15,73 değeri ile en yüksek fark AB7 numunesinde iken 13,11 değeri ile en düşük fark AB2 numunesindedir. Yeşil renk numuneler arasında en yüksek  $\Delta E$  değeri 26,19 ile AB7 numunesinde iken, en düşük fark 22,22 değerine sahip AB6 numaralı numunedir. Mavi renk, numuneler arasında en fazla  $\Delta E$  değeri 3,41 ile AB6 numunesinde iken, en düşük fark 2,18 değerine sahip AB3 numaralı numunedir. Şekil 3.48’de test baskıları ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri grafiğinde kağıtlar arasındaki yapısal farklılıklara bağlı olarak değişimler görülmektedir.

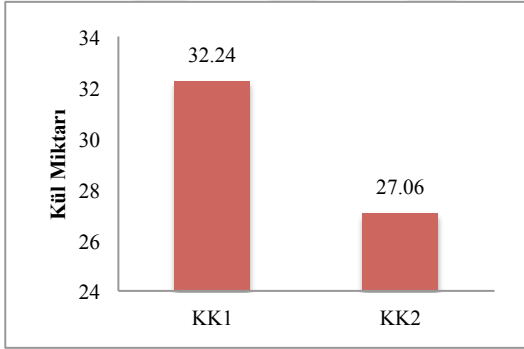


Şekil 3.48. Test baskıları ışık haslığı sonrası RGB ΔE değerleri

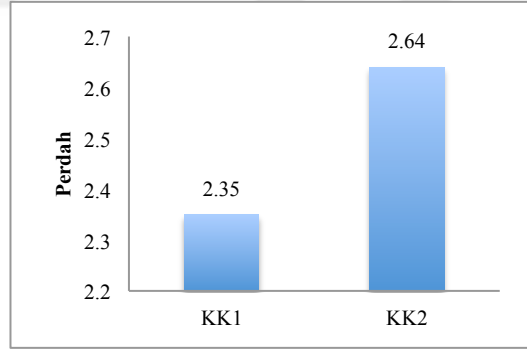
### 3.3 Kroma Kartonlara Uygulanan Testlerin Teknik Analizi

#### 3.3.1 Kül Miktarı – Perdah Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip iki (2) kroma kağıt numunesinin kül miktarı ve perdah miktarı ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.49 ve Şekil 3.50’de belirtilmiştir.

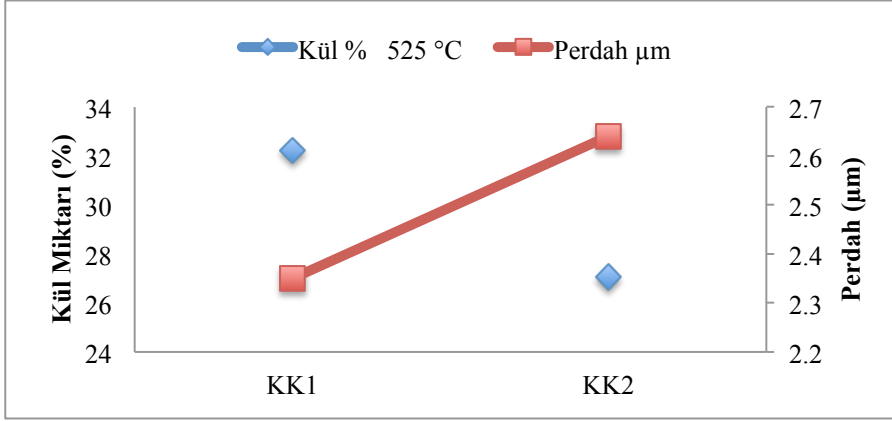


Şekil 3.49. Kroma karton kül miktarı



Şekil 3.50. Kroma karton perdah miktarı

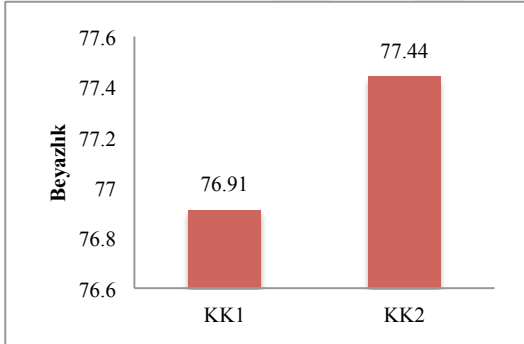
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 300 g/m<sup>2</sup> kroma kağıtlardan belirlenen iki tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kül miktarı ve perdah ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kül miktarı ve perdah arasında olan ilişki Şekil 3.51’de gösterilmiştir. Kül miktarı ve perdah karşılaştırıldığında şekilde deki gibi birbirleri arasında ters oranda bir bağlantı görülmektedir.



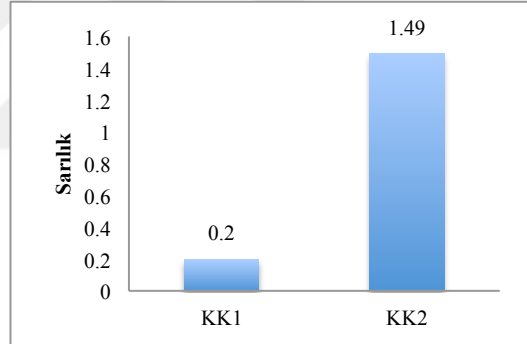
Şekil 3.51. Kroma karton perdah ve kül miktarı karşılaştırması

### 3.3.2 Beyazlık (Brightness) – Sarılık Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip iki (2) kroma kağıt numunesinin beyazlık ve sarılık ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.52 ve Şekil 3.53'te belirtilmiştir.

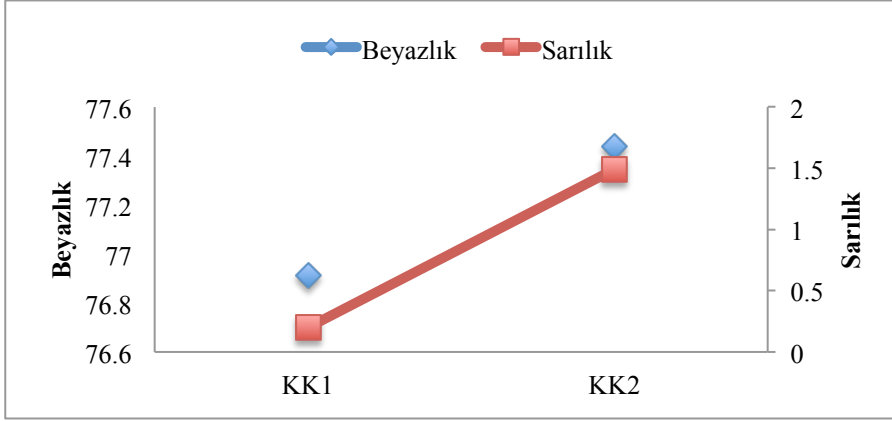


Şekil 3.52. Kroma karton beyazlık ölçümü



Şekil 3.53. Kroma karton sarılık ölçümü

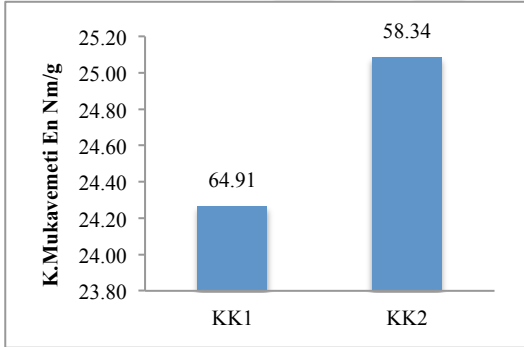
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 200 g/m<sup>2</sup> kroma kağıtlardan belirlenen iki tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra beyazlık (Brightness) ve sarılık (Yellowness) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda beyazlık ve sarılık ölçümleri arasında olan ilişki Şekil 3.54'te gösterilmiştir. Beyazlık ve sarılık ölçümleri farklı metotlar içerip, ölçüm sonuçları farklı aralık olsa da eğilimleri tespit edilmiştir. Şekil 3.54'te görüldüğü gibi beyazlık ve sarılık değerleri birbirleri ile aynı yönelim göstermektedir.



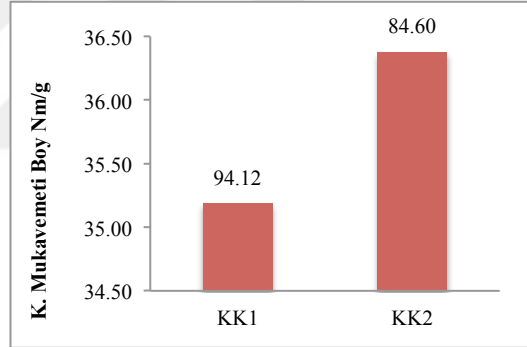
Şekil 3.54. Kroma karton beyazlık ve sarılık ölçüm karşılaştırması

### 3.3.3 Kopma Mukavemeti En - Boy Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip iki (2) kroma kağıt numunesinin kopma mukavemeti en ve boy ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.55 ve Şekil 3.56’da belirtilmiştir.



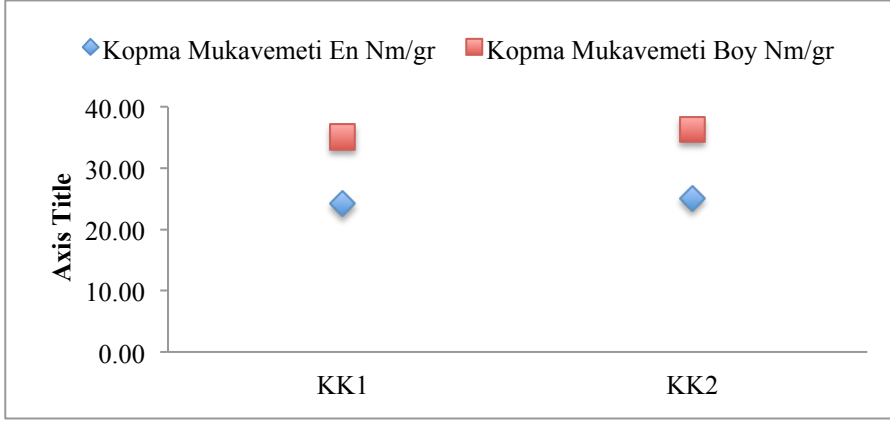
Şekil 3.55. Kopma mukavemeti en



Şekil 3.56. Kopma mukavemeti boy

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $200 \text{ g/m}^2$  kroma kağıtlardan belirlenen iki tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kopma mukavemeti en ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış kopma mukavemeti test cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kopma mukavemeti en ve boy arasında olan ilişki Şekil 3.57’de gösterilmiştir. kopma mukavemeti en ve boy ölçümü karşılaştırıldığında Şekil 3.57’de görüldüğü gibi birbirleri arasında değer olarak farklı olsa da aynı yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.

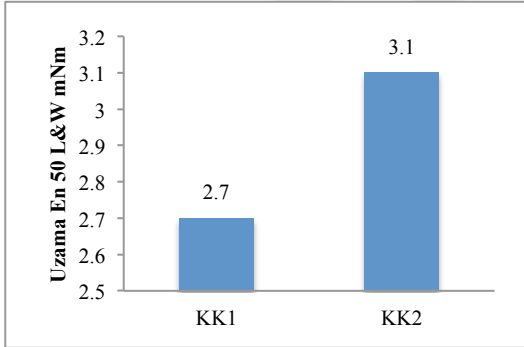




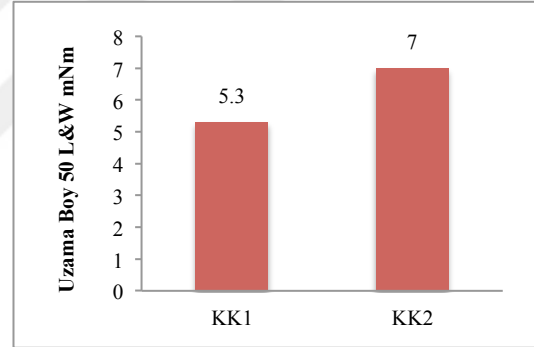
Şekil 3.57. Kroma karton kopma mukavemeti en - boy ölçüm karşılaştırması

### 3.3.4 Uzama (Stiffness) Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip iki (2) kroma kağıt numunesinin uzama oranları en ve boy olarak ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.58 ve Şekil 3.59'da belirtilmiştir.

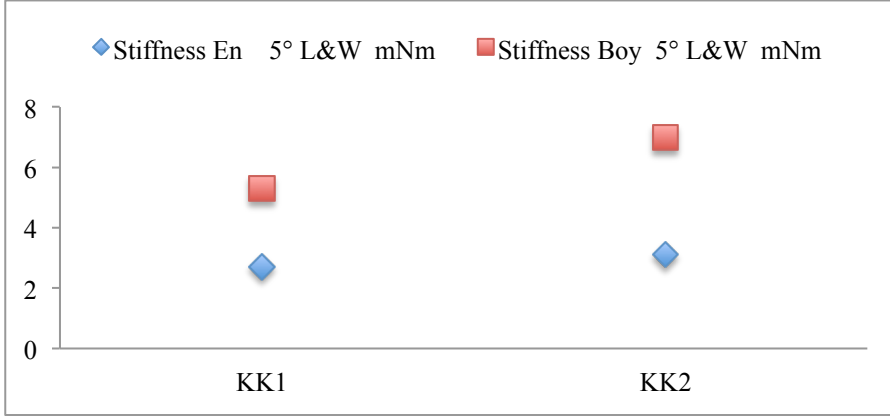


Şekil 3.58. Uzama ölçümü en



Şekil 3.59. Uzama ölçümü boy

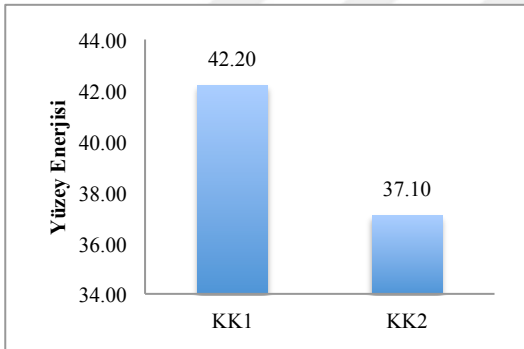
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $200 \text{ g/m}^2$  kroma kağıtlardan belirlenen iki tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kopma mukavemeti en ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış uzama (stiffness) test cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda uzama en ve boy arasında olan ilişki Şekil 3.60'ta gösterilmiştir. Uzama oranı en ve boy ölçümü karşılaştırıldığında Şekil 3.60'ta görüldüğü gibi birbirleri arasında değer olarak farklı olsa da bağımsız aynı yönde eğilim oluşturduğu görülmektedir.



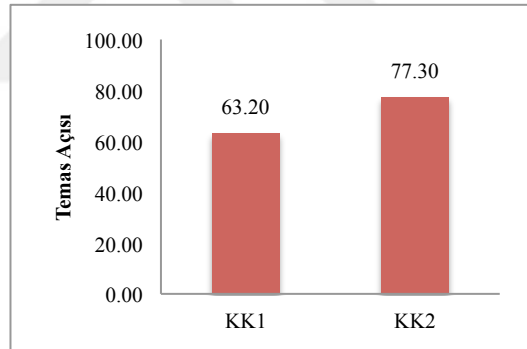
Şekil 3.60. Kroma karton uzama en - boy ölçüm karşılaştırması

### 3.3.5 Yüzey Enerjisi ve Temas Açısı Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip iki (2) kroma kağıt numunesinin yüzey temas açısı ve buna bağlı olarak hesaplanan yüzey enerji ölçümleri gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.61 ve Şekil 3.62’de belirtilmiştir.

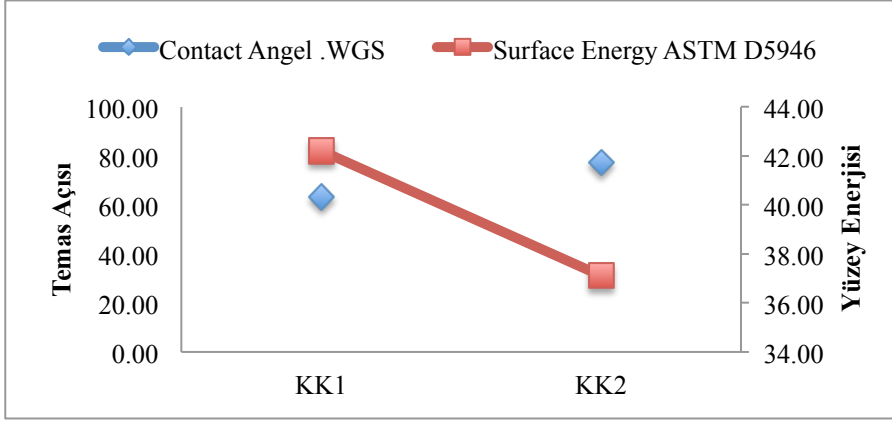


Şekil 3.61. Kroma karton yüzey enerjisi



Şekil 3.62. Kroma karton temas açısı

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 200 g/m<sup>2</sup> kroma kağıtlardan belirlenen iki tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış temas açısı test cihazı (PGX+) ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi arasında olan ilişki Şekil 3.63’te gösterilmiştir. yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında Şekil 3.63’te görüldüğü gibi birbirleri arasında temas açısı düşük değere sahip yüzeyin, yüzey enerji miktarı fazla olduğu, sonuç karşılaştırmalarından ters yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.



Şekil 3.63. Kroma karton yüzey enerjisi – temas açısı ölçüm karşılaştırması

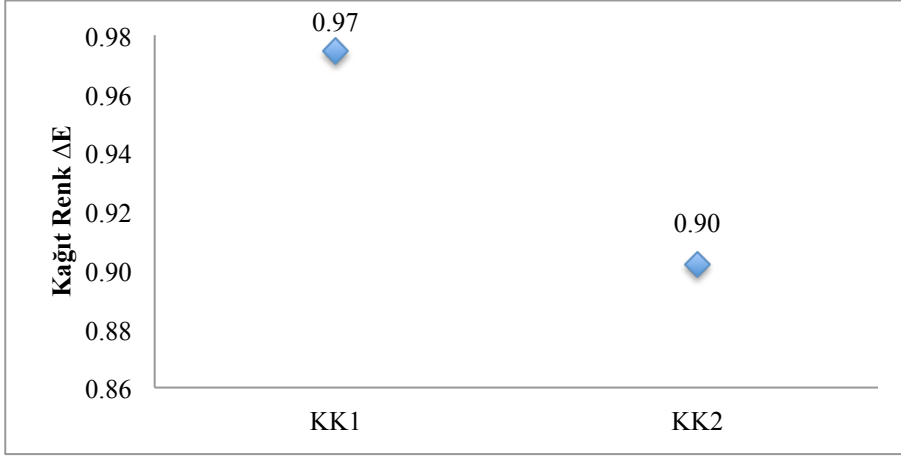
### 3.3.6 Kağıt L\*a\*b\* Değer Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip iki (2) kroma kağıt numunesinin Lab ölçüm değerleri ve ISO 12647-2 de belirtilen standarda olması gereken ölçüm sonuçları Tablo 3.23'te belirtilmiştir.

Tablo 3.23. Kroma karton numuneleri ile ISO standardı L\*a\*b\* Değerleri

Numune	L	a	b
ISO KK	92(95)	0	-3
KK1	91,68	0,03	-2,08
KK2	92,18	-0,72	-2,47

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 200 g/m<sup>2</sup> kroma kağıtlardan belirlenen iki tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra ölçümler ISO-12647-1:2004' de belirtilen ayrıca kalibrasyonu yapılan ve standartta belirtilen ksenon lamba ve CIE 45<sup>0</sup> – 0 geometriye sahip spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda test numunelerinin Lab değerleri ile ISO 12647-2 standardında belirtilen I.Hamur kağıt Lab değeri ile karşılaştırılarak ΔE sonuçları Şekil 3.64'te gösterilmiştir. ΔE sonuçları karşılaştırıldığında Şekil 3.64'te görüldüğü gibi test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen iki farklı fiziksel özelliğe sahip kroma kağıt numunelerinin ISO standardı yakın bir beyazlığa sahip olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 3.64.** Kroma karton ISO standardı ile  $\Delta E$  karşılaştırması

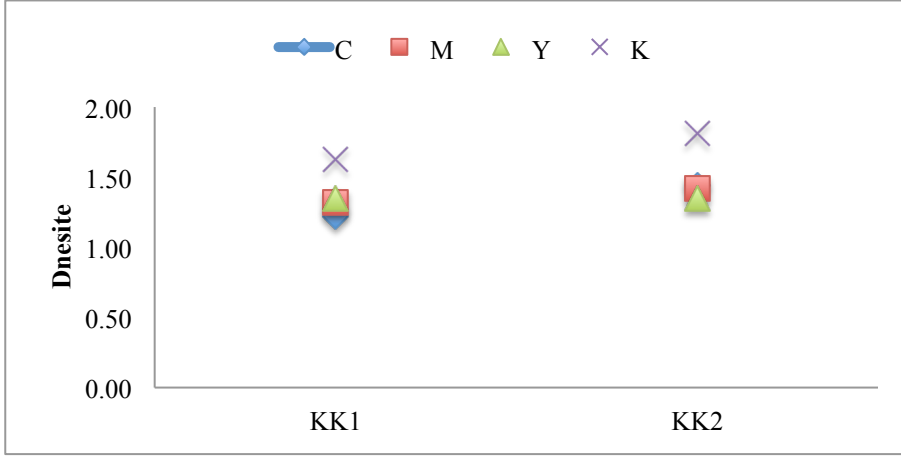
### 3.3.7 Zeminton Yoğunluğu Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip iki (2) kroma kağıt numunelerinin zeminton yoğunluğu ölçüm değerleri ve ISO standardında belirtilen olması gereken ölçüm sonuçları Tablo 3.24’de belirtilmiştir.

**Tablo 3.24.** Test baskısı zemin ton yoğunluğu değerleri

Numune	C	M	Y	K
KK1	1,22	1,32	1,35	1,63
KK2	1,44	1,42	1,35	1,81

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $200 \text{ g/m}^2$  kroma kağıtlardan belirlenen iki tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra yapılan test baskıları ölçümleri densitometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış densitometre ile CMYK değerleri ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri Şekil 3.65’te gösterilmiştir. Zeminton yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında Şekil 3.65’te görüldüğü gibi Siyah renk değeri diğer renk değerlerinden standart da belirtildiği gibi yüksek olduğu, yine aynı şekilde sarı rengi ise düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 3.65. Test baskıları zeminton yoğunluğu

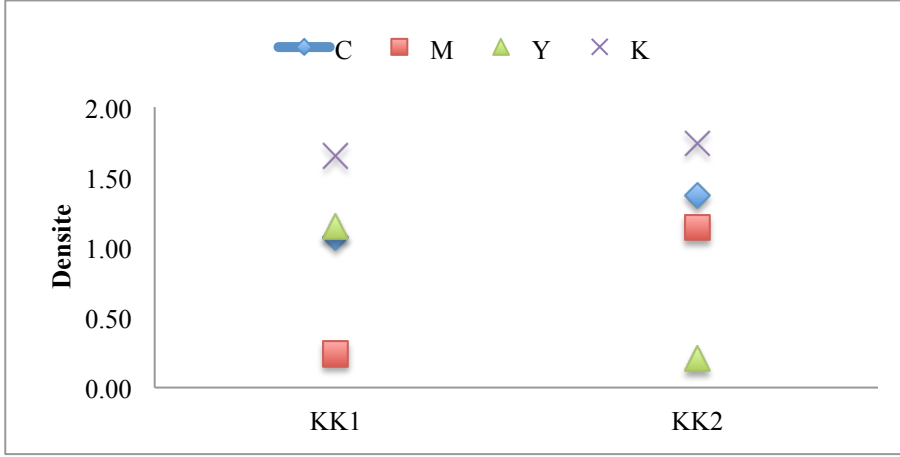
### 3.3.8 Işık Haslığı Sonrası Zeminton Yoğunluğu Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip iki (2) adet I.Hamur kağıt numunesinin uygulanan test baskıları sonrası ışık haslığı zeminton yoğunluğu ölçüm değer sonuçları Tablo 3.25'te belirtilmiştir.

**Tablo 3.25.** Test baskısı ışık haslığı sonrası zemin ton yoğunluğu değerleri

Numune	C	M	Y	K
KK1	1,07	0,24	1,15	1,65
KK2	1,37	1,14	0,21	1,74

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 200 g/m<sup>2</sup> kroma kağıtlardan belirlenen iki tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası ışık haslığı testi zeminton yoğunluğu ölçümleri densitometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış densitometre ile CMYK değerleri ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri Şekil 3.66'da gösterilmiştir. Zeminton yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında Şekil 3.66'da görüldüğü gibi Siyah renk değeri diğer renk değerlerinden standart da belirtildiği gibi mürekkebin ışık haslık derecesine bağlı olarak yüksek olduğu, yine aynı şekilde sarı rengi ise ışık haslık derecesine bağlı düşük olduğu görülmektedir. Fakat ışık haslık testi öncesi zeminton yoğunluğu değerleri ile karşılaştırıldığında kağıt fiziksel özelliklerine bağlı olarak farklılık olduğu görülmektedir.



Şekil 3.66. Test baskıları ışık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu

### 3.3.9 Test Baskısı CMYK Lab Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip iki (2) adet kroma kağıt numunesini test baskıları sonrasında Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab ölçüm değer sonuçları Tablo 3.26'da belirtilmiştir.

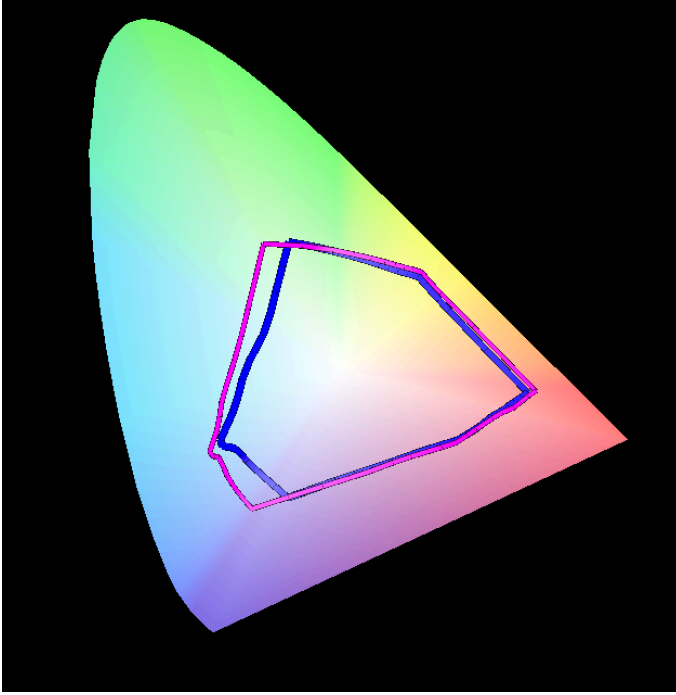
Tablo 3.26. Test baskısı CMYK renkleri Lab değerleri

	C			M			Y			K		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
KK1	62,23	-34,60	-47,39	53,58	74,08	-5,13	90,90	-6,33	89,84	26,49	-0,50	-0,53
KK2	58,75	-35,85	-51,02	51,67	75,29	-5,06	89,02	-7,07	86,71	21,67	-0,38	-0,11

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $200 \text{ g/m}^2$  kroma kağıtlardan belirlenen iki tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası Lab ölçümleri spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab ölçüm ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri ışık haslığı sonrasında oluşan farklı kağıtlar üzerindeki etkileri Tablo 3.27'de gösterilmiştir. Işık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrası Lab değerleri karşılaştırıldığında, iki numunenin L değerlerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Lightness değerlerindeki değişim kağıtların fiziksel özelliklerine göre farklı oranlarda azalma meydana getirmektedir. L değeri değerlerinde olduğu gibi a ve b değerlerinde de ışık haslığı sonrası azalma meydana gelmektedir. Buradaki farklılık kullanılan mürekkeplerin ışık haslık değerleri ve yine kağıdın fiziksel özelliklerinin etkisi olmaktadır.

**Tablo 3.27.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri Lab değerleri

	C			M			Y			K		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
KK1	61,84	-34,68	-42,78	56,66	63,96	-5,49	91,94	-3,22	16,01	22,37	-0,61	1,73
KK2	56,19	-35,99	-46,28	52,36	65,91	-4,89	91,87	-3,57	15,18	18,78	-0,36	2,01



**Şekil 3.67.** Test baskıları numuneler renk evreni farkı

KK1, KK2 kod numaralı kroma kağıtların renk evrenleri oluşturularak Şekil 3.67’de verilmiştir. Birbirlerine yakın olsa da farklılığın olduğu renk evrenleri arasında baskı şartlarının tamamen aynı olmasına ve kağıt gramajlarının da sabit olmasına rağmen fiziksel özelliklerindeki farklılığın meydana getirdiği görülmektedir.

**Tablo 3.28.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri

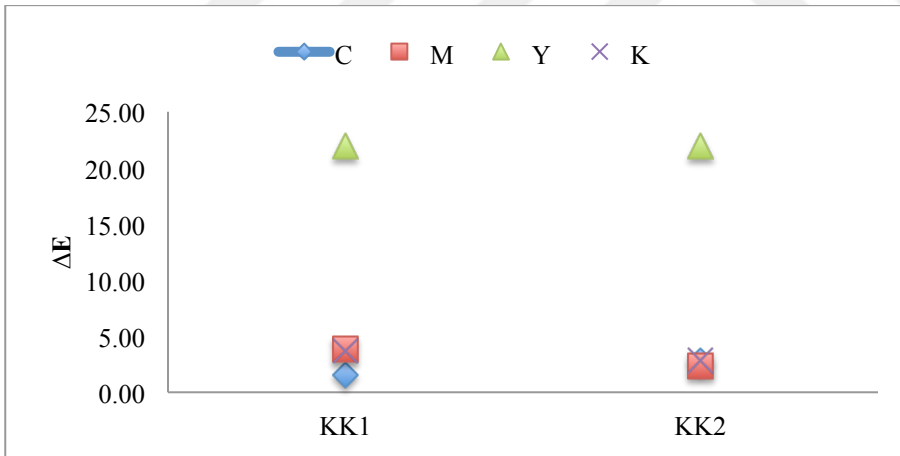
	C			M			Y			K		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
KK1	0,39	0,08	4,61	3,08	10,12	0,36	1,04	3,11	73,83	4,12	0,11	2,26
KK2	2,56	0,14	4,74	0,69	9,38	0,17	2,85	3,5	71,53	2,89	0,02	2,12

Cyan, Magenta, Yellow ve Black renklerinin ışık haslığı sonrası  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.28’de verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında L değeri KK2 kodlu kağıt numunesinde daha fazla fark yarattığı görülmektedir.

**Tablo 3.29.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK  $\Delta E$  değerleri

Numune	$\Delta E$ C	$\Delta E$ M	$\Delta E$ Y	$\Delta E$ K
KK1	1,58	3,83	21,96	3,71
KK2	2,78	2,35	21,95	2,85

Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab değerleri Işık haslığı öncesi ve sonrası ölçümlenerek Tablo 3.29’da gösterilmiştir. Cyan, Magenta, Yellow ve Black  $\Delta E$  değerleri karşılaştırıldığında Tablo 3.29’da görüldüğu baskı şartları aynı olan numunelerin ölçüm sonrası değerlerinde farklılık görülmektedir. Özellikle yellow renginde oluşan  $\Delta E$  farkının yüksek olması kullanılan mürekkebin ışık haslık değerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat kağıdın yapısal özellikleri göz önüne alındığında aynı mürekkep fakat farklı numuneler üzerinde tüm baskı koşulları sabit olmasına rağmen KK1 kodlu kroma kağıt ışık haslığı öncesi ışık haslığı sonrası  $\Delta E$  C değerleri 1,55 olarak görülmekte iken, KK2 numunesinde  $\Delta E$  C değerleri 2,78 olarak oluştuğu görülmektedir.



**şekil 3.68.** Test baskıları ışık haslığı sonrası CMYK  $\Delta E$  değerleri

Ölçüm sonuçları  $\Delta E$  ışık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrasında karşılaştırıldığında KK1  $\Delta E$  M değerleri 3,83 olarak görülmekte iken, KK2 numunesinde  $\Delta E$  M 2,35 dir. KK1  $\Delta E$  Y değerleri 21,96 olarak görülmekte iken, KK2 numunesinde  $\Delta E$  Y 21,95 dir. KK1  $\Delta E$  K değerleri 3,71 olarak görülmekte iken, KK2 numunesinde  $\Delta E$  M 2,85 dir.



### 3.3.10 Test Baskısı RGB Lab Ölçüm Analizi

Çalışmada belirlenen iki farklı kroma kağıt numunelerinin zemin ton yoğunluğu ölçüm değer sonuçları Tablo 3.30’da belirtilmiştir.

**Tablo 3.30.** Test baskısı RGB renkleri Lab değerleri

	R			G			B		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
KK1	53,18	68,45	43,30	59,04	-59,10	36,03	30,32	26,19	-41,25
KK2	51,58	68,04	41,91	53,85	-67,27	22,36	27,51	21,57	-47,18

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 200 g/m<sup>2</sup> kroma kağıtlardan belirlenen iki tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası Lab ölçümleri spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Kırmızı, Yeşil ve Mavi (RGB) Lab ölçüm ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri ışık haslığı sonrasında oluşan farklı kağıtlar üzerindeki etkileri Tablo 3.31’de gösterilmiştir. Işık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrası Lab değerleri karşılaştırıldığında, tüm renklerin L değerlerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Lightness değerlerindeki değişim kağıtların fiziksel özelliklerine göre farklı oranlarda azalma meydana getirmektedir. L değeri değerlerinde olduğu gibi a ve b değerlerinde de ışık haslığı sonrası değişim meydana gelmektedir. Buradaki farklılık kullanılan mürekkeplerin ışık haslık değerleri ve yine kağıdın fiziksel özelliklerinin etkisi olmaktadır. Kırmızı, yeşil ve mavi renklerin ölçülmesi neden karışımları ile oluşması ve değişimlerin kararlılığının izlenmesi içindir.

**Tablo 3.31.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri Lab değerleri

	R			G			B		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
KK1	51,12	62,01	8,72	58,93	-47,21	-14,03	29,86	20,60	-40,63
KK2	51,12	62,82	7,62	54,37	-47,33	-26,27	27,37	15,14	-44,64

Işık haslığı öncesi Tablo 3.30’daki Lab değerleri ile ışık haslığı sonrası Tablo 3.31 Lab değerleri karşılaştırıldığında lightness, a ve b değerlerinde azalma meydana gelmektedir. Tüm baskıların sabit koşullar altında gerçekleştirildiği göz önünde bulundurularak kağıt numuneleri arasındaki değişim farkının kağıtların yapısal özelliklerindeki farklılıktan kaynaklandığı ve değerlerin özellikle ışık haslığı düşük olan

yellow rengi ile bağlantı olan kırmızı ve yeşil renklerinde b değerlerinde ışık haslığı sonrası büyük farklılık meydana getirdiği görülmektedir. Işık haslığı öncesinde yeşil renkte 36,03 değerlerinde ölçümlenen b değeri, ışık haslığı sonrasında -14,03 değerlerinde görülmektedir. Aynı zamanda yeşil rengin ışık haslığı sonrası b değerindeki kağıt numuneleri arasında farka bakıldığında KK1 numunesi 50,06 değerine sahip iken, KK2 numunesinde 48,63 olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.32.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri

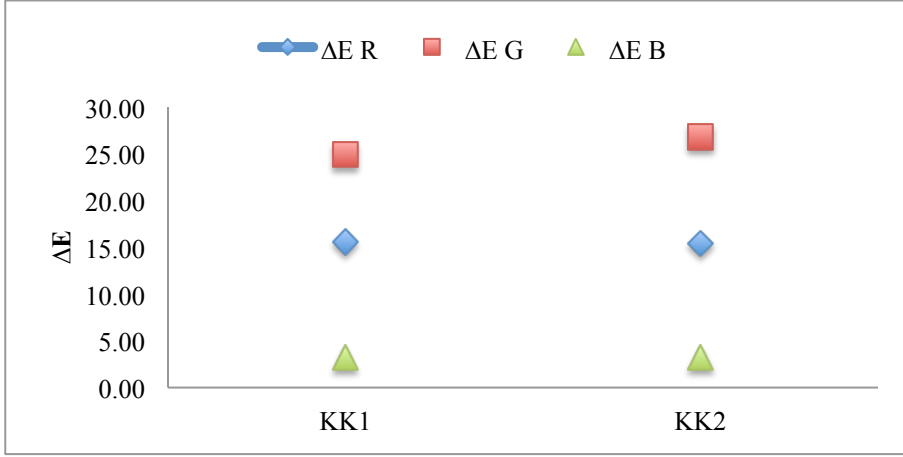
	R			G			B		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
KK1	2,06	6,44	34,58	0,11	11,89	50,06	0,46	5,59	0,62
KK2	0,46	5,22	34,29	0,52	19,94	48,63	0,14	6,43	2,54

Kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) renklerinin ışık haslığı sonrası  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.32’de verilmiştir. Kırmızı renk ışık haslığı öncesi, sonrası lightness fark değeri KK1 numunesinde 2,06 iken KK2 numunesinde 0,46’ dır. Yine aynı renk  $\Delta a$  6,44 değeri ile en yüksek fark KK1 numunesinde, 5,22 değeri ile KK2 az fark sahip olduğu görülmektedir.  $\Delta b$  değerine bakıldığında 34,58 ile yüksek fark KK1 numunesinde iken, 34,29 ile düşük fark KK2 numunesindedir.

**Tablo 3.33.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri

Numune	$\Delta E R$	$\Delta E G$	$\Delta E B$
KK1	15,56	24,92	3,23
KK2	15,44	26,79	3,27

Test baskısı ışık haslığı sonrası kırmızı, yeşil, mavi (RGB)  $\Delta E$  değerleri numuneler arasında karşılaştırıldığında kırmızı renk  $\Delta E$  15,56 değeri ile en yüksek fark KK1 numunesinde iken 15,44 değeri ile düşük fark KK2 numunesindedir. Yeşil renk numuneler arasında en fazla  $\Delta E$  değeri 24,92 ile KK2 numunesinde iken, düşük fark 26,92 değerine sahip KK1 numaralı numunedir. Mavi renk numuneler arasında fazla  $\Delta E$  değeri 3,27 ile KK2 numunesinde iken, düşük fark 3,23 değerine sahip KK1 numaralı numunedir. Şekil 3.69’da test baskıları ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri grafiğinde kağıtlar arasındaki yapısal farklılara bağlı olarak değişimler görülmektedir.

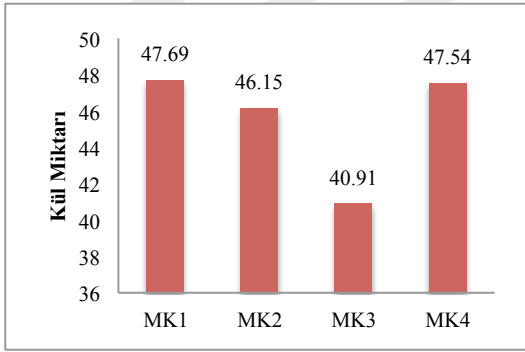


Şekil 3.69. Test baskıları ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri

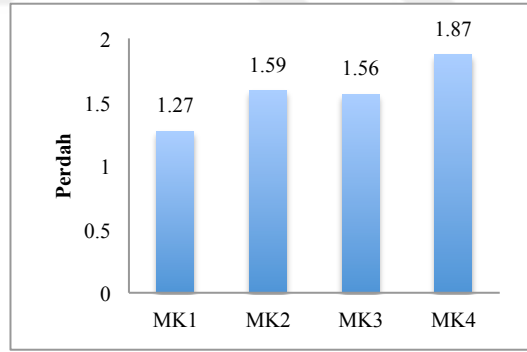
### 3.4 Mat Kuşe Kağıtlara Uygulanan Testlerin Teknik Analizi

#### 3.4.1 Kül Miktarı – Perdah Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip dört (4) adet mat kuşe kağıt numunesinin kül miktarı ve perdah miktarı ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.70 ve Şekil 3.71’de belirtilmiştir.

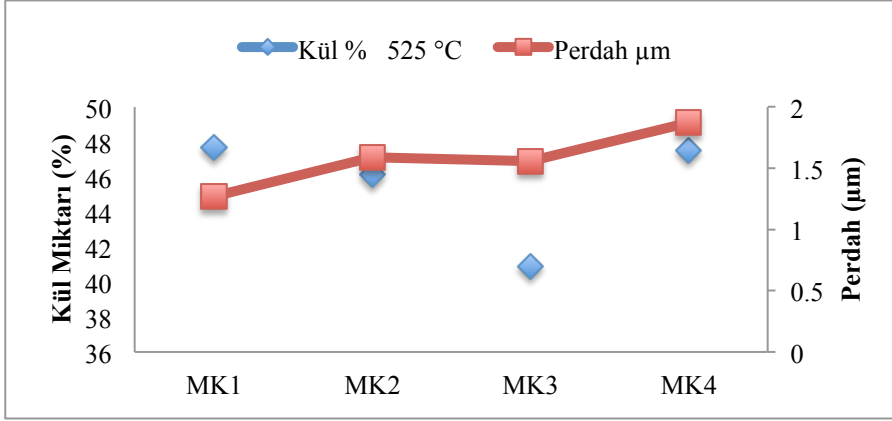


Şekil 3.70. Mat kuşe kağıt kül miktarı



Şekil 3.71. Mat kuşe kağıt perdah miktarı

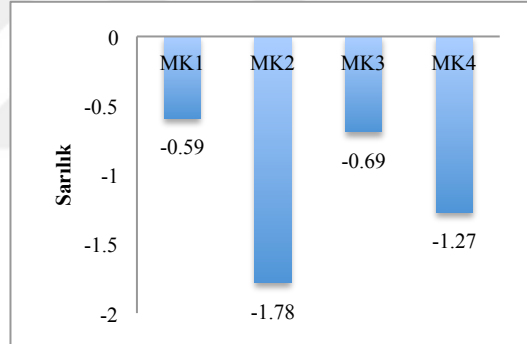
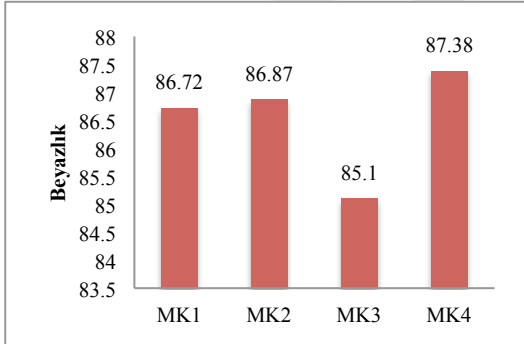
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $250 \text{ g/m}^2$  mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kül miktarı ve perdah ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kül miktarı ve perdah arasında olan ilişki Şekil 3.72’de gösterilmiştir. Kül miktarı ve perdah karşılaştırıldığında şekilde de görüldüğü gibi birbirleri arasında bağımsız bir eğilim izlemektedirler.



Şekil 3.72. Mat kuşe kağıt perdah ve kül miktarı karşılaştırması

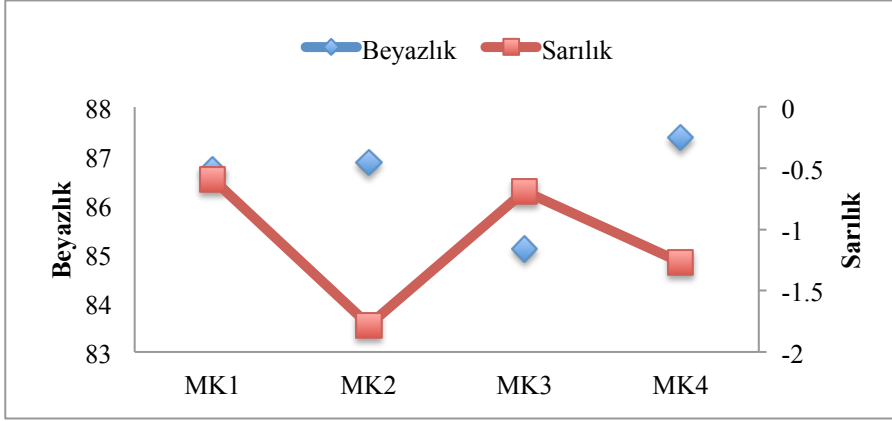
### 3.4.2 Beyazlık (Brightness) – Sarılık Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip dört adet mat kuşe kağıt numunesinin beyazlık ve sarılık ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.73 ve Şekil 3.74'te belirtilmiştir.



Şekil 3.73. Mat kuşe kağıt beyazlık ölçümü Şekil 3.74. Mat kuşe kağıt sarılık ölçümü

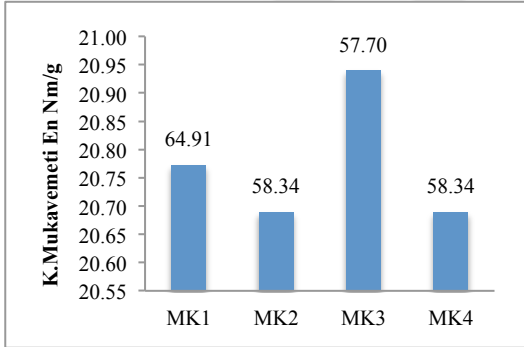
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra beyazlık (Brightness) ve sarılık (Yellowness) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda beyazlık ve sarılık ölçümleri arasında olan ilişki Şekil 3.75'te gösterilmiştir. Beyazlık ve sarılık ölçümleri farklı metotlar içerip, ölçüm sonuçları farklı aralık olsa da eğilimleri tespit edilmiştir. Şekil 3.75'te görüldüğü gibi beyazlık ve sarılık değerleri birbirlerinin tersi oranda yönelim göstermektedir.



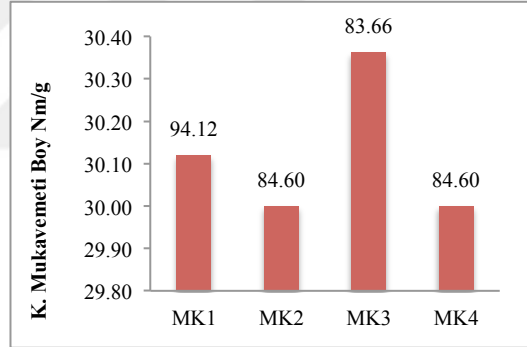
Şekil 3.75. Mat kuşe kağıt beyazlık ve sarılık ölçüm karşılaştırması

### 3.4.3 Kopma Mukavemeti En - Boy Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip dört (4) adet mat kuşe kağıt numunesinin kopma mukavemeti en ve boy ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.76 ve Şekil 3.77’de belirtilmiştir.

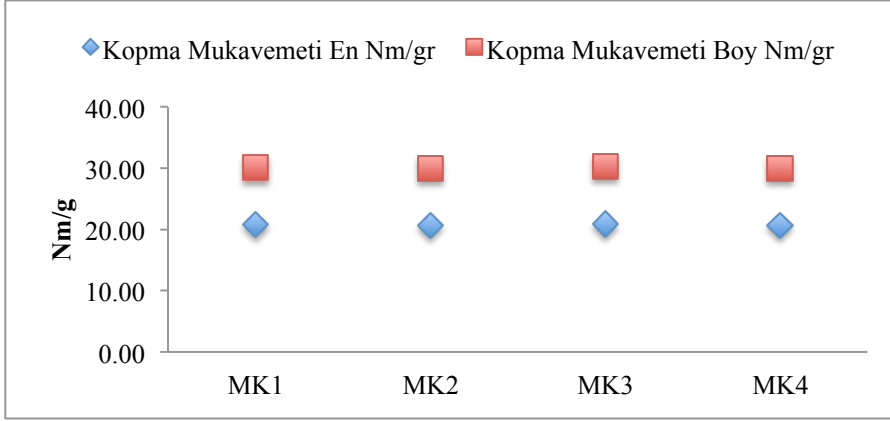


Şekil 3.76. Kopma mukavemeti en



Şekil 3.77. Kopma mukavemeti boy

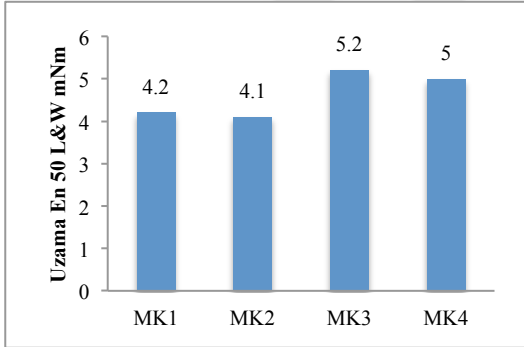
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $250 \text{ g/m}^2$  mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kopma mukavemeti en ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış kopma mukavemeti test cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kopma mukavemeti en ve boy arasında olan ilişki Şekil 3.78’de gösterilmiştir. kopma mukavemeti en ve boy ölçümü karşılaştırıldığında Şekil 3.78’de görüldüğü gibi birbirleri arasında değer olarak farklı olsa da aynı yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.



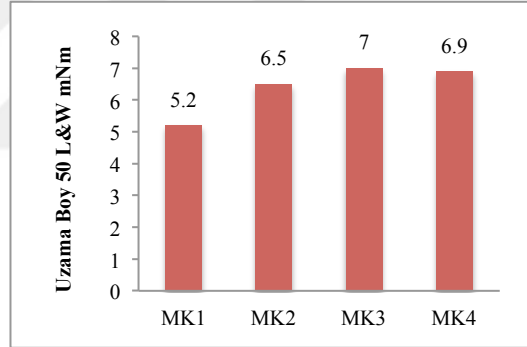
Şekil 3.78. Mat kuşe kağıt kopma mukavemeti en - boy ölçüm karşılaştırması

### 3.4.4 Uzama (Stiffness) Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip dört (4) adet mat kuşe kağıt numunesini uzama oranları en ve boy olarak ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.79 ve Şekil 3.80’de belirtilmiştir.

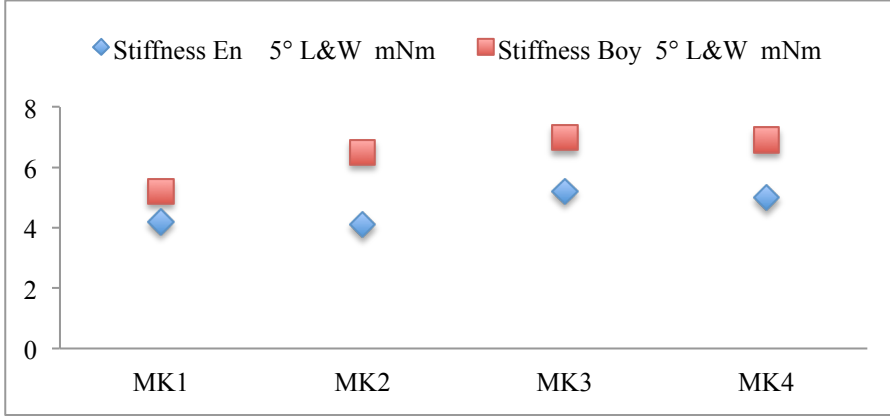


Şekil 3.79. Uzama ölçümü en



Şekil 3.80. Uzama ölçümü boy

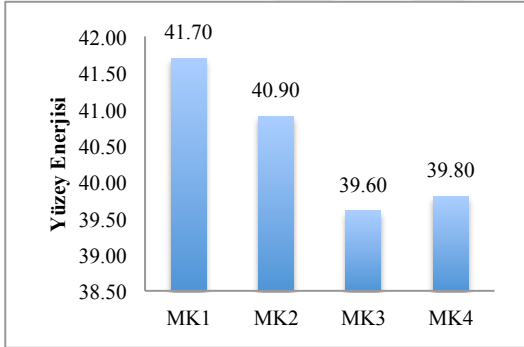
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $250 \text{ g/m}^2$  mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kopma mukavemeti en ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış uzama (stiffness) test cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda uzama en ve boy arasında olan ilişki Şekil 3.81’de gösterilmiştir. Uzama oranı en ve boy ölçümü karşılaştırıldığında Şekil 3.81’de görüldüğü gibi birbirleri arasında değer olarak farklı olsa da bağımsız bir eğilim oluşturduğu görülmektedir.



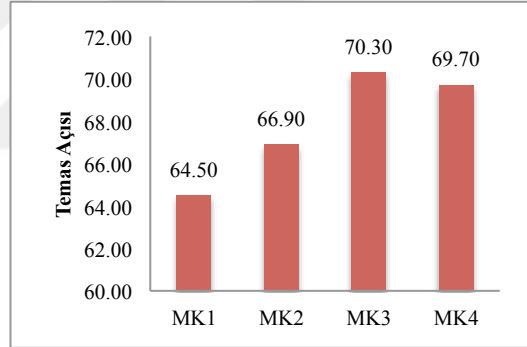
Şekil 3.81. Mat kuşe kağıt uzama en - boy ölçüm karşılaştırması

### 3.4.5 Yüzey Enerjisi ve Temas Açısı Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip mat kuşe kağıt numunelerinin yüzey temas açısı ve buna bağlı olarak hesaplanan yüzey enerji ölçümleri gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.82 ve Şekil 3.83’de belirtilmiştir.

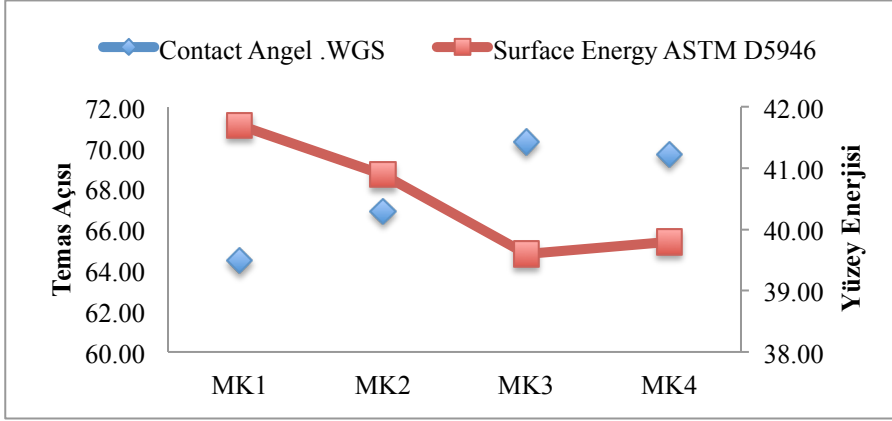


Şekil 3.82. Mat kuşe kağıt yüzey enerjisi



Şekil 3.83. Mat kuşe kağıt temas açısı

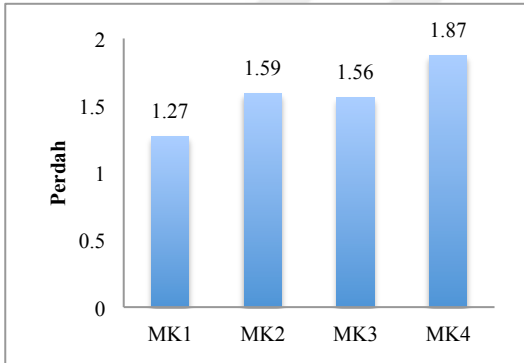
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $250 \text{ g/m}^2$  mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış temas açısı test cihazı (PGX+) ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi arasında olan ilişki Şekil 3.84’te gösterilmiştir. yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında Şekil 3.84’te görüldüğü gibi birbirleri arasında temas açısı düşük değere sahip yüzeyin, yüzey enerji miktarı fazla olduğu, sonuç karşılaştırmalarından ters yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.



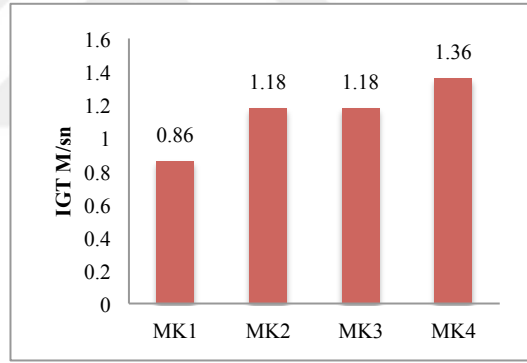
Şekil 3.84. Mat kuşe kağıt yüzey enerjisi – temas açısı ölçüm karşılaştırması

### 3.4.6 Perdah – IGT Mürekkep transfer ölçüm analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip dört (4) adet mat kuşe kağıt numunelerinin perdah ve IGT mürekkep transfer miktarı ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.85 ve Şekil 3.86’da belirtilmiştir.



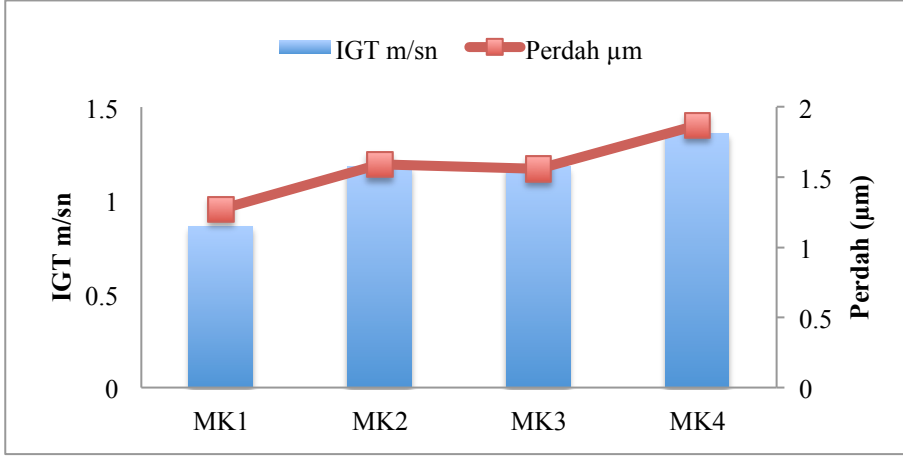
Şekil 3.85. Mat kuşe kağıt perdah miktarı



Şekil 3.86. IGT Mürekkep transfer miktarı

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra perdah ve IGT mürekkep transfer ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda perdah ve IGT mürekkep transfer arasında olan ilişki Şekil 3.87’de gösterilmiştir. perdah ve IGT mürekkep transfer karşılaştırıldığında şekilde de görüldüğü gibi birbirleri arasında aynı yönde bir eğilim izlemektedirler.

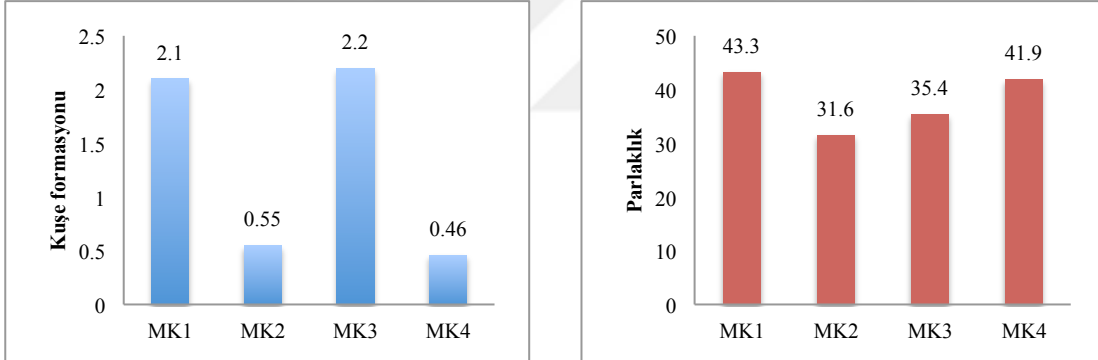




Şekil 3.87. Mat kuşe kağıt perdah ve IGT Mürekkep transfer miktarı karşılaştırması

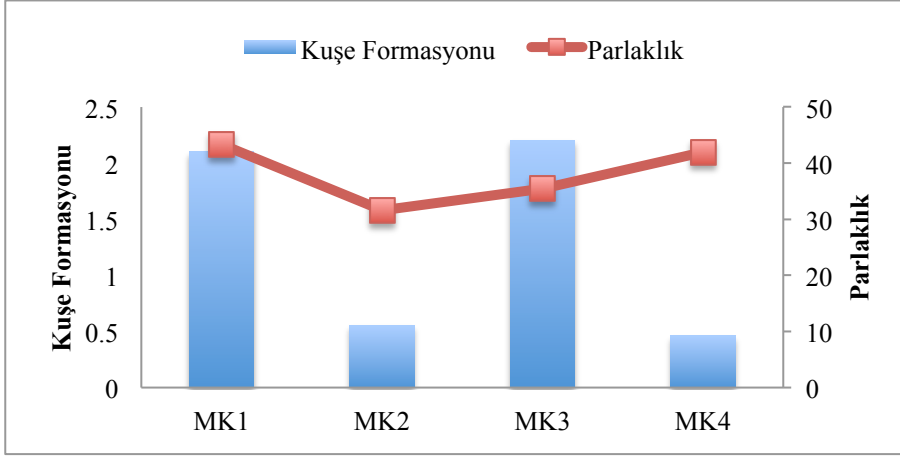
### 3.4.7 Kuşe Formasyonu – Parlaklık Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip dört (4) adet mat kuşe kağıt numunesinin kuşe formasyonu ve parlaklık ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.88 ve Şekil 3.89'da belirtilmiştir.



Şekil 3.88. Mat kuşe kağıt kuşe formasyonu Şekil 3.89. Mat kuşe kağıt parlaklık

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $250 \text{ g/m}^2$  mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kuşe formasyonu ve parlaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kuşe formasyonu ve parlaklık arasında olan ilişki Şekil 3.90'da gösterilmiştir. Kül miktarı ve perdah karşılaştırıldığında şekilde de görüldüğü gibi birbirleri bağımsız bir eğilim izlemektedirler.



Şekil 3.90. Mat kuşe kağıt kuşe formasyonu ve parlaklık karşılaştırması

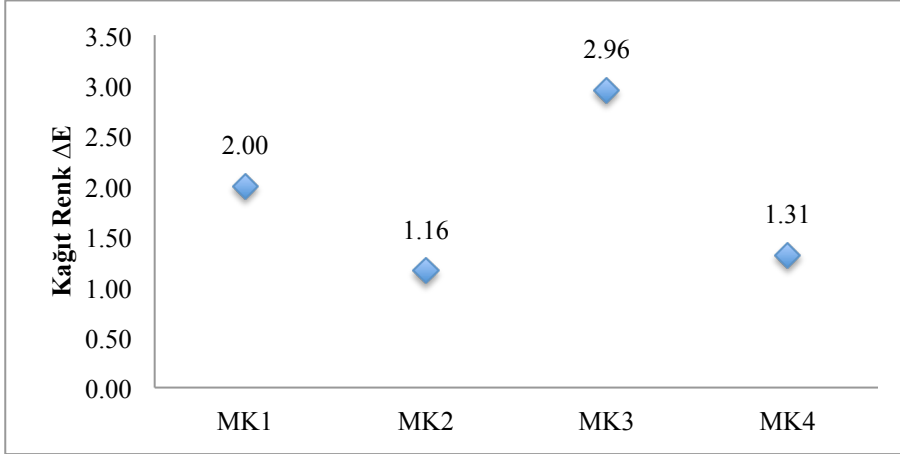
### 3.4.8 Kağıt L\*a\*b\* Değer Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip dört (4) adet mat kuşe kağıt numunelerinin Lab ölçüm değerleri ve ISO 12647-2 de belirtilen standarda olması gereken ölçüm sonuçları Tablo 3.34'te belirtilmiştir.

Tablo 3.34. Mat kuşe kağıt numuneleri ile ISO standardı L\*a\*b\* Değerleri

Numune	L	a	b
ISO MK	94	0	-2
MK1	94,16	-0,55	-0,09
MK2	93,9	-0,26	-0,84
MK3	93,97	-0,96	0,7
MK4	94,24	-0,11	-0,63

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra ölçümler ISO-12647-1:2004' de belirtilen ayrıca kalibrasyonu yapılan ve standartta belirtilen ksenon lamba ve CIE 45<sup>0</sup> – 0 geometriye sahip spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda test numunelerinin Lab değerleri ile ISO 12647-2 standardında belirtilen mat kuşe kağıt Lab değeri ile karşılaştırılarak ΔE sonuçları Şekil 3.91'de gösterilmiştir. ΔE sonuçları karşılaştırıldığında Şekil 3.94'te görüldüğü gibi test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen dört farklı fiziksel özelliğe sahip mat kuşe kağıt numunelerinin ISO standardı yakın bir beyazlığa sahip olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 3.91.** Mat kuşe kağıt ISO standardı ile  $\Delta E$  karşılaştırması

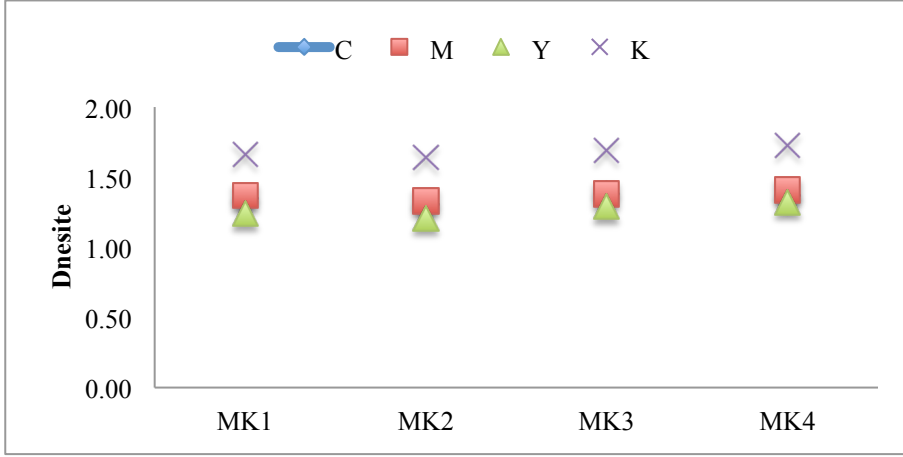
### 3.4.9 Zeminton Yoğunluğu Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip dört (4) adet mat kuşe kağıt numunesinin zeminton yoğunluğu ölçüm değerleri ve ISO standardında belirtilen olması gereken ölçüm sonuçları Tablo 3.35'te belirtilmiştir.

**Tablo 3.35.** Test baskısı zemin ton yoğunluğu değerleri

Numune	C	M	Y	K
MK1	1,35	1,37	1,24	1,66
MK2	1,31	1,33	1,21	1,64
MK3	1,38	1,38	1,29	1,69
MK4	1,37	1,41	1,32	1,73

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $250 \text{ g/m}^2$  mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra yapılan test baskıları ölçümleri densitometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış densitometre ile CMYK değerleri ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri Şekil 3.95'te gösterilmiştir. Zeminton yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında Şekil 3.92'de görüldüğü gibi Siyah renk değeri diğer renk değerlerinden standart da belirtildiği gibi yüksek olduğu, yine aynı şekilde sarı rengi ise düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 3.92. Test baskıları zeminton yoğunluğu

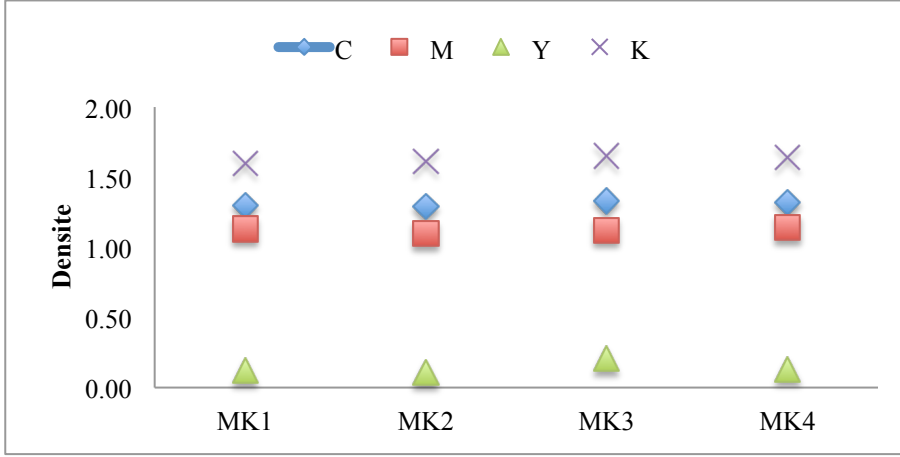
### 3.4.10 Işık Haslığı Sonrası Zeminton Yoğunluğu Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip dört (4) adet mat kuşe kağıt numunelerinin uygulanan test baskıları sonrası ışık haslığı zeminton yoğunluğu ölçüm değer sonuçları Tablo 3.36’da belirtilmiştir.

**Tablo 3.36.** Test baskısı ışık haslığı sonrası zemin ton yoğunluğu değerleri

Numune	C	M	Y	K
MK1	1,30	1,13	0,12	1,60
MK2	1,29	1,10	0,11	1,61
MK3	1,33	1,12	0,21	1,65
MK4	1,32	1,14	0,13	1,64

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası ışık haslığı testi zeminton yoğunluğu ölçümleri densitometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış densitometre ile CMYK değerleri ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri Şekil 3.93’te gösterilmiştir. Zeminton yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında Şekil 3.93’te görüldüğü gibi Siyah renk değeri diğer renk değerlerinden standart da belirtildiği gibi mürekkebin ışık haslık derecesine bağlı olarak yüksek olduğu, yine aynı şekilde sarı rengi ise ışık haslık derecesine bağlı düşük olduğu görülmektedir. Fakat ışık haslık testi öncesi zeminton yoğunluğu değerleri ile karşılaştırıldığında kağıt fiziksel özelliklerine bağlı olarak farklılık olduğu görülmektedir.



Şekil 3.93. Test baskıları ışık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu

### 3.4.11 Test Baskısı CMYK Lab Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılan farklı fiziksel özelliğe sahip dört (4) adet mat kuşe kağıt test baskıları sonrasında Lab ölçüm değer sonuçları Tablo 3.37’de belirtilmiştir.

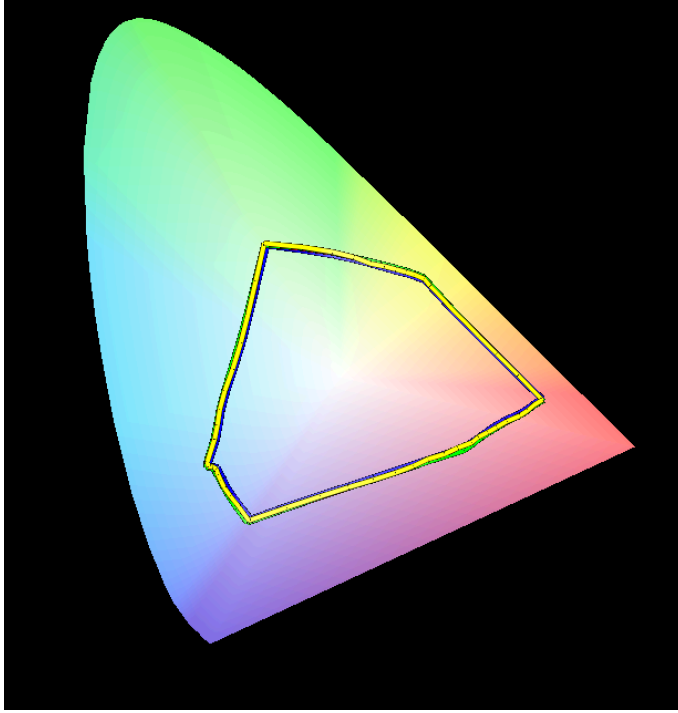
Tablo 3.37. Test baskısı CMYK renkleri Lab değerleri

	C			M			Y			K		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
MK1	59,01	-37,31	-48,48	52,19	76,40	-2,46	94,04	-6,36	90,01	22,55	-0,51	2,35
MK2	58,84	-36,22	-48,92	52,38	75,68	-2,59	93,94	-6,17	88,00	23,86	-0,72	1,46
MK3	60,09	-36,09	-53,02	53,34	77,24	-5,74	95,78	-7,34	91,86	22,69	-0,41	0,79
MK4	59,57	-37,99	-48,95	52,77	77,51	-3,10	94,57	-6,00	93,22	21,97	-0,38	1,79

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası Lab ölçümleri spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab ölçüm ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri ışık haslığı sonrasında oluşan farklı kağıtlar üzerindeki etkileri Tablo 3.38’de gösterilmiştir. Işık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrası Lab değerleri karşılaştırıldığında, tüm renklerin L değerlerinde artış meydana geldiği görülmektedir. Lightness değerlerindeki değişim kağıtların fiziksel özelliklerine göre farklı oranlarda artış meydana getirmektedir. L değeri değerlerinde olduğu gibi a ve b değerlerinde de ışık haslığı sonrası değişim meydana gelmektedir. Buradaki farklılık kullanılan mürekkeplerin ışık haslık değerleri ve yine kağıdın fiziksel özelliklerinin etkisi olmaktadır.

**Tablo 3.38.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri Lab değerleri

	C			M			Y			K		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
MK1	60,20	-41,22	-44,32	56,37	70,13	-0,92	101,17	-4,06	21,38	22,24	-0,68	4,64
MK2	60,14	-39,95	-44,51	56,84	68,41	-1,04	100,18	-4,01	18,04	22,65	-0,87	3,84
MK3	59,25	-41,08	-42,77	56,47	68,33	0,18	98,45	-4,31	25,76	22,06	-1,11	3,83
MK4	59,63	-59,51	-38,01	54,91	70,42	-4,38	96,97	-2,50	13,91	19,84	-0,18	2,31



**Şekil 3.94.** Test baskıları numuneler renk evreni farkı

ECI 2002 skalası ile oluşturulan test baskı skalası üzerinden yapılan ölçümler neticesinde MK1, MK2, MK3, MK4 kod numaralı mat kuşe kağıtların renk evrenleri oluşturularak Şekil 3.94'te verilmiştir.

**Tablo 3.39.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri

	C			M			Y			K		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
MK1	1,19	3,91	4,16	4,18	6,27	1,54	7,13	2,3	68,63	0,31	0,17	2,29
MK2	1,3	3,73	4,41	4,46	7,27	1,55	6,24	2,16	69,96	1,21	0,15	2,38
MK3	0,84	4,99	10,25	3,13	8,91	5,92	2,67	3,03	66,1	0,63	0,7	3,04
MK4	0,06	21,52	10,94	2,14	7,09	1,28	2,4	3,5	79,31	2,13	0,2	0,52

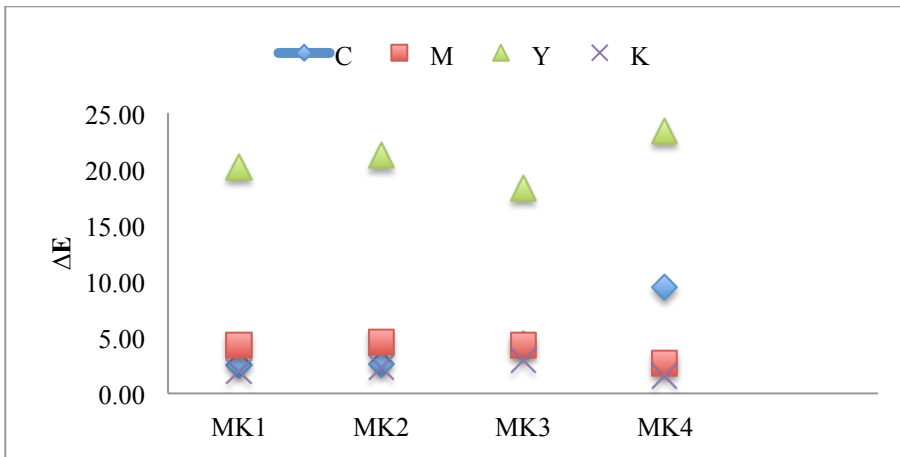
Cyan, Magenta, Yellow ve Black renklerinin ışık haslığı sonrası  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.39’da verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında cyan renk  $\Delta L$  değeri MK1 kodlu kağıt numunesinde daha fazla fark yarattığı görülmektedir.

**Tablo 3.40.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK  $\Delta E$  değerleri

Numune	$\Delta E$ C	$\Delta E$ M	$\Delta E$ Y	$\Delta E$ K
MK1	2,57	4,30	20,16	2,00
MK2	2,62	4,62	21,18	2,30
MK3	4,41	4,29	18,29	2,92
MK4	6,62	2,70	23,38	1,59

Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab değerleri Işık haslığı öncesi ve sonrası ölçümlenerek Tablo 3.40’ta gösterilmiştir. Cyan, Magenta, Yellow ve Black  $\Delta E$  değerleri karşılaştırıldığında Tablo 3.40’ta görüldüğü baskı şartları aynı olan numunelerin ölçüm sonrası değerlerinde farklılık görülmektedir. Özellikle yellow renginde oluşan  $\Delta E$  farkının yüksek olması kullanılan mürekkebin ışık haslık değerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat kağıdın yapısal özellikleri göz önüne alındığında aynı mürekkep fakat farklı numuneler üzerinde tüm baskı koşulları sabit olmasına rağmen MK1 kodlu mat kuşe kağıt ışık haslığı öncesi ışık haslığı sonrası  $\Delta E$  C değeri 2,57 olarak görülmekte iken, MK4 numunesinde  $\Delta E$  C değeri 6,62 olarak oluştuğu görülmektedir.

Ölçüm sonuçları  $\Delta E$  ışık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrasında karşılaştırıldığında MK4  $\Delta E$  M değeri 2,70 olarak görülmekte iken, MK2 numunesinde  $\Delta E$  M 4,62 dir. MK4  $\Delta E$  Y değeri 23,38 olarak görülmekte iken, MK3 numunesinde  $\Delta E$  Y 18,29 dur.



**Şekil 3.95.** Test baskıları ışık haslığı sonrası CMYK  $\Delta E$  değerleri

### 3.4.12 Test Baskısı RGB Lab Ölçüm Analizi

Çalışmada belirlenen dört farklı mat kuşe kağıt numunelerinin zemin ton yoğunluğu ölçüm değer sonuçları Tablo 3.41’de belirtilmiştir.

**Tablo 3.41.** Test baskısı RGB renkleri Lab değerleri

	R			G			B		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
MK1	52,51	70,47	42,10	54,46	-64,61	20,30	28,38	21,10	-45,10
MK2	51,91	69,97	42,91	53,72	-64,18	21,58	26,96	21,32	-44,89
MK3	52,72	71,55	42,34	55,53	-66,76	22,40	28,53	21,37	-47,57
MK4	52,01	71,32	43,64	53,15	-65,40	23,00	26,79	21,14	-46,29

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> mat kuşe kağıtlardan belirlenen dört tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası Lab ölçümleri spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Kırmızı, Yeşil ve Mavi (RGB) Lab ölçüm ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri ışık haslığı sonrasında oluşan farklı kağıtlar üzerindeki etkileri Tablo 3.42’de gösterilmiştir. Işık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrası Lab değerleri karşılaştırıldığında, tüm renklerin L değerlerinde artış meydana geldiği görülmektedir. Lightness değerlerindeki değişim kağıtların fiziksel özelliklerine göre farklı oranlarda artış meydana getirmektedir. L değeri değerlerinde olduğu gibi a ve b değerlerinde de ışık haslığı sonrası değişim meydana gelmektedir. Buradaki farklılık kullanılan mürekkeplerin ışık haslık değerleri ve yine kağıdın fiziksel özelliklerinin etkisi olmaktadır. Kırmızı, yeşil ve mavi renklerinin de ölçümlenmesi CMYK renk karışımları ile oluşması ile değişimlerin izlenmesi içindir.

**Tablo 3.42.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri Lab değerleri

	R			G			B		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
MK1	56,26	68,84	11,88	59,68	-50,81	-25,46	31,30	14,84	-43,64
MK2	55,64	67,71	11,90	59,18	-50,36	-25,52	29,25	16,15	-43,63
MK3	54,64	67,22	15,04	58,01	-54,09	-18,60	29,42	14,18	-42,14
MK4	55,16	65,95	9,11	57,05	-48,15	-26,90	30,55	13,11	-45,54

Işık haslığı öncesi Tablo 3.41’deki Lab değerleri ile ışık haslığı sonrası Tablo 3.42 Lab değerleri karşılaştırıldığında a ve b değerlerinde azalma meydana gelmektedir. Tüm baskıların sabit koşullar altında gerçekleştirildiği göz önünde bulundurularak kağıt



numuneleri arasındaki değişim farkının kağıtların yapısal özelliklerindeki farklılıktan kaynaklandığı ve değerlerin özellikle ışık haslığı düşük olan yellow rengi ile bağlantı olan kırmızı ve yeşil renklerinde b değerlerinde ışık haslığı sonrası büyük farklılık meydana getirdiği görülmektedir. Işık haslığı öncesinde yeşil renkte 21,58 değerlerinde ölçümlenen b değeri, ışık haslığı sonrasında -25,50 değerlerinde görülmektedir. Aynı zamanda yeşil rengin ışık haslığı sonrası b değerindeki kağıt numuneleri arasında farka bakıldığında MK4 numunesi -26,90 değerine sahip iken, MK3 numunesinde -18,60 olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.43.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri

	R			G			B		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
MK1	3,75	1,63	30,22	5,22	13,8	45,76	2,92	6,26	1,46
MK2	3,73	2,26	31,01	5,46	13,82	47,1	2,29	5,17	1,26
MK3	1,92	4,33	27,3	2,48	12,67	41	0,89	7,19	5,43
MK4	3,15	5,37	34,53	3,9	17,25	49,9	3,76	8,03	0,75

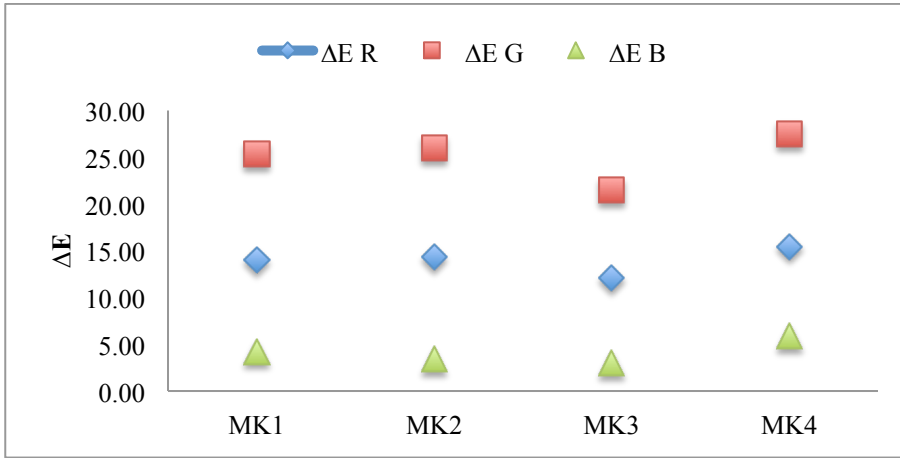
Kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) renklerinin ışık haslığı sonrası  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.43'te verilmiştir. Kırmızı renk ışık haslığı öncesi, sonrası lightness fark değeri MK1 numunesinde 3,75 iken MK3 numunesinde 1,92' dir. Yine aynı renk  $\Delta a$  5,37 değeri ile en yüksek fark MK4 numunesinde, 1,63 değeri ile MK1 en az fark sahip olduğu görülmektedir.  $\Delta b$  değerine bakıldığında 34,53 ile en yüksek fark MK4 numunesinde iken, 27,30 ile en düşük fark MK3 numunesindedir.

**Tablo 3.44.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri

Numune	$\Delta E R$	$\Delta E G$	$\Delta E B$
MK1	14,04	25,31	4,23
MK2	14,38	26,03	3,39
MK3	12,09	21,50	2,99
MK4	15,46	27,51	5,85

Test baskısı ışık haslığı sonrası kırmızı, yeşil, mavi (RGB)  $\Delta E$  değerleri numuneler arasında karşılaştırıldığında kırmızı renk  $\Delta E$  15,46 değeri ile en yüksek fark MK4 numunesinde iken 12,09 değeri ile en düşük fark MK3 numunesindedir. Yeşil renk numuneler arasında en fazla  $\Delta E$  değeri 27,51 ile MK4 numunesinde iken, en düşük fark 21,50 değerine sahip MK3 numaralı numunedir. Mavi renk numuneler arasında en fazla  $\Delta E$  değeri 5,85 ile MK4 numunesinde iken, en düşük fark 2,99 değerine sahip MK3

numaralı numunedir. Şekil 3.96’da test baskıları ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri grafiğinde kağıtlar arasındaki yapısal farklılıklara bağlı olarak değişimler görülmektedir.

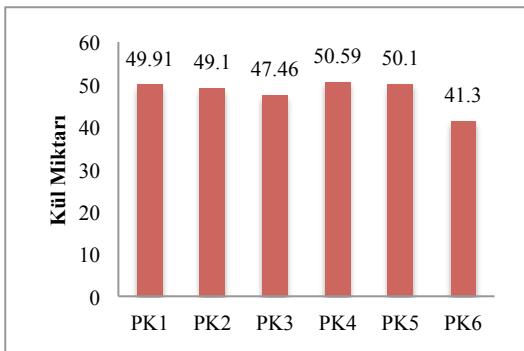


Şekil 3.96. Test baskıları ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri

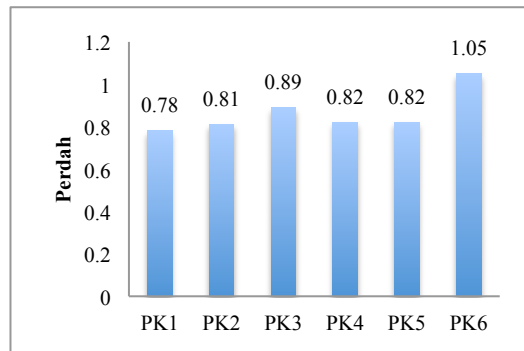
### 3.5 Parlak Kuşe Kağıtlara Uygulanan Testlerin Teknik Analizi

#### 3.5.1 Kül Miktarı – Perdah Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin kül miktarı ve perdah miktarı ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.97 ve Şekil 3.98’de belirtilmiştir.

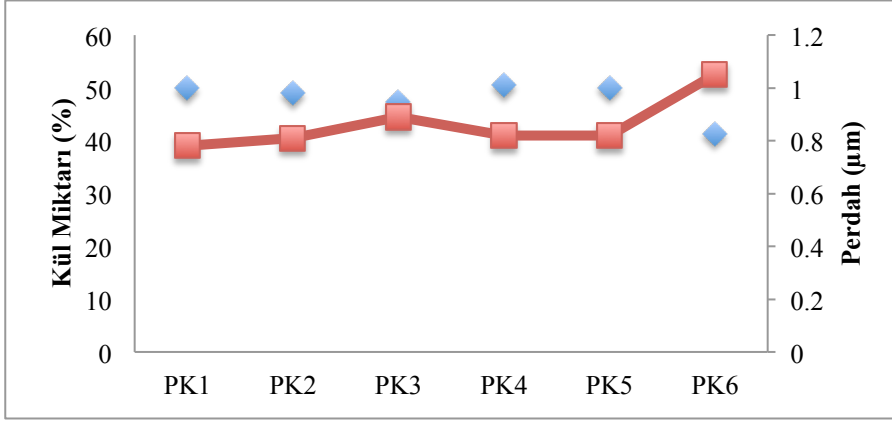


Şekil 3.97. Parlak kuşe kağıt kül miktarı



Şekil 3.98. Parlak kuşe kağıt perdah mik.

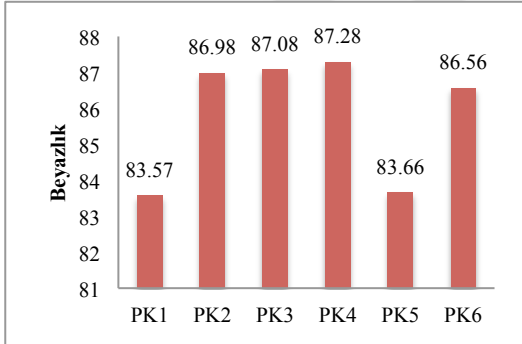
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $250 \text{ g/m}^2$  parlak kuşe kağıtlardan belirlenen alrı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kül miktarı ve perdah ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kül miktarı ve perdah arasında olan ilişki Şekil 3.99’da gösterilmiştir. Kül miktarı ve perdah karşılaştırıldığında şekilde de görüldüğü gibi birbirleri arasında ters oranda bir eğilim izlemektedirler.



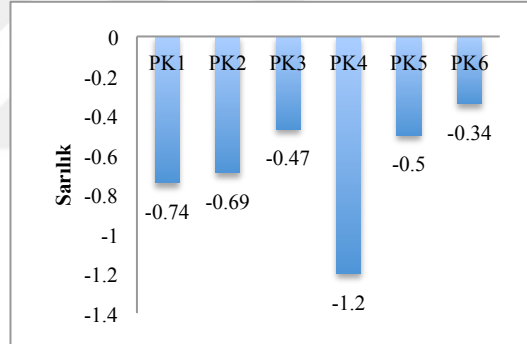
Şekil 3.99. Parlak kuşe kağıt perdah ve kül miktarı karşılaştırması

### 3.5.2 Beyazlık (Brightness) – Sarılık Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin beyazlık ve sarılık ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.100 ve Şekil 3.101’de belirtilmiştir.

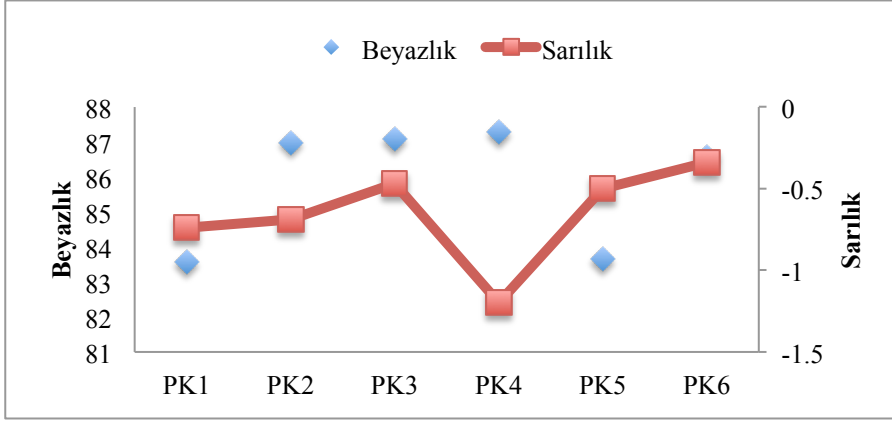


Şekil 3.100. P. kuşe kağıt beyazlık ölç.



Şekil 3.101. P. kuşe kağıt sarılık ölçümü

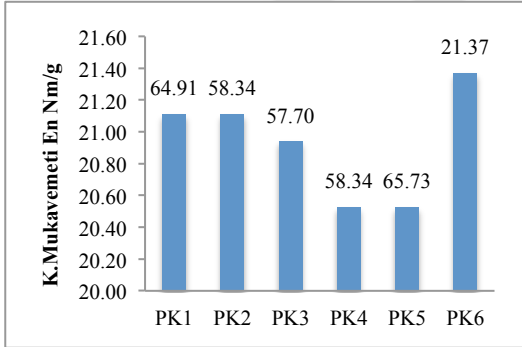
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra beyazlık (Brightness) ve sarılık (Yellowness) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda beyazlık ve sarılık ölçümleri arasında olan ilişki Şekil 3.102’te gösterilmiştir. Beyazlık ve sarılık ölçümleri farklı metotlar içerip, ölçüm sonuçları farklı aralık olsa da eğilimleri tespit edilmiştir. Şekil 3.102’de görüldüğü gibi beyazlık ve sarılık değerleri birbirlerinin tersi oranda yönelim göstermektedir.



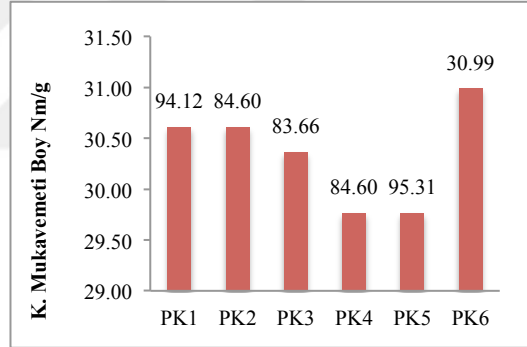
Şekil 3.102. Parlak kuşe kağıt beyazlık ve sarılık ölçüm karşılaştırması

### 3.5.3 Kopma Mukavemeti En - Boy Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin kopma mukavemeti en ve boy ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.103 ve Şekil 3.104'te belirtilmiştir.

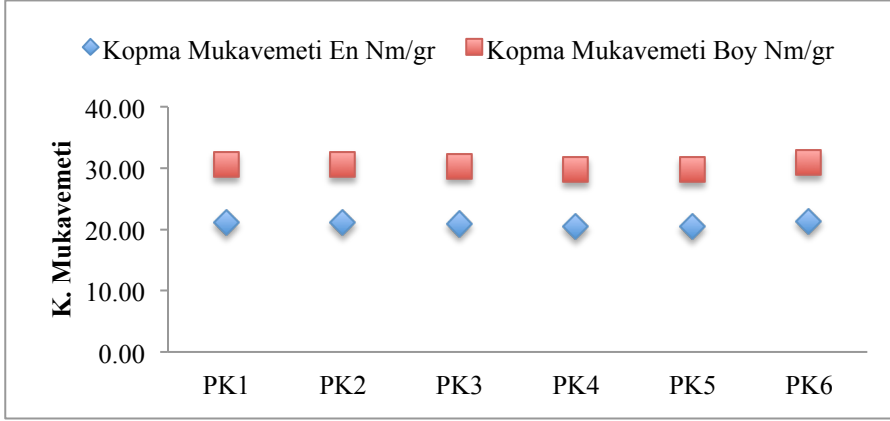


Şekil 3.103. Kopma mukavemeti en



Şekil 3.104. Kopma mukavemeti boy

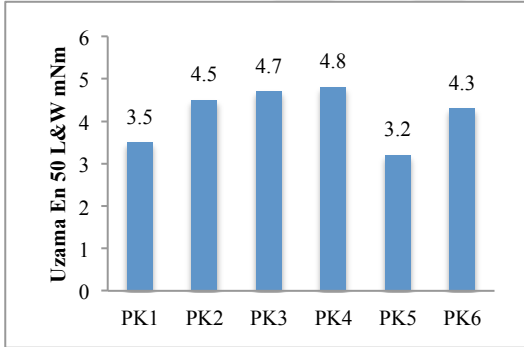
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kopma mukavemeti en ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış kopma mukavemeti test cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kopma mukavemeti en ve boy arasında olan ilişki Şekil 3.105'te gösterilmiştir. kopma mukavemeti en ve boy ölçümü karşılaştırıldığında Şekil 3.105'te görüldüğü gibi birbirleri arasında değer olarak farklı olsa da aynı yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.



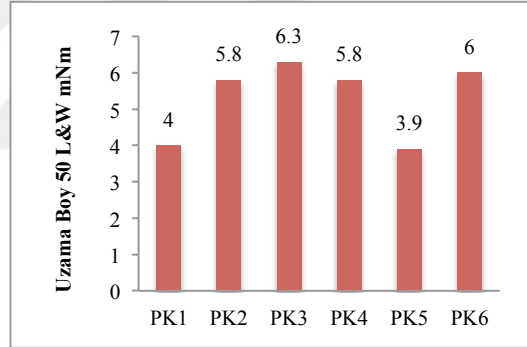
Şekil 3.105. Parlak kuşe kağıt kopma mukavemeti en - boy ölçüm karşılaştırması

### 3.5.4 Uzama (Stiffness) Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin uzama oranları en ve boy olarak ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.106 ve Şekil 3.107’de belirtilmiştir.

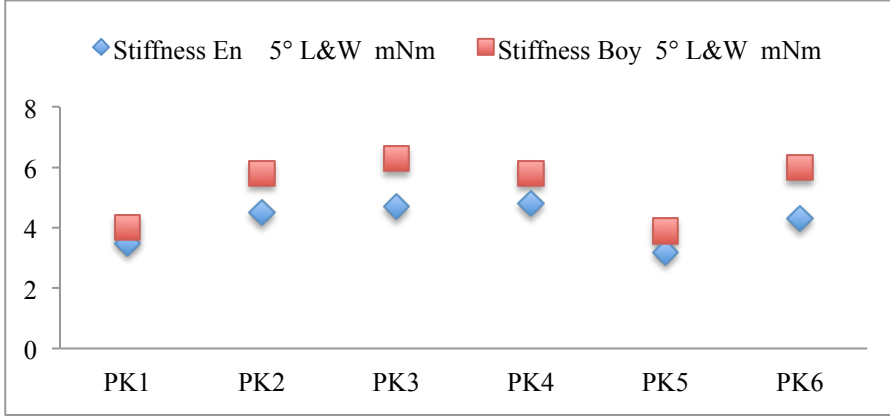


Şekil 3.106. Uzama ölçümü en



Şekil 3.107. Uzama ölçümü boy

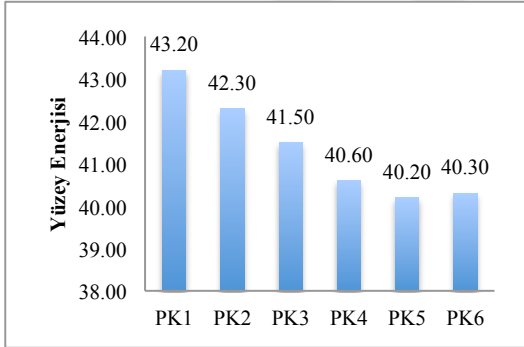
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $250 \text{ g/m}^2$  parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kopma mukavemeti en ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış uzama (stiffness) test cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda uzama en ve boy arasında olan ilişki Şekil 3.108’de gösterilmiştir. Uzama oranı en ve boy ölçümü karşılaştırıldığında Şekil 3.108’de görüldüğü gibi birbirleri arasında değer olarak farklı olsa da aynı yönde bir eğilim oluşturduğu görülmektedir.



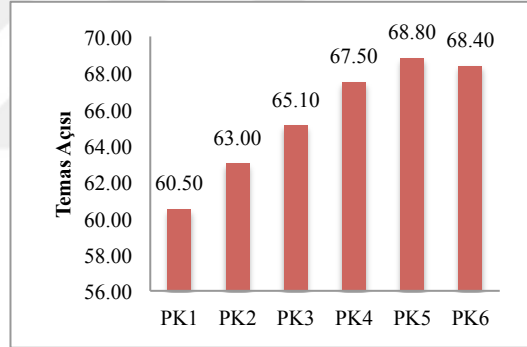
Şekil 3.108. Parlak kuşe kağıt uzama en - boy ölçüm karşılaştırması

### 3.5.5 Yüzey Enerjisi ve Temas Açısı Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin yüzey temas açısı ve buna bağlı olarak hesaplanan yüzey enerji ölçümleri gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.109 ve Şekil 3.110'da belirtilmiştir.

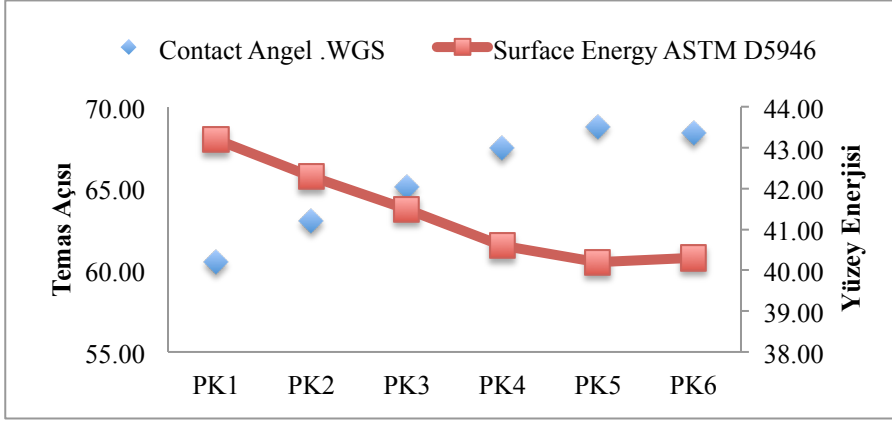


Şekil 3.109. P. kuşe kağıt yüzey enerjisi



Şekil 3.110. Parlak kuşe kağıt temas açısı

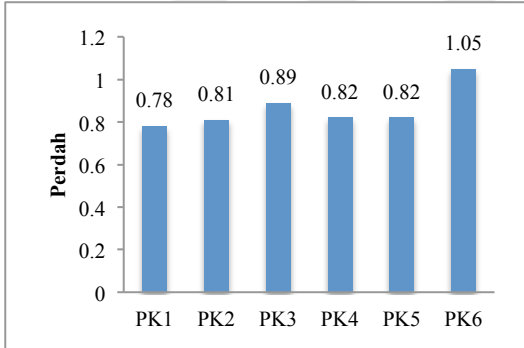
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış temas açısı test cihazı (PGX+) ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi arasında olan ilişki Şekil 3.111'de gösterilmiştir. yüzey temas açısı ve yüzey enerjisi ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında Şekil 3.111'de görüldüğü gibi birbirleri arasında temas açısı düşük değere sahip yüzeyin, yüzey enerji miktarı fazla olduğu, sonuç karşılatırmalarından ters yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.



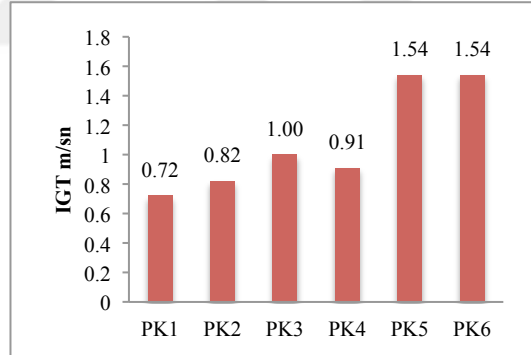
Şekil 3.111 Parlak kuşe kağıt yüzey enerjisi – temas açısı ölçüm karşılaştırması

### 3.5.6 Perdah – IGT Mürekkep Transfer Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin perdah ve IGT mürekkep transfer miktarı ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.112 ve Şekil 3.113'te belirtilmiştir.

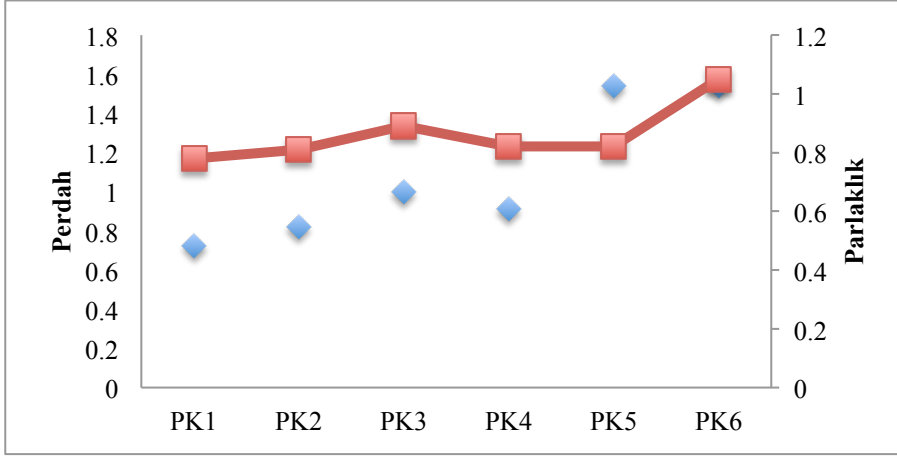


Şekil 3.112. Parlak kuşe perdah miktarı



Şekil 3.113. IGT Mürekkep transfer mik.

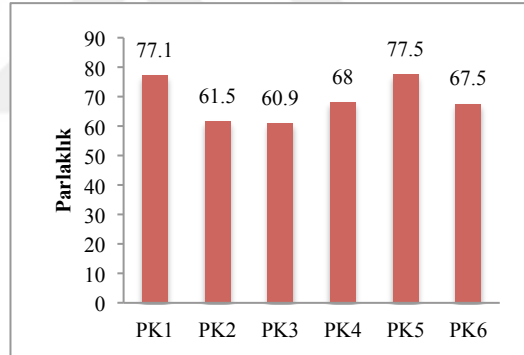
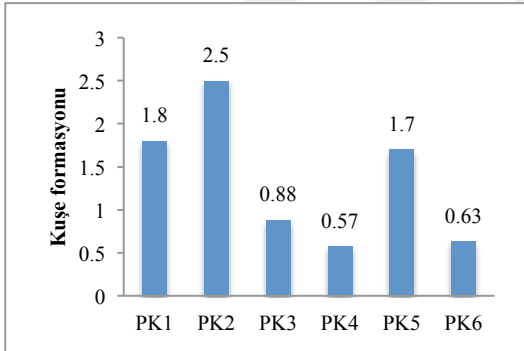
Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $250 \text{ g/m}^2$  parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra perdah ve IGT mürekkep transfer ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda perdah ve IGT mürekkep transfer arasında olan ilişki Şekil 3.114'te gösterilmiştir. perdah ve IGT mürekkep transfer karşılaştırıldığında şekilde de görüldüğü gibi birbirleri arasında aynı yönde bir eğilim izlemektedirler.



Şekil 3.114. Parlak kuşe kağıt perdah ve IGT Mürekkep transfer miktarı karşılaştırması

### 3.5.7 Kuşe Formasyonu – Parlaklık ölçüm analizi

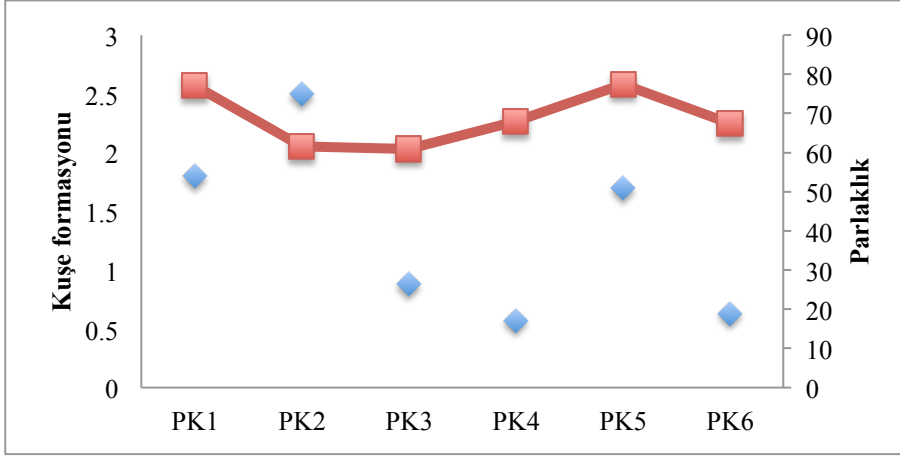
Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin kuşe formasyonu ve parlaklık ölçümü gerçekleştirilerek test sonuçları Şekil 3.115 ve Şekil 3.116'da belirtilmiştir.



Şekil 3.115. Parlak kuşe Kuşe Formasyonu Şekil 3.116. Parlak kuşe Parlaklık

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra kuşe formasyonu ve parlaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış test cihazları ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda kuşe formasyonu ve parlaklık arasında olan ilişki Şekil 3.117'de gösterilmiştir. Kuşe formasyonu ve parlaklık karşılaştırıldığında şekilde de görüldüğü gibi birbirleri arasında ters oranda bir eğilim izlemektedir.





Şekil 3.117. Parlak kuşe kağıt kuşe formasyonu ve parlaklık karşılaştırması

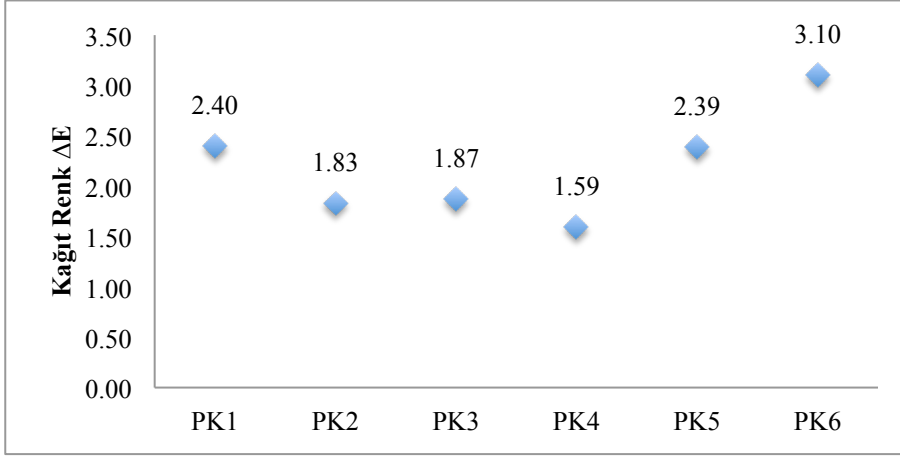
### 3.5.8 Kağıt L\*a\*b\* Değer Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin Lab ölçüm değerleri ve ISO 12647-2 de belirtilen standarda olması gereken ölçüm sonuçları Tablo 3.45'te belirtilmiştir.

Tablo 3.45. Parlak kuşe kağıt numuneleri ile ISO standardı L\*a\*b\* Değerleri

Numune	L	a	b
ISO PK	95	0	-2
PK1	92,84	-0,66	-0,15
PK2	94,29	-0,36	-0,22
PK3	94,39	-0,34	-0,15
PK4	94,26	-0,33	-0,47
PK5	92,93	-0,55	-0,05
PK6	94,39	-1,44	0,39

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra ölçümler ISO-12647-1:2004' de belirtilen ayrıca kalibrasyonu yapılan ve standartta belirtilen ksenon lamba ve CIE 45<sup>0</sup> – 0 geometriye sahip spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda test numunelerinin Lab değerleri ile ISO 12647-2 standardında belirtilen I.Hamur kağıt Lab değeri ile karşılaştırılarak ΔE sonuçları Şekil 3.118'de gösterilmiştir. ΔE sonuçları karşılaştırıldığında Şekil 3.118'de görüldüğü gibi test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen beş farklı fiziksel özelliğe sahip parlak kuşe numunelerinin ISO standardı yakın bir beyazlığa sahip olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 3.118.** Parlak kuşe kağıt ISO standardı ile  $\Delta E$  karşılaştırması

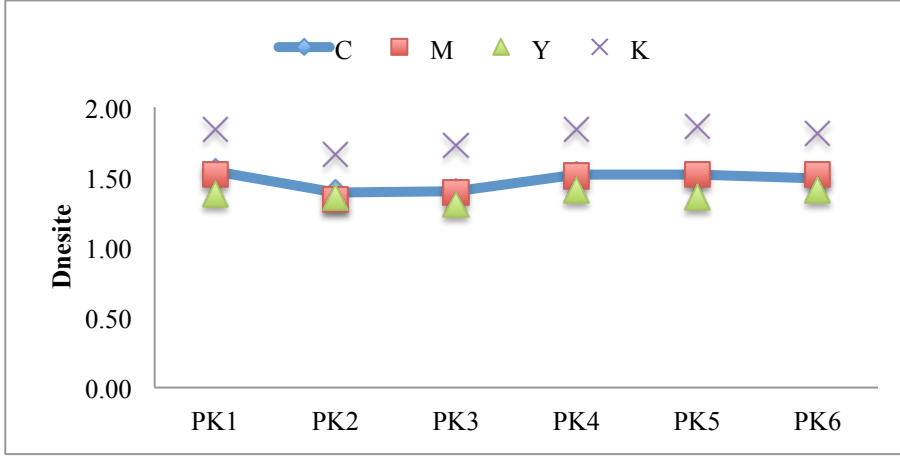
### 3.5.9 Zeminton Yoğunluğu Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin zeminton yoğunluğu ölçüm değerleri ve ISO standardında belirtilen olması gereken ölçüm sonuçları Tablo 3.46’da belirtilmiştir.

**Tablo 3.46.** Test baskısı zemin ton yoğunluğu değerleri

Numune	C	M	Y	K
PK1	1,54	1,52	1,38	1,84
PK2	1,39	1,34	1,36	1,66
PK3	1,40	1,39	1,31	1,73
PK4	1,52	1,51	1,41	1,84
PK5	1,52	1,52	1,36	1,86
PK6	1,49	1,52	1,41	1,81

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırıldıktan sonra yapılan test baskıları ölçümleri densitometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış densitometre ile CMYK değerleri ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri Şekil 3.119’da gösterilmiştir. Zeminton yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında Şekil 3.119’da görüldüğü gibi Siyah renk değeri diğer renk değerlerinden standart da belirtildiği gibi yüksek olduğu, yine aynı şekilde sarı rengi ise düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 3.119. Test baskıları zeminton yoğunluğu

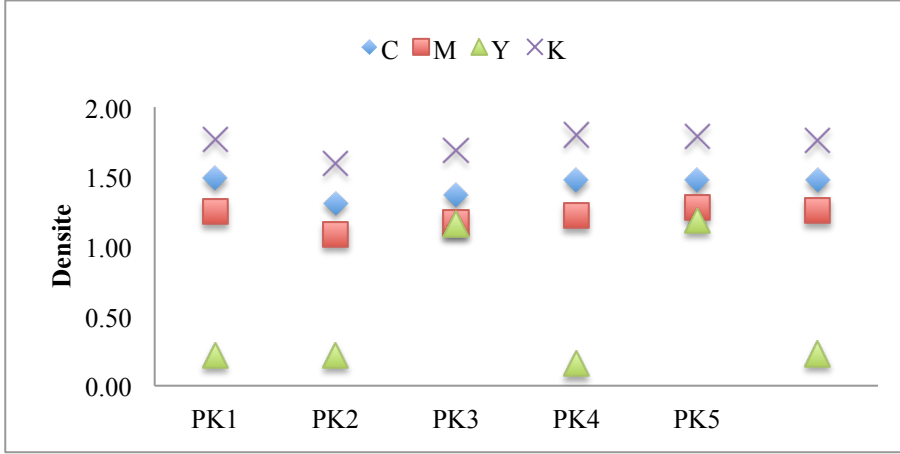
### 3.5.10 Işık Haslığı Sonrası Zeminton Yoğunluğu Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin uygulanan test baskıları sonrası ışık haslığı zeminton yoğunluğu ölçüm değer sonuçları Tablo 3.47’de belirtilmiştir.

Tablo 3.47. Test baskısı ışık haslığı sonrası zemin ton yoğunluğu değerleri

Numune	C	M	Y	K
PK1	1,49	1,25	0,22	1,77
PK2	1,31	1,09	0,22	1,60
PK3	1,37	1,17	1,16	1,69
PK4	1,48	1,22	0,16	1,80
PK5	1,48	1,28	1,19	1,79
PK6	1,48	1,26	0,23	1,76

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan  $250 \text{ g/m}^2$  parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası ışık haslığı testi zeminton yoğunluğu ölçümleri densitometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış densitometre ile CMYK değerleri ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri Şekil 3.120’de gösterilmiştir. Zeminton yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında Şekil 3.120’de görüldüğü gibi Siyah renk değeri diğer renk değerlerinden standart da belirtildiği gibi mürekkebin ışık haslık derecesine bağlı olarak yüksek olduğu, yine aynı şekilde sarı rengi ise ışık haslık derecesine bağlı düşük olduğu görülmektedir. Fakat ışık haslık testi öncesi zeminton yoğunluğu değerleri ile karşılaştırıldığında kağıt fiziksel özelliklerine bağlı olarak farklılık olduğu görülmektedir.



Şekil 3.120. Test baskıları ışık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu

### 3.5.11 Test Baskısı CMYK Lab Ölçüm Analizi

Test baskılarında kullanılmak üzere belirlenen farklı fiziksel özelliğe sahip altı (6) adet parlak kuşe kağıt numunesinin test baskıları sonrasında cyan, magenta, yellow ve black Lab ölçüm değer sonuçları Tablo 3.48’de belirtilmiştir.

Tablo 3.48. Test baskısı CMYK renkleri Lab değerleri

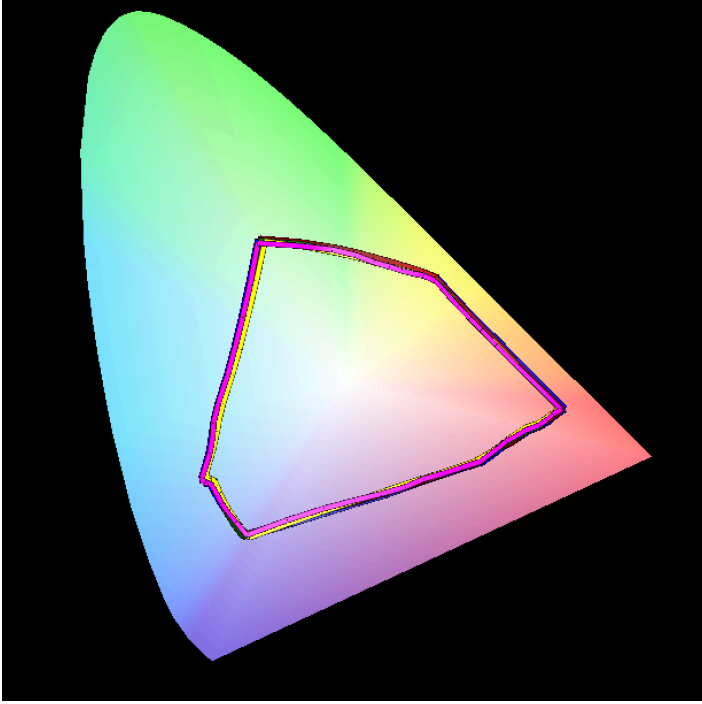
	C			M			Y			K		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
PK1	55,73	-36,52	-50,65	50,45	78,27	-0,46	92,02	-4,19	93,36	18,56	-0,03	0,68
PK2	59,44	-37,39	-48,95	54,27	76,16	-5,67	95,02	-5,80	93,21	23,33	-0,26	0,86
PK3	57,79	-37,17	-50,41	52,69	76,50	-2,18	93,89	-5,64	92,75	20,73	-0,33	2,03
PK4	56,86	-37,81	-50,40	50,35	77,86	-0,44	92,42	-5,79	94,57	18,77	-0,76	1,36
PK5	58,80	-37,39	-54,18	51,43	80,40	-3,74	94,92	-6,20	94,71	19,54	-0,50	0,05
PK6	57,37	-37,47	-50,95	51,14	78,77	-1,39	93,85	-5,90	95,67	18,87	-0,21	0,97

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası Lab ölçümleri spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab ölçüm ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri ışık haslığı sonrasında oluşan farklı kağıtlar üzerindeki etkileri Tablo 3.49’da gösterilmiştir. Işık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrası Lab değerleri karşılaştırıldığında, tüm renklerin L değerlerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Lightness değerlerindeki değişim kağıtların fiziksel özelliklerine göre farklı oranlarda azalma meydana getirmektedir. L

değeri değerlerinde olduğu gibi a ve b değerlerinde de ışık haslığı sonrası azalma meydana gelmektedir. Buradaki farklılık kullanılan mürekkeplerin ışık haslık değerleri ve yine kağıdın fiziksel özelliklerinin etkisi olmaktadır.

**Tablo 3.49.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri Lab değerleri

	C			M			Y			K		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
PK1	55,28	-37,92	-49,58	51,77	71,72	-2,47	94,84	-2,80	19,54	17,40	-0,17	1,97
PK2	56,96	-37,98	-43,63	54,93	66,11	-3,47	93,76	-2,24	19,06	21,81	-0,41	2,62
PK3	58,34	-36,53	-49,10	53,67	69,85	-3,22	95,89	-3,13	15,38	19,12	-0,33	2,34
PK4	56,22	-38,17	-50,39	53,16	72,12	-3,33	96,83	-3,52	16,76	18,16	-0,60	1,31
PK5	57,04	-42,78	-44,90	53,75	73,38	2,10	97,56	-3,52	25,17	19,04	-0,81	3,38
PK6	56,94	-38,59	-49,86	52,80	72,81	-2,69	95,27	-4,31	22,20	17,49	-0,21	2,34



**Şekil 3.121.** Test baskıları numuneler renk evreni farkı

ECI 2002 skalası ile oluşturan test baskı skalası üzerinden yapılan ölçümler neticesinde PK1, PK2, PK3, PK4, Pk5, PK6 kod numaralı parlak kuşe kağıtların renk evrenleri oluşturularak Şekil 3.121’de verilmiştir. Birbirlerine yakın olsa da farklılığın olduğu renk evrenleri arasında baskı şartlarının tamamen aynı olmasına ve kağıt gramajlarının da sabit olmasına rağmen fiziksel özelliklerindeki farklılığın meydana getirdiği görülmektedir.

**Tablo 3.50.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK renkleri  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri

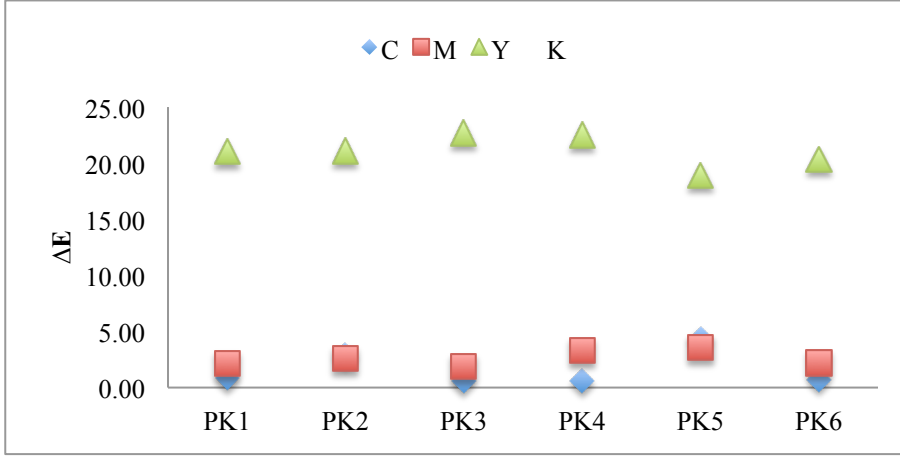
	C			M			Y			K		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
PK1	0,45	1,4	1,07	1,32	6,55	2,01	2,82	1,39	73,82	1,16	0,14	1,29
PK2	2,48	0,59	5,32	0,66	10,05	2,2	1,26	3,56	74,15	1,52	0,15	1,76
PK3	0,55	0,64	1,31	0,98	6,65	1,04	2	2,51	77,37	1,61	0	0,31
PK4	0,64	0,36	0,01	2,81	5,74	2,89	4,41	2,27	77,81	0,61	0,16	0,05
PK5	1,76	5,39	9,28	2,32	7,02	5,84	2,64	2,68	69,54	0,5	0,31	3,33
PK6	0,43	1,12	1,09	1,66	5,96	1,3	1,42	1,59	73,47	1,38	0	1,37

Cyan, Magenta, Yellow ve Black renklerinin ışık haslığı sonrası  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.50’de verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında CMYK renklerinin tamamında  $\Delta L$  değeri PK2 kodlu kağıt numunesinde daha fazla fark yarattığı görülmektedir.

**Tablo 3.51.** Test baskısı ışık haslığı sonrası CMYK  $\Delta E$  değerleri

Numune	$\Delta E C$	$\Delta E M$	$\Delta E Y$	$\Delta E K$
PK1	0,83	2,16	21,02	1,46
PK2	2,90	2,58	21,07	1,97
PK3	0,63	1,88	22,72	1,15
PK4	0,61	3,30	22,54	0,48
PK5	4,39	3,59	18,95	3,13
PK6	0,74	2,20	20,35	1,58

Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Cyan, Magenta, Yellow ve Black Lab değerleri ışık haslığı öncesi ve sonrası ölçülünerek Tablo 3.51’de gösterilmiştir. Cyan, Magenta, Yellow ve Black  $\Delta E$  değerleri karşılaştırıldığında Tablo 3.51’de görüldüğü baskı şartları aynı olan numunelerin ölçüm sonrası değerlerinde farklılık görülmektedir. Özellikle yellow renginde oluşan  $\Delta E$  farkının yüksek olması kullanılan mürekkebin ışık haslık değerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat kağıdın yapısal özellikleri göz önüne alındığında aynı mürekkep fakat farklı numuneler üzerinde tüm baskı koşulları sabit olmasına rağmen PK4 kodlu parlak kuşe kağıt ışık haslığı öncesi ışık haslığı sonrası  $\Delta E C$  değeri 0,61 olarak görülmekte iken, PK5 numunesinde  $\Delta E C$  değeri 4,39 olarak oluştuğu görülmektedir.



**Şekil 3.122.** Test baskıları ışık haslığı sonrası CMYK ΔE değerleri

Ölçüm sonuçları ΔE ışık haslığı öncesi ve ışık haslığı sonrasında karşılaştırıldığında PK3 ΔE M değeri 1,88 olarak görülmekte iken, PK5 numunesinde ΔE M 3,59 dur. PK5 ΔE Y değeri 18,95 olarak görülmekte iken, PK3 numunesinde ΔE Y 22,72 dir. PK4 ΔE K değeri 0,48 olarak görülmekte iken, PK5 numunesinde ΔE M 3,13 dür.

### 3.5.12 Test Baskısı RGB Lab Ölçüm Analizi

Çalışmada belirlenen altı farklı parlak kuşe kağıt numunelerinin zemin ton yoğunluğu ölçüm değer sonuçları Tablo 3.52’de belirtilmiştir.

**Tablo 3.52.** Test baskısı RGB renkleri Lab değerleri

	R			G			B		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
PK1	52,03	72,36	45,22	53,48	-66,97	22,18	27,01	20,43	-44,99
PK2	52,49	70,89	43,71	54,62	-66,18	23,68	31,22	16,68	-47,28
PK3	52,12	69,49	41,71	53,99	-67,21	23,19	26,66	21,37	-46,86
PK4	51,55	72,08	45,05	52,60	-66,93	23,61	25,29	21,04	-48,13
PK5	51,72	72,29	43,84	52,87	-67,70	22,01	26,54	19,74	-46,48
PK6	51,86	72,23	43,35	53,20	-67,08	22,26	26,58	19,79	-45,48

Test baskılarında kullanılmak üzere piyasa da en fazla kullanılan 250 g/m<sup>2</sup> parlak kuşe kağıtlardan belirlenen altı tanesi sabit ortam koşullarında şartlandırılarak yapılan test baskıları sonrası Lab ölçümleri spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış spektrofotometre ile Kırmızı, Yeşil ve Mavi (RGB) Lab ölçüm ISO standartları doğrultusunda gerçekleştirilerek ölçüm değerleri ışık haslığı sonrasında oluşan farklı kağıtlar üzerindeki etkileri Tablo 3.53’te gösterilmiştir. Işık haslığı öncesi

ve ışık haslığı sonrası Lab değerleri karşılaştırıldığında, tüm renklerin L değerlerinde artış meydana geldiği görülmektedir. Lightness değerlerindeki değişim kağıtların fiziksel özelliklerine göre farklı oranlarda değişim meydana getirmektedir. L değeri değerlerinde olduğu gibi a ve b değerlerinde de ışık haslığı sonrası değişim meydana gelmektedir. Buradaki farklılık kullanılan mürekkeplerin ışık haslık değerleri ve yine kağıdın fiziksel özelliklerinin etkisi olmaktadır. Kırmızı, yeşil ve mavi renklerinin de ölçülmesi CMYK renk karışımları ile oluşması ile değişimlerin izlenmesi içindir.

**Tablo 3.53.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri Lab değerleri

	R			G			B		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
PK1	51,54	68,76	15,02	55,94	-52,94	-24,23	26,83	16,87	-45,66
PK2	51,79	66,41	10,58	55,19	-51,58	-20,20	28,92	11,29	-44,63
PK3	53,33	66,99	9,95	57,07	-48,76	-29,33	27,82	16,51	-47,26
PK4	52,65	69,08	13,07	56,27	-51,90	-26,81	26,90	16,32	-47,06
PK5	54,36	70,18	17,44	57,32	-56,54	-21,36	27,85	14,29	-43,89
PK6	52,34	69,25	14,38	55,92	-53,33	-23,53	27,36	16,03	-46,50

Işık haslığı öncesi Tablo 3.52'deki Lab değerleri ile ışık haslığı sonrası Tablo 3.53 Lab değerleri karşılaştırıldığında lightness, a ve b değerlerinde azalma meydana gelmektedir. Tüm baskıların sabit koşullar altında gerçekleştirildiği göz önünde bulundurularak kağıt numuneleri arasındaki değişim farkının kağıtların yapısal özelliklerindeki farklılıktan kaynaklandığı ve değerlerin özellikle ışık haslığı düşük olan yellow rengi ile bağlantı olan kırmızı ve yeşil renklerinde b değerlerinde ışık haslığı sonrası büyük farklılık meydana getirdiği görülmektedir.

**Tablo 3.54.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB renkleri  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri

	R			G			B		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
PK1	0,49	3,6	30,2	2,46	14,03	46,41	0,18	3,56	0,67
PK2	0,7	4,48	33,13	0,57	14,6	43,88	2,3	5,39	2,65
PK3	1,21	2,5	31,76	3,08	18,45	52,52	1,16	4,86	0,4
PK4	1,1	3	31,98	3,67	15,03	50,42	1,61	4,72	1,07
PK5	2,64	2,11	26,4	4,45	11,16	43,37	1,31	5,45	2,59
PK6	0,48	2,98	28,97	2,72	13,75	45,79	0,78	3,76	1,02

Kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) renklerinin ışık haslığı sonrası  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  değerleri hesaplanarak Tablo 3.54'te verilmiştir. Kırmızı renk ışık haslığı öncesi, sonrası

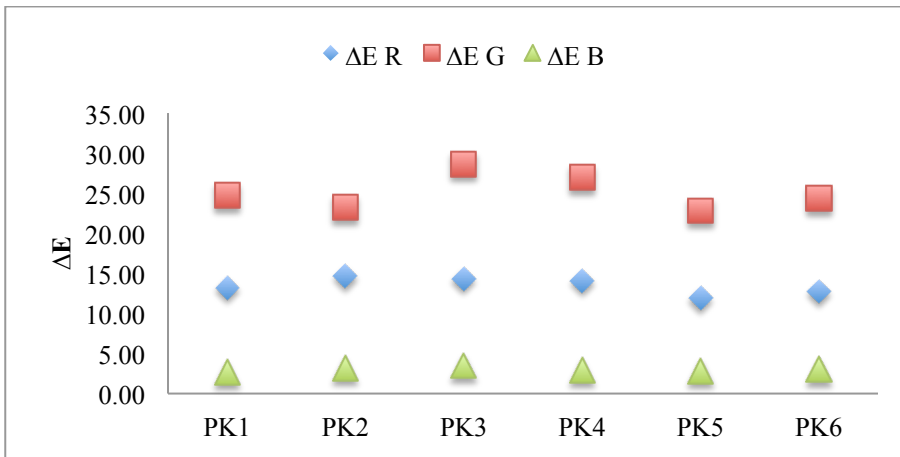


lightness fark değeri PK5 numunesinde 2,64 iken PK2 numunesinde 0,07' dür. Yine aynı renk  $\Delta a$  4,48 değeri ile en yüksek fark PK2 numunesinde, 2,11 değeri ile PK5 en az fark sahip olduğu görülmektedir.  $\Delta b$  değerine bakıldığında 33,13 ile en yüksek fark PK2 numunesinde iken, 25,40 ile en düşük fark PK5 numunesindedir.

**Tablo 3.55.** Test baskısı ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri

Numune	$\Delta E R$	$\Delta E G$	$\Delta E B$
PK1	13,21	24,71	2,67
PK2	14,64	23,19	3,20
PK3	14,35	28,64	3,51
PK4	14,12	27,00	2,95
PK5	11,93	22,80	2,83
PK6	12,75	24,33	3,03

Test baskısı ışık haslığı sonrası kırmızı, yeşil, mavi (RGB)  $\Delta E$  değerleri numuneler arasında karşılaştırıldığında kırmızı renk  $\Delta E$  14,64 değeri ile en yüksek fark PK2 numunesinde iken 11,93 değeri ile en düşük fark PK5 numunesindedir. Yeşil renk numuneler arasında en fazla  $\Delta E$  değeri 28,64 ile PK3 numunesinde iken, en düşük fark 22,80 değerine sahip PK5 numaralı numunedir. Mavi renk numuneler arasında en fazla  $\Delta E$  değeri 3,51 ile PK3 numunesinde iken, en düşük fark 2,67 değerine sahip PK1 numaralı numunedir. Şekil 3.123'te test baskıları ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri grafiğinde kağıtlar arasındaki yapısal farklılıklara bağlı olarak değişimler görülmektedir.



**Şekil 3.123.** Test baskıları ışık haslığı sonrası RGB  $\Delta E$  değerleri

### 3.6 TOPSİS ANALİZİ

#### 3.6.1. I. Hamur Kağıtlara Uygulanan TOPSİS Analizi

Yapılan çalışmada uygulanan TOPSIS yönteminin de öncelikle alternatiflerin belirlenmesi ve üstünlüklerine göre değerlendirme kriterleri tanımlaması yapılmıştır. Buna göre basım sektöründe kullanılan 1. Hamur kağıtlardan 5 numune mevcuttur. 1. Hamur kağıtları seçme kriterleri ise; ışık haslığı sonrası CMYK için densite değerlerinde % azalma miktarı, ışık haslığı sonrası CMYK için ΔE farkları, Stiffness Boy, Stiffness En, Kül Miktarı, kopma mukavemeti en, kopma mukavemeti boy, kontak açısı ve yüzey enerjisi olarak hesaplama yapılmıştır ve hesaplama formülasyonu tablolar ile gösterilerek aşağıdaki, formül ile hesaplanmıştır;

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

**Tablo.3.56.** Numuneler için Kriterlere Ait Karar Matrisi (A)

	Densite				ΔE farkları				Stiffness		Mukavemet				
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
IH1	8,18	15,69	58,59	3,33	1,15	2,74	11,08	1,51	0,6	0,2	24,43	94,13	64,91	82,90	35,10
IH2	1,03	13,83	65,26	1,75	2,30	2,46	12,17	1,59	0,4	0,2	23,64	84,61	58,35	81,60	35,50
IH3	1,83	9,43	49,48	1,67	3,24	2,44	12,76	1,57	0,6	0,2	21,63	83,67	57,70	86,50	33,80
IH4	0,99	9,09	57,14	1,74	2,12	2,07	10,46	2,58	0,6	0,4	20,25	84,61	58,35	96,40	30,20
IH5	9,17	9,90	58,95	5,79	2,78	2,37	10,92	2,74	0,4	0,2	24,27	95,32	65,73	91,30	32,00
MAX	9,17	15,69	65,26	5,79	3,24	2,74	12,76	2,74	0,60	0,40	24,43	95,32	65,73	96,40	35,50
MIN	0,99	9,09	49,48	1,67	1,15	2,07	10,46	1,51	0,40	0,20	20,25	83,67	57,70	81,60	30,20

Karar matrisindeki kriterlere ait puan veya özelliklerin kareleri toplamının karekökü alınarak matris normalize edilmiştir.

Normalleştirme işlemi için aşağıda belirtilen formül uygulanır ve normalizasyon işlemi sonunda R matrisi elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

$$r_{11} = \frac{8,18}{\sqrt{8,18^2 + 1,03^2 + 1,83^2 + 0,99^2 + 9,17^2}} = 0,654$$

**Tablo 3.57.** R Matrisi

	Densite				ΔE farkları				Stiffness		Mukavemet				
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
IH1	0,654	0,590	0,451	0,456	0,212	0,505	0,431	0,326	0,507	0,354	0,477	0,475	0,475	0,422	0,470
IH2	0,082	0,520	0,502	0,240	0,425	0,454	0,473	0,343	0,338	0,354	0,462	0,427	0,427	0,415	0,476
IH3	0,147	0,355	0,381	0,228	0,598	0,450	0,496	0,339	0,507	0,354	0,422	0,422	0,422	0,440	0,453
IH4	0,079	0,342	0,440	0,238	0,391	0,382	0,406	0,557	0,507	0,707	0,395	0,427	0,427	0,490	0,405
IH5	0,733	0,372	0,454	0,791	0,513	0,437	0,424	0,592	0,338	0,354	0,474	0,481	0,481	0,464	0,429

Kriterin ağırlığı olmak üzere, amaca göre normalize edilmiş karar matrisinin elemanlarının kriterlere verilen önemler doğrultusunda göreceli ağırlık değerleri bulunur, çalışmada ağırlık değerleri eşit kabul edilmiştir ve Tablo 3.58’de belirtilmiştir. Daha sonra verilen R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili  $w_j$  değeri ile çarpıldığında  $V_{ij}$  matrisi oluşturulur. Önem ağırlık değerleri eşit kabul edilerek hesaplama yapıldığı için aşağıdaki formül;

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 r_{m1} & \dots & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

$$V_{11} = 0,654 \times 0,06 = 0,03924$$

Tüm R matrisine uygulandığında ağırlık değişmediğinden Tablo.3.57’deki veriler  $V_{ij}$  matrisi olarak kabul edilmiştir ve aynı zamanda ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisini oluşturmuştur.

**Tablo.3.58.** Kriterlerin ağırlık değerleri ( $w_j$ )

KRİTERLER	AĞIRLIK VEKTÖRÜ ( $w_j$ )
C	0,06
M	0,06
Y	0,06
K	0,06
C	0,06
M	0,06
Y	0,06
K	0,06
Stiffness Boy 5° L&W mNm	0,06
Stiffness En 5° L&W mNm	0,06
Kül % 525 °C	0,06
Kopma Mukavemeti Boy Nm/gr	0,06
Kopma Mukavemeti En Nm/gr	0,06
Contact Angel .WGS	0,06
Surface Energy ASTM D5946	0,06
TOPLAM	1,00

İdeal çözüm ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin en iyi performans değerlerinden oluşurken negatif ideal çözüm en kötü değerlerinden oluşmaktadır. İdeal çözümler aşağıda yazılan formülasyon kullanılarak hesaplanmaktadır. Her iki formülde de I fayda ya da kar (maksimizasyon), J ise maliyet (minimizasyon) değerini göstermektedir. Formülden elde edilen değerler şu şekildedir;

**Tablo.3.59.** Maksimum ve Minimum Değerleri ( $A^*$  ve  $A^-$ )

	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül. Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
IH1	0,654	0,590	0,451	0,456	0,212	0,505	0,431	0,326	0,507	0,354	0,477	0,475	0,475	0,422	0,470
IH2	0,082	0,520	0,502	0,240	0,425	0,454	0,473	0,343	0,338	0,354	0,462	0,427	0,427	0,415	0,476
IH3	0,147	0,355	0,381	0,228	0,598	0,450	0,496	0,339	0,507	0,354	0,422	0,422	0,422	0,440	0,453
IH4	0,079	0,342	0,440	0,238	0,391	0,382	0,406	0,557	0,507	0,707	0,395	0,427	0,427	0,490	0,405
IH5	0,733	0,372	0,454	0,791	0,513	0,437	0,424	0,592	0,338	0,354	0,474	0,481	0,481	0,464	0,429
A -	0,733	0,590	0,502	0,791	0,598	0,505	0,496	0,592	0,338	0,354	0,477	0,422	0,422	0,415	0,476
$A^*$	0,079	0,342	0,381	0,228	0,212	0,382	0,406	0,326	0,507	0,707	0,395	0,481	0,481	0,490	0,405

$$A^* = \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

Negatif ideal çözüm oluşturulabilmesi için ise aşağıdaki formül uygulanır.

$$A^- = \left\{ \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

$$A^* = \left\{ 0,079, 0,342, 0,381, 0,228, 0,212, 0,382, 0,406, 0,326, 0,507, 0,707, \right. \\ \left. 0,395, 0,481, 0,481, 0,490, 0,405 \right\}$$

$$A^- = \left\{ 0,733, 0,590, 0,502, 0,791, 0,598, 0,505, 0,496, 0,592, 0,338, 0,354, \right. \\ \left. 0,477, 0,422, 0,422, 0,415, 0,476 \right\}$$

Alternatifler arasında ayırım (uzaklık) ölçülür. Her alternatifin ideal çözümden olan uzaklığı aşağıdaki eşitlikteki gibi hesaplanır

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

$$S_1^* = \sqrt{(0,654 - 0,079)^2 + (0,590 - 0,342)^2 + (0,451 - 0,381)^2 + (0,456 - 0,228)^2} \\ + (0,212 - 0,212)^2 + (0,505 - 0,382)^2 + (0,431 - 0,406)^2 \\ + (0,326 - 0,326)^2 + (0,507 - 0,507)^2 + (0,354 - 0,707)^2 \\ + (0,477 - 0,395)^2 + (0,475 - 0,481)^2 + (0,475 - 0,481)^2 \\ + (0,422 - 0,490)^2 + (0,470 - 0,405)^2 = 0,778099465$$

$$S_1^- = \sqrt{(0,654 - 0,733)^2 + (0,590 - 0,590)^2 + (0,451 - 0,502)^2 + (0,456 - 0,791)^2 + (0,212 - 0,598)^2 + (0,505 - 0,505)^2 + (0,431 - 0,496)^2 + (0,326 - 0,592)^2 + (0,507 - 0,338)^2 + (0,354 - 0,354)^2 + (0,477 - 0,477)^2 + (0,475 - 0,422)^2 + (0,475 - 0,422)^2 + (0,422 - 0,415)^2 + (0,470 - 0,476)^2} = 0,615910233$$

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$$

$$C_1^* = \frac{0,615910233}{0,778099465 + 0,615910233} = 0,441826362$$

Formül ile oluşan sonuçta C1 değeri  $0 \leq C \leq 1$  aralığında yer alır ve C1 değerinin 1'e yakın olması ideal çözüme yakın olmasını ve 0'a yakınlığı ideal çözüme olan uzaklığı vermektedir. Formül tüm değişkenlere uygulandığında Tablo 3.60'ta belirlenen sonuç ortaya çıkmaktadır.

**Tablo 3.60.** Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlık sıralaması

	Si*	Si-	Ci	Sıra
IH1	0,778099465	0,615910233	0,441826362	4
IH2	0,525489938	0,909812401	0,633882058	2
IH3	0,551314865	0,911646773	0,623151523	3
IH4	0,308050014	1,01871823	0,767819274	1
IH5	1,037774928	0,27970774	0,212304683	5

### 3.6.2. A. Bristol Kartonlara Uygulanan TOPSİS Analizi

**Tablo.3.61.** Numuneler İçin Kriterlere Ait Karar Matrisi (A)

	Densite				ΔE farkları				Stiffness		Mukavemet				
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
AB1	3,45	19,15	85,71	4,00	3,58	3,56	20,21	3,20	34,5	18,2	27,1	25,27	17,43	61,80	42,70
AB2	2,42	16,79	80,85	1,92	2,79	2,88	19,97	0,76	35	22,5	25,54	25,88	17,85	62,10	42,60
AB3	1,43	18,25	87,31	0,59	1,14	2,98	22,20	0,82	46,9	21,6	11,35	25,44	17,54	80,70	35,90
AB4	4,20	22,54	86,36	3,43	1,71	3,99	21,46	3,08	34,6	19,8	24,2	25,18	17,37	81,40	35,60
AB5	4,96	17,99	84,33	6,90	1,35	2,11	21,00	1,54	53,1	26,4	14,68	25,44	17,54	65,80	41,30
AB6	2,17	15,94	87,30	0,58	3,07	4,33	19,97	3,21	57,3	27,4	12,55	25,88	17,85	76,30	37,50
AB7	3,65	16,79	90,15	2,35	1,06	2,39	22,35	2,73	59,9	27,5	11,63	25,61	17,66	72,40	38,90
MAX	4,96	22,54	90,15	6,90	3,58	4,33	22,35	3,21	59,90	27,50	27,10	25,88	17,85	81,40	42,70
MIN	1,43	15,94	80,85	0,58	1,06	2,11	19,97	0,76	34,50	18,20	11,35	25,18	17,37	61,80	35,60

**Tablo 3.62.** R Matrisi

	Densite				ΔE farkları				Stiffness		Mukavemet				
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
AB1	0,385	0,395	0,377	0,433	0,587	0,411	0,363	0,499	0,277	0,291	0,531	0,374	0,374	0,325	0,411
AB2	0,270	0,346	0,355	0,208	0,457	0,333	0,359	0,118	0,281	0,360	0,500	0,383	0,383	0,326	0,410
AB3	0,160	0,377	0,384	0,064	0,186	0,345	0,399	0,128	0,377	0,346	0,222	0,377	0,377	0,424	0,345
AB4	0,469	0,465	0,379	0,371	0,281	0,462	0,385	0,480	0,278	0,317	0,474	0,373	0,373	0,428	0,342
AB5	0,555	0,371	0,370	0,747	0,221	0,244	0,377	0,240	0,426	0,423	0,287	0,377	0,377	0,346	0,397
AB6	0,243	0,329	0,383	0,063	0,504	0,501	0,359	0,501	0,460	0,439	0,246	0,383	0,383	0,401	0,361
AB7	0,408	0,346	0,396	0,255	0,174	0,277	0,401	0,426	0,481	0,440	0,228	0,379	0,379	0,380	0,374

**Tablo.3.63.** Maksimum ve Minimum Değerleri (A\* ve A')

	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
AB1	0,385	0,395	0,377	0,433	0,587	0,411	0,363	0,499	0,277	0,291	0,531	0,374	0,374	0,325	0,411
AB2	0,270	0,346	0,355	0,208	0,457	0,333	0,359	0,118	0,281	0,360	0,500	0,383	0,383	0,326	0,410
AB3	0,160	0,377	0,384	0,064	0,186	0,345	0,399	0,128	0,377	0,346	0,222	0,377	0,377	0,424	0,345
AB4	0,469	0,465	0,379	0,371	0,281	0,462	0,385	0,480	0,278	0,317	0,474	0,373	0,373	0,428	0,342
AB5	0,555	0,371	0,370	0,747	0,221	0,244	0,377	0,240	0,426	0,423	0,287	0,377	0,377	0,346	0,397
AB6	0,243	0,329	0,383	0,063	0,504	0,501	0,359	0,501	0,460	0,439	0,246	0,383	0,383	0,401	0,361
AB7	0,408	0,346	0,396	0,255	0,174	0,277	0,401	0,426	0,481	0,440	0,228	0,379	0,379	0,380	0,374
A -	0,555	0,465	0,396	0,747	0,587	0,501	0,401	0,501	0,277	0,291	0,531	0,373	0,373	0,325	0,411
A *	0,160	0,329	0,355	0,063	0,174	0,244	0,359	0,118	0,481	0,440	0,222	0,383	0,383	0,428	0,342

**Tablo 3.64.** Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlık sıralaması

	Si*	Si-	Ci	Sıra
AB1	0,843355749	0,376696678	0,308754501	7
AB2	0,510356358	0,765797926	0,600082557	3
AB3	0,187442374	1,037519355	0,846981036	1
AB4	0,721947056	0,513696504	0,415731948	6
AB5	0,813274752	0,614398013	0,430349327	5
AB6	0,575835378	0,859040142	0,598686179	4
AB7	0,449044222	0,815022121	0,644762141	2

### 3.6.3. Kroma Kartonlara Uygulanan TOPSİS Analizi

**Tablo.3.65.** Numuneler İçin Kriterlere Ait Karar Matrisi (A)

	Densite				ΔE farkları				Stiffness			Mukavemet		MAX	MIN
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX		
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
KK1	12,30	81,82	14,81	0,61	1,58	3,83	21,96	3,71	5,3	2,7	32,24	35,19	24,27	63,20	42,20
KK2	4,86	19,72	84,44	3,87	2,78	2,35	21,95	2,85	7	3,1	27,06	36,38	25,09	77,30	37,10
MAX	12,30	81,82	84,44	3,87	2,78	3,83	21,96	3,71	7,00	3,10	32,24	36,38	25,09	77,30	42,20
MIN	4,86	19,72	14,81	0,61	1,58	2,35	21,95	2,85	5,30	2,70	27,06	35,19	24,27	63,20	37,10

**Tablo 3.66.** R Matrisi

	Densite				ΔE farkları				Stiffness			Mukavemet		MAX	MIN
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX		
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
KK1	0,930	0,972	0,173	0,157	0,494	0,853	0,707	0,792	0,604	0,657	0,766	0,695	0,695	0,633	0,751
KK2	0,368	0,234	0,985	0,988	0,869	0,523	0,707	0,610	0,797	0,754	0,643	0,719	0,719	0,774	0,660

**Tablo.3.67.** Maksimum ve Minimum Değerleri (A\* ve A')

	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
KK1	0,930	0,972	0,173	0,157	0,494	0,853	0,707	0,792	0,604	0,657	0,766	0,695	0,695	0,633	0,751
KK2	0,368	0,234	0,985	0,988	0,869	0,523	0,707	0,610	0,797	0,754	0,643	0,719	0,719	0,774	0,660
A -	0,930	0,972	0,985	0,988	0,869	0,853	0,707	0,792	0,604	0,657	0,766	0,695	0,695	0,633	0,751
A *	0,368	0,234	0,173	0,157	0,494	0,523	0,707	0,610	0,797	0,754	0,643	0,719	0,719	0,774	0,660

**Tablo 3.68.** Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlık sıralaması

	Si*	Si-	Ci	Sıra
KK1	1,045992342	1,221061834	0,538611669	1
KK2	1,221061834	1,045992342	0,461388331	2

### 3.6.4. Mat Kuşe Kağıtlara Uygulanan TOPSİS Analizi

**Tablo.3.69.** Numuneler İçin Kriterlere Ait Karar Matrisi (A)

	Densite				ΔE farkları				Stiffness		Mukavemet				
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
MK1	3,70	17,52	90,32	3,61	2,57	4,30	20,16	2,00	5,2	4,2	47,69	30,12	20,77	64,50	41,70
MK2	1,53	17,29	90,91	1,83	2,62	4,62	21,18	2,30	6,5	4,1	46,15	30,00	20,69	66,90	40,90
MK3	3,62	18,84	83,72	2,37	4,41	4,29	18,29	2,92	7	5,2	40,91	30,36	20,94	70,30	39,60
MK4	3,65	19,15	90,15	5,20	9,46	2,70	23,38	1,59	6,9	5	47,54	30,00	20,69	69,70	39,80
MAX	3,70	19,15	90,91	5,20	9,46	4,62	23,38	2,92	7,00	5,20	47,69	30,36	20,94	70,30	41,70
MIN	1,53	17,29	83,72	1,83	2,57	2,70	18,29	1,59	5,20	4,10	40,91	30,00	20,69	64,50	39,60

**Tablo 3.70.** R Matrisi

	Densite				ΔE farkları				Stiffness		Mukavemet				
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
MK1	0,568	0,481	0,508	0,516	0,232	0,531	0,484	0,443	0,404	0,452	0,522	0,500	0,500	0,475	0,515
MK2	0,234	0,475	0,512	0,261	0,237	0,570	0,508	0,510	0,505	0,441	0,505	0,498	0,498	0,493	0,505
MK3	0,556	0,517	0,471	0,338	0,399	0,530	0,439	0,647	0,543	0,559	0,448	0,504	0,504	0,518	0,489
MK4	0,560	0,526	0,507	0,743	0,855	0,334	0,561	0,353	0,536	0,538	0,521	0,498	0,498	0,513	0,491

**Tablo.3.71.** Maksimum ve Minimum Değerleri (A\* ve A<sup>-</sup>)

	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
MK1	0,568	0,481	0,508	0,516	0,232	0,531	0,484	0,443	0,404	0,452	0,522	0,500	0,500	0,475	0,515
MK2	0,234	0,475	0,512	0,261	0,237	0,570	0,508	0,510	0,505	0,441	0,505	0,498	0,498	0,493	0,505
MK3	0,556	0,517	0,471	0,338	0,399	0,530	0,439	0,647	0,543	0,559	0,448	0,504	0,504	0,518	0,489
MK4	0,560	0,526	0,507	0,743	0,855	0,334	0,561	0,353	0,536	0,538	0,521	0,498	0,498	0,513	0,491
A -	0,568	0,526	0,512	0,743	0,855	0,570	0,561	0,647	0,404	0,441	0,522	0,498	0,498	0,475	0,515
A *	0,234	0,475	0,471	0,261	0,232	0,334	0,439	0,353	0,543	0,559	0,448	0,504	0,504	0,518	0,489

**Tablo 3.72.** Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlık sıralaması

	Si*	Si-	Ci	Sıra
MK1	0,5158634	0,70021839	0,575798763	2
MK2	0,32722688	0,871755654	0,727079527	1
MK3	0,514041289	0,656978479	0,561031075	3
MK4	0,866139252	0,414216563	0,323516758	4



### 3.6.5. Parlak Kuşe Kağıtlara Uygulanan TOPSİS Analizi

**Tablo.3.73.** Numuneler İçin Kriterlere Ait Karar Matrisi (A)

	Densite				ΔE farkları				Stiffness		Mukavemet				
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
PK1	3,25	17,76	84,06	3,80	0,83	2,16	21,02	1,46	4	3,5	49,91	30,61	21,11	60,50	43,20
PK2	5,76	18,66	83,82	3,61	2,90	2,58	21,07	1,97	5,8	4,5	49,1	30,61	21,11	63,00	42,30
PK3	2,14	15,83	87,79	2,31	0,63	1,88	22,72	1,15	6,3	4,7	47,46	30,36	20,94	65,10	41,50
PK4	2,63	19,21	88,65	2,17	0,61	3,30	22,54	0,48	5,8	4,8	50,59	29,76	20,53	67,50	40,60
PK5	2,63	15,79	86,03	3,76	4,39	3,59	18,95	3,13	3,9	3,2	50,1	29,76	20,53	68,80	40,20
PK6	0,67	17,11	83,69	2,76	0,74	2,20	20,35	1,58	6	4,3	41,3	30,99	21,37	68,40	40,30
MAX	9,17	15,69	65,26	5,79	3,24	2,74	12,76	2,74	0,60	0,40	24,43	95,32	65,73	96,40	35,50
MIN	0,99	9,09	49,48	1,67	1,15	2,07	10,46	1,51	0,40	0,20	20,25	83,67	57,70	81,60	30,20

**Tablo 3.74.** R Matrisi

	Densite				ΔE farkları				Stiffness		Mukavemet				
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
PK1	0,410	0,416	0,400	0,494	0,152	0,328	0,406	0,328	0,303	0,339	0,423	0,412	0,412	0,376	0,426
PK2	0,728	0,437	0,399	0,469	0,533	0,391	0,407	0,442	0,439	0,436	0,416	0,412	0,412	0,392	0,417
PK3	0,271	0,371	0,418	0,300	0,116	0,286	0,439	0,258	0,477	0,456	0,402	0,408	0,408	0,405	0,410
PK4	0,333	0,450	0,422	0,282	0,111	0,501	0,435	0,107	0,439	0,465	0,429	0,400	0,400	0,420	0,401
PK5	0,333	0,370	0,410	0,488	0,806	0,545	0,366	0,702	0,296	0,310	0,424	0,400	0,400	0,428	0,397
PK6	0,085	0,400	0,399	0,358	0,135	0,333	0,393	0,355	0,455	0,417	0,350	0,417	0,417	0,426	0,398

**Tablo.3.75.** Maksimum ve Minimum Değerleri (A\* ve A')

	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	St. Boy	St. En	Kül Mik.	Kop. Muk. Boy	Kop. Muk. En	C.A.	S.E.
PK1	0,410	0,416	0,400	0,494	0,152	0,328	0,406	0,328	0,303	0,339	0,423	0,412	0,412	0,376	0,426
PK2	0,728	0,437	0,399	0,469	0,533	0,391	0,407	0,442	0,439	0,436	0,416	0,412	0,412	0,392	0,417
PK3	0,271	0,371	0,418	0,300	0,116	0,286	0,439	0,258	0,477	0,456	0,402	0,408	0,408	0,405	0,410
PK4	0,333	0,450	0,422	0,282	0,111	0,501	0,435	0,107	0,439	0,465	0,429	0,400	0,400	0,420	0,401
PK5	0,333	0,370	0,410	0,488	0,806	0,545	0,366	0,702	0,296	0,310	0,424	0,400	0,400	0,428	0,397
PK6	0,085	0,400	0,399	0,358	0,135	0,333	0,393	0,355	0,455	0,417	0,350	0,417	0,417	0,426	0,398
A -	0,728	0,450	0,422	0,494	0,806	0,545	0,439	0,702	0,296	0,310	0,429	0,400	0,400	0,376	0,426
A *	0,085	0,370	0,399	0,282	0,111	0,286	0,366	0,107	0,477	0,465	0,350	0,417	0,417	0,428	0,397

**Tablo 3.76.** Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlık sıralaması

	Si*	Si-	Ci	Sıra
PK1	0,512073776	0,847491996	0,623354907	4
PK2	0,87377065	0,453428558	0,34164318	5
PK3	0,25905191	1,024195908	0,798127917	1
PK4	0,357271794	1,042255811	0,744719724	3
PK5	1,034731575	0,414033547	0,285783762	6
PK6	0,273958244	1,047588846	0,792698841	2



## 4. SONUÇLAR

### 4.1 Sonuçlar

Yüzey temas açısı ve yüzey enerjisinin numerik değerleri ile densite değerlerinde farklılık olsa da yönelim olarak densite değeri ile artış ve azalış yönlerinin aynı doğrultuda olmaktadır.

Perdah miktarı, kağıdın beyazlık miktarını doğrudan ve aynı yönde etkilediği ölçümler sonucunda görülmüştür.

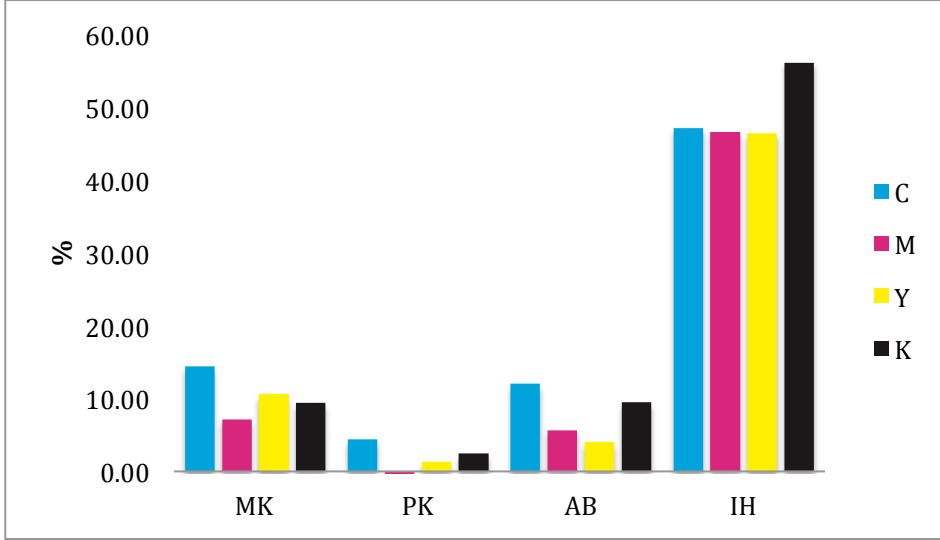
I. Hamur kağıtların beyazlık değeri, baskı sonrasında gerçekleştirilen ışık haslığı testinden sonra renklerde oluşan delta E değerlerini doğrudan etkilemektedir. Beyazlık oranı yüksek olan kağıtlarda ışık haslığı sonrası oluşan fark, düşük olan kağıtlara göre daha fazladır. Aynı zamanda perdah miktarı da beyazlık değeri ile aynı eğilimde bir sonuç verdiği için perdah oranında fazla olması ışık haslığında mürekkebin solmasını arttırdığı böylelikle delta E değerini arttırdığı sonucuna ulaşılmaktadır.

I. Hamur kağıtların sarılık değeri baskı sonrasında gerçekleştirilen ışık haslığı testinden sonra renklerde oluşan delta E değerini doğrudan etkilemektedir. Sarılık değeri yüksek olan kağıtlarda baskı sonrası ışık haslığı delta E farkı yüksek, düşük olan kağıtlar da düşük olduğundan paralel bir eğilim göstermektedir.

Kağıt Kopma mukavemeti testi en ve boy olarak incelendiğinde ölçüm değerleri birbiri ile paralel bir eğilim sergilemekle birlikte baskı sonrası ışık haslığı delta E değerleri ile tam ters bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Kopma mukavemet değeri yüksek olan kağıtlara baskısı gerçekleştirilen CMYK ve RGB renklerin ışık haslığı sonrası delta E değeri düşük, kopma mukavemeti düşük olan kağıtlarda ise delta E değeri yüksek olmaktadır.

Kağıt stiffness testi en ve boy olarak incelendiğinde ölçüm değerleri birbiri ile paralel bir eğilim sergilemekle birlikte baskı sonrası ışık haslığı delta E değerleri ile paralel sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Stiffness değeri yüksek olan kağıtlara uygulanan CMYK renk baskılarının ışık haslığı sonrası delta E değeri yüksek, stiffnes düşük olan kağıtlarda ise delta E değeri düşük olduğu tespit edilmiştir.

Baskı sonrası tüm renklerde oluşan solmaların aynı zamanda IGT mürekkepleme zamanı testi ile bağlantılı olduğu gözlemlenmiştir. IGT m/sn değeri yüksek olan kağıtlarda ışık haslığı sonrası delta E değerleri düşük olduğu tespit edilmiştir.



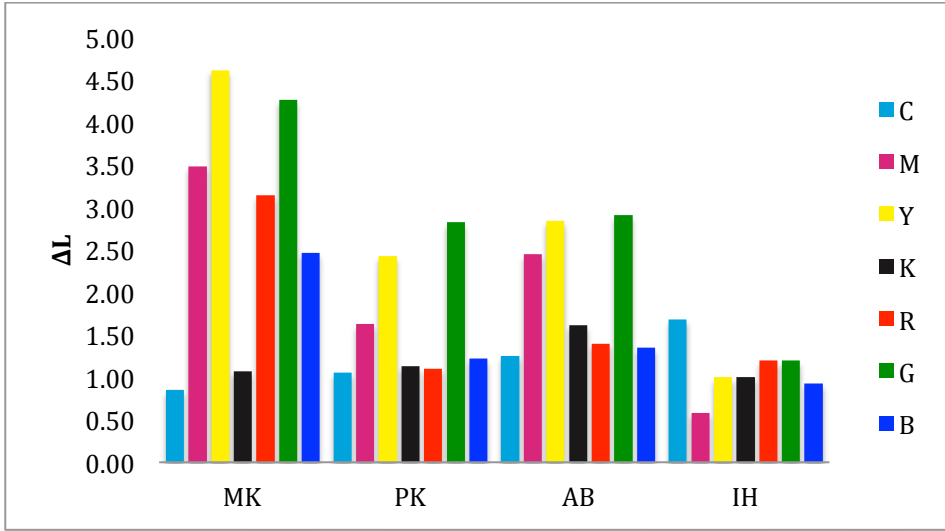
**Şekil 4.1.** Işık haslığı sonrası zeminton yoğunluğu yüzdesel farkı

Yüzey pürüzlülüğü yüksek olan kağıtlarda tüm proses renklerde zemin ton yoğunluğu yüzdesel olarak fark yüksek olurken, yüzey pürüzlülüğü düşük olan kağıtlarda zemin ton yoğunluğunda yüzdesel fark düşük olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.1’ de görüldüğü gibi numuneler arasında yüzey pürüzlülüğü en düşük olan parlak kuşe kağıtlarda en az farkın oluştuğu sonucu tespit edilmiştir.

Amerikan Bristol kağıtların beyazlık oranı baskı sonrasında gerçekleştirilen ışık haslığı testinden sonra renklerde oluşan delta E farklarını doğrudan etkilemektedir. Beyazlık oranı yüksek olan kağıtlarda ışık haslığı sonrası fark, düşük olan kağıtlara göre daha fazladır. Aynı zamanda perdah miktarı da beyazlık değeri ile aynı eğilimde bir sonuç verdiği için perdah oranında fazla olması ışık haslığında mürekkebin solmasını arttırdığı böylelikle delta E değerinin arttırdığı sonucuna varılmaktadır.

A. Bristol kağıtların sarılık değeri baskı sonrasında gerçekleştirilen ışık haslığı testinden sonra renklerde oluşan delta E değerini doğrudan etkilemektedir. Sarılık değeri yüksek olan kağıtlarda baskı sonrası ışık haslığı delta E yüksek, düşük olan kağıtlar da düşük olduğundan paralel bir eğilim göstermektedir.

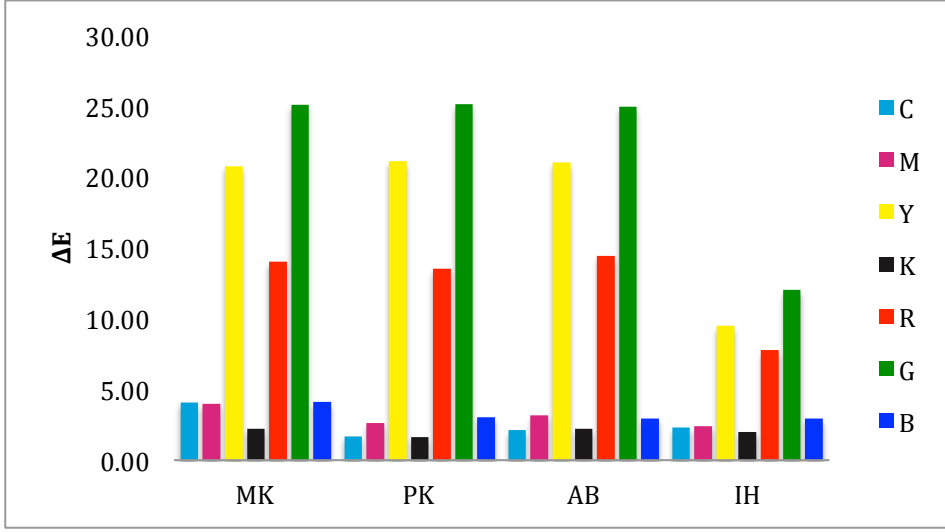
Mat Kuşe Kağıt Kopma mukavemeti testi en ve boy olarak incelendiğinde ölçüm değerleri birbiri ile paralel bir eğilim sergilemekle birlikte baskı sonrası ışık haslığı delta E değerleri ile tam ters bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Kopma mukavemet değeri yüksek olan kağıtlarda ışık haslığı sonrası delta E değeri düşük, kopma mukavemeti düşük olan kağıtlarda ise delta E değeri yüksek olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 4.2.** Işık haslık sonrası Lightness değer farkı

Test baskılarında kullanılan tüm renklerin ışık haslığı öncesi ve sonrası mürekkep delta L değerleri Şekil 4.2' de gösterilmektedir. Oluşan sonuçlarda şekilde de görüldüğü gibi yüzey pürüzlülüğü yüksek olan kağıtlarda delta L değeri düşük , fakat yüzey pürüzlülüğü düşük olan kağıtlarda delta L değeri yüksek olduğu tespit edilmiştir. Mürekkebin lightness değer farkını veren delta L değeri, yüzeyi düzgün olan kağıtlarda mürekkebin lightness özelliğinde fazla değer kaybı olduğu, yüzeyi daha pürüzlü kağıtlarda ise az değer kaybı olduğu tespit edilmiştir.

Parlak Kuşe Kağıt esmene testi en ve boy olarak incelendiğinde ölçüm değerleri birbiri ile paralel bir eğilim sergilemekle birlikte baskı sonrası ışık haslığı delta E değerleri ile paralel eğilimli sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Esneme değeri yüksek olan kağıtlarda ışık haslığı sonrası delta E değeri yüksek, esneme düşük olan kağıtlarda ise delta E değeri düşük olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 4.3.** Işık haslık sonrası C, M, Y, K, R, G, B  $\Delta E$  değerleri

Test baskılarında kullanılan tüm renklerin ışık haslığı öncesi ve sonrası mürekkep deltaE değerleri Şekil 4.3’ de gösterilmektedir. Oluşan sonuçlarda şekilde de görüldüğü gibi yüzey pürüzlülüğü yüksek olan kağıtlarda delta E değeri düşük, fakat yüzey pürüzlülüğü düşük olan kağıtlarda delta E değeri yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sarı rengin delta E değerinde tüm renklerde oluşan farkın tüm kağıt türlerinde diğer renklere göre yüksek oluşması kullanılan mürekkebin ışık haslığının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda diğer sarı renk kombinasyonu ile oluşan diğer yeşil ve kırmızı ara tonlarında da solmalardaki delta E değeri yüksek değere sahiptir. Düzgün yüzeye sahip mat kuşelenmiş kağıtta tüm renklerde delta E değeri yüksek, mat kuşelenmiş kağıtlara göre pürüzlü olan I. Hamur kağıtlarda ise delta E tüm renklerde düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Pürüzlülüğü yüksek olan kağıtlar üzerine yapılan baskılarda yapısal özelliklerindeki farklılıklardan dolayı tüm renklerde ışık haslığı sonrası renk değişimi, pürüzlülüğü az olan kağıtlara oranla düşük olacaktır.

I. Hamur kağıtlara uygulanan topsis analizi neticesinde IH4 kodlu numune ideal olduğu sonucunu vermektedir. En ideal kağıdın minimum kül miktarına sahip olduğu görülmektedir. Yine topsis uygulamasından ideale en uzak kağıt IH5 olduğu kül miktarının ise bu numunede maksimum olduğu ve uygulamanın sonucunun tutarlılığını göstermektedir.

A. Bristol kağıtlara uygulanan topsis analizi neticesinde ideal sonucun AB3 kodlu numunedir. AB3 numunesinin minimum kül miktarına sahip olduğu da görülmektedir.

Yine topsis uygulamasından ideale en uzak kağıt AB7 olduğu kül miktarının ise bu numunede maksimum olduğu ve uygulamanın sonucunun tutarlılığını göstermektedir.

Topsis yönteminin uygulandığı kuşelenmiş kağıtlar incelendiğinde, mat kuşe kağıtlar arasında ideal olan MK2 kodlu numune olduğu, kağıt parlaklık değeri ile karşılaştırıldığında minimum parlaklık değeriine sahip olduğu, parlak kuşe kağıtlarda ideal olan PK3 kodlu numune olduğu ve kağıt parlaklık değeri ile numuneler arasında karşılaştırıldığında minimum değere sahip olduğu tespit edilmiştir.



## 4.2 Öneriler

Kuşelenmiş kağıtlar üzerine baskı uygulamaları sonrasında mürekkebin istenilen düzeyde olması için, kağıt parlaklık değeri düşük olan baskı altı malzemeleri tercih edilmelidir.

Kuşelenmemiş yüzeye sahip kağıtlara yapılan baskılarda mürekkebin daha geç solması isteniyorsa bu kağıtların seçiminde düşük kül miktarına sahip kağıtlar olmasına dikkat edilmelidir.

Kağıdın yüksek sarılık (yellowness) değeri baskı sonrası mürekkep filmindeki renk değişimine geciktirici etki yaptığından basılmış renklerde yüksek ışık haslığı isteniyorsa yüksek sarılık değerine sahip kağıtlar tercih edilmelidir.

Kağıdın beyazlık değerinin yüksek olması, mürekkep filmi renginin ışık haslığını düşürücü etki yaptığından ışık haslığının yüksek olmasının istendiği baskılarda beyazlık değeri yüksek kağıtlar tercih edilmemelidir.

Kağıt ve kartonların farklı fiziksel özellikleri, optik özelliklerine ve kullanılan kimyasal madde miktarları değiştirilerek basılabilirlik özellikleri artırılabilir.

Kağıt ve kartonların nem miktarlarının artırılmasının baskı sonrası ışık haslık değerleri üzerine etkileri incelenebilir.

Farklı baskı altı malzemeleri üzerinde oluşan mürekkep yoğunlukları ve baskı basınç değişiklikleri ile renk evrenleri çeşitli test metotları ile karşılaştırılabilir.

Farklı selüloz tipleri ile oluşturulan kağıtların özellik değişimleri sonucu mürekkep tutunmasına etkileri incelenebilir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri ile baskı sonrası oluşan değer neticesinde ideal kağıt ve kartonlar tespit edilebilir.



## KAYNAKLAR

- [1] Anderson, M. (2007). Color Measurements on Prints Containing Florescent Whitening Agents Proc., Color Imaging 12. Processing, Hardcopy and Apl.
- [2] Yoshihiko, A. (2003). A Three Component Model Based on Linear Color Addition in Halftones. Journal of Imaging Science and Technology, cilt 47, s.64
- [3] Kipphan, H., (2001), Handbook of Print Media Technologies and Production Methods, Almanya, s.84,154, 302,308,420.
- [4] Hill, B., (2003), Control Algorithms for 6-Primary Displays. P. PICS
- [5] Aydemir, C. Karademir, A., İmamoğlu, S., Effect of filler content and coating on the water and oil based ink int. with paper surface, Int. journal of Poly. Materials, cilt.59, s.900.
- [6] Yule, J. (1953), Effect of Multiple Internal Reflections on the Densities of Half-Tone Prints on Paper. Journal of the Optical Society of America, cilt 43, s.602
- [7] Gary G., (1999), Color and Its reproduction. II. baskı. GATFP, ISBN 0-88362-201-7.
- [8] Sasan, G., (2001). High Quality Frequency Modulated Halftoning. PhD Thesis, Sweden.
- [9] UPM, (2011), Making Paper, Handbook, Helsinki, Finland.
- [10] Aydemir, C., Özomay, Z., Karademir A., Arman, E., (2012). Effects of matte coating on the paper surface and print density. Science and Engineering of Composite Materials. Cilt 20. S. 141-145.
- [11] Jan, M., (2008). Color Gamut Mapping. John W. and S., ISBN 978-0-470-03032-5.
- [12] Kirwan, M.J., (2013), Handbook of Paper and Paperboard Packaging Technology, Willey-Blackwell, ISBN 978-0-470-67066-8, London, UK.
- [13] Almers, M., Arvidson S., (2014), The difference between fine paper and paperboard, Master's Thesis, Chalmers University of Technology, Sweden.
- [14] ISO, (2013), ISO 12647-2 Grafik Teknolojisi, Bölüm 2, Ofset baskı prosesi.
- [15] <https://www.iggesund.com/globalassets/iggesund-documents/paperboard-documents/iggesund-anchor-material/reference-manual/reference-manual-from-forest-to-market.pdf> Erişim Tarihi : 2015

- [16] Thompson, B., (2004), Baskı materyalleri: Bilim ve Teknoloji, II. Baskı, İngiltere.
- [17] Bernard, G., (2005). Relationship between microgloss nonuniformity and surface texture of paper, Master's Thesis, Department of Chemistry, Toronto.
- [18] Windle, W., (1973), The relationship between gloss and surface microstructure of coatings, TAPPI.
- [19] Ichihashi, (2000), Influence of ultra fine surface profile to sheet and print gloss of coated paper”, TAPPI Coating Conference.
- [20] Holik H., (2006), Handbook of Paper and Board, Willey, John&Sons Inc.
- [21] Williams, C. (2001), Printing Ink Technology, Pira Int.
- [22] TAPPI (2002), TAPPI T 410, Kağıt ve Karton gramajı standart.
- [23] TAPPI (1999), TAPPI T 555 , Kağıt ve karton Yüzey Pürüzlülüğü standart.
- [24] Parsons, J., (2001), The Printability of Coated Papers with Controlled Microstructure”, Paper Technology.
- [25] ISO (2005), ISO Standard 8791-2 “Paper and Board Roughness-smoothness.
- [26] Chinga, G., (2003), Relationships between the Coating Surface Structural Variation and Print Quality, Journal of Pulp and Paper Science.
- [27] Bennett, J. M., (2000), Effect of Local Microroughness on the Gloss Uniformity of Printed Paper Surfaces”, A.Optic.
- [28] Şahinbaşkan T., (2008), Renk Yönetiminde Kullanılan Standart ICC Profillerinin Türkiye’de Oluşturulmuş Bazı Profiller ile Karşılaştırılması, Politeknik Dergisi.
- [29] Chen, T. (2012). “The influence of coating structure on sheet-fed offset ink setting rates,” MS thesis, Western Michigan University, Department of Paper Engineering, USA.
- [30] Aydemir, C., Özakhun, Ş.C., (2014) Matbaa Malzeme Bilimi, Marmara Üniversitesi Yayınları, ISBN:978-975-400-314-7, İstanbul.
- [31] [www.packtest.com/product-cobb\\_tester.html](http://www.packtest.com/product-cobb_tester.html) Erişim Tarihi : 2015
- [32] İmamoğlu S.,Karademir A,Peşman E.,Aydemir C.,Atik C., (2013), Effects of Flotation Deinking on the Removal of Main Colors of Oil-Based Inks from Uncoated and Coated Office Papers. BioResources.

- [33] Güngör F., Özomay Z., (2015), Farklı Özellikteki Kartonlar Arasından, Karton Ambalaj Üretimine Uygun Seçeneğin, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Belirlenmesi, I. Uluslararası Basım Teknolojileri Sempozyumu, İstanbul.
- [34] Panpan, L., (2014), Properties and Printing Performance of Light-Weight Paper, Chemical Engineering, Saima University, Finland.
- [35] Jeon, S.J., (2002), Mechanisms of Print Gloss Development with Controlled Coating Structure , Msc. Thesis, Maine University.
- [36] Yam, K. L., (2009), Encyclopedia of Packaging Technology, John Wiley & Sons, London, UK.
- [37] Bhat, R., (2012), Effect of Screen Ruling on Dot gain in self adhesive labels, International Journal of Advanced Engineering Research and Studies.
- [38] BS ISO 12040:1997: Graphic technology, Prints and printing inks, Assessment of light fastness using filtered xenon arc light.
- [39] Cheng E.W.L. and Li H. (2004), Contractor Selection Using The Analytic Network Proces, Construction Management and Economics, Volume:22, s.1021-1032
- [40] Büyükgebiz, E. (2013). Ülke performanslarının gri ilişkisel analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. Yayımlanmış yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- [41] Başdeğirmen, A., (2013), Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Finansal Performans Analizi ve Bir Uygulama, Süleyman Demirel Ü. Sos.Bil. Enst. İşl. Anabilim Dalı.
- [42] Bektaş, H., Tuna, K., Borsa İstanbul Gelişen İşletmeler Piyasası'nda İşlem Gören Firmaların Gri İlişkisel Analiz ile Performans Ölçümü.
- [43] Ömürbek, N., Demirci, N., Akalin, P., (2013), Analitik Ağ Süreci ve Topsis Yöntemleri ile Bilimdalı Seçimi, Journal of AcademicResearches and Studies.
- [44] Maikaew P. and Yanpirat P., (2012), Stochastic TOPSIS Employment in Stock Ranking for the Stock Exchange of Thailand, The International Conference on Business and Management.

- [45] Ertuğrul, İ., Özçil, A., (2014), Çok kriterli karar vermede Topsis ve Vikor yöntemleriyle klima seçimi”, Journal of the faculty of economics and administrative sciences, ss.267-282, vol.4, S.1, Çankırı.
- [46] Wei, J., (2012), TOPSIS Method for Multiple Attribute Decision Making with Incomplete Weight Information in Linguistic Setting, Journal of Convergence Information Technology..
- [47] Güngör, F., “ Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, TOPSİS” M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Ders Notları, İstanbul, 2015.





**EKLER**

# EK-1



## **ÖZGEÇMİŞ**

1982 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2001 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Eğitimi Bölümü'nü kazandı. 2005 yılında bölümden mezun olup aynı yıl M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans programına başladı. "IGT Test Baskı Makinesi ile Ofset Baskı Makinesi Arasındaki Renk Uyumu için Optimum Prosedürün Hazırlanması" adlı çalışması ile yüksek lisansını 2009 yılında tamamlayıp aynı yıl doktora çalışmalarına başladı. 2006 yılında da M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı olarak Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Eğitimi Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başlamış ve 2015 yılı itibariyle Marmara Üniversitesi U.B.Y.O. Basım Teknolojileri bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmalarına devam etmektedir.

**Aralık, 2016**

**Zafer ÖZOMAY**