T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GERİ DÖNÜŞÜMLÜ KÂĞITLARA UYGULANAN KUŞENİN BARİYER ÖZELİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Nuray ACAR

DANIŞMAN
Prof. Dr. Gülten GÜRDAĞ

II. DANIŞMAN
Prof. Dr. Celil ATİK

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimyasal Teknolojiler Programı

İSTANBUL, 2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Nuray ACAR tarafından, **Prof. Dr. Gülten GÜRDAĞ** danışmanlığında hazırlanan **"Geri Dönüşümlü Kâğıtlara Uygulanan Kuşenin Bariyer Özeliklerinin Geliştirilmesi"** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından **09/06/2022** tarihinde yapılan sınav sonucunda **oy birliği** ile başarılı bulunarak **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

		İmza	**Sonuç**
DANIŞMAN	Prof. Dr. Gülten GÜRDAĞ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Kimyasal Teknolojiler Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Prof. Dr. Gülnur MERTOĞLU ELMAS İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Dr. Öğr. Üyesi Merve ENGİN DEMİROK İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve bilimsel etik kuralları içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve her türlü hukuki sorumluluğu aldığımı kabul ederim.

Nuray ACAR

(İmza)

Canım aileme ithaf ediyorum…

BÜTÇE DESTEKLERİ

GERİ DÖNÜŞÜMLÜ KÂĞITLARA UYGULANAN KUŞENİN BARİYER ÖZELİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Bu tez çalışması için Üniversite-Sanayi iş birliği kapsamında Modern Karton San. ve Tic. A.Ş. ve İ.Ü.C. Orman Fakültesi arasında ortak yürütülen projenin bir parçası olarak destek alınmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya başlarken ve tez süreci içerisinde bana rehberlik eden Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Gülten GÜRDAĞ'a, sonsuz sabır ve anlayışla bir hayalimi gerçekleştirmemi sağlayan II.Danışman Hocam, Sayın Prof. Dr. Celil ATİK'e, görüşlerinden yararlandığım hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Öznur ÖZDEN'e, temas açısı ölçümlerinde destek oldukları için Sayın Prof. Dr. Hüseyin DELİGÖZ ve Sayın Arş.Gör. Ayça ERGÜN'e, yardımlarından dolayı Sayın Arş.Gör. Oğuz YÜCEL'e çok teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında kullandığım malzemeler konusunda destek olan ve birlikte çalışmaktan her zaman mutluluk duyduğum Modern Karton'a ve Sayın Duygu BAĞBAKAR ORHAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışma sürecinde, olumlu ve içten yaklaşımları ve yardımları ile yanımda olan Sayın Sinem LÂLOĞLU, Sayın Alper ERTÜRK, Sayın Kemâl PARLAK'a teşekkürlerimi sunarım.

İsteğine ulaşmak için inançla yola devam etmeyi öğreten canım annem Cemile ACAR ve canım rahmetli babam Sefer ACAR'a, hayatım boyunca varlıklarından ve desteklerinden gurur duyduğum değerli abim, ablalarım, kardeşlerim ve canım yeğenlerime sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs 2022 Nuray ACAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI ..... **ii**
BEYAN ..... **iii**
BÜTÇE DESTEKLERİ ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **x**
TABLO LİSTESİ ..... **xiii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvii**
ABSTRACT ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE **3**
2.1. Kuşenin Amacı ve Kuşeli Kâğıdın Yapısı 4
2.2. Kuşe Boyası Formülasyonu ve Hazırlanması 6
2.2.1. Pigment 6
2.2.2. Bağlayıcılar 9
2.2.3. Kıvamlaştırıcı 9
2.2.4. Diğer katkı maddeleri 9
2.2.5. Su 10
2.2.6. Bazı Kuşe Boyası Örnekleri 10
2.2.7. Viskozite 11
2.2.8. Reoloji 11
2.2.9. Kayma oranı, $\dot{\gamma}$ 12
2.2.10. Kayma gerilimi, τ 12
2.2.11. Viskoelastik 13
2.2.12. Psödoplastik 13
2.2.13. Akma gerilimi 13
2.2.14. Akma noktası 13

2.2.15. Faz açısı, δ 14
2.2.16. Deformasyon 14
2.3. Uygulama yapılan tabakanın kuşe karışım ile kimyasal uyumluluğu 15
2.4. Kâğıdın Bariyer ve Direnç Özelikleri 16
2.5. Penetrasyon Mekanizması 17
2.6. Kâğıt ve Karton için Kâğıt-Sıvı İlişkileri 17
2.7. Kâğıdın Optik Özelikleri 18
2.7.1. Parlaklık 18
2.7.2. Beyazlık 20
2.8. Kuşe Boyası Hazırlamada Kesintili ve Sürekli proses 20
2.9. Kuşeleme prosesi 20
2.10. Kurutma 22
3. YÖNTEM 24
3.1. Malzeme 24
3.1.1. Temel Kâğıt 24
3.1.2. Pigment 24
3.1.3. Katkı Maddeleri 24
3.2. Yöntem 25
3.2.1. Kuşe Boyasının Özeliklerinin Belirlenmesi 25
3.2.2. Kâğıt Özeliklerinin Belirlenmesi 32
4. BULGULAR 42
4.1. Uygulama 42
4.1.1. Kuru Madde Sonuçları 42
4.1.2. Kuşe Boyası Formülasyonları 42
4.1.3. Kuşe Boyası pH Değeri 43
4.1.4. Viskozite Sonuçları 43
4.1.5. Reoloji Sonuçları 44
4.2. Fiziksel Özelikler 49
4.2.1. Gramaj 49
4.2.2. Kalınlık 51
4.2.3. Patlama Direnci 51
4.2.4. Halka Ezilmesi 53
4.2.5. Kısa Mesafe Sıkıştırma Testi 54
4.2.6. Hava Geçirgenliği (Gurley) 55

4.2.7. Temas Açısı 56
4.2.8. Yağ Direnci – Yüzey İticilik Testi Sonuçları 59
4.2.9. Su Emiciliği 59
4.2.10. Yüzey Özeliklerinin Belirlenmesi (Dennison Mum Testi) 60
4.2.11. Leke Analizleri 61
4.3. Kimyasal Testler 63
4.3.1. Kül Tayini 63
4.4. Optik Ölçüm Sonuçları 64
4.4.1. Kuşe boyası pigmentleri için optik ölçümler 64
4.4.2. Uygulama yapılan kâğıt örnekleri için optik ölçümler 65
5. TARTIŞMA 75
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 83
KAYNAKLAR 86
EKLER 90
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI 91
ETİK KURUL İZİN YAZISI 92
KURUM İZNİ YAZILARI 93
PATENT HAKKI İZNİ 94
ÖZGEÇMİŞ 95

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Kâğıt ve karton üretimi (FAO, 2021). 1

Şekil 2.1: İki kat kuşe uygulanmış kâğıtta yüzey değişimi. 3

Şekil 2.2: Kuşeli kâğıdın yüzey görüntüsü (Järvenpää, 2007). 4

Şekil 2.3: Çalışılabilirliği etkileyen faktörler (Lehtinen, 2000). 5

Şekil 2.4: Kaolinin elektriksel yükleri (Järvenpää, 2007). 7

Şekil 2.5: Farklı sıvıların akış ve viskozite eğrileri (Schramm, 1994) 11

Şekil 2.6: Newtonian akışı gösteren akış eğrisi (Schramm, 1994). 12

Şekil 2.7: Kayma gerilimi, kayma oranı ve viskozite. 13

Şekil 2.8: Temas açısı (Scott vd., 1995) 16

Şekil 2.9: Beyazlık ve parlaklık hesabında kullanılan tayf aralığı. 18

Şekil 2.10: Işık ölçüm geometrileri (Pritchard, 2012) 19

Şekil 2.11: Doğrudan uygulama için kullanılan jet aplikatör (Voith) (Holik, 2006). 21

Şekil 2.12: Film press (Voith)(Holik, 2006). 22

Şekil 3.1: Spektrofotometre cihazı (Elrepho 070) 26

Şekil 3.2: Toz optik özelik ölçüm hücresi. 1a ve 1b boş hali, 2 pigment dolu hücre. 26

Şekil 3.3: Mekanik karıştırıcı (IKA RW 20) 27

Şekil 3.4: Viskozimetre (Brookfield LVDV-II+). 28

Şekil 3.5: Reometre (Haake RheoStress 1). 28

Şekil 3.6: Tiksotropi ölçüm koşullarında kayma geriliminin zamanla değişimi. 29

Şekil 3.7: Çalışmada kullanılan "K202 Control Coater" laboratuvar tipi kaplama makinesi. . 32

Şekil 3.8: Üniversal test cihazı (Zwick/Roell) patlama testi ünitesi. 34

Şekil 3.9: Çalışmada kullanılan (Zwick/Roell) üniversal test cihazı halka ezilmesi testi. 35

Şekil 3.10: Üniversal test cihazı (Zwick/Roell) kısa mesafe sıkıştırma testi ünitesi. 36

Şekil 3.11: Dennison mum testi malzemeleri. 37

Şekil 3.12: Çalışmada kullanılan su emiciliği test cihazı (TAPPI, 2009). 38

Şekil 3.13: Çalışma için hazırlanan ve kullanılan yağ direnci test kiti. 38

Şekil 3.14: Yağ geçiren bazı örnekler için yağ direnci görüntüleri. 39

Şekil 3.15: Yağ geçirmeyen 15 s sonrası görüntü örneği. 39

Şekil 3.16: Temas açısı test cihazı. 40

Şekil 3.17: Image J programından örnek bir görüntü. 41

Şekil 4.1: Kuşe boyaları viskozitesinin katı madde oranı ile değişimi. 44

Şekil 4.2: Kuşe boyasının tiksotropik özelikleri. 45

Şekil 4.3: Kuşe boyalarının akış eğrileri. 46

Şekil 4.4: Kuşe boyalarının viskozite eğrileri. 46

Şekil 4.5: A1, A2, B ve Bb1 kuşe boyası örneklerine ait genlik taraması. 47

Şekil 4.6: A1, A2, B ve Bb1 kuşe boyası örneklerine ait frekans taraması. 48

Şekil 4.7: Akma noktası. 49

Şekil 4.8: Kuşe kaplama oranı değişimi. 50

Şekil 4.9: Patlama direnci sonuçları. 51

Şekil 4.10: Patlama indisi sonuçları. 52

Şekil 4.11: Makine yönünde halka ezilmesi sonuçları. 53

Şekil 4.12: Makine eni yönünde halka ezilmesi sonuçları. 53

Şekil 4.13: Makine yönünde kısa mesafe sıkıştırma sonuçları. 54

Şekil 4.14: Makine eninde kısa mesafe sıkıştırma sonuçları. 55

Şekil 4.15: Farklı örneklerin temas açısı ölçümü görüntüleri. 56

Şekil 4.16: 5 s sonra temas açısı θ değişimleri. 57

Şekil 4.17: 60 s sonra temas açısı değişimleri. 57

Şekil 4.18: Islanabilirlik değişim oranı. 58

Şekil 4.19: Kâğıt örneklerinin su emiciliği sonuçları. 59

Şekil 4.20: Dennison mum testi denemesi görüntüleri. 60

Şekil 4.21: Temel kâğıt üzerine farklı çözücüler uygulama sonucu leke analizleri (mm^2/m^2). 62

Şekil 4.22: D65/10° floresan parlaklık etkisi. 71

Şekil 4.23: C/2° floresan parlaklık etki. 72

Şekil 5.1: Kısa mesafe sıkıştırma ve patlama indisi sonuçları. 76

Şekil 5.2: Halka ezilme ve patlama indisi sonuçları. 77

Şekil 5.3: Halka ezilme ve kısa mesafe sıkıştırma sonuçları. 77

Şekil 5.4: Kısa Mesafe Sıkıştırma İndisi. 78

Şekil 5.5: Gramaja göre halka ezilme, kısa mesafe sıkıştırma ve patlama indisi özelikleri. ... 79

Şekil 5.6: Temel kâğıda göre hava geçirgenliği artış oranları. 80

Şekil 5.7: Hava direnci artış oranı. (A1 kuşe boyası, A2 kuşe boyası) 81

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Kaolin ve kalsiyum karbonat özelikleri. 7

Tablo 2.2: Kâğıt bileşenleri için ışık kırılma (refraktif) indisleri (Lehtinen, 2000). 7

Tablo 2.3: Kuşe boyası içeriği örnekleri. 10

Tablo 3.1: Pigment özelikleri. 24

Tablo 3.2: Diğer katkı maddeleri özelikleri. 24

Tablo 3.3: Kuşe boyası kodlamaları ve pigment oranları. 30

Tablo 3.4: Kaplama cihazında uygulanan kuşenin miktarı (g/m²). 31

Tablo 3.5: Kaplama cihazı hızları. 31

Tablo 4.1: Uygulanan kuşe boyaları bileşenlerinin kuru madde oranları. 42

Tablo 4.2: A kat ve B kat kuşe boyası özelikleri. 42

Tablo 4.3: Farklı katı madde oranlarında hazırlanmış A kat kuşe boyalarının viskozite sonuçları. 43

Tablo 4.4: Jelleşme noktası koşulları. 48

Tablo 4.5: Temel kâğıt ve kuşe boyası uygulanan kâğıt örneklerinin gramajları. 50

Tablo 4.6: Kâğıt örneklerinin kalınlık sonuçları. 51

Tablo 4.7: Hava geçirgenliği. 55

Tablo 4.8: Temel kâğıda göre hava direnci artış oranları (%). 56

Tablo 4.9: Temas açısı sonuçları. 58

Tablo 4.10: Yağ direnci sonuçları. 59

Tablo 4.11: Mum testi sonuçları. 60

Tablo 4.12: Temel kâğıt leke analiz sonuçları. 61

Tablo 4.13: A1 Kâğıt numunesi leke analiz sonuçları. 61

Tablo 4.14: A2 Kâğıt numunesi leke analiz sonuçları. 62
Tablo 4.15: Kül tayini sonuçları. 63
Tablo 4.16: ISO parlaklık (D65/10°). 64
Tablo 4.17: ISO parlaklık (C/2°). 64
Tablo 4.18: Y C/2°aydınlatma faktörü. 64
Tablo 4.19: Renk CIE L* (D65/10°). 65
Tablo 4.20: Renk CIE a* (D65/10°). 65
Tablo 4.21: Renk CIE b* (D65/10°). 66
Tablo 4.22: Renk CIE L* (C/2°). 68
Tablo 4.23: Renk CIE a* (C/2°). 68
Tablo 4.24: Renk CIE b* (C/2°). 68
Tablo 4.25: ISO parlaklık (D65/10°). 70
Tablo 4.26: ISO parlaklık (C/2°). 71
Tablo 4.27: Sarılık (D65) 72
Tablo 4.28: Sarılık (C/2°). 73
Tablo 4.29: CIE beyazlık (C/2°). 73
Tablo 4.30: CIE beyazlık floresan etki (C/2°). 74
Tablo 4.31: Y C/2° aydınlatma faktörü. 74

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
°C	: Santigrat derece
%	: Yüzde oran
m	: Metre (µm – mikrometre)
g	: Gram
s	: Saniye
pH	: Potansiyel Hidrojen
G'	: Elastik modülü
G''	: Viskoz modülü
γ	: Gerinim
τ	: Kayma gerilimi
$\dot{\gamma}$	: Kayma oranı
δ	: Faz açısı
η	: Viskozite
Pa	: Paskal
P	: Puaz (cP – santi puaz)

Kısaltmalar	Açıklama
ÖKK	: Öğütülmüş kalsiyum karbonat
KMS	: Karboksi Metil Selüloz
ÇKK	: Çöktürülmüş kalsiyum karbonat
TAPPI	: (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) ABD Kâğıt ve Kâğıt Hamuru Endüstrisi Teknik Birliği
TS	: Türk Standardı
ISO	:(International Organization for Standardization) Uluslararası Standartlar Örgütü
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
SS	: Standart Sapma
ED	: Makine eni doğrultusu

MD : Makine boyu doğrultusu

CEPI : Avrupa Kâğıt Sanayileri Konfederasyonu (European list of corrugated base papers)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GERİ DÖNÜŞÜMLÜ KÂĞITLARA UYGULANAN KUŞENİN BARİYER ÖZELİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Nuray ACAR

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimyasal Teknolojiler Programı

Danışman: Prof. Dr. Gülten GÜRDAĞ

II. Danışman: Prof. Dr. Celil ATİK

Bu çalışma, mevcut üstü beyaz test yüzey kâğıdına yeni bir işlev kazandırma çalışmalarının bir parçası olup, temel kâğıdın kuşe ile kaplanması ve bariyer özeliklerinin iyileştirilmesini içermektedir. Daha etkin bir optik ve baskı kalitesi elde etmek için kuşe uygulamasının iki kat olarak yapılmasına karar verilmiştir. Kuşe boyası hazırlamada öğütülmüş kalsiyum karbonat, kaolin, lateks, dispersant ve kıvam artırıcı kullanılmıştır.

Uygulamada kuşe reolojisi önemli olduğu için, viskozite ve reolojik özelikler tüm katmanlar için ayrı ayrı belirlenmiştir. Kuşe boyasınının birinci katı %60, ikinci katı ise %54 katı madde oranında hazırlanmıştır. Bu sayede çalışılabilir bir viskozite elde edilmiştir. Kuşe boyası, geri dönüştürülmüş kâğıttan üretilen 120 g/m² beyaz test yüzey kâğıdına uygulanmıştır.

Kuşe sonrası mukavemet özeliklerinin arttığı, ancak kuşe boyasının düşük mukavemetinden dolayı spesifik mukavemetlerin azaldığı tespit edilmiştir. %100 kalsiyum karbonat içeren kuşe uygulanmasından sonra temel kâğıdın patlama indeksi 1,87'den 1,75'e ve %80/20 kalsiyum karbonat ve kil oranıyla 1,87'den 1,66 kPa·m²/g'ye düşmüştür.

Temel kâğıdın ISO parlaklık sonucu 69,16'dan %100 kalsiyum karbonat ve %80/20 kalsiyum karbonat/kil ile hazırlanmış kuşe kaplama için sırasıyla 77,06 ve 75,71'e yükselmiştir. Yüzeyden bariyer kimyasal maddesi uygulanmasından sonra optik özelliklerde hafif bir azalma gözlenmiştir. Ayrıca hava geçirgenliği bu numune için en düşük değere sahiptir.

Yüzey bariyeri uygulaması yapılan numune için su emicilik değeri ($Cobb_{1800}$) 25,98 g/m² olarak elde edilmiştir. Temel kâğıdın ıslanabilirlik oranı 0,127 °/s iken bariyer kaplamalı kâğıtlarda 0,057 °/s'ye düşmüştür. Yüzey iticilik incelemesine göre kuşelenmiş kâğıt için kit numarası 3, yüzeyden bariyer uygulanan kâğıt numunesi için kit numarası 8 olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda, mineral kuşe kaplama ile kâğıdın optik özelikleri diğer bir deyişle baskı özelikleri artırılmış ve bariyer kimyasalı ile yüzey kaplama için en iyi bariyer özelikleri elde edilmiştir.

Mayıs 2022, 112 sayfa.

Anahtar kelimeler: Kuşe, Bariyer, Kalsiyum Karbonat, Kaolin, Kuşelenmiş kâğıt, Reoloji

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

IMPROVING THE BARRIER PROPERTIES OF COATING APPLIED ON RECYCLED PAPER

Nuray ACAR

İstanbul University-Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Department of Chemical Engineering

Chemical Technologies

Supervisor: Prof. Dr. Gülten GÜRDAĞ

Co-Supervisor: Prof. Dr. Celil ATİK

This study is a part of the efforts to give a new function to the top white test liner and includes coating of the base paper and improving barrier properties. In order to obtain a more effective optical and printing quality, it was decided to apply the coated application in two layers. Ground calcium carbonate, kaolin, latex, dispersant and thickener were used in the preparation of coating colour.

Since the rheology of coating colour is important during the application, the viscosity and rheological properties were determined for all layer separately. The solid content of coating colour was 60% and 54% for first and second coating colour consequently. In this way, a workable viscosity was obtained. Coating colour was applied on 120 g/m² top white test liner.

It was determined that the strength properties of paper increase after coating, but the specific strengths decrease due to the low strength of coating colour. The burst index of the base paper decreased from 1.87 to 1.75 after the application of coating colour containing 100% calcium carbonate and from 1.87 to 1.66 kPa·m²/g with a ratio of 80/20% calcium carbonate and clay.

The initial ISO Brightness values of 69.16 increase to 77.06 and 75.71 for 100% calcium carbonate and 80/20% calcium carbonate/clay coating containing colours respectively. After

application of barrier chemicals to surface a slight decrease of optical properties is observed. In addition, the air permeability has the lowest value for this sample.

Relatively low water absorption ($Cobb_{1800}$) of 25.98 g/m² was determined for the sample with surface barrier application. The wettability rate of base paper was 0,127 °/s, while it decreased to 0.057 °/s for barrier coated papers. According to the surface repellence examination the kit number 3 is obtained for coated paper and the kit number 8 is obtained for paper with top barrier coating sample.

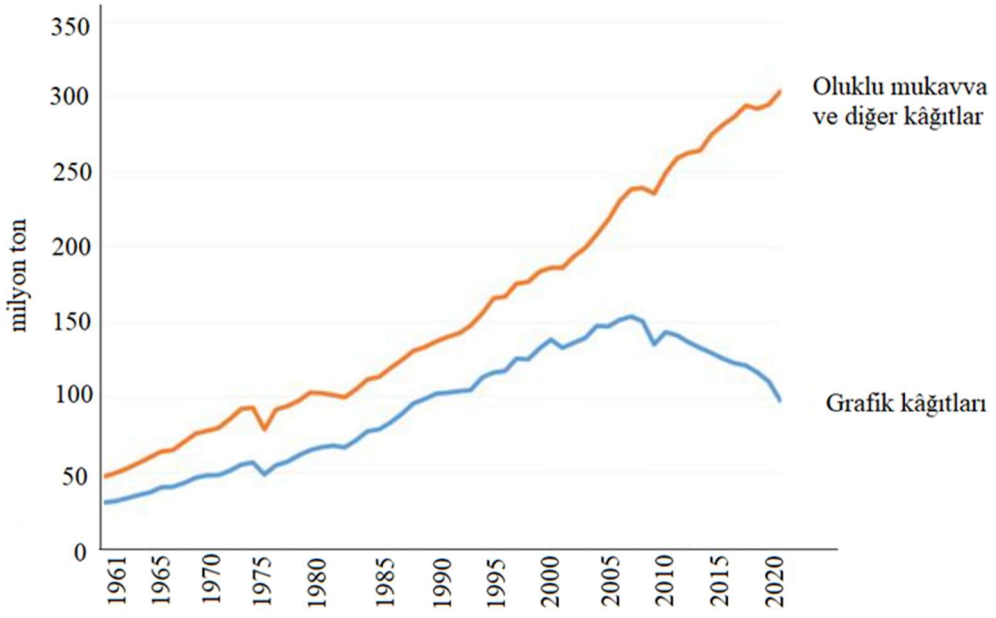
As a result of this work, the optical properties in other word printing properties of paper is increased by mineral coating, and the best barrier properties is obtained for surface coating with barrier chemical.

May 2022, 112 pages.

Keywords: Coating, Barrier, Calcium Carbonate, Clay, Coated Paper, Rheology

1. GİRİŞ

1800'lü yıllarda plastiğin icadı ve 2.Dünya Savaşından sonra giderek artan kullanımı, geriye dönülmez çevresel sorunları beraberinde getirmiştir. Plastik ambalajlara alternatif olabilecek ürünlerden birisi kâğıt ürünleridir. Kâğıdın üretimi M.S. 105 yılına kadar uzanır. Kâğıt ve karton üretimi 2014-2018 döneminde 404 milyon tondan 409 milyon tona yükselmiştir. 2018 yılı üretiminde ambalaj kâğıdı 240 milyon ton (toplamın %59'u), yazı-baskı kâğıdı 96 milyon ton (%23), hijyenik kâğıt (%9), gazete kâğıdı (%5) ve diğerleri yer almaktadır. Grafik kâğıdı üretimi 2014'te 129 milyondan 2018'de 117 milyon tona %10 düşüş gösterirken ambalaj kâğıdı üretimi %6 artmıştır (FAOSTAT-Forestry, 2018).



Şekil 1.1: Kâğıt ve karton üretimi (FAO, 2021).

Şekil 1.1'de Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından yayınlanan veriler, COVID-19 nedeniyle dünya çapında kâğıt ve karton üretiminin nasıl etkilendiğini göstermektedir.

Baskı, yazı ve gazete kâğıdı üretimi, 2007'den bu yana her yıl yüzde 2-3 oranında azalmasına rağmen, pandeminin başladığı 2019 yılından beri üretim %11,4 oranında

düşmüştür. Diğer taraftan, 2020 yılında, ambalaj kâğıdı ve kartonu ile hijyenik kâğıt üretiminde %3 artış görülmüştür (FAO, 2021).

Oluklu mukavva geri dönüştürülebilir, çeşitli taleplere yönelik tasarlanabilir, sürdürülebilir, hafif, kaliteli baskı yapılabilir, dayanıklı olabilme özelikleri nedeniyle giderek tercih edilen bir üründür. Her türlü ürün ambalajlamada ihtiyaca yönelik özeliklere sahip olan kâğıtlar kullanılabilmektedir. Oluklu mukavva için kullanılan kâğıtlarda mukavemet ve basılabilirlik özelikleri ön plana çıkarken, pizza kutusu ve kâğıt bardak imâlatında kullanılan kâğıtlarda su, yağ direnci özelikleri önemli olmaktadır. Pandemi nedeniyle hijyene verilen önemin artması, e-ticaretteki artışın ivme kazanması oluklu mukavva sektöründe yaşanan artışta rol almaktadır.

Kâğıt ürünlerinin daha geniş ve farklı alanlarda kullanılabilmesi için yeni özelikler kazandırılması gereklidir. Bu özeliklerden birisi de bariyer özelikleridir. Bariyer özelikleri kazandırılmış kâğıtlar, plastik ambalajların bir bölümünün yerini alma potansiyeli taşımaktadır. Böylece, selülozik esaslı malzemenin plastiğe göre doğada daha kolay çözünmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, geri dönüşümlü yüzey kâğıtlarına uygulanan kuşe boyasına bariyer özelikleri kazandırması olanaklarını araştırmaktır. Bariyer özeliği sağlayan kimyasal madde uygulanan ve uygulanmayan kâğıtların fiziksel direnç ve optik nitelikleri karşılaştırılacaktır.

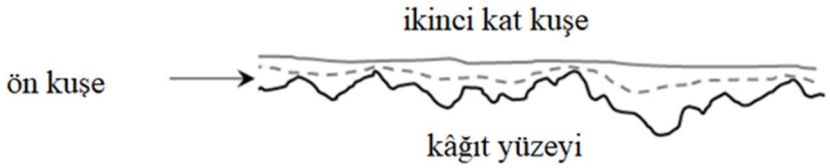
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kâğıt üretim prosesinde, hammadde seçimine, üretim sürecine, yüzey işlemlerine bağlı olarak farklı yapıda kâğıtlar üretilir. İlk görünüşte kâğıt yüzeyi düz olarak görünür hatta kâğıt yüzeyine el ile temas edildiğinde düzensizlik fark edilmez. Fakat bir aydınlatma yardımıyla yakından bakıldığında, üç boyutlu düzensiz bir yapı görülebilir. Buna kâğıdın yüzey yapısı denir (Anon. 2020, syf.91).

Ürünün görsel görünümünün iyi olması isteniyorsa yüzeyin pürüzsüz olması, yüzey yapısının düzgün olması önemlidir. Yüzey düzgünlüğünü sağlamak için kalender kullanılabilir. Fakat kalender sonrasında kalınlık ve esnemezlikte (ing. stiffness) azalma olur. Nihai bir yüzey düzgünlüğü sağlamak için kuşe işlemi tercih edilir (Anon. 2020, syf.92).

Ambalajın baskı özelikleri; yazının okunur olması, mürekkep dağılmadan baskının veya yazının kaliteli bir şekilde görünür olması, beyaz bir zemin üzerinde baskı yapılan renklerin tam olarak ortaya çıkması gibi nedenlerden dolayı oldukça önemlidir. Daha iyi bir baskı yüzeyi elde etmek için yüzeyin renk, yüzey düzgünlüğü ve mürekkep tutma açısından optimum düzeyde olması gereklidir. Bunu sağlamak için yüzeye, yüzey kaplama (kuşe) uygulanmaktadır.

Kâğıt yüzeyine tek veya iki kat olarak kuşe uygulanabilir. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi ön kuşe ile kâğıdın kaba yüzeyi doldurulurken, ikinci kat kuşe ile yüzey düzgünlüğü sağlanmaktadır. Optik özelikleri ve basılabilirliği geliştirmek için ön kuşe uygulamak, ardından pürüzsüz bir yüzey sağlamak için ikinci kat kuşe uygulamak yaygın bir tekniktir. Bir kuşe boyası katmanı 5-20 g/m² ve 5-20 µm kalınlığında olabilir (Bohlin, 2011).



Şekil 2.1: İki kat kuşe uygulanmış kâğıtta yüzey değişimi.

Temel kâğıtta (kuşe uygulanan kâğıt) aranan özelikler; tekdüze olması, formasyon, porozite, esneklik, kuvvet, nem içeriği, parlaklık, opaklık ve yüzey düzgünlüğüdür (Özden, 2015). Farklı ambalajlarda aranan daha iyi bir baskı talebi, kuşe uygulamasını farklı kâğıt türleri için de önemli bir hale getirmiştir.

2.1. KUŞENİN AMACI VE KUŞELİ KÂĞIDIN YAPISI

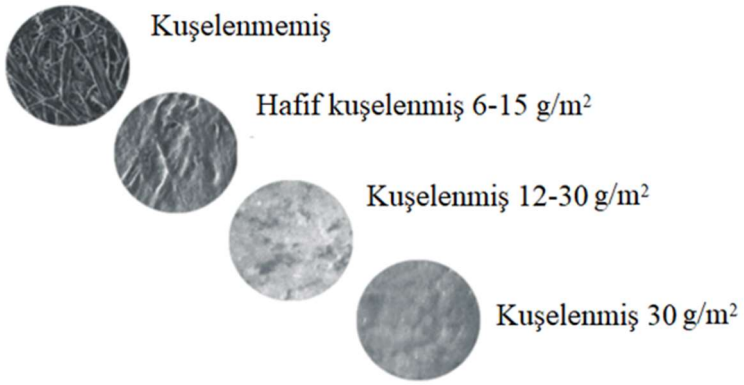
Kâğıdı kuşelemenin amacı, basılabilirlik (optik, yüzey düzgünlüğü ve mürekkep bağlama) özeliklerinin iyileştirilmesidir. Bu da pürüzlü yüzey yapısının doldurulmasını gerektirir (Järvenpää, 2007).

Kâğıt yüzeylerinde kullanılan kuşe, kolloidal partiküller ve çözünmüş polimerler içeren bileşenlerin bir karışımından oluşur. Temel kâğıda genellikle bir transfer silindiri ile yaklaşık 10 g/m² bir kuşe tabakası uygulanır. Fazlalık çelik bir raspa ile uzaklaştırılır ve kuşe boyası transferinden sonra su, kurutma bölümünde ısı yardımı ile uzaklaştırılır (Fardim, 2002).

Kuşesiz bir kâğıt yüzeyi, özellikle yüksek kaliteli görüntü gerektiğinde, baskı için pek uygun değildir. Baskı kâğıtlarının iyi kalitede olması için, yüzey düzgünlüğünü, mürekkep alımını ve görüntüyü geliştirmek için kuşe ile kaplanır (Slepetys ve Morgan, 1991).

Kuşelemede kullanılan karışımlar; kuşe boyası, kuşe çözeltisi, kuşe reçetesi, kuşe harmanı gibi farklı isimlerle adlandırılabilir. Bu tezde, kuşe boyası olarak adlandırılmıştır.

Kuşe boyası, kâğıdın her iki yüzüne veya bir yüzüne tek veya çift kat olarak uygulanır. Daha sonra kurutulur. Son işlemler yapılır ve yapılan bu son işlemlerde kâğıdın yüzey düzgünlüğü ve ayna parlaklığı (ing. gloss) artırılır. Kuşenin temel bileşenleri pigment ve bağlayıcıdır (Järvenpää, 2007).



Şekil 2.2: Kuşeli kâğıdın yüzey görüntüsü (Järvenpää, 2007).

Şekil 2.2'de gösterildiği gibi, kuşe uygulanmamış kâğıt görüntüsünde lifler arası boşluklar oldukça belirgindir. Kuşeleme gramajı arttıkça boşluklar dolmakta, lif yapısı yerine kuşe boyasının sağladığı yüzey düzgünlüğü elde edilmektedir.

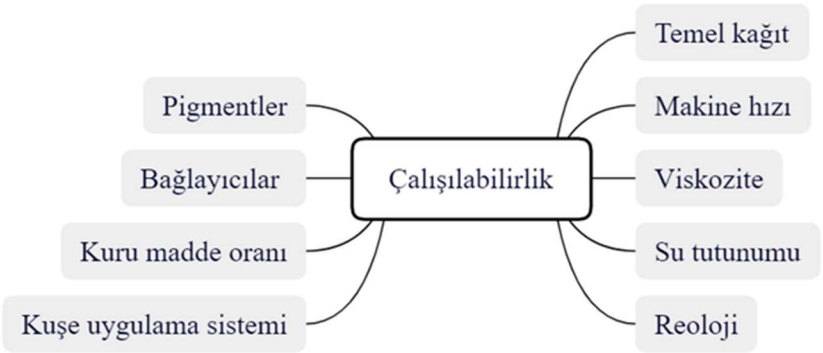
Hemen hemen pigmentle kuşelenmiş her kâğıt, yüzey düzgünlüğünü artırmak ve basılabilirlik özeliklerini iyileştirmek için kalenderlenir. Kuşeli kâğıtlar genellikle yüksek sıcaklıklarda kalenderlenir (Wikström* vd., 2000).

İnorganik malzemeler olan dolgu maddeleri, gelişmiş yüzey kalitesi sağlamak için kâğıt ve kartona eklenir. Kâğıdın yüzeyine düzgün bir tutunum sağlanması için bağlayıcılarla kullanılması gerekir. Kül genellikle kalsiyum karbonattan oluşur ve grafik kâğıtlarında basılabilirliği iyileştirmek için kullanılır. Kalsiyum karbonat geri dönüştürülen liflere güç kazandırmaz. Bu nedenle optimum miktarda kullanılmalıdır. Bazı bağlayıcılar kâğıt makinelerinde çalışılabilirliği etkileyen yapışkanlara neden olarak siyah noktaları artırır (FEFCO, 2021).

Kuşelenmiş kâğıtta;

- Mürekkep tüketimi (absorbsiyonu) azalır,
- Yüzey direnci artar ve tozlanma azalır,
- Opaklık ve parlaklık artar,
- Mekanik direnç azalır,
- Esneklik azalır (Lehtinen, 2000).

Kuşe uygulamasını etkileyen faktörler Şekil 2.3'te gösterilmiştir;



Şekil 2.3: Çalışılabilirliği etkileyen faktörler (Lehtinen, 2000).

Kuşe tabakası, mürekkebin kâğıt tabakasına nüfuz etmesini azaltır. Bu sayede, mürekkep çok fazla yayılmaz ve baskı görüntüsü net ve keskin olur. Baskı yoğunluğu ve baskı parlaklığı artırılır ve kaplanmamış kâğıtlara kıyasla mürekkep talebi azalır (Holik, 2006).

2.2. KUŞE BOYASI FORMÜLASYONU VE HAZIRLANMASI

Kuşe boyası hazırlamadaki amaç, en yüksek katı madde içeriği hazırlarken en iyi dağılım sağlanmış olmasıdır (Dean, 1997).

Kuşe boyası içindeki en önemli iki madde, bağlayıcı ve pigmenttir. Boya içinde en fazla miktarda bulunan kısım pigmenttir. Boyanın pigment kısmı, genelde kalsiyum karbonat ve kil karışımıdır. Kaolinin parlaklığı kalsiyum karbonata göre daha düşüktür. Kaolinin kullanılması ile daha düzgün bir yüzey, daha yüksek bir opaklık ve ayna parlaklığı elde edilir.

Kuşe boyası bileşenleri üç grupta toplanırlar;

- Pigmentler
- Bağlayıcılar
- Diğer katkı maddeleri
    - Dispersiyon maddeleri
    - Viskozite düzenleyiciler
    - Su tutma maddeleri
    - Köpük kesiciler
    - Boyar maddeler
    - Optik beyazlatıcı maddeler
    - Biositler (Dean, 1997).

2.2.1. Pigment

Kâğıdın optik özeliklerini etkileyen ana madde ÖKK veya kaolin gibi pigmentlerdir. Kalsiyum karbonat doğal, öğütülmüş (ÖKK) veya çöktürülmüş kalsiyum karbonatlar (ÇKK) olabilir. Kalsiyum karbonat ve kaolin farklı şekillere ve küçük tanecik boyutu dağılımlarına sahiptir (Kugge, 2003). Yaklaşık 10 μm'den daha küçüktürler. Kuşe boyasının yaklaşık %90-95'i pigmenttir. Kaolin, ÖKK ve bazen de sentetik pigment tercih edilebilir. Kullanılan başlıca pigmentlerin özelikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 2.1: Kaolin ve kalsiyum karbonat özelikleri.

Pigment	Kaolin	Kalsiyum Karbonat
Özelik	Kalsiyum karbonata göre sarı renklidir	Yüksek parlaklık, beyazlık sağlar
	Opaklık daha yüksektir	Yağ emme özeliği iyidir
	Katmanlı bir yapıya sahiptir	Mat bir görüntü sağlar
	Ayna parlaklığı için tercih edilir	Daha düşük bir bağlayıcı ihtiyacı vardır
	Düz ve yassı olanlar daha iyi opaklık ve basılabilirlik sağlar	Maliyeti düşüktür

Tablo 2.1'de başlıca pigmentler olan kalsiyum karbonat ve kaolinin özelikleri gösterilmiştir.

Tablo 2.2: Kâğıt bileşenleri için ışık kırılma (refraktif) indisleri (Lehtinen, 2000).

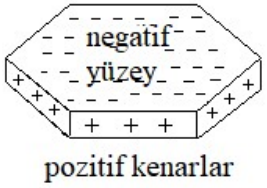
Kâğıt bileşenleri	Işık kırılma indisi
TiO_2 pigmentleri	2,50-2,72
Kaolin	1,57
ÖKK	1,50-1,70
Hamur	1,55
Bağlayıcı	1,50
Hava	1,00

Pigmentlerin ışığı kırma indisi özelikleri görünümleri açısından önemli rolü vardır, Tablo 2.2'de bazı kâğıt bileşenleri için ışık kırılma indisleri verilmiştir.

a) Kaolin

Kaolin, plakalar şeklindeki yapısı nedeniyle kâğıt endüstrisinde önemli bir yer alır. En yaygın oluşan minerallerden biridir. ABD'de, İngiltere'nin güneybatısında ve Brezilya'da oluşumuna rastlanır (Järvenpää, 2007) .

Kaolin, kâğıt endüstrisinde sıklıkla kullanılan maddelerden biridir. Daha küçük partiküle sahip olması nedeniyle ayna parlaklığı için ince kaolinler kullanılır. Düz, yassı (ing. platy) kaolin partikülleri, iyi bir opaklık ve basılabilirlik özeliği kazandırır (Rissa vd., 2006).



Şekil 2.4: Kaolinin elektriksel yükleri (Järvenpää, 2007).

Kaolinin kimyasal bileşimi $Si_2Al_2O_5(OH)_4$ şeklindedir. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi, pozitif yükleri olan kenarları ve negatif yükleri içeren yüzeye sahiptir. Pozitif kenarları alümina ve silika, negatif yüzeyi sadece silika içerir (Järvenpää, 2007).

Kaolin, katmanlı yapısı nedeniyle tercih edilen bir pigmenttir. Partikül boyutu dağılımı, en boy oranı veya şekil faktörü ile ayırt edilir. Yüksek bir en boy oranı ince ve geniş olan çok düz bir kili ifade eder. Küçük partiküller daha küçük bir en boy oranına sahiptir. Bu sayede yüzey, mürekkebi, yüksek en boya oranına sahip olana göre daha hızlıca emer. Kaolinin kalsiyum karbonata oranı birçok faktöre dayanır. Kaolin, kalsiyum karbonat ile karşılaştırıldığında sarı renklidir ve önemli ölçüde yüksek opaklığa sahiptir (Anon. 2020, syf.76).

Kaolin kâğıt kaplama için çok önemli bir pigmenttir. Reolojik açıdan, kaolin öğütülmüş kalsiyum karbonatlara kıyasla daha yüksek viskoziteler gösterir (Conceição vd., 2005).

Kuşe boyasında daha yüksek bir katı madde oranı hazırlanmak istendiğinde kaolin oranı düşürülüp ÖKK eklenmesiyle viskozite düşecektir.

a) Kalsiyum Karbonat

Yaygın olarak kullanılan diğer pigment olan kalsiyum karbonat, yüksek parlaklık, beyazlık ve yağ emme özeliklerine sahiptir ancak mat kaplama oluşturur. Su bazlı kaplamalarda iyi basılabilirlik sağlar ve oldukça düşük bir bağlayıcı gereksinimi vardır (Rissa vd., 2006).

Kalsiyum karbonatın bozunması ve çözünürlüğü, asiditeye, partikül boyutuna, çözünmüş CO_2'e bağlıdır. Çoğunlukla kâğıt makinelerinde, enerji tasarrufu, tozumadan korunma, direkt uygulama imkânı olması gibi nedenlerle sulu süspansiyon halinde tedarik edilir (Lehtinen, 2000).

Çoğu kalsiyum karbonat, uygun bir mineral tortusunun öğütülmesi ve filtre edilmesi ile olur. Ayrıca tortulaşma ile de kalsiyum karbonat üretilir. Partikül boyutu dağılımı, yüzey düzgünlüğü açısından ve baskı prosesi esnasında karton ile mürekkep arasındaki etkileşim açısından önemli bir anahtar faktördür (Anon. 2020, syf.92).

b) Titanyum dioksit

Titanyum dioksit kâğıt üretiminde kullanılan en pahalı pigmenttir. İki farklı üretim yöntemi mevcuttur; sülfat ve klorit. Yüksek ışık kırma indislerine sahip olmaları nedeniyle çok dikkate değer özeliklere sahiptir. Son üründeki opaklığı artırması nedeniyle tercih edilir.

2.2.2. Bağlayıcılar

Pigmentten sonra kuşe boyası içindeki diğer önemli bileşen, bağlayıcıdır. Bağlayıcılar, pigmentlerin birbirine ve kâğıt yüzeyine bağlanmasını sağlar. Genellikle kuşe boyasında iki farklı bağlayıcı kullanılır. Bir kuşe boyasında ağırlıkça %5-20 oranında bağlayıcı bulunur. Bağlayıcı kuşeleme boyasının akış özeliklerini ve viskozitesini etkiler (Lehtinen, 2000).

2.2.3. Kıvamlaştırıcı

Karboksimetil selüloz (KMS), su moleküllerini hareketsiz hale getirme ve önemli bir kıvam arttırma etkisi verme yeteneğinden dolayı, kuşe boyalarında yaygın olarak kullanılan koyulaştırıcıdır (Gencoglu vd., 2010).

Kıvam arttırıcılar, suyla etkileşime girerek su tutunumu, pigmentler ile etkileşime girerek kıvamlaştırma etkisi sağlar. Ayrıca yüksek hızlı makinelerde reolojiyi düzenler. Viskoziteyi ayarlayarak, su tutunumunun istenen seviyede tutulmasını sağlar (Kugge, 2003).

Kıvamlaştırıcının bağlayıcı özelikleri de iyi olmalıdır. Bu nedenle yardımcı bağlayıcı (ing. co-binder) adı da verilir. Tamamen sentetik veya doğal polimer esaslı olabilir. Pigment miktarına oranla %0-1 arası verilebilir (Lehtinen, 2000).

2.2.4. Diğer katkı maddeleri

Kuşe boyasına başka görevleri olan maddeler de ilâve edilebilir. Örneğin pigmentin dispersiyonu için dispersantlar, pH ayarlayıcılar, yağlayıcılar, optik beyazlatıcılar, biositler. Bunlar toplam katı madde oranının %2'sinden az olabilirler.

a) Yağlayıcı

Yağlayıcılar kuşenin kalenderlenmesine yardımcı olur. Yağlayıcı olarak kalsiyum stearat, alüminyum stearat, amonyum stearat, vaks emülsiyonları, polietilen glikol kullanılabilir (Dean, 1997). İdeal yağlayıcı, uygulama sırasında, sürtünme ve aşınma oluşturmaz. Herhangi bir

sıcaklıkta veya uzun bir zaman bekleme sonunda, kimyasal ve fiziksel özelikleri değişmez (Eliot, 1998). Makine ve kuşe boyası arasındaki sürtünmeyi azaltarak çalışılabilirliği artırır (Lehtinen, 2000).

b) Suda çözünme önleyiciler

Çözündürmezler (ing. insolubiliger), kuşe boyasının suda çözünür bileşenini suya dayanıklı hale getirmektedir (Lehtinen, 2000).

2.2.5. Su

Kuşe boyasında kullanılan su, hem pigmentleri birbirinden ayırır hem de kuşe boyasını kâğıt yüzeyine tekdüze olarak dağıtmak üzere taşıyıcı olarak rol alır. Su buharlaştığında düzgün bir kuşe yüzeyi kalır. Kuşe boyası, akış özeliklerinin gerektirdiği kadar su içermelidir. Kuru madde, maksimum %70 olabilir yani su içeriği de en az %30 kadar olabilir (Lehtinen, 2000).

2.2.6. Bazı Kuşe Boyası Örnekleri

Tablo 2.3: Kuşe boyası içeriği örnekleri.

Kuşe boyası bileşenleri	Kullanılan maddeler	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3
Pigmentler (%)	Kaolin	100	100	50
	ÖKK	-	-	50
Bağlayıcılar (%)*	SB lateks	10	6	10
	Nişasta	-	6	-
	Akrilat lateks	-	-	-
Yardımcı bağlayıcılar (%)*	KMS	1	-	1
Katkı maddeleri (%)*	Yağlayıcı	0,5	0,5	-
	Çözündürmezler	0,1	0,6	0,1

* Pigmente göre oran

Tablo 2.3'te bazı kuşe boyası örnekleri verilmiştir. Bu kuşe boyalarında kostik ve pH ayarlayıcıları, su ve bazı ilâve katkı maddeleri yazılmamıştır.

Birinci kuşe boyası ofset için hazırlanmıştır. Stiren butadien (SB) lateks, bağlayıcı görevi görür. Su tutunum özeliklerini ve akışı ayarlamak için KMS, yardımcı bağlayıcı olarak kullanılmıştır. KMS, kuşe boyasının viskozitesini artırır ve su tutunumu gibi bütün özeliklerini etkiler.

2.2.7. Viskozite

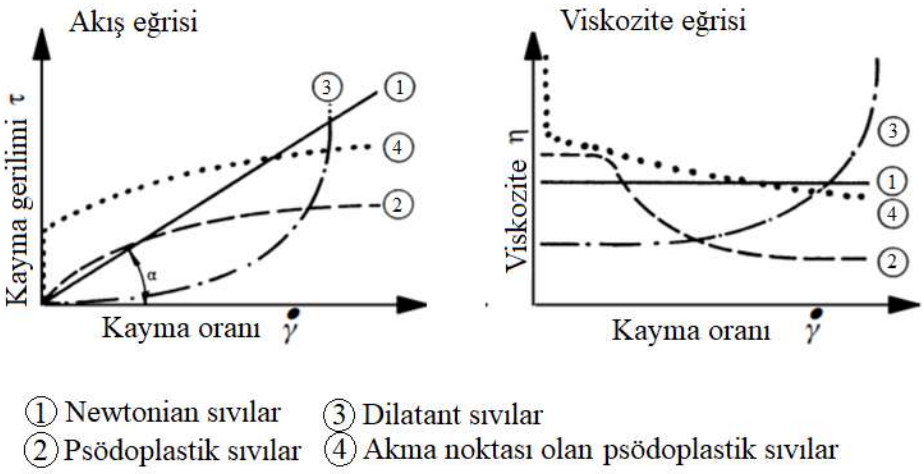
Viskozite, bir maddenin akmaya karşı gösterdiği iç dirençtir. Kayma gerilmesinin, kayma oranına oranı viskozite olarak ifade edilir. Her akışkan madde farklı bir direnç gösterir. Örneğin su kolaylıkla akabilirken, bal akmaya karşı daha fazla bir direnç gösterir. Kâğıt kaplamaları gibi akışkan maddeler için viskozite önemli bir faktördür. Viskoziteyi tek bir sayı ile değil, bir eğriyle tanımlamak daha anlamlıdır.

SI sisteminde viskozite birimi Pa·s veya bunun binde biri olarak mPa·s olarak gösterilir. CGS birim sisteminde ise cP ile gösterilir. 20,2 °C'deki saf suyun viskozitesi 1 mPa·s ve 1 cP olarak belirlenmiştir.

2.2.8. Reoloji

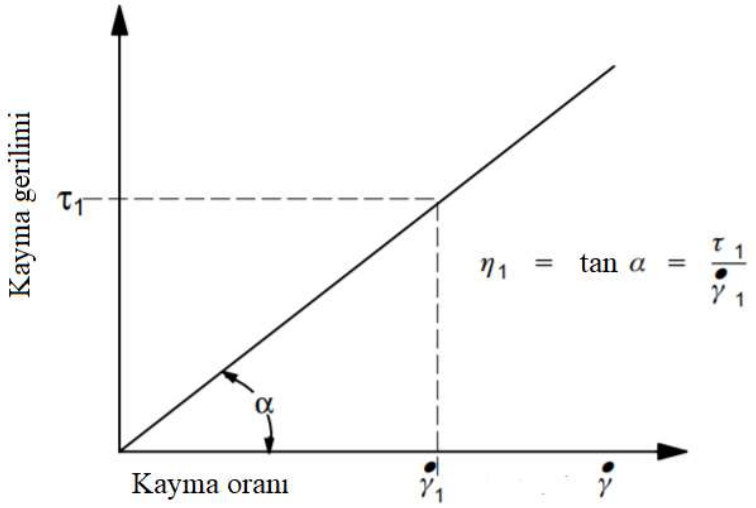
Reoloji akış bilimidir. Akışkan malzemelerin, uygulanan gerilime nasıl tepki verdiklerini ifade eder. Reoloji ölçümü, reometreler kullanılarak yapılır. Malzeme davranışına ait bilgiler sağlanırken, ayrıca osilasyon ölçümleri sayesinde malzemenin deformasyonu hakkında bilgi edinmek mümkündür.

Reoloji, kuşeleme boyaları karıştırıldığında, pompalandığında, elendiğinde, ısıtıldığında, soğutulduğunda ve bir tabaka üzerine kaplandığında nasıl bir davranış gösterdiğini açıklar. Bu davranışların hepsi karışıma bir kuvvet uygular. Örneğin suyun davranışı, onu çevreleyen şartlara bağlıdır (Dean, 1997).



Şekil 2.5: Farklı sıvıların akış ve viskozite eğrileri (Schramm, 1994).

Şekil 2.5'te Newtonian ve Newtonian olmayan sıvıların akış ve viskozite eğrileri gösterilmiştir.



Şekil 2.6: Newtonian akışı gösteren akış eğrisi (Schramm, 1994).

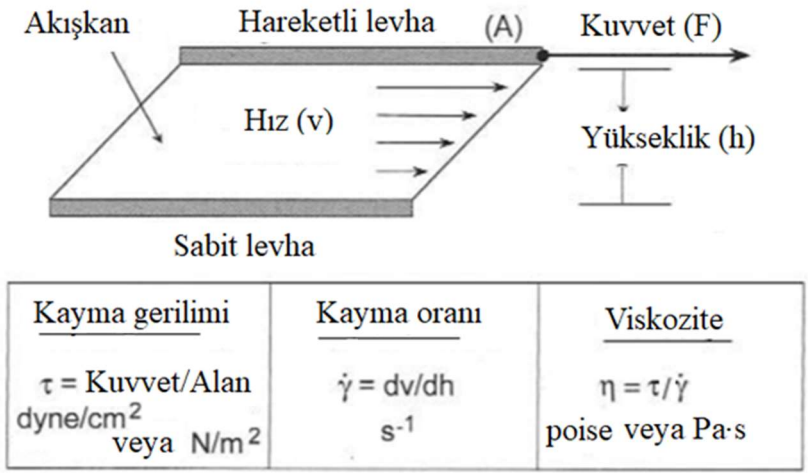
Kayma oranına (ing. shear rate) karşılık kayma gerilimi (ing. shear stress), Şekil 2.6'da görüldüğü gibi ise bu durum, Newtonian akışı ifade eder. Kuşe boyası reolojisi Newtonian olmayan akış davranışını gösterir. Matematik ve fizikte değişken veriler apsis ekseninde, sonuçlar ise ordinatta gösterilir.

2.2.9. Kayma oranı, $\dot{\gamma}$

Üst levhanın hızı artarken iki levha arasındaki boşluk daraldıkça kayma oranı artar. Plakalar arasındaki sıvı, üst plakanın hareketine direnç gösterir ve akışa karşı olan bu direnç, sıvının viskozitesi tarafından belirlenir. Kayma oranı; dh (ing. gap) genişliği boyunca, hızdaki değişim olarak tanımlanır.

2.2.10. Kayma gerilimi, τ

Metal bir kübe bir kuvvet uygulandığında direnç gösterecek ve şekil değiştirmeyecektir. Bununla birlikte Şekil 2.7'de gösterildiği gibi bir sıvıya kuvvet uygulandığında şekil değiştirecektir.



Şekil 2.7: Kayma gerilimi, kayma oranı ve viskozite.

2.2.11. Viskoelastik

Malzeme hem katı hem de sıvı özeliklere sahip olduğunda viskoelastik olarak adlandırılır.

2.2.12. Psödoplastik

İyi bir kuşe boyası çalışılabilirlik ve iyi bir kalite açısından psödoplastik (ing. shear thinning) davranış gösterendir (Komulainen, 2016). Kayma gerilimi arttıkça viskozite azalır.

2.2.13. Akma gerilimi

Newtonian olmayan akışkanların hareket etmeye başlaması için uygulanan kuvvetin kritik bir değerin üzerinde olması gereklidir. Bu kritik kuvvet akma gerilimi (ing. yield stress) olarak bilinir.

2.2.14. Akma noktası

Akma noktası (ing. yield point), malzemenin akmaya başladığı noktayı gösterirken, akma değeri (ing. yield value) terimi, malzemenin hacim olarak akmaya başladığı değeri gösterir. Malzeme akma noktası altında elastik deformasyona uğrar.

Kuşe boyalarının reolojik özelikleri kompleks davranış gösterirler. Pigment partikülleri, dağıtıcılar, katkı maddelerinin etkileşimlerinin yanı sıra kuşe boyasının katı maddesinin artmasıyla da reolojik davranışlar etkilenir. Kuşe boyası reolojisi, kuşelenmiş ve baskılı kâğıtların reolojisini de etkiler (“Coating rheology”, 1997).

Kuşe karışımlarının reolojik özelikleri zamana bağlı değişimler gösterirler.

Kuşe boyasının reolojisi katı madde oranından, partikül boyutu ve boyut dağılımından, pH ve dispersiyon maddesinden etkilenir. Dispersiyon ilâvesi partiküller arası kuvvetleri azaltarak veya geliştirerek etkiler. Kalsiyum karbonat parçacıkları genellikle zayıf bir şekilde negatif olarak yüklüdür. Bu nedenle Van der Vaals kuvvetleri topaklaşmaya neden olabilir. Kalsiyum karbonat süspansiyonuna negatif yüklü dispersiyonun eklenmesi, partikül itilmesine ve dolayısıyla dispersiyon maddesinin doyma yüzey sınırına ulaşılana kadar bir viskozite azalmasına neden olur (Papo ve Piani, 2005).

Rotasyonel testlerden bahsedildiğinde ilk akla gelen dinamik viskozite (h) ölçümleridir. Rotasyonel testler malzemenin viskoz karakterini analiz etmemize yardımcı olmaktadır. Daha karmaşık davranışa sahip viskoelastik malzemelerin davranışlarını aydınlatmak için; osilasyonel testlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Viskoz karakteri tanımlayan “Kayıp Modülü, Viskoz Modülü” G" (ing. loss modulus); elastik karakteri tanımlayan “Depolama Modülü, Elastik Modülü” G' (ing. storage modulus) ve bu iki karakterin birbirine oranını ifade eden kayıp faktörü G"/G' (ing. damping factor) osilasyonel testler ile elde edilen başlıca sayısal değerlerdir. Osilasyonel testler tüm numune tiplerinin reolojik özeliklerini karakterize ederken kullanılabilmektedir.

Depolama modülü ya da diğer adıyla elastik modül, malzemenin bütünlüğünü ifade ettiği için grafikte azalma gösteriyorsa, bu durum malzemenin yapısının bozulmaya başladığını gösterir. Modül arttıkça malzemenin sertliği artar. Kayma gerilmesinin, gerinime oranı modülünü verir.

2.2.15. Faz açısı, δ

Tamamen elastik bir malzeme, katı gibi davranır ve faz açısı sıfırdır. Tamamen viskoz bir malzemede ise faz açısı 90°’dir.

2.2.16. Deformasyon

İki tür deformasyon vardır:

- Geriye dönüşü olan elastik deformasyon: Yapı bozulmamış olarak kalır.
- Geriye dönüşü olmayan akış deformasyonu: Yapı bozulur.

Kuşe boyası karışımı, her iki özelikteki içeriklere sahip olabilir. Gerilimin süresi ve türü, kuşenin reolojisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Uzun süreli karıştırma, kuşe boyasının yapısını bozabilir ve viskozitenin düşmesine neden olabilir (Järvenpää, 2007).

Katı malzemeler için elastik özelikler önemliyken, sıvı malzemeler için akış özelikleri önemlidir. Deformasyonun süresi önemlidir. Örneğin bir kuşe boyasının karıştırma ve pompalama süresi uzun olduğunda, kuşe boyasının yapısı bozulur ve viskozitesi azalır. Kâğıt kuşe reolojisini anlamak iki nedenle önemlidir. Birincisi; çalışabilirliği, su tutunumunu, kuşe boyasının tutunmasını, ikincisi ise; kuşe boyasının içindeki farklı bileşenlerin arasındaki etkileşim hakkında bilgi verir. Bir kalite kontrol işlemi gibidir. Reoloji ölçümleri sayesinde, kuşe boyasının iyileştirilmesine imkân sağlanır.

2.3. UYGULAMA YAPILAN TABAKANIN KUŞE KARIŞIM İLE KİMYASAL UYUMLULUĞU

Uygulama yapılan tabaka/yüzey ile kimyasal maddeler arasında bir uyumsuzluk var ise kuşelemede problem çıkacaktır. Bu uyumsuzluk aşağıdaki konuları etkileyebilir;

- Kuşe karışımının, temel kâğıda tutunması
- Sıvı fazı göçü
- Karışımın viskozitesi (pigmentin yeniden bir araya gelmesi, bağlayıcının jelleşmesi, karışımın koagüle olması).

Bazı durumlarda bu kimyasal reaksiyon sadece kuşeleme sırasında değil, kâğıt depoda beklerken de devam edebilir. Bazen de kâğıt fabrikadan çıkarken istenen özelikleri karşılarken, müşterinin deposunda üç ay sonra kullanılamaz duruma gelebilir.

Bu nedenlerle aşağıdaki konular bilinmelidir;

- Uygulama yapılacak temel kâğıdın pH'ı
- Temel kâğıdın yüzeyine uygulanmış işlemler
- Kuşe boyası

Örneğin bazı köpük kesicilerin, kuşe karışımı ve kâğıt arasında iticiliğe sebep olduğu bilinir. Silikon köpük kesicilerin eklenmesi çok sıkı bir kontrol ile yapılmalıdır (Dean, 1997).

Düşük kayma oranı, depolama ve taşıma ile orta kayma oranı ise pompalama ile ilgilidir.

2.4. KÂĞIDIN BARİYER VE DİRENÇ ÖZELİKLERİ

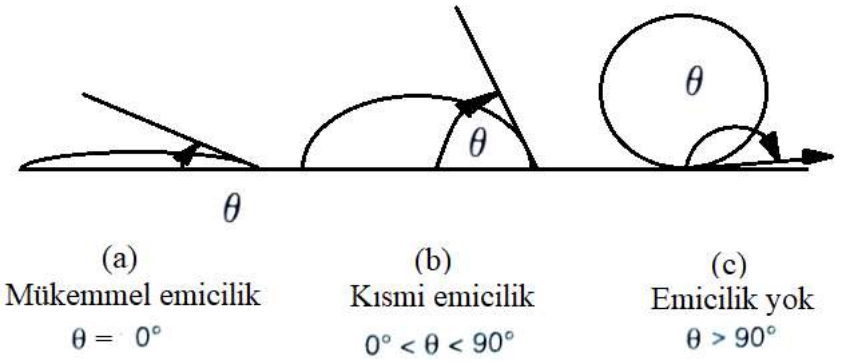
Bariyer ve direnç terimlerinin ne olduğunu tanımlamak için önce bu özeliklerin önemli olduğu aşağıdaki bazı kâğıt türlerine göz atmak gerekir. Bu kâğıt türlerinde kâğıtların suya karşı dirençlerinin bu ihtiyaca yönelik olması beklenir (Scott, Abbott ve Trosset, 1995).

- Su esaslı mürekkeplerin kullanıldığı yazı, tahvil (ing. bond), defter (ing. ledger) ve rehber kâğıtları (ing. index paper).
- Ofset baskı kâğıtları
- Kuşe kâğıtları
- Alışverişte kullanılan kâğıt çantalar
- Ambalaj kâğıtları
- Yağ geçirmez kâğıtlar

Bir kâğıdın bir maddeye karşı direnci olması, bu maddenin kâğıda penetrasyonunun (nüfuzunun) zamana bağlı olması anlamına gelir. Diğer taraftan bir kâğıdın bir maddeye karşı bariyer özeliğine sahip olması, bu maddenin kâğıda nüfuz edemeyeceği ve içerisinden geçemeyeceği anlamına gelir. Sıvıların kâğıt üzerindeki nüfuzunu etkileyecek faktörler; kâğıdın gözenekli yapısı (porozitesi), sıvının kâğıdı ıslatma özeliği (sıvı ile kâğıt yüzeyi arasındaki temas açısı), liflerin şişmesi ve ıslatma süresidir (Scott vd., 1995).

Lif ile Sıvı Arasındaki Etkileşim

Sıvının, katı bir yüzey ile yaptığı açıya temas açısı denir. Şekil 2.8 (a)'da gösterildiği gibi, maksimum ıslanma, temas açısı sıfıra yaklaştığında olur. Temas açısı 0°-90° arası olduğunda kısmi ıslanma gerçekleşir. Temas açısı 90° üzerinde emicilik yoktur.



Şekil 2.8: Temas açısı (Scott vd., 1995).

Temas açısı testi yönteminde, kâğıt yüzeyindeki hava ve sıvı arasındaki temas açısı, kâğıt yüzeyinin sıvı tarafından ıslanmaya karşı direncinin bir ölçüsü olarak alınır. Kâğıt yüzeyinde sıvı olarak destile su da kullanılabilir (TAPPI, 2004).

Temas açısı 90°-110° arası olduğunda sonuç uygundur. 110° üzeri olduğunda, çizgilerde kopma, 90° altı olduğunda ise yazıda tüylenme görüntüsü oluşur (TAPPI, 2004).

Kâğıdın sıvı tarafından ıslanması için geçen süreye ıslanma süresi adı verilir. Bu süre, sıvının akış özelikleri tarafından etkilenir. Çeşitli sıvılar ve kâğıtlarla yapılan ölçümler sonucu, bu sürenin 0,005 - 0,3 s arasında olduğu tespit edilmiştir (Scott vd., 1995). Temas açısı azaldıkça, ıslatma enerjisi, yayılma katsayısı, adezyon işi artar.

2.5. PENETRASYON MEKANİZMASI

Kâğıt, kuşelenir, lamine edilir veya doygun hale getirilirse gözeneksiz bir bariyer oluşur. Yaygın olarak aranan direnç özelikleri; yağ, gres ve neme karşı direnç özelikleridir. Yağ ve gres direnci, gözenekleri daha az olan kâğıt üretimi sayesinde elde edilebilir. Kâğıdın bu sıkı yapısı, gaz geçişini de kısıtlar. Bu sayede, iyi bir aroma ve koku bariyeri de sağlanmış olur (Scott vd., 1995).

Diğer bir gözenekleri kapatma yöntemi de sentetik lateks filmi ile kaplanmasıdır. Gres direnci sağlamak için florokarbonlar da kullanılabilir. Kâğıt; gaz, su, su buharı, yağ, gres ve diğer kimyasal maddelerin geçişine az direnç gösterir. Bu nedenle bariyer özeliklerinin önemli olduğu uygulamalarda, kuşeleme, laminasyon ve emprenye işlemleri yapılabilir (Scott vd., 1995).

Uygun bir yapıştırıcı ve metal folyoların kombinasyonu ile bariyer uygulaması yapılabileceği gibi, günümüzde çoğunlukla tercih edilen uygulama, vaks ve vaks-polimer kombinasyonları veya polietilen gibi organik polimerlerdir (Scott vd., 1995).

2.6. KÂĞIT VE KARTON İÇİN KÂĞIT-SIVI İLİŞKİLERİ

Kâğıt ve kartonda sıvı direncinin ölçülmesinde farklı testlerden yararlanılmaktadır. Kaplama yaptığımız yüzey, farklı sıvılarla karşılaşmaktadır. Bu sıvılardan en önemlisi sudur. Su emiciliği testi belirli bir zaman diliminde belirli bir kâğıt alanı tarafından emilen su miktarını göstererek kâğıdın hidrofilik yapısı hakkında fikir verir. Çok hızlı bir şekilde suyu emmeyen

kâğıt ve kartonlar için kullanılır. 60 s süresi içerisindeki ölçüm sonuçları ambalaj kâğıtları için bir göstergedir. Genelde oluklu mukavva ambalajları için kaplanmış bu yüzeyler ürünü suya karşı uzun süre korumalıdır. Kaplama yapılan bir yüzeyin sıvı ile ilişkisinin tespiti için FEFCO bu sürenin 1800 s olmasını önermektedir. Ministry of Defence Standard içerisinde BS EN 20535 standart yöntemi kullanılarak $Cobb_{1800}$ hedefi maks. 155 g/m² olarak verilmiştir.

Diğer bir test olan temas açısı ile bir kâğıt yüzeyine damlatılan bir damla sıvı tabanının yatay yüzey ile yaptığı teğet açı ölçülür. Damlanın çok hızlı bir şekilde nüfuz etmeyeceği kâğıt ve karton için kullanılabilir.

Temas açısı test sonuçlarını etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir:

a) Kullanılan çözeltinin ıslatma gücü,

b) Kâğıtta kullanılan tutkallama maddesinin ıslanabilirliği,

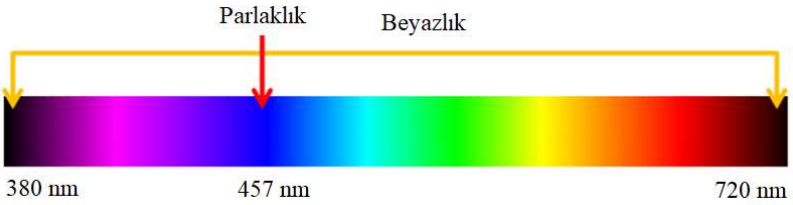
c) Kâğıdın yüzey yapısı. Örneğin, mürekkep, kâğıdı sudan daha kolay ıslatır, bu nedenle suya göre daha küçük temas açıları gösterecektir. Yüzeyine nişasta uygulanmış kâğıtlar, yüzeyine tutkal uygulanmış kâğıtlardan daha küçük açılar gösterecektir (TAPPI, 2004).

Yağ direnci ölçümü için mürekkep ve baskı için farklı yüzey gerilimleri olan çözeltilerden faydalanılır. Hint yağı, n-heptanol ve toluen içeren çözeltiler içerisindeki oranlar farklıdır. Bu sayede yüzey gerilimleri farklı çözeltilerin kâğıt yüzeyi ile teması anlaşılmaktadır. Nihai ihtiyaçları karşılamak için hangi testlerin yapılması gerektiğine karar verilmelidir (Scott vd., 1995).

2.7. KÂĞIDIN OPTİK ÖZELİKLERİ

2.7.1. Parlaklık

Kâğıt parlaklığı, tayfın mavi bölgesindeki belirli dalga boyunda (457 nm) kâğıdın yüzeyinden yansıyan ışık miktarını ölçer ve ölçümde renk olmadan 457 nm dalga boyunda ışığın yansıması olarak tanımlanır (Holik, 2006; Sappi, 2017)



Şekil 2.9: Beyazlık ve parlaklık hesabında kullanılan tayf aralığı.

Şekil 2.9'da görünür tayf aralığı gösterilmektedir (Sappi, 2017).

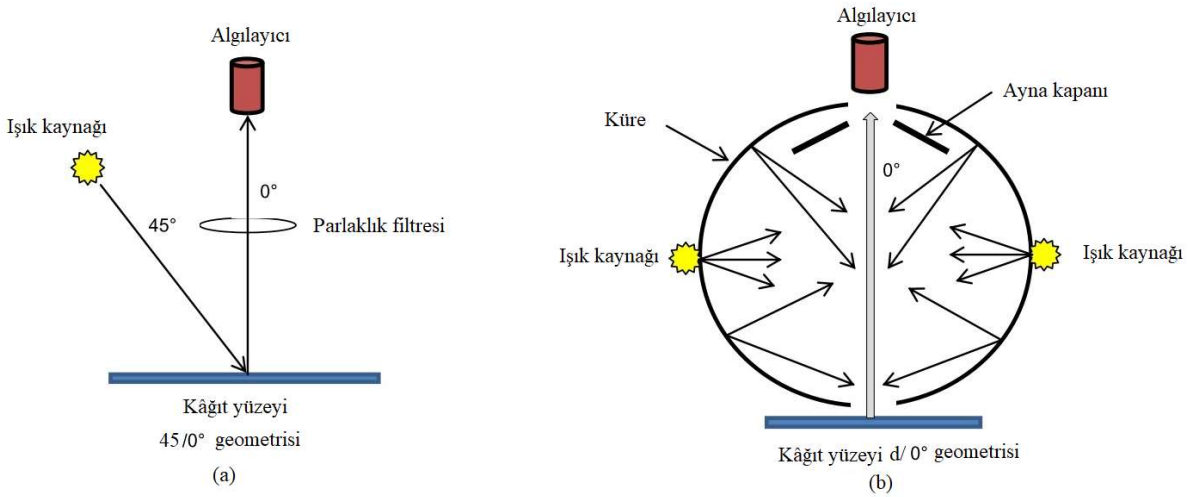
Parlaklık 457 nm dalga boyu ve 44 nm'de yarı yüksekliğine sahip, dağılmış mavi reflektans faktörüne bağlı bir değerdir (Atik, 2005).

Kâğıdın parlaklığını belirlemek için dünyada üç farklı standart ve ölçüm metodolojisi mevcuttur. Aydınlatma ve yansıyan ışık ölçüm geometrilerindeki farklılıklar nedeniyle, üç yöntemle elde edilen parlaklık ölçümleri arasında doğrudan korelasyon yoktur (Pritchard, 2012).

Aydınlatma faktörü değeri yansıtan yüzeyin görsel algısına bağlı olan gözün ışığa hassasiyetini belirler (Ek, M vd., 2009)

TAPPI Parlaklığı (T452 GE): GE Parlaklığı ilk olarak Kuzey Amerika kâğıt parlaklığının ölçümü için kullanılmıştır. Şekil 2.10 (a)'da gösterilen 45° açı ile kâğıt yüzeyine çarpan ışığın yansıması ile elde edilen parlaklık ölçümü, kâğıdın eş yönsüz bir yüzeye sahip olması nedeniyle tümüyle doğru değerleri vermemektedir (Pritchard, 2012).

ISO Parlaklığı: ISO parlaklığı ölçülürken, kâğıt numunesi CIE aydınlatmalı belirli miktarda UV enerjisi içeren C ışık kaynağı ile aydınlatılmıştır. TAPPI T452/GE kâğıt parlaklığı ölçüm sistemi tarafından kullanılan ile aynı aydınlatma mevcuttur. Şekil 2.10 (b)'de gösterilen d/0° geometrisinde farklı noktalardan verilen ışık kaynakları ile kâğıt yüzeyinden yansıyan ışık algılayıcıya ulaşmaktadır (Pritchard, 2012).



Şekil 2.10: Işık ölçüm geometrileri (Pritchard, 2012).

D65 parlaklık ölçüm sistemi (ISO 2470-2): Aydınlatıcı ISO 2470-1 ile aynıdır. D65 parlaklığı, CIE aydınlatıcı C'den daha fazla UV enerjisi içeren açık havalı bir ortamdaki gün ışığı aydınlatıcı olan D65'i kullanır. Bu nedenle, D65 aydınlatmasının yaydığı ek UV enerjisi, kâğıt, optik maddeleri içerdiğinde daha büyük bir floresan etkisi üretecektir (Pritchard, 2012).

2.7.2. Beyazlık

Kâğıt beyazlığı, bir kâğıdın görünür tayftaki (yaklaşık 380 nm – 720 nm) tüm ışık dalga boylarının dengesini eşit olarak yansıtma yeteneğini ölçer. Dünyada yaygın olarak kullanılan beyazlık ölçüm standardı, CIE beyazlığıdır. CIE beyazlığı D65 aydınlatma ile yapılandırılmış bir ışık kaynağı ile dağınık aydınlatma kullanan bir beyazlık indeksi ve ölçüm metodolojisi belirtir (Sappi, 2017).

CIE standart illuminant D65, UV enerjisi içerir. CIE D65, ortalama gün ortası güneş ışığını yaklaşık olarak belirleyen bir açık hava gün ışığı aydınlatmasıdır. CIE beyazlığı, beyazlık birimleri 0-100 olarak ifade edilen bir sayı değeridir (Sappi, 2017).

Yüksek kaliteli kâğıtlarda, daha parlak görsellik talebi nedeniyle ilâve edilen floresan bileşenleri nedeniyle CIE beyazlık değeri 100'ün üzerine çıkabilir.

2.8. KUŞE BOYASI HAZIRLAMADA KESİNTİLİ VE SÜREKLİ PROSES

Kuşe boyası hazırlamada kesintili ve sürekli iki proses vardır.

Kesintili proseste, her bileşen birer birer karışım tankına ilâve edilir. Karışım süresi tamamlandığında, kuşe boyası hazır hale gelir ve bekleme tankına alınır. Boşalan karışım tankında yeni bir parti kuşe boyası hazırlanır (Lehtinen, 2000).

Sürekli proseste, her bir bileşen aynı anda karışım ünitesine beslenir. Kesintili proses sürekli prosese göre daha fazla tercih edilir. Kesintili hazırlamada, her bir parti için miktarların aynı olması önemlidir (Lehtinen, 2000).

2.9. KUŞELEME PROSESİ

Kuşeleme işlemi genellikle iki adımdan oluşur:

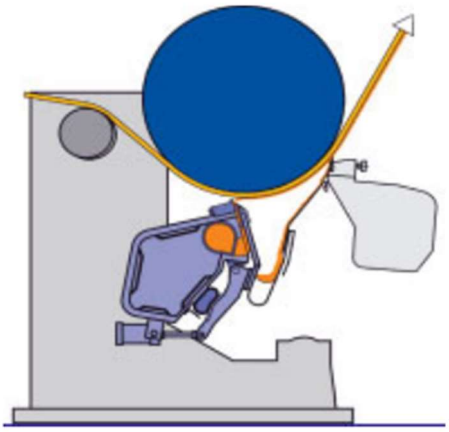
1. Kâğıt veya karton üzerine kuşe boyasının uygulama yönteminin seçimi

2. Kuşe boyasının istenen miktarda uygulanması

Kuşe boyası kâğıda uygulandıktan sonra miktar ayarlaması yapılıyorsa, buna doğrudan kuşe veya raspa uygulama denir. Kuşe boyası kâğıda uygulandıktan sonra miktar ayarlaması yapılıyorsa, buna dolaylı kuşe veya film uygulama denir. Çok eski bir teknik olan perde kaplama özel kâğıtların kaplanmasında kullanılır (Holik, 2006).

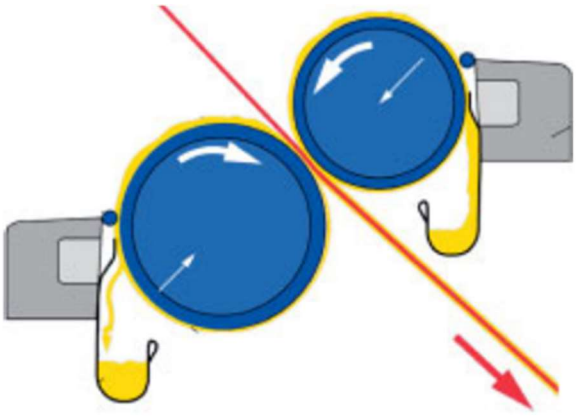
Doğrudan kuşe uygulamasında safiha üzerine kuşe boyası fazla miktarda uygulanır. Bir bekleme süresi belirlenerek, kuşe boyası istenen kuşe ağırlığına göre uygulanır (Holik, 2006).

Uygulamada raspa kullanılır. Kuşe boyasının fazlası raspa aracılığı ile uzaklaştırılır. Raspa ile kaplama, düzensiz bir kaplama kalınlığı sağlamasına rağmen, iyi bir yüzey düzgünlüğü sağlar (Rissa vd., 2006).



Şekil 2.11: Doğrudan uygulama için kullanılan jet aplikatör (Voith) (Holik, 2006).

Doğrudan kuşe uygulamasında silindir ya da Şekil 2.11'de olduğu gibi jet aplikatör kullanılabilir (Holik, 2006).



Şekil 2.12: Film press (Voith)(Holik, 2006).

Dolaylı kuşe uygulaması için Şekil 2.12'deki gibi bir film pres kullanılabilir. Film pres, nişasta uygulanması için kullanılan pres gibidir. Bir film presinde, kuşe boyası ile bir film oluşturulur ve büyük çaplı bir silindir üzerine uygulanır. Kâğıt iki silindir arasından geçerken kuşe boyası bir film olarak kâğıt yüzeyine rod denilen paslanmaz çubuklar ile uygulanır. İstenen uygulama miktarına göre uygun rodlar seçilir. Bu tip bir uygulama, düşük viskoziteli ve düşük katı maddeli kuşe boyaları için uygundur (Holik, 2006).

2.10. KURUTMA

Kurutma işlemi, kuşeli kâğıttan suyun uzaklaştırılması olarak tanımlanabilir (Dean, 1997).

Kurutma işlemi; buhar silindirleri, sıcak hava üfleme silindirleri, hava yüzdürme silindirleri, kızılötesi (infrared) ve silindirler ile yapılabilir (Rennes, 1998; Holik, 2006).

Buhar silindirleri yıllardır birçok avantajı nedeniyle tercih edilmektedir. Kuşeli tabaka düz bir yüzey üzerinde kurutularak kâğıt üzerine uygulanan stres, kırışma ve kıvrılma azaltılır.

Hava darbeli kurutucular, kuşeli karton uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde safiha, kurutucudan geçerken bir dizi vals ile desteklenir (Rennes, 1998).

Hava yüzdürme kurutma teknolojisi, iki taraflı kurutma sağlar ve gereksiz valsleri ortadan kaldırma imkânı sağlamıştır (Rennes, 1998).

Kızılötesi kurutma çok iyi bir enerji aktarımı sağlar. Bu nedenle, kızılötesi özellikle kâğıdı veya kartonu ısıtmak için uygundur. Kızılötesi radyatörlerin ısıtılması için elektrik veya gaz kullanılabilir.

3. YÖNTEM

3.1. MALZEME

3.1.1. Temel Kâğıt

Çalışmada kullanılan temel kâğıt 120 g/m² üstü beyaz test yüzey kâğıdı olup Modern Karton firması tarafından temin edilmiştir.

3.1.2. Pigment

Çalışmada kullanılan pigmentlerin özelikleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Her iki malzeme grubu da Modern Karton firması tarafından temin edilmiştir.

Tablo 3.1: Pigment özelikleri.

Pigment	Partikül boyutu 2 µm altı oranı (%)	pH
Kaolin 1 (A katta kullanılan)	-	6,0-8,0
Kaolin 2 (B katta kullanılan)	96,0	6,0-8,0
ÖKK 1 (A katta kullanılan)	63,0	9,5
ÖKK 2 (B katta kullanılan)	90,0	9,0

3.1.3. Katkı Maddeleri

A ve B katta farklı özelikte iki adet kaolin, iki adet ÖKK, kıvamlaştırıcı, lateks ve pigmentlerin dağılmasını kolaylaştırmak ve viskoziteyi ayarlamak için dispersant kullanılmıştır.

Tablo 3.2: Diğer katkı maddeleri özelikleri.

Diğer katkılar	Katı Madde (%)	Viskozite (cPs)	pH
Bağlayıcı, Lateks	54,70	1000	6-7
Kıvamlaştırıcı, KMS	99,57	200	-
Dispersant	43,00	-	8

Katkı maddelerinin özelikleri de Tablo 3.2'de belirtilmiştir.

.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Kuşe Boyasının Özeliklerinin Belirlenmesi

Testler aşağıdaki standartlara göre yapılmıştır.

a) Kuru Madde Oranı Belirleme

Kuru madde oranı TS EN ISO 638-1 (2021) standart yönteme uygun olarak belirlenmiştir. Bu amaçla 2 g örnekler sabit ağırlığa gelene kadar 105°C etüvde bekletilmiştir.

b) Hızlı Kuru Madde Oranı Belirleme

Kuşe boyası hazırlamanın son karıştırma aşamasında, kuru madde miktarının kontrolü için kızıl ötesi çalışma prensibi olan hızlı kuru madde ölçüm cihazı Precisa XM 50 Nem Tayin Cihazı ile ölçümler yapılmıştır. Ölçüm hassasiyeti %0,01.

c) Pigmentlerin Optik Özeliklerinin Belirlenmesi

- **ISO Parlaklık**

ISO Parlaklık değerleri ISO 2470-1 (2016) ve ISO 2470-2 (2008) standart yöntemine Şekil 3.1'de gösterilen Elrepho 3300 spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür.

- **CIE Beyazlık**

CIE beyazlık değerleri TS ISO 11475 (2021) ve ISO 11476 (2016) standart yöntemine göre Şekil 3.1'de gösterilen Elrepho 3300 spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür.

- **Renk**

CIE L*, a*, b* renk değerleri TS ISO 5631 (2015) standart yöntemine göre Şekil 3.1'de gösterilen Elrepho 3300 spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür.

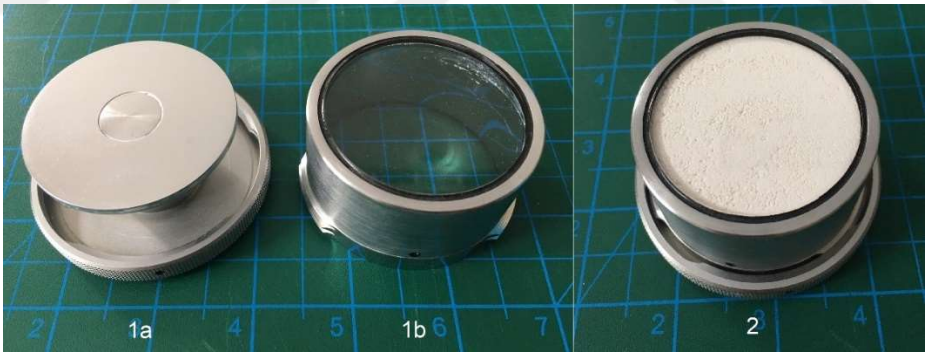
- **Sarılık**

Sarılık değerleri ASTM E-313 (2005) standart yöntemine uygun olarak, Şekil 3.1'de gösterilen Elrepho 3300 spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 3.1: Spektrofotometre cihazı (Elrepho 070).

Pigment ölçümleri toz ölçüm hücresi içinde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm hücresinin boş iki parça görüntüsü Şekil 3.2 (1a) ve (1b)'de, pigment ile dolu hali ise (2) numaralı görüntüde verilmiştir.



Şekil 3.2: Toz optik özelik ölçüm hücresi. 1a ve 1b boş hali, 2 pigment dolu hücre.

d) Kuşe Boyası Hazırlama İşlemi

Kuşe boyasının hazırlanmasında Şekil 3.3'te gösterilen IKA karıştırıcı kullanılmıştır.

Karıştırıcı Seçimi

Kuşe boyası karıştırma sırasında kullanılan karıştırıcının hangi tip ucunun kullanılacağına karar vermek için denemeler yapılmıştır. Katı madde oranı arttıkça viskozitenin artması ve

uygulama sırasında çizgili görüntü oluşturması nedeniyle yüksek kesme etkili karıştırıcı yerine kanatlı tip ile çalışma yapılması tercih edilmiştir.



Şekil 3.3: Mekanik karıştırıcı (IKA RW 20).

e) pH-metre

Hazırlanan çözeltilerin pH'ı ölçülmeden önce Hanna HI 221 pH metre cihazının kalibrasyon prosedürüne uygun olarak pH 7 ve pH 9 tampon çözeltileriyle kalibrasyonu yapılmıştır.

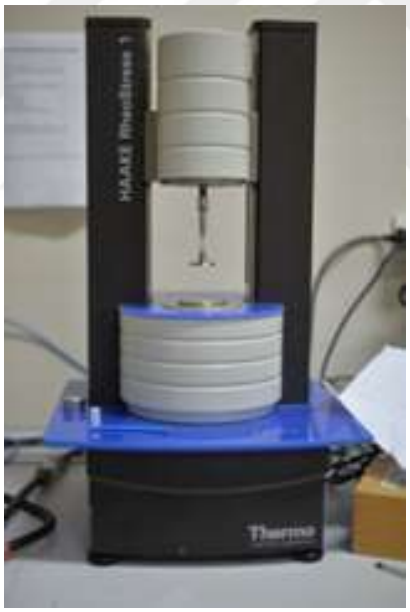
f) Viskozite Belirleme

Kuşe boyası viskozitesi, Şekil 3.4'te gösterilen Brookfield LVDV-II+ Viskozimetre ile uç (ing. spindle) numarası 3; 100 devir/dak. ve 23 °C 'de ölçülmüştür. 3 numaralı uç, viskozitenin bu uçla cihazın belirtilen uygun tork aralığında ölçüm yapabilmesi nedeniyle seçilmiştir.



Şekil 3.4: Viskozimetre (Brookfield LVDV-II+).

g) Reolojik Özeliklerin Belirlenmesi



Şekil 3.5: Reometre (Haake RheoStress 1).

Reoloji ölçümleri Şekil 3.5'te gösterilen HAAKE RheoStress 1 Reometre ile HAAKE RheoWin 3 yazılımında yapılmıştır.

Cihaz Özelikleri

Ölçüm geometrisi: C35/1°, Cone&Plate

A-faktör: 89082,000 Pa/Nm, M-faktör: 56,680 (1/s) /(rad/s).

Aralık: 0,065 mm, ölçülen numune miktarı 0,25 mL.

Akış eğrisi grafikleri için ölçüm koşulları

Kontrollü oran 0 1/s- 200 1/s; Süre t 120 s; Sıcaklık T 23 °C;

Genlik tarama grafikleri için ölçüm koşulları

Ön koşullandırma kontrollü oran; 300 1/s; Süre t 10 s; Sıcaklık 23 °C;

Osilasyon ölçüm koşulları; Kontrollü gerilim 5 Pa; frekans 1 Hz.

Frekans tarama grafikleri için ölçüm koşulları

Ön koşullandırma: Kontrollü oran 300 1/s; Süre t 10 s; Sıcaklık 23 °C;

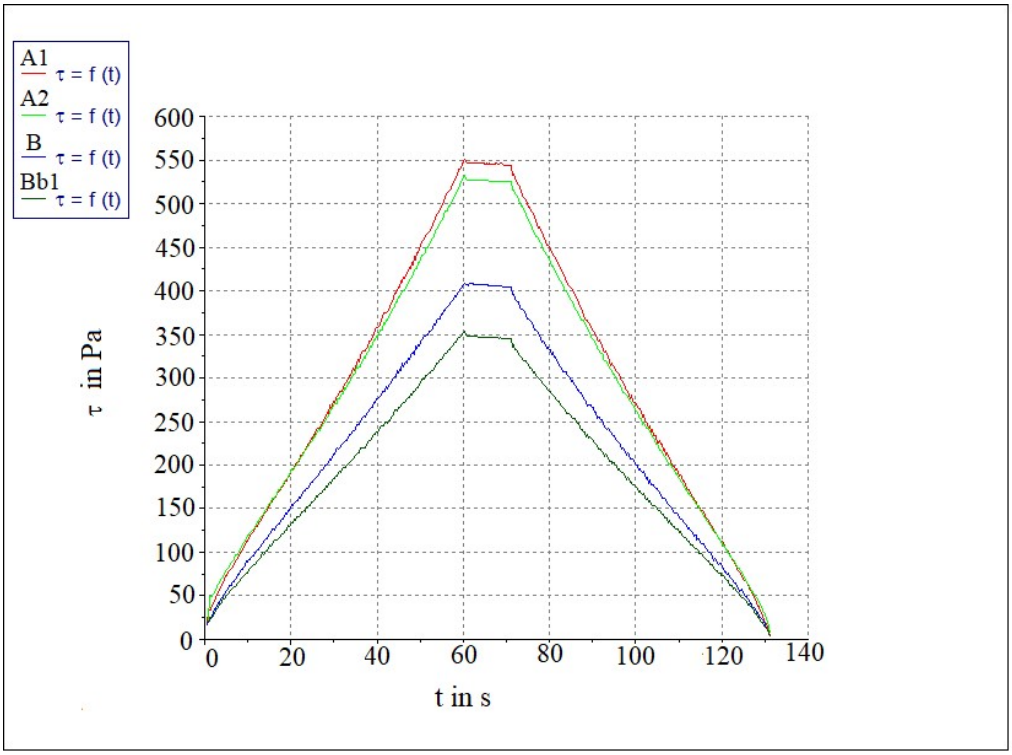
Osilasyon ölçüm koşulları: Kontrollü gerilim 1 Pa; frekans aralığı 0,1 Hz- 10 Hz.

Akma noktası grafikleri için ölçüm koşulları

Kontrollü gerilim: 0 Pa- 800 Pa; Süre t 180 s; Sıcaklık 23 °C;

Akma gerilimi: τ_o= 78,35 Pa, Süre t = 2,79 s

Tiksotropi ölçüm koşulları



Şekil 3.6: Tiksotropi ölçüm koşullarında kayma geriliminin zamanla değişimi.

Şekil 3.6'da HAAKE RheoStress 1 Rheometre ile tiksotropi ölçümü için gerekli ön koşullar gösterilmektedir.

h) Kuşe Boyaları ve Kâğıt Örnekleri İçin Adlandırma

Tablo 3.3: Kuşe boyası kodlamaları ve pigment oranları.

Kuşe boyası kodlama	Pigment oranları (%)		Uygulanan bariyer maddesi miktarı (g)
	ÖKK	Kaolin	
A1	100	0	0
A2	80	20	0
B	80	20	0
Bb1	80	20	1
Bb5	80	20	5
Bb10	80	20	10

Tez içinde kullanılan kuşe boyası kodlaması Tablo 3.3'te gösterilmiştir. "A" birinci kat "B" ikinci kat kuşe boyasını ifade etmek için kullanılmıştır. "b" ise bariyer maddesi için kullanılmıştır ve arkasında uygulanan rakam, madde oranını ifade etmektedir. Birinci kat kuşede uygulanan iki farklı harmanı göstermek için "1" ve "2" kodlaması kullanılmıştır. BbY ise yüzeyden uygulanan bariyer kimyasal maddesini göstermektedir.

i) Kuşe Boyasının Katı Madde Oranının Seçimi

Kuşe boyasının katı madde oranının seçimi için çeşitli katı madde oranlarında kuşe boyaları hazırlanmış, kâğıt üzerine uygulama yapılarak en uygun dağılım olması bakımından %60 katı madde oranı seçilmiştir.

İkinci kat kuşe boyası hazırlarken, uygulanabilir bir viskozite elde etmek için farklı katı madde oranlarında kuşe boyaları hazırlanmış ve %54 katı madde oranı seçilmiştir.

j) Bariyer Kimyasal Maddesi Uygulama Yöntemi Belirleme

Çalışma sırasında, bariyer kimyasal maddesi uygulama şekline karar vermek için farklı metotlar denenmiştir. İlk çalışmada sprey şeklinde püskürtme yapılmıştır. Farklı hızlarda, uygulanan miktar g/m² olarak ölçülmüştür. Püskürtme yöntemi ile homojen bir dağılım olmadığı için daha sonraki uygulamalarda, 2. kat kuşe boyası içine 100 g için 1 g, 5 g ve 10 g bariyer kimyasal maddesi uygulanmıştır.

k) Kuşe Boyası Uygulama

Kuşe uygulaması için Şekil 3.7'deki "K202 Control Coater" kaplama cihazı ile üzerinde yeşil renkli 3 numaralı çubuk ve 4,09 cm/s hızda (ayar düğmesi 4) kullanılmıştır. Temel kâğıt ve uygulama sonrasında 1 gün ortam havasında kurutulmuş kâğıt gramajları ölçülerek uygulama miktarı tespit edilmiştir. Uygulanan miktar yaklaşık 16 g/m² olarak edilmiştir.

Homojen bir uygulama elde edilemediği için düşük viskozitede çubuk boyunca eşit bir kuşe boyası dağılımı sağlamak için çubuğa bağlanan, ilâve bir çubuk konularak uygulama miktarının, her bir uygulamada akış profili sabit bir hale getirilmiştir.

İstenen kuşe boyası uygulama miktarının tespiti için, 3 numaralı yeşil ve 2 numaralı kırmızı çubuk ile 1,13 cm/s, 5,34 cm/s ve 8,04 cm/s hızlarda denemeler yapılmıştır. Tablo 3.4'te elde edilen bu sonuçlar, çubuk numarası büyüdükçe uygulanan miktarın arttığını, hız ayar düğmesinde artış olduğunda Tablo 3.5'te gösterildiği gibi hızın arttığını ve uygulanan miktarın azaldığını göstermiştir.

Tablo 3.4: Kaplama cihazında uygulanan kuşenin miktarı (g/m²).

Hız ayar düğmesi /Çubuk numarası	2/3	5/3	10/3	2/2	5/2	10/2
Ortalama (g/m²)	22,90	17,70	17,30	11,10	10,10	9,50

Tablo 3.5: Kaplama cihazı hızları.

Hız ayar düğmesi	2	5	10
Hız (cm/s)	1,13	5,34	8,04

%45 katı madde oranında hazırlanan kuşe boyaları ile 2 numaralı kırmızı çubuk ve 3 numaralı yeşil çubuk ile farklı hızlarda (Hız ayar düğmesi 2, 5 ve 10) uygulamalar yapılmıştır. Kuşe uygulanmayan kâğıt ile karşılaştırılarak uygulanan miktarlar g/m² cinsinden hesaplandığında 2 numaralı kırmızı çubukların kullanımına karar verilmiştir. Tekrarlı çalışmalar sonucu, kuşe boyasının kâğıt üzerinde uygulandığı alan ve uygulama süresi takip edilerek ortalama uygulama hızı 2,78 m/dk olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.7: Çalışmada kullanılan "K202 Control Coater" laboratuvar tipi kaplama makinesi.

l) Kuşe uygulanan kâğıtların kurutulması

Kuşe uygulanan kâğıtlar, ortam havasında 1 gün bekletilmiştir.

m) Testler için Numune Şartlandırma Koşulları

Örneklerin özelikleri TS 636 EN 20187 standardında belirlenen %50 ±2 bağıl nemde ve 23 ºC ±1 sıcaklık ortamında 24 saat süre ile koşullandırıldıktan sonra belirlenmiştir.

3.2.2. Kâğıt Özeliklerinin Belirlenmesi

- **Gramaj**

Kâğıtların gramajları (birim alandaki ağırlıkları), TS EN ISO 536 (2020) "Kâğıt ve Karton- Gramaj Tayini" standart yönteme uygun olarak yapılmıştır. Gramaj birimi g/m² olarak ifade edilmektedir.

- **Kâğıt Kalınlıklarının Belirlenmesi**

Kalınlık ölçümü için TS EN ISO 534 (2012) "Kâğıt ve karton - Kalınlık, yoğunluk ve özgül hacim tayini" standart yönteme uygun olarak yapılmıştır. H.E, Messmer kâğıt mikrometresi cihazı kullanılmıştır. Üst üste konulmuş 10 adet kâğıdın her birinin 10 farklı noktasından ölçüm gerçekleştirilmiş ve ortalama alınarak bir kâğıdın kalınlığı µm cinsinden belirlenmiştir.

- **Kül Tayini**

Organik maddelerin yakılması sonucunda geriye kalan inorganik maddelerin oksitlerine kül denir. Kül tayini için Gallenkamp markalı kül fırını kullanılmıştır. $CaCO_3$ dolgusu 900 °C'de CaO'e dönüşür. 525 °C ve 900 °C'de elde edilen kül miktarları farkından CO_2 hesaplanarak, kâğıt içindeki kalsiyum karbonat miktarları tespit edilmektedir.

- **525 °C'de Kül Tayini**

Kâğıtların kül oranı 525 °C'de ISO 1762 (2019) standart yöntemde belirtildiği gibi hesaplanmıştır. Bu sıcaklıkta, kalsiyum karbonat, kil, titanyum dioksit ve diğer dolgu maddeleri bozunmaz. Örneğin, magnezyum karbonat ve kalsiyum sülfat kısmen, 525 °C'nin altındaki sıcaklıklarda ayrışabilir.

- **900 °C'de Kül Tayini**

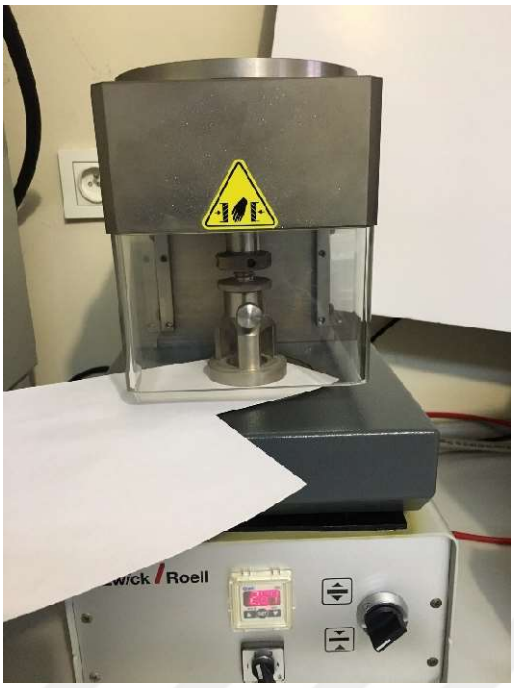
Kâğıtların kül oranı 900 °C'de ISO 2144 (2019) standart yöntemde belirtildiği gibi hesaplanmıştır. Kül ağırlığının fırın kurusu örnek ağırlığına oranının 100 ile çarpımı yüzde olarak kül oranını gösterir.

525 °C Kül miktarı – 900 °C Kül miktarı = CO_2 miktarı.

CO_2 miktarı x 100 g/mol / 44 g/mol = $CaCO_3$ miktarıdır. Bu miktar 525 °C'deki kül miktarından çıkarıldığında, diğer inorganik maddelerin miktarı bulunur.

- **Patlama Direnci**

Patlama direncini en çok etkileyen faktörler; lif uzunluğu ve iç bağlanmadır. Lif boyu arttıkça patlama direnci artar. Pigment ilâvesiyle patlama direncinde azalma görülür. Kâğıtların patlama direnci özelikleri TS EN ISO 2758 (2014) standart yönteme uygun olarak Şekil 3.8'de gösterilen ve TestXpert V12.1 yazılımı kullanan tek sütunlu üniversal test cihazı Zwick/Roell ile ölçülmüştür.



Şekil 3.8: Üniversal test cihazı (Zwick/Roell) patlama testi ünitesi.

Sıkıştırılan kâğıda, esnek membrana uygulanan yağ basıncı sayesinde kuvvet uygulanır. Kâğıdın patladığı andaki ölçülen direnç değeri kPa birimiyle belirtilir.

Test sırasında basıncın dikey doğrultuda ve membran üzerine eşit dağılmış şekilde uygulanması gereklidir. kPa birimiyle ölçülmüş olan patlama direnci, kâğıt gramajına bölünerek patlama indisi bulunur.

- **Halka Ezilme Testi**

Oluklu mukavvanın kenar sıkıştırma mukavemeti, o levhadan yapılan oluklu ambalajın dinamik sıkıştırma mukavemetinin belirlenmesinde temel unsurdur. Oluklu mukavva ambalajları sıkıştırma mukavemeti ile direnç gösteren yüklere maruz kalır, bu özelik oluklu mukavvanın performans özeliklerinin önemli bir ölçüsüdür. Üretim sürecini kontrol etmede ve bitmiş ürünün kalitesini ölçmede halka ezilme testi faydalıdır.

Kâğıtların halka ezilme direnci değerleri ISO 12192 (2011) standart yönteme uygun olarak, Şekil 3.9'da gösterilen tek sütunlu üniversal test cihazı "Zwick/Roell" 2,5 kN ile ölçülmüştür.



Şekil 3.9: Çalışmada kullanılan (Zwick/Roell) üniversal test cihazı halka ezilmesi testi.

Halka ezilmesi testi, kâğıdın bükülme ve burkulmaya karşı direncini gösterir. Kâğıt örnekleri şeritler halinde kesilir. Kâğıt şerit, örnek tutucu parçanın içindeki dairesel yarık içine sokularak halka şekli oluşturulur. Kâğıt şerit ezilinceye kadar düşey yönde yük uygulanır. Test sırasında kâğıt şeridin eninin yarısı yarık içerisinde kalır. Sonuç; uygulanan en yüksek yükün kenar uzunluğuna bölünmesi ile bulunan birimi kN/m olan değerdir.

- **Kısa Mesafe Sıkıştırma Testi**

Kâğıtların kısa mesafe sıkıştırma testleri ISO 9895 (2008) standart yönteme uygun olarak, Şekil 3.10'daki tek sütunlu üniversal test cihazı Zwick/Roell ile yapılmıştır. Birimi kN/m'dir.



Şekil 3.10: Üniversal test cihazı (Zwick/Roell) kısa mesafe sıkıştırma testi ünitesi.

Kâğıt örnekleri 15 mm genişlik ve 150 mm uzunluk olacak şekilde kesilir. Örnekler, arasında 0,7 mm mesafe bulunan iki çene arasına yerleştirilir. Çeneler birbirine doğru hareket ettirildiğinde açıklık azalır ve kâğıt şeridi içindeki gerilim artar. Artan basınç nedeniyle kâğıt örneğinde güçsüzlük oluşur ve sonuç kısa mesafe sıkıştırma direnci olarak kaydedilir.

- **Gurley Hava Geçirgenliği Testi**

Hava Geçirgenliği Testi TS ISO 5636-5 (2015) standart yönteme uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Birim zamanda, birim alandan geçen ortalama hava akış miktarıdır. Hava, bir sıvıda yüzen dikey bir silindirin ağırlığı ile sıkıştırılır. Test edilecek olan kâğıt numunesi basınçlı hava ile temas halindedir ve hava test parçasından geçerken silindir sürekli olarak düşer. Belirli bir hava hacminin test parçasından geçme süresi, yani hava direnci ölçülür. Değer, sayısal olarak düştükçe kâğıdın hava geçirgenliğinin düşük olduğu anlaşılır.

- **Dennison Mum Testi**

Yüzey özeliklerinin belirlenmesi için TAPPI T 459 (2008) metoduna göre Şekil 3.11'de gösterilen Dennison mum seti ile test uygulanmıştır. Dennison mum testi, kâğıdın yüzeyine baskı sırasında uygulanan güce dayanıklılığını tespit etmek için kullanılır. Kâğıdın basılabilirlik

özeliğini gösterir. Kuşelenmemiş kâğıtlar için 6 numaralı mum, ayna parlaklığı olan kâğıtlar için 11 numaralı mum, tipik değerler olarak verilmiştir. İlgili standart yöntem ASTM D2482 (2007)'dir (Raw ve Working, 2005). İç bağlanma mukavemeti zayıf olan kâğıtlar daha kolay etkilenir. Herhangi bir mum eritilerek dik konumda kâğıt yüzeyine yapıştırılır. 15 dakika sonra dik olarak çekilir. Mum üzerinde hiç kâğıt lifi yoksa bir numara büyük olan mum ile çalışma tekrarlanır. Hiç lif yapışmamış olan mum numarası sonuç olarak kaydedilir.

Dennison mum testi kuşelenmemiş kâğıtlar için uygundur. İç bağlanması zayıf olan yüzey daha çabuk kopar.



Şekil 3.11: Dennison mum testi malzemeleri.

- **Su Emiciliği Tayini Cobb$_{60}$**

Su emiciliği, kâğıt veya kartonun tutkallama ve gözeneklilik gibi çeşitli özeliklerinin bir fonksiyonuna bağlıdır. Tutkallama işlemi, baskı niteliklerini ve sıvılara karşı direnci artıran maddelerin ilâvesiyle gerçekleşir.

Bu test, Şekil 3.12'de gösterilen bir cihaz ile TS EN ISO 535 (2014) yöntemine göre kâğıt yüzeyinin emdiği su miktarını g/m² olarak belirlemek amacıyla yapılmıştır.



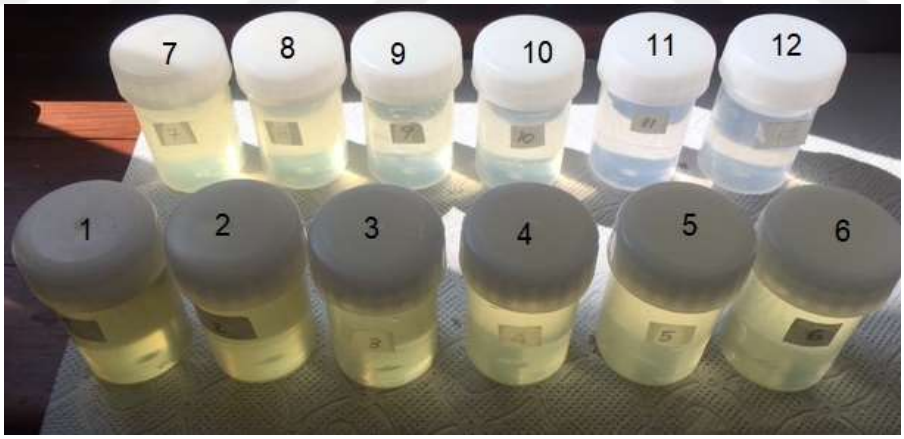
Şekil 3.12: Çalışmada kullanılan su emiciliği test cihazı (TAPPI, 2009).

Oluklu mukavva kâğıtlarında $Cobb_{60}$, Oluklu mukavva levhalarda $Cobb_{1800}$ deneyleri yapılır (Methods *vd.*, 1990).

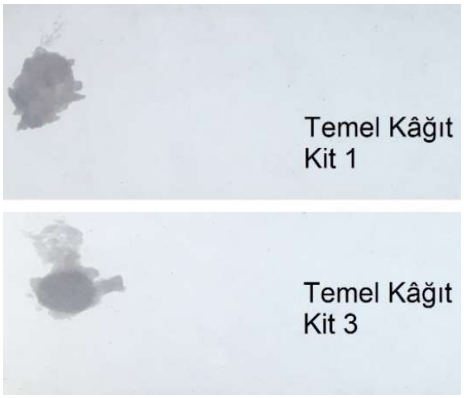
- **Yağ Direnci – Yüzey İticilik Testi**

ISO 16532-2 (2007) standart test yöntemi, florokarbonlar gibi organofobik malzemelerle kütleden veya yüzeyden tutkallanmış, kâğıt ve kartonun yüzey iticilik ve/veya kapiler emme özelliklerinin derecesini test ederek yaklaşık bir gres direnci seviyesi oluşturmak için amaçlanmıştır (ISO, 2007).

Standart yöntem içinde belirtilen Şekil 3.13'te gösterilen 12 adet çözelti hazırlanmıştır.



Şekil 3.13: Çalışma için hazırlanan ve kullanılan yağ direnci test kiti.



Şekil 3.14: Yağ geçiren bazı örnekler için yağ direnci görüntüleri.



Şekil 3.15: Yağ geçirmeyen 15 s sonrası görüntü örneği.

Şekil 3.14'te standart yöntemde anlatılan kararmanın oluştuğu yağ geçiren bir görüntü, Şekil 3.15'te ise yağ direncinin olduğu kararmanın oluşmadığı bir görüntü mevcuttur.

- **Temas Açısı**

Bu test yöntemi, kâğıdın çeşitli uygulamalarda sıvılarla etkileşimini ölçmede yararlıdır. Bariyer özeliklerinin belirlenmesi için yapılan ve kâğıdın yüzey gerilimi hakkında bilgi veren temas açısı testi TAPPI T 458 (2004) ve D724 ASTM (2003) metoduna uygun olarak Şekil 3.16'da gösterilen cihazda gerçekleştirilmiştir.

Bu test yönteminde tanımlanan standart mürekkebi kullanarak, başlangıçta ölçülen temas açısı genellikle kâğıdın hâkim kalitesinin bir ölçüsü olarak kabul edilir. Aynı standart mürekkeple temas açısındaki 5 ve 60 s'lik değişiklik, sulu bir mürekkep kullanıldığında genellikle kâğıdın yazma kalitesinin bir ölçüsü olarak kabul edilir (ASTM, 2003).

Kâğıt örneği üzerine bir damla sıvı damlatılır ve kâğıdın 5 s ve 60 s sonra temas açısı ölçülür. Ölçüm yapmak için standart bir mürekkep tanımlanır. Bu mürekkebi kullanırken temas açısında 5-60 s arasında gerçekleşen değişiklik, herhangi bir sulu mürekkep kullanıldığında, kâğıdın yazma kalitesinin bir ölçüsü olarak kabul edilir. Mürekkep içeriği standart yöntem

içerisinde verilmiştir. Çoğu uygulamada kâğıt, standart bir mürekkeple test edildiğinde 90-100° arasındaki temas açısı, kâğıdın su bazlı mürekkepler kullanıldığı faaliyetler için uygun olduğunu gösterir (ASTM, 2003).



Şekil 3.16: Temas açısı test cihazı.

Islanabilirlik değişim oranı hesaplanması

Kâğıdın hâkim kalitesinin bir ölçüsü olarak ilk ıslanabilirlik seviyesinin anlaşılması için 5 s boyunca kâğıtla temas açısı ölçülür. Yazma kalitesinin ölçümü için 60 s sonraki temas açısı ölçülerek, ıslanabilirlikteki değişim oranı hesaplanır (TAPPI, 2004). Islanabilirlik değişim oranı; 5 s ve 60 s sonraki ortalama temas açısı farkının 55'e oranıdır. Birimleri aşağıdaki gibidir.

Islanabilirlikteki değişim oranı, °/s
5 s sonraki ortalama temas açısı, s
60 s sonraki ortalama temas açısı, s

Islatma enerjisi hesaplanması = Suyun yüzey gerilimi (72.8 mJ/m²) x cos θ.

Yayılma katsayısı hesaplanması = Suyun yüzey gerilimi x (cos θ-1).

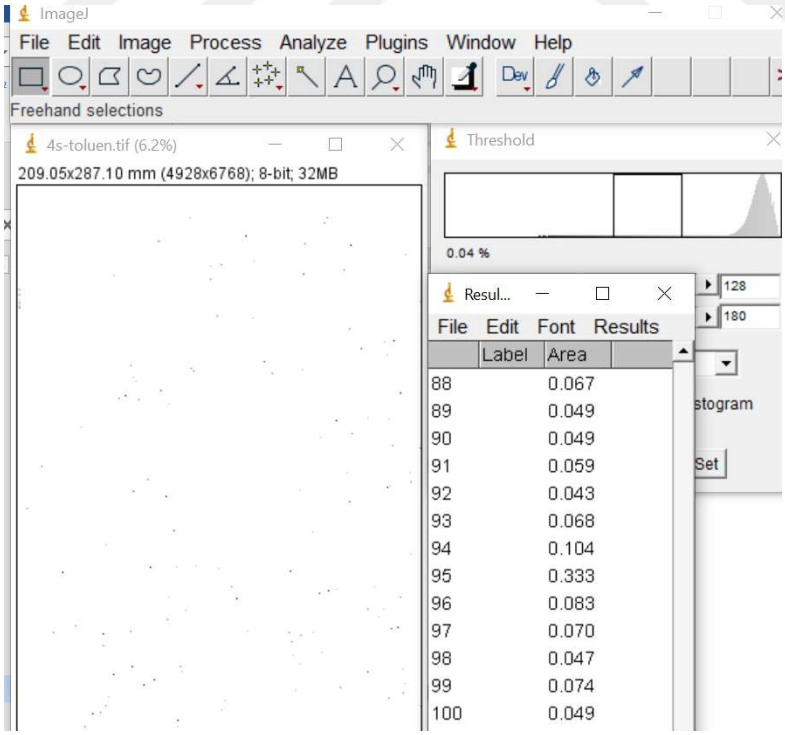
Adezyon işi hesaplanması = Suyun yüzey gerilimi x (cos θ+1) (Rhim vd., 2006) .

- **Optik Ölçümler**

Optik ölçümlerinin ilgili standart yöntemleri 3.2.1 (c)'de gösterilmiştir.

- **Leke Sayımı**

Leke sayımı dijitalleştirilerek yapılmıştır. Bu amaçla yaklaşık 50 cm² alanındaki örnekler 600 dpi ile taranmıştır. Toplam numune alanı yaklaşık 0,5 m²'dir. Görüntüler Şekil 3.17'de gösterilen "Image J" özgür yazılımı kullanılarak işlenmiştir. Lekelerin açık ve koyu renkli olması nedeni ile kontrastlarına göre ayrılarak belirlenmiştir; %80-100, %50-80 ve %30-50 kontrast. Temel kâğıt ve kuşe uygulanmış kâğıt örnekleri üzerinde, toplam leke adedi ile bu lekelerin toplam alanı (mm²), birim alana oranlanarak hesaplanmıştır (leke adedi - adet/m², leke oranı - mm²/m²). Analizler 10 adet kâğıt numunesi üzerinden gerçekleştirilmiştir. TAPPI 437 (Dirt in Paper and Paperboard) standart yöntemde belirtildiği gibi boyutu 0,04 mm² üzerindeki lekeler hesaplamada kullanılmıştır.



Şekil 3.17: Image J programından örnek bir görüntü.

4. BULGULAR

4.1. UYGULAMA

4.1.1. Kuru Madde Sonuçları

Kuşe boyasında kullanılan bileşenlerin kuru madde oranları **Hata! Yer işareti başvurusu geçersiz.**Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Uygulanan kuşe boyaları bileşenlerinin kuru madde oranları.

Kuşe boyası bileşenleri	Kuru madde oranı (%)
A kat kaolini	99,0
İkinci kat kaolini	98,9
A kat ÖKK	99,7
İkinci kat ÖKK	75,0
Lateks	54,7

A kat kuşe boyası %60, B kat kuşe boyası %54 katı madde oranı ile hazırlanmıştır. Hazırlanan kuşe boyaları ile yapılan uygulama, kaplama cihazı 2 numaralı çubuk ile gerçekleştirilmiştir.

4.1.2. Kuşe Boyası Formülasyonları

Bu çalışmada Tablo 4.2'de belirtilen farklı oranlardaki kuşe boyaları kullanılarak, kâğıdın fiziksel ve optik özelikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Tablo 4.2: A kat ve B kat kuşe boyası özelikleri.

Bileşenler	A1 (%)	A2 (%)	B (%)
Kaolin	0,0	17,7	17,7
ÖKK	88,6	70,9	70,9
Lateks	10,6	10,6	10,6
Dispersant	0,4	0,4	0,4
Kıvamlaştırıcı	0,4	0,4	0,4
Toplam	100,0	100,0	100,0

4.1.3. Kuşe Boyası pH Değeri

Kuşe boyasının pH değeri 8,34 olarak ölçülmüştür. Kullanılan pigmentin kalsiyum karbonat olması nedeni ile bu değerler beklenen seviyede olmuştur.

4.1.4. Viskozite Sonuçları

Tezde kullanılan kuşe boyaları için viskozite sonuçları

%60 katı madde oranında hazırlanan, içerisinde pigment oranı olarak %100 ÖKK bulunan A kat kuşe boyası viskozitesi 395 cP, %60 katı madde oranında hazırlanan ve içerisinde %20 A kat kaolini, %80 B kat ÖKK kullanılan kuşe boyası viskozitesi 403 cP ölçülmüştür. İkinci kat %54 katı madde oranındaki kuşe boyası viskozitesi 382,5 cP olarak ölçülmüştür.

Katı Madde Oranlarının Viskozite Üzerine Etkisi

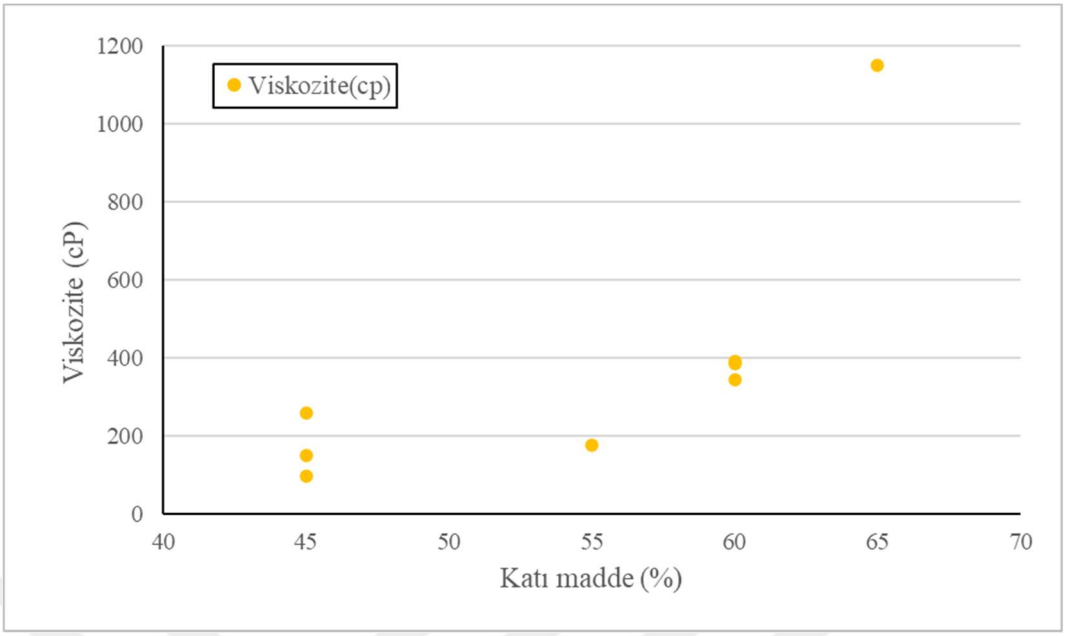
Uygulanabilir viskozitenin elde edilmesi için farklı katı madde oranlarında hazırlanan kuşe boyalarının viskoziteleri Tablo 4.3'te gösterilmektedir.

Tablo 4.3: Farklı katı madde oranlarında hazırlanmış A kat kuşe boyalarının viskozite sonuçları.

Katı madde (%)	Dolgu oranı (%)		Lateks oranı (%)	Kıvamlaştırıcı türü	Dispersant	Viskozite (cP)
	Kaolin	ÖKK				
45	50	50	12*	K2	yok	150
45	0	100	14*	K2	yok	95
45	0	100	10*	K2	yok	258
55	0	100	12**	K1	var	175
60	0	100	12**	K1	var	390
60	20	80	12**	K1	var	385
60	100	0	12**	K1	var	343
65	0	100	12**	K1	var	1150

* A marka lateks

** B marka lateks



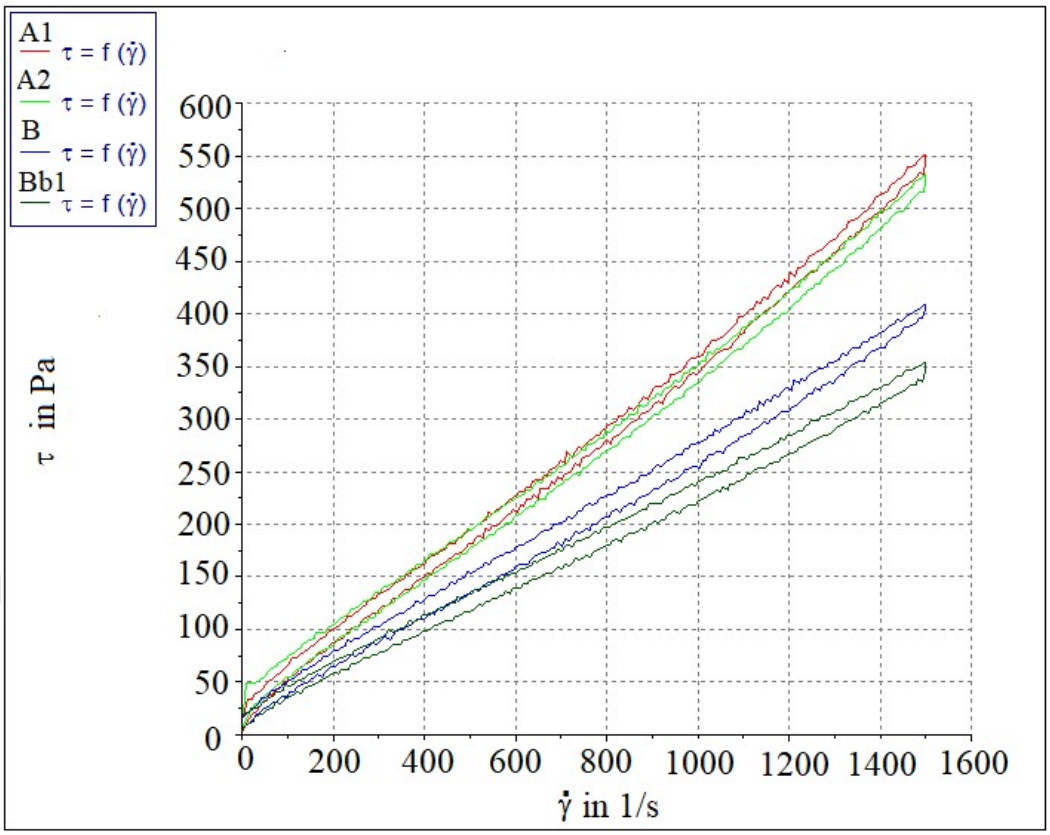
Şekil 4.1: Kuşe boyaları viskozitesinin katı madde oranı ile değişimi.

Şekil 4.1'de, farklı Kaolin/ÖKK ve lateks oranlarında hazırlanan kuşe boyalarında, viskozite değişiminin en fazla olduğu sonuçlar katı madde oranı %60'tan %65'e çıktığında gerçekleşmektedir.

4.1.5. Reoloji Sonuçları

Tiksotropi

Şekil 4.2'de kuşe boyalarının x eksenindeki kayma oranına bağlı olarak kayma gerilimi gösterilmiştir. A kat kuşe boyalarına göre B kat kuşe boyasının aynı kayma oranında daha düşük kayma gerilimi ile sonuçlandığı görülmektedir. İkinci kat viskozite değeri düşük olduğu için kayma gerilimi de düşük çıkmaktadır.

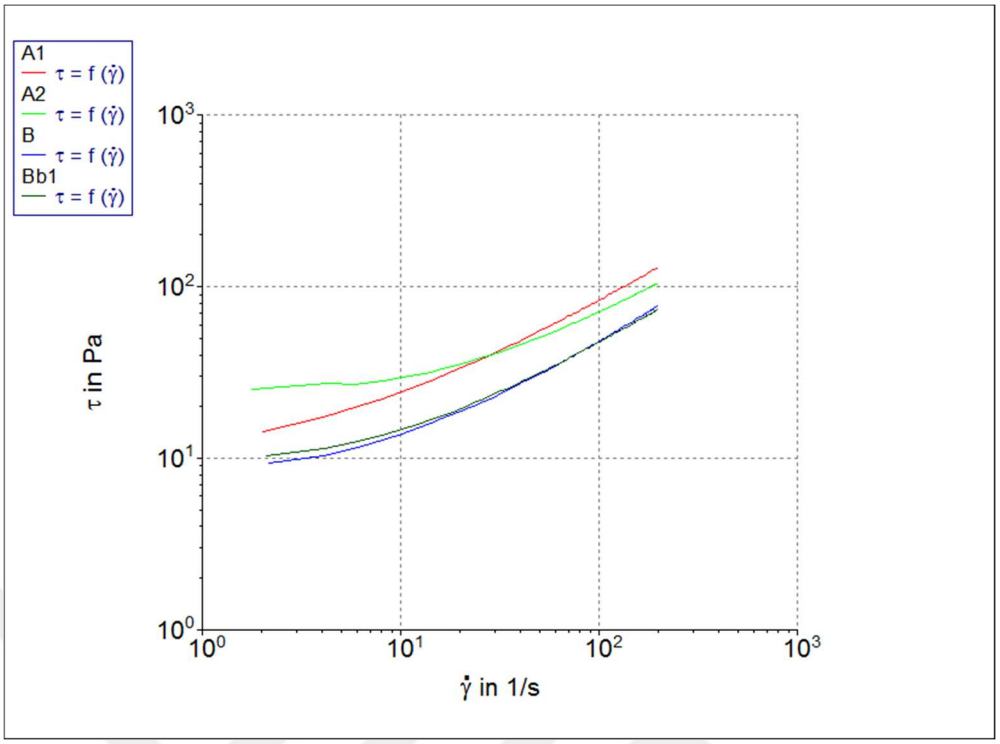


Şekil 4.2: Kuşe boyasının tiksotropik özelikleri.

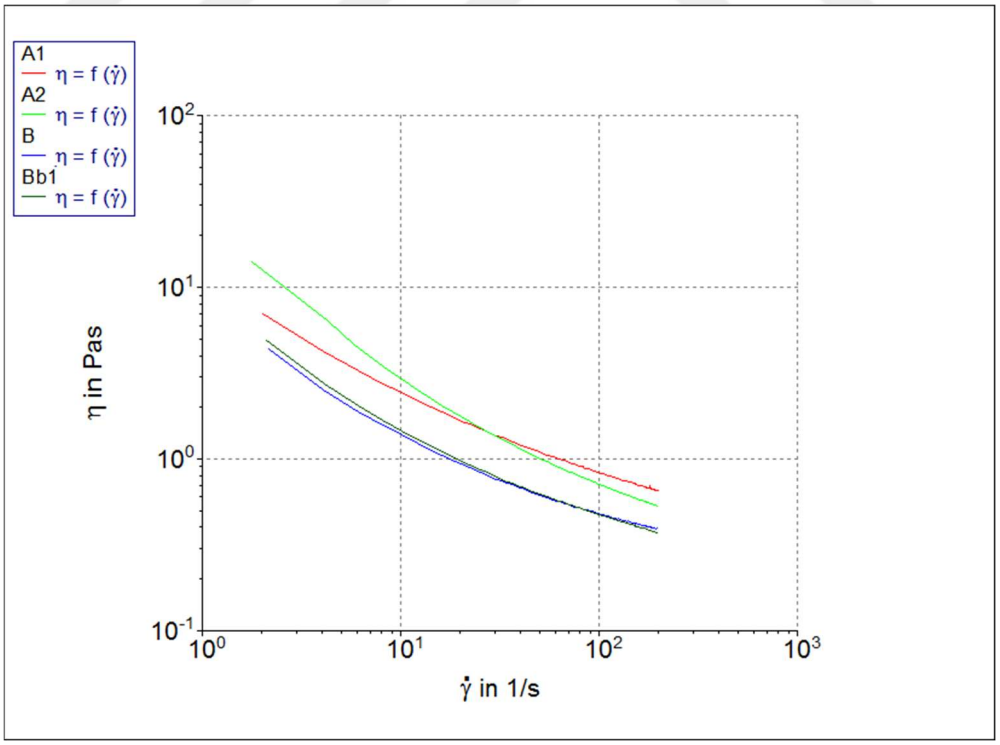
Akış eğrisi

Bir sıvının akış davranışını tanımlayan kayma gerilimi ve kayma oranı arasındaki grafiğe akış eğrisi adı verilir.

Şekil 4.3 'te A ve B kat kuşe uygulamasında kullanılan kuşe boyalarının psödoplastik davranışı görülmektedir. Karıştırma işlemi ne kadar yoğun olursa kuşe boyası o kadar akmaya yönelir.



Şekil 4.3: Kuşe boyalarının akış eğrileri.



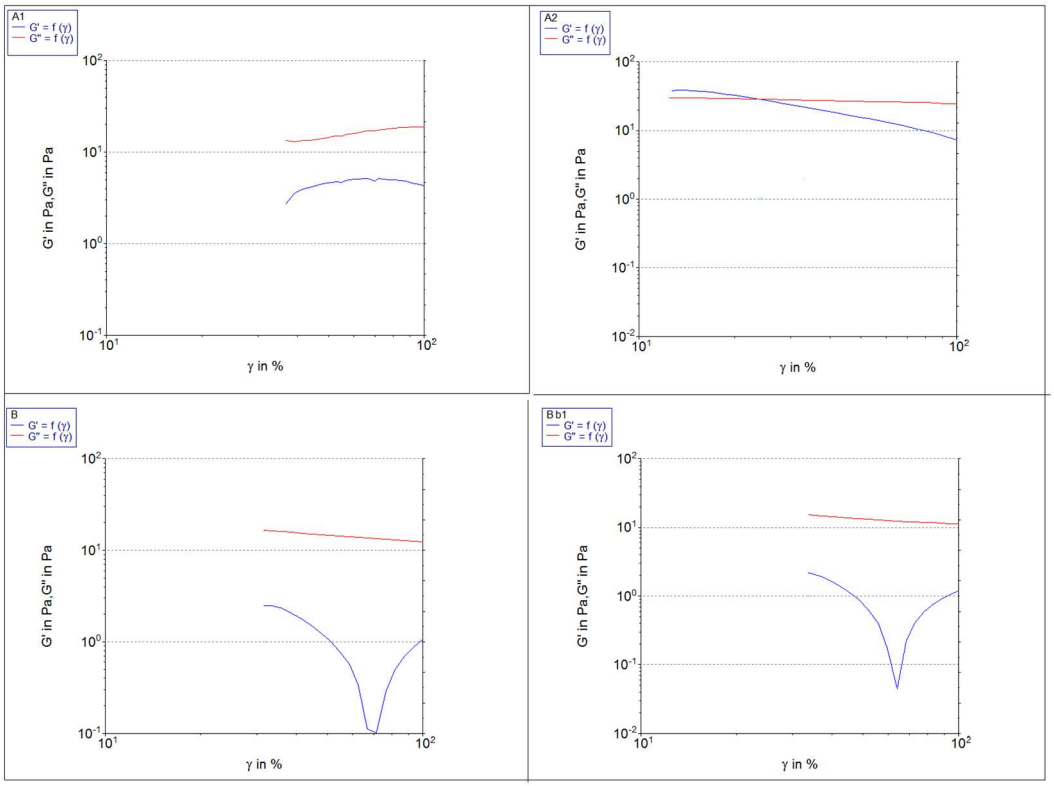
Şekil 4.4: Kuşe boyalarının viskozite eğrileri.

Şekil 4.4'te kayma oranı arttıkça viskozitenin hızla azaldığı görülmektedir. Aynı kayma oranında bariyer kimyasal maddesi uygulanan kuşe boyası viskozitesinin en düşük olduğu

görülmektedir. %20 kaolin ve %80 ÖKK kullanılan A ve B kat kuşe boyalarında, kullanılan farklı kaolin ve ÖKK olmasına rağmen viskoziteler benzer sonuç vermiştir. En yüksek viskozite sonucu %100 ÖKK ile hazırlanmış kuşe boyasında görülmüştür. Dimetry (2001) de çalışmasında benzer viskozite eğrisi elde etmiştir.

Genlik Taraması

Şekil 4.5'te kuşe boyası örneklerinin doğrusal olarak viskoelastik olduğu bölgenin en sonunda yapının deformasyona uğradığı görülür.

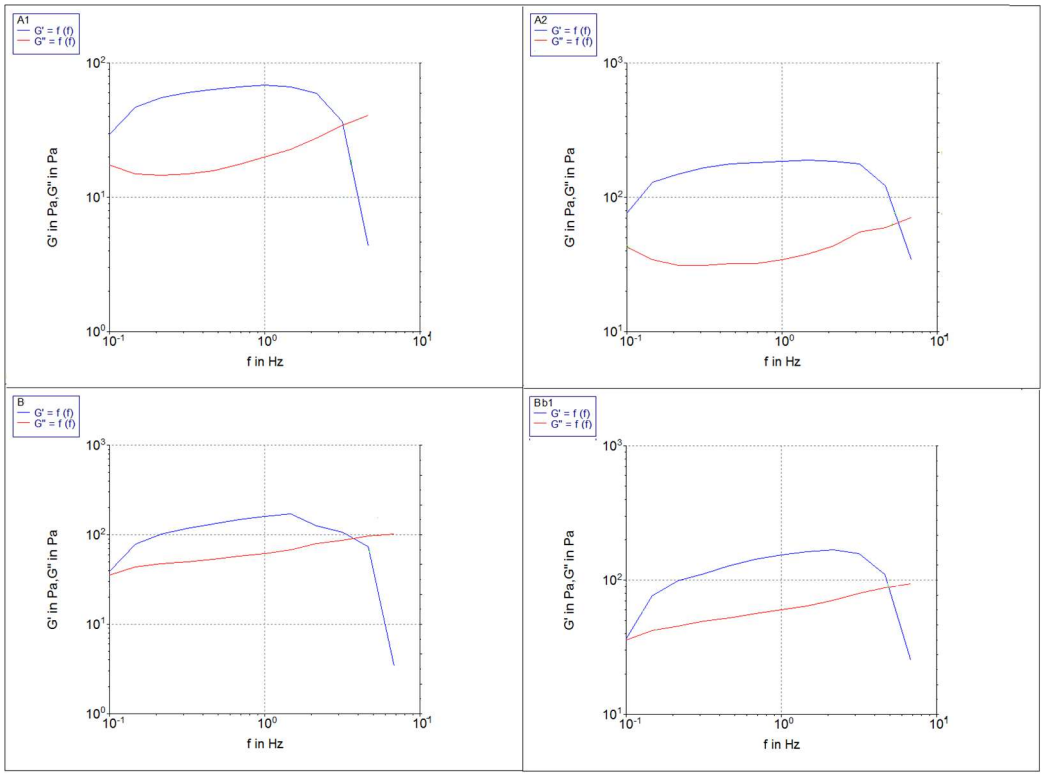


Şekil 4.5: A1, A2, B ve Bb1 kuşe boyası örneklerine ait genlik taraması.

A kat A1 ve A2 örneklerinde, elastik modül azalırken viskoz modül artmakta, kuşe boyası viskoz özelik göstermektedir. İkinci kat kuşe boyası örneklerinde birbirine benzer sonuçlar elde edilmekle beraber farklı kaolin ve ÖKK kullanılması nedeniyle farklı sonuçlar elde edilmiştir. Kuşe boyasının elastik deformasyonu daha düşük gerinimlerde gerçekleşmektedir.

Frekans taraması

Şekil 4.6**Şekil 4.6**'da 0,1-10 Hz arasında yapılan frekans taraması ile A kat A1 ve A2 örneklerinde elastik modül azalırken viskoz modülün arttığı görülmektedir. İkinci kat kuşe boyası örneklerinde birbirine benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.6: A1, A2, B ve Bb1 kuşe boyası örneklerine ait frekans taraması.

Düşük frekansta elastik modülün, viskoz modülden yüksek olması, kuşe boyasının durağan halde iken viskoelastik katı gibi davrandığını, yüksek frekansta ise elastik modülün düşmesi ile viskoelastik sıvı gibi davrandığını göstermektedir.

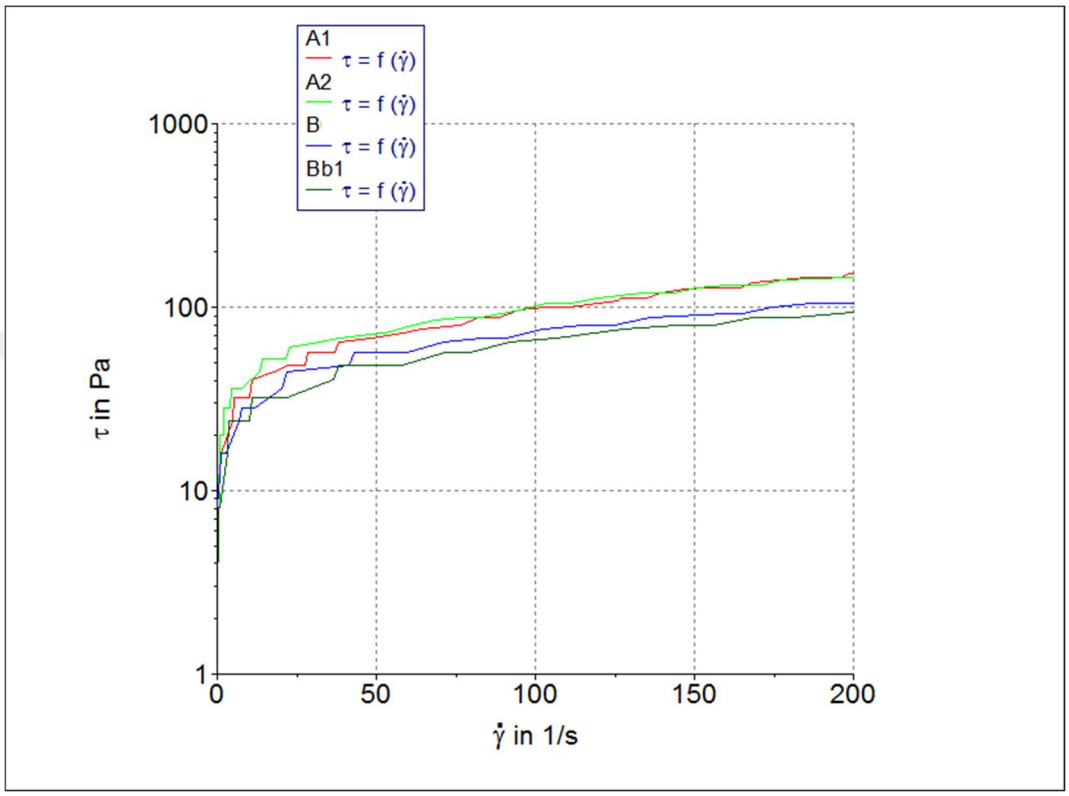
Tablo 4.4: Jelleşme noktası koşulları.

Numune	G' = G" (Pa)	ω (rad/s)	f (Hz)	τ (Pa)	γ	PI	t (s)	t_seg (s)
A1	34,97	20,28	3,228	1,000	0,02008	2838	153,2	142,3
A2	71,76	35,95	5,722	1,000	0,01003	1277	155,3	144,4
B	91,73	23,83	3,793	1,000	0,007688	1083	153,7	142,7
Bb1	92,17	31,60	5,029	1,000	0,007651	1049	155,1	144,1

Tablo 4.4'te gösterilen jelleşme noktası koşulları elastik modül ve viskoz modülün eşit olduğu noktadaki koşulları ifade eder.

Akma noktası

Şekil 4.7'de malzemeye uygulanan gerilime rağmen hemen akmadığı, belli bir kuvvet uygulandıktan sonra akmaya başladığı nokta görülmektedir. Kuşe boyası bu akma noktasında elastik deformasyona uğramaktadır.



Şekil 4.7: Akma noktası.

4.2. FİZİKSEL ÖZELİKLER

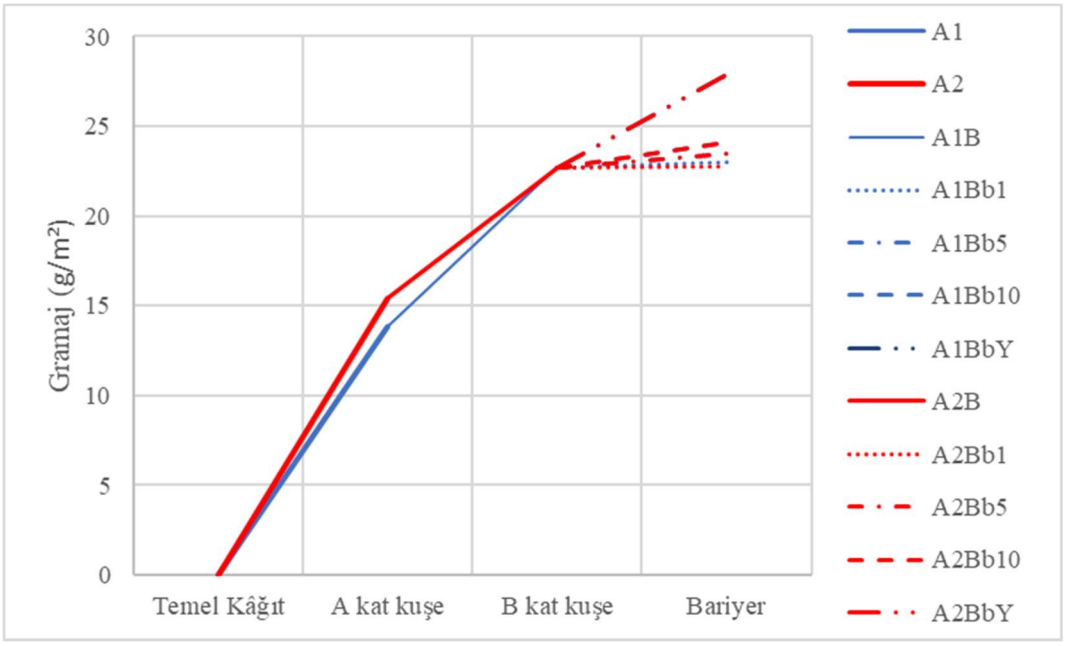
4.2.1. Gramaj

Bu tezde 120 g/m² üstü beyaz test yüzey kâğıdı kullanılmasının nedeni; bu gramajın ekonomik nedenler ve bulunabilirlik bakımından yaygın olarak üretilen bir gramaj olmasıdır. Kullanılan kâğıtların standart sapması 1,776 olarak elde edilmiştir. Ticarette kabul edilen sınırlar bir bobin içinde %2, parti içerisinde ise en fazla %5 olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan kâğıt örneklerinin gramaj değerleri çalışmanın yürütülmesi için uygun belirlenmiştir.

Tablo 4.5: Temel kâğıt ve kuşe boyası uygulanan kâğıt örneklerinin gramajları.

Kâğıt örneği	Gramaj (g/m²)	A kat kuşe boyası gramajı (g/m²)	B kat kuşe boyası gramajı (g/m²)	Bariyer gramajı (g/m²)
Temel kâğıt	113,32	-	-	-
A1	129,01	15,69	-	-
A1B	139,07	15,69	10,06	-
A1Bb1	139,42	15,69	10,41	-
A1Bb5	139,94	15,69	10,93	-
A1Bb10	140,66	15,69	11,65	-
A1BbY	144,18	15,69	10,06	5,11
A2	130,79	17,47	-	-
A2B	139,04	17,47	8,25	-
A2Bb1	139,10	17,47	8,31	-
A2Bb5	140,20	17,47	9,41	-
A2Bb10	140,06	17,47	9,26	-
A2BbY	144,66	17,47	8,25	5,62

Tablo 4.5, kâğıtlara farklı katmanlarda uygulanan kuşe miktarını fırın kurusu olarak göstermektedir. Değerlerin hedeflenen değerlere yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8: Kuşe kaplama oranı değişimi.

Şekil 4.8'de temel kâğıt üzerine uygulanan A ve B kat kuşe boyaları ile bariyer kimyasal maddeleri uygulama sonucunda gramajda gerçekleşen değişim gösterilmektedir. Kuşe boyası içine uygulanan bariyer kimyasal maddesi, kuşe boyası içerisinde bir orana sahip olduğu için uygulanan toplam gramajı değiştirmezken, yüzeyden yapılan bariyer kimyasal maddesi uygulaması ile gramajda artış olmaktadır.

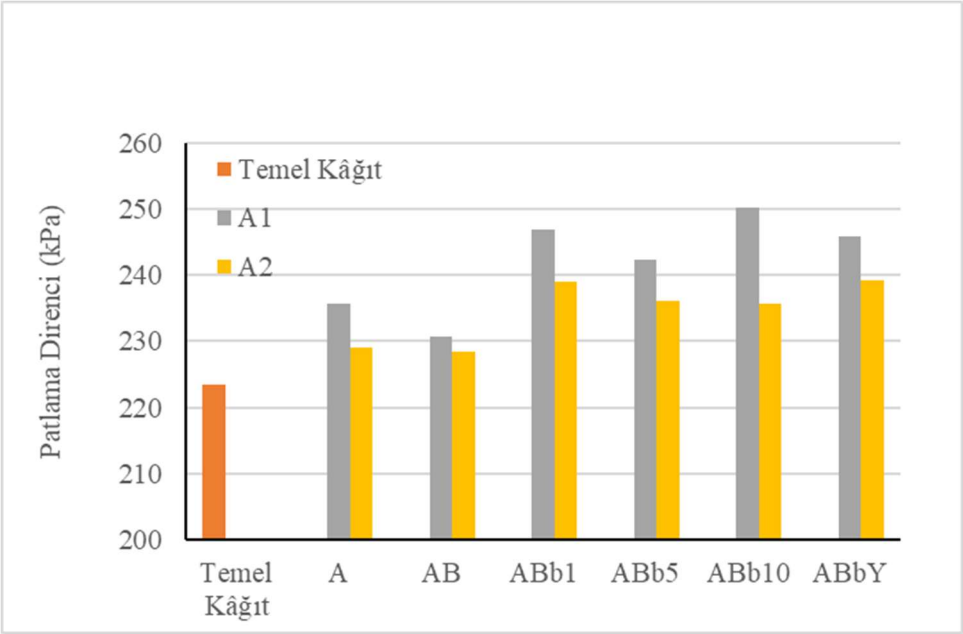
4.2.2. Kalınlık

Tablo 4.6: Kâğıt örneklerinin kalınlık sonuçları.

Kâğıt örneği	Kalınlık (µm)
Temel Kâğıt	151
A1	158
A1B	164
A1Bb1	164
A1BbY	166
A2	158
A2B	164
A2Bb1	164
A2BbY	166

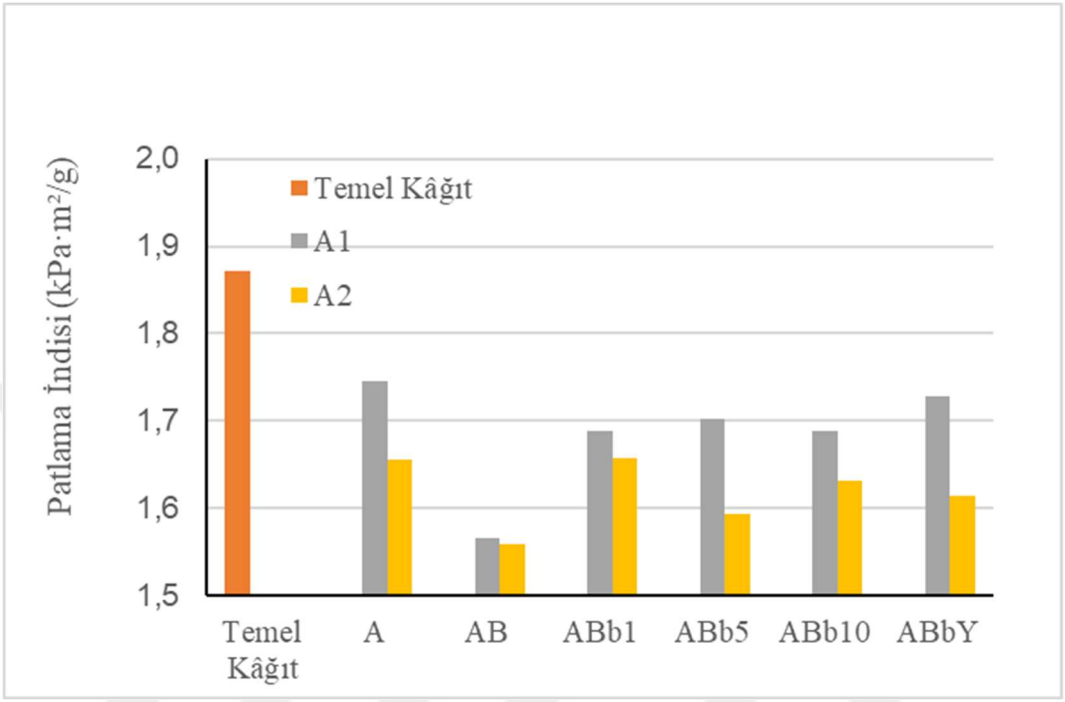
Tablo 4.6'da kalınlık ölçümü sonuçları gösterilmektedir. İkinci kat kuşe boyası uygulandığında kalınlık artışı olmaktadır. Bunun da başlıca sebebi birinci katın lifler arası boşlukları doldurulmasıdır.

4.2.3. Patlama Direnci



Şekil 4.9: Patlama direnci sonuçları.

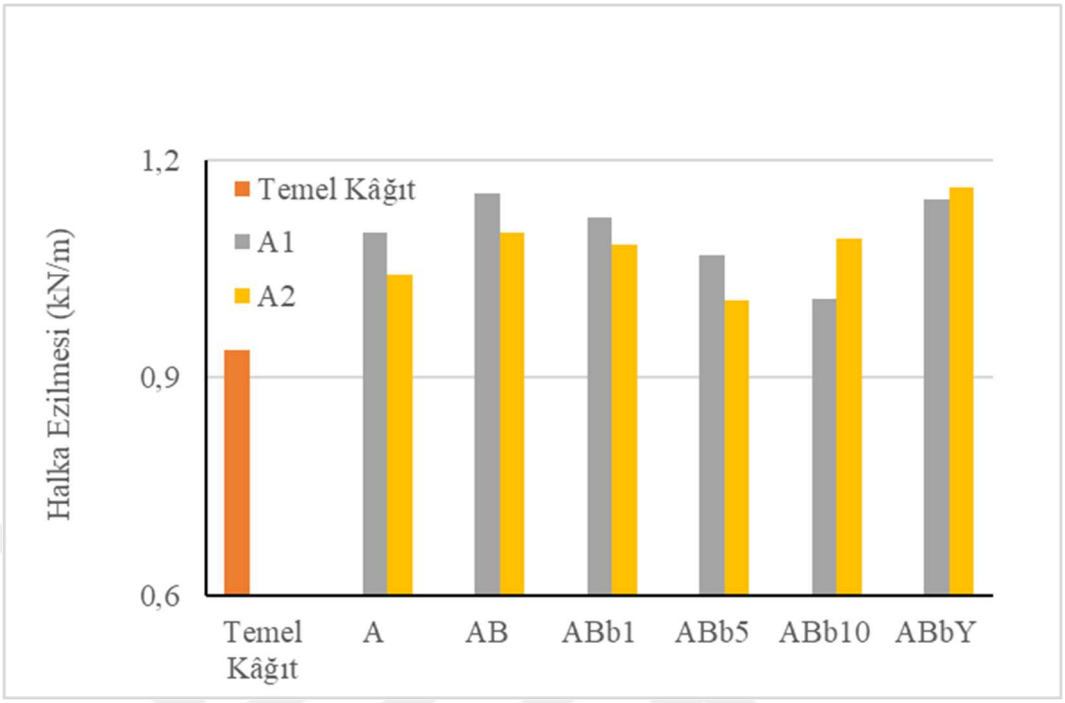
Şekil 4.9'da kâğıt örnekleri için patlama direnci sonuçları gösterilmektedir. Temel kâğıda göre kuşe boyası uygulanan kâğıt örneklerinde patlama direnci artış göstermektedir.



Şekil 4.10: Patlama indisi sonuçları.

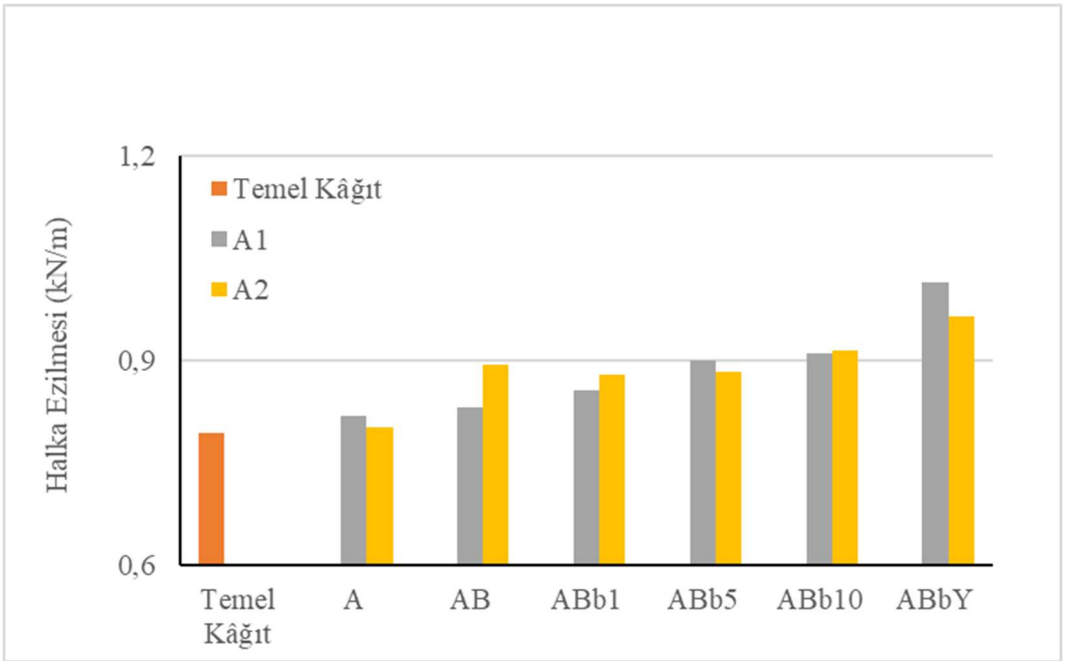
Patlama indisi, özgül dirençteki değişimi görmek amacıyla konulmuştur. Şekil 4.10'da temel kâğıt üzerine kuşe boyası uygulandığında patlama indisi değerlerinde düşme olduğu görülmektedir. A katta kaolin ilâve edilmiş olan kuşe boyası örneklerinde A katta ÖKK uygulanmış olan patlama indisi değerlerine göre daha fazla düşme gözlenmiştir.

4.2.4. Halka Ezilmesi



Şekil 4.11: Makine yönünde halka ezilmesi sonuçları.

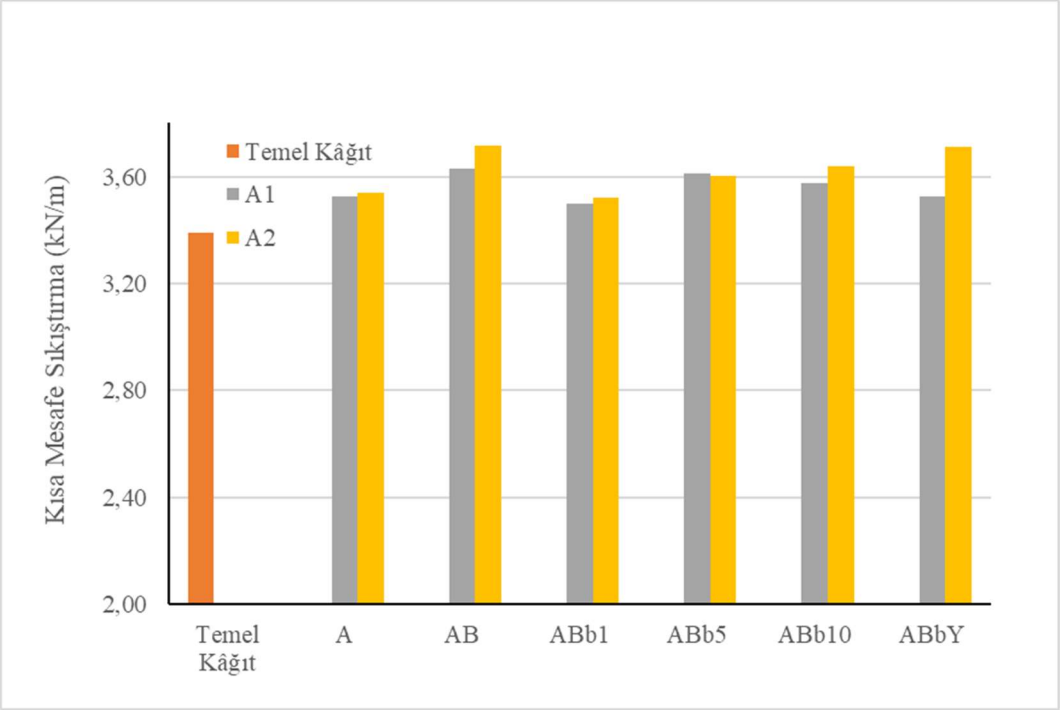
Şekil 4.11'de kâğıt bileşimine bağlı olarak makine yönünde halka ezilme sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 4.12: Makine eni yönünde halka ezilmesi sonuçları.

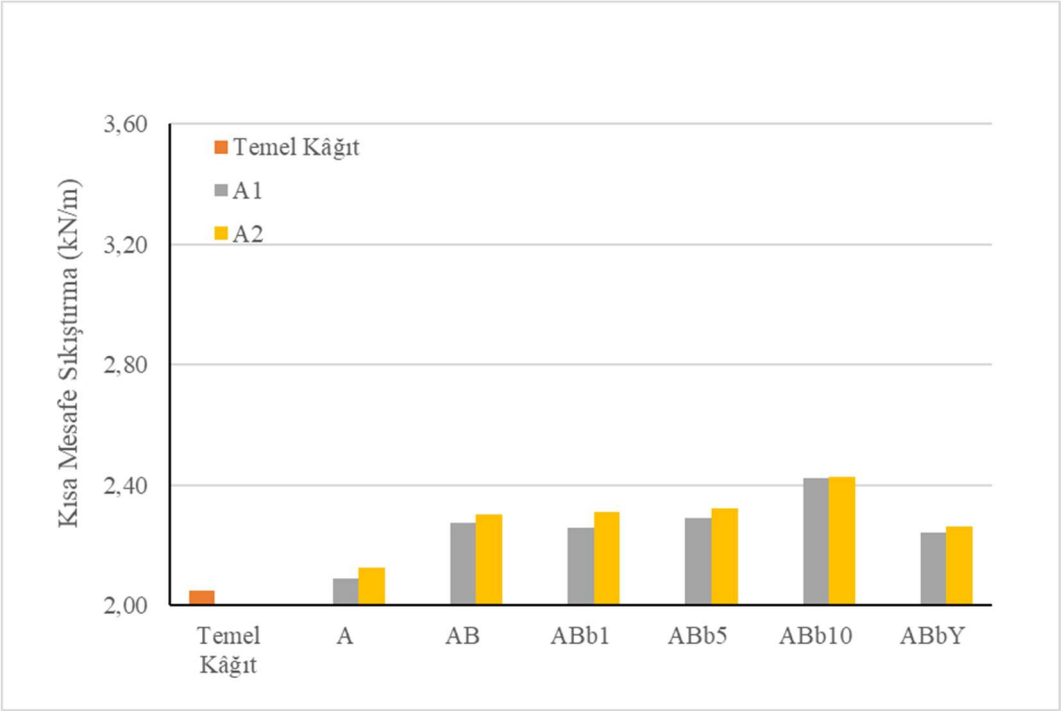
Şekil 4.12'de kâğıt bileşimine bağlı olarak makine eni yönünde halka ezilme sonuçları gösterilmektedir.

4.2.5. Kısa Mesafe Sıkıştırma Testi



Şekil 4.13: Makine yönünde kısa mesafe sıkıştırma sonuçları.

Şekil 4.13'te makine yönü doğrultusunda A2 ile daha iyi sonuçlar alındığı gösterilmektedir.



Şekil 4.14: Makine eninde kısa mesafe sıkıştırma sonuçları.

Şekil 4.14'te makine eni doğrultusunda A2 ile daha iyi sonuçlar alındığı gösterilmektedir.

4.2.6. Hava Geçirgenliği (Gurley)

Tablo 4.7: Hava geçirgenliği.

Kâğıt örneği	100 mL havanın geçiş süresi (s)
Temel Kâğıt	46,19
A1	83,30
A1B	160,20
A1Bb1	203,90
A1Bb5	231,80
A1Bb10	308,50
A1BbY	Hava geçiş süresi çok uzun olduğu için belirlenememiştir
A2	102,30
A2B	169,50
A2Bb1	211,10
A2Bb5	252,10
A2Bb10	356,90
A2BbY	Hava geçiş süresi çok uzun olduğu için belirlenememiştir

Tablo 4.7'de temel kâğıt üzerine A kat kuşe boyası uygulandığında, elde edilen hava geçirgenliği sonuçları A serisinde görülmektedir. A1 ve A2 ile hava geçirgenliği azalmış, B kat

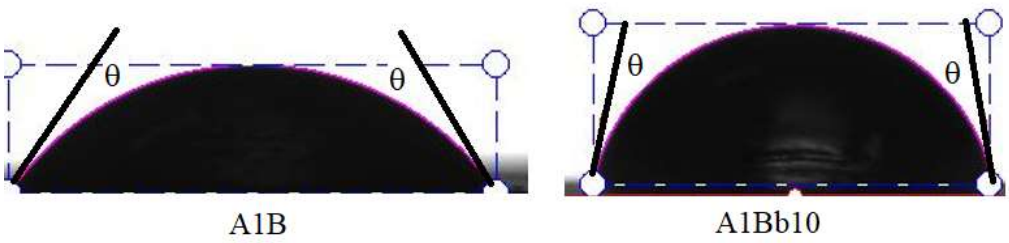
sayesinde hava geçirgenliği daha da azalmıştır. Temel kâğıt üzerine A kat kuşe boyası uygulandığında, kaolinli karışım olan A2'nin %100 ÖKK içeren A1'e göre hava geçirgenliği süresinin %22,81 daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum, B kat kuşe boyası ve bariyer kimyasal maddesi uygulandığında da aynı şekilde devam etmiştir.

Tablo 4.8: Temel kâğıda göre hava direnci artış oranları (%).

Kâğıt örneği	Hava direnci artış oranı
A1	36,40
A1B	113,30
A1Bb1	157,00
A1Bb5	184,90
A1Bb10	261,60
A2	55,40
A2B	122,60
A2Bb1	164,20
A2Bb5	205,20
A2Bb10	310,00

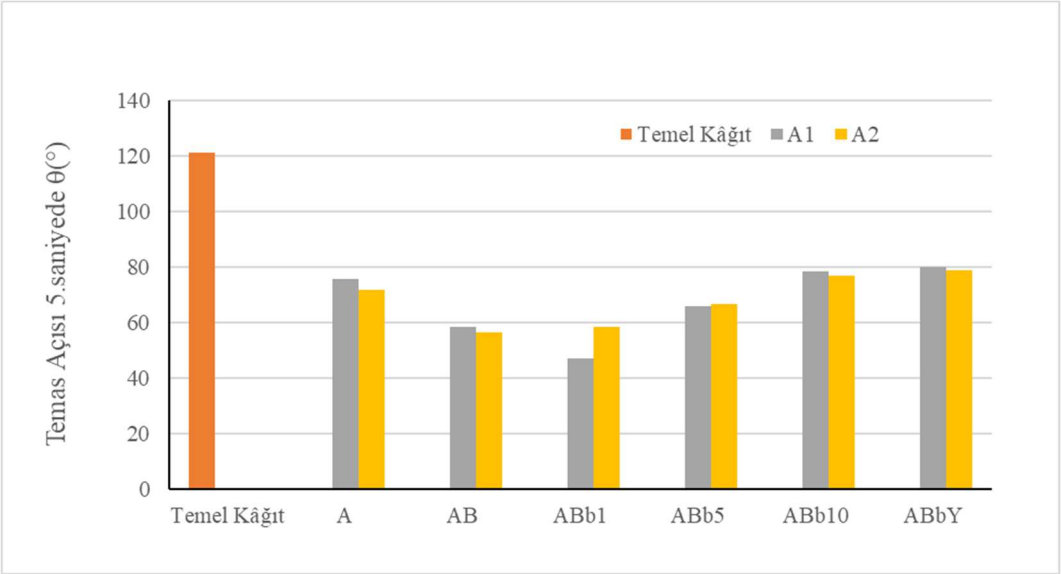
Temel kâğıda göre artış oranları Tablo 4.8'de verilmektedir. Kuşe boyası ile birlikte uygulanan bariyer kimyasal maddesi su bariyeri özeliklerini önemli ölçüde artırmasa da kapiler boşlukları doldurarak hava bariyeri sağlamaktadır.

4.2.7. Temas Açısı



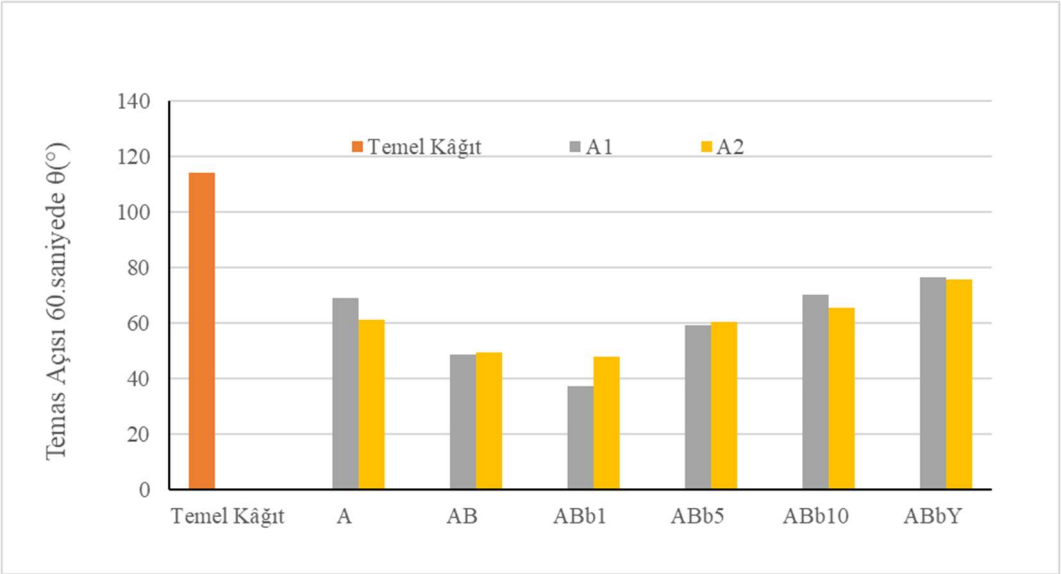
Şekil 4.15: Farklı örneklerin temas açısı ölçümü görüntüleri.

Şekil 4.15'te B kat kuşe boyası uygulanan kâğıt örneği ile bariyer kimyasal maddesi ilâve edilmiş olan kuşe boyası uygulanan kâğıt örneğinin temas açıları gösterilmektedir.



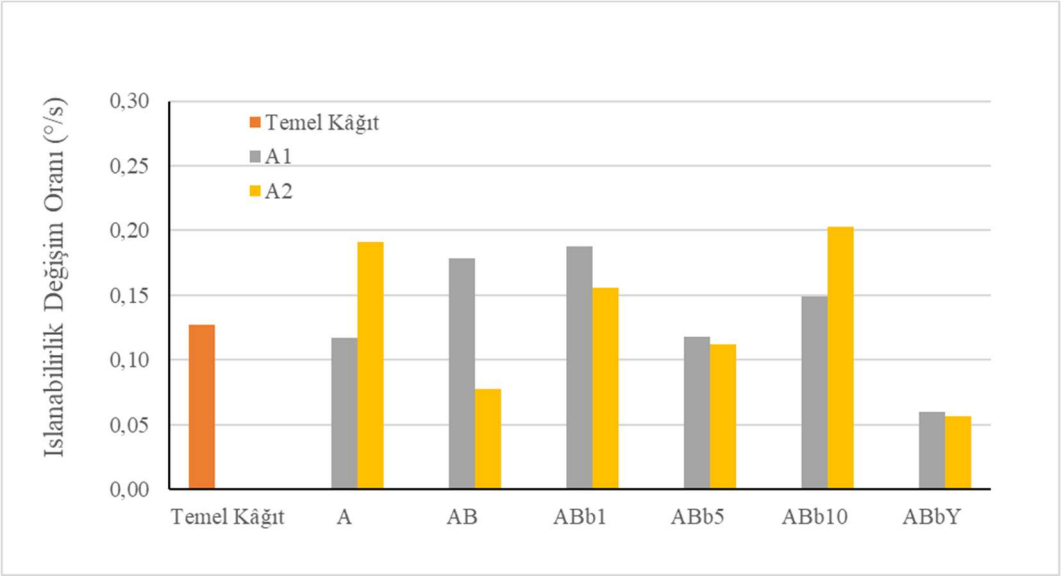
Şekil 4.16: 5 s sonra temas açısı θ değişimleri.

Şekil 4.16'da 5s sonra temas açısı değişimlerinde, bariyer kimyasal maddesinin kuşe boyası içine uygulanması ile elde edilen sonuçlar artan bir eğilimdedir. Bariyer kimyasal maddesinin yüzeyden uygulaması en iyi sonucu vermektedir.



Şekil 4.17: 60 s sonra temas açısı değişimleri.

Şekil 4.17'de 60 s sonra temas açısı değişimleri kütle uygulama ile yüzey uygulama arasındaki etkileri grafik ile verilmiştir.



Şekil 4.18: Islanabilirlik değişim oranı.

Şekil 4.18'de gösterilen değerler, TAPPI 458'e göre hesaplanmış ve Şekil 4.17'deki 5 s ve 60 s sonrası θ açılarının formüle konulmasıyla elde edilmiş olan ortalama ıslanabilirlik değerlerini gösterir. Bir saniyede 0,05-0,20 ° değişim gerçekleşmektedir.

Tablo 4.9: Temas açısı sonuçları.

Kâğıt örneği	Temas açısı (°)	Islatma enerjisi (mJ/m²)	Yayılma katsayısı (mN/m)	Adezyon işi (mJ/ m²)
Temel kâğıt	121,32	-37,84	-110,64	34,96
A1	75,66	18,03	-54,77	90,83
A1B	58,42	38,12	-34,68	110,92
A1Bb1	46,90	49,74	-23,06	122,54
A1Bb5	65,83	29,81	-42,99	102,61
A1Bb10	78,54	14,47	-58,33	87,27
A1BbY	79,98	12,67	-60,13	85,47
A2	71,77	22,78	-50,02	95,58
A2B	56,47	40,21	-32,59	113,01
A2Bb1	58,55	37,99	-34,81	110,79
A2Bb5	66,49	29,04	-43,76	101,84
A2Bb10	76,99	16,39	-56,41	89,19
A2BbY	78,96	13,94	-58,86	86,74

Tablo 4.9'da temas açısı değerleri azaldıkça, ıslatma enerjisi, yayılma katsayısı ve adezyon işinin arttığı görülmektedir. Temel kâğıt üzerine A ve B kat kuşe uygulandığında ıslanabilirlik artmakta, kuşe boyası içine bariyer kimyasal maddesi uygulaması ile ıslanabilirlik azalmakta ve yüzeyden bariyer uygulaması ile temel kâğıt değerlerine yaklaşmaktadır.

4.2.8. Yağ Direnci – Yüzey İticilik Testi Sonuçları

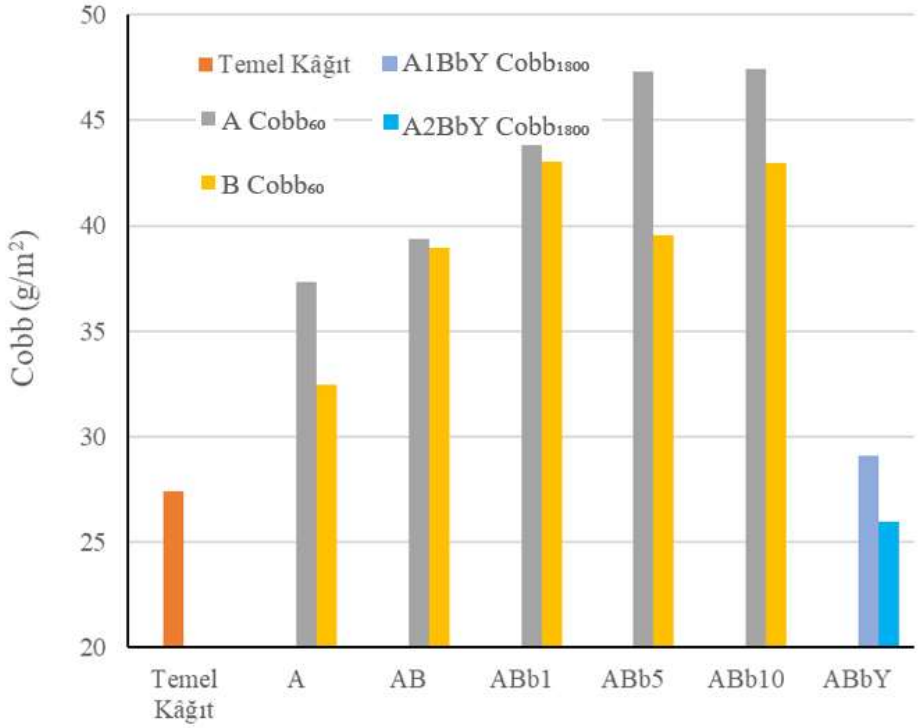
ISO 16532-2'ye göre yapılan test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.10: Yağ direnci sonuçları.

Kâğıt örneği	Yağ direnci
Temel kâğıt	<1
A1	1-2
A1B	3
A1Bb1	3-4
A1Bb5	3-4
A1Bb10	4
A1BbY	8
A2	1-2
A2B	3
A2Bb1	3-4
A2Bb5	3-4
A2Bb10	4
A2BbY	8

Tablo 4.10'da verilen yağ direnci sonuçları A kat kuşe uygulamasının kayda değer bir yağ direnci sağlamadığını, B kat kuşe uygulaması ile kuşe boyası içine bariyer kimyasal maddesi uygulama sonuçlarının benzer sonuçlar verdiğini, yüzeyden bariyer maddesi uygulamasının ise en iyi sonuçları verdiğini göstermektedir.

4.2.9. Su Emiciliği

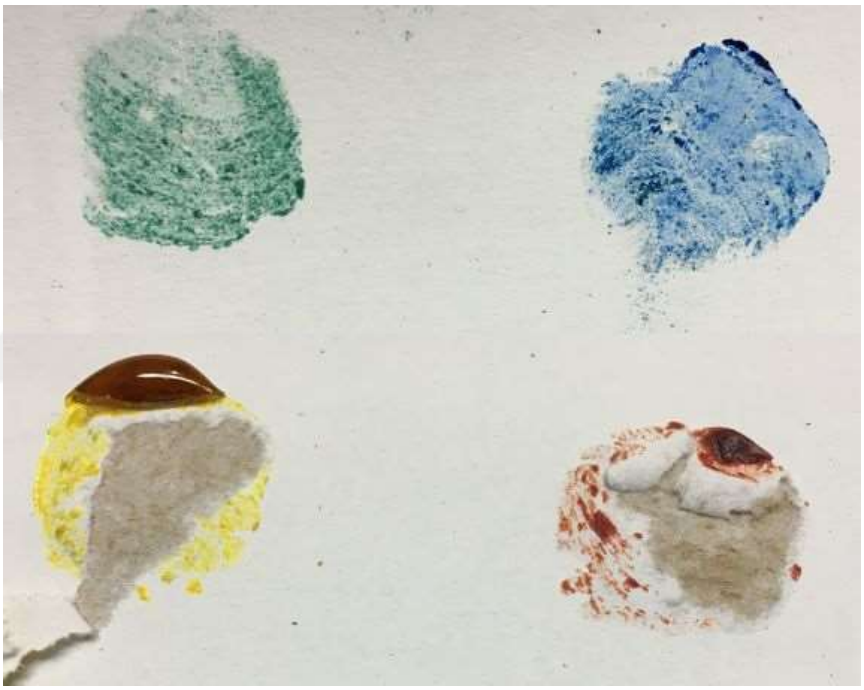


Şekil 4.19: Kâğıt örneklerinin su emiciliği sonuçları.

Şekil 4.19'da temel kâğıt üzerine kuşe boyası uygulaması ile, kuşe boyası içindeki su kaynaklı olarak, A kat ve B kat kuşe uygulama ile kâğıda su nüfuzunda artış görülmektedir. Bariyer kimyasal maddesinin kuşe boyası içine ilâve edilmesiyle su emiciliğinde bir iyileşme sağlanmamıştır. Yüzeyden uygulandığında ise $Cobb_{1800}$ A1BbY için 29,10 g/m², A2BbY için 25,98 g/m² olarak en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.10. Yüzey Özeliklerinin Belirlenmesi (Dennison Mum Testi)

Test için Şekil 3.11'de gösterilen farklı numaralardaki renkli mumlar kullanılmıştır. Şekil 4.20'de üstteki iki görüntü, tabandan kâğıt lifi yapışmadığını, alttaki iki görüntü ise liflerin yapıştığını göstermektedir.



Şekil 4.20: Dennison mum testi denemesi görüntüleri.

Tablo 4.11'de mum testi sonuçları görülmektedir.

Tablo 4.11: Mum testi sonuçları.

Kâğıt örneği	Mum Numarası
Temel kâğıt	13
A1	6
A1B	4
A1Bb10	3-4
A2	6
A2B	4
A2Bb10	3-4

4.2.11. Leke Analizleri

Image J programı kullanımı ile, %80-100 kontrast, %50-80 kontrast ve %30-50 kontrast ayrı ayrı ele alınarak, temel kâğıt ve kuşe uygulanmış kâğıt örnekleri üzerinde, toplam leke adeti, bu lekelerin kapsadığı toplam alan (mm^2), toplam numune alanı (m^2), leke adeti (adet/m^2), leke oranı (mm^2/m^2), standart sapma, minimum ve maksimum leke alanı (mm^2) tespit edilmiştir.

Tablo 4.12: Temel kâğıt leke analiz sonuçları.

Kâğıt örneği ölçümleri	**Kontrast**		
	%80-100	**%50-80**	**%30-50**
Leke alanı (mm^2)	0	0,6710	4,7410
Leke adedi/numune alanı (adet/m^2)	0	17,0301	126,0230
Leke oranı (mm^2/m^2)	0	1,1427	8,0740
Standart Sapma	0	0,0125	0,0235
Minimum leke alanı (mm^2)	0	0	0,0410
Maksimum leke alanı (mm^2)	0	0,1420	0,2450

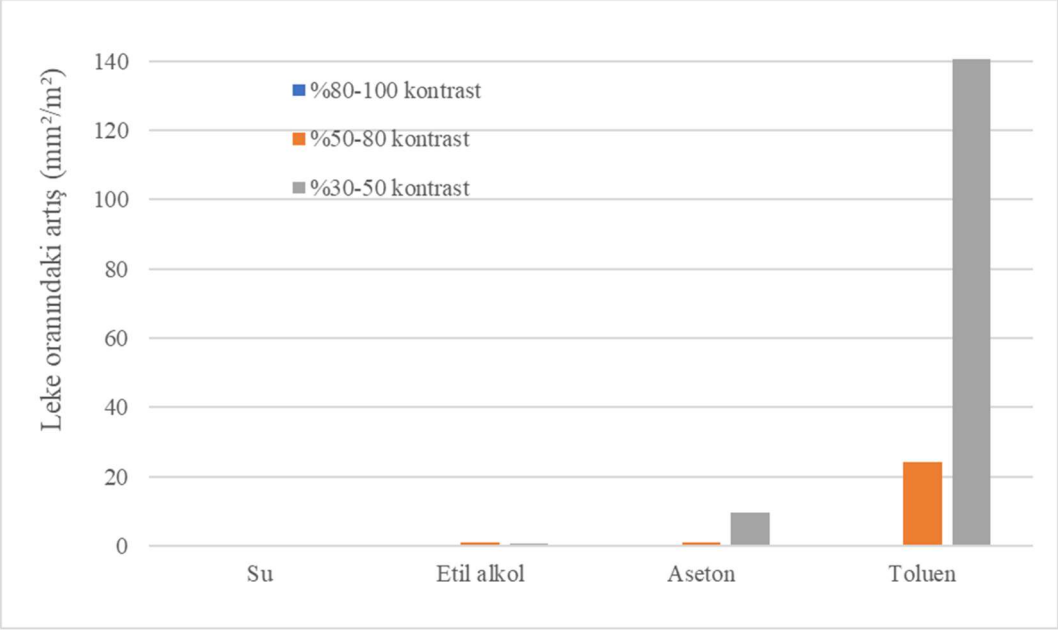
Tablo 4.13: A1 Kâğıt numunesi leke analiz sonuçları.

Kâğıt örneği ölçümleri	**Kontrast**		
	%80-100	**%50-80**	**%30-50**
Leke alanı (mm^2)	0	0	0,1300
Leke adedi/numune alanı (adet/m^2)	0	0	2,0663
Leke oranı (mm^2/m^2)	0	0	0,2686
Standart Sapma	0	0	0
Minimum leke alanı (mm^2)	0	0	0
Maksimum leke alanı (mm^2)	0	0	0,0650

Tablo 4.14: A2 Kâğıt numunesi leke analiz sonuçları.

Kâğıt örneği ölçümleri	Kontrast		
	%80-100	**%50-80**	**%30-50**
Leke alanı (mm²)	0	0	0,0450
Leke adedi/numune alanı (adet/m²)	0	0	2,1771
Leke oranı (mm²/m²)	0	0	0,0980
Standart Sapma	0	0	0
Minimum leke alanı (mm²)	0	0	0
Maksimum leke alanı (mm²)	0	0	0,0450

Tablo 4.12, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'teki sonuçlar; temel kâğıt üzerine A kat kuşe uygulaması ile ÖKK veya kaolin-ÖKK karışımı ile hazırlanmış kuşe boyasının, 0,04 mm² üzeri lekeleri kayda değer miktarda kapattığını göstermektedir. İkinci kat kuşe uygulamalarında ise 0,04 mm² üzeri lekeler tamamen kapanmıştır.



Şekil 4.21: Temel kâğıt üzerine farklı çözücüler uygulama sonucu leke analizleri (mm²/m²).

Şekil 4.21'de temel kâğıt üzerine farklı çözücüler spreyleme yöntemi ile uygulanmıştır. Image J programı kullanılarak 0,04 mm² üzerindeki lekeler tespit edilmiştir. Bu çalışmanın amacı; kuşelenmiş kâğıdın yüzey baskı işlemlerinde kullanılan kimyasal maddelerin çözücüleri

nedeniyle olabilecek etkileşimlerin incelenmesi içindir. Aseton ve toluenin lekeleri görünür hale getirdiği tespit edilmiştir. Toluende çözünebilen, içerisinde bulunan maddelerin çözünerek migrasyonla yüzeye çıktığı test edilmiştir.

4.3. KİMYASAL TESTLER

4.3.1. Kül Tayini

Kâğıt Kuru Madde Sonuçları

Temel kâğıt kuru madde sonucu %94,46; A1B kâğıdı kuru madde sonucu %95,30; A2B kâğıdı kuru madde sonucu %95,46 olarak elde edilmiştir.

ÖKK oranı

Temel kâğıt için 525 °C ve 900 °C'de gerçekleştirilen kül tayini ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4.15: Kül tayini sonuçları.

Kâğıt örneği	525 °C Kül oranı (%)	900 °C Kül oranı (%)	Külde ÖKK oranı (%)	Kâğıt örneğindeki ÖKK oranı (%)
Temel	17,70	11,76	76,33	13,52
A1Bb	29,70	18,50	85,73	25,47
A2Bb	29,44	18,18	86,94	25,60

Tablo 4.15'te gösterilen, temel kâğıtta bulunan ÖKK, temel kâğıdın üretimi sırasında uygulanmış ÖKK kaynaklıdır. Temel kâğıttaki külde %76,33 ÖKK, kuşe kaplanmış kâğıtta ise bu oran %85,73 ve %86,94 çıkmıştır.

Kâğıda oranlandığında; temel kâğıtta %13,52 ÖKK, kuşe kaplanmış kâğıtta ise bu oran %25,47 ve %25,60 çıkmıştır. Bu durumda kâğıt küllerindeki ÖKK oranı, kuşe uygulanması ile yaklaşık %9,4-%10,61 artarken, kâğıda oranladığımızda %13'ten %25'e çıkmış aradaki fark ise %11,95-%12,08 artmıştır. Sonuç olarak kâğıdın yaklaşık %12'si kuşeden gelen ÖKK'dır.

4.4. OPTİK ÖLÇÜM SONUÇLARI

4.4.1. Kuşe boyası pigmentleri için optik ölçümler

Tablo 4.16: ISO parlaklık (D65/10°).

Pigment	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
1.kat ÖKK	85,56	84,11	85,97	0,81
1.kat Kaolini	70,50	70,48	70,56	0,06
2.kat ÖKK	82,14	81,93	82,30	0,14
2.kat Kaolini	60,01	59,98	60,03	0,02

Tablo 4.16'da Elrepho cihazı ile yapılan ölçüm sonuçları verilmektedir. Kaolin için ISO parlaklık değeri daha düşük elde edilmiştir.

Tablo 4.17: ISO parlaklık (C/2°).

Pigment	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
1.kat ÖKK	85,52	84,06	85,94	0,82
1.kat Kaolini	70,45	70,40	70,51	0,05
2.kat ÖKK	82,10	81,91	82,29	0,15
2.kat Kaolini	59,91	59,89	59,92	0,01

Tablo 4.17'de Elrepho cihazı ile yapılan ölçüm sonuçları verilmektedir. Kaolin için ISO parlaklık değeri iç ortam ışık kaynağında da daha düşük elde edilmiştir.

Tablo 4.18: Y C/2°aydınlatma faktörü.

Pigment	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
1.kat ÖKK	86,12	84,42	86,60	0,95
1.kat Kaolini	75,88	75,84	75,93	0,03
2.kat ÖKK	86,01	85,83	86,18	0,13
2.kat Kaolini	69,24	69,19	69,28	0,04

Tablo 4.18'de aydınlatma faktörü ölçüm sonuçları verilmektedir. ÖKK'ya göre, kaolin aydınlatma faktörleri daha düşük elde edilmektedir.

4.4.2. Uygulama yapılan kâğıt örnekleri için optik ölçümler

Tablo 4.19: Renk CIE L* (D65/10°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	86,66	86,42	86,89	0,14
A1	90,13	89,97	90,41	0,13
A1B	91,18	90,98	91,44	0,16
A1Bb1	91,12	90,86	91,45	0,19
A1Bb5	91,04	90,66	91,31	0,18
A1Bb10	91,10	90,89	91,38	0,17
A1BbY	90,36	90,17	90,62	0,18
A2	89,61	89,50	89,85	0,13
A2B	91,00	90,88	91,37	0,14
A2Bb1	90,96	90,56	91,24	0,22
A2Bb5	91,02	90,68	91,30	0,22
A2Bb10	90,81	90,66	90,98	0,08
A2BbY	90,35	90,19	90,46	0,11

Tablo 4.20: Renk CIE a* (D65/10°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	1,27	1,22	1,33	0,04
A1	0,28	0,22	0,34	0,04
A1B	0,09	-0,13	-0,03	0,03
A1Bb1	-0,09	-0,15	-0,05	0,03
A1Bb5	-0,08	-0,12	-0,04	0,02
A1Bb10	-0,07	-0,12	-0,02	0,03
A1BbY	-0,15	-0,22	-0,08	0,06
A2	0,16	0,09	0,21	0,04
A2B	-0,17	-0,24	-0,15	0,03
A2Bb1	-0,21	-0,25	-0,16	0,03
A2Bb5	-0,20	-0,26	-0,14	0,05
A2Bb10	-0,18	-0,23	-0,16	0,02
A2BbY	-0,26	-0,28	-0,24	0,02

Tablo 4.21: Renk CIE b* (D65/10°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	-3,98	-4,10	-3,91	0,05
A1	-1,91	-2,05	-1,76	0,12
A1B	-1,39	-1,53	-1,27	0,08
A1Bb1	-1,46	-1,61	-1,39	0,07
A1Bb5	-1,48	-1,58	-1,41	0,05
A1Bb10	-1,29	-1,42	-1,15	0,09
A1BbY	-0,91	-1,05	-0,80	0,12
A2	-1,54	-1,73	-1,40	0,10
A2B	-1,12	-1,22	-0,94	0,08
A2Bb1	-1,09	-1,18	-1,00	0,07
A2Bb5	-1,01	-1,13	-0,85	0,11
A2Bb10	-0,93	-1,02	-0,80	0,07
A2BbY	-0,69	-0,79	-0,58	0,09

Tablo **4.19**,

Tablo **4.20**,

Tablo 4.21'de CIE L*a*b* (D65/10°) değerleri verilmektedir.

Tablo 4.22: Renk CIE L* (C/2°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	86,33	86,09	86,56	0,13
A1	89,99	89,83	90,28	0,13
A1B	91,07	90,87	91,34	0,15
A1Bb1	91,01	90,75	91,35	0,20
A1Bb5	90,94	90,56	91,23	0,18
A1Bb10	91,00	90,77	91,28	0,17
A1BbY	90,28	90,08	90,55	0,19
A2	89,49	89,33	89,73	0,13
A2B	90,93	90,81	91,31	0,15
A2Bb1	90,87	90,47	91,16	0,22
A2Bb5	90,93	90,59	91,22	0,23
A2Bb10	90,73	90,56	90,90	0,09
A2BbY	90,28	90,12	90,39	0,11

Tablo 4.23: Renk CIE a* (C/2°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	0,47	0,44	0,51	0,03
A1	0,04	0,01	0,06	0,02
A1B	-0,13	-0,17	-0,06	0,03
A1Bb1	-0,14	-0,17	-0,11	0,02
A1Bb5	-0,14	-0,17	-0,12	0,02
A1Bb10	-0,17	-0,20	-0,14	0,02
A1BbY	-0,25	-0,29	-0,22	0,03
A2	-0,05	-0,09	-0,01	0,03
A2B	-0,19	-0,24	-0,17	0,02
A2Bb1	-0,25	-0,27	-0,21	0,02
A2Bb5	-0,26	-0,31	-0,21	0,03
A2Bb10	-0,26	-0,29	-0,22	0,02
A2BbY	-0,34	-0,37	-0,31	0,02

Tablo 4.24: Renk CIE b* (C/2°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	-0,59	-0,66	-0,52	0,04
A1	-0,68	-0,79	-0,56	0,08
A1B	-0,78	-0,89	-0,70	0,06
A1Bb1	-0,81	-0,85	-0,74	0,04
A1Bb5	-0,82	-0,84	-0,79	0,02
A1Bb10	-0,57	-0,66	-0,47	0,05
A1BbY	-0,30	-0,33	-0,23	0,04
A2	-0,45	-0,49	-0,40	0,03
A2B	-0,70	-0,76	-0,61	0,05
A2Bb1	-0,58	-0,62	-0,53	0,03
A2Bb5	-0,46	-0,50	-0,40	0,04
A2Bb10	-0,32	-0,41	-0,27	0,05
A2BbY	-0,25	-0,33	-0,16	0,07

Tablo **4.22**,

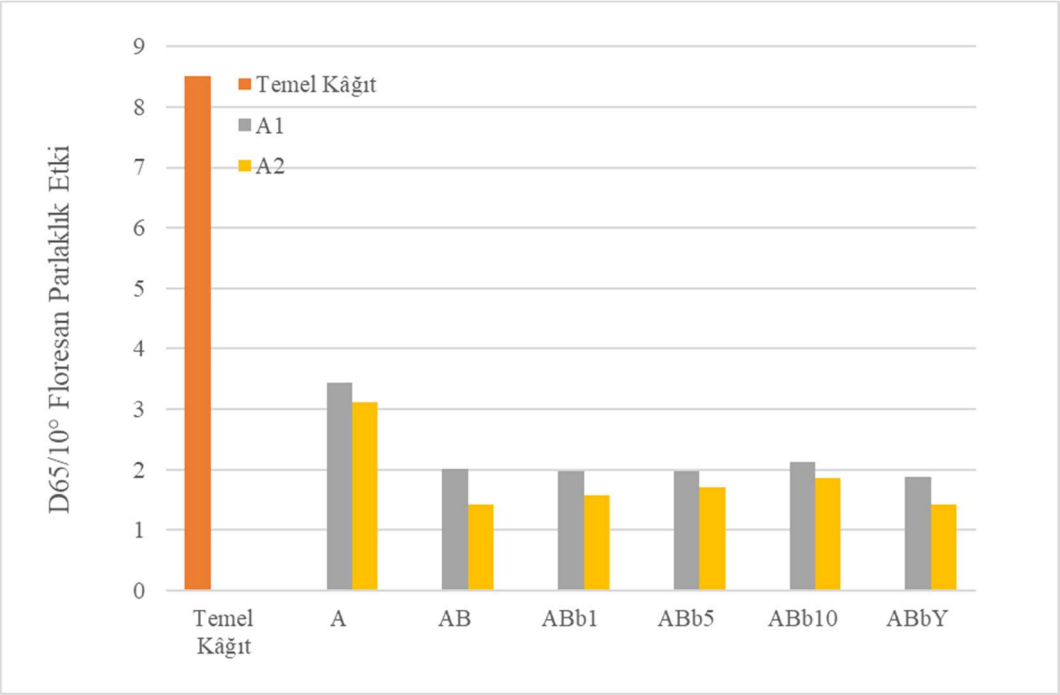
Tablo **4.23**,

Tablo **4.24**'te CIE L*a*b* (C/2°) değerleri verilmektedir. A1 ile CIE L* sonuçları A2'ye göre % 0,5 daha yüksek sonuçlar vermektedir.

Tablo 4.25: ISO parlaklık (D65/10°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	73,70	73,21	74,17	0,30
A1	78,86	78,52	79,38	0,26
A1B	80,62	80,26	81,10	0,28
A1Bb1	80,55	80,08	81,23	0,38
A1Bb5	80,40	79,68	80,92	0,34
A1Bb10	80,33	79,91	80,82	0,30
A1BbY	78,24	77,97	78,68	0,29
A2	77,32	76,96	77,87	0,29
A2B	79,89	79,56	80,50	0,26
A2Bb1	79,78	78,98	80,31	0,41
A2Bb5	79,83	79,21	80,25	0,37
A2Bb10	79,28	79,03	79,48	0,15
A2BbY	77,97	77,71	78,13	0,17

Tablo 4.25'te A katın önemli olduğu görülmektedir. A1 sonuçları A2'ye göre daha yüksektir. Bu nedenle B kat kuşe uygulaması yapıldıktan sonra da sonuçlar yüksek çıkmaya devam etmiştir. Bariyer kimyasal maddesi eklenmesi ile ISO Parlaklık değerinde düşüş görülmüştür. Temel kâğıda göre %100 ÖKK kullanımının verdiği sonuçlarda %15,70'lik artış sağlandığı görülmüştür. %20 Kaolin, %80 ÖKK kullanılan kuşe boyasına göre, %100 ÖKK kullanılan kuşe boyası ile daha iyi ISO parlaklık değeri elde edilmiştir. ÖKK'nın parlaklık değerinin kaoline göre daha iyi olduğu bilinmektedir.



Şekil 4.22: D65/10° floresan parlaklık etkisi.

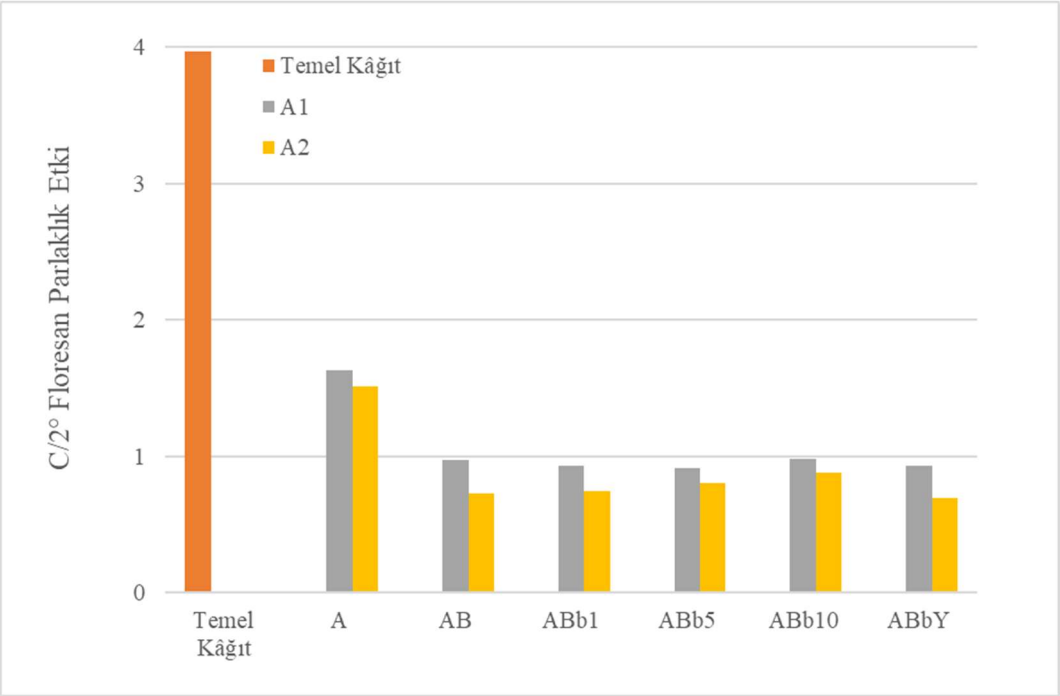
Şekil 4.22'de D65 floresan etki olarak gösterilmektedir. Geri dönüşümlü kâğıt ile üretilmiş olan temel kâğıtta, optik kimyasal madde etkileri nedeniyle floresan parlaklık etkisi yüksek çıkmaktadır. Kuşe boyası uygulaması ile bu etki düşmektedir.

Tablo 4.26: ISO parlaklık (C/2°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	69,16	68,69	69,64	0,27
A1	77,06	76,78	77,67	0,28
A1B	79,59	79,19	80,11	0,27
A1Bb1	79,50	78,95	80,29	0,46
A1Bb5	79,34	78,52	80,01	0,40
A1Bb10	79,18	78,71	79,76	0,37
A1BbY	77,28	76,87	77,79	0,37
A2	75,71	75,38	76,19	0,26
A2B	79,18	78,85	79,93	0,31
A2Bb1	78,93	78,08	79,58	0,48
A2Bb5	78,92	78,20	79,49	0,48
A2Bb10	78,29	78,02	78,61	0,16
A2BbY	77,24	76,95	77,43	0,19

Tablo 4.26'da temel kâğıda göre %100 ÖKK kullanımı ile sonuçlarda %11,42 artış sağlanırken, %20 Kaolin, %80 ÖKK kullanılan kuşe boyası ile %9,47 artış elde edilmiştir.

İkinci kat kuşe uygulaması ile temel kâğıda göre artış sırasıyla %15,08 ve %14,49 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.23: C/2° floresan parlaklık etki.

Şekil 4.23'te C/2° floresan parlaklık etkisi gösterilmektedir.

Tablo 4.27: Sarılık (D65).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	-7,42	-7,63	-7,26	0,11
A1	-3,67	-3,95	-3,38	0,23
A1B	-2,86	-3,09	-2,64	0,15
A1Bb1	-3,00	-3,28	-2,88	0,13
A1Bb5	-3,04	-3,21	-2,92	0,08
A1Bb10	-2,65	-2,90	-2,37	0,16
A1BbY	-1,95	-2,18	-1,73	0,21
A2	-3,00	-3,36	-2,74	0,18
A2B	-2,38	-2,57	-2,07	0,14
A2Bb1	-2,35	-2,50	-2,19	0,13
A2Bb5	-2,19	-2,38	-1,89	0,19
A2Bb10	-2,01	-2,16	-1,77	0,12
A2BbY	-1,60	-1,78	-1,38	0,17

Tablo 4.27, D65/10° ışık kaynağında sarılık değerlerinde azalma olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.28: Sarılık (C/2°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	-0,86	-0,98	-0,72	0,08
A1	-1,37	-1,59	-1,16	0,15
A1B	-1,70	-1,88	-1,57	0,10
A1Bb1	-1,77	-1,85	-1,63	0,07
A1Bb5	-1,79	-1,84	-1,74	0,04
A1Bb10	-1,31	-1,47	-1,10	0,10
A1BbY	-0,82	-0,89	-0,68	0,09
A2	-0,98	-1,04	-0,89	0,05
A2B	-1,59	-1,70	-1,44	0,09
A2Bb1	-1,40	-1,47	-1,31	0,06
A2Bb5	-1,16	-1,26	-1,08	0,06
A2Bb10	-0,88	-1,02	-0,77	0,09
A2BbY	-0,80	-0,94	-0,63	0,12

Tablo 4.28'de temel kâğıtta elde edilen sarılık değerinin, %100 ÖKK ilâvesiyle azaldığı görülmüştür. A2 ilâvesiyle ortama giren kaolin, sarılık değerini yeniden yükseltmektedir. İkinci kat kuşe boyası uygulanması ile sarılıkta azalma devam etmiştir.

Tablo 4.29: CIE beyazlık (C/2°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	71,58	71,15	72,09	0,31
A1	79,56	78,94	80,11	0,41
A1B	82,35	82,01	82,65	0,21
A1Bb1	82,37	81,66	83,28	0,52
A1Bb5	82,26	81,50	82,95	0,39
A1Bb10	81,21	80,72	81,65	0,35
A1BbY	78,35	78,06	78,62	0,22
A2	77,40	77,13	77,73	0,21
A2B	81,66	81,18	82,06	0,29
A2Bb1	81,01	80,31	81,63	0,41
A2Bb5	80,55	79,99	81,19	0,41
A2Bb10	79,45	79,19	79,73	0,16
A2BbY	78,15	77,81	78,39	0,25

Tablo 4.29 önemli değişimin A kat uygulama sonrasında olduğunu göstermektedir. Temel kâğıda göre %100 ÖKK kullanımı ile CIE beyazlık %11,14 artarken, %20 Kaolin, %80 ÖKK kullanılan kuşe boyası ile %8,13 CIE beyazlık artışı elde edilmiştir. İkinci kat kuşe uygulaması ile temel kâğıda göre CIE beyazlık artışı %14-15'e artış göstermiştir. Yüzeyden uygulanan bariyer kimyasal maddesi CIE beyazlıkta %4,2-4,8 düşmeye neden olmaktadır.

Tablo 4.30: CIE beyazlık floresan etki (C/2°).

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	17,50	17,27	17,67	0,12
A1	6,33	6,00	6,78	0,26
A1B	3,76	3,29	4,13	0,29
A1Bb1	3,48	3,02	3,99	0,31
A1Bb5	3,43	2,93	3,80	0,23
A1Bb10	3,68	3,30	3,98	0,25
A1BbY	3,59	3,18	4,12	0,46
A2	5,99	5,38	7,04	0,47
A2B	2,80	2,28	2,97	0,21
A2Bb1	2,73	2,22	3,23	0,29
A2Bb5	2,99	2,40	3,49	0,40
A2Bb10	3,30	2,83	3,55	0,24
A2BbY	2,67	2,50	2,81	0,13

Tablo 4.30, önemli değişimin A kat uygulama sonrasında olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.31: Y C/2° aydınlatma faktörü.

Kâğıt örneği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Temel Kâğıt	68,66	68,18	69,11	0,27
A1	76,29	75,93	76,90	0,29
A1B	78,64	78,21	79,24	0,32
A1Bb1	78,51	77,92	79,26	0,44
A1Bb5	78,34	77,51	78,98	0,40
A1Bb10	78,48	77,99	79,11	0,38
A1BbY	76,91	76,47	77,50	0,42
A2	75,21	74,86	75,72	0,28
A2B	78,33	78,06	79,16	0,33
A2Bb1	78,21	77,33	78,84	0,49
A2Bb5	78,34	77,58	78,98	0,50
A2Bb10	77,89	77,52	78,26	0,19
A2BbY	76,91	76,57	77,16	0,24

Tablo 4.31‘de aydınlatma faktörü gösterilmektedir. Temel kâğıda göre A ve B kat kuşe uygulamasının aydınlatma faktöründe artış sağladığı görülmektedir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada üstü beyaz test yüzey kâğıdına kuşe uygulanarak bariyer özelikleri kazandırılmıştır. Sırayla temel kâğıt, kuşe boyası bileşenleri ve hazırlanması, uygulama, bariyer özelikleri kazandırma ve sonuçların optik ve bariyer nitelikleri açısından irdelenecektir.

Temel kâğıt fiziksel direnç özelikleri; patlama indisi 1,87 kPa·m²/g, makine eni yönünde kısa mesafe sıkıştırma sonucu 2,05 kN/m, makine eni yönünde halka ezilme sonucu 0,79 kN/m'dir.

Optik nitelikleri bakımından temel kâğıt ISO parlaklık (C/2°) sonucu %69,16 elde edilmiştir. Bu tip baskı kâğıtlarında istenen ISO Parlaklık değeri 80'dir. Burada 11 puanlık iyileştirme gerektiği anlaşılmaktadır. Çalışmada bu hedef üzerine gidilmiştir. Kuşeli sonuçları aşağıdaki tartışılacaktır.

Yukarıda belirttiğimiz optik niteliklerini kazandırmak için kuşe minerallerinin yapısı önemlidir. Partikül boyutu daha ince ve ISO parlaklık değerleri daha yüksek mineraller tercih edilmelidir.

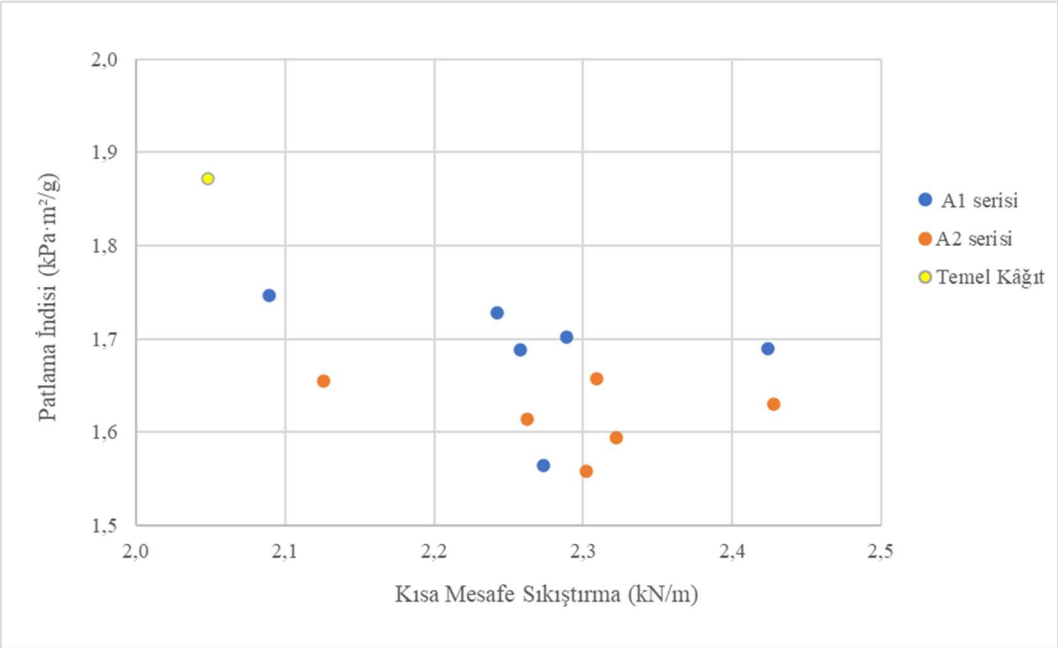
Kuşe boyası formülasyonu belirlenirken kaolinin maliyetinin kalsiyum karbonata göre yüksek olması, kalsiyum karbonatın daha kolay bulunabilir olması, kalsiyum karbonat ile daha iyi parlaklık ve beyazlık elde edilmesi gibi nedenlerden dolayı, kaolin oranı düşük tutulmuştur. Uygulama katı madde oranı seçiminde viskozite önemli bir etken olmuştur. Tablo 4.3'te gösterildiği gibi farklı oranlarda kuşe boyaları hazırlanarak viskoziteye etkileri incelenmiştir. Katı madde oranı yaklaşık %60 civarında viskozitenin hızla artış gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle A kat kuşe uygulamasında %60, B kat kuşe maddesinde %54 katı madde oranına sahip kuşe boyası kullanılmıştır.

Kuşe boyasının reolojisi incelenmiş, çeşitli ölçümler gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.3'te akış eğrisinin sıfır noktasından başlamadığı ve belli bir akma noktasına sahip olduğu görülmektedir. Hazırlanan kuşe boyasının akma noktasına sahip psödoplastik sıvılar olarak değerlendirildiği anlaşılmaktadır. Liu *ve* diğ. (2017) yapmış olduğu çalışmada, benzer sonuç bulunmuştur. Şekil 4.5'te kaolinin elastik modülü kalsite göre daha yüksektir. Morsy ve El-Sherbiny (2004) de

farklı kuşe boyaları uygulanan kâğıtlar üzerindeki mekanik özelikleri inceledikleri çalışmada aynı sonucu elde etmiştir.

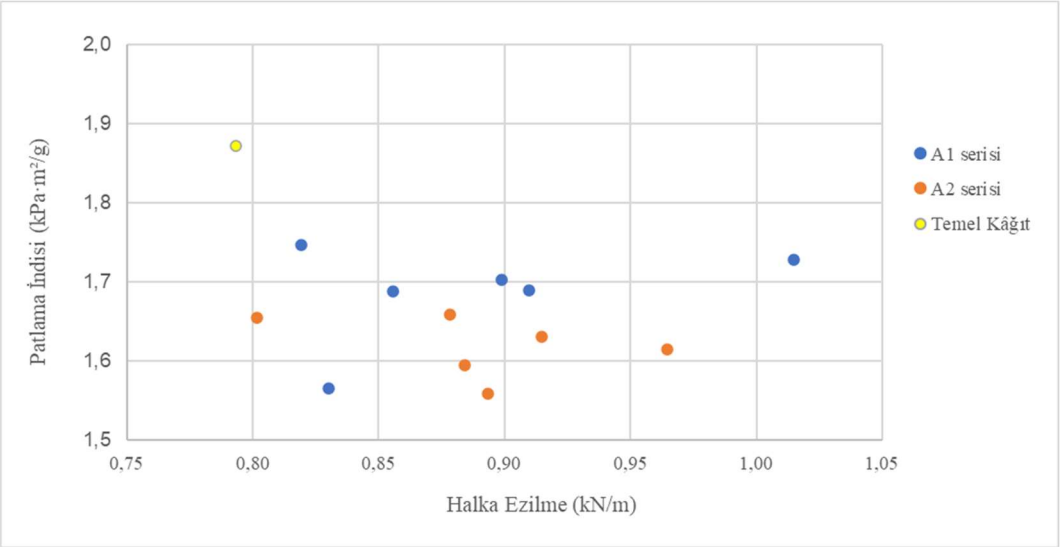
Şekil 4.5'te gösterilen elastik modül malzemenin bütünlüğünü ifade ederken, grafikte görünen azalma ise malzemenin yapısının bozulmaya başladığını ifade eder. Şekil 4.7'de akma noktası, bir süre kayma oranı uygulandıktan sonra akmaya başladığını göstermektedir.

- **Fiziksel Özelikler**



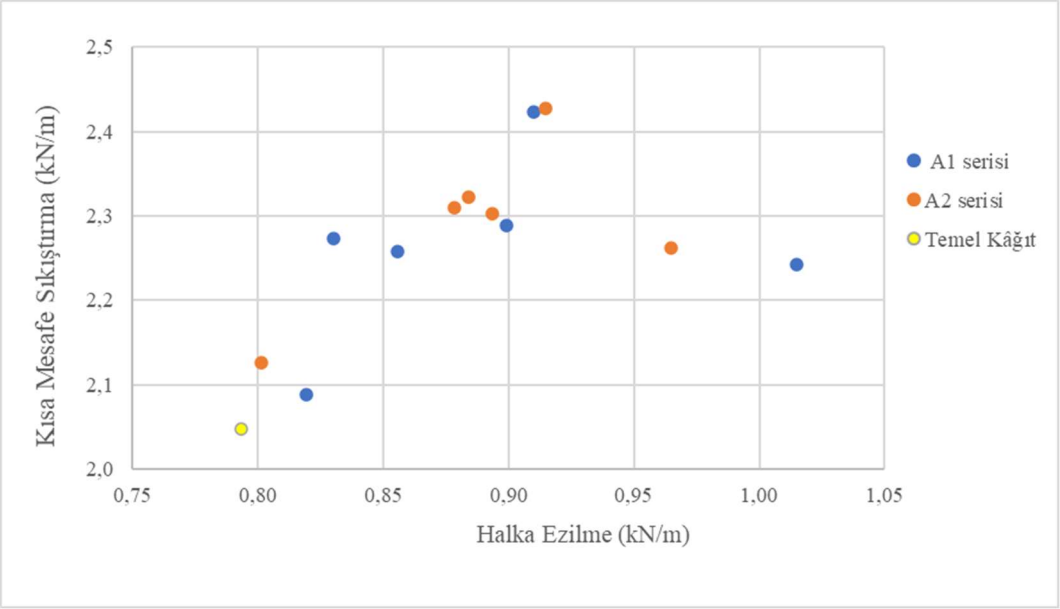
Şekil 5.1: Kısa mesafe sıkıştırma ve patlama indisi sonuçları.

Şekil 5.1'de gösterilen kısa mesafe sıkıştırma direnci ve patlama indisi grafiğinde, patlama indisi temel kâğıda göre A1 ve A2 uygulamalarında düşme göstermektedir. A1, A2'den daha iyi patlama indisine sahiptir.



Şekil 5.2: Halka ezilme ve patlama indisi sonuçları.

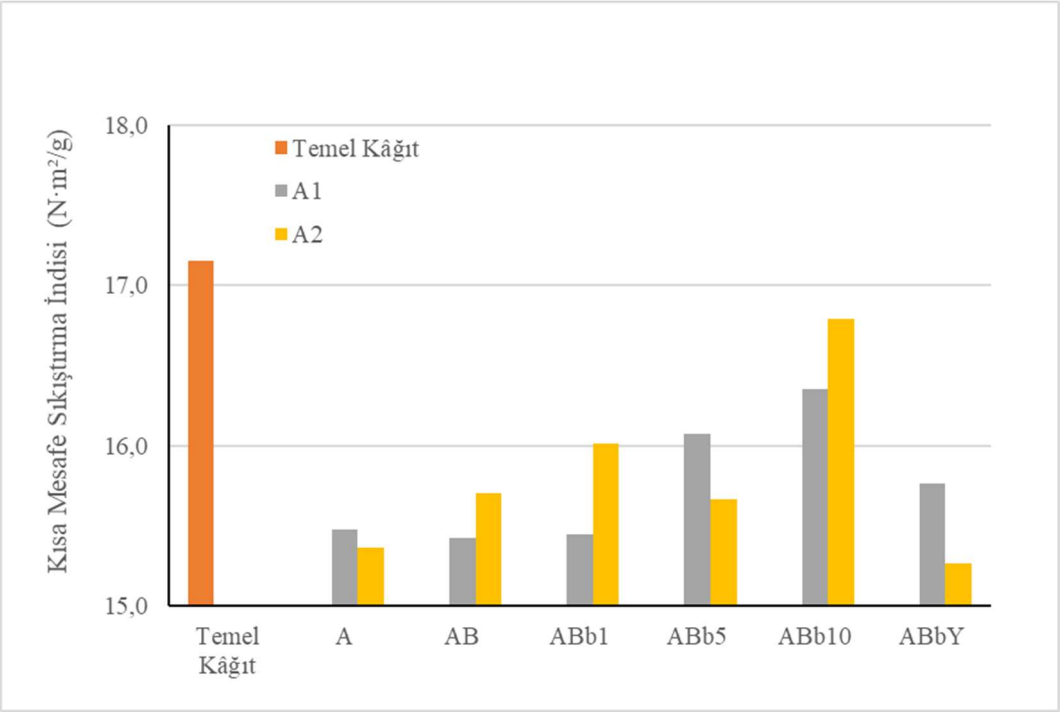
Şekil 5.2'de halka ezilmesine karşın patlama indisi değerleri gösterilmektedir. Temel kâğıda göre, A1 ve A2 örneklerinde patlama direnci artışı olduğu görülmekle beraber patlama indisi sonuçları %100 ÖKK kullanılan A1 serisi kâğıt örneklerinde, %20 kaolinli A2 serisi kâğıt örneklerine göre daha yüksektir. B kat kuşe uygulamaları yapıldıktan sonra pigmentin varlığı nedeniyle, patlama indislerinde düşme görülmüştür.



Şekil 5.3: Halka ezilme ve kısa mesafe sıkıştırma sonuçları.

Şekil 5.3'te kısa mesafe sıkıştırma testi ile halka ezilme testi sonuçları arasında doğrusal bir ilişki olduğu, biri artarsa diğerinin de arttığı görülmektedir. Kısa mesafe sıkıştırma testi kâğıt örneklerinde kâğıt eni ve kâğıt makine yönü doğrultusunda temel kâğıt ile karşılaştırıldığında

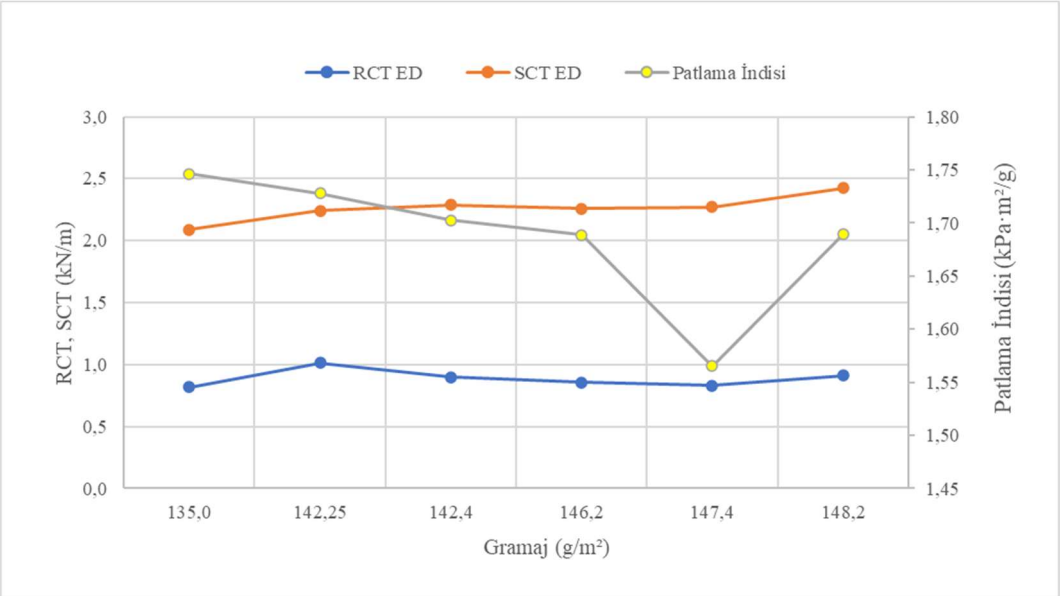
genel bir artış olduğu görülmektedir fakat yüzey bariyer maddesi uygulandığında düşme gerçekleşmiştir.



Şekil 5.4: Kısa Mesafe Sıkıştırma İndisi.

CEPI sınıflamasında kuşesiz beyaz test yüzey kâğıdının kısa mesafe sıkıştırma indisi Sınıf A için ≥13 N·m²/g, Sınıf B için ≥ 12 N·m²/g olarak, kuşeli beyaz test yüzey kâğıdı kısa mesafe sıkıştırma indisi ≥11 N·m²/g verilmektedir. Bu tezde, kuşesiz temel kâğıt için 17,1 N·m²/g, kuşeli ve kütle uygulaması ile bariyer kimyasal maddelerinin ilâvesiyle nihai olarak 15,76 N·m²/g ve 15,27 N·m²/g elde edilerek, Sınıf A sınıfında kalmıştır (Şekil 5.4).

CEPI sınıflamasında kuşesiz beyaz test yüzey kâğıdı patlama indisi Sınıf A için ≥1,7 kPa·m²/g, Sınıf B için ≥1,5 kPa·m²/g, kuşeli beyaz test yüzey kâğıdı patlama indisi ≥1,3 kPa·m²/g olarak verilmektedir. Bu tezde, temel kâğıt için patlama indisi 1,87 kPa·m²/g elde edilerek Sınıf A sınıfında olduğu, kuşeli ve kütle uygulaması ile bariyer kimyasal maddelerinin ilâvesiyle nihai olarak A katta ÖKK uygulanmış olan kâğıdın patlama indisi 1,75 kPa·m²/g, A katta %20 oranında kaolin uygulanan kâğıt örneğinde 1,66 kPa·m²/g elde edilerek CEPI sınıflandırmasına göre uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.5: Gramaja göre halka ezilme, kısa mesafe sıkıştırma ve patlama indisi özelikleri.

Şekil 5.5'te gramaja bağlı olarak enine yönde halka ezilme, kısa mesafe sıkıştırma ve patlama indisi sonuçlarındaki değişim gösterilmektedir.

Çalışmada kullanılan kâğıt makine kâğıdı olduğu için enine ve boyuna yönlerinde fiziksel dirençleri farklıdır. Kısa mesafe sıkıştırma sonuçlarında, enine direncin, boyuna dirence oranına bakıldığında bariyer kimyasal maddesinin kuşe boyası içine en yüksek miktarda uygulandığında farkın azaldığı görülmüştür.

- Optik Özelikler

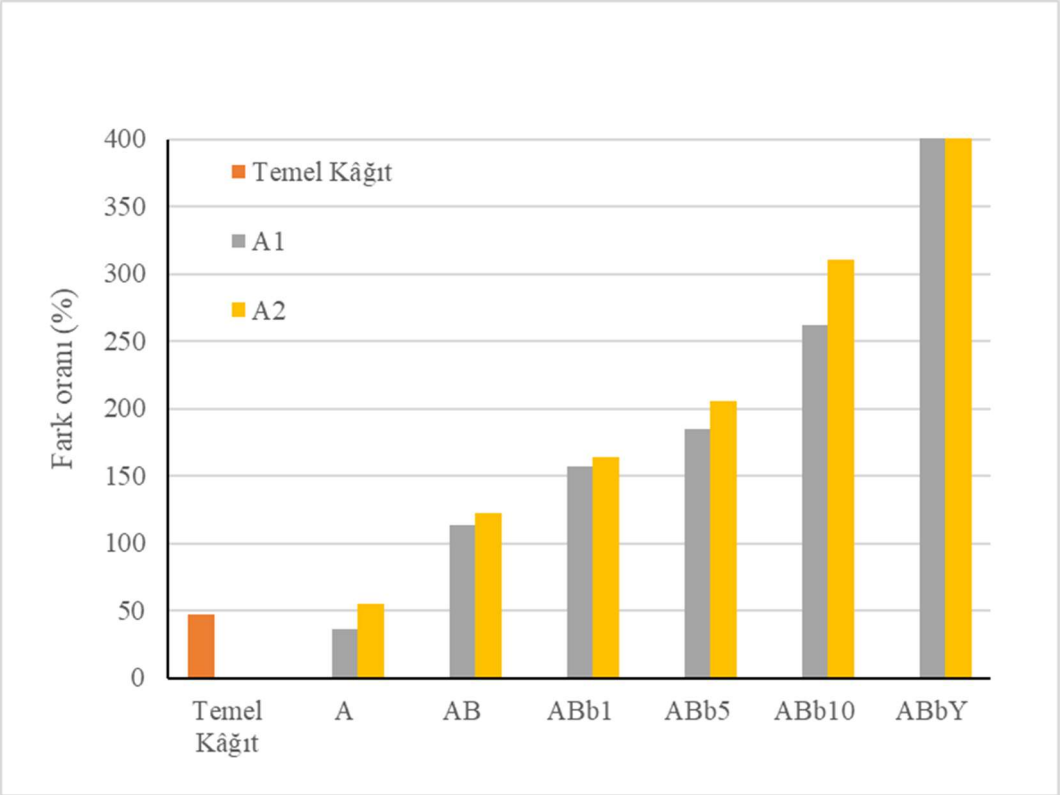
CEPI sınıflamasında kuşesiz beyaz test yüzey kâğıdı ISO parlaklık değeri Sınıf A için ≥%76, Sınıf B için ≥%70, Sınıf C için≥%65 olarak, kuşeli beyaz test yüzey kâğıdı için ISO parlaklık değeri ≥%76 olması gerektiği verilmektedir. Bu tezde, temel kâğıt için ISO parlaklık (C/2°) %69,16 elde edilerek Sınıf C sınıfında olduğu, kuşeli ve kütle uygulaması ile bariyer kimyasal maddelerinin ilâvesiyle nihai olarak A katta ÖKK uygulanmış olan kâğıdın ISO parlaklık (C/2°) değeri %79,18, A katta %20 oranında kaolin uygulanan kâğıt örneğinde %78,29 elde edilerek CEPI sınıflamasına göre uygun olduğu tespit edilmiştir.

- Bariyer Özelikleri

Temel kâğıda göre hava geçirgenliği sonuçları artış göstermektedir. En iyi sonuçlar bariyer kimyasal maddesinin uygulandığı örneklerde görülmektedir. Kugge ve Johnson (2008)

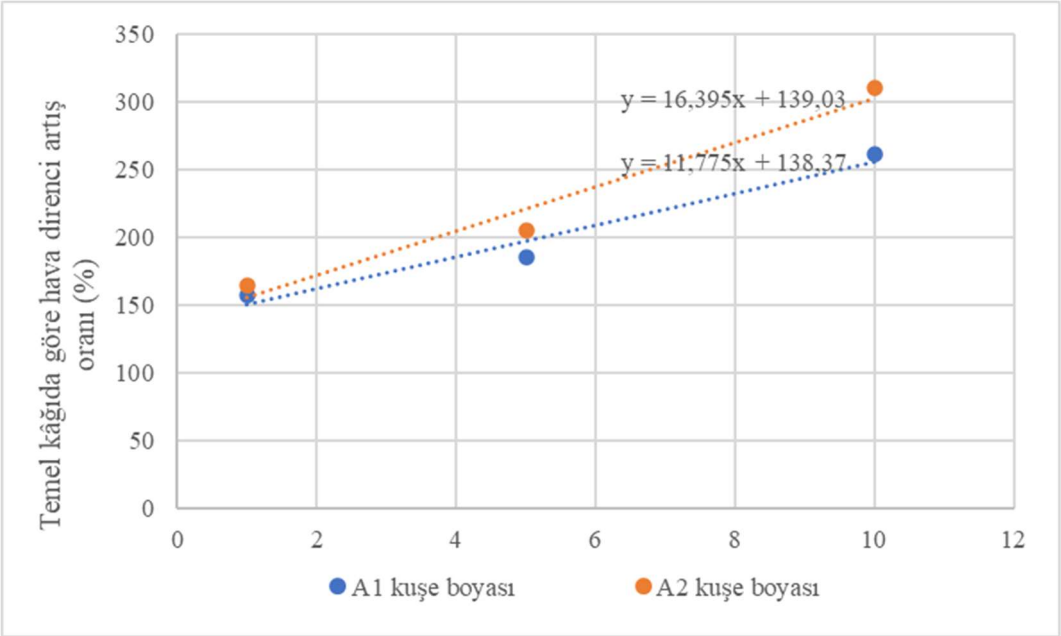
tarafından yapılan çalışmada bariyerli 200 g/m² kraft üzerine farklı kaolin ve lateks oranları ile kuşe uygulaması yapılmıştır. Bu şekilde bariyer kimyasal maddesinin arada olacağı uygulamalar da yapılarak sonuçlar izlenebilir.

- Hava Geçirgenliği



Şekil 5.6: Temel kâğıda göre hava geçirgenliği artış oranları.

Şekil 5.6 temel kâğıda göre hava geçirgenliği artış oranlarını % olarak göstermektedir. Kaolin uygulandığında elde edilen hava direnci daha iyi sonuç vermiştir. Bariyer kimyasal maddesi uygulandığında ölçülemeyecek kadar yüksek çıkmaktadır.



Şekil 5.7: Hava direnci artış oranı. (A1 kuşe boyası, A2 kuşe boyası)

Şekil 5.7'deki grafik, A katta ÖKK kullanımı ile kaolin kullanımının sonuçlara etkisini göstermektedir.

En uygun kaplama yüzeyinin elde edilmesi bakımından seçilen kaplama çubuğu ve hızı ile uygulanan kaplama ağırlığı, A katta sonrasında 15,37-18,33 g/m²; B katta 11,73-13,28 g/m² olarak ölçülmüştür. Kuşe boyası içine bariyer uygulaması yapılan kâğıt örneklerinde A1B için ortalama 11 g/m², A2B için ortalama 8,3 m² bariyer kimyasal maddesi uygulanmış ancak temas açısı ve Cobb testlerinde olumlu bir sonuç elde edilmemiştir. Bunun üzerine, bariyer kimyasal maddesinin kaplama cihazı ile yüzeyden uygulanmasına karar verilmiş ve A1B üzerine yaklaşık 5,11 g/m²; A2B üzerine ise 5,62 g/m² bariyer kimyasal maddesi uygulanmıştır.

Gaz ve hava direnci istendiğinde yüzeyden bariyer kimyasal maddesi uygulamanın uygun bir yöntem olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4.9'da verilen sonuçlar, Rhim ve diğ., (2006)'nin yaptığı çalışmada olduğu gibi, temas açısı azaldıkça, ıslatma enerjisinin, adezyon işinin, yayılma katsayısının arttığını göstermektedir. Bariyer kimyasal maddesi uygulaması ile olumlu sonuç elde edilmektedir.

- Su emiciliği

Şekil 4.19'da temel kâğıda göre su emiciliği sonuçlarında artış gözlenmiştir. Bariyer kimyasal maddesinin kuşe boyası içine uygulanması olumlu sonuç vermemektedir. Bariyer kimyasal maddesinin yüzeyden uygulanması su emiciliğinde iyileşme sağlamaktadır. Grafikte ABbY sonuçları 1800 s sonucunda elde edilen sonuçlardır. Diğer tüm sonuçlar 60 s sonuçlarıdır. Kugge ve Johnson (2008) tarafından yapılan çalışmada bariyerli 200 g/m² kraft üzerine yapılan kuşe uygulaması sonucu $Cobb_{1800}$ 91 g/m² elde edilmiştir. Bu çalışmamızda $Cobb_{1800}$ 25,98 ve 29,10 sonuçları elde edilmiştir.

Popil ve Schaepe (2005), ambalaj üstüne uygulanan vaks yerine farklı polimer kaplama uygulamaları ile 1800 s sonrası su emiciliklerindeki değişimleri incelemişler, 25-35 g/m² vaks uygulaması yerine 5 g/m² polimer uygulaması ile sonuçlar elde etmişlerdir.

Temel kâğıda göre A1 ve A2'nin yüzeyinde su damlasının daha çabuk dağılması, kuşe boyası uygulandığında yüzey geriliminin arttığını göstermektedir. Bariyer kimyasal maddesi uygulandığında ise, uygulanan miktara bağlı olarak bariyer özeliği de artmaktadır.

Yüzey ve iç bağlanma direnci kullanılan lif uzunluğu, tipi ve işlenmesinden etkilenir. Bu nedenle çalışma içinde yüzey bariyeri uygulandıktan sonraki sonuçlar değerlendirilmemiştir.

Dennison mum testinde, yüzeyden tutkallanan temel kâğıdın daha iyi bağlanma özeliği olduğu, yüzeye kuşe uygulaması yapıldıktan sonra ise ÖKK ve kaolin kullanılarak hazırlanan kuşe boyaları arasında önemli bir fark gözlenmediği, her ikisinde de bağlanma özeliğinin olumsuz yönde etkilendiği görülmektedir.

Kuşe ve bariyer uygulandıktan sonra;

A katta %100 ÖKK içeren kuşe boyası içine en yüksek oranda bariyer kimyasal madde uygulaması ile nihai olarak kâğıdın patlama indisi 1,69 kPa·m²/g, A katta %20 kaolin ve %80 ÖKK uygulanan kâğıt örneğinde 1,63 kPa·m²/g elde edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, geri dönüşümlü 120 g/m² üstü beyaz test yüzey kâğıdı temel olarak alınmış, uygulanan kuşe boyasına bariyer özelikleri kazandırılması olanakları araştırılmıştır. Bariyer özeliği sağlayan kimyasal maddenin uygulandığı ve uygulanmadığı kâğıtların fiziksel direnç ve optik nitelikleri karşılaştırılmıştır.

Kuşesiz temel kâğıdın yüzeyi gözenekli olması nedeni ile baskı kalitesi nispeten zayıftır. Bu nedenle, birinci kuşe katında partikül boyutu daha büyük olan öğütülmüş kalsiyum karbonat, ikinci kuşe katında ise yüzeyin gözeneklerinin azalması nedeniyle partikül boyutu daha küçük mineraller tercih edilmiştir. Kaolinin parlaklık değeri, kalsiyum karbonata göre bir miktar daha düşüktür. Parlaklığı düşürmesi nedeniyle, kaolin miktarı artırılmak istendiğinde, temel kâğıdın daha beyaz olması gerektiği veya daha fazla optik beyazlatıcı kullanımına gerek duyulacağı göz önünde tutulmalıdır.

Katı madde oranının viskozite üzerine etkisi incelenmiş ve oran %60'tan %65'e çıkarıldığında hızla viskozite artışı olduğu görülmüştür. Reolojiyi etkileyeceği için uygulama sırasında uygun bir katı madde oranı seçilmesi önemlidir. Reolojik özelikleri incelendiğinde kuşe boyasının uygulanan gerilime rağmen hemen akmadığı, belli bir kuvvet uygulandıktan sonra akmaya başladığı görülmektedir. Bu akma noktasından sonra uygulanan kayma oranı arttıkça viskozite düşmektedir. Süreklilik sağlanması için hazırlık ve uygulama sırasında kullanılan ekipmanların reolojide oluşturacağı değişiklikler iyi anlaşılmalıdır.

Patlama direnci kuşe tabakası sayesinde artış gösterdiği halde, patlama indisinde azalma görülmektedir. Temel kâğıt gramajı her kuşe katmanı uygulandığında artış göstermekte ve direnç değeri bu nedenle artmaktadır. Pigmentin boyutu dikkate alındığında çekme yönünde direnç gösteremeyeceğinden dolayı beklendiği gibi patlama indisi değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Kuşe boyasındaki kaolin, öğütülmüş kalsiyum karbonat kıyasla patlama indisi değerlerinde daha fazla bir düşüşe neden olmuştur.

Kısa mesafe sıkıştırma sonuçları ve halka ezilme testi sonuçları, temel kâğıda göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Halka ezilme sonuçlarında yüzeyden uygulanan bariyer sonrasında iyileşme olduğu görülmüştür. Bu direnç değerleri de temel kâğıt için 0,79 kN/m iken 0,96- 1,01 kN/m'ye yükselmesine rağmen indis olarak hesaplandığında A1 için benzer değerde kalmış, A2 için düşüş göstermiştir.

Geri dönüşümlü kâğıtlarda kuşe uygulamasının en önemli sebeplerinden birisi hammaddeden gelen optik kusurları gidererek baskı niteliklerini artırmaktır. Başlıca kusurlar lekelerdir ve onları sayarak veya dolaylı olarak etkilediği parlaklık, beyazlık, renk gibi diğer optik özeliklerin incelenmesi ile başarı kriterleri belirlenir.

Kuşe uygulanan kâğıt leke bakımında incelendiğinde; birinci kat kuşe uygulamasında A1 ile 2,0663 leke/m², A2 ile 2,1771 m²alanı kalmış, ikinci kat kuşe uygulamalarında 0,04 mm² üzeri lekeler tamamen görünmez hale gelmiştir.

Kuşe uygulanan kâğıdın yüzey baskı işlemlerinde kullanılan kimyasal maddeler ve mürekkeplerin çözücüleri nedeniyle olabilecek etkileşimlerin incelenmesi için temel kâğıt üzerine farklı çözücüler spreyleme yöntemi ile uygulanarak 0,04 mm² üzerindeki lekeler tespit edilmiştir. Aseton ve toluen, lekeleri görünür hale getirmektedir. Toluende çözünen maddeler migrasyonla yüzeye çıkmaktadır. Baskı sırasında kullanılan maddelerin çözücülerinin uygulama sırasında nasıl etki oluşturduğu izlenmelidir.

Geri dönüşümlü kâğıt ile üretilmiş olan temel kâğıdın, optik kimyasal madde etkileri nedeniyle floresan parlaklık etkisi yüksek çıkmaktadır. Bu nedenle beklendiği gibi kuşe boyası uygulaması ile floresan parlaklık etki sonucu düşmektedir.

Bu tezde kuşe uygulaması sonucu elde edilen kâğıdın ISO Parlaklık değeri, 80 civarında olan gri karton ile benzer bulunmuştur. Temel kâğıda göre ISO Parlaklık sonuçları artış göstermekle beraber, kaolinin varlığı olumsuz etki etmektedir. Hedef ISO Parlaklık 80 ise bu hedefin yakalanması için kullanılacak hammadde dikkatle seçilmesi gerekmektedir.

Temel kâğıda göre %100 ÖKK kullanımı ile CIE beyazlık %11,14 artarken, %20 Kaolin, %80 ÖKK kullanılan kuşe boyası ile CIE beyazlık artışı %8,13 kalmıştır. İkinci kat kuşe uygulaması ile temel kâğıda göre CIE beyazlık artışı %14-15'e artış göstermiştir. Yüzeyden uygulanan bariyer kimyasal maddesi ile CIE beyazlıkta %4,2-4,8 düşmeye neden olmaktadır.

A1 ile CIE L* sonuçları A2'ye göre %0,5 daha yüksek sonuçlar vermektedir.

Temel kâğıda göre A kat ve B kat kuşe uygulamaları ardından kuşe boyası içine ve yüzeyden bariyer madde uygulanması ile hava geçirgenliğinde sürekli bir düşme sağlanmıştır. Kuşe boyası içine verilen bariyer kimyasal maddesi su bariyerini artırmasa da kapiler boşlukları doldurarak hava bariyeri sağlamaktadır. Yüzeyden yapılan bariyer uygulamasının ise hava geçiş oranını en aza indirdiği görülmektedir.

Temas açısı sonuçları higroskopik olan kâğıtta oldukça önemlidir. Kâğıt yüzeyinde temas açısı değişim hızını takip etmek mümkün olduğu için bu yöntemin kullanılması fayda sağlayacaktır. Poröz yapısından dolayı kâğıt yüzeyi suyu ve yağı geçirebilir. Temas açısı sonuçlarında, kuşe boyası içine uygulanan bariyer madde miktarı nispeten az olduğu için kayda değer bir değişim görülmemiştir. Islatma enerjisi, yayılma katsayısı, adezyon işi de temas açısı ile ilişkili olup, temas açısı kuşe boyası uygulaması ile azaldıkça, artış göstermektedir. Islanabilirlik oranının kayda değer bir şekilde görülmesi için yüzeyden bariyer uygulanması tercih edilmelidir.

Yağ direnci ölçümü belirli oranlarda hint yağı, n-heptanol ve toluen içeren 12 adet çözelti serisi hazırlanarak yapılmıştır. 1 numaralı çözelti en yüksek yüzey gerilimine sahip olanıdır ve sadece hint yağı içermektedir. Bu sayede yüzey gerilimleri farklı çözeltilerin kâğıt yüzeyi ile temas açısı değişimi anlaşılmaktadır. Bu test ile en iyi sonuçlar yüzeyden uygulama ile elde edilmektedir. Bununla birlikte baskı özelikleri ayrıca incelenmelidir.

Suya karşı bariyer oluşturma açısından incelendiğinde, kuşe harmanına ilave edilen bariyer kimyasal maddesinin uygulamasının birim alana oranlarında düşük olması nedeni ile nispeten düşük bariyer özelik kazandırılmıştır. Bariyer maddesi yüzeyden 5,11 ve 5,62 g/m² arasında uygulanmıştır. Bu uygulama ile $Cobb_{1800}$ 25,98 ve 29,10 g/m² sonuçları edilmiştir. Bu sonuçlar kuşe uygulanmış bir yüzey için standart içerisinde belirtilen değere göre iyi bir sonuca ulaşıldığını göstermektedir. İstediğimiz özelik fazla geliştiyse istenilen aralıkta olması için uygulama miktarı azaltılabilir veya seyreltilebilir dolayısıyla daha ince bir tabaka olarak uygulanmış olacaktır. Yüzeyden bariyer maddesi uygulanacak temel kâğıda kuşe uygulanmasının sağladığı bir avantaj ise yüzey düzgünlüğüdür. Kaba bir yüzeye boşlukları kapatmak için daha fazla bariyer maddesi gerektirecektir, kuşe uygulanmış düz bir yüzeye uygulama yaptığımız için daha ince kesintisiz bir tabaka oluşturma imkânı sunmaktadır.

KAYNAKLAR

Anonim (2020) *Iggesund Paperboard Reference Manual*.

ASTM (2003) "D724-99 Standard Test Method for Surface Wettability of Paper", (Reapproved), ss. 1–2.

Atik, C. (2005) "Kâğıt Hamuru ve Kâğıtta Parlaklık". İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.

Basant Galal Dimetry (2001) *the Relationship Between Rheology , Application Method , and Final Coating Structure the Relationship Between Rheology , Application Method , and Final*. Maine.

Bohlin, E. (2011) "Optics of coated paperboard". Karlstad University.

"Coating rheology" (1997), (November), ss. 186–192.

Conceição, S. *vd.* (2005) "Properties of paper coated with kaolin: The influence of the rheological modifier", *Applied Clay Science*, 30(3–4), ss. 165–173. doi: 10.1016/j.clay.2005.03.010.

Dean, T. W. R. (1997) *The Essential Guide to Aqueous Coating of Paper and Board*. Editör Trevor W. R. Dean. Cirencester: PITA.

Ek, M. (tarih yok) *Paper Chemistry and Technology- Vol 3 - De Gruyter*. Editör G. G. Monica Ek.

Eliot, S. W. (1998) "Synthetic lubricant use in pulp and paper mills", *Tappi Journal*, 81(11), ss. 91–94.

FAO (2021) *COVID-19 leads to changes in paper and paperboard production*. Available at: https://www.fao.org/forestry/news/98965/en/.

FAOSTAT-Forestry (2018) "Global Forest Products Facts and Figures (2018-2019)", içinde. doi: http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/.

Fardim, P. (2002) “Coating and Printability”. Finland: Åbo Akademi University.

FEFCO (2021) “Corrugated Packaging Recyclability Guidelines Design for circularity”, (2021), s. 12.

Gencoglu, E. N., Ozden, O. ve Simseker, O. (2010) “Effects of carboxymethyl cellulose as a surface sizing agent on the printable properties of newspaper”, *Asian Journal of Chemistry*, 22(7), ss. 5561–5566.

Holik, H. (2006) *Handbook of Paper and Board*, *Handbook of Paper and Board*. Available at: http://slub.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1161328.

ISO (2007) “ISO 16532-2 Paper and board — Determination of grease resistance — Part 2: Surface repellency test”.

Järvenpää, T. (2007) “Dispersing of Kaolin Slurry in a Laboratory Environment”, ss. 14–21.

Komulainen, P. (2016) “Pele Oy Rheology in Paper and Paperboard Coating Pele Oy”.

Kugge, C. (2003) *Consolidation and Structure of Paper Coating and Fibre Systems*, *Consolidation and Structure of Paper Coating and Fibre Systems*.

Kugge, C. ve Johnson, B. (2008) “Improved barrier properties of double dispersion coated liner”, *Progress in Organic Coatings*, 62(4), ss. 430–435. doi: 10.1016/j.porgcoat.2008.03.006.

Lehtinen, E. (2000) *Pigment Coating and Surface Sizing of Paper*. Finland: Fapet Oy.

Liu, C. *vd.* (2017) “Properties of Nanocelluloses and Their Application as Rheology Modifier in Paper Coating”, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 56(29), ss. 8264–8273. doi: 10.1021/acs.iecr.7b01804.

Methods, T. T. *vd.* (1990) “Introduction to the development of FEFCO Testing Methods for corrugated board and boxes”, *Fefco*, (April 1966).

Morsy, F. A. ve El-Sherbiny, S. (2004) “Mechanical properties of coated paper: Influence of coating properties and pigment Blends”, *Journal of Materials Science*, 39(24), ss. 7327–7332. doi: 10.1023/B:JMSC.0000048747.93113.6d.

Özden, Ö. (2015) *OFSET BASKIDA BASILABİLİRLİK VE KAĞIT*.

Papo, A. ve Piani, L. (2005) "Rheological behavior of calcite slurries: Effect of deflocculant addition", *Particulate Science and Technology*, 23(1), ss. 85–91. doi: 10.1080/02726350490516253.

Popil, R. E. ve Schaepe, M. (2005) "Comparative evaluation of the potential for wax-alternative packaging coatings", *Tappi Journal*, 4(8), ss. 25–32.

Pritchard, G. (2012) "Understanding Paper Brightness", *The Print Guide*, ss. 1–7.

Raw, P. ve Working, M. (2005) "Commonly used Test Methods for Paper and Board", *Group*, ss. 1–90.

Rennes, J. M. (1998) "Drying systems for paperboard coating", *Tappi Journal*, 81(11), ss. 99–112.

Rhim, J. W., Lee, J. H. ve Hong, S. I. (2006) "Water resistance and mechanical properties of biopolymer (alginate and soy protein) coated paperboards", *LWT - Food Science and Technology*, 39(7), ss. 806–813. doi: 10.1016/j.lwt.2005.05.008.

Rissa, K., Lepistö, T. ve Yrjölä, K. (2006) "Effect of kaolin content on structure and functional properties of water-based coatings", *Progress in Organic Coatings*, 55(2), ss. 137–141. doi: 10.1016/j.porgcoat.2005.09.009.

Sappi (2017) "Understanding Paper Whiteness", 560, ss. 1–2.

Schramm, G. (1994) "A Practical Approach to Rheology and Rheometry", *Rheology*, s. 291.

Scott, W. E., Abbott, J. C. ve Trosset, S. (1995) *Properties of Paper: An Introduction*. Second. Atlanta, Georgia: TAPPI Press.

Slepetys, R. ve Morgan, L. (1991) "Optics and surface chemistry of a chemically structured coating pigment", *Tappi journal*, 74(1), ss. 195–201.

TAPPI (2004) "T 458 cm-04 Surface wettability of paper (angle of contact method)".

TAPPI (2009) "T 441 om-98 Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper, paperboard,

and corrugated fiberboard (Cobb test)", ss. 1–6.

Wikström*, M. (2000) "Influence of Temperature and Type of Coating Latex on the Out-of-Plane", *Tappi Journal*.

EKLER

Uyarı: Tez çalışmasında kullanılan hesaplamalar, tablolar, şekiller, veriler, kaynak kodları, formlar vb. materyal metin içinde akışı bölecek kadar çoksa bu bölümde ayrı başlıklar halinde ekleyebilirsiniz (Örn: Kaynak Kodlar, Anket Formları, Onam Formu Örneği başlıkları gibi). Ekler kısmına eklenmeyecek ve materyali olmayan tez çalışmaları için **EKLER** bölümü kaldırılabilir. Ekler bölümüne ait yazım kuralları ile ilgili tez yazım kılavuzu incelenmelidir. Bu uyarıyı okuduktan sonra siliniz!

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

UYARI: Bu bölümde intihal programında çıkan benzerlik yüzdesinin bulunduğu detaylı raporun ilk sayfasının yer alması tüm öğrenciler için zorunludur! Bu uyarıyı okuduktan sonra siliniz!

ETİK KURUL İZİN YAZISI

Uyarı: Canlı denekler üzerinde yapılan tüm araştırmalar için Etik Kurul Belgesi alınması zorunludur.

☐ **Etik Kurul izni gerekmektedir.**

☑ **Etik Kurul izni gerekmemektedir.**

Öğrenci Adı SOYADI
Nuray ACAR
(İmza)

KURUM İZNİ YAZILARI

Uyarı: Canlı ve cansız deneklerle yapılan tüm çalışmalar için kurum izin belgelerinin eklenmesi zorunludur. Gizlilik ve mahremiyet içeren durumlarda kurum adı kapatılmalıdır.

☐ **Kurum izni gerekmektedir.**

☑ **Kurum izni gerekmemektedir.**

Öğrenci Adı SOYADI
Nuray ACAR
(İmza)

PATENT HAKKI İZNİ

Uyarı: Patent hakkı izni gerektirmeyen tez çalışmaları için bu bölüm ve başlık silinebilir!

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Nuray ACAR
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Teknik Üniversitesi
Fakülte	Kimya-Metalurji Fakültesi
Bölümü	Kimya Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	1996
Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Kimyasal Teknolojiler Programı
Makale ve Bildiriler	