

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEMİZLİK KAĞIDI ÜRETİMİNDE
TOZ OLUŞUMUNUN AZALTILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ebru HEZER

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Endüstri Mühendisliği Programı

AĞUSTOS 2019

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEMİZLİK KAĞIDI ÜRETİMİNDE
TOZ OLUŞUMUNUN AZALTILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ebru HEZER
(141080703)**

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Arif KARADEMİR
İkinci Danışman: Prof. Dr. Mustafa USTA**

AĞUSTOS 2019

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 141080703 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ebru HEZER, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra TÜBİTAK projesi olarak hazırladığı “TEMİZLİK KAĞIDI ÜRETİMİNDE TOZ OLUŞUMUNUN AZALTILMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Arif KARADEMİR.**
Bursa Teknik Üniversitesi

2. Tez Danışmanı: **Prof.Dr. Mustafa USTA**
Karadeniz Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Arif Karademir**

Prof. Dr. Sami İmamoğlu

Prof. Dr. Nilgöl Çetin

.....

.....

Savunma Tarihi : **29 Ağustos 2019**

FBE Müdürü : **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**

Bursa Teknik Üniversitesi/...../.....

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Ebru HEZER



Tüm eğitim ve iş hayatımda bana desteğini ve emeğini esirgemeyen Annem'e

ÖNSÖZ

Bu tez Viking Kağıt ve Selüloz A.Ş temizlik kağıdı üretiminde yaşanan tozlanma problemine yönelik olarak 3160107 nolu TUBİTAK projesi olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın amacı şirket içerisinde yaşanan gerçek bir problemin yetersiz kaynaklara rağmen ele alınması ve süreç içerisinde yeni metotların geliştirilerek sorunun metodist çalışmalar ile yorumlanması ve azaltılmasıdır.

Projenin gerçekleştirilmesinde ve tez olarak sunumunda desteklerini esirgemeyen Genel Müdürümüz Sayın Ahmet Abdullah AKÇASIZ'a, birlikte projede görev aldığım üretim Müdürümüz Sayın Celal ŞAHİN ve diğer ekip arkadaşlarıma, proje danışmanlığı ile tüm süre içerisinde desteklerini esirgemeyen eş danışmanımız sayın Prof.Dr. Mustafa USTA'ya ve tez danışmanım olarak tüm yüksek lisans süresince bilgi ve desteğini gece gündüz benden esirgemeyen danışmanım sayın Prof. Dr. Arif KARADEMİR'e saygılarımı sunarım.

Finansal olarak bu tezin tamamlanmasında desteği bulunan TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2019

Ebru HEZER



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
1.GİRİŞ	17
1.1 Dünya’da Kağıt Sektörünün Durumu ve Temizlik Kağıdı Üretimi	18
1.2 Ülkemizde Kağıt Sektörünün Durumu ve Temizlik Kağıdı Üretimi	20
1.3 Temizlik Kağıdı Üretim Prosesi	22
1.3.1 Hamur hazırlama ve stok hazırlama.....	23
1.3.1.1 Retansiyon kimyasalları	24
1.3.1.2 Rafinörlerde dövme.....	25
1.3.2 Elek ve keçe grubu	28
1.3.3 Presleme ve kurutma	29
1.3.3.1 Yankee kurutucu	30
1.3.3.2 Yankee davlumbaz	31
1.3.3.3 Kaplama kimyasalları uygulama sistemi.....	31
1.3.3.4 Krepleme, Kesme ve Temizleme Bıçakları.....	32
1.3.4 Krepleme Teknolojisi	33
1.4 Temizlik Kağıdı Konfeksiyon İşlemleri	34
1.4.1 Gofraj	35
1.4.2 Baskı.....	36
1.4.3 Perforasyon.....	36
1.4.4 Sarma ve Uç Yapıştırma	36
1.4.5 Kesme.....	37
1.4.6 Paketleme	37
1.5 Tezin Amacı	37
2. MATERYAL VE METOD	38
2.1 Materyal	38
2.1.1 Atık kağıt.....	38
2.1.2 Kraft Selülozu	40
2.2 Metod.....	40
2.2.1 Mekanik işlemler.....	40
2.2.1.1 Disk rafinör bıçak dizaynının belirlenmesi	41
2.2.1.2 Kısa/uzun lif karışım oranı:.....	42
2.2.1.3 Atık kağıt kullanım oranı	43
2.2.2 Kimyasal işlem.....	43
2.2.3 Deneme süreçlerinde gerçekleştirilen kağıt ve proses ölçümleri.....	43
2.2.3.1 Kağıt yüzeyinde oluşan tozlanma ölçümü	43
2.2.3.2 Fabrika kapalı alan içinde oluşan tozlanmanın ölçümü	44
2.2.3.3 Proses ve ürün testleri	45

3. BULGULAR VE TARTIŞMA	48
3.1 Rafinör Bıçak Dizaynının Tozlanma Üzerine Etkisine Ait Bulgular	48
3.1.1 Rafinör 1. bıçak dizaynının tozlama üzerine etkisine ait bulgular	49
3.1.1.1 Rafinör 1. bıçak dizaynının kağıt yüzey tozlanmasına olan etkisine ait bulgular	49
3.1.1.2 Rafinör 1. bıçak dizaynının ortam tozlanmasına olan etkisine ait bulgular	53
3.1.1.3 Rafinör 1. bıçak dizaynının lif morfolojisi ve elde edilen kağıt özellikleri üzerine olan etkisine ait bulgular	54
3.1.2 Rafinör 2. bıçak dizaynına ait bulgular	56
3.1.3 Rafinör 3. bıçak dizaynının tozlama üzerine etkisine ait bulgular	57
3.1.3.1 Rafinör 3. bıçak dizaynının kağıt yüzey tozlanmasına olan etkisine ait bulgular	57
3.1.3.2 Rafinör 3. bıçak dizaynının ortam tozlanmasına olan etkisine ait bulgular	58
3.1.3.3 Rafinör 3. bıçak dizaynının lif morfolojisi ve elde edilen kağıt özellikleri üzerine olan etkisine ait bulgular	59
3.1.3.4 Rafinör 3. bıçak dizaynı ile ilgili elde edilen bulgulara ait sonuçlar ..	59
3.1.4 Tozlanmayı Önlemek Amacı ile Kimyasal Kullanımına Ait Bulgular	60
3.1.4.1 Kimyasal kullanımının kağıt yüzey tozlanmasına olan etkisine ait bulgular	60
3.1.4.2 Kimyasal kullanımının ortam tozlanmasına olan etkisine ait bulgular	61
3.1.4.3 Kimyasal kullanımının lif morfolojisi ve elde edilen kağıt özellikleri üzerine olan etkisine ait bulgular	65
3.1.4.4 Kimyasal kullanımı ile ilgili elde edilen bulgulara ait sonuçlar	66
3.1.5 Optimizasyon Çalışmasına Ait Bulgular	67
3.1.5.1 Optimizasyon çalışmasının kağıt yüzey tozlanması üzerine etkisine ait bulgular	68
3.1.5.2 Optimizasyon çalışmasının ortam tozlanmasına olan etkisine ait bulgular	70
3.1.5.3 Optimizasyon çalışmasının lif morfolojisi ve elde edilen kağıt özellikleri üzerine olan etkisine ait bulgular	74
3.1.5.4 Optimizasyon çalışması ile ilgili elde edilen bulgulara ait sonuçlar ..	75
4. SONUÇ	77
KAYNAKLAR	82
EKLER.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	90

KISALTMALAR

CD	: Katyonik İhtiyaç (Cationic Demand)
CEPI	: Avrupa Birliği Ülkeleri
DAF	: Dissolved Air Flotation (Çözünmüş Hava Flotasyonu)
HC	: High Consistency (Yüksek Kesafet)
HW	: Heavy-Weight (yüksek ağırlık)
KKO	: Kapasite Kullanım Oranı
LC	: Low Consistency (Düşük Kesafet)
MC	: Middle Consistency (Orta Kesafet)
PEI	: Polietilenimin
PAM	: Poliakrilamid
PEO	: Polietilen oksit
PVF	: Polivinilformamid
PVAm	: Polivinglamin
RISI	: Pulp and Paper Industry Intelligence (Kağıt Hamuru ve Kağıt Endüstrisi İstihbaratı)
SKSV	: Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı
ZP	: Zeta Potansiyel

SEMBOLLER

C	: Titrasyon makzemesinin konsantrasyonu (N)
cf	: Yük konsantrasyonu (meq/L)
meg/l	: CD titrasyon birimi
Ra	: Yüzey przllg birimi
SR°	: Serbestlik birimi
V	: Numune hacmi (ml)
V_{EP}	: Titrasyonda kullanılan malzemenin hacimi (ml)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: 2018 yılı kağıt endüstrisi kurulu kapasite ve üretim miktarları (SKSV Raporu, 2018).....	20
Çizelge 1.2: 2017-2018 Türkiye'de kağıt endüstrisi ortalama büyüme oranları (SKSV Raporu, 2018).....	21
Çizelge 1.3: Yıllara göre Türkiye'de temizlik kağıdı tüketim miktarları (SKSV Raporu, 2018).....	21
Çizelge 2.1: Elyaf tiplerine göre selüloz özellikleri.	40
Çizelge 2.2: Projede kullanılan 1. bıçak dizaynına ait özellikleri (mevcut bıçak). ...	42
Çizelge 2.3: Projede kullanılan 2. ve 3. disk rafinör bıçak dizaynları.	42
Çizelge 2.4: Projede kullanılan kimyasallara ait teknik özellikler.	43
Çizelge 3.1: Projede kullanılan bıçak dizaynı 2'ye ait özellikler.	48
Çizelge 3.2: Projede kullanılan bıçak dizaynı 3'e ait özellikler.	49
Çizelge 3.3: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün A'nın yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.	50
Çizelge 3.4: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün B'in yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.	50
Çizelge 3.5: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün C'nin yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.	52
Çizelge 3.6: Bıçak dizaynı 1 'e ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçüm sonuçları, mg/m ³	53
Çizelge 3.7: Bıçak dizaynı 1 'e ait proses parametreleri.	53
Çizelge 3.8: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen yarı mamullerin konfeksiyon tesisinde işlenmesi esnasındaki kapalı ortam toz ölçüm sonuçları, mg/m ³	54
Çizelge 3.9: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen hamurların karışım deposu numunesi lif özellikleri ve kırıntı elyaf yüzdeleri.	54
Çizelge 3.10: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen hamurların karışım deposu numunesi kink ve curl indexleri.	54
Çizelge 3.11: Bıçak dizaynı 1 için rafinör öncesi ve sonrası hamur örneklerinin lif özellikleri ve kırıntı yüzdeleri.	55
Çizelge 3.12: Bıçak dizaynı 1 için rafinör öncesi ve sonrası hamur örneklerinin curl and kink indeksleri.	55
Çizelge 3.13: Bıçak dizaynı 1 için rafinör öncesi ve sonrası hamur örneklerinin °SR değerleri.	56
Çizelge 3.14: Rafinör bıçak dizaynı 3'e ait kâğıt yüzey tozlanma ölçümleri,%	57
Çizelge 3.15: Rafinör bıçak dizaynı 3 ile üretilen Ürün B'nin yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.	58
Çizelge 3.16: Rafinör bıçak dizaynı 1 ve 3 ile üretilen Kapalı Ortam Toz Miktarı, mg/m ³	58
Çizelge 3.17: Rafinör bıçak dizaynı 1 ve 3 'e ait konfeksiyon tesisi kapalı ortam toz miktarı, mg/m ³	59

Çizelge 3.18: Rafinör bıçak dizaynı 1 ve 3 'e ait karışım deposu kırıntı materyal miktarı, %.....	59
Çizelge 3.19: Kimyasal 1 ve 2 kullanımı sonrası kağıt yüzey tozlanma ölçümleri,%.	60
Çizelge 3.20: Kimyasal 1 ile üretilen Ürün B'nin yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.	61
Çizelge 3.21: Kimyasal 1 ve 2 kullanımına ait kağıt makinası kapalı ortam toz miktarı, mg/m ³	62
Çizelge 3.22: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası konfeksiyon kapalı ortam toz miktarı, mg/m ³	64
Çizelge 3.23: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası proses değişkenleri.	66
Çizelge 3.24: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası kâğıt yüzey tozlanma ölçümleri ortalamaları,%.....	68
Çizelge 3.25: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası kâğıt yüzey tozlanma ölçümleri ortalamaları arasındaki yüzdesel değişim,%.....	68
Çizelge 3.26: Optimizasyon çalışması sonrası Ürün A'nın yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.	69
Çizelge 3.27: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası kağıt makinası kapalı ortam toz miktarı, mg/m ³	71
Çizelge 3.28: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası konfeksiyon tesisi ortam toz miktarı, mg/m ³	71
Çizelge 3.29: Optimizasyon aşaması öncesi ve sonrası kağıt makinası kapalı ortam ölçümlerindeki yüzdesel değişim,%	74
Çizelge 3.30: Optimizasyon aşaması öncesi ve sonrası konfeksiyon tesisi kapalı ortam ölçümlerindeki yüzdesel değişim,%	74

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Bölgelere göre toplam kağıt tüketimi (Haggith, 2018).	18
Şekil 1.2: Dünya toplam kağıt tüketimi içerisinde kağıt türleri dağılımı (Haggith,2018).	18
Şekil 1.3: Dünya’da kağıt üretimi bölgesel dağılımı (CEPI,2017).....	19
Şekil 1.4: Dünya’da kağıt tüketimi bölgesel dağılımı (CEPI,2017).....	19
Şekil 1.5: Dünya’da temizlik kağıdı üretiminde kullanılan hammadde dağılımı (Janda, 2019).	20
Şekil 1.6: Crescent Former Kağıt Makinası (Metso makine dizaynı).	22
Şekil 1.7: Geri dönüşüm tesisi akış şeması.....	25
Şekil 1.8: Çift diskli rafinör şeması (Kimberly Clark,1997).	27
Şekil 1.9: Kalın ve ince bar disk rafinör bıçak örnek şemaları.....	28
Şekil 1.10: Crescent Former temizlik kağıdı makinası (Buckman,1996).....	29
Şekil 1.11: Yankee krepleme (Boudreau,2013).....	29
Şekil 1.12: Yankee (Boudreau,2013).....	30
Şekil 1.13: Kurutma davlumbazı (Holik,2006).	31
Şekil 1.14: Kaplama kimyasalları uygulaması (Boudreau,2013).	32
Şekil 1.15: Krepleme bıçağı yerleşimi.....	33
Şekil 1.16: Krepleme işlemi.	33
Şekil 1.17: Krepleme işlemi.	34
Şekil 2.1: Metod akışı.	41
Şekil 2.2: Toz örnekleme cihazı	44
Şekil 2.3: Kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümü.....	45
Şekil 2.4: Konfeksiyon tesisi kapalı ortam toz ölçümü.	45
Şekil 2.5: Zeta potansiyel cihaz şeması.	46
Şekil 2.6: Katyonik istek cihaz şeması.	47
Şekil 3.1: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün A’ya ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf.....	49
Şekil 3.2: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün A’ya ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf.....	50
Şekil 3.3: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün A’ya ait tozların boyut histogramı.	50
Şekil 3.4: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün B’ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf.....	51
Şekil 3.5: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün B’ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf.....	51
Şekil 3.6: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün B’ye ait tozların boyut histogramı.	51
Şekil 3.7: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün C’ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf.....	52
Şekil 3.8: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün C’ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf.....	52
Şekil 3.9: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün C’ye ait tozların boyut histogramı.	52

Şekil 3.10: Rafinör bıçak dizaynı 3 ile üretilen Ürün B'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf.....	57
Şekil 3.11: Rafinör bıçak dizaynı 3 ile üretilen Ürün B'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf.....	58
Şekil 3.12: Kimyasal 1 ile üretilen Ürün B'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf.	61
Şekil 3.13: Kimyasal 1 ile üretilen Ürün B'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf.	61
Şekil 3.14: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün A'ya ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m ³	63
Şekil 3.15: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün B'ye ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m ³	63
Şekil 3.16: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün C'ye ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m ³	63
Şekil 3.17: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün A'ya ait konfeksiyon kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m ³	64
Şekil 3.18: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün B'ye ait konfeksiyon kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m ³	64
Şekil 3.19: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün C'ye ait konfeksiyon kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m ³	65
Şekil 3.20: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası kırıntı materyal ölçüm sonuçları,% 65	
Şekil 3.21: Optimizasyon çalışması öncesi ÜRÜN C'ye ait hamur kasası retansiyon ve katyonik ihtiyaç değişimi.	67
Şekil 3.22: Optimizasyon çalışması sonrası Ürün A'ya ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf.....	69
Şekil 3.23: Optimizasyon çalışması sonrası Ürün A'ya ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf.....	69
Şekil 3.24: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası Ürün A'ya ait yüzey tozlanma değerleri değişimi, (%).	70
Şekil 3.25: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası Ürün C'ye ait yüzey tozlanma değerleri değişimi (%).	70
Şekil 3.26: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası Ürün A'ya ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümleri ortalamaları, mg/m ³	72
Şekil 3.27: Optimizasyon öncesi ve sonrası Ürün A'ya ait konfeksiyon tesisi kapalı ortam toz ölçümleri ortalamaları, mg/m ³	72
Şekil 3.28: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası Ürün C'ye ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümleri ortalamaları, mg/m ³	73
Şekil 3.29: Optimizasyon öncesi ve sonrası Ürün C'ya ait konfeksiyon tesisi kapalı ortam toz ölçümleri ortalamaları.....	73
Şekil 3.30: Kırıntı materyal sonuçları (%).	75
Şekil 4.1: Kırıntı materyal miktarınının aşamalara göre azalma oranları, %.	78
Şekil 4.2: Yüzey tozlanma miktarındaki azalma oranları,%.	78
Şekil 4.3: Kağıt makinası raspa yanı ortam toz ölçümleri değişim oranları , %.	79
Şekil 4.4: Konfeksiyon tesisi makinist yanı ortam toz ölçümleri değişim oranları, %.	80

TEMİZLİK KAĞIDI ÜRETİMİNDE TOZ OLUŞUMUNUN AZALTILMASI

ÖZET

Temizlik kağıtları tüketicide hijyen sebebi ile yüksek algıya ve hassasiyete sahip ürünlerdir. Mamul ürünün toz ihtivası tüketicide hijyen koşularını sağlamadığı algısını yaratmakta olup, bobin müşterisinde ise tozun varlığı konfeksiyon tesisi verimliliklerini olumsuz etkilemektedir. Üretim esnasında oluşan toz, temizlik kağıdı makinasında ve konfeksiyon tesisinde emiş sistemleri ile uzaklaştırılmasına rağmen sürtünmenin etkisi ile hem üretim sahaları içerisinde dağılarak işçi sağlığı, iş güvenliği riski yaratmakta hem de nihai ürüne kadar gidebilmektedir. Tozun üretim hattında azaltılması üzerine mekanik ve kimyasal olarak çeşitli çalışmalar yapılmış ve bu konudaki araştırmalar devam etmektedir.

Şirketin ana problemlerinden biri olan tozlanmaya çözüm arama amacı ile TÜBİTAK 1501 (Proje no: 3160107) projesi olarak gerçekleştirilen bu çalışmada dövme işlemi ve farklı kimyasal maddelerin kullanımı ile toz oluşumunun azaltılması detaylı olarak araştırılmıştır. Projede, şirkette en fazla üretilen ve tozlanma nedeni ile müşteri şikayetlerine neden olan tuvalet kağıdı üretimlerine odaklanılmıştır. Ağartılmış kraft hamuru ve mürekkebi giderilmiş hurda ofis kağıt hamurlarının karışımlarından üretilen tuvalet kağıtları ve üretim süreçleri seçilmiş olup, kağıt yüzeyinde ve ortamda oluşan tozlanmanın en az %50 azaltılması hedeflenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında elyafın rafinerilerde dövme esnasındaki mekanik işlemin hem kağıt makinası hem de konfeksiyon tesisindeki tozlanmaya etkisi araştırılmıştır. Farklı rafineri bıçak dizaynlarının kırıntı elyaf ve tozlanma üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise azaltılan kırıntı elyafın farklı içerik ve bağlanma mekanizmalarına sahip kimyasallar ile elyafa bağlanması ile üretim hatlarındaki etkilerinin izlenmesine devam edilmiştir.

İlk aşama sonunda üç kalite için mekanik etkinin yarattığı kırıntı elyafın ortalamada %36, yüzey tozlanmasında %18, kağıt makinası kapalı ortam toz miktarında %18 ve konfeksiyon tesisi kapalı ortam tozlanmasında %46 azalttığı tespit edilmiştir. İkinci aşama sonunda kimyasal kullanımında selülozlu olarak seçilen ürünlerden biri üretimden kalktığı için selüloz ve deinkli olmak üzere ürün sayısı ikiye indirilmiştir. İki kalite için kırıntı elyafın ortalamada %78, yüzey tozlanmasında %32, kağıt makinası kapalı ortam toz miktarında %10 azalttığı, konfeksiyon tesisi kapalı ortam tozlanmasında ise gofraj etkisi ile arttığı tespit edilmiştir.

Kağıt makinasında gerçekleştirilen mekanik ve kimyasal çalışmaların konfeksiyon tesisi sonunda oluşan nihai ürünlerdeki etkisi incelendiğinde, uygulanan gofraj işlemi esnasında kağıtta yeniden tozlanma oluşumuna neden olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın devam ederek üçüncü aşamada konfeksiyon tesisi etkisinin incelemesinin devam etmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: temizlik kağıdı, kağıt üretimi, toz, kağıt kimyasalları, toz oluşumu, rafineri, tuvalet kağıdı

REDUCTION OF DUST FORMATION AT THE TISSUE PAPER PRODUCTION

SUMMARY

Tissue products has high perception and sensibility due to hygiene on the consumer side. The dust content of the finished product creates the perception that the consumer does not meet the hygiene conditions, and the presence of the powder in the coil customer adversely affects the efficiency of the converting facility. Although dust generated during production is removed by suction systems in the cleaning paper machine and converting facility, it can be dispersed in production sites due to the effect of friction, creating a health and safety risk for workers as well as reaching the final product. Various studies have been carried out mechanically and chemically on the reduction of dust in the production line and researches are continuing.

In this study carried out as TUBITAK 1501 (Project no: 3160107) project with the aim of finding solutions to dusting, which is one of the main problems of the company, reduction of dust formation by refining process and the use of different chemicals has been investigated in detail. The project focused on toilet paper production, which is the most produced in the company and causes customer complaints due to dusting. The toilet paper and production processes produced from blends of bleached kraft pulp and de-inked scrap office paper pulp were selected and the aim was to reduce dusting on the paper surface and media by at least 50%.

In the first stage of the study, the effect of the mechanical treatment during the refining process on the dusting of both paper machine and converting plant was investigated. The effects of different refiner blade designs on fine fiber content and dusting were investigated. In the second stage of the study, the effects of the reduced fibers pieces on the production lines by binding to the fibers with chemicals have different content and binding mechanisms continued to be monitored.

At the end of the first stage, the average reduction rates by the mechanical effect in three different product grade; for amount of fine fibers 36%, 18% for surface dusting, 18% for indoor dusting of the paper machine and 46% for indoor dusting of the converted plant. During of the second stage, since one of the products selected as cellulose has canceled production, the number of products has been reduced to two. At the end of the second stage, it was found that for two production grades, fine fiber ratio decreased 78% on average, 32% on surface dusting, 10% on paper machine indoor dust amount. Also the indoor dusting ratio is increased with embossing effect at the converting facility.

When the effect of mechanical and chemical trials at the paper machine on the final product formed at the end of the converting plant is examined, during the embossing process applied to the paper has been found to cause re-dusting. It was concluded that the study of the effects of the converting facility should be continue as the third stage of the study.

Keywords: tissue paper, refining, paper chemicals, toilet paper, dust

1. GİRİŞ

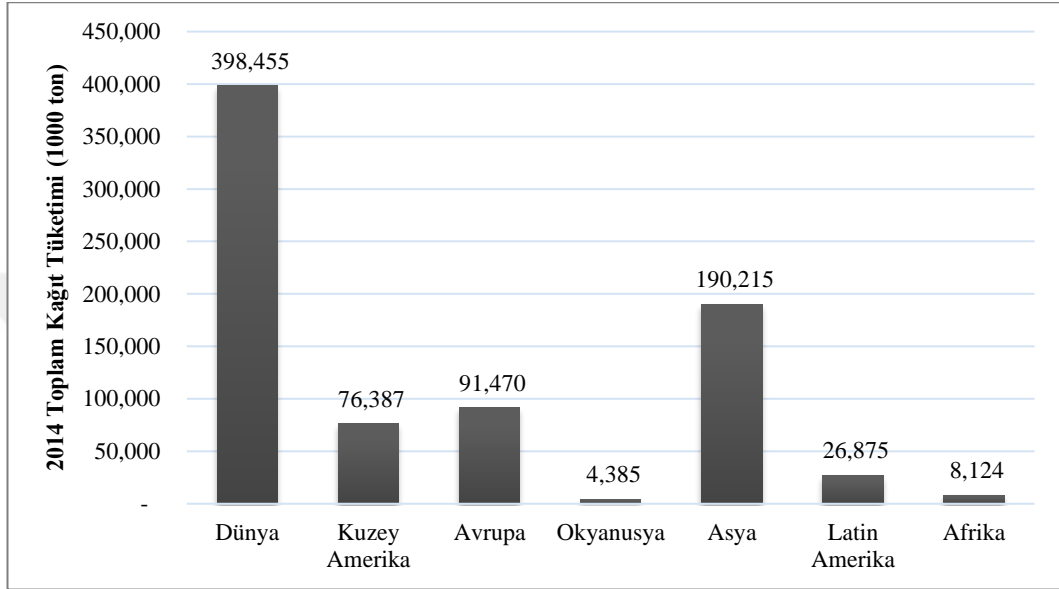
Temizlik kağıdı fabrikasında toz oluşumu kağıt makinesi ve bitirme/ebatlama işlemlerinin yapıldığı konfeksiyon ünitelerinde kalitenin ve çalışma standardının düşmesi, makine parçaları üzerinde birikme ve yangın riski gibi ciddi problemler oluşturmaktadır. Üretim ve konfeksiyon işlemleri sırasında kağıt yüzeyinden ayrılan lif ve kırıntı materyallerin oluşturduğu bu sorun için farklı çözüm yolları mevcuttur. Bunlardan en yaygını, kağıdın makine üzerinde sürtünmesinin azaltılması ve/veya oluşan tozun vakum sistemleri ile alınmasıdır. Bununla birlikte, dövme işlemi sırasında oluşan ve tozlanmayı artıran kırıntı materyalin oluşumunun azaltılması ve mekanik fibrilasyon ve/veya kimyasal madde kullanımı ile lif ve/veya kırıntı materyalin kağıt içerisinde bağlanma derecesinin artırılması da toz oluşumunu azaltmaktadır.

Günümüzde temizlik kağıdı üretiminde daha fazla krepleme, daha yumuşak kağıt ve düşük nem oranları nedeni ile daha fazla toz oluşumu meydana gelmektedir. Ayrıca Yankee ve hava ile kurutma sistemlerinde kağıdın kalite özellikleri artarken lifler arasındaki bağın zayıflaması nedeni ile toz oluşumu artmaktadır. Bu da bazı temizlik kağıdı üreticilerinin toz olmadan kağıt üretilmediği görüşünü ortaya koymuştur (Sheridan ve Diğ, 2005).

Kağıt makinesi ve konfeksiyon ünitelerinde ortamdaki tozun azaltılması havanın temizlenmesi ile yapılabileceği gibi kağıt üretiminde yapılacak değişikliklerle de sağlanabilir. Kalite etkisi de olan ikinci çözüm üzerinde durulan çalışmada, üretiminde ve kullanımında ortaya çıkan toz miktarı azaltılmış kağıtların, yeni üretim parametrelerinin oluşturulması hedeflenmiştir. Böylelikle, üretiminde işçi sağlığına daha fazla önem verilmiş olacağı gibi kullanımında da müşteriye daha az toz içeren kağıt sunulması hedeflenmiştir. Ayrıca, hem ürünlerdeki hem de kapalı ortamlar içerisinde oluşan tozların sayısallaştırılması üzerinde durulmuştur.

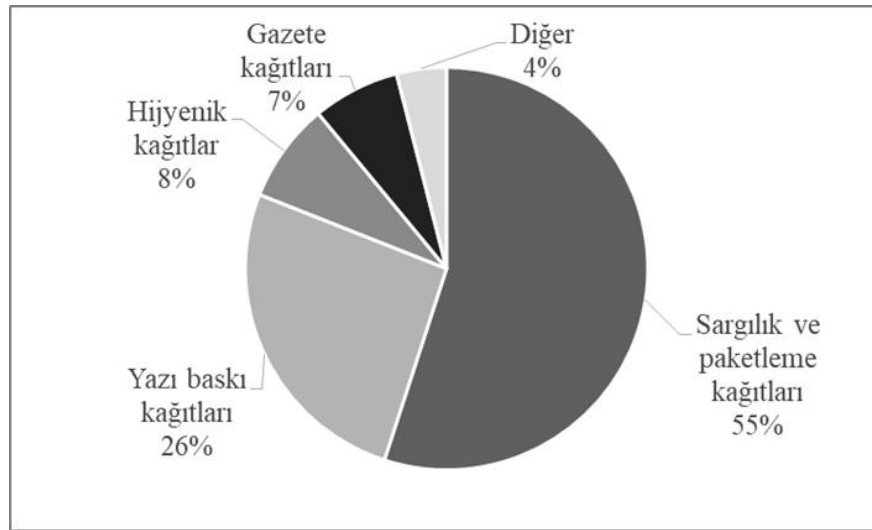
1.1 Dünya’da Kağıt Sektörünün Durumu ve Temizlik Kağıdı Üretimi

Dünya’da kağıt tüketimine bakıldığında 2014 verilerine göre toplam tüketimin 398 milyon 455 bin ton olduğu görülmektedir. Türkiye bu dağılımda bazı kaynaklara göre Avrupa Birliği içerisine alınırken bazı kaynaklarda Asya içerisinde gösterilmektedir (Şekil 1.1).



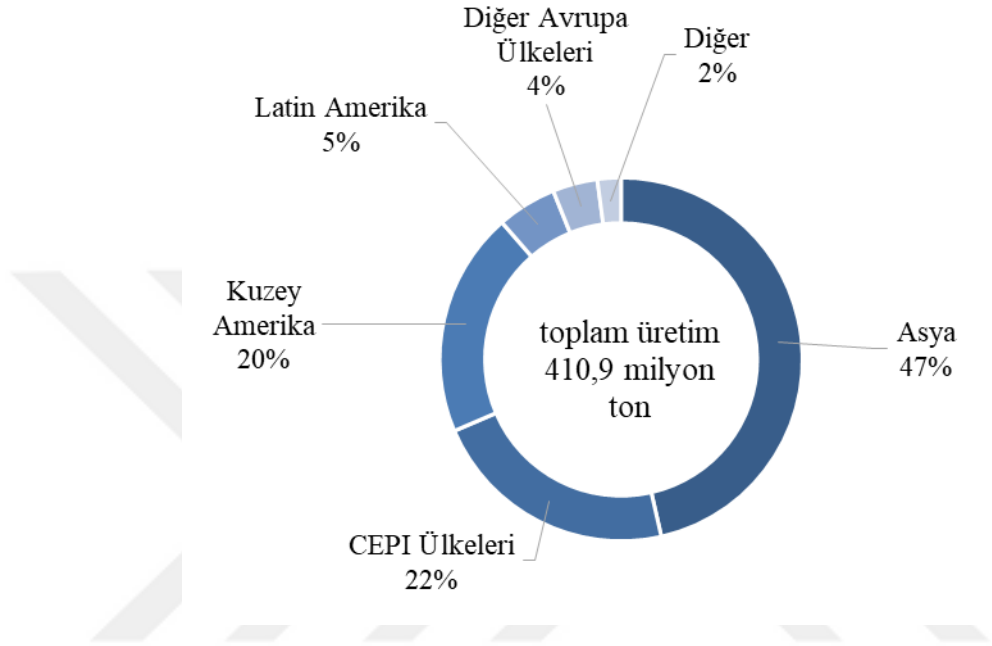
Şekil 1.1: Bölgelere göre toplam kağıt tüketimi (Haggith, 2018).

Kağıt türleri arasındaki dağılıma bakıldığında ise Temizlik kağıtlarının içerisinde bulunduğu hijyenik kağıtların toplam tüketim içindeki payı %8 oranındadır (Şekil 1.2).

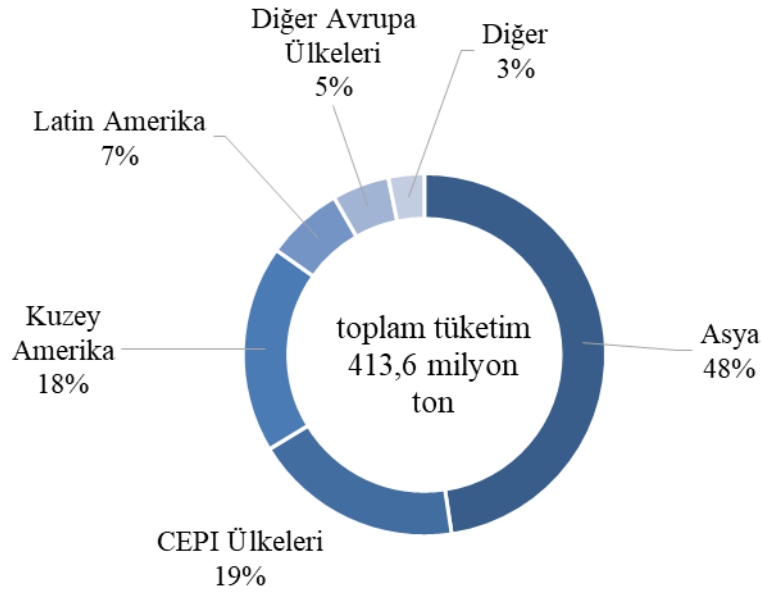


Şekil 1.2: Dünya toplam kağıt tüketimi içerisinde kağıt türleri dağılımı (Haggith,2018).

CEPI (Avrupa Birliği ÷lkeleri) ve RISI 2016 yılı verilerine g÷re Dñnya’da yaklaşık 411 Milyon ton kağıt üretimi ger÷ekleşmiştir. Kağıt tüketimi ise, üretimin üzerinde, yaklaşık 414 Milyon ton olarak ger÷ekleşmiştir. Toplam kağıt sektörü için üretim ve tüketime yön veren Asya kıtası, üretimin %46,4’üne, tüketimin de %47,6’sına sahiptir. Asya’da sektörel, siyasi ve ekonomik olarak yaşanan tüm etken ve değişkenler, kağıt sektörüne doğrudan etki etmektedir (şekil 1.3 ve şekil 1.4).

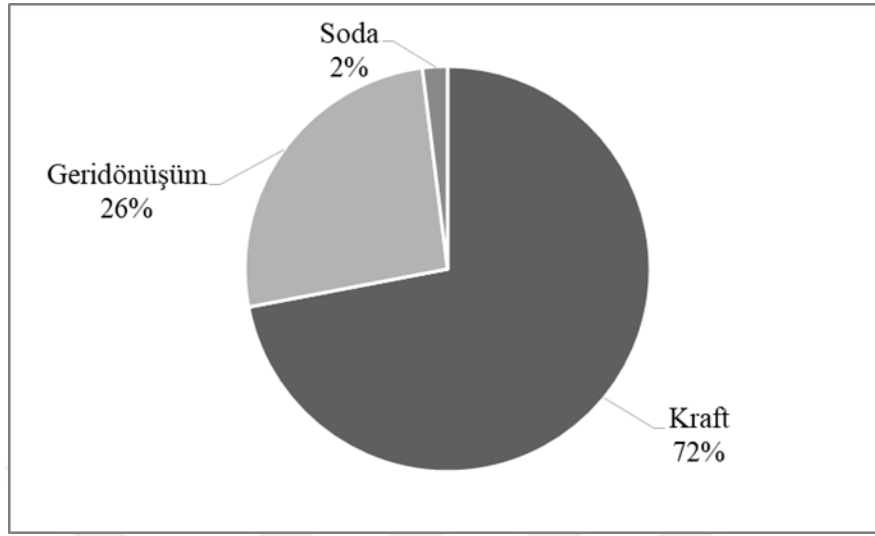


şekil 1.3: Dñnya’da kağıt üretimi bölgesel dağılımı (CEPI,2017).



şekil 1.4: Dñnya’da kağıt tüketimi bölgesel dağılımı (CEPI,2017).

Temizlik kağıtlarında kullanılan hammadde dağılımına bakıldığında ise geridönüşüm elyaf kullanımının %26 oranında olduğu görülmektedir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: Dünya’da temizlik kağıdı üretiminde kullanılan hammadde dağılımı (Janda, 2019).

1.2 Ülkemizde Kağıt Sektörünün Durumu ve Temizlik Kağıdı Üretimi

Türkiye’de Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı 2018 verilerine göre toplam kağıt üretimi kurulu kapasite ve üretim miktarları Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1: 2018 yılı kağıt endüstrisi kurulu kapasite ve üretim miktarları (SKSV Raporu, 2018).

	2018 Kapasite (ton)	2018 Üretim (ton)	KKO (%)
Gazetekağıdı	-	-	-
Yazı-Baskı Kağıdı	308.500	254.400	82%
Sargılık Kağıt	152.500	97.250	64%
Oluklu Mukavva Kâğıtları	2.940.500	2.502.373	85%
Karton	767.500	654.754	85%
Temizlik Kağıdı	987.000	903.199	92%
Sigara, ince ve özel kâğıtlar	15.000	5.000	33%
TOTAL	5.171.000	4.416.976	85%

Verilere göre 2018 yılı itibari ile temizlik kağıdı üretimi toplam kağıt üretiminin % 20,4'ünü oluştururken kurulu kapasitenin %19,1'ni kapsamaktadır. 2018 yılında ise temizlik kağıtları %92'lik KKO ile sektörde başı çekmektedir.

Türkiye'de kağıt endüstrisinin son bir yıl içerisindeki büyüme oranlarına Çizelge 1.2 de baktığımızda ise sektörde toplamda %2,4 olarak gerçekleşen büyüme gerçekleştiği, Temizlik kağıtlarının ise %3,9'luk büyüme ile ikinci sırada olduğu görülmektedir.

Çizelge 1.2: 2017-2018 Türkiye'de kağıt endüstrisi ortalama büyüme oranları (SKSV Raporu, 2018).

	2017 (ton)	2018 (ton)	2017 / 2018 (%)
Gazetekağıdı	-	-	-
Yazı-Baskı Kağıdı	247.000	254.400	3
Sargılık Kağıt	77.750	97.250	25,1
Oluklu Mukavva Kâğıtları	2.514.534	2.502.373	-0,5
Karton	643.342	654.754	1,8
Temizlik Kağıdı	869.197	903.199	3,9
Sigara, ince ve özel kâğıtlar	5.000	5.000	0

Gerçekleşen bu büyüme oranlarının iç pazardaki satış oranlarına Çizelge 1.3'de bakıldığında ise Temizlik kağıdı tüketiminin nüfus artışına rağmen doğrusal olarak arttığı ve son 6 yıl içerisinde %30 artış gösterdiği görülmektedir. Tüketim artışı ile birlikte temizlik kağıtlarından fonksiyonellik ve kalite beklentisi de giderek artmaktadır.

Çizelge 1.3: Yıllara göre Türkiye'de temizlik kağıdı tüketim miktarları (SKSV Raporu, 2018).

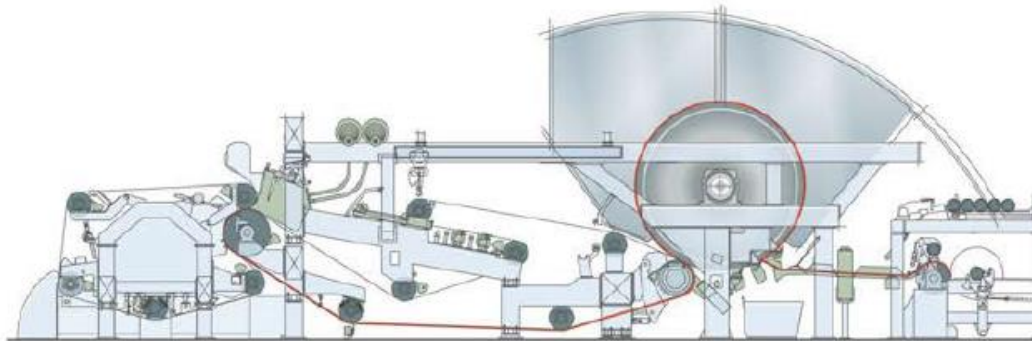
Yıl	Türkiye Nüfusu (kişi)	Temizlik Kağıdı Satış (ton)	Kişi Başı Tüketim (kg)
2012	75.627.384	374.429	5,0
2013	76.667.864	402.222	5,2
2014	77.695.904	438.265	5,6
2015	78.741.053	494.484	6,3
2016	79.814.871	539.566	6,8
2017	80.810.525	560.588	6,9
2018	82.003.882	589.648	7,2

1.3 Temizlik Kağıdı Üretim Prosesi

Temizlik kağıtları diğer kağıt türlerine göre daha hafif kağıtlardır. Gram değerleri 12-50 gr/m² arasındadır. Standart fotokopi kağıdı yaklaşık olarak 80 gr/m² ve karton kağıtları 300 gr/m²'dir. Temizlik kağıdı makinaları diğer kağıt türlerinin makinaları ile karşılaştırıldıklarında 40 m daha kısa proseslerdir. Diğer makinalardan ana farklılığı kurutma kısmı olup tek bir büyük kurutma silindirine sahiptir. Temizlik kağıdı makinaları 1500 m/dk ile 2200 m/dk arasında çalışmaktadır (Boudreau,2013).

Temizlik kağıtları genellikle, kağıt makinesinde üretilen tek kat kağıtların, kağıt makinesinden sonra ayrı bir birimde çok katmanlı olarak birleştirildiği bir üründür. Bunun nedeni düşük ağırlıkta üretilmeleridir (elek grubu üzerinde 12 gr/m² kadar). Başlıca ürün özellikleri yumuşaklık ve pürüzsüzlük, temizlik, yüksek emme kapasitesi ve dayanımdır (Shur ve diğ, 2015).

Temizlik kağıdı üretimi elyaf süspansiyonunun elek ve keçe arasına püskürtülmesi ile başlar ve keçe vasıtası ile Yankee kurutucu silindirine aktarılması ile devam eder (Şekil 1.6). Keçe üzerinde %10-12 kurulukta safiha haline gelen kağıt, pres vasıtası ile yaklaşık 85-90 kN/m basınç uygulanarak Yankee yüzeyine aktarılır. Presde uzaklaştırılan su ile birlikte %40-45 oranında kurutulmuş olan safiha halindeki kağıt, içerisinden buhar ile ısıtılmış silindir yüzeyine transfer edildiğinde hem kurutucu yüzey sıcaklığı hemde Hood denilen davlumbazlardan üflenen sıcak hava ile kurutulur. Kağıt Yankee kurutucu yüzeyinden mal sarıcıya bir bıçak yardımı ile aktarılır. Bu bıçak aynı zamanda kağıdın krepleme denilen elastikiyet özelliğini kazandırmaktadır.



Şekil 1.6: Crescent Former Kağıt Makinası (Metso makine dizaynı).

1.3.1 Hamur hazırlama ve stok hazırlama

Elyaf stok hazırlama sistemlerinin amacı, kağıt makinasının ihtiyaçlarına ve üretilecek kağıdın özelliklerine uygun şekilde, tedarik edilen farklı hammaddeleri modifiye etmektir. Kullanılan işlenmiş hammadde stokları, çeşitli tipteki Kraft selüloz hamurlarının yanı sıra geri kazanılmış kağıt hamurları da olabilmektedir (Holik,2006).

Temizlik kağıtlarında stok hazırlama kısmı %100 kraft selüloz kullanımı ile geri dönüştürülmüş elyaf kullanımında farklılık göstermektedir. Geri dönüşüm tesisi için hammadde atık kağıt olup, tesiste atık kağıt içerisindeki dolgu, mürekkep ve toplama sırasında kağıda karışan yabancı maddelerin elyaftan ayırması ile hamur elde edilmektedir. Tipik bir geri dönüşüm tesisi Şekil 1.7'deki aşamaları kapsamaktadır.

Kraft selülozu kullanımındaki proses geri dönüşüme oran ile daha basit bir sistem olup temel olarak hazır Kraft selüloz tabakalarının pulperde açılması ve rafinörlerde öğütülerek stoklanmasını kapsamaktadır. Stoklanan hamur kullanım amacına göre rafinör sistemlerinden geçirilerek istenen dayanım ve hacim gibi özellikleri kazandırılmaktadır.

Her iki tip hamurun temizlenme ve öğütümleri sonrasında nihai kullanım özelliklerine uygun olarak fonksiyonel kimyasal takviyeleri gerçekleştirilmektedir. Temizlik kağıtlarında kullanılan fonksiyonel kimyasallar

- Boyalar ve optik beyazlatıcılar
- Yumuşatıcılar
- Retansiyon ve drenaj arttırıcı kimyasallar
- Bağlayıcılar
- Kirlilik ve depozit kontrol kimyasalları
- Emicilik arttırıcı katkı kimyasalları
- Yaş ve geçici yaş dayanım kimyasalları
- Kuru dayanım kimyasalları ve nişasta

Selüloz lifleri ve kırıntılar üzerlerinde bulunan hidroksil grupları nedeniyle eksi yüklüdürler (Karademir ve diğ. 2003a; Karademir ve İmamoğlu, 2007). Dolgu maddeleri de genelde negatif yüklüdürler. Bu nedenle bu parçacıklar zıt yüklü, yani

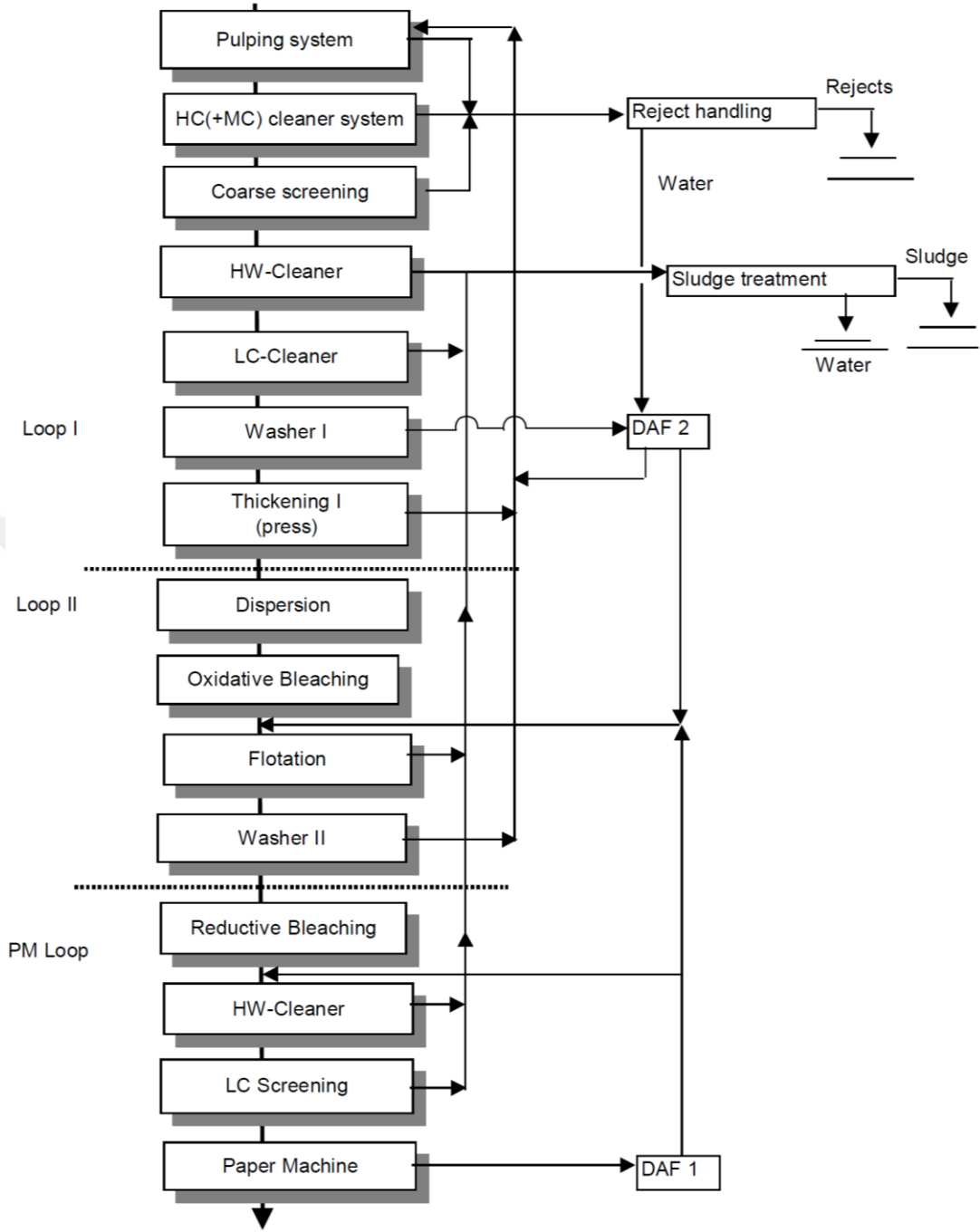
katyonik karakterde inorganic kompleksler veya polimerler ile bir araya toplanabilirler. Genelde küçük gruplar oluşturulması koagülasyon, büyük lif veya kırıntı grupları oluşumu ise flokülasyon olarak ifade edilmektedir (Hakkarainen, 2007). Ancak kullanılacak tutundurucu kimyasalların özelliklerine ve dozajlarına bağlı olarak, drenaj ve formasyon kalitesi etkilenmektedir. Bu açıdan katkı kimyasallarında optimum dozaj miktarının takip edilmesi gerekmektedir (Miyanishi, 1998).

Tozlanmaya neden olan kağıt yüzeyinden lifsel materyalin ayrılmasını kimyasal madde kullanımı ile azaltmak mümkündür. Bu kimyasallar kağıt içerisinde lifsel materyalin kohezyonunu arttıracak katyonik kimyasallardır. Bunlar anyonik özellikteki lifsel materyaller arasındaki itme kuvvetini ortadan kaldırarak birbirlerine bağlanmasını sağlamaktadır (Brouillette ve diğ, 2006).

1.3.1.1 Retansiyon kimyasalları

Bu kimyasallar pigmentlerin (dolgu maddeleri) ve ince parçacıkların liflere adsorpsiyonunu artırır, böylece liflerle tutulurlar. Bu adsorpsiyon, boru hatlarında ortaya çıkan yüksek kesme kuvvetlerine ve modern yüksek hızlı kağıt makinelerinin farklı ekipmanlarının etkilerine dayanabilmelidir. Kağıt yapımının ilk zamanlarında, ortak retansiyon kimyasalı, bileşenler üzerindeki yükleri nötralize eden şap kimyasalına dayalıydı. Daha sonra, PEI (polietilenimin) gibi tekli polimerler, baskın mekanizma olarak tanıtıldı. Tek polimer ve çift polimer sistemlerinde (örneğin, PEI + PAM), PAM (poliakrilamidler) gibi yüksek moleküler ağırlıklı polimerler köprü oluşturmaya neden olur, bu da ana mekanizma olarak kabul edilir.

Bununla birlikte, en son gelişmeler, mikro ve nano parçacık sistemleri (örneğin, PAM/bentonit, PEI/PAM/bentonit, silika jel/PAM), karmaşık bir flokülasyon mekanizmasını takip eder. 1980'lerin başlarında kullanılmaya başlanmasından bu yana, bu sistemler başarıyla uygulanmıştır. Son zamanlarda, organik mikro parçacık sistemleri tanıtılmıştır. Polietilen oksit (PEO) ve fenolik reçine veya polivinilformamid (PVF) kopolimerleri ve polivinglamin (PVAm) bazlı sistemler, ağ flokülasyon mekanizmasına göre veya en azından hidrojen bağı etkileşimleriyle çalışır (Holik,2006).



Şekil 1.7: Geri dönüşüm tesisi akış şeması.

1.3.1.2 Rafinörlerde dövme

Kağıt hamuru dövmesi, optimum kağıt yapımı özelliklerini geliştirmek için kağıt hamuru liflerinin mekanik bir işlemidir. Optimum kağıt özellikleri elbette yapılan ürüne göre değişir. Dövme, liflerin yüzey alanını artırarak ve lifleri birbirlerinin etrafında daha esnek hale getirerek bağlanma kuvvetini artırır, bu da bağlanılan yüzey alanını artırır ve daha yoğun bir tabaka oluşturur (Biermann,1996).

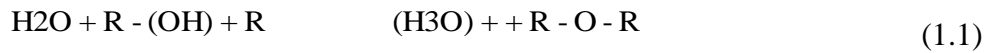
Rafinörler 3 ana başlık altında sınıflandırılmaktadır;

- Hollanderler
- Konik Rafinörler
- Disk Rafinörler

Rafinörde dövme işlemi, kraft hamuru için stok hazırlama sürecinde çok önemlidir. Mekanik ve geri dönüştürülmüş lifler için dövmenin önemi daha düşüktür. Geri dönüştürülmüş liflerin dövülmesi, genellikle mukavemet artışını ve tutunumun sağlanmasını amaçlar (Holik,2006).

Dövme esnasında mekanik etki nedeni ile elyaflar şekilsel değişikliklere uğrarlar. Boyları kısalabilir, daralabilir ve saçaklanabilirler. Bilindiği üzere, her lifin yüzeyinde hidroksil grubu vardır, fakat miktarı azdır. Yüzeydeki grubunun miktarını arttırmak, elyafın bağ dayanımını da arttırmak anlamına gelmektedir. Dövülmemiş hamurdan yapılmış bir kağıdın yüzeyi daha kaba, kalınlığı daha fazla ve sağlamlığı daha düşüktür. Oysa dövülmüş hamurdan yapılan kağıt sağlam, daha yoğun ve ince, sert, birçok kullanma amacı için daha uygundur.

Sağlam bir kağıt yapısının oluşturulması için iyi bir bağlanmanın sağlanması gereklidir. Bunu da sağlayabilmek ancak daha fazla hidroksil (R-OH) grubunun açığa çıkarılmasını gerektirmektedir. Kağıt üretiminde liflerin mevcut yapısını yıkmak ve daha fazla hidroksil grubu açığa çıkarmak için dövme uygulanır. Hidroksil grubu kırılır, su molekülü bir hidrojen daha alarak Hidronyum'a döner ve oksijen bir bağ daha yapabilir.



Dövme lifleri birçok yönden etkiler, en önemli etkileri şöyledir (Lumiainen, J. 2000);

- Liflerin kesilmesi ve kısaltılması
- Fine (kırıntı) oluşumu ve hücre çeperinin parçalanması
- İç fibrilasyon
- Hücre çeperinin iç yapısındaki değişimler, delaminasyon, şişme ve ibrillenme
- Elyafın kıvrılması
- Hücre duvarında düğümler, bükülmeler, kayma düzlemleri, mikro sıkıştırmalar oluşturma,
- Kolloidal malzemenin çözülmesi
- Hemiselülozların liflerin içinden dışa doğru yeniden dağıtılması

• Daha jelatinli bir yüzey üretmek için moleküler seviyede yüzeyin aşınması
Yukarıdaki etkilerin bir sonucu olarak, dövme işleminden sonra lifler düzleştirilir ve daha esnek hale getirilir, bağlanma yüzey alanı artar. Ölçülebilir lif ve tabaka özellikleri, kimyasal hamurları kullanırken şu şekilde görülebilir:

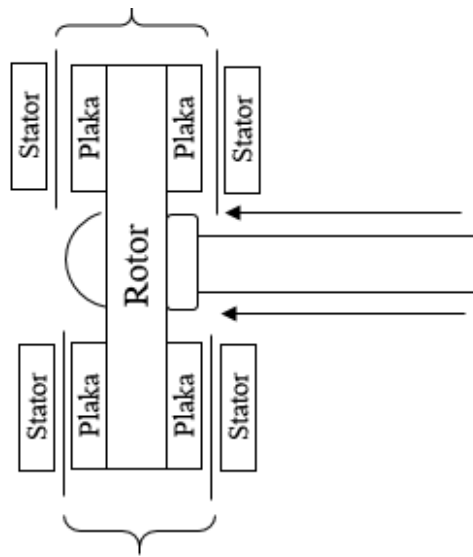
- Drenaj direnci (su uzaklaştırma direnci) artar,
- Çekme dayanımı, patlama dayanımı, iç bağlama dayanımı ve kırılma dayanımı artar,
- Yumuşak odun liflerinin yırtılma mukavemeti ilk başta hafifçe iyileşebilir, ancak daha sonra azalır, bununla birlikte sert odun liflerinde bu değer ilk önce önemli ölçüde artar ancak uzun süre dövülmesi ile azalır,
- Hava geçirgenliği, kütle, emicilik, opaklık ve ışık saçılımı azalır,
- Parlaklık hafifçe azalır.

Disk Rafinörler

3 tip disk rafinör tipi mevcuttur,

- Single (tek) disk (Yüksek kesafetle çalışan makinelerde kullanılır)
- Double (çift) disk (En çok kullanılan düşük kesafetli rafinör tipidir)
- Multi disk (Genellikle mekanik hamur ile çalışan makinelerde kullanılır)

Double disk rafinörler (Şekil 1.8) monoflo ve duoflo olmak üzere ikiye ayrılırlar. Monoflo rafinörler daha düşük kapasiteli proseslerde, duoflo ise orta ve yüksek kapasiteli proseslerde kullanılır (Kimberly Clark,1997).



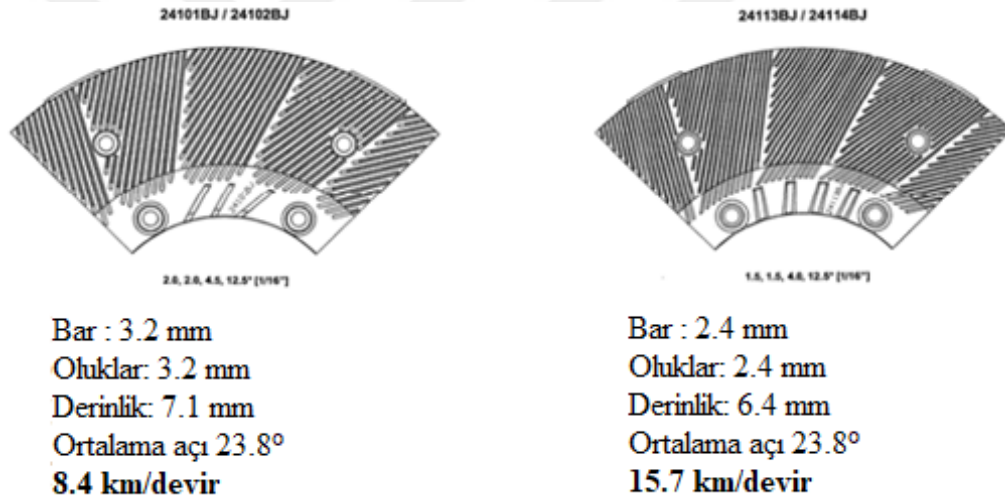
Şekil 1.8: Çift diskli rafinör şeması (Kimberly Clark,1997).

Rafinörlerde elyaflar stator ve rotorun barları arasından geçiş yaparlar. Dövmeyi etkileyen parametreler;

- Bıçakların geometrisi ve malzemesi
- Net dövme enerjisi
- Spesifik yük (SEC)

Rotor ve statordaki barların arasındaki açı (kesme açısı), bar genişliği ve bar kenar keskinliği dövmedeki ana parametrelerdir (Holik,2006).

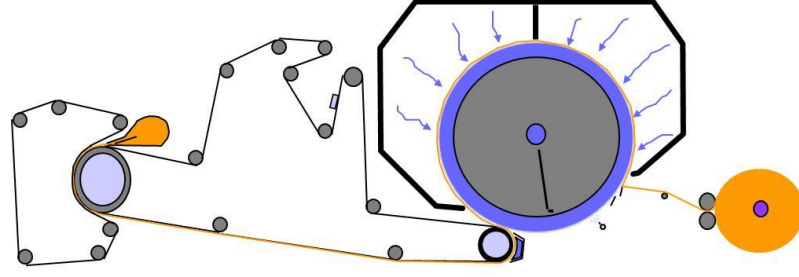
Bıçak seçerken dikkat edilmesi gereken en önemli parametre öğütüm yapılacak hammaddenin cinsidir. İyi bir dövme elde edebilmek ve elyafları kesmemek için, elyafların kalınlığı ve uzunluğu arttıkça, bıçak diş kalınlıklarının ve oluk genişliklerinin artması gerekmektedir. Bıçak üzerinde daha dar ve daha çok bar olması ile saçaklanma artırılabilir, dolayısı ile elyaflar arası bağlanma kabiliyeti artarak daha fazla mukavemet elde etmek mümkün olur (Şekil 1.9).



Şekil 1.9: Kalın ve ince bar disk rafinör bıçak örnek şemaları.

1.3.2 Elek ve keçe grubu

Temizlik kağıdı makinaları formasyon tiplerine göre farklılık göstermektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan makinalar Crescent Former olarak adlandırılan makinalardır. Bu makinalar 1960'larda geliştirilmiş olmasına rağmen 1980'lerin sonuna kadar patentleri korunmuştur. Bu formasyon tipinde hamur elek ve keçe arasına püskürtülmektedir (Şekil 1.10). Hamurun su bırakması aynı anda elek ve keçe ile teması ile hızlandırılmış ve makine verimlikleri artırılmıştır.



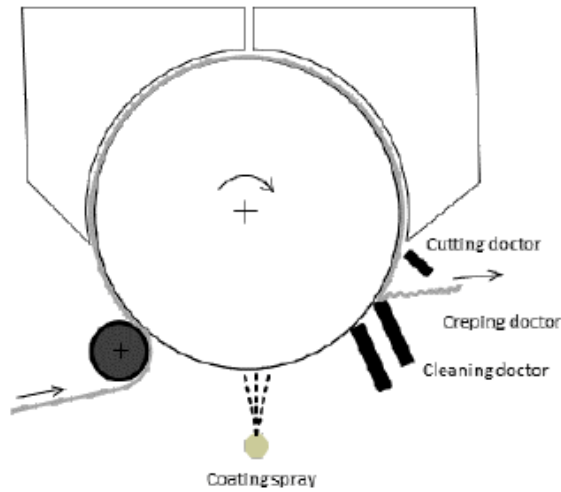
Şekil 1.10: Crescent Former temizlik kağıdı makinası (Buckman,1996).

1.3.3 Presleme ve kurutma

Temizlik kağıdı makinalarının kalbi kağıdın kuruluğunun %40'dan, %95-98'e çıkarıldığı Yankee kurutma sistemidir. Kağıt Yankee yüzeyine 2-4 mPa baskı ile tek ya da 2 adet pres valsi ile aktarılır (Kullender, 2012).

Temizlik kağıdı, Yankee yüzeyine yaklaşık 100 °C sıcaklıkta iken aktarılır. Yankee üzerinde bulunan davlumbazlar sıcak havayı kağıdın üzerine üfler ve kağıt, Yankee çevresinin $\frac{3}{4}$ 'ünü kat ettiğinde kurumuş olur. Krep bıçakları ile kurutucu yüzeyden sıyrılır. Mal sarıcı ile Yankee hızı arasındaki fark, krep bıçağında kağıdın birikmesine ve kağıdın elastikiyet kazanmasına neden olur. Hız farkı ne kadar fazla olur ise kağıdın elastikiyeti artar (Boudreau,2013).

Kağıdın sıcak olan Yankee yüzeyinden kolay ayrılması için yüzeye transfer öncesi kaplama kimyasalları uygulanır. (Şekil 1.11) Bu kimyasalların yapıları ve kreplemede kullanılan bıçakların geometrileri krepleme ve kağıt fiziksel özelliklerine doğrudan etki eder.



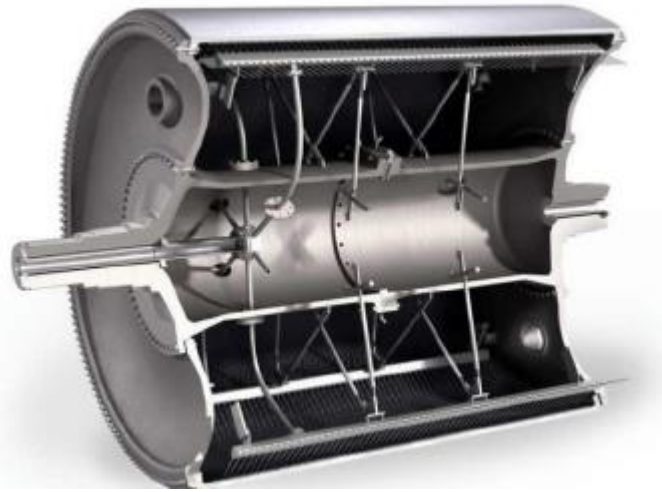
Şekil 1.11: Yankee krepleme (Boudreau,2013).

1.3.3.1 Yankee kurutucu

Yankee kurutucuları 8,2 m genişliğinde, 3,6 m – 5,5 m çap aralığında, hatta özel durumlarda 6,3 m çapa kadar olabilmektedir. Silindirin içi genellikle maksimum kuruma oranları için yivlidir. Kurutma hızı türbülans dağıtıcılar ile daha da geliştirilmiştir. Kondensin silindir içersinden alımı, küçük borular yardımı ile yivlerin arasından sifonlama sistemi ile genişlik boyunca gerçekleştirilir (Gavelin ve diğ,1999).

Silindir içersine gönderilen kızgın buhar ile ısıtma işlemi gerçekleştirilir. Buhar merkezi bir shaftın içinden geçerek üzerinde yer alan nozzle sistemlerinden silindir içersine gönderilir. Buhar basıncı yaklaşık olarak 1000 kPa'dır (Boudreau,2013).

Enerjisini bırakan buhar kondense dönüşür. Silindir içersinde toplanan kondens ince borular yardımı ile toplanır ve separatöre gönderilir (Şekil 1.12). Separatörde buhar ve kondens ayrılır. Kondens yeniden buhar kazanına gönderilir iken çürük buhar tekrar döngüye dahil edilerek Yankee içersine kızgın buhara karıştırılarak tekrar kullanılır.



Şekil 1.12: Yankee (Boudreau,2013).

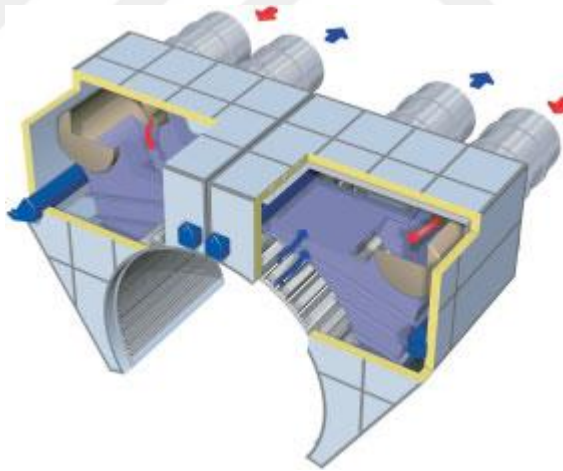
Yankee silindirleri dökme demir olup yüzey pürüzlülüğü (Ra) 0,3 µm-0,4 µm arasındadır (Boudreau,2013).

Yolunma ve tozlanma, kağıt yüzeyindeki liflerin (ya da partiküllerin) kurutma silindirleri gibi temasta olduğu yüzeyler arasındaki adezyonunun, bu materyallerin kağıdı oluşturan bileşenlerle olan kohezyondan daha yüksek olması durumunda oluşmaktadır. Bununla birlikte, kağıt yüzeyinde kısmen tutunmuş ve maruz kaldığı

kuvvetle ayrılan fraksiyon hem tüylenmeye hem de tozlanmaya neden olmaktadır (Brouillette ve diğ, 2006).

1.3.3.2 Yankee davlumbaz

Kurutucu davlumbazı, kurutma silindirini yaklaşık 220 ila 260 ° arasında kaplar ve her ikisi de hareket edebilen iki parçadan oluşur. Üfleme plakası silindire eş merkezlidir ve egzoz açıklıkları da içerir. Üfleme deliklerinin çapı, üfleme noktası ile kurutma silindiri arasındaki boşluğa bağlı olarak yaklaşık 5 ila 7 mm'dir. Üfleme deliklerinin çapının aradaki boşluğa oranı, minimum fan enerji tüketimi ve maksimum kuruma oranı bakımından optimize edilmektedir. Minimum hızı sağlama için bu açıklık yaklaşık 20 mm ile sınırlıdır. 700 ° C'ye kadar hava sıcaklıkları ve 160 m s – 1'e kadar hava üfleme hızları kullanılır. Makine eni nem profili kontrolü için üfleme başlık genişliğine göre birkaç bölüme ayrılmıştır (Şekil 1.13). Davlumbaz yalıtılmıştır. Tasarımı, ısıtıldığında büyük sıcaklık farklılıklarını hesaba katmak zorundadır (Holik,2006).

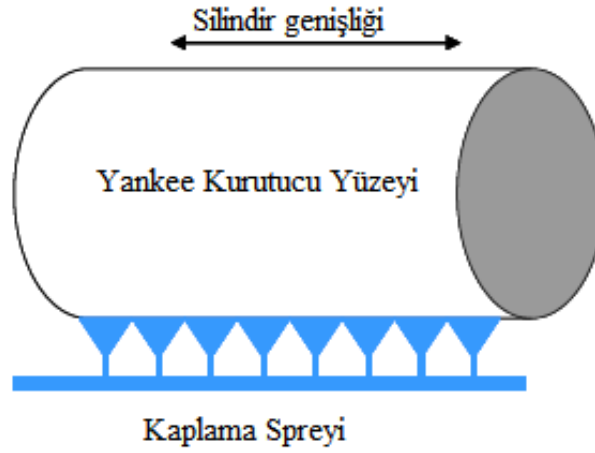


Şekil 1.13: Kurutma davlumbazı (Holik,2006).

1.3.3.3 Kaplama kimyasalları uygulama sistemi

Kaplama kimyasalları kağıt safihanın kurutucu silindir arasındaki yapışmayı kontrol altında tutmak için kullanılmaktadır. Ayrıca kaplama kimyasalları kurutucu silindir yüzeyini korozyon ve krep bıçağının etkilerine karşı da korumaktadır. Kimyasallar silindirin altına, pres öncesinde yerleştirilmiş spreyci bir uygulama ile kullanılmaktadır. Yankee silindir genişliği boyunca kimyasal yüzeye tek noktadan

verilmektedir (Şekil 1.14). Kimyasalların yüzeyi tam olarak kaplamaları için osilasyon ile sprey sistemi çalıştırılmaktadır (Boudreau,2013).



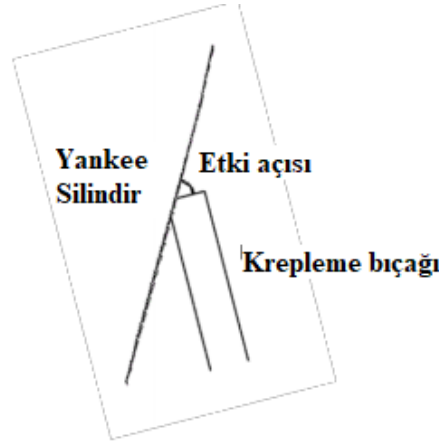
Şekil 1.14: Kaplama kimyasalları uygulaması (Boudreau,2013).

1.3.3.4 Krepleme, Kesme ve Temizleme Bıçakları

Krepleme bıçağı, kağıdı Yankee yüzeyinden ayırıp elastikiyet kazanmasına yardımcı olur iken temizleme bıçağı Yankee yüzeyine kaplanan kimyasalların fazlasını sıyırmak ve yüzeyde kalan kirliliği temizleme görevindedir. Kesme bıçağı ise krepleme bıçağı değişimlerinde kağıdı mal sarıcıdan ayırmak için kullanılmaktadır. Bıçaklar Yankee üzerine sıralanmış şekildedir (Şekil 1.11).

Krepleme tekniğine göre kullanılan bıçak açıları farklılık göstermektedir. Krepleme bıçağı için 75-90° açı kullanılır iken, temizleme ve kesme bıçaklarında ise genellikle 90° açı kullanılmaktadır. Kullanılan bıçak açıları ve krep bıçağı hamilinin Yankee üzerindeki konumu krepleme geometrisini ve krep kalitesini doğrudan belirlemektedir. Aynı zamanda bıçak ile kağıdın yüzeyden sıyırılması işlemi tozlanmaya neden olabilmektedir. Kağıdın krepleme bıçağına karşı etkisi, içindeki elyaf-elyaf bağlarının bir kısmını yırtıp, elyafların ayrılmasına neden olabilir (Sheridan ve diğ,2005).

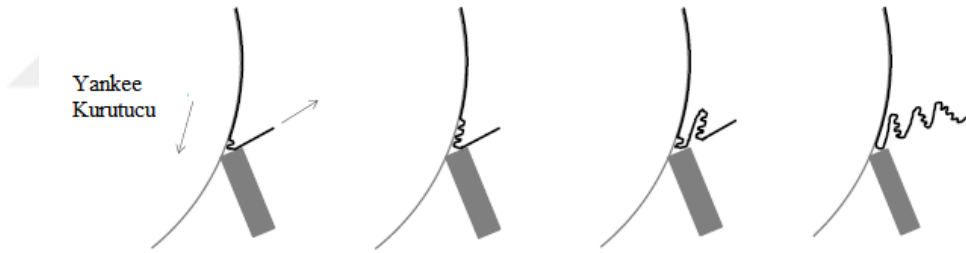
Bıçak, silindire karşı belirli bir açıda tutulur. Bıçağın üst yüzeyi farklı açılarda taşlanabilir. Bıçağın üst yüzeyi ile silindir yüzeyi arasındaki açıya etki açısı veya darbe açısı denir (Şekil 1.15). Bu açı, kağıttaki krepler arasındaki mesafeyi ve dolayısıyla kağıt yüzeyinin pürüzsüzlüğünü etkiler (Gavelin ve diğ,1999).



Şekil 1.15: Krepleme bıçağı yerleşimi.

1.3.4 Krepleme Teknolojisi

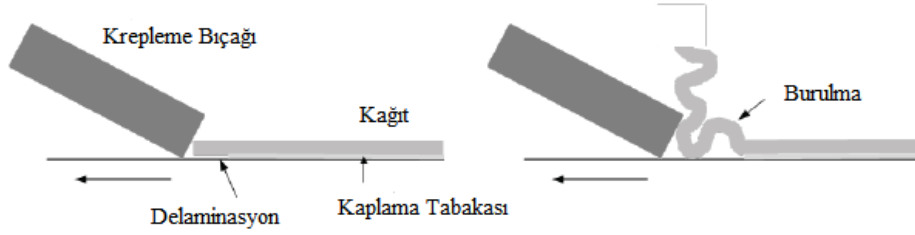
Krepleme bıçağı kağıdı Yankee yüzeyinden kazıdığı anda raspadaki enerji kağıdın kırılmasına neden olur ve oluşturulan fiziksel yapıyı bozar. Mikroelyaflar, krepleme bıçağı üzerinde düşerek üst üste istiflenir (Şekil 1.16). Mikroelyaf yığını yeterince büyüdüğünde, makro elyaf katına dönüşür. Bu şekilde süreç tekrarlar.



Şekil 1.16: Krepleme işlemi.

Bıçak, Yankee yüzeyine temas ettiğinde kağıt ile silindir arasında bir gerilme meydana gelir. Kağıdın krepleme bıçağına en yakın kısmı silindirden ayrılır ve bükülmeye başlar (Şekil 1.17). Bükülen kısım, bıçak ucunda birikerek hareket eder. Bu işlem yapılmamış kısım tekrar bıçakla temas edene kadar sürer ve bu aralıkta yeni gerilmeler meydana gelir (Chen, 2011).

Filmlerin delaminasyon ve bükülmeleri de Evans ve Hutchinson (1984) tarafından incelenmiştir. Yaptıkları çalışmada, filmin kalınlığının delamine edilen alanın çevresinde geliştirilen stres yoğunluğunu etkilediği gösterilmiştir (Boudreau,2013).



Şekil 1.17: Krepleme işlemi.

1.4 Temizlik Kağıdı Konfeksiyon İşlemleri

Temizlik kağıtlarının büyük bobinler halinde üretimi sonrasında kağıdın fonksiyon özelliklerine göre nihai ürüne dönüştürme işlemleri konfeksiyon kısmında gerçekleştirilmektedir. Konfeksiyon işlemleri rulolu ürünler (tuvalet kağıtları, havlular) ve katlamalı ürünler (peçete, mendil, vb) olarak iki farklı makine türlerinde dönüştürülmektedir.

Dönüştürme esnasında kağıdın fiziksel özellikleri kadar tozlanma da önemli rol oynamaktadır. Dönüştürme işleminin temizlik kağıdı ürünlerinin nihai nitelikleri üzerinde büyük bir etkisi vardır. Dönüştürme sırasında, büyük bobin üzerinde dört ana işlem gerçekleştirilir:

- Kabartma/Gofraj
- Baskı
- Kesim
- Katlama veya sarma

Kesme ve katlama /sarma, nihai temizlik kağıdı ürünlerinin formatını belirlemek için kullanılan özelliklerdir. Örnek olarak; rulo başına yaprak, rulo uzunluğu, rulo boyutları, kesim boyutu, paket yaprak sayısı, katlama türü (Z-katlama, C-katlama) vb. Kabartma/Gofraj, dönüştürme işleminin temizlik kağıdı özelliklerini değiştirme açısından en önemli unsurdur. Kabartma/Gofraj, kağıda son bir desenin uygulandığı işlemdir. Temizlik kağıdının emiciliğini, mukavemetini ve görünüşünü artırabilir ve genellikle mutfak havlusu gibi ürünlere bu özellikleri kazandırmak için kullanılır (WRAP,2005).

Tipik bir rulolu ürün dönüştürme hattı sırası ile alttaki işlemlerden oluşmaktadır.

- Gofraj

- Baskı
- Perforasyon
- Sarma ve uç yapıştırma
- Kesme
- Paketleme

1.4.1 Gofraj

Rulolu ürünler havlu, tuvalet kağıdı gibi temizlik amaçlı kullanılan ve emicilik, su tutma, dayanıklılık özellikleri ile ön plana çıkan ürünler olup tüm özellikleri kazanmaları için baz kağıda kağıt makinasında kazandırılan fiziksel özelliklere ek olarak kabartma işlemi uygulanmaktadır. Yapılan bu işleme teknik terim olarak “embossing” denilir iken gofraj olarak adlandırılmaktadır. Gofraj tüm kağıt yüzey alanı boyunca ya da bazı ürünlerde sadece kenar gofrajı olarak uygulanmaktadır. Gofrajın tipi, yapısı ve uygulanma şekli kağıdın hem görsel özelliklerini hem de yumuşaklık gibi fiziksel özelliklerini iyileştirmekte fakat uygulanan baskı esnasında tozlanma sorununu da tetikleyici etki yapmaktadır.

Gofraj 3 farklı yöntemde uygulanmaktadır

- Geleneksel gofraj: İki farklı bobin ile makinarya beslenen kağıtlar üst üste bindirilerek aynı anda gofraj ünitesine girmektedir. Kağıtlar çelik ya da bir çelik bir kauçuk olan 2 vals arasından geçmektedir. Bu gofraj tekniği 1980’lerin başından beri kullanılmakta olup, yaygın olarak havlu üretimlerinde kullanılmaktadır.
- Noktadan noktaya gofraj: Her bir kat ayrı ayrı gofraj ünitesine girer ve daha sonra birleştirilir. Bu yöntem ile kağıdın hacmi, kabarması geleneksel yöntemle göre iki kat artırılabilir. Daha emici ve su tutma performansı yüksek olması beklenen havlu tiplerinin üretiminde kullanılmaktadır.
- Uçtan uca gofraj: Bu yöntemde de her bir kağıt katı ayrı ayrı kabartılmaktadır. Gofraj valslerinin daha sert bir yüzeye basılması ile kabartma gerçekleştirilmektedir, bu da kağıt katları arasının biçimlenmesine, su absorblama özelliğinin de bu sayede iyileşmesine neden olmaktadır.

Kağıdın hacim kazanması geleneksel yönteme göre 2,5 kat daha fazla olmaktadır.

1.4.2 Baskı

Baskı konfeksiyon makinasının gofraj ünitesi sonrasında yer almaktadır. Çeşitli desen ve tasarımların klişeler ile kağıt yüzeyine aktarılması işlemidir. Baskı rengi yeni makinalarda 6 renge kadar mümkün olabilmektedir. Temiz bir baskı kalitesi için baskı valslerinin tozlanmadan etkilenmemesi önemlidir. Sık sık toz kaynaklı valsler üzerinde oluşacak birikmeler hem baskı kalitesini bozmakta hem de temizlenme gerekliliklerinden dolayı makine çalışmasını aksatmaktadır.

1.4.3 Perforasyon

Perforasyon havlu ve tuvalet kağıtlarının yaprak ölçülerinin sınırlandırıldığı ve kullanım noktasında, kağıdın rulodan kolay ayrılmasının sağlandığı işlemidir. Perforasyon gofraj ve baskı üniteleri sonrasında, ürün sarıma girmeden önce perforasyon bıçakları ile yapılmaktadır. Perforasyon bıçaklarının keskinliği rulo kesim kalitesini doğrudan etkilemektedir. Tozlanma bu noktada bıçakların hem körelmesine hem de kesim esnasında bıçaklarda birikme oluşması ile çapaklı bir kesim yüzeyi oluşmasına neden olmaktadır.

1.4.4 Sarma ve Uç Yapıştırma

Kağıdın gofraj, baskı ve perforasyon işlemlerinin tamamlanması sonrasında mihver olarak adlandırılan kağıt rulolar üzerine sarımı gerçekleştirilir. Log olarak adlandırılan ve yaygın olarak 275 cm uzunlukta bulunan sarılmış ürün, ebatlama kısmına geçerek paketlenme ünitesine hazır haline getirilir.

Sarma işleminde metraj öncelik olarak alınır ve bir rulo üründe önceden belirlenen spekt değerlerine uygun sarım yapılır. Sarımın en ucu, rulonun paketlemeye taşınması sırasında açılmaması ve kullanım alanına kadar kağıdın dağılmamasını önlemek amacı ile uç tutkallama ile yapıştırılır. Uç tutkallama kısmına kadar gelecek olan tozlanma, tutkallama esnasında baskı ünitesindeki benzer sorunlara neden olabilmektedir.

1.4.5 Kesme

Sarımı gerekleŒen ürün kesme iŒleminde paket ölçülerine uygun olarak ebatlanır. Rulolu ürünlerde 10-60 cm aralığında ölçülendirme yapılmaktadır.

1.4.6 Paketleme

Konfeksiyon makinasının son zinciri olup, kesimi ve bantlaması tamamlanan ürün satıŒ noktasına hazır olarak paketlenir. Toz sorunu olan ürünler paket içerisine taŒınmakta ve kağıdın nihai kullanıcısına kadar ulaŒabilmektedir.

1.5 Tezin Amacı

alıŒma, temizlik kağıdının üretim ve kullanım sahası içerisinde oluŒan tozlanmayı azaltarak kullanım noktasında yaŒam standardını yükseltmeyi” hedeflenmiŒtir. alıŒma “rn/süreç” yeniliğine yönelik alıŒmaları kapsamakta olup benzer projelerin henüz ülkemizde gerekleŒtirilmediėi saptanmıŒtır. Proje ıktılarının mevcut ürünlerde (peçete ve tuvalet kağıdı) toz oranını en az %50 azaltılması hedeflenmiŒtir. Bununla birlikte, tozun oluŒturacaėı bakım/onarım duruŒlarının da azaltılması hedeflenmiŒtir. Ayrıca, tozlanmayı sayısallaŒtırarak kontrol altına alma amacı alıŒmanın bir diğer zgn özelliğidir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

İşletmede hamur hazırlama prosesi atık kağıt işleme ve kraft selülozu işleme olarak iki farklı tesiste gerçekleşmektedir.

Çalışma kapsamında %100 ağartılmış kraft hamuru ve farklı oranlarda mürekkebi giderilmiş atık ofis kağıtlarının karışımlarını içeren tuvalet kağıtları üzerinde çalışmalar yürütülmüştür. Kağıt yüzeyinde meydana gelen tozlanma problemi kağıt içerisinde meydana gelen lif ve kırıntı materyaller arasında bağlanmanın kontrolü ve geliştirilmesiyle azaltılmaya çalışılmıştır.

Çalışma altta belirtilen iki farklı tip hammadde girdisine sahip kağıtların üretiminde gerçekleştirilmiştir. Ürün A ve Ürün B aynı hammadde ile üretimleri yapılan farklı gram değerlerine sahip ürünlerdir.

- ÜRÜN A : %100 kraft hamuru ile üretilen tuvalet kağıtları (%40 Uzun selüloz, %60 kısa selüloz, 17 gr/m²)
- ÜRÜN B : %100 kraft hamuru ile üretilen tuvalet kağıtları (%40 Uzun selüloz, %60 kısa selüloz, 22 gr/m²)
- ÜRÜN C : %50 kraft hamuru ve %50 mürekkebi giderilmiş ofis kağıtlarından üretilmiş tuvalet kağıdı

2.1.1 Atık kağıt

Atık kağıdın geri dönüşümü sonucunda elde edilen ikincil lifler, son zamanlarda kağıt endüstrisi için önemli bir hammadde kaynağı olarak kabul edilmiştir. Bu lifler, kağıt ve karton endüstrisi için düşük maliyetli bir hammadde haline gelmiştir ve bu şekilde üretilen kağıt ton başına daha az su ve enerji gerektirdiğinden ormansızlaşma ve çevre kirliliğinin önlenmesi konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir (A.Karademir ve diğ, 2018).

Çalışmada kullanılmış yazı baskı kağıtları, kitaplar, gazeteler, dergiler, basım evi ıskartaları atık kağıt hamurunun temelini oluşturmaktadır.

Genel olarak toplanan atık kağıtların ortak bir sınıflandırması mevcut değildir. 2001 yılında Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN) tarafından Avrupa için EN 643 olarak bir Avrupa Standardı oluşturulmuştur (DIN EN 643).

Toplanan tüm kağıt atıkları alttaki beş gruba ayrılır (Blechscmidt ve diğ.,2012);

- Normal kalite sınıf
- Orta kalite sınıfı
- Yüksek kalite sınıfı
- Kraft kalite sınıfı
- Özel kalite sınıfı

İşletmenin atık kağıt işleme prosesinde spekt olarak 5 farklı sınıf atık kağıt kullanılmaktadır. Bu sınıflar içeriklerine göre kendi içersinde değişkenlik göstermekte olup spekt kaliteleri alttaki gibidir ;

- 3G Kraft kalite sınıfı
- 4G Düşük kalite sınıfı (min %30 1.hamur)
- 5G Yüksek kalite sınıfı (min %70 1.hamur)
- 7G Gazete kağıdı sınıfı
- 8G Süper kalite sınıfı (min %100 1.hamur)

İçeriklerine göre sınıflandırmanın amacı her bir belirtilen kağıt cinsinin ihtiva ettiği dolgu yapışkan (kitap sırtları) ve yüzey işlemlerinden kaynaklı kül ve yabancı madde içeriklerinin değişkenlik göstermesidir. Temizlik kağıdı üretiminde ürünün kullanım amacına uygun şekilde yumuşak olması için dolgudan, kağıt makinasın çalışma verimliliğini etkilememesi için yapışkan ve kirliliklerden, renk özelliği sebebi ile de mürekkepten arındırılması gereklidir. Tüm bu proses geri dönüşüm tesisini oluşturmaktadır. Geri dönüşüm prosesinin verimliliğinin yüksek olması amacı ile de temizlik kağıtlarında atık kağıt spektleri yüksek kaliteli kağıtlara göre hazırlanmaktadır.

Atık kağıt geri dönüşüm tesisi akış şeması Şekil 1.7’de gösterilmektedir. Bu proje için 5G olarak adlandırılan 1. Sınıf atık kağıtlardan elde edilen hamur kullanılmıştır.

2.1.2 Kraft Selülozu

Elyaf cinslerine göre laboratuvar ortamında 25 ± 2 °C sıcaklıkta PFI Mill öğütüm ekipmanında 13 SR açılmaları sonucundaki elyaf özellikleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1: Elyaf tiplerine göre selüloz özellikleri.

	Okalıptus	Kısa	Uzun
Elyaf Boyu (mm)	0,729	0,914	2,057
Elyaf Genişliği (μm)	19,1	20,6	29,3
Kırıntı Elyaf Oranı (%)	8,6%	8,6%	5,8%
Coarseness ($\mu\text{g/m}$)	8,12	13,9	22,9

2.2 Metod

Temizlik kağıdı üretiminde ortaya çıkan tozlanmanın yaratacağı problemlerin engellenmesi yangın riskinin azaltılması yanında, çalışma ortamının daha güvenilir ve kapalı ortam temizleme maliyetlerinin azalmasına neden olmaktadır. Toz oluşumunu önlemek için safiha destek ünitelerinde temas yerine hava sistemli nozullarla sağlanması önemli avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca tozun oluştuğu noktalara vakumlu toz toplama sistemlerinin kurulması hem ürün hem de ortam tozlanmasını azaltmaktadır (Williamson,2015).

Bu amaçla çalışmada iki farklı alternatif üzerinden hareket edilerek tozlanmanın azaltılması hedeflenmiştir. Mekanik işlemler ve farklı kimyasallar kullanılarak toz oluşumuna neden olan partiküllerin azaltılmasına odaklanılmıştır.

Çalışma esnasında mevcut durumun analizlenmesinin ardından mekanik ve kimyasal işlemlerin tozlanma üzerine etkileri sırası ile incelenmiştir (Şekil 2.1). Fabrika’da iki adet hamur hazırlama tesisi mevcut olup %100 kraft hamuru hazırlama tesisi ile atık kağıt işleme tesisi birbirinden proses olarak ayrıdır. Mekanik işlemler kısmında Kraft hamuru işleme prosesinde mevcut bulunan iki adet disk rafinör bıçaklarının dizaynlarının değişimine odaklanılarak bıçak kesme açıları ve bıçak geometrileri değiştirilerek, selülozun öğütümünden kaynaklı tozlanmanın takip edilmesi hedeflenmiştir.

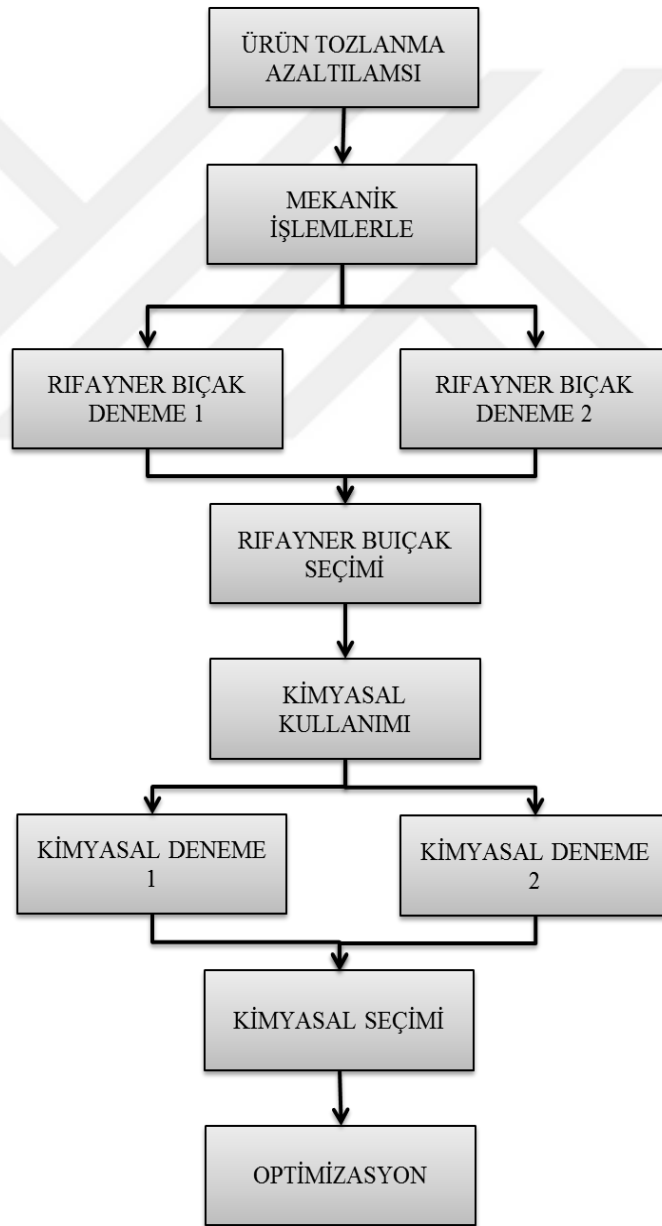
2.2.1 Mekanik işlemler

Rafinör kullanılarak liflerin bağ yapabilme yeteneğinin artırılması kağıt üretim öncesi yapılması zorunlu bir işlemdir. Mevcut uygulamada farklı ürünler için

standartlaştırılmış dövme işlemlerinin sorgulandığı bu çalışmada disk rafinörlerin lifler üzerinde etkisi ve bağlantılı olarak kağıtta meydana gelen tozlanma ve tozlanmayla sonuçlanan yolunma miktarları incelenmiştir.

2.2.1.1 Disk rafinör bıçak dizaynının belirlenmesi

Farklı geometriye sahip bıçaklar kullanılarak dövme performansının maksimuma çıkarılması amaçlanmıştır. Çalışmaya hazırlık aşamasında rafinör bıçak üreticisi 2 farklı firma ile görüşülmüş özellikle saçaklanmayı arttırıcı ve ton başına enerji tüketimini azaltıcı bıçak dizaynlarının bu kapsamda denenmesinin uygun olacağı kararlaştırılmıştır.



Şekil 2.1: Metod akışı.

Mevcutta kullanılan rafinör plakalarının bıçak genişliği 3.18 mm, bıçak derinliği 3.96 mm, bıçaklar arası mesafe 6.35 mm, bıçak açısı 15 derece olup bir devirde kesilen bıçak uzunluğu 7.61 km'dir (Çizelge 2.2). Çalışma kapsamında tedarik edilen rafinör bıçakları ise iki ve üç bölgeye olup bıçak dizaynları Çizelge 2.3'de verilmiştir. Yeni bıçaklarda, bıçak açısı 25 derece olup bir devirde kesilen bıçak uzunluğunun 11,00 ve 15,20 km'ye yükseltilmesi amaçlanmıştır.

Çizelge 2.2: Projede kullanılan 1. bıçak dizaynına ait özellikleri (mevcut bıçak).

Dizayn 1 Birinci Bölge	
Bıçak Genişliği(mm)	3,17
Bıçaklar Arası Mesafe(mm)	6,35
Bıçak Derinliği(mm)	3,92

Çizelge 2.3: Projede kullanılan 2. ve 3. disk rafinör bıçak dizaynları.

	Dizayn 2 Birinci Bölge	Dizayn 2 İkinci Bölge	Dizayn 3 Birinci Bölge	Dizayn 3 İkinci Bölge	Dizayn3 İkinci Bölge
Bıçak Genişliği(mm)	2,41	2,41	1,65	1,65	1,65
Bıçaklar Arası Mesafe(mm)	3,07/3,53	3,53/4,06	2,84/3,25	3,07/3,53	3,30/3,81
Bıçak Derinliği(mm)	9,65/8,38	9,65/8,38	6,6/8,12	6,6/8,12	6,6/8,12

Çizelge 2.3'de görüldüğü üzere mevcut plaka dizaynı fibrillenmeyi baskın tutacak şekilde bir bıçak genişliğine sahip olmasına rağmen çalışma kapsamında kullanılan bıçak genişliğinin daha az olduğu görülmektedir. Ancak yeni bıçak dizaynlarında liflendirme bıçak yüzeyi 2 ve 3 bölgeye ayrılarak lifler üzerine yapılan etkinin yavaş yavaş artırılması, böylece, lif kesilmesini azaltarak nispi olarak fibrillenmenin artırılması hedeflenmiştir.

2.2.1.2 Kısa/uzun lif karışım oranı:

Morfolojik ve anatomik açıdan yapraklı ağaçlardan üretilen kısa lifin yolunma ve tozlanma potansiyeli daha yüksektir. Ancak, kaliteli formasyon özelliği sağlaması ve maliyet avantajları çok önemlidir. Her ne kadar günümüzde ikisi arasındaki fiyat farkı azalsa da uzun lif/kısa lif oranı çalışma esnasında takip altında tutulmuştur.

2.2.1.3 Atık kağıt kullanım oranı

Kağıt üretiminde atık kağıt kullanım oranı arttıkça da yolunma ve tozlanma potansiyeli artmaktadır. Elyaf kalitesinin %100 kraft hamuru kullanımına oran ile daha düşük olması ve lif tutunmasının elek üzerinde daha zayıf olması nedeni ile tozlanma oranları atık kağıt kullanılan üretimlerde daha fazla olmaktadır.

2.2.2 Kimyasal işlem

Toza neden olan bağlanmamış ve yolunarak uzaklaşacak olan materyalin kağıt bünyesinde sağlam şekilde tutulması, kimyasal madde ile sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışmalarda farklı tür ve dozlarda kimyasallar kullanılmıştır. Bu kimyasallar toz önleme, retansiyon, kümelenendirici/tutundurucu ve sağlamlık işlemleri için ticari olarak mevcut ürünler içersinden seçilmiştir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4: Projede kullanılan kimyasallara ait teknik özellikler.

	Kimyasal 1 CK DUST 75	Kimyasal 2 SETAFIX PV
	Kuvvetli katyonik organik polimer	Akrilik kopolimer bazlı Toz Önleyici
Yoğunluk (g/cm ³)		1,1±0,2
Ph	5,0-7,0	0,7-0,9
Viskozite	8000-12000 cP @ 25°C	20-600 mPa.s
Katı Madde (% 105°C 2 gr)(%)	40%±-1	35±3
CasNo	26062-79-3	

2.2.3 Deneme süreçlerinde gerçekleştirilen kağıt ve proses ölçümleri

2.2.3.1 Kağıt yüzeyinde oluşan tozlanma ölçümü

Kağıt yüzeyinde oluşan yolunma potansiyelinin ölçülmesinde vaks testlerine ilaveten IGT testi ve görüntü analizi yöntemleri etkili sonuçlar vermektedir (Leendet ve Brood, 2012). Bu amaçla düşük yapışkanlığa sahip bant yardımıyla kağıt yüzeyinden tozlanmaya neden olabilecek lifsel materyal alınarak görüntü analiz yöntemi ile incelenmiştir.

Yolunma ve tozlanma direkt olarak kağıdın sağlamlığı ile alakalıdır. Liflerin ya da partiküllerin yüzeyden ayrılma eğilimi bu materyallerin kağıt bünyesinde ne derecede bağlandıklarına bağlı olarak değişmektedir. Toplam bağlanmanın artması neticesinde kağıdın sağlamlığı da artmaktadır. Bununla birlikte, kağıt yeterli

derecede sağlam olmasına rağmen lokal olarak yüzeyinde tozlanma da görülebilir (Vinson ve Deason, 1997).

Kağıt yüzeyindeki tozlanmanın sayısallaştırılması amacıyla yüzey yapışma (mum testi) testi esas alınarak farklı yapışkan özelliğe sahip farklı materyaller araştırmaya konu olan kağıtların üzerindeki tozların alınmasında kullanılmıştır. Bu amaçla bantlar, post-it ler, laboratuvar hijyen paspasları denenmiş olup en uygun sonucun laboratuvar hijyen paspaslarında sağlandığı görülmüştür.

Çalışmalarda yapışkan malzeme, kağıt üzerine 28,3 kg/m² basınç uygulayan sabit ağırlıkla 1 dakika süreyle belirtilen basınca maruz bırakılmış ve sürenin sonunda yapışkan malzeme kağıtdan uzaklaştırılmıştır. Yapışkan malzeme üzerine alınan tozların fotoğrafları çekilerek görüntü analiz programı (ImageJ) ile sayısallaştırılmıştır. Çalışmadaki üç adet yarı mamul üzerinde gerçekleştirilen toz ölçüm ve sayısallaştırma çalışmaları başarıyla gerçekleştirilmiştir.

2.2.3.2 Fabrika kapalı alan içinde oluşan tozlanmanın ölçümü

Işık saçılımı esasına göre çalışan cihazlar ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Hem kağıt makinesinin bulunduğu binada üretim esnasında hem de konfeksiyon tesisinde kağıtların kullanımları esnasında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kağıt makinesinde üretim esnasında oluşan ve ortama yayılan tozun ölçülebilmesi için 3 adet mobil Mega System marka Life One model toz örnekleme cihazından yararlanılmıştır. Bu cihaz 0,3 ile 25 l/dak arasında belirlenen bir emiş hızıyla havayı vakumlamakta ve filtreden (cam elyaf filtre) geçirmektedir. Emiş yapılan hava miktarı izlenerek filtre üzerine biriken tozların tartılması ile de emiş yapılan birim hava miktarına karşı ne kadar toz tutulduğu belirlenmiştir (Şekil 2.2, Şekil 2.3, Şekil 2.4).



Şekil 2.2: Toz örnekleme cihazı



Şekil 2.3: Kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümü.



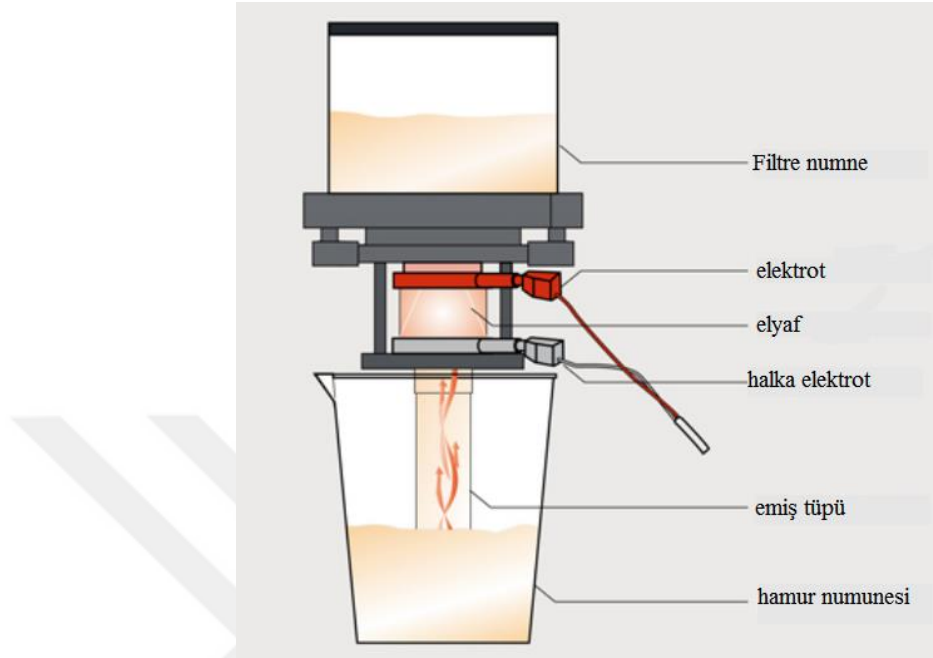
Şekil 2.4: Konfeksiyon tesisi kapalı ortam toz ölçümü.

2.2.3.3 Proses ve ürün testleri

Zeta potential: Zeta potansiyel, asılı parçacıkların yüzeyi üzerindeki yük dağılımları ile ilgili koloidal etkidir. Kolloidlerin ve asılı parçacıkların yüzeyindeki yük

yoğunluğudur. Yaklaşık -50 mV ila +50 mV arasında değişir. Değer sıfıra yakın olduğunda tutunma genellikle maksimumdudur (Biermann,1996).

Ölçümler BTG firmasına ait SZP-06 Mutek cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Zeta potansiyel cihaz şeması.

Cationic Demand (Katyonik İstek): Kolloidal sistemlerin katyonik (veya anyonik) talebini belirlemek için polielektrolit titrasyon ile tespit edilmesidir. Ölçümler BTG firmasına ait PCD-03 Mutek ekipmanı ile gerçekleştirilmiştir. Numuneler filtrelenerek 10 ml olarak ölçüm hücrelerine yerleştirilir. Ölçüm hücrelerinde piston hareket ettikçe iki elektrotla ölçülen bir elektrik akımı üretir. Ölçülen negatif yükü katyonik bir polielektrolit ile titre edilerek numune elektriksel yük olarak nötr hale getirilir. Piston hareketinde ölçülen elektron yükünün pozitif olması durumunda titrasyon anyonik malzeme ile titre edilir (Şekil 2.6). Denklem 1.2'de hesaplama ile ihtiyaç meq/L olarak tayin edilir.

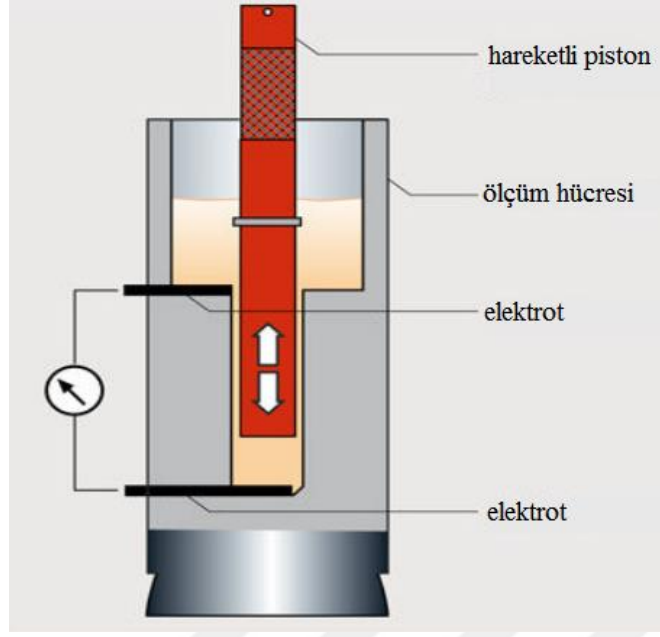
$$cf = \frac{V_{EP}C}{V} \times 1000 \quad (1.2)$$

cf: Yük konsantrasyonu (meq/L)

V: Numune hacmi (ml)

V_{EP} : Titrasyonda kullanılan malzemenin hacimi (ml)

C: Titrasyon malzemesinin konsantrasyonu (N)



Şekil 2.6: Katyonik istek cihaz şeması.

Retansiyon: Tappi 261 cm-00 standardına uygun olarak elek üzerindeki tutunma miktarı tespit edilmiştir.

Shopper: Standart ISO 14487'e göre LW-SR test ekipmanı ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Kırıntı Materyal Analizi: Ölçümler Britt Dynamic Drainage Jar ile TAPPI T-261st metoduna göre gerçekleştirilmiştir.

Lif morfolojisi: Dentaş Kağıt Sanayi A.Ş.'nin Denizli fabrikası Ar&Ge departmanı tarafından Tappi T271, PAPTAC B.4, ISO 16065-1 , ISO 23713 standartlarına uygun olarak OpTest Fiber Quality Analyzer cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Rafinör Bıçak Dizaynının Tozlanma Üzerine Etkisine Ait Bulgular

Bıçak dizaynının tozlanma üzerine etkisini ortaya koymak üzere mevcutta kullanılan bıçağa alternatif seçilen 2 farklı bıçak dizaynı ile üretimler gerçekleştirilerek kağıt yüzey tozlanması, kapalı ortam tozlanma, konfeksiyon tesisindeki tozlanma ve bu süreçlerde lif morfolojisinde ve elde edilen kağıtların özelliklerindeki değişimler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Tüm çalışmalarda kağıt fiziksel özelliklerinin korunması ana hedef olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın hazırlık aşamasında rafinör bıçak üreticisi Andritz ve GLV ile görüşülmüş özellikle saçaklanmayı arttırıcı ve ton başına enerji tüketimini azaltıcı bıçak dizaynlarının bu kapsamda denenmesinin uygun olacağı kararlaştırılmıştır. Rafinör yük uygulaması rafinörlerin eski olması nedeni ile sabit uygulanmış bu değerlere göre elde edilen serbestlik değerleri takip edilmiştir.

İlk aşamada mekanik işlemin tozlanma üzerindeki etkisinin ortaya konulması için Andritz marka 2 bıçak dizaynıyla ilgili çalışmalar ve değerlendirmelere ait detaylar verilmiştir.

Mevcutta kullanılan rafinör plakalarının bıçak genişliği 3.18 mm, bıçak derinliği 3.96 mm, bıçaklar arası mesafe 6.35 mm, bıçak açısı 15 derece olup bir devirde kesilen bıçak uzunluğu 7.61 km'dir (Çizelge 2.2). Çalışma için tedarik edilen rafinör bıçağı ise iki ve üç bölgeli olup bıçak dizaynları Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1: Projede kullanılan bıçak dizaynı 2'ye ait özellikler.

	Birinci Bölge	İkinci Bölge
Bıçak Genişliği(mm)	2,41	2,41
Bıçaklar Arası Mesafe(mm)	3.07 / 3.53	3,53 / 4,06
Bıçak Derinliği(mm)	9,65 / 8,38	9,65 / 8,38
Bıçak açısı	25°	25°
Kesme uzunluğu (km)	11,0	

Çizelge 3.2: Projede kullanılan bıçak dizaynı 3'e ait özellikler.

	Birinci Bölge	İkinci Bölge	Üçüncü Bölge
Bıçak Genişliği(mm)	1,65	1,65	1,65
Bıçaklar Arası Mesafe(mm)	2,84 / 3,25	3,07 / 3,53	3,30 / 3,81
Bıçak Derinliği(mm)	6,6 / 8,12	6,6 / 8,12	6,6 / 8,12
Bıçak açısı	25°	25°	25°
Kesme uzunluğu (km)	15,20		

3.1.1 Rafinör 1. bıçak dizaynının tozlama üzerine etkisine ait bulgular

3.1.1.1 Rafinör 1. bıçak dizaynının kağıt yüzey tozlanmasına olan etkisine ait bulgular

Rafinör 1. bıçak dizaynının yani mevcut rafinör bıçaklarının etkileri belirlenen üç kalite için çalışma öncesi incelenerek yeni rafinör bıçak dizaynları (dizayn 2 ve 3) ile karşılaştırılması hedeflenmiştir. Prosesde kullanılan selüloz tipleri, öğütüm yükleri ve kalite spektleri sabitlenerek çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Kağıt yüzeyindeki tozlanmanın tespiti için belirlenen test metodu uygulanmış, laboratuvar hijyen paspasları kullanılmış ve paspaslar üzerindeki tozların fotoğrafları çekilerek görüntü analiz programı (ImageJ) ile sayısallaştırılmıştır.

Üç yarı mamul için elde edilen sonuçlar aşağıdaki görsellerde ve tablolarda verilmiştir (Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9 , Çizelge 3.3, Çizelge 3.4, Çizelge 3.5).

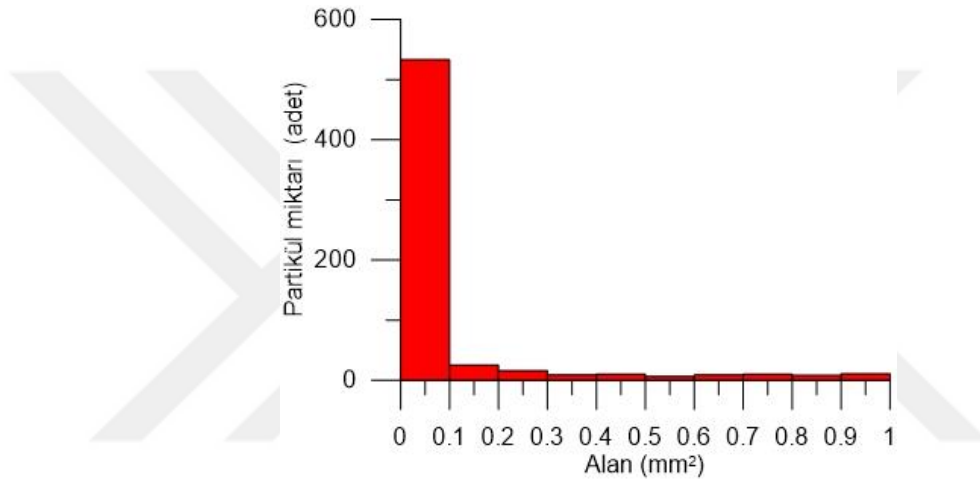
ÜRÜN A:



Şekil 3.1: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün A'ya ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf.



Şekil 3.2: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün A'ya ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf.



Şekil 3.3: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün A'ya ait tozların boyut histogramı.

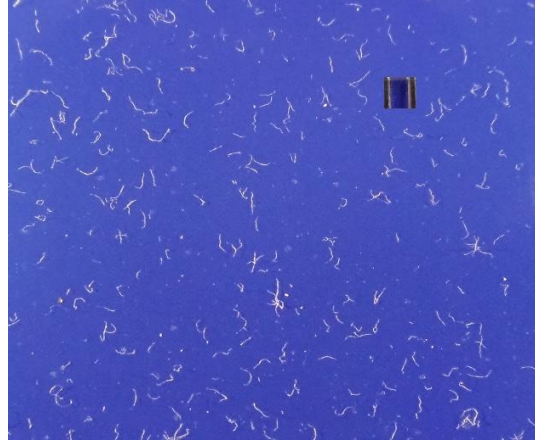
Çizelge 3.3: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün A'nın yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.

Sayı	Toplam Alan	Ortalama Büyüklük (mm)	% Alan	Ortalama
636	7.392	0,012	3.324	254.857

ÜRÜN B:

Çizelge 3.4: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün B'in yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.

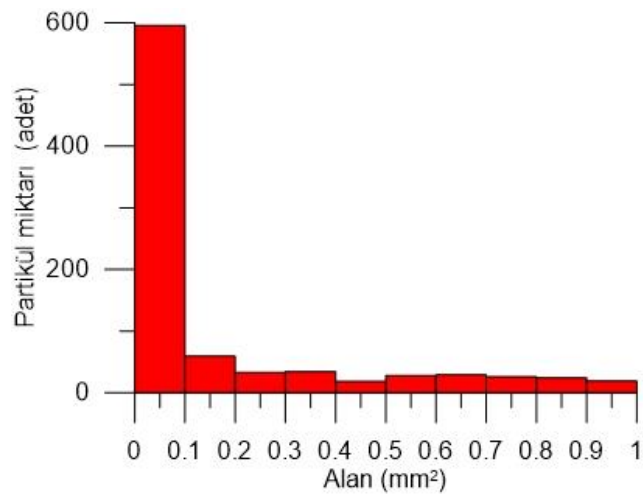
Sayı	Toplam Alan	Ortalama Büyüklük (mm)	% Alan	Ortalama
860	8.259	0.010	2.459	254.723



Şekil 3.4: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün B'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf.

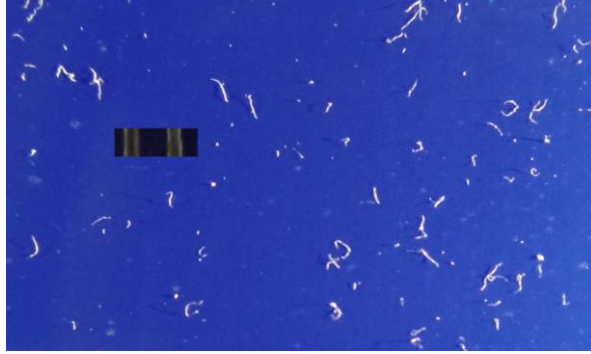


Şekil 3.5: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün B'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf.



Şekil 3.6: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün B'ye ait tozların boyut histogramı.

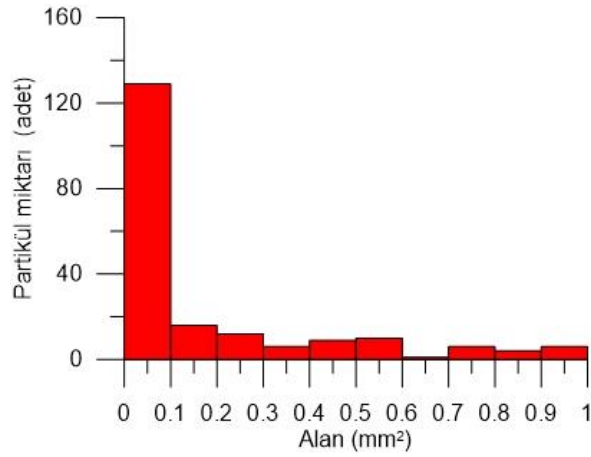
ÜRÜN C:



Şekil 3.7: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün C'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf.



Şekil 3.8: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün C'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf.



Şekil 3.9: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün C'ye ait tozların boyut histogramı.

Çizelge 3.5: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen Ürün C'nin yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.

Sayı	Toplam Alan	Ortalama Büyüklük (mm)	% Alan	Ortalama
200	1.606	0.008	1.539	254.758

3.1.1.2 Rafinör 1. bıçak dizaynının ortam tozlanmasına olan etkisine ait bulgular

Kağıt makinesinde üretim esnasında oluşan ve ortama yayılan tozun ölçülebilmesi için mobil Mega System marka Life One model toz örnekleme cihazları kullanılmıştır. Bu cihaz 0,3 ile 25 l/dak arasında belirlenen bir emiş hızıyla havayı vakumlamakta ve filtreden (cam elyaf filtre) geçirmektedir. Emiş yapılan hava miktarı izlenerek filtre üzerine biriken tozların tartılması ile de emiş yapılan birim hava miktarına karşı ne kadar toz tutulduğu belirlenmektedir. Ürün türleri ile ilgili yapılan çalışmalar esas itibariyle 2 grup altında toplanmıştır. Birinci grup altında ilgili ürünlerin üretimindeki proses parametreleri, ikinci grupta ise bu ürünlerin nihai kalitelerine ait ölçümlere yer verilmiştir. Ayrıca yapılan bu üretimlere ait tespit edilen ortam toz ölçüm değerleri ile bitmiş ürün yüzeyindeki serbest liflerin (tozlanmaya neden olan) ölçümleri de ilgili tablolarda verilmiştir. Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7’de ilgili ürünlerin üretimlerine ait proses parametreleri ve yüzey tozlanma ölçümleri, Çizelge 3.8’de konfeksiyon tesisinde yarı mamul işleme esnasındaki toz ölçüm değerleri verilmiştir

Çizelge 3.6: Bıçak dizaynı 1 ‘e ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçüm sonuçları, mg/m³.

Yarı Mamul Kağıt Adı	1*	2**	Kırıntı Materyal Miktarı, %	Yüzey Tozlanma %
	Kapalı Ortam Toz Miktarı, mg/m ³	Kapalı Ortam Toz Miktarı, mg/m ³		
Ürün A	7	5,74	27,3	3,984
Ürün B	3,72	3,79	18,5	2,776
Ürün C	2,91	2,5	17,6	1,825

*LW: Uzunluğa göre ağırlıkça lif uzunluğu

**WW: Ağırlığa göre ağırlıkça lif uzunluğu

Çizelge 3.7: Bıçak dizaynı 1 ‘e ait proses parametreleri.

Yarı Mamul Kağıt Adı	Uzun Elyaf Serbestlik Derecesi; SR	Kısa Elyaf Serbestlik Derecesi; SR	Retansiyon %	Hamur Kasası Katyonik İstek, mV	Hamur Kasası Zeta Potansiyel, mV
Ürün A	29-35	26-29	74	-56	-13
Ürün B	29-35	26-29	73	-84	-11
Ürün C	29-35	26-29	71,5	-75	-16

Çizelge 3.8: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen yarı mamullerin konfeksiyon tesisinde işlenmesi esnasındaki kapalı ortam toz ölçüm sonuçları, mg/m³.

Yarı Mamul Kağıt Adı	mg/m ³ Makinist Yanı	mg/m ³ Tahrik Tarafı Yanı
Ürün A	3,75	6,25
Ürün B	5,05	6,90
Ürün C	4,18	6,66

3.1.1.3 Rafinör 1. bıçak dizaynının lif morfolojisi ve elde edilen kağıt özellikleri üzerine olan etkisine ait bulgular

Çalışmada lif morfolojisi Dentaş Kağıt Sanayi A.Ş.'nin Denizli fabrikası Ar&Ge departmanı tarafından OpTest Fiber Quality Analyzer cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.10). Ölçümler karışım deposu alınan numunelerde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.9: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen hamurların karışım deposu numunesi lif özellikleri ve kırıntı elyaf yüzdeleri.

Örnek Adı	Lif uzunluğu (mm) Aritmetik	Lif uzunluğu (mm) LW*	Lif uzunluğu (mm) WW**	Kırıntı oranı (%) Aritmetik	Kırıntı oranı (%) LW	Ortalama genişlik (µm) Aritmetik
Ürün A	0,632	0,933	1,348	17,68	3,20	17,4
Ürün B	0,648	1,047	1,581	20,70	3,73	18,2

*LW: Uzunluğa göre ağırlıkça lif uzunluğu

**WW: Ağırlığa göre ağırlıkça lif uzunluğu

Çizelge 3.10: Bıçak dizaynı 1 ile üretilen hamurların karışım deposu numunesi kink ve curl indexleri.

Örnek adı	Sayıca ortalama Curl Index	Ortalama Curl İndeks LW	Ortalama Kink İndeks (1/mm)	Toplam Kink açısı(°)	Kink/mm (1/mm)
Ürün A	0,140	0,141	2,70	40,82	1,24
Ürün B	0,146	0,145	2,66	42,17	1,19

Farklı rafinör bıçakları ile gerçekleştirilecek çalışmalar öncesi mevcut rafinör bıçaklarının (dizayn 1) lif özelliklerinde değişimi rafinör öncesi ve sonrası olarak tüm elyaf tiplerinde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.11 ve Çizelge 3.12'de verilmiştir. Plakaların değişimi ile bu ölçümler tekrarlanarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Mevcut rafinör bıçakları (dizayn 1) ile üretilen yarı mamullerin üretiminde kullanılan hamurlarının °SR değerleri Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.11: Bıçak dizaynı 1 için rafinör öncesi ve sonrası hamur örneklerinin lif özellikleri ve kırıntı yüzdeleri.

Örnek adı	Ürün	Lif uzunluğu (mm) Aritmetik	Lif uzunluğu (mm) LW	Lif uzunluğu (mm) WW	Kırıntı oranı (%) Aritmetik	Kırıntı oranı (%) LW	Ortalama Genişlik (µm) Aritmetik
Kısa Selüloz-Rafinör Öncesi	B	0,616	0,751	0,829	13,82	2,49	16,7
Kısa Selüloz-Rafinör Sonrası	B	0,564	0,838	1,104	25,64	4,96	17,3
Uzun Selüloz-Rafinör Öncesi	B	0,803	1,824	2,444	39,56	5,38	22,9
Uzun Selüloz-Rafinör Sonrası	B	0,767	1,375	2,025	20,86	3,26	19,9
Kısa Selüloz-Rafinör Öncesi	A	0,595	0,746	0,829	16,62	2,93	16,7
Kısa Selüloz-Rafinör Sonrası	A	0,592	0,747	0,836	16,58	3,21	16,4
Uzun Selüloz-Rafinör Öncesi	A	0,932	1,844	2,419	29,44	3,82	22,9
Uzun Selüloz-Rafinör Sonrası	A	0,797	1,485	2,07	24,78	3,67	21,4

Çizelge 3.12: Bıçak dizaynı 1 için rafinör öncesi ve sonrası hamur örneklerinin curl and kink indeksleri.

Numune Adı	Ürün	Curl İndeks Aritmetik	Curl İndeks LW	Kink Index (1/mm)	Toplam Kink açısı(o)	Kinks/m (1/mm)
Kısa Selüloz- Rafinör Öncesi	B	0,170	0,178	2,71	42,19	1,24
Kısa Selüloz Rafinör Sonrası	B	0,142	0,152	2,39	38,08	1,13
Uzun Selüloz- Rafinör Öncesi	B	0,205	0,231	2,50	69,21	1,13
Uzun Selüloz- Rafinör Sonrası	B	0,170	0,193	2,28	46,20	1,01
Kısa Selüloz- Rafinör Öncesi	A	0,165	0,172	2,60	40,47	1,19
Kısa Selüloz- Rafinör Sonrası	A	0,137	0,143	2,41	36,58	1,13
Uzun Selüloz- Rafinör Öncesi	A	0,211	0,242	2,41	66,00	1,08
Uzun Selüloz- Rafinör Sonrası	A	0,168	0,194	2,17	46,90	0,95

Çizelge 3.13: Bıçak dizaynı 1 için rafinör öncesi ve sonrası hamur örneklerinin °SR değerleri.

Numune adı	°SR
Kısa Selüloz - Rafinör Öncesi - Ürün B	15
Kısa Selüloz Rafinör Sonrası - Ürün B	20
Uzun Selüloz – Rafinör Öncesi - Ürün B	15
Uzun Selüloz - Rafinör Sonrası - Ürün B	22
Kısa Selüloz - Rafinör Öncesi - Ürün A	15
Kısa Selüloz - Rafinör Sonrası - Ürün A	19
Uzun Selüloz - Rafinör Öncesi - Ürün A	16
Uzun Selüloz – Rafinör Sonrası - Ürün A	22

3.1.2 Rafinör 2. bıçak dizaynına ait bulgular

Rafinör yeni bıçak dizaynlarında, bıçak açısı 25 derece olup bir devirde kesilen bıçak uzunluğu 2. Dizayn ile 11,0 km ve 3. bıçak dizaynı ile 15,2 km'ye yükseltilmiştir. Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere mevcut bıçak dizaynı (dizayn 1) fibrillenmeyi baskın tutacak şekilde bir bıçak genişliğine sahip olmasına rağmen çalışma kapsamında kullanılması planlanan plakalarda bıçak genişliğinin daha az olduğu görülmektedir. Yeni bıçak dizaynlarında, bıçak yüzeyi 2 ve 3 bölgeye ayrılarak lifler üzerine yapılan etkinin yavaş yavaş artırılması, böylece, lif kesilmesini azaltarak nispi olarak fibrillenmenin artırılması hedeflenmiştir.

Çalışma başında kullanılan rafinör 1. bıçak dizaynında bıçak açısı 15 derece ve bıçaklar arası mesafenin 6.35 mm gibi fazla olması hidrolik etki ile daha fazla boşa güç tüketileceği anlamına gelmektedir. Seçilem 2. bıçak dizaynında, bıçak açısı 25 dereceye çıkarılmış olup bıçaklar arası mesafenin bölgelere göre (3.07/3.53-3.53/4.06) mm gibi değerlere çekilmesi, disk yüzeyinde daha fazla bıçak bulunacağı, dolayısıyla birim zamanda daha fazla lifin dövme işlemine uğrayacağı, fakat işlem gören liflerin sistemden boşaltılmasına katkı sağlayan bıçaklar arası mesafenin azaltılması sonucu çıkarılmalıdır. Bu da daha önceki bıçak dizaynında bir devirde 7.61 km lif etkilenirken yeni bıçak dizaynında etkilenen lif uzunluğunun 11.00 km ye çıkması anlamına gelmektedir.

Rafinör bıçaklarının kullanılması aşamasında aynı kesafette daha önce kullanılan bıçaklar arası mesafenin tıkanması sorunu yaşanmaz iken 2. dizaynda tıkanma

nedeniyle verimli bir çalışma sağlanamamıştır. Bu durumun deneme bıçaklarında bıçaklar arası mesafenin azaltılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bu denenen bıçak ile ilgili belirli bir çalışma gerçekleştirilemediği için çalışma için gerekli ölçümlendirmeler gerçekleştirilememiştir. Bu durum tedarikçi firma ile paylaşılmış ve bıçak dizaynı 2'nin rafinörlere uygun olmaması nedeni ile çalışmanın 3. bıçak dizaynı ile devam edilmesine karar verilmiştir.

3.1.3 Rafinör 3. bıçak dizaynının tozlama üzerine etkisine ait bulgular

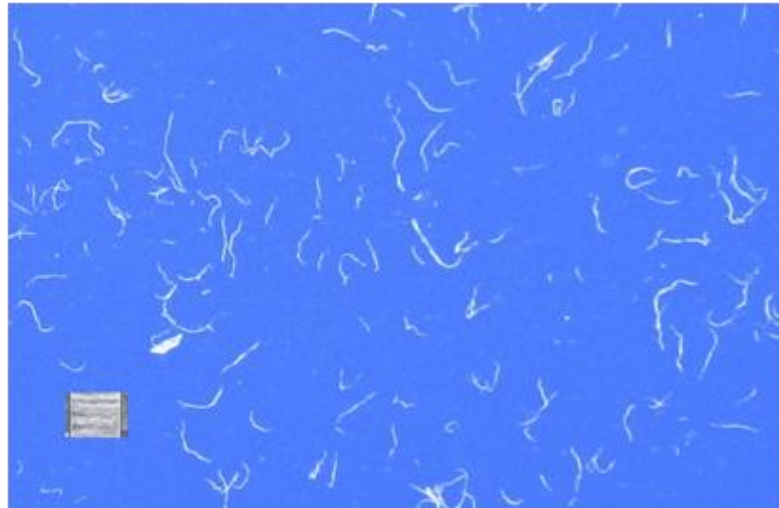
3.1.3.1 Rafinör 3. bıçak dizaynının kağıt yüzey tozlanmasına olan etkisine ait bulgular

Üçüncü dizayn ile tedarik edilen yeni rafinör bıçakları ile yapılan üretimlerden elde edilen kâğıtların yüzeylerinde de toz ölçümlerine devam edilmiştir. Kağıt yüzey tozlanmalarına ait ölçümler Çizelge 3.14'de verilmektedir.

Çizelge 3.14: Rafinör bıçak dizaynı 3'e ait kâğıt yüzey tozlanma ölçümleri,%.

Yarı Mamul Kağıt Adı	Rafinör Bıçağı 1	Rafinör Bıçağı 3
Ürün A	3,984	2,418
Ürün B	2,776	2,747
Ürün C	1,825	2,41

Örnek cihaz ölçüm sonuçları, Ürün B ;



Şekil 3.10: Rafinör bıçak dizaynı 3 ile üretilen Ürün B'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf



Şekil 3.11: Rafinör bıçak dizaynı 3 ile üretilen Ürün B'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf

Çizelge 3.15: Rafinör bıçak dizaynı 3 ile üretilen Ürün B'nin yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.

Sayı	Toplam Alan	Ortalama Büyüklük (mm)	% Alan	Ortalama
315	3.209	0.010	3.169	254.502

3.1.3.2 Rafinör 3. bıçak dizaynının ortam tozlanmasına olan etkisine ait bulgular

Rafinör 3. bıçak dizaynı kullanılarak yapılan üretimlerde ortaya çıkan toz ölçümlerine daha önceki deneme ölçüm ilkeleri doğrultusunda devam edilmiştir. Denemeye esas üç farklı kâğıt kalitesi için alınan sonuçlar Çizelge 3.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.16: Rafinör bıçak dizaynı 1 ve 3 ile üretilen Kapalı Ortam Toz Miktarı, mg/m³.

	Rafinör Bıçağı 1 1*	Rafinör Bıçağı 1 2**	Rafinör Bıçağı 3 1*	Rafinör Bıçağı 3 2**
Ürün A	7	5,74	4,51	3,13
Ürün B	3,72	3,79	3,48	2,02
Ürün C	2,91	2,5	2,52	2,1

1* Raspa Ünitesi Yanı

2** Kağıt Makinesi Yanı

Yeni rafinör bıçak dizaynı ile üretilen kâğıtların konfeksiyon sürecindeki toz oluşum durumları da incelenerek Çizelge 3.17’de verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü üzere, yeni rafinör bıçak dizaynı bu süreçteki tozlanmayı da azaltmıştır.

Çizelge 3.17: Rafinör bıçak dizaynı 1 ve 3 ‘e ait konfeksiyon tesisi kapalı ortam toz miktarı, mg/m³.

Yarı Mamul Kağıt Adı	Rafinör Bıçağı 1 Makinist Yanı	Rafinör Bıçağı 1 Tahrik Tarafı Yanı	Rafinör Bıçağı 3 Makinist Yanı	Rafinör Bıçağı 3 Tahrik Tarafı Yanı
Ürün A	3,75	6,25	2,34	5,43
Ürün B	5,05	6,9	2,5	6,85
Ürün C	4,18	6,66	2,08	4,39

3.1.3.3 Rafinör 3. bıçak dizaynının lif morfolojisi ve elde edilen kağıt özellikleri üzerine olan etkisine ait bulgular

Rafinör bıçak dizaynındaki değişiklik aynı zamanda üretime ait kırıntı materyal oluşumunu da etkileyeceğinden ilave olarak kırıntı materyal ölçümleri de yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçları aşağıda 1. ve 3. rafinör bıçakları ile yapılan üretilere ait olmak üzere ayrı ayrı verilmiştir. Çizelge 3.18’de görüleceği üzere, seçilen 3 ürün türüne göre de kırıntı materyalde azalma tespit edilmiştir.

Çizelge 3.18: Rafinör bıçak dizaynı 1 ve 3 ‘e ait karışım deposu kırıntı materyal miktarı, %.

Yarı Mamul Kağıt Adı	Rafinör Bıçağı 1	Rafinör Bıçağı 3
Ürün A	27,3	12,5
Ürün B	18,5	11,4
Ürün C	17,6	14,8

3.1.3.4 Rafinör 3. bıçak dizaynı ile ilgili elde edilen bulgulara ait sonuçlar

Rafinör 3. bıçak dizaynı kullanılarak yapılan üretilere ait ortam toz miktarı, kâğıt yüzeyinde kalan toz miktarı ve kırıntı materyal oluşumu farklı zamanlarda ölçümler alınarak gerçekleştirilmiştir.

Rafinör bıçak seçimi için hem yurtdışı orjinli bıçak üreticisi firmanın önerileri hem de alternatif bıçak dizaynları üzerine yapılan önceki çalışmalar sonucu denemesine karar verilen bıçak dizaynı ile devam edilmiştir.

Deneme bıçaklarının hamur hazırlama departmanında yer alan disk rafinörlerden ikincisine takılmasına karar verilmiş olup sonrasında veri çalışmaya dahil olan kağıt kalitelerinin ortam toz ölçümlerinde, yüzey tozlanma değerlerinde, kırıntı materyal sonuçlarında ve Konfeksiyon tesisi toz ölçümlerinde daha önceki rafinör bıçaklarına göre iyileşmeler tespit edilmiştir. Tozlanmada gerçekleşen azaltım miktarı her kâğıt kalitesinde farklılık göstermektedir.

3.1.4 Tozlanmayı Önlemek Amacı ile Kimyasal Kullanımına Ait Bulgular

Toz önleme için kullanılacak kimyasallar tedarik edilerek öngörülen deneme için çalışmalara başlanmıştır. Kimyasallara ait teknik bilgiler materyal bölümdeki Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Her iki kimyasalın kullanımı ile kırıntı halde bulunan elyafların safiye üzerine bağlanmalarının arttırılması yolu ile tozlanmanın azaltılması hedeflenmiştir. Kimyasalların bu hedef doğrultusunda alınan sonuçları karşılaştırmalı olarak çizelge ve grafiklerde gösterilerek yorumlanmıştır.

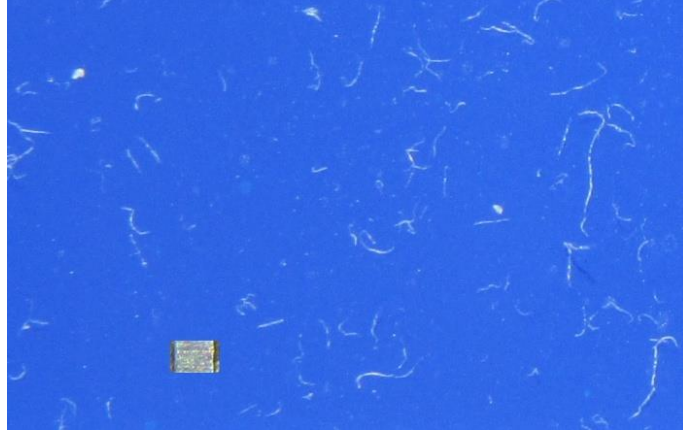
3.1.4.1 Kimyasal kullanımının kağıt yüzey tozlanmasına olan etkisine ait bulgular

Tedarik edilen kimyasallar ile yapılan üretimlerden elde edilen kâğıtların yüzeylerinde de toz ölçümlerine devam edilmiştir. Ölçümlere ait sonuçlar Çizelge 3.19'da verilmiştir. Yüzey tozlanmalarında yarı mamul üzerinden yapılan ölçümlerde azalma olduğu tespit edilmiştir. Geri dönüşümlü ürün olan B nolu üründe kağıt makinası kapalı alan ölçümlerinde gözlemlenen tozlanma artışına istinaden yüzey de tozlanma miktarında da değişim oluşmadığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 3.19: Kimyasal 1 ve 2 kullanımı sonrası kağıt yüzey tozlanma ölçümleri,%.

	Rafinör Bıçağı 1	Rafinör Bıçağı 3	Kimyasal 1 Setaş Setafix P-V CK Dust 75	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V
Ürün A	3,98	2,42	1,98	2,30
Ürün B	2,78	2,75	1,91	2,69
Ürün C	1,83	2,41	2,70	2,49

Örnek toz ölçümü analiz sonucuna (Ürün B) ait görseller aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.12: Kimyasal 1 ile üretilen Ürün B'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları- orjinal fotoğraf.



Şekil 3.13: Kimyasal 1 ile üretilen Ürün B'ye ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları- ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf.

Çizelge 3.20: Kimyasal 1 ile üretilen Ürün B'nin yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.

Sayı	Toplam Alan	Ortalama Büyüklük (mm)	% Alan	Ortalama
437	2.415	0.006	1.979	254.892

3.1.4.2 Kimyasal kullanımının ortam tozlanmasına olan etkisine ait bulgular

Seçilen iki toz önleme kimyasalı kullanılarak yapılan üretimlerde ortaya çıkan toz ölçümlerine, daha önceki rafinör bıçak denemelerindeki ölçüm ilkeleri doğrultusunda devam edilmiştir. Çalışmaya esas 3 kâğıt kalitesi için alınan sonuçlar Çizelge 3.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.21: Kimyasal 1 ve 2 kullanımına ait kağıt makinası kapalı ortam toz miktarı, mg/m³.

Yarı Mamul Kağıt Adı	Rafinör Bıçağı 1	Rafinör Bıçağı 1	Rafinör Bıçağı 3	Rafinör Bıçağı 3	Kimyasal 1 CK DUST 75	Kimyasal 1 CK DUST 75	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V
	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Ürün A	7	5,74	4,51	3,13	3,37	2,3	3,24	2,16
Ürün B	3,72	3,79	3,48	2,02	3,27	1,92	2,21	2,24
Ürün C	2,91	2,5	2,52	2,1	3,33	2,3	4,28	2,16

1* Raspa Ünitesi Yanı

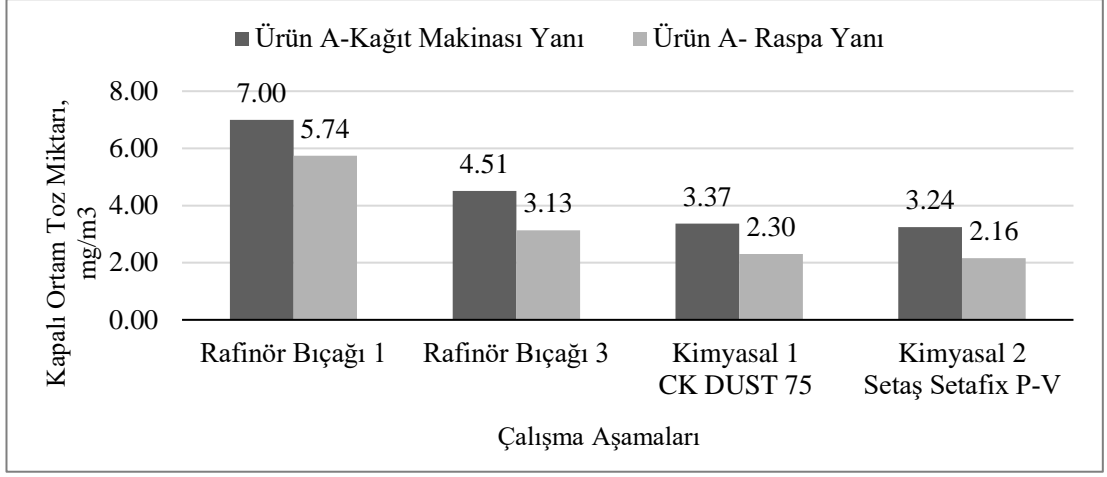
2** Kağıt Makinesi Yanı

A ve B nolu ürünlerde kullanılan toz önleme kimyasalları ile kapalı ortamda yapılan toz ölçümlerinde azalmanın gerçekleştiği görülmüş ancak geridönüşüm hammadesine sahip olduğu için B kodlu üründe yeterince başarı sağlanmamıştır.

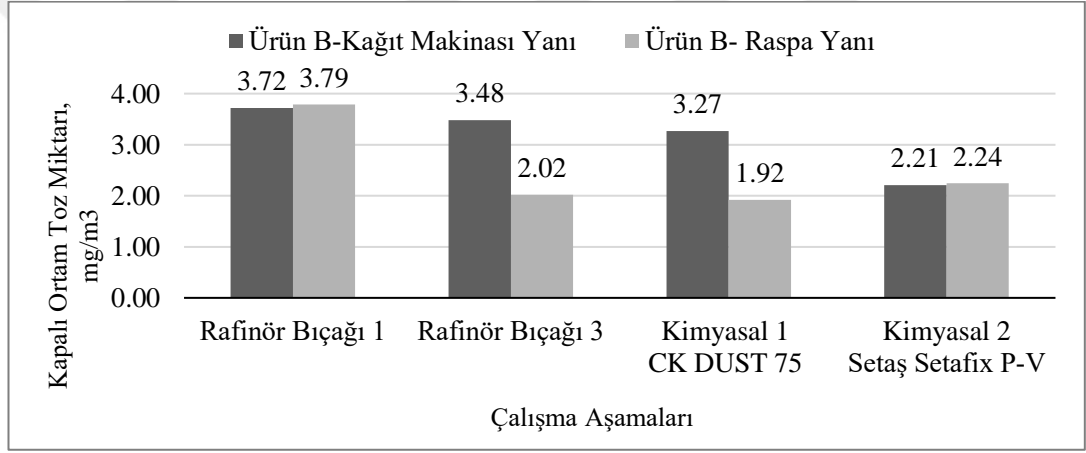
Ürün A: Her iki ölçüm noktasına bakıldığında rafinör 3. bıçak denemesi ölçümlerine göre kimyasalların kullanımı sonucunda kapalı ortam toz miktarlarında azalmanın gerçekleştiği izlenmiştir. Kimyasallar birbirleri ile karşılaştırıldığında Kimyasal 2 (Setafix P-V) ile %100 selülozlu hammadde de daha iyi bir sonuç elde edildiği gözlemlenmiştir (Şekil 3.14).

Ürün B: Kapalı ortam toz miktarlarına göre kimyasal kullanımları ile tozlanmanın azaldığı Ürün B için de gözlemlenmiştir. Kağıt makinası yanından alınan ölçümlerde Kimyasal 2’de bir miktar artış olduğu görülmüştür. Buna göre B kodlu ürün için Kimyasal 1 (CK-Dust 75) kimyasalının daha etkili olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.15).

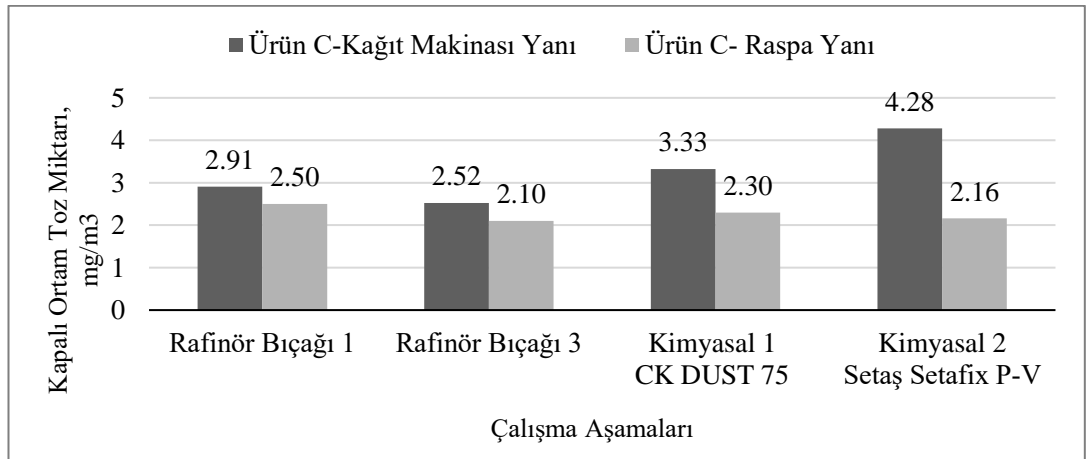
Ürün C: Bu ürün ham maddesinde geri dönüşümlü kağıt kullanılmakta olup, rafinör bıçak seçimi ile azalması gerçekleşen kapalı ortam toz miktarının kimyasalların kullanımı ile arttığı gözlemlenmiştir. Seçilen kimyasalların bağlayıcı özellikleri geri dönüşümlü elyaf için yeterli olmadığı izlenmiştir. Geri dönüşümlü elyaf kullanım sürecinde yüzey yük değerinde değişimler olması nedeni ile elyafın kimyasal madde ile kuracağı bağlanma etkisini azaldığı düşünülmektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.14: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün A'ya ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m³.



Şekil 3.15: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün B'ye ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m³.



Şekil 3.16: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün C'ye ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m³.

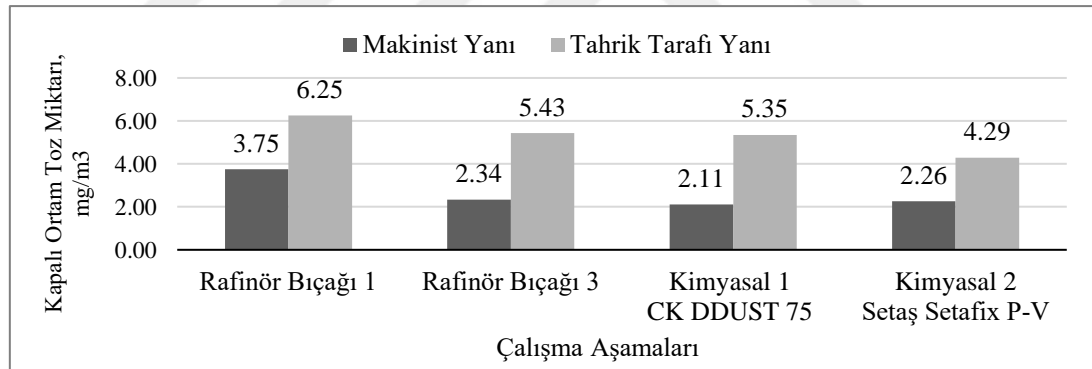
Çizelge 3.22’de görüldüğü üzere, kimyasal kullanımı tozlanmayı konfeksiyon üretimi esnasında da azalma eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır. Konfeksiyon tesisi kapalı alan toz ölçümlerinde de Kimyasal 2’nin tozu azaltma performansının kağıt makinası kapalı alan ölçümünde olduğu gibi geri dönüşümlü üründe toz miktarında yeterli azalma sağlamadığı gözlemlenmiştir. Oysa %100 selüloz olan hammadde kullanımında Kimyasal 1 ‘in toz azaltma üzerine etkisinin daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 3.17, Şekil 3.18, Şekil 3.19).

Çizelge 3.22: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası konfeksiyon kapalı ortam toz miktarı, mg/m³.

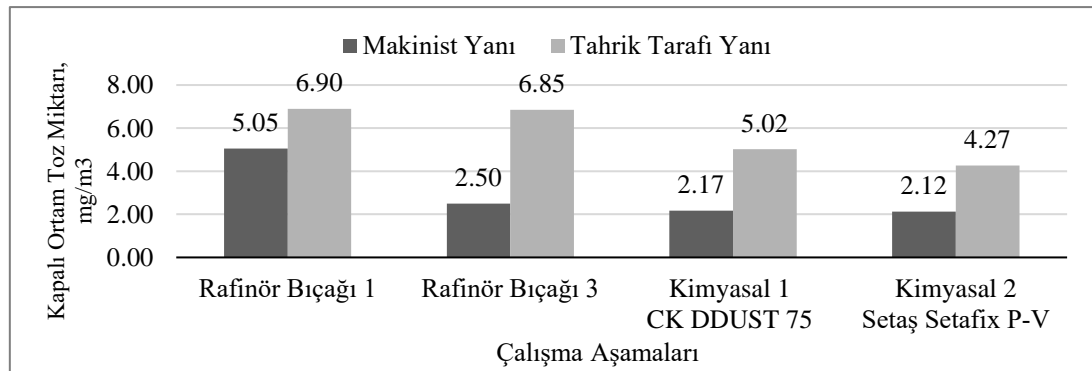
Yarı Mamul Kağıt Adı	Rafinör Bıçağı 1	Rafinör Bıçağı 1	Rafinör Bıçağı 3	Rafinör Bıçağı 3	Kimyasal 1 CK DDUST 75 1*	Kimyasal 1 CK DDUST 75 2**	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V 1*	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V 2**
ÜRÜN A	3,75	6,25	2,34	5,43	2,11	5,35	2,26	4,29
ÜRÜN B	5,05	6,9	2,5	6,85	2,17	5,02	2,12	4,27
ÜRÜN C	4,18	6,66	2,08	4,39	2,09	4,11	2,25	3,31

1* Makinist tarafı

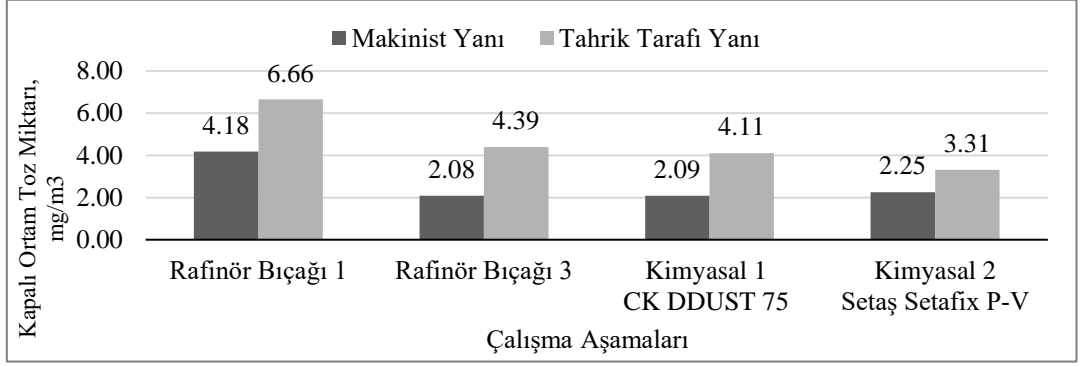
2** Tahrik Tarafı



Şekil 3.17: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün A’ya ait konfeksiyon kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m³.



Şekil 3.18: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün B’ye ait konfeksiyon kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m³.

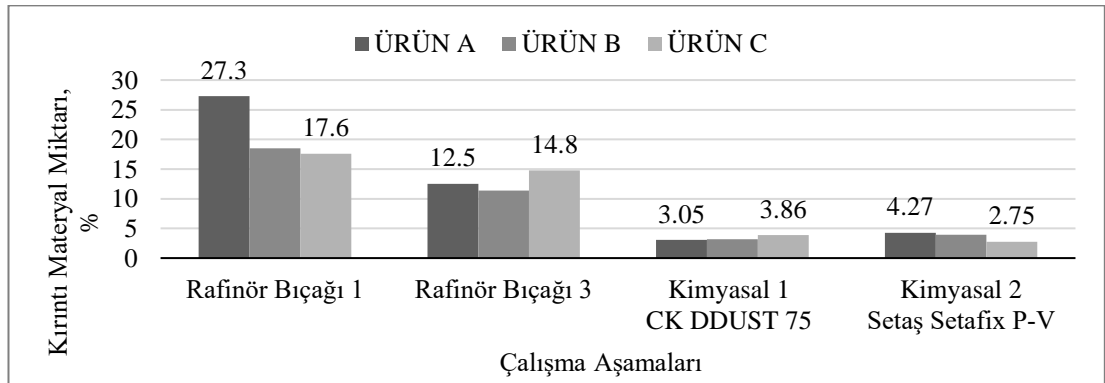


Şekil 3.19: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası Ürün C'ye ait konfeksiyon kapalı ortam toz ölçümleri, mg/m³

Toz önleyici kimyasalların kullanımı ile üretilen kâğıtların konfeksiyon sürecindeki toz oluşum durumları da incelenerek çizelgelerle sunulmuştur. Kimyasal kullanımı, tozlanmayı konfeksiyon üretimi esnasında da azalma eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır. Konfeksiyon tesisi kapalı alan toz ölçümlerinde de Kimyasal 2'nin tozu azaltma performansının kağıt makinası kapalı alan ölçümünde olduğu gibi geri dönüşümlü üründe toz miktarında yeterli azalma sağlamadığı gözlemlenmiştir. Oysa %100 selüloz olan hammadde kullanımında Kimyasal 1'in toz azaltma üzerine etkisinin daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

3.1.4.3 Kimyasal kullanımının lif morfolojisi ve elde edilen kağıt özellikleri üzerine olan etkisine ait bulgular

Toz önleyici kimyasal kullanımı ile kırıntı materyal miktarındaki değişim bir önceki çalışmada gözlenmiştir. Yapılan ölçüm sonuçları tüm çalışmalara ait üretimler için ayrı ayrı verilmiştir. Çizelge 3.28'de görüleceği üzere, seçilen 3 ürün türüne göre de kimyasal kullanımı ile kırıntı materyalde azalma tespit edilmiştir. Kimyasal 2'nin geri dönüşümlü kalitede kapalı ortam toz miktarı ölçümlerindeki sonucun aksine kırıntı miktarının azalmasında daha iyi sonuç elde ettiği izlenmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası kırıntı materyal ölçüm sonuçları,%

Çizelge 3.23: Kimyasal kullanımı öncesi ve sonrası proses değişkenleri.

Ürün	Uzun Elyaf Serbestlik Derecesi; SR	Kısa Elyaf Serbestlik Derecesi; SR	Retansiyon %	Hamur Kasası Katyonik İstek, µeq/l	
Rafinör Bıçağı 1	ÜRÜN A	29-35	26-29	74	12,5
Rafinör Bıçağı 1	ÜRÜN B	29-35	26-29	73	15,7
Rafinör Bıçağı 1	ÜRÜN C	29-35	26-29	71,5	24,7
Rafinör Bıçağı 3	ÜRÜN A	29-35	26-29	74,5	16
Rafinör Bıçağı 3	ÜRÜN B	29-35	26-29	75	9,6
Rafinör Bıçağı 3	ÜRÜN C	29-35	26-29	77	12,3
CK DDUST 75 Kimyasal 1	ÜRÜN A	29-35	26-29	75,6	13,5
CK DDUST 75 Kimyasal 1	ÜRÜN B	29-35	26-29	72	17,5
CK DDUST 75 Kimyasal 1	ÜRÜN C	29-35	26-29	77,2	12,2
Kimyasal2 Setaş Setafix P-V	ÜRÜN A	29-35	26-29	78	12,5
Kimyasal2 Setaş Setafix P-V	ÜRÜN B	29-35	26-29	78,6	16,1
Kimyasal2 Setaş Setafix P-V	ÜRÜN C	29-35	26-29	79,1	11,6

3.1.4.4 Kimyasal kullanımı ile ilgili elde edilen bulgulara ait sonuçlar

Seçimi ve tedarigi gerçekleştirilen iki farklı toz önleyici kimyasal madde belirlenen üç kalite ürün üretiminde denenmiştir.

Toz önleyici kimyasallar kullanılarak yapılan üretilere ait ortam toz miktarı, kâğıt yüzeyinde kalan toz miktarları ve kırıntı materyal oluşumları farklı zamanlarda ölçümler alınarak belirlenmiş ve mevcut duruma göre olan toz azalma oranları verilmiştir.

İki farklı toz önleyici kimyasalın kullanımı ile gerçekleştirilen üretilere ait sonuçlar incelendiğinde kimyasalların her iki üretim noktasında kapalı ortam toz ölçümlerinde azalmayı %100 selülozlu hammadde de gerçekleştirdiği ve kâğıt yüzey tozlanmalarını da azalttığı görülmüştür. Geri dönüşümlü hammadde de ise toz önleyici kimyasalların kırıntı materyal ölçümlerine etki sağladığı halde hem yüzey tozlanma değerlerinde değişime neden olmadığı hem de kapalı ortam toz ölçümlerinde artış gerçekleştiği gözlemlenmiş olup, geri dönüşümlü ürün için toz önleme amacı ile kullanılan kimyasalların yetersiz kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Hammadde olarak %100 selüloz kullanılan ürün türlerinde (A ve B) selülozun yüzey yükleri fazla olduğundan, toz önleyici kimyasallar ile bağlanma daha fazla gerçekleşmekte, geri dönüşümlü hammadde de ise bu durum söz konusu olmadığı için yeterli başarının sağlanamadığı gözlemlenmiştir.

Oysa geri dönüşümlü ürün için toz önleyici kimyasallar ile elde edilen kapalı ortam toz ölçüm sonuçları 1. rafinör bıçağı ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında %

14-69 arasında iyileşme sağladığı görülmektedir. Kırıntı materyal ölçüm sonuçları incelendiğinde ise 1. rafinör kullanımına göre geri dönüşümlü ürün de % 84 fayda sağladığı görülmektedir. Yarı mamul yüzey tozlanmasında ise daha sınırlı bir iyileşme elde edildiği sonucuna varılmıştır.

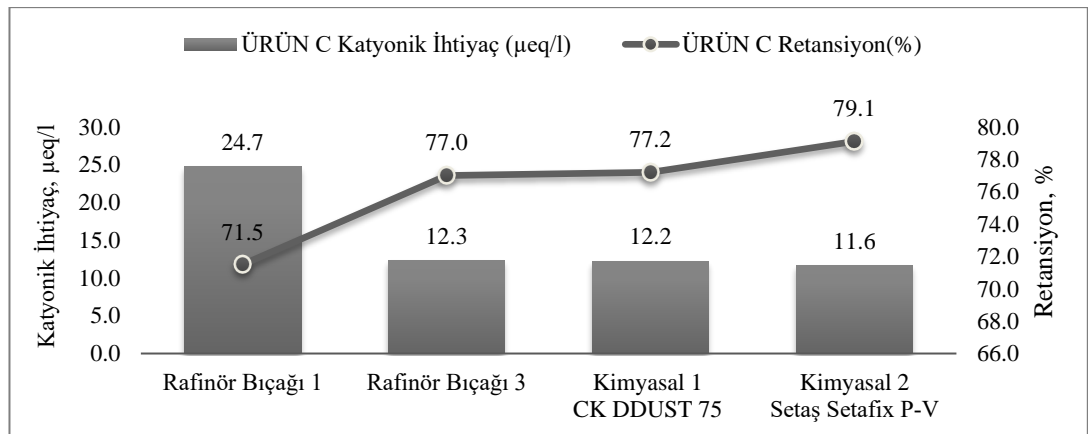
Çıktılara bakıldığına toz önleyici kimyasal kullanımında da genel anlamda tozlanmanın hem yüzeyde hem de kapalı ortam ölçümlerinde azaldığı izlenmiştir. Ancak bu sonuç geri dönüşümlü hammadde ile üretilen kağıtlarda tatmin edici bulunmamıştır.

Kullanılan toz önleyici kimyasal maddelerden Kimyasal 1'in, Kimyasal 2'ye oran ile 3 ürün kalitesinde de daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle de optimizasyon aşamasında Kimyasal 1 (CKDUST 75) dikkate alınarak çalışmanın sürdürülmesine karar verilmiştir.

3.1.5 Optimizasyon Çalışmasına Ait Bulgular

Optimizasyon aşaması öncesinde aynı hammaddeye sahip farklı gramajdaki Ürün A ve Ürün B ürün geliştirme çalışmaları ile aynı gramaja getirildiği için Ürün B üretimi optimizasyon dışında tutulmuştur.

Denemeleri yapılan ve performansları içerisinde en iyi sonuçların elde edildiği CK Dust75 (Kimyasal 2) kimyasalı ile seçilen kalitelerde çalışılmaya devam edilerek geri dönüşümlü ürünlerdeki bağlanmanın yetersiz olması nedeni ile kullanım miktarı 0,5 kg/ton arttırılarak 2 kg/ton olarak çalışılmıştır. Geri dönüşüm hammaddeli üründe her iki kimyasalında başarılı sonuçlar elde edilememiş, bu nedenle kimyasal tüketiminin arttırılarak sistem yüklerinin dengelenmesine karar verilmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21: Optimizasyon çalışması öncesi ÜRÜN C'ye ait hamur kasası retansiyon ve katyonik ihtiyaç değişimi.

Seçilen üç kalitenin iki tanesinin selülozlu ürün olması ve çalışma esnasında ürün gramajlarının da aynı gramaj değerlerine gelmesi nedeni ile optimizasyon çalışmasına iki ürün (Ürün A ve Ürün C) ile devam edilmiştir.

3.1.5.1 Optimizasyon çalışmasının kağıt yüzey tozlanması üzerine etkisine ait bulgular

CKDUST kimyasalı ile yapılan üretimlerden elde edilen kâğıtların yüzeylerinde de toz ölçümlerine devam edilmiştir. Ölçümlere ait sonuçlar Çizelge 3.24’de sunulmuştur. Yüzey toz ölçümlerinin 2 kg/ton kimyasal tüketiminde bir önceki çalışma sonuçlarına göre Ürün A için ortalamada artış gösterdiği, Ürün C için ise düştüğü görülmüştür. Ortam toz ölçümlerinde her iki ürün için bir değişiklik gözlemlenmemesine rağmen yüzeyde kırıntı elyafın bağlanması selülozlu üründe zayıfladığı görülmektedir.

Çizelge 3.24: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası kâğıt yüzey tozlanma ölçümleri ortalamaları,%.

Ürün	Rafinör Bıçak 1	Rafinör Bıçak 3	Kimyasal 1 CK DUST 75	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V	Optimizasyon Kimyasal 1 CK DDUST 75
ÜRÜN A	3,98	2,42	1,98	2,30	2,45
ÜRÜN C	1,83	2,41	2,70	2,49	2,09

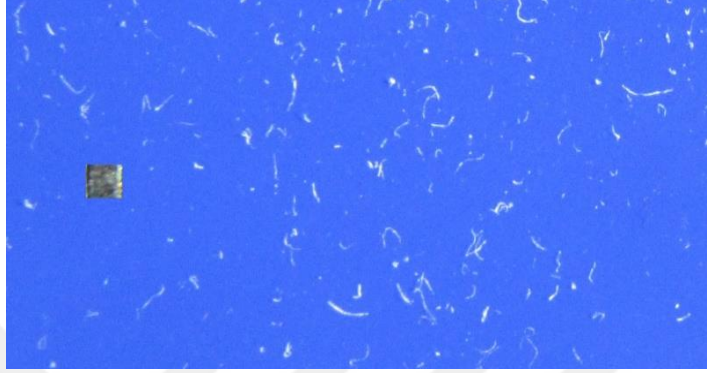
Ürün C’de ise kimyasal miktarının 2 kg/ton’a artırılması kırıntı elyafın bağlanmasını arttırmış ve rafinör bıçak değişimi sonrasında artan yüzey tozlanmasını yaklaşık ortalamada %22 oranında toz oranını azaltmıştır. Bıçak dizaynı 1’e oranla %15 yüzey tozlanmasında artış mevcudiyeti devam etmektedir. Bu durum geri dönüşümlü elyafın ağartılmış hamura oran ile tutunmasının daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 3.25: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası kâğıt yüzey tozlanma ölçümleri ortalamaları arasındaki yüzdesel değişim,%.

Yarı Mamul Kağıt	Rafinör Bıçak 1	Rafinör Bıçak 3	Kimyasal 1 CK DUST 75	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V	Optimizasyon Kimyasal 1 CK DDUST 75
ÜRÜN A	0	39%	50%	42%	39%
ÜRÜN C	0	-32%	-48%	-36%	-15%

Her iki üründe kimyasal miktarındaki 2 kg/ton'a artışın farklı etkilerinin olma nedeni sistemde oluşturdukları yük dengelerinin farklı olması dolayısı ile elyafın bağ yapma karakteristiklerinin değişkenlik göstermesine neden olmaktadır.

Örnek toz ölçümü analiz sonucuna (Ürün A) ait görseller şekil ve çizelgeler ile verilmiştir (Şekil 3.22, Şekil 3.23, Çizelge 3.26).



Şekil 3.22: Optimizasyon çalışması sonrası Ürün A'ya ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-orjinal fotoğraf

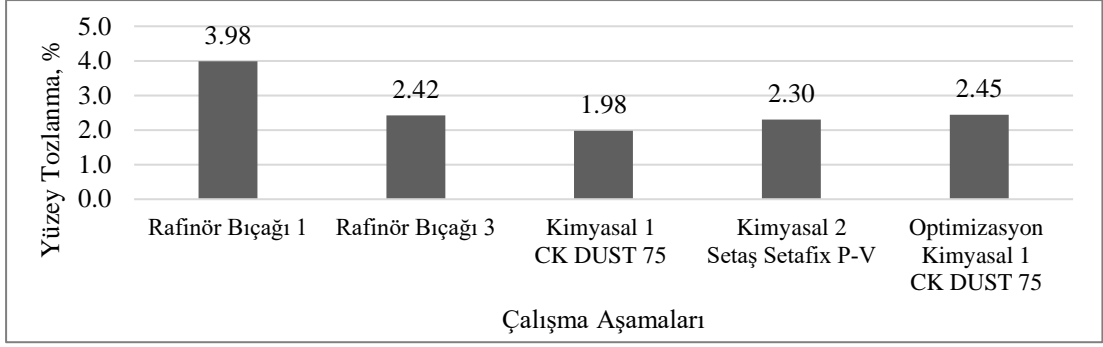


Şekil 3.23: Optimizasyon çalışması sonrası Ürün A'ya ait yüzey tozlanma ölçüm fotoğrafları-ImageJ programında işlenmesi sonrası fotoğraf

Çizelge 3.26: Optimizasyon çalışması sonrası Ürün A'nın yüzeyinden alınan tozların görüntü analiz sonuçları.

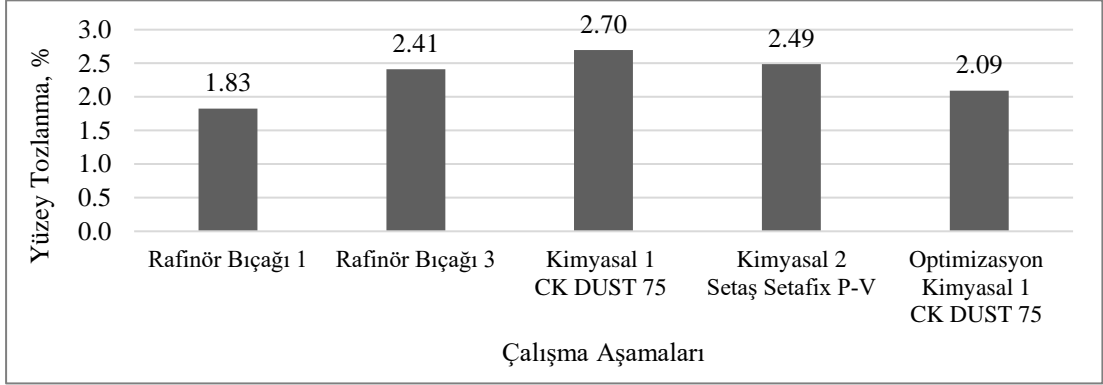
Sayı	Toplam Alan	Ortalama Büyüklük (mm)	% Alan	Ortalama
387	3.729	0.010	2.215	254.842

ÜRÜN A: 2 kg/ton'a kimyasal kullanımındaki artış ile Selülozlu üründeki yüzey tozlanmasının sürekli değişkenlik gösterdiği ve ortalama da % 2,45 değerinde kaldığı görülmektedir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası Ürün A'ya ait yüzey tozlanma değerleri değişimi, (%).

ÜRÜN C: Geri dönüşümlü üründe yüzey toz ölçüm sonuçlarının değişkenliğinin daha az olduğu ve 2 kg/ton'a kimyasal artışı ile ortalama yüzey tozlanma değerlerinin düştüğü görülmüştür (Şekil 3.25).



Şekil 3.25: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası Ürün C'ye ait yüzey tozlanma değerleri değişimi (%).

3.1.5.2 Optimizasyon çalışmasının ortam tozlanmasına olan etkisine ait bulgular

Seçilen iki toz önleme kimyasalı kullanılarak yapılan üretimlerde ortaya çıkan toz ölçümlerine, daha önceki çalışmalardaki ölçüm ilkeleri doğrultusunda devam edilmiştir. Optimizasyonda CK DUST 75 ile yapılan üretimlerin kağıt yüzey toz ölçümü gerçekleştirilmiş olup, ürüne dönüşme esnasındaki ortam toz ölçüm sonuçları alttaki Çizelge 3.27'de verilmiştir.

Konfeksiyon tesisinde yapılan ölçümlerde ortam tozlanmalarında artış olduğu görülmüştür. Yüzeyde tozlanma miktarının Ürün A için arttığını Çizelge 3.28'de görmekteyiz. Konfeksiyon tesisinde kullanımı esnasında da ortam tozlanmasındaki artış ile etkisini gözlemleyebiliyoruz

Çizelge 3.27: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası kağıt makinası kapalı ortam toz miktarı, mg/m³.

Yarı Mamul Kağıt Adı	Rafinör Bıçağı 1 1*	Rafinör Bıçağı 1 2**	Rafinör Bıçağı 3 1*	Rafinör Bıçağı 3 2**	Kimyasal 1 CK DUST 75 1*	Kimyasal 1 CK DUST 75 2**	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V 1*	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V 2**	Optimizasyon CK Dust 75 1*	Optimizasyon CK Dust 75 2**
ÜRÜN A	7	5,74	4,51	3,13	3,37	2,3	3,24	2,16	3,64	2,12
ÜRÜN C	2,91	2,5	2,52	2,1	3,33	2,3	4,28	2,16	3,71	1,86

1* Raspa Ünitesi Yanı

2** Kağıt Makinesi Yanı

Çizelge 3.28: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası konfeksiyon tesisi ortam toz miktarı, mg/m³.

Yarı Mamul Kağıt Adı	Rafinör Bıçağı 1 1*	Rafinör Bıçağı 1 2**	Rafinör Bıçağı 3 1*	Rafinör Bıçağı 3 2**	Kimyasal 1 CK DUST 75 1*	Kimyasal 1 CK DUST 75 2**	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V 1*	Kimyasal 2 Setaş Setafix P-V 2**	Optimizasyon CK Dust 75 1*	Optimizasyon CK Dust 75 2**
ÜRÜN A	3,75	6,25	2,34	5,43	2,11	5,35	2,26	4,29	2,24	5,41
ÜRÜN C	4,18	6,66	2,08	4,39	2,09	4,11	2,25	3,31	2,5	5,02

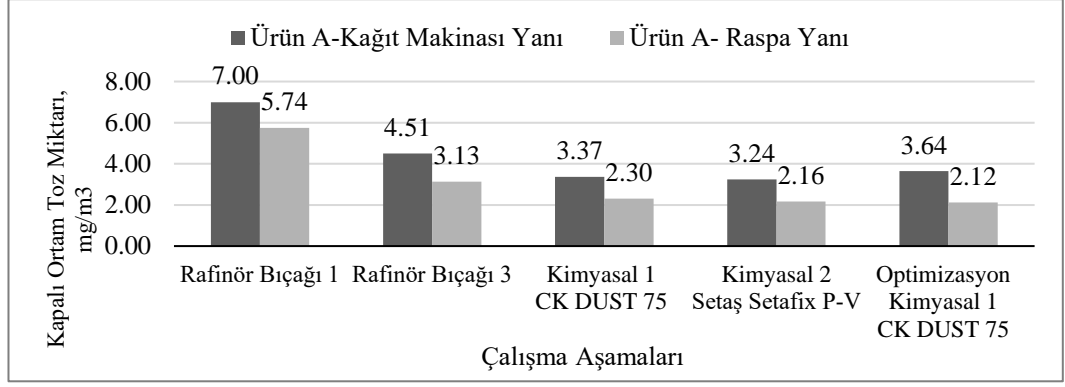
1* Makinist tarafı

2** Tahrik Tarafı

ÜRÜN C için ise yüzey tozlanmanın azalmasına rağmen konfeksiyon da gerçekleşen dönüşümde ortam tozlanmanın bir miktar arttığı görülmektedir. Bu artış konfeksiyon makinalarındaki gofraj baskıları ve makina parametreleri ile kağıda bağlanan kırıntı elyafların koparılmasından dolayı gerçekleşmektedir.

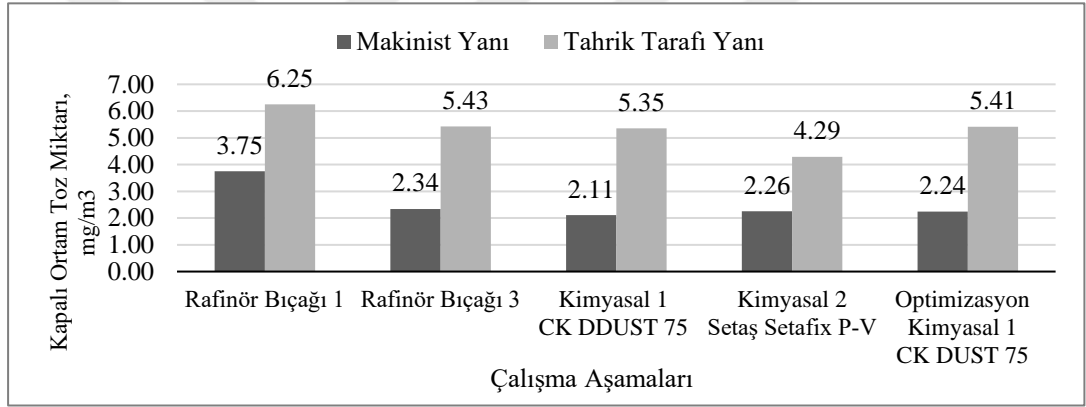
Şekil 3.26, Şekil 3.27, Şekil 3.28 ve Şekil 3.29'da her iki ürün üretimi esnasında gerçekleştirilen kağıt makinası kapalı ortam toz ölçüm değerleri verilmiştir. Değerlere bakıldığında her üretim esnasında oluşan tozlanmanın farklılık gösterdiği görülmektedir.

ÜRÜN A: Raspa yanında oluşan toz miktarına bakıldığında ortalama 3.6 mg/m³ düzeyinde stabil seyrettiği görülmektedir. Kağıt makinasının uzak noktasına bakıldığında ise ortamda toz yayılmasının sürekli değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bir önceki uygulamadaki performans Çizelge 3.27 ve Şekil 3.26'daki veriler ile karşılaştırıldığında çok yakın değerlerin gerçekleştiği görülmektedir.



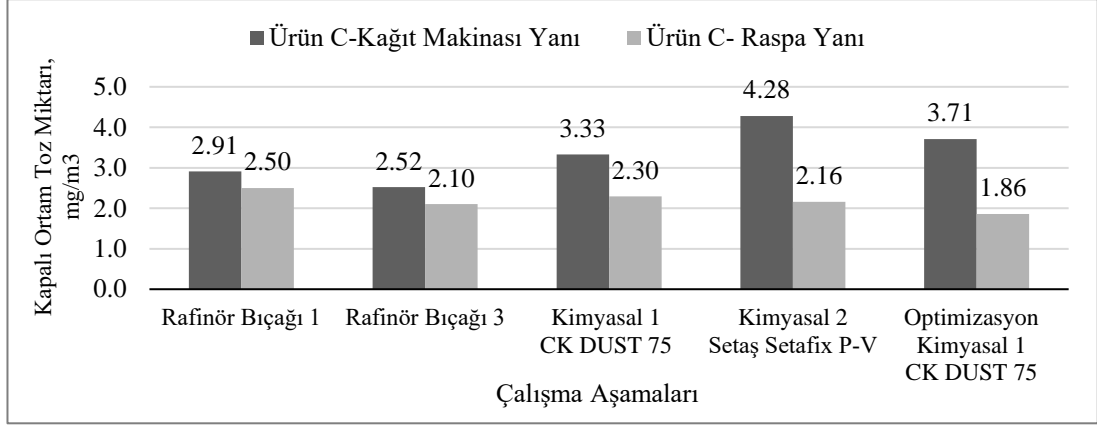
Şekil 3.26: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası Ürün A'ya ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümleri ortalamaları, mg/m³.

İlk çalışmada kimyasalın kullanım miktarı 1,5 kg/ton iken bu çalışmada 2 kg/ton'a çıkarılmasına rağmen kimyasal kaynaklı iyileşmenin etkisinin artmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.27).

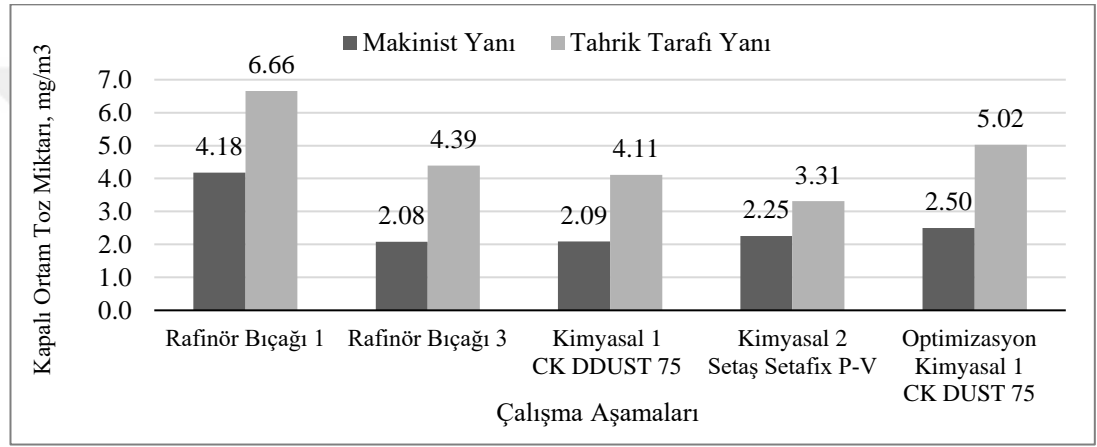


Şekil 3.27: Optimizasyon öncesi ve sonrası Ürün A'ya ait konfeksiyon tesisi kapalı ortam toz ölçümleri ortalamaları, mg/m³.

ÜRÜN C: Bu üründe geri dönüşüm ve selüloz hammaddeleri birlikte bulunmakta olup, içerisinde selülozlu ürüne oran ile daha fazla kırıntı elyaf miktarları bulunmaktadır. Bu kırıntı elyafların bağlanması selülozlu ürüne göre daha zor olmakla birlikte ölçümlere bakıldığında makina yanında toz oranının selülozlu ürüne oran ile daha düşük olduğu görülecektir (Şekil 3.28). Çizelge 3.27'ye bakılarak bir önceki çalışmaya göre kullanım miktarında gerçekleşen 0,5 kg/ton'luk artışa rağmen bu üründe de ortam tozlanmada azaltıcı etkinin olmadığı, değerlerin birbirine yakın olduğu gözükmemektedir.



Şekil 3.28: Optimizasyon çalışması öncesi ve sonrası Ürün C'ye ait kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümleri ortalamaları, mg/m³.



Şekil 3.29: Optimizasyon öncesi ve sonrası Ürün C'ye ait konfeksiyon tesisi kapalı ortam toz ölçümleri ortalamaları

Optimizasyon aşamasının tamamlanması ile birlikte kağıt makinası kapalı ortam toz ölçümlerindeki ortalama değerler arasındaki farklar Çizelge 3.28'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde Kimyasal 1 ile gerçekleştirilen optimizasyon sonucu raspa ünitesi yanından gerçekleştirilen ölçümlerde ortama dağılan toz miktarında başlangıç ölçüm miktarına oran ile %48 iyileşme tespit edilmiştir. Kimyasal kullanım miktarının 1,5 kg/ton olduğu bir önceki aşamada Ürün A için raspa ünitesi yanındaki tozlanmanın %52 azaldığı görülmektedir. Bu da kullanım miktarının artırılmasının ters etki yaptığı ve elyafların bağlanmasının olumsuz etki yaptığını göstermektedir. Ürün C için tablo incelendiğinde ise rafinör bıçak dizaynı değişiminde %13 olarak gerçekleşen azalmaya karşılık, kimyasal kullanımı ve optimizasyon aşamasında kağıt makinasında ortama dağılan tozlanmada artış olduğu tespit edilmiştir. Yüzey tozlanma değerleri ise tam tersi etki göstermiştir.

Çizelge 3.29: Optimizasyon aşaması öncesi ve sonrası kağıt makinası kapalı ortam ölçümlerindeki yüzdesel değişim,%.

Yarı Mamul Kağıt Adı	Rafinör Bıçak Dizaynı 1		Rafinör Bıçak Dizaynı 3		Kimyasal 1 Kullanımı		Kimyasal 2 Kullanımı		Optimizasyon	
	Mevcut Bıçak				CK Dust 75		Setafix P-V			
	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**
ÜRÜN A	0%	0%	36%	45%	52%	60%	54%	62%	48%	63%
ÜRÜN C	0%	0%	13%	16%	-14%	8%	-47%	14%	-27%	26%

1* Raspa Ünitesi Yanı
2** Kağıt Makinesi Yanı

Konfeksiyon tesisi kapalı ortam ölçümlerinin tüm aşamalarda yapılan ölçümlerine Çizelge 3.29'da bakıldığında ise optimizasyonda Kimyasal 1 kullanım miktarının 2 kg/ton'a çıkarılması ile ortam tozlanmasında makinist tarafında %14 olan toz azalmasının %1 oranına gerilediği tespit edilmiştir (Çizelge 3.30). Geri dönüşümlü üründe de tozlanmada artış olduğu gözlemlenmiştir. Kağıt makinası çıkışından gerçekleştirilen kağıt yüzey tozlanma sonuçlarındaki iyileşmenin konfeksiyon tesisi ortam toz ölçümlerine yansımaması konfeksiyon tesisinde kağıdın fazla zorlanması sonucu sürtünme ve gofrajın da etkisi ile toz oluşumuna neden olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.30: Optimizasyon aşaması öncesi ve sonrası konfeksiyon tesisi kapalı ortam ölçümlerindeki yüzdesel değişim,%.

Yarı Mamul Kağıt Adı	Rafinör Bıçak Dizaynı 1		Rafinör Bıçak Dizaynı 3		Kimyasal 1 Kullanımı		Kimyasal 2 Kullanımı		Optimizasyon	
	Mevcut Bıçak				CK Dust 75		Setafix P-V		CK Dust 75	
	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**
ÜRÜN A	0%	0%	38%	13%	10%	14%	64%	31%	1%	-1%
ÜRÜN C	0%	0%	50%	34%	-1%	38%	66%	50%	-11%	-22%

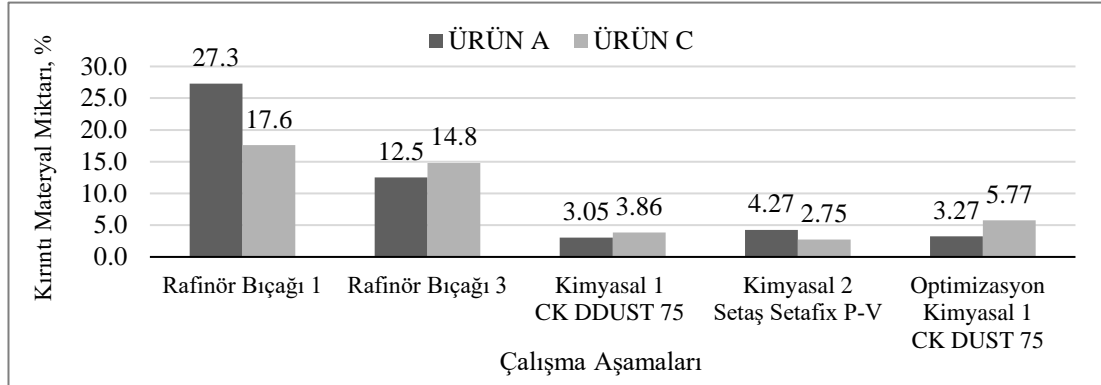
1* Makinist Yanı
2** Tahrik Tarafı

3.1.5.3 Optimizasyon çalışmasının lif morfolojisi ve elde edilen kağıt özellikleri üzerine olan etkisine ait bulgular

Seçimi gerçekleştirilen CK DUST 75 kimyasalının 2 kg/ton kullanımı ile yapılan sistem kırıntı materyal ölçümlerinde değerlerin yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Kırıntı materyalin sistemde bir önceki çalışmalara göre yüksek olmasına rağmen özellikle Ürün C için yüzey tozlanmanın düşmesi kimyasalın başarılı olduğunun göstergesidir. Sistemde daha fazla kırıntı elyaf olmasına rağmen kimyasalda

gerçekleşen 0,5 kg/ton luk artış bu kırıntı elyafların kağıda bağlanmasını sağlamıştır (Şekil 3.30).



Şekil 3.30: Kırıntı materyal sonuçları (%)

3.1.5.4 Optimizasyon çalışması ile ilgili elde edilen bulgulara ait sonuçlar

Kimyasal seçimi aşamasında kullanılan kimyasallardan en iyi performansı veren CK DUST 75, geri dönüşümlü ürünlerdeki performansın artırılması için tüketim miktarı 2 kg/ton'a çıkarılarak optimizasyon çalışmalarına devam edilmiştir.

Seçilen 3 kaliteden 2 tanesinin selülozlu ürün olması nedeni ile 2 adet kalite ile optimizasyona devam edilmiştir. Ürün A selülozlu, Ürün C ise geri dönüşümlü ürün ile optimizasyon çalışması yapılmıştır.

CK DUST 75 Toz önleyici kimyasal kullanılarak yapılan üretime ait ortam toz miktarı, kâğıt yüzeyinde kalan toz miktarları ve kırıntı materyal oluşumları farklı zamanlarda ölçümler alınarak belirlenmiş ve mevcut duruma göre olan değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

CK DUST 75 kimyasalının optimizasyon çalışmasında 0,5 kg/ton artırılarak kullanılması ile gerçekleştirilen üretime ait sonuçlar incelendiğinde kimyasalın her iki üretim noktasında kapalı ortam toz ölçümlerinde azalmayı koruduğu, Ürün C (geri dönüşüm ve selüloz karışımı) için performansını bir önceki çalışmaya göre arttırdığı gözlemlenmiştir.

Yüzey tozlanmada Ürün C'de %22 azalmanın 0,5 kg/ton kimyasal artışı ile sağlandığı selülozlu olan Ürün A'da ise kullanım miktarının artırılmasının etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir.

Konfeksiyon üretimleri esnasında yapılan ölçümlerde Ürün A için azaltılan yüzey tozlanma, üretim esnasındaki mekanik etkiler sonucu artmakta ve ortamın toz oranını

da arttırmaktadır. Ürün C çalışması boyunca sistemdeki kırıntı elyaf miktarının selülozlu ürüne göre fazla olduğu tespit edilmiştir. Geri dönüşümlü üründe yüzey tozlanmanın azalması ile kırıntı elyafın kağıt liflerine bağlandığı izlenmiştir. Yapılan yüzey toz ölçüm metodunda uygulanan baskıda yolunma yolu ile kırıntı elyafın yüzeyden kopması azalırken, konfeksiyon tesisinde gerçekleşen etkide ortama daha fazla toz salınması ise elyaf bağlarının fazla mekanik etki ve sürtünme nedeni ile bozulduğu yorumunu getirmektedir.

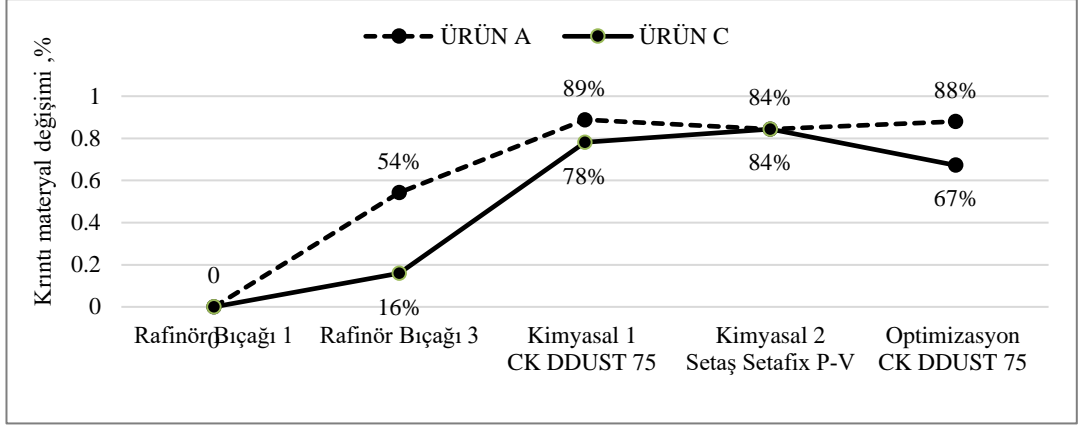
Sonuç olarak optimizasyon çalışması çıktılarına bakıldığında toz önleyici kimyasalın geridönüşümlü kalite için (Ürün C) 2 kg/ton kullanımının genel anlamda tozlanmanın hem yüzeyde hem de ana makina kapalı ortam ölçümlerinde azalttığını göstermiştir. Ancak bu sonuç selülozlu hammadde ile üretilen kağıtlarda tatmin edici bulunmamıştır. Bir önceki kimyasal seçimi esnasında kullanılan 1,5 kg/ton kullanım miktarı ile farklılık görülmemiştir.

Toz miktarının kimyasal kullanım miktarının arttırılması ile geri dönüşümlü kalite için azaltılabildiği, selülozlu üründe ise maksimum performansın 1,5 kg/ton ile alındığı gözlemlenmiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada temizlik kağıdı üretiminde yangın, hijyen ve kalite problemlerine neden olan, rafinör ve kağıt üretim prosesi kaynaklı oluşan tozun mekanik ve kimyasal yollar ile azaltılması hedeflenmiştir. Öncelikle çalışma başlangıç durum tespiti yapılarak mekanik etkiyi oluşturan rafinör için bıçak dizayn çalışması ve kağıt üretim prosesi içerisindeki kırıntı materyalin elyaf yüzeyine bağlanması için kullanılacak kimyasalların belirlenmesi ve temini gerçekleştirilmiştir. Bıçak dizaynı için fibrilasyon kabiliyeti yüksek, kesme etkisi düşük 2 farklı bıçak dizaynı seçilmiştir. Kimyasal etki için farklı yapıda bağlayıcı 2 kimyasal belirlenmiş ve tedarik edilmiştir. Bu aşamada uygulanacak değişkenlerin de ölçümü yapılarak performans izlemesinin takip edileceği testler ve test metodları belirlenmiş , geliştirilmiştir. Bu kapsamda, yüzey tozlanma ve ortamdaki kağıt tozunun ölçümü için test metodları geliştirilmiştir.

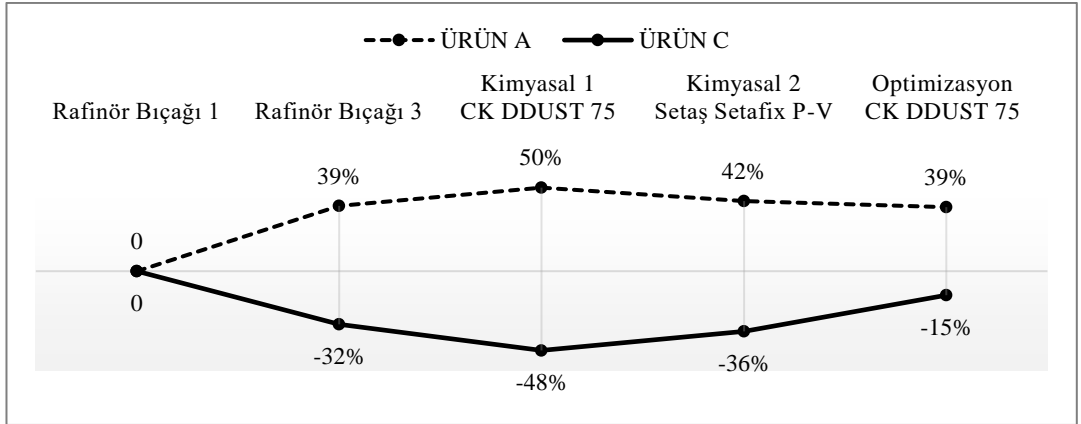
Çalışmanın ilk adımında rafinörlerde kullanılan bıçakların belirlenen ve tedarik edilen dizaynları ile kullanımına odaklanılmıştır. Seçilen bu rafinör bıçakları projenin ilk aşamasında kullanılarak kağıt yüzeyindeki tozlanma, proses içinde oluşturduğu kırıntı elyaf miktarları, kağıt makinası ve konfeksiyon üretim sahalarına, ortama yayılan toz miktarındaki değişkenlik takip edilmiştir. Çalışması gerçekleştirilen 3 farklı dizayndaki rafinör bıçaklarından belirtilen etkiler üzerine en iyi sonucu sağlayan bıçak ile çalışmanın ikinci aşamasına geçilmiştir. Çalışmada kullanılan 3 adet farklı dizayn rafinör bıçaklarından bıçak dizaynı 2 olarak kodlanan kesme açısı 25 derece, dar bıçak aralıklarına sahip, 2 segmentli ve kesme mesafesi 11 km olan bıçak, sistemde elyaf akışında tıkanma yaratması nedeni ile kullanılamamıştır. Değerlendirme 1 ve 3 numaralı dizaynlar ile yapılmıştır. Çalışma sonunda sadece rafinör bıçağının değişimi ile kırıntı material oluşumunda azalma tespit edilmiştir. Kırıntı material miktarındaki azalma bıçak dizaynı 3 kullanımı ile selülozlu Ürün A için azalma %54 iken geri dönüşümlü üründe %16 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Kırıntı materyal miktarının aşamalara göre azalma oranları, %.

Çalışmanın ikinci aşamasında belirlenen rafinör bıçağı ile kırıntı materyalin elyafa kimyasallar ile bağlanmasına odaklanılmıştır. Kırıntı elyaf miktarındaki azalmanın seçilen iki adet kimyasal kullanımı ile devam ettiği tespit edilmiştir. Kimyasal 1 ile devam edilen optimizasyon da kimyasal miktarının 2 kg/ton'a çıkartılması ile Ürün A için korunan azalma Ürün C için negatif yönde sonuç vermiştir. Optimizasyon sonunda kırıntı materyalde azalma selülozlu ürün için %88, geri dönüşümlü ürün için %67 olarak gerçekleşmiştir.

Yüzey tozlanma değerlerinde bıçak değişimi ile selülozlu olan Ürün A'da %39 azalma sağlanırken, geridönüşümlü üründe durum olumsuz yönde etkilenerek %32 yüzey tozlanmasında artış yaşanmıştır. Rafinör bıçak dizaynı değişiminin geri dönüşümlü üründe ters etki yapma nedeni olarak seçilen bıçak dizaynının kısa ve uzun selüloz tiplerinin optimum öğütümünü yapacak şekilde dizayn edilmesine karşılık, lif kalitesi olarak daha zayıf olan geri dönüşüm elyafına negatif etki yapmasıdır. Rafinör tiplerinin elyaf hatlarında farklı dizaynlar ile ayrı ayrı konumlandırılmasının gerekliliği çalışma esnasında tespit edilmiştir.

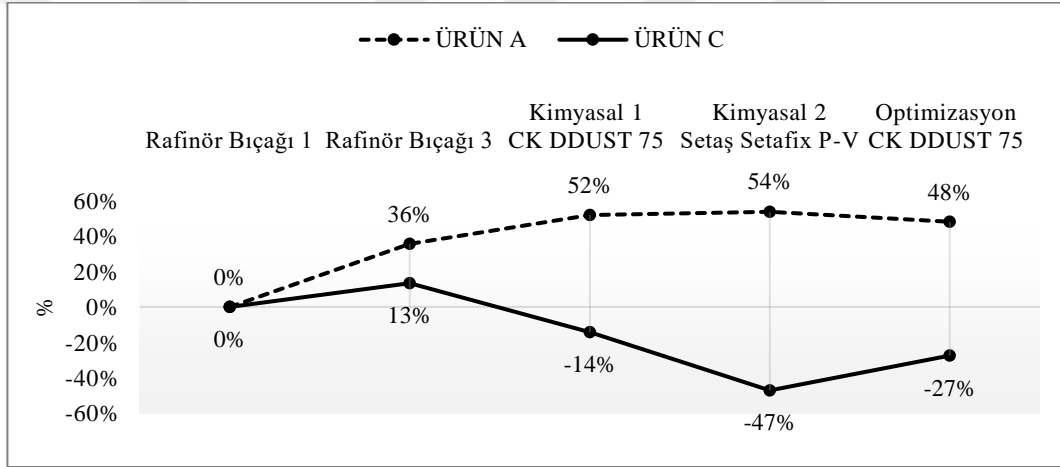


Şekil 4.2: Yüzey tozlanma miktarındaki azalma oranları, %.

Kimyasal 1 'in optimizasyon aşamasında kullanımı ve miktarının artırılması ile geri dönüşümlü üründe rafinörün etkisi ile artan yüzey tozlanması bir miktar azaltılmıştır.

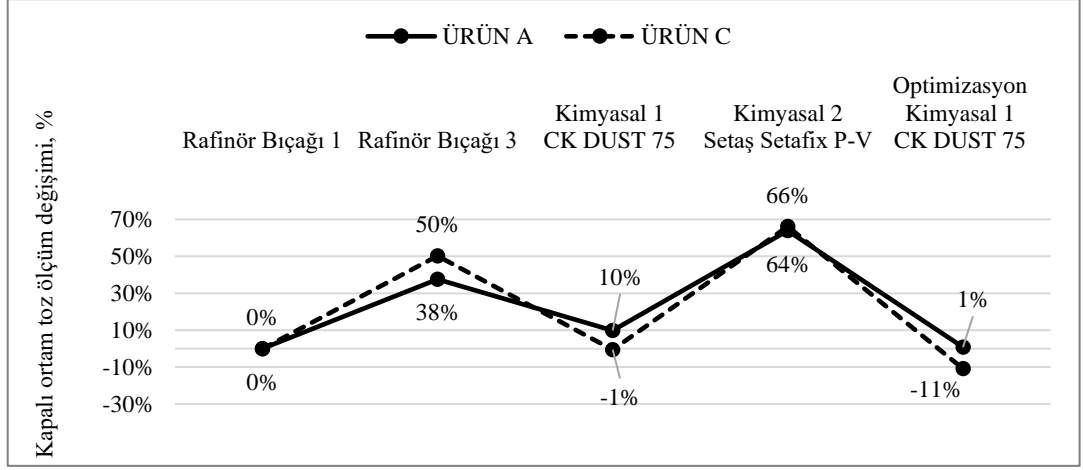
Kağıt makinası ve konfeksiyon tesisinde ortama yayılan toz miktarı incelendiğinde ise Şekil 4.3 ve Şekil 4.5'de görüleceği üzere kağıt makinasında rafinör bıçağı değişiminde ortama yayılan toz miktarında artışın başladığı ve kimyasal kullanımı ile bu artışın korunduğu görülmektedir. Kimyasal miktarının artırılması ise yüzey tozlanma ölçümlerinde olduğu gibi selülozlu üründe olumsuz etki yaratmıştır.

Geri dönüşümlü üründe ise rafinör değişimi ile ortama yazılan toz salınımı azalmasına rağmen kimyasal kullanımına geçildiğinde olumsuz etkilenmiştir. Kimyasal kullanımının optimizasyon aşamasında artırılması toz salınımını bir miktar düşürsede selülozlu ürünlerdeki gibi başarılı bir sonuç elde edilememiştir.



Şekil 4.3: Kağıt makinası raspa yanı ortam toz ölçümleri değişim oranları , %.

Konfeksiyon tesisi ortam toz ölçümlerinde ise durum çok değişkenlik göstermiştir. Rafinör bıçak değişiminde azaltılan toz salınımı kimyasal kullanımında ilk aşamada negatif etki göstermiştir. İkinci kimyasal kullanımında ise toz salınımında yeniden azalma gözlenirken, kimyasal 1 ile devam edilen optimizasyonda ortama yayılan toz miktarında artış gözlemlenmiştir. Bu durum bize konfeksiyon tesisinde uygulanan gofraj işleminin de kağıt tozlanmasına etkisinin olduğunu göstermiştir. Bu nedenle çalışmanın üçüncü aşaması olarak konfeksiyon tesisinde uygulanan baskı ve sürtünmelerin takibinin yapılması gerektiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.4: Konfeksiyon tesisi makinist yanı ortam toz ölçümleri değişim oranları, %.

Yapılan tüm aşamalarda çalışmaları sonucunda ;

- I. Rafinör bıçağının 3 segmentli yapı ile değişimi her iki ürün kalitesi için yapılan tüm ölçümlerde iyileşme sağlamıştır.
- II. Belirlenen rafinör bıçak dizaynının kullanımı sürdürülebilir kılınmış, dövme işlemi standartlaştırılmıştır.
- III. Kağıt yüzey tozlanması için mum testinden yola çıkılarak test metodu geliştirilmiştir.
- IV. Çalışma sonunra kağıt yüzey tozlanma miktarında selülozlu üründe %39 oranında azalma sağlanmıştır. Geri dönüşümlü ürün için ise %15 artışa neden olmuştur.
- V. Tozlanma nedeni ile özellikle geçmiş yıllarda ihracat müşterilerinden gelen şikayetlerin önüne geçilmesi sağlanmıştır.
- VI. Tozun bağlanması için kullanılan kimyasalın tüm üretimlerde kullanılması yaygınlaştırılmıştır.
- VII. Yapılan tüm çalışmalar sonucu ana makina üretim esnasında tozun mekanik ve kimyasal etki ile azaltılmasına rağmen sürtünme ve mekanik etkiye ayrıca Konfeksiyon tesisindeki maruz kalması nedeni ile ürün tozlanmasının ve ortam tozlanmasının Konfeksiyon üretim sahasında devam ettiği gözlemlenmiş, toz azaltma çalışmasının bu alanda da yapılması ve iyileştirmenin gerektiğini göstermiştir

Sonuç olarak çalışmada başlangıcında ortaya konulan hedefler yakalanmıştır. Proje çıktısı olarak elde edilen temizlik kağıdı toz oranı düşürülmüş, kullanım amacına göre hijyenik özellikleri geliştirilmiş, proses içinde rafinör bıçakları belirlenen dizaynda standartlaştırılmış, kırıntı materyali elyafa bağlayan kimyasalın kullanımı tüm kalitelere yayılmıştır. Ayrıca temizlik kağıdı üretim prosesinde tozun ölçümü ve kağıt yüzeyindeki tozun ölçümü için test metodları geliştirilmiştir.



KAYNAKLAR

- Biermann, C. J.** (1996). *Handbook of Pulping and Papermaking*, Corvallis, Oregon
- Blechschmidt, J. & Heinmann, S. & Putz, H. J. & Laufmann, M. & Kogler, W. & Gliese, T. & Authorn, W.J.** (2012). *Paper and Board, 2. Raw Materials for Paper and Board Manufacture*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- Boudreau, J.** (2013). *New methods for evaluation of tissue creping and the importance of coating, paper and adhesion*, Karstad
- Buckman Laboratories International Inc.** (1996), *Tissue Formers*, Tissue Training
- Brouillette, F., Morneau, D., Chabotand, B., Daneault, C** (2006). Evaluation of new lint reduction additives in woodcontaining papermanufacturing, *Pulp and Paper Canada*, 107(2), 47-50
- CEPI**, (2017). Key Statistics 2017 Report, Brussels; Confederation of European Paper Industries
- Chen, G.** (2011). *A Computational Mechanics Model for the Delamination and Buckling of Paper during the Creping Process* (Doktora tezi). North Carolina State University, Graduate Faculty, Raleigh, North Carolina
- DIN German Institute for Standardization.** (2014). Berlin, Germany:DIN
- Gavelin, G., Söder, I., Jonsson, B.** (1999): Mjukpapper (In Swedish), Skogsindustrins Utbildning i Markaryd AB, Markaryd, Sweden
- Haggith, M.** (2018). *The State of the Global Paper Industry Report, Chapter 1 Enviromental Paper Network*, Scotland: UK, EPN
- Hakkarainen,K., Sillanpää,M.,** (2007). Flocculation in Paper and Pulp Mill Sludge Process, *Research Journal Of Chemistry And Environment*, 11 (3),96-100.
- Holik, H.** (2006). *Handbook of Paper and Board*, Germany, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- ISO International Organization for Standardization**, Geneva, Switzerland
- Janda, B.** (2019) *Could Consumer Focuson Sustainability Disrupt the Tissue Business*, [PowerPoint slides]. Fisher International https://www.fisheri.com/images/features/webinars/Fisher_Webinar_Could_Consumer_Focus_on_Sustainability_Disrupt_the_Tissue_Business.pdf
- Karademir A., Aydemir C., Tutak D., Aravamuthan R.** (2018). Printability of papers recycled from toner and inkjet-printed papers after deinking and recycling processes, *Journal of Applied Biomaterials &Functional Materials*, 16(2), 76–82
- Karademir, A., İmamoğlu, S.,** (2007). Effects of Dry Strength Resin and Surfactant Addition on the Paper Made From Pulps with Different Freeness Level, *Journal of Applied Science*, 7(4), 484–488

Karademir, A., Tutuş A., Mengenoğlu F. (2003) Kağıt İç Yapıştırmasında Kaolen, CaCO₃, ve TiO₂ Dolgu Maddelerinin Alkil Keten Dimer (AKD)'i Tutma Karakteristikleri., *XI. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiri Kitabı* , 2003b

Kimberly Clark (1997) *Tissue 101, Stock Preparation, Refining*

Kullander, J. (2012). *Evaluation of furnishes for tissue manufacturing; suction box dewatering and paper testing*, (Lisans Tezi), Karlstad University, Faculty of Technology and Science, Karstad

Leendet, A. G., Broo, C. E. (2012). A Novel method for determination of linting properties of paper, *Tappi Journal*, 11(10), 9-17

Lumiainen, J. (2000) *Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End, Chapter 4 Refining of chemical pulp*, Finnish Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy

Miyaniishi, T., (1998). *Optimization Of Paper Machine Wet-End Neutral, PCC Filled Newsprint*, "A Paper at 1998 TAPPI Coating/PaperMaking Conference

Sheridan, G. & Hirst, R. & Hassler, T. (2005). Dust-No longer an Issue for Tissue, *Tissue World Conference: the 7th International Conference and Exhibition on Tissue Business*, (ss.1-6). Nice, France : Tisse World, 4-7 Nisan

Shur, M., Klein, G., Kourti, I., Rodrigo, M.G., Santonja, G.G., Roudier, S., Sancho, L.D., (2015). Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper, Integrated Pollution Prevention and Control (2010/75/EU), Spain; European Commission

TAPPI Standarts, Atlanta, Georgia USA

The Waste & Resources Action Programme (WRAP), (2005) , Specifying recycled content in tissue paper for your organisation, Banbury, England

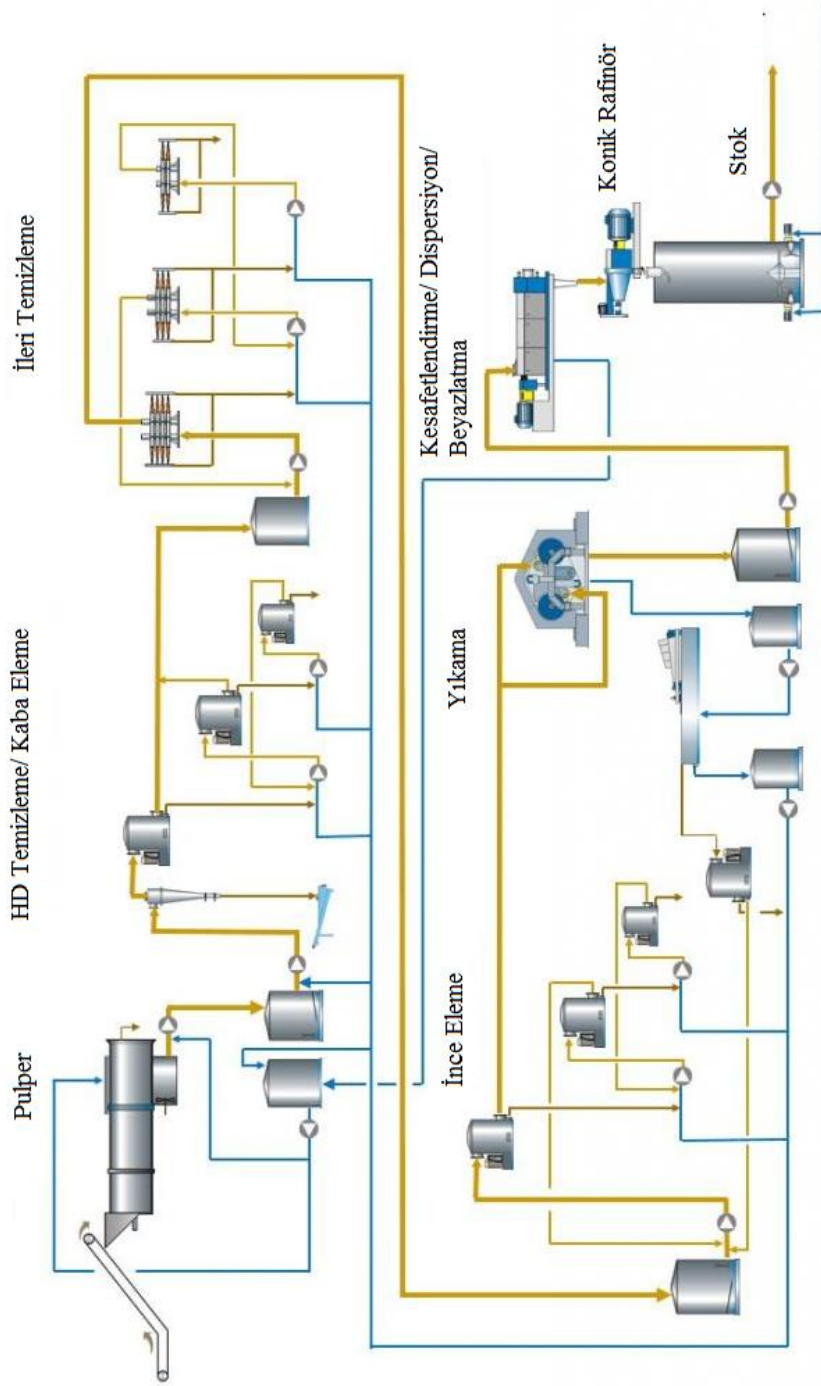
TSE Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye

Williamson, M. (2015). Taming the unstable, dusty tissue sheet –Valmet

Vinson, K. D., Deason, H. T. (1997) *U.S Patent No. 5700352 A*, Ohio, U.S. Patent and Trademark Office.

EKLER

EK A: Geridönüşüm tesisi akış diyagramı



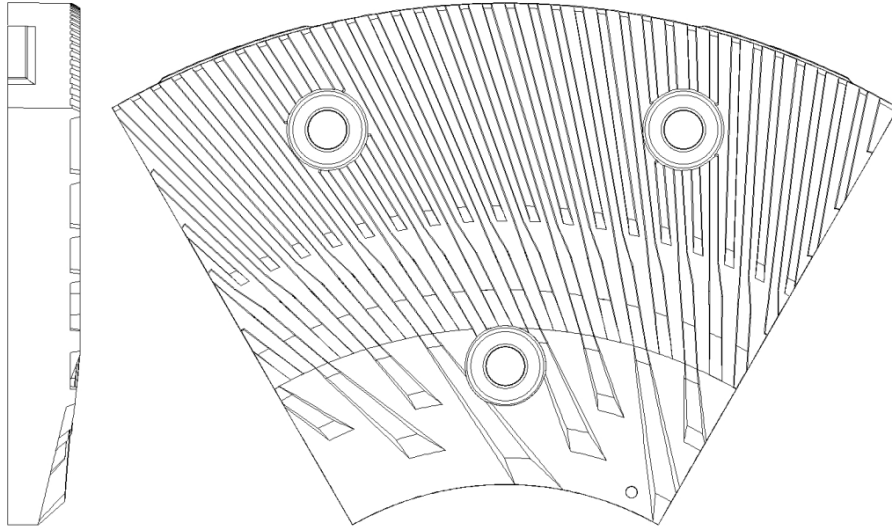
EK B: Rafinör bıçağı 1 teknik doküman (Mevcut Bıçak)

ENGINEERED WEAR PRODUCTS

Technical Data Sheet

M

REFINER MANUFACTURER Sprout Twin Flo
REFINER DISC DIAMETER 26 INCH
DURAMETAL CIRCLE DIAMETER 26 INCH
DURAMETAL PATTERN NUMBER 26TA079/080



Patent:

BREAKER BARS

(with Bar Angle Correction)

KM/S:	95	RPM:	750	KM/Rev:	AVG BAR ANGLE	Model No:	TF
ICPM:	208 216 X 10	RPM:	720	7,61 15	SEGMENTS / CIRCLE:	6	
Zone 1	BAR WIDTH	GROOVE WIDTH	BAR HEIGHT	DRAFT ANGLE	DAM TYPE		
	3,175 (3,18 MM)	6,350 (6,35 MM)	3,962 (3,96 MM)		NONE		

ANDRITZ INC.

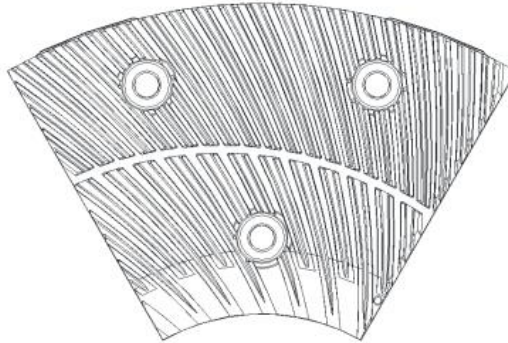
This sheet contains information that is proprietary and confidential.
It is not to be reproduced or distributed in any form.

EK C: Rafinör bıçağı 2 teknik doküman

ENGINEERED WEAR PRODUCTS

Technical Data Sheet

M	REFINER MANUFACTURER	Sprout Twin Flo
	REFINER DISC DIAMETER	26 INCH
	DURAMETAL CIRCLE DIAMETER	26 INCH
	DURAMETAL PATTERN NUMBER	26TA205/206A



Patent: US 7,407,123; 7,712,694; 7,896,276; 5,893,525

(with Bar Angle Correction)

KM/S:		RPM:		KM/Rev:	AVG BAR ANGLE	Model No:	TF
ICPM:	X 10	RPM:	11,00	25	SEGMENTS / CIRCLE:	6	

		BAR WIDTH		GROOVE WIDTH		BAR HEIGHT		DRAFT ANGLE	DAM TYPE
Zone 1	Major	2,413	(2,41 MM)	3,073	(3,07 MM)	9,652	(9,65 MM)		
	Mini	2,413	(2,41 MM)	3,531	(3,53 MM)	8,382	(8,38 MM)		
Zone 2	Major	2,413	(2,41 MM)	3,531	(3,53 MM)	9,652	(9,65 MM)		
	Mini	2,413	(2,41 MM)	4,064	(4,06 MM)	8,382	(8,38 MM)		

ANDRITZ INC.
This sheet contains information that is proprietary and confidential.
It is not to be reproduced or distributed in any form.

EK D: Rafinör bıçağı 3 teknik doküman

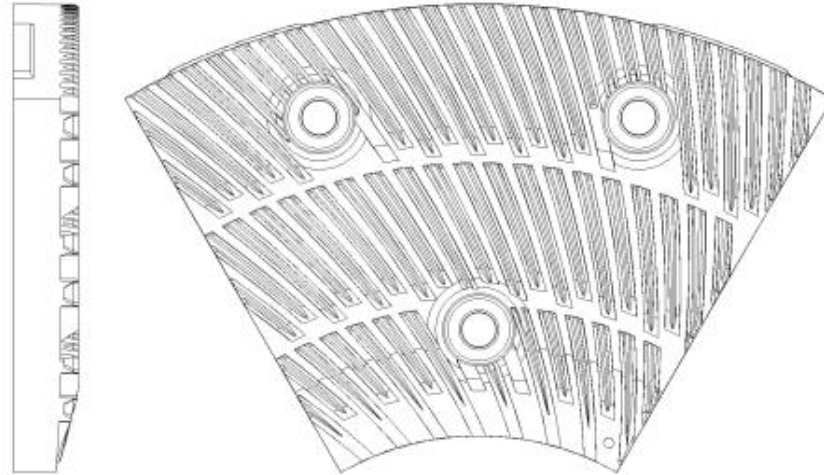


ENGINEERED WEAR PRODUCTS

Technical Data Sheet

M

REFINER MANUFACTURER Sprout Twin Flo
 REFINER DISC DIAMETER 26 INCH
 DURAMETAL CIRCLE DIAMETER 26 INCH
 DURAMETAL PATTERN NUMBER 26TA203/204



Patent: US 5,893,525; 7,407,123; HI PERFORM

(with Bar Angle Correction)

KMS: RPM: KM/Rev: AVG BAR ANGLE Model No: TF
 ICPM: X 10 RPM: 15,20 25 SEGMENTS / CIRCLE: 6

		BAR WIDTH		GROOVE WIDTH		BAR HEIGHT		DRAFT ANGLE	DAM TYPE
Zone 1	Major	1,651	(1,65 MM)	3,251	(3,25 MM)	8,128	(8,13 MM)		NONE
	Mini	1,651	(1,65 MM)	2,845	(2,84 MM)	6,604	(6,60 MM)		NONE
Zone 2	Major	1,651	(1,65 MM)	3,531	(3,53 MM)	8,128	(8,13 MM)		NONE
	Mini	1,651	(1,65 MM)	3,073	(3,07 MM)	6,604	(6,60 MM)		NONE
Zone 3	Major	1,651	(1,65 MM)	3,810	(3,81 MM)	8,128	(8,13 MM)		NONE
	Mini	1,651	(1,65 MM)	3,302	(3,30 MM)	6,604	(6,60 MM)		NONE

ANDRITZ INC.
 This sheet contains information that is proprietary and confidential.
 It is not to be reproduced or distributed in any form.

Setafix P-V

Chemical composition : Organic Polymer
Ionic character : Strong Cationic
Appearance : Colorless to light yellow liquid
pH value : 3.0 - 7.0
Viscosity : 3000-20000 cP
Solid Content : 40%+/-1
Solubility : Easily soluble in water.

Kimyasal yapısı: Organik Polimer
İyonik yapısı : Kuvvetli katyonik
Görünümü : Berrak açık sarı sıvı
pH aralığı : 3.0 - 7.0
Viskozite : 3000-20000 cP
Katı Madde : 40%+/-1
Çözünürlük : Su ile kolaylıkla karışır.

Properties

- Used as the flocculant in waste water treatment;
- Used as the Anionic trash catcher and fixing agent in papermaking industry

Özellikler

- Atık su arıtmada "flokulant" olarak kullanılır.
- Kağıt endüstrisinde anyonik kirlilik giderici ve fiksatif olarak kullanılır.

Storage: Store in a cool, dry place, protecting from moisture.

Depolama: Nemden koruyarak, kuru ve serin bir ortamda saklayınız.

Packing: 1 tone container

Ambalaj şekli: 1 ton konteyner.

These Information, suggestion and examples are based on our current laboratory and practical experience and composed for purpose of leading users about our products and not considered legally binding.

Bu prospektüste sunulan bilgi, örnek ve öneriler; uygulayıcılara ürünlerimiz hakkında yol göstermek amacıyla güncel laboratuvar ve işletme deneyimlerimize dayanarak oluşturulmuş olup hukuki bağlayıcı bir garanti ifade etmez.

Çerkezköy O. S. B. Atatürk Cad. 9. Sok. No. 3 - 59500 Tekirdağ - Türkiye
T. +90 282 758 18 23 pbx - F. +90 282 758 18 32 - www.setas.com.tr

2/08/16 Page 1 of 1

EK F: Kimyasal 2 teknik doküman



CK-Ddust-75

Dust preventer for pulp and Paper industry CK-Ddust-75 is an acrylic copolymer based dust preventer, suitable for all types of paper, especially tissue paper manufacture.

Physical and chemical properties;

Form : Liquid

Color : Yellowish

pH : 8 (250 g/l; 23° C)

Freezing point : -5° C

Boiling point : 100° C

Flashing point :> 100° C

Flammability point : >200° C

Density : 1,1±0,2 g/cm³ (20° C)

Miscibility : miscible in water in every ratio

Viscosity : 20-600 mPa.s (25° C)

Application :can be applied in the machine or mixing chest at 0,5 – 1 kg/ ton paper.

Packaging :1000 kg IBC or 120 kg PE drum

Shelf life and storage :It is recommended to be consumed in 1 year. Keep in a cool and dry place.

Bu teknik datada verilen tüm bilgiler firmamız çalışmalarına dayanarak hazırlanmıştır. Kullanıcılar ürünün işletme şartlarına uygun olup olmadığını yapacakları ön testler ile belirlemekle yükümlüdür.

Caran_01.12_Rev 02

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Ebru HEZER
Doğum Tarihi ve Yeri : 1982, TİRE
E-posta : ebruhezer@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Ön Lisans** : 2002, Ege Üniversitesi, Tire Kutsan MYO, Kağıt ve Kağıt İşleme Teknolojisi
- **Lisans** : 2006, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2019, Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Orman Endüstri Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2006-2007 Papirus Kağıt – Kalite Mühendisi
- 2007-2012 Hayat Kimya – Proses Mühendisi
- 2012-2014 Viking Kağıt ve Selüloz – Kalite Güvence ve ARGE Ekip Lideri
- 2014-2018 Viking Kağıt ve Selüloz – PM2 Üretim Ekip Lideri
- 2018-devam Viking Kağıt ve Selüloz – ARGE, Proje ve Kalite Güvence Ekip Lideri

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- TUBITAK 1501 Projesi: Temizlik kağıdı üretiminde toz oluşumunun azaltılması
2016-2019 (Proje No 3160107)