

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KİMYA ANABİLİM DALI**



**KAĞIDIN GERİDÖNÜŞÜM PROSESLERİ**

**MURŞİT TETİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jüri Üyeleri :** Prof. Dr. Baki ÇİÇEK (Tez Danışmanı)  
Prof. Dr. İbrahim EROL  
Prof. Dr. Onur TURHAN

**BALIKESİR, ŞUBAT - 2021**

## ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Kağıdın Geridönüşüm Prosesleri**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Murşit TETİK**

## ÖZET

**KAĞIDIN GERİDÖNÜŞÜM PROSELERİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MURŞİT TETİK  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. BAKİ ÇİÇEK)**

**BALIKESİR, ŞUBAT - 2021**

Bu lisansüstü çalışmasının amacı günümüzde kâğıt endüstrisinde geri dönüşüm kâğıdının kullanımı ve geri dönüşüm kâğıt proseslerinin detaylı olarak gözden geçirilmesi, ayrıca geri dönüşüm kâğıdı kullanımının avantajlarını ortaya koymaktır. Kâğıt kimyasının temel hammadde kaynağı durumundaki tabii kaynaklarımız olan ormanların tüketimine alternatif olarak ön plana çıkan atık kâğıt kullanımının avantajlarını vurgulamaktır. Dünyada ve Türkiye’de kâğıt tüketimindeki artışa paralel olarak, kâğıt imalatında kullanılan atık kâğıdın hammadde payı gün geçtikçe artmakta ve önem kazanmaktadır. Genel olarak, ekonomik ve çevresel, birçok faktör atık kâğıtların toplanarak yeniden kâğıt üretiminde değerlendirilmesinin olumlu etkiler sağlayacağı aşikârdır. En basit örnekle kullanılmış kâğıdın tekrar kâğıt imalatında kullanılması hava kirliliğini %74-94, su kirliliğini %35, su kullanımını %45 azalttığı ve bir ton atık kâğıdın kâğıt hamuruna katılmasıyla 17 ağacın kesilmesi önlenmektedir.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de geri dönüşüm proseslerine gereken önem verilmeye başlanmış özellikle ülkemizde başlatılan ‘‘Sıfır atık’’ projesi de bunun bir göstergesidir. Bu lisansüstü çalışma ile atık kâğıtların tüm kâğıt imalat proseslerinde rahatlıkla kullanılabilirliği gösterilmiş, bu anlamda sadece ülkemizin değil tüm Dünyanın tabii kaynaklarının kullanımının minimize edilebilirliğine vurgu yapılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma gelecekte kâğıt endüstrisi üzerine yapılabilecek projelere, lisansüstü araştırma çalışmaları yapacak bilim insanlarına ilham kaynağı olacaktır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Kağıt geri dönüşümü, kağıt çeşitleri, geri dönüşüm prosesleri, kağıt kimyasalları, kağıt makinesi.

## **ABSTRACT**

**RECYCLING PROCESSES OF PAPER  
MSC THESIS  
MURŞİT TETİK  
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
CHEMISTRY**

**(SUPERVISOR: PROF.DR. BAKİ ÇİÇEK )**

**BALIKESİR, FEBRUARY - 2021**

The aim of this postgraduate study is to review the use of recycled paper and recycling paper in today's paper industry in detail, and to reveal the advantages of using recycled paper. The aim is also to emphasize the advantages of using waste paper, which stands out as an alternative to the consumption of our natural resources, the forests which is the main raw material source of paper chemistry. The paper consumption in parallel to with the increase in World and in Turkey, the waste paper's raw material rate which is used in paper manufacturing increasing and gaining importance day by day. In general, economically and environmentally, it is obvious that several factors will have positive effects if waste paper is collected and reused in the paper production. Used papers with the simplest examples could reduce the air pollution by %74-94, Water pollution by %35, the usage of Water consumption by %45 and cutting 17 trees could be avoided by adding a ton of waste paper to the pulp.

As in the World, the recycling processes have been given due importance in our country, especially The Project initiated in our country " Zero Waste" is an indicator of this, with this postgraduate study, it has been shown that the waste papers can be used easily in all paper manufacturing processes, and in this sense, the study has been tried to emphasize the minimization of the natural resources not only in our country but also in the World as well.

This study will be a source of inspiration for future projects on the paper industry and scientists who will make postgraduate research studies.

**KEYWORDS:** Paper recycling, paper types, recycle processes, paper chemicals, paper machine.

Science Code / Codes : 20114

Page Number : 61

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Kâğıt, Dünyada ve Türkiye’de Kâğıt Sektörü .....	1
1.1.1 Kâğıt İmalatında Kullanılan Hammaddeler .....	4
1.1.1.1 Kimyasal Odun Hamur Selülozları .....	6
1.1.1.2 Odun Hamuru .....	6
1.1.1.3 Yıllık Bitkilerden Üretilen Hamur Selülozları .....	6
1.1.1.4 Atık Kâğıt Hamuru .....	7
1.1.2 Kâğıtların Sınıflandırılması.....	7
1.1.2.1 Kültürel Kâğıtlar.....	7
1.1.2.2 Endüstriyel Kâğıtlar .....	8
1.2 Atık Kâğıt (Hurda Hağıt).....	9
1.2.1 Atık Kâğıtların Sınıflandırılması .....	12
1.2.2 Geri Dönüşüm Kâğıt İmalat Prosesleri .....	14
1.2.2.1 Ambalaj Kâğıdı ve Karton (OCC).....	15
1.2.2.2 Gazete ve Yazı Tabı Kâğıdı .....	16
1.2.2.3 Hafif Kuşeli ve Kalenderlenmiş Kâğıt (LWC/SC).....	18
1.2.2.4 Temizlik Kâğıdı.....	18
1.2.3 Atık Kâğıttan Elyaf Temini İçin Uygulanan İşlemler ve Teknikler .....	19
1.2.3.1 Geri Döşüm Kâğıtlarının Stoklanması .....	20
1.2.3.2 Geri Dönüşüm Kâğıtlarının Hamur Haline Getirilmesi (PULPING).....	21
1.2.3.3 Mekanik Temizleme İşlemleri (Metal, Çakıl, Plastik vb. Kirliliklerin Giderilmesi) (CLEANING).....	23
1.2.3.4 Yüksek Kesafet Santrifüj Temizleme (HIGH DENSITY CLEANER) .....	24
1.2.3.5 Kaba Temizleme (COARSE SCREENING).....	24
1.2.3.6 Düşük Kesafet Santrifüj Temizleme (LC CLEANER) .....	25
1.2.3.7 Elyaf Ayırma (FRACTIONATING) .....	26
1.2.3.8 İnce Temizleme (FINE SCREENING) .....	26
1.2.3.9 Elyaf Öğütme (REFINING) .....	27
1.2.3.10 Mürekkep Giderme İşlemleri (DIP/FLOTATION).....	28
1.2.3.11 Dispersiyon Sistemi (DISPERSION) .....	29
1.2.3.12 Yıkama İşlemi ve Kül Giderilmesi (WASHING) .....	31
1.2.3.13 Beyazlatma (BLEACHING) .....	31
1.2.3.14 Su Arıtma İşlemi (DAF).....	32
1.2.3.15 Susuzlaştırma.....	33

1.2.3.16 Rejekt ve Atık Çamurları Giderimi .....	35
1.3 Kâğıt Makinesi.....	35
1.3.1 Elek Kısımı (WET SECTION) .....	36
1.3.2 Pres Kısımı (PRESS SECTION).....	36
1.3.3 Kurutma Kısımı (DRYER SECTION).....	39
1.3.4 Malsarıcı ve Bobin Kesme (REEL AND WINDER SECTION).....	43
1.3.5 Kalenderleme – opsiyonel (CALENDERING).....	43
1.3.6 Tutkallama – Opsiyonel (SIZING) .....	44
1.4 Kimyasal Kullanımı .....	46
1.5 Kâğıt İmalatında Yapılan Test Metotları .....	48
1.5.1 Ambalaj Kâğıdı (OCC) İmalatında Yapılan Test Metodları.....	51
<b>2. ATIK KÂĞITLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ ÜZERİNE DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER .....</b>	<b>53</b>
<b>3. KAYNAKLAR .....</b>	<b>57</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>61</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Akış diagramı Testliner üretimi ( 2-Alanlı Sistem) [17].	16
Şekil 1.2: Akış diagramı Gazete kâğıdı üretimi [17].	17
Şekil 1.3: Akış diagramı Temizlik kâğıt üretimi [17].	19
Şekil 1.4: Hurda kâğıdın istiflenmesi 1	20
Şekil 1.5: Hurda kâğıdın istiflenmesi 2	20
Şekil 1.6: Düşük kesafet pulperi [18].	21
Şekil 1.7: Yüksek kesafet pulperi [19].	22
Şekil 1.8: Drum pulper [20].	22
Şekil 1.9: Pulper sistemi [21].	23
Şekil 1.10: Kum tutucu [22].	24
Şekil 1.11: Kaba temizleme sistemi [23].	25
Şekil 1.12: Düşük kesafet kliner sistemi [24].	25
Şekil 1.13: Basınçlı eleme ünitesi [23].	26
Şekil 1.14: Basınçlı eleme için elek ve rotor [23].	27
Şekil 1.15: Hamur öğütme sistemi [25].	27
Şekil 1.16: Mürekkep giderme şeması [26].	29
Şekil 1.17: Mürekkep giderim sistemi [27].	29
Şekil 1.18: Dispersiyon şeması [28].	30
Şekil 1.19: Disperger ünitesi [29].	30
Şekil 1.20: DIP hamuru için yıkama işlemi [30].	31
Şekil 1.21: Beyazlatma sistemi [31].	32
Şekil 1.22: DAF ünitesi çalışma şeması [32].	33
Şekil 1.23: Gravity elek [33].	34
Şekil 1.24: Çift elekli pres [34].	34
Şekil 1.25: Sıkma presi [35].	34
Şekil 1.26: Rejek temizleme sistemi [34].	35
Şekil 1.27: Kâğıt makinesi [36].	36
Şekil 1.28: Elek ve pres sistemi [37].	38
Şekil 1.29: Kurutma silindiri sifon sistemi [38].	39
Şekil 1.30: Gerçek zamanlı kurutma silindiri kondens oluşumu [39].	40
Şekil 1.31: Örnek ısı geri kazanım sistemi [37].	41
Şekil 1.32: Basit ısı geri kazanım diagramı [37].	42
Şekil 1.33: Kâğıt makinesinde kâğıdın kurumadde artışı [40].	42
Şekil 1.34: Mal sarıcı ve bobin dilimleme [41].	43
Şekil 1.35: Kalender makinası [40].	44
Şekil 1.36: Tutkallama presi (Size pres) [42].	45
Şekil 1.37: Tutkallama presi (Film pres) [43].	45

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 1.1:</b> Çeşitli ülkelerde ilk kâğıt fabrikalarının kuruluşu [1].	1
<b>Tablo 1.2:</b> Dünyada kâğıt ve karton sarfiyatı (Milyon Ton) [2].	2
<b>Tablo 1.3:</b> Dünyada kâğıt ve karton imalatı (Milyon Ton) [2].	2
<b>Tablo 1.4:</b> Türkiye'de kâğıt ve karton üretimi (Ton) [3].	3
<b>Tablo 1.5:</b> Türkiye'de kâğıt tüketimi (Bin Ton) [3].	4
<b>Tablo 1.6:</b> Türkiye'de kâğıt-karton harman bileşimi (Ton) [3].	5
<b>Tablo 1.7:</b> Dünya kâğıt hamuru üretimi (Milyon Ton) [2].	5
<b>Tablo 1.8:</b> Mekanik hamur üretim türlerinin isimlendirilmesi [5].	6
<b>Tablo 1.9:</b> Dünya atık kâğıt üretimi ve tüketimi (Milyon Ton) [2].	9
<b>Tablo 1.10:</b> Türkiye'de kullanılan atık kâğıtların dağılımı [9].	10
<b>Tablo 1.11:</b> Avrupa Birliği'nde kâğıt geridönüşüm oranı [10].	11
<b>Tablo 1.12:</b> Ülkemizde atık kâğıtların geridönüşüm oranları [11].	12
<b>Tablo 1.13:</b> Geridönüşümü yapılacak kâğıt sınıfları	13
<b>Tablo 1.14:</b> Kâğıt üretiminde kullanılan yardımcı kimyasallar [17].	47
<b>Tablo 1.15:</b> Kâğıt imalatında kullanılan test metotları [5].	48
<b>Tablo 1.16:</b> Ambalaj kâğıdında yapılan test metotları.	51



## SEMBOL LİSTESİ

<b>A</b>	: İvme (m/s <sup>2</sup> )
<b>BOİ</b>	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı (mg/l)
<b>CD</b>	: Makine Enine Yönü tarif eder
<b>DAF</b>	: Dissolved Air Flotation
<b>DIP</b>	: Mürekkep Giderme Prosesi Kullanılmış Hamur
<b>F</b>	: Kuvvet (N)
<b>HC</b>	: High Consistency
<b>HW</b>	: Heavy-Weight
<b>Km</b>	: Kuru Madde (%)
<b>KOİ</b>	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/l)
<b>LC</b>	: Low Consistency
<b>MC</b>	: Middle Consistency
<b>MD</b>	: Makine Boyuna Yönü tarif eder
<b>PM</b>	: Kâğıt Makinesi

## **ÖNSÖZ**

Bu çalışmayı yapmam konusunda ve tamamlanmasında bana büyük destek veren, değerli hocam Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı 'nda görevli Sayın Prof.Dr. Baki ÇİÇEK 'e teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda Yüksek Lisans tezimin farklı aşamalarında bana yardımcı olan Kadir TAŞÇI, Kübra BAŞOL'a başta olmak üzere, Hüsamettin ALBAYRAK' a ve Alperen Sonhan ÇAKAL'a da çok teşekkür ederim.

Yine bu çalışmalarım esnasında bana olan desteğinden dolayı eşim Meral' e de teşekkür ederim.

**Balıkesir, 2021**

**Murşit Tetik**

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Kâğıt, Dünyada ve Türkiye’de Kâğıt Sektörü

Bir toplumun gelişmişlik düzeyinin göstergesi olarak kullanılan veriler içerisinde, kâğıt ve kâğıt türevlerinin tüketimi en önde gelen verilerleri oluşturmaktadır.

Kâğıt Milattan sonra 105 yılında Çinliler tarafından bulunmuştur. Türkiye’de Osmanlılar döneminde 18.'inci yüzyılda İzmir ve Beykoz'da kurulan üretim tesisleri, kapitülasyonlar ve yabancılara tanınan çeşitli imtiyazlar sebebiyle kâğıt ithalatı yapan yabancı şirketlerle rekabet edemediklerinden kuruluşlarından kısa bir süre sonra kapanmışlardır.

**Tablo 1.1:** Çeşitli ülkelerde ilk kâğıt fabrikalarının kuruluşu [1].

Ülke	Yıl
İspanya (Xativa)	1150
Fransa (Herauld)	1189
İtalya (Fabriano)	1260
Almanya (Nuremberg)	1389
İsviçre (Marry)	1400
Belçika	1407
Hollanda (Gennep)	1428
İngiltere (Hertfordshire)	1488
İsveç(Motola)Data 10	1532
Danimarka	1540
Rusya(Moscow)	1690
ABD(Germanstown, PA.)	1690

Uzun elekli ( fordriner) kâğıt makineleri 1803 yılında kullanılmaya başlanmış ve bununla birlikte sürekli imalat yapılabilir hale gelmiştir. Bu sistemin endüstriyel üretimde kullanılır hale gelmesi 20-25 yıl sürmüştür, akabinde 1830 yıllardan itibaren çeşitli tarihlerde Avrupa'daki birçok ülkede kâğıt fabrikaları kurulmaya başlanmıştır. 1843 yılında ülkemize ilk kâğıt fabrikası kurulmuş iken İtalya'da 1846 yılında kâğıt makinesi kurulabilmiştir. İzmir – Halkapınar ‘ da kurulan kâğıt fabrikasında üretim maalesef 6 ay sürdürülebilmiştir. O tarihlerde azınlıkların elinde olan ticari faaliyetler kâğıt ithalatının karlı olması nedeni ile üretimin engellenmesine etkili rol oynamıştır. Böylelikle İtalyadan 3 yıl önce ülkemize gelen kâğıt imalatı maalesef sürdürülebilmiştir.

Günümüzün vazgeçilmez ürünü kâğıt, esas olarak ağaçtan elde edilen selülözük liflerinden oluşmuştur. İlk zamanlar kâğıt kullanımı yazı yazma amacına hizmet ederek uygarlık ve

kültürün gelişmesinde önemli bir rol oynamıştır. Ama hali hazırda yazı kâğıtları, kâğıt endüstrisi üretiminin küçük bir bölümünü oluşturmaktadır.

**Tablo 1.2:** Dünyada kâğıt ve karton sarfiyatı (Milyon Ton) [2].

Yıllar	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Toplam</b>	<b>397</b>	<b>393</b>	<b>402</b>	<b>403</b>	<b>407</b>	<b>410</b>
Gazete kâğıdı	30,33	28,73	26,87	24,84	23,96	23,48
Yazı ve Baskı Kâğıdı	104,42	101,60	101,35	99,02	97,90	97,13
Ev ve Temizlik Kâğıdı	30,58	31,09	32,04	32,84	33,65	33,79
Ambalaj ve Etiket Kâğıdı	213,97	214,18	225,14	229,82	234,78	238,88
Diğer Kâğıt ve Karton Ürünleri	17,92	17,57	16,48	16,53	17,05	17,08

**Tablo 1.3:** Dünyada kâğıt ve karton imalatı (Milyon Ton) [2].

Yıllar	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Toplam</b>	<b>399</b>	<b>398</b>	<b>404</b>	<b>407</b>	<b>409</b>	<b>413</b>
Gazete kâğıdı	30,51	28,96	26,96	24,86	23,94	53,51
Yazı ve Baskı Kâğıdı	106,08	103,90	103,61	101,91	100,22	99,58
Ev ve Temizlik Kâğıdı	30,40	31,10	31,94	32,69	33,53	33,74
Ambalaj ve Etiket Kâğıdı	214,32	215,57	225,60	231,13	234,88	238,90
Diğer Kâğıt ve Karton Ürünleri	17,75	17,23	15,97	16,42	16,66	16,91

Ülkemizde kâğıt endüstrisinin kurulması cumhuriyet döneminde bile çok kolay olmamıştır. Kâğıt sanayimizin öncüsü olan Sayın Mehmet Ali Kâğıtçı'nın uğraşları sonucu 1934 yılında İzmit'te temeli atılan 12.000 ton/yıl kapasiteli ilk tesis, 1936 yılında üretime

geçerek ülkemizde ilk kâğıdı üretmiştir. Kamu iktisadi teşekkülü (KİT) olan SEKA üretim kapasitesini 2000 yılında 617.700 ton'a kadar çıkarmıştır. Bu tarihten sonra SEKA, özelleştirme kapsamına alınarak yatırımları durdurulmuş ve 2003 yılında tamamen özelleştirilerek özel sektöre devredilmiştir. Özel sektörün kâğıt sanayine girişi 1960'larda başlamış ve bu yatırımları 1970'lerde hızlanmıştır. Bu yıllarda 15.000 ton/yıl civarında bir üretim gücü olan özel sektör kuruluşları daha sonra modern ve büyük kapasiteli fabrika yatırımları ile üretim yapmaya başlamış ve 2019 yılı sonunda kâğıt-karton üretim kapasitesi, 5.000.000 ton/yıl'a ulaşmıştır.

**Tablo 1.4:** Türkiye'de kâğıt ve karton üretimi (Ton) [3].

Yıllar	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Toplam</b>	<b>2,931,432</b>	<b>3,092,400</b>	<b>3,250,777</b>	<b>3,745,306</b>	<b>4,024,013</b>	<b>4,356,823</b>
Yazı Tabı Kâğıdı	277,552	257,000	262,650	232,500	237,100	247,000
Gazete Kâğıdı	2,202	0	0	0	0	0
Sargılık Kâğıt	29,000	29,000	30,000	80,000	75,000	77,500
Temizlik Kâğıtları	525,043	568,861	584,827	660,487	811,572	869,197
Kraft Torba Kâğıdı	75,888	54,081	66,303	0	0	0
Oluklu Mukavva Kâğıdı	1,482,512	1,609,215	1,842,447	2,190,028	2,280,352	2,514,534
Kartonlar	534,235	568,407	459,550	577,291	614,989	643,342
Sigara İnce Kâğıtlar	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000

1980 yılından sonra Avrupa Birliği (AB) ile Türkiye arasındaki gümrük duvarlarının kaldırılması ile kâğıt sanayinde bir atılım dönemi başlamıştır. Türkiye'de kâğıt üretimine, hammadde sağlayan tek kuruluş niteliğindeki SEKA-Türkiye selüloz ve kâğıt fabrikaları'nın özelleştirilmesini takiben sektörün temel hammadde kaynakları, selüloz ithalatı ve atık kâğıtların yeniden kullanımı ile beraber bu atılım süreci hızlanarak devam etmiştir.

**Tablo 1.5:** Türkiye'de kâğıt tüketimi (Bin Ton) [3].

Yıllar	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Toplam</b>	<b>5,343,316</b>	<b>5,657,521</b>	<b>5,806,002</b>	<b>5,864,979</b>	<b>6,003,919</b>	<b>6,326,345</b>
Yazı Tabı Kâğıdı	1,156,349	1,204,143	1,206,573	1,177,169	1,202,181	1,203,430
Gazete Kâğıdı	454,637	435,191	390,636	346,353	261,814	224,145
Sargılık Kâğıt	205,772	220,950	227,054	329,139	288,791	344,859
Temizlik Kâğıtları	374,429	402,222	438,265	494,484	539,566	560,588
Kraft Torba Kâğıdı	116,849	113,245	124,350	0	0	0
Oluklu Mukavva Kâğıdı	2,114,004	2,261,136	2,394,251	2,468,107	2,608,233	2,786,315
Kartonlar	901,218	1,000,810	1,003,515	1,026,093	1,078,303	1,180,065
Sigara İnce Kâğıtlar	20,058	19,824	21,358	23,634	25,031	26,943

Ülkemizde kullanılan kâğıt hammaddesinin yaklaşık %20 sini selüloz oluşturmak ve bunun tamamında ithal edilmektedir. Bu durumun başlıca sebebi ise, Ülkemizde orman alanlarının verimli kullanılamaması ve endüstriyel orman yapısına dönüştürülememesinden dolayı odun fiyatlarının dünya fiyatları ile kıyaslanamayacak kadar yüksek olmasından dolayı selüloz üretimi yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Beyaz kâğıt üretiminin haricinde kâğıt üreten fabrikalar da hammadde olarak atık kâğıt (geri dönüştürülen elyaflar) kullanmaktadırlar ve bu miktarda toplam hammaddenin yaklaşık %80 ini oluşturmaktadır.

### 1.1.1 Kâğıt İmalatında Kullanılan Hammaddeler

Kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatında, genel olarak çeşitli ağaç türlerinden elde edilmiş selülozlar kullanılmaktadır. Bununla birlikte azda olsa yıllık bitkiler den de (jüt, kendir, karnı, saman gibi) elde edilen selülozlar da kullanılmaktadır. Diğer önemli bir hammadde ise hurda kâğıdın geri dönüşümüyle elde edilen ikincil elyaflardır.

**Tablo 1.6:** Türkiye’de kâğıt-karton harman bileşimi (Ton) [3].

Yıl	Selüloz	Atık Kâğıt	Dolgu Malzemeleri	Toplam
2014	796,200	2,348,727	105,850	3,250,777
2015	843,480	2,791,426	110,400	3,745,306
2016	1,006,586	2,900,927	116,500	4,024,013
2017	1,073,547	3,164,776	118,500	4,356,823

**Tablo 1.7:** Dünya kâğıt hamuru üretimi (Milyon Ton) [2].

Yıllar	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Toplam</b>	<b>171,46</b>	<b>172,08</b>	<b>176,24</b>	<b>176,28</b>	<b>179,50</b>	<b>181,44</b>
Ham	27,90	26,81	25,22	25,32	25,42	25,84
Yarı Kimyasal	8,97	9,13	8,99	8,66	8,75	8,82
Diğer	5,10	5,88	6,53	5,97	6,34	5,12

Kâğıt sanayinde kullanılan ağaçlar, yaprağın yapısına bağlı olarak yumuşak ve sert ağaçlar olmak üzere çeşitlendirilmektedirler. Kış aylarında yaprağını dökmeyen iğne yapraklı ağaçlar yumuşak, kış aylarında yaprağını döken geniş yapraklı ağaçlar ise sert ağaçlar olarak tanımlanmaktadır. Çam, ladin tarzı ağaçlardan elde edilen selüloz içerisindeki lif boyları diğer ağaç tiplerinden elde edilen liflere göre uzundur. Aynı zamanda bu ağaçlardan elde edilen selüloz ile imal edilen kâğıtların mukavemeti de daha yüksek olmaktadır.

Kâğıt-karton endüstrisinde kullanılan hammaddeler şu şekilde adlandırılmaktadır; Birincil lif olarak isimlendirilen hammaddeler, ağaçtan elde edilen selüloz ve/veya odun elyafı, ikincil lif olan hammaddeler, atık kâğıttır (hurda veya eski kâğıt). Günümüzde çevrenin korunması ve atık kâğıtların değerlendirilmesi amacıyla kullanılmış (atık) kâğıtlar toplanılarak yeniden değerlendirilmesi giderek daha popüler olmaktadır. Kâğıt üretiminde kullanılan maddeleri genel olarak aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz [4].

### 1.1.1.1 Kimyasal Odun Hamur Selülozları

Odundan elde edilen ve ağartılmış veya ağartılmamış hamurları kapsar

### 1.1.1.2 Odun Hamuru

Odundan elde edilen ve mekanik, termomekanik ve kimyasal termomekanik olarak üretilen odun hamurlarını kapsar.

### 1.1.1.3 Yıllık Bitkilerden Üretilen Hamur Selülozları

Odun dışındaki, buğday sapı, çeltik sapı, kendir, kenevir, kamış, jüt, bambu gibi yıllık bitkilerden kimyasal ve yarı kimyasal olarak elde edilen hamur ve selülozlar olup ağartılmış ve ağartılmamış halde kullanılırlar.

**Tablo 1.8:** Mekanik hamur üretim türlerinin isimlendirilmesi [5].

Tanımlama	Yöntem	Açıklama
GW	Silindirik taş yöntemi	Atmosferik basınçta, silindirik taş öğütücü ile 70- 75 <sup>0</sup> C yıkama sıcaklığı olan suda üretilen ağaç elyafı. Elyaf verimliliği % 98.5
	Basınçlı silindirik taş yöntemi	Elyaf haznesinin basıncı 2.5 bar, yıkama suyu sıcaklığı 100 <sup>0</sup> C, elyaf üretim verimliliği % 98.5 değerlerinde ağaç elyafı üretim prosesi
PGW- S	Yüksek basınçlı silindirik taş yöntemi	Elyaf haznesi basıncı 4.5 bar, Yıkama suyu sıcaklığı 100 <sup>0</sup> C dereceden fazla, elyaf üretim verimliliği %98 de elyaf üretimi prosesi
TGW	Termo silindirik taş yöntemi	Atmosferik basınçta zincir tip öğütücü, yıkama suyu sıcaklığı 80 <sup>0</sup> C ve verimlilik % 98.5 olan elyaf üretim prosesi
RMP	Mekanik öğütme yöntemi	Atmosferik basınçta, ön buharlamaya tabi tutulmuş yongaların disk refiner(öğütücü)lerde işleme tabi tutulması ile elyaf üretim prosesi. Verimlilik %97.5
PRMP	Basınçlı mekanik öğütme yöntemi	Orta basınç e sıcaklıkta, ön buharlamaya tabi tutulmuş yongaların disk refiner(öğütücü)lerde işleme tabi tutulması ile elyaf üretim prosesi. Verimlilik % 97.5



**Tablo 1.8' in devamı**

Tanımlama	Yöntem	Açıklama
TMP	Yüksek sıcaklık ve basınç yöntemi	Yongalar basınçlı buhar ile ön buharlamaya tabi tutulur, basınç yaklaşık olarak 3- 5 bar ve sıcaklık 140- 155 ° C dir. Bu şekilde refiner leme gerçekleştirilir. Verimlilik % 97.5 dir.
CMP	Yarı kimyasal mekanik yöntem	Tüm yarı kimyasal mekanik hamur üretiminin genel adıdır. Kimyasal olarak şartlandırılmış yongalar refiner lerden ve taş öğütücülerde öğütülür. Verimlilik % 80- 95 arasındadır. Aynı şekilde buharla ısıtılmış ve biraz fazla kimyasala maruz bıralıkmış yongalar atmosferik basınçta ve yüksek basınçta öğütücülerden geçirilerek ağaç elyafı üretme prosesidir.
CTMP	Yarı kimyasal yüksek basınç ve sıcaklık yöntemi	Kimyasal olarak şartlandırılmış yongalar mekanik olarak refinerlerden geçirilir. Tipik verim %90 civarındadır.

#### **1.1.1.4 Atık Kâğıt Hamuru**

Sadece kâğıt-karton üretiminde kullanılmaya elverişli; eski kâğıt, hurda kâğıt, kırpıntı kâğıt, toplama kâğıt veya geri kazanılan kâğıt olarak çeşitli şekilde ifade edildiği, atık kâğıtlardan elde edilen kâğıt hamurunu kapsar.

#### **1.1.2 Kâğıtların Sınıflandırılması**

Kâğıt-Karton çeşitleri uluslararası literatürde iki ana grup altında toplanmaktadır, bunlar ise kültürel ve endüstriyel kâğıtlar olmak üzere isimlendirilir. Bu kâğıtların alt tanımları ise aşağıda görülmektedir.

##### **1.1.2.1 Kültürel Kâğıtlar**

A. Yazı Tabı Kâğıtları: Üzerine yazı yazılabilir ve baskı yapılabilir özellikteki kâğıt türleridir. Bu kâğıt tiplerinin imalatı için hammadde kaynağı olarak selüloz veya mekaniksel odun hamuru ile birlikte elde edilen selüloz kullanılır. Eğer istenir ise bu

kâğıtların kullanım alanına göre değişmekle birlikte daha düzgün bir yüzey sağlayan kuşe kaplama işlemi de uygulanmaktadır.

B. Gazete Kâğıdı: Ağırlıklı olarak mekaniksel odun hamuru veya bunla birlikte daha az oranlarda kimyasal selüloz ile imal edilen kâğıtlardır.

### 1.1.2.2 Endüstriyel Kâğıtlar

A. Sargılık Kâğıtlar: Deridönüşüm hamuru, selüloz ve odun hamurundan üretilen ve ambalaj kâğıdı şeklinde kullanılır.

B. Temizlik Kâğıtları: Atık kâğıt hamuru, selüloz kullanılarak imal edilen kâğıtlardır. Bazı durumlarda ise bünyesinde bir miktar odun hamuru içeren gramajı düşük kağıt tipleridir. Temizlik kâğıtlarının kullanımı kişisel sağlığa uygunluk açısından kullanımından, tıp sektöründe kullanılan özel sağlık kâğıtlarına kadar uzanmaktadır. Şuan yaygın bir şekilde tüketilen temizlik kâğıtları ilk olarak 1800 yıllarda kullanılmaya başlanmıştır.

C. Kraft Torba Kâğıdı: Lif boyları daha uzun olan köknar, çam ve ladin gibi yumuşak ağaçlardan elde edilen, beyzalatılmış veya beyzalatılmamış kraft selülozdan imal edilen yüksek mukavemetli ambalaj kâğıdı türüdür. Genellikle 60 – 125 g/m<sup>2</sup> gramaj aralığında üretilir [6].

D. Oluklu Mukavva: Bir veya daha fazla oluklu tabakanın alt ve/veya üst yüzeylerinin düz tabaka ile kaplanmasıyla meydana gelen, ambalaj kutularının ve dış kolilerin imalinde kullanılan kâğıtların genel adıdır.

- Fluting; Kutuların oluklu (ondüle) kâğıtlarına verilen isimdir. Yarı kimyevi sülfite selülozu (NSSC) veya %100 atık kâğıt hamurundan üretilir.
- Liner; Kutuların iç ve dış yüzeylerinde kullanılan kâğıtlara “kraft liner” veya “test liner” adı verilir. Kraft liner kâğıtlar genellikle uzun lifli selüloz hamurundan, imitasyon kraft liner kâğıtlarında yüksek oranlarda atık kâğıt kullanılarak hazırlanan kâğıt hamurundan üretilirken, test liner kâğıtlarında ise %100 atık kâğıt hamuru ile üretilir. Yüksek mukavemet değerleri istenen oluklu ambalaj kutularında ağırlıklı olarak kraft liner kâğıtlar kullanılır. Gramajına göre ayrılan liner kâğıtlar 70 – 120 g/m<sup>2</sup> düşük gramajlı, 120 – 250 g/m<sup>2</sup> aralığında ise yüksek gramajlı liner kâğıtlardır. Bu tip liner kâğıtlar ağırlıklı olarak kahverengi, bazı durumlarda üst tabakası beyaz ve arka yüzeyi ise griden kahverengiye kadar değişebilir [7].

E. Kartonlar: Ağırlığı 140 – 600 g/m<sup>2</sup> arasında değişen kâğıt türleridir.

- Gri Karton; Gri kartonlar %100 atık kâğıt hamurundan imal edilen kâğıtlardır.
- Kuşeli Karton; Genel olarak, birincil elyaf türleri ve hurda kâğıtların geri dönüşümüyle elde edilen ikincil elyaflar ile imal edilen ve yüzeyine kuşe uygulaması yapılan, çok tabakalı, daha pürüzsüz yüzeye sahip bir kâğıt tipidir. Tüketim amacına göre farklı isim ve özelliklerde imalatı yapılmaktadır. Kullanım alanlarının büyük bir kısmını kutu imatları oluşturmaktadır. Aynı zamanda katlanabilir, baskı yapılabilir özellikler içerir.

F. Sigara ve İnce Özel Kâğıtlar: Ağırlıklı olarak kenevir, keten ve paçavra selülozlarından imal edilen düşük gramajlı ve yüksek mukavemete sahip kâğıtlardır.

## 1.2 Atık Kâğıt (Hurda Hağıt)

Herhangi bir kullanım alanında fonksiyonunu tamamlayan ve atılan her türlü kâğıt, karton ve mukavvalara atık kâğıt olarak adlandırılmaktadır. Gazeteler, dergiler, broşürler, kataloglar, telefon rehberleri, bilgisayar kâğıtları, torba kâğıtları, yazı kâğıtları, karton, mukavva, ambalaj kâğıdı, kâğıt fabrikalarından çıkan kırpıntılar ile ambalaj tesislerinden çıkan kırpıntı kâğıtlar, gazete basan matbaalardan çıkan hatalı gazete baskıları, baskı fazlası gazete kâğıtları atık kâğıtlara örnek olarak verilebilir [4].

**Tablo 1.9:** Dünya atık kâğıt üretimi ve tüketimi (Milyon Ton) [2].

Yıllar	Atık Kâğıt Üretimi	Atık Kâğıt Tüketimi
2013	218,2	219,2
2014	226,7	226,8
2015	227,9	228,3
2016	229,5	229,4
2017	231,44	231,41

Kâğıt geri dönüşümü dünyadaki sayısız ülkede uzun yıllardır yapılmaktadır. Kâğıt geri dönüşümü ve kâğıt ile ilgili ürünler sürdürülebilir ekonomik büyüme için çok önemlidir. Dönüşüm işlemi depolama alanı ve maliyetten tasarruf sağlar, kâğıt üretimi için gerekli olan enerji gereksinimlerini ve değerli doğal kaynakların tüketimini azaltır (odun, su, mineraller ve fosil yakıtlar). Bu ise topluma sağlanan önemli ve karlı bir hizmettir [8].

**Tablo 1.10:** Türkiye’de kullanılan atık kâğıtların dağılımı [9].

Yıllar	İthal Atık Kâğıt (Ton)	Yurtiçinde Toplanan Kâğıt (Ton)	Toplam Atık Kâğıt (Ton)
2014	183,834	2,164,893	2,348,727
2015	301,404	2,490,022	2,791,426
2016	450,913	2,450,014	2,900,927
2017	753,440	2,411,336	3,164,776

Dünya genelinde atık kâğıtların toplanarak yeniden kâğıt üretiminde değerlendirilmesi üzerine olan ilgi artarak devam etmektedir. Bu durumun oluşmasında özellikle son yıllarda ormanların, kâğıt ve orman ürünleri endüstrisi için aşırı tüketilmesi sonucu ekolojik dengede kaydedilen olumsuz etkiler önemli yer tutmaktadır. Ayrıca toplumun bilinçlenmesi ve zaten hazır halde kâğıt sayfa yapısında bulunan selülozun yeniden ve defalarca kullanılabileceğinin bilinmesi de atık kâğıt geri dönüşüme olan ilginin artmasına neden olmaktadır [10].

**Tablo 1.11:** Avrupa Birliği'nde kâğıt geridönüşüm oranı [10].

Yıllar	Atık Kâğıt Geri Dönüşüm Oranı
2012	71
2013	71,7
2014	71,6
2015	71,9
2016	72,5
2017	73,0

Ülkemizde atık kâğıt toplanması ve kullanımı 80'li yıllardan sonra gelişmeye başlamış olup, atık kâğıt kullanımı her geçen yıl artarak ilerlesede maalesef atık kâğıt ülkemizde çoğunlukla gelişmemiş yöntemlerle toplandığı ve geri dönüşüm kültürü tam olarak toplumda yer etmediği için sanayiye dönüş oranı düşük kalmaktadır.

Atık kâğıt toplama bilincinin oluşturulması ile öncelikle birinci elden cinslerine ayrılarak depolanması gerekmektedir. Cinslerine göre ayrılmadan toplanan atık kâğıtlar daha çok karışık kâğıt grubunu oluştururken bu tür kâğıtların işlenmesinde de verim kayıpları oluşmaktadır. Oysa cinslerine göre ayrılan kâğıt ile yapılan imalatlarda daha yüksek verimler alındığı gözlemlenmiştir. Cinslerine ayrılarak depolanmış olan atık kâğıdın açma, mürekkep giderme, temizleme ve beyazlatma kademelerinden geçilerek katma değeri daha yüksek olan kâğıt türlerinin üretiminde kullanılması mümkün olmaktadır. Dolayısıyla atık kâğıtların cinslerine göre toplanarak depolanması ve bunları işleyecek sistemlere sahip olunabilmesi oldukça önemlidir [11].

Kullanılmış kâğıtların %15-20'lik kısmını pratik olarak kâğıt üretiminde geri kazanarak kullanmak mümkün değildir. Çünkü kullanılmış kâğıtların lifleri her seferinde ortalama %15-20 oranında zayıflar [12]. Kullanılmış kâğıtların tekrar işlenmesinden dolayı selülozik liflerin boylarında görülen bu kısalma nedeniyle kısa lifler elekte safiha ile kalamadığından prosesten atık olarak ayrılır. Ülkemizde atık kâğıt işleyen oluklu mukavva üreten fabrikaların ürettiği kâğıt kalitesine göre %5 ile %20 arasında lif kaybı olmaktadır. Bu

sebeple geri dönüşüm ile oluklu mukavva yapan fabrikalarda bile bir miktar kâğıt atığı, geri dönüşümde kullanılamamaktadır [13].

**Tablo 1.12:** Ülkemizde atık kâğıtların geridönüşüm oranları [11].

Yıllar	Hedef Oran	Gerçekleşen Oran
2009	36	26
2010	37	28
2011	38	30
2012	40	40
2013	42	45
2014	44	37
2015	48	43
2016	52	41
2017	54	38

### 1.2.1 Atık Kâğıtların Sınıflandırılması

Kâğıt üretimi ve kâğıt dönüşüm işlerinde birçok tip ve özellikte maddelerin kullanılması, kâğıtların sınıflandırılarak geri dönüşümlerinin yapılmasını daha da önemli kılmıştır. Amaca uygun ve başarılı bir atık kâğıt geri dönüşüm işleminin temelini, benzer türdeki kâğıt gruplarının aynı anda işleme sokulması oluşturur [14]. Genel olarak, benzer türdeki kâğıtların aynı anda geri dönüşümlerinin yapılması ile geri kazanılan selüloz liflerinin kalitesinin yükseldiği ve prosesin veriminin olumlu yönde etkilendiğine inanılmaktadır. Bu nedenle, aynı özellikteki kâğıtların bir arada, büyük miktarlar halinde tesislerde işlenebilmesi için, atık kâğıt ürünlerinin daha ilk oluşumu veya geri dönüşüm tesislerine ulaştırılması esnasında özelliklerine göre sınıflandırılması ve aynı sınıf kâğıtların bir arada geri dönüşümlerinin yapılması, başarılı bir prosesin gerçekleştirilmesi için önemlidir [15]. Kâğıt esaslı ürünlerde lifsel (selüloz) maddeler dışında birçok doğal ve sentetik madde bulunabilir. Bu maddelere örnek olarak tel, zımba, iplik, plastik kaplama malzemeleri, sentetik yüzey kaplamalar, nişasta, kil, mürekkep verilebilir. Atık kâğıtlar da bu tip maddelerin türü ve miktarı, geri dönüşüm işlemlerinde verim ve kalite yanında üretim

maliyetini de önemli derecede etkilemektedir [16]. İnsanların günlük kullanımında faydalandığı kâğıtlar çok farklı şekilde üretilmiş olabilir. Örneğin, mekanik veya ağartılmamış kimyasal hamur içeren düşük kalitedeki yazı kâğıtları, gazeteler, zarflar, ambalaj kâğıtları ile birlikte yüksek kaliteli ağartılmış kimyasal hamurdan üretilen fotokopi kâğıtları vb. [16], [15]. Atık kâğıtların sınıflandırılması, sayfa yapısı, kullanılan dolgu veya yüzey maddeleri tipi, üretim teknolojilerine bağlı olarak çok değişik şekilde yapılabilir. Diğer kâğıt sınıflarından kalite ve sayfa yapısı olarak belirgin şekilde ayrılan, geri dönüşüme konu olan kâğıt ve karton ürünleri 5 ana sınıf altında özetlenebilir [17], [16], [15].

**Tablo 1.13:** Geridönüşümü yapılacak kâğıt sınıfları

<b>Kâğıt Sınıfı</b>	<b>Tanım</b>	<b>Kullanım yeri</b>
Karışık kâğıtlar (MOW)	Mekanik veya kimyasal hamurdan üretilmiş değişik kalitede evsel ve ofislerden toplanmış kâğıtlar, kâğıt fabrikasında oluşan kenar kesim artıkları.	Kâğıt ,karton kutu üretimi
Gazete atıkları (ONP)	Ev ve işyerlerinden toplanan yüksek mekanik hamur içeren eski gazeteler	Gazete Kâğıdı, izolasyon kâğıt levha ürünleri
Kullanılmış karton kutular (OCC)	Perakende dükkanları, fabrikalar, ofislerde oluşan her türlü eski karton kutular, kutu fabrikasında oluşan atıklar.	Kâğıt ,karton kutular, ambalajlama malzemeleri
Kâğıt fabrikasyonu atıkları	Kâğıt fabrikasyonu esnasında oluşan baskı görmemiş beyaz ve renkli kâğıtlar, beyaz veya yarı ağartılmış kâğıtlar, kâğıt dönüşüm tesislerinde oluşan artık kâğıtlar.	Beyaz veya renklendirilmiş kâğıtlar, renkli kâğıt havlular

**Tablo 1.13' ün devamı**

<b>Kâğıt Sınıfı</b>	<b>Tanım</b>	<b>Kullanım yeri</b>
Mürekkepli atıklar	Yüzeylerinde baskı ve yazıyla oluşmuş mürekkep bulunan her türlü kâğıtlar. (defter, kitap, magazin, beyaz ve renkli kâğıtlar, bilgisayar çıktısı)	Beyaz ve renklendirilmiş kâğıtlar, renkli Kâğıt havlular

### **1.2.2 Geri Dönüşüm Kâğıt İmalat Prosesleri**

Son yıllarda Geri dönüşüm ile elde edilen elyaf, kâğıt hamuru endüstrisi için vazgeçilmez bir hammadde haline geldi ve geri kazanılan elyafların piyasadaki selüloz hamuruna göre uygun fiyatı ve atık kâğıt geri dönüşümünün teşvik edilmesi nedeniyle toplam hammaddelerin yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır. Avrupa'da geri kazanılan kâğıdın ortalama kullanım oranı yaklaşık % 70' tir (Tablo 1.11), ülkemizde ise bu oran maalesef % 40-50 seviyelerindedir. Elyaf döngüsü bakımından, üretilecek kâğıdın mukavemetini ve diğer özelliklerine katkı sağlamak için belli oranlarda yardımcı kimyasallar ve/veya birincil elyafın kullanılması gerektiği de dikkate alınmalıdır.

Geri kazanılan kâğıdın etkin kullanımı için atık kâğıdı uygun kalite sınıflarında toplamak ve sınıflandırmak gerekir. Bu nedenle, toplanan atık kâğıt, geri dönüşüm tesislerinde kâğıt dışı maddeler, ör. Plastik, cam, metal, lamine kâğıtlar vb. mümkün olduğu kadar ayıklanır. Ayıklanan geri kazanılmış kâğıt genellikle balya presleri tarafından sıkıştırılarak balyalar halinde endüstriyel tesislere gönderilir.

Geri dönüşüm kâğıt elyafının kullanıldığı çeşitli türde ürünler vardır, bu türlere göre elde edilen elyaf karakterleri farklılık gösterir. Örneğin, birçok kutu kâğıtlarında mürekkep giderme gerekli değildir. Bununla birlikte yüksek hızlı kâğıt makinelerine hitap edecek temizlik için çok verimli birçok kademeli temizleme gereklidir. Proses verimliliği ise kullanılan kâğıt kalitesine ve kullanılan hammaddeye bağlıdır. Bu nedenle sadece bir tür geri dönüşüm kâğıdı prosesini açıklamak anlamlı olmaz.



Aşağıda ana olarak geri dönüşüm kâğıt proseslerinden bahsedilmektedir.

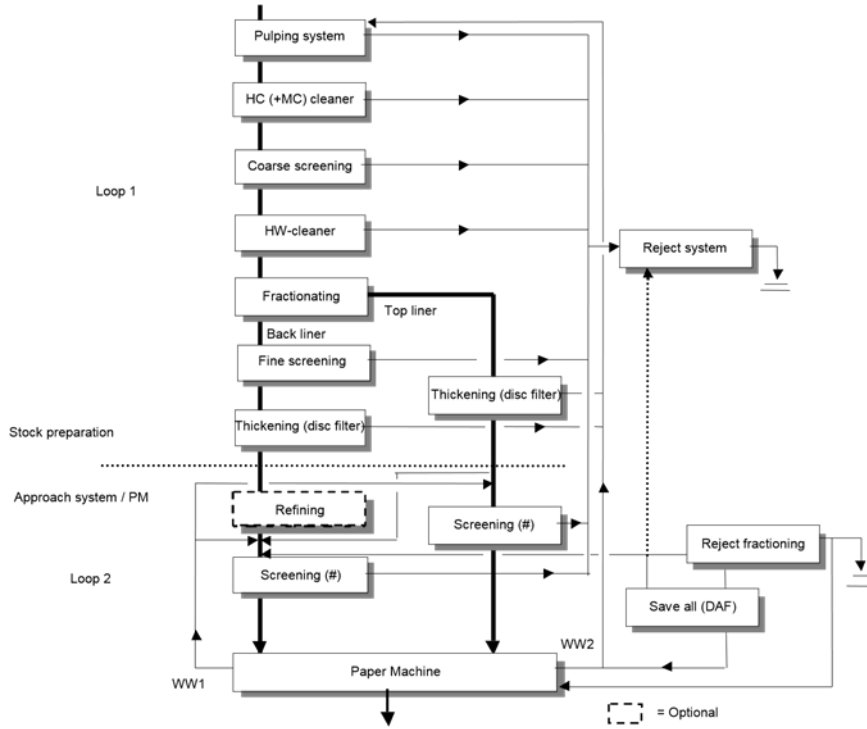
- Ambalaj Kâğıdı ve karton imalatı için
- Gazete ve yazı tabı kâğıdı imalatı için
- Hafif Kuşeli ve kalenderlenmiş kâğıt imalatı için
- Temizlik Kâğıdı (DIP) imalatı için

Geri Dönüşüm kâğıt proses sistemleri farklı türde hammadde kullanarak çevre etkileri, enerji tüketimleri, atıklar ve taze su kullanımlarında farklılıklar görülür.

### **1.2.2.1 Ambalaj Kâğıdı ve Karton (OCC)**

Ambalaj Kâğıdı üretimi için örneğin, testliner ve oluklu imalatında sadece mekanik temizlik işlemleri uygulanır mürekkep giderme prosedürü gerekli olmaz. Ambalaj kâğıt üretimi için genellikle süpermarket ve karışık geri dönüşüm kâğıtları kullanılır. Aşağıdaki diyagram da atık kâğıt ile ambalaj kâğıdı imalatı için kullanılan hazırlama sistemini görebiliriz. Günümüzde ambalaj kâğıdı hamur hazırlaması için daha fazla kompleks olan iki alanlı (loop) sistemler kullanılır (Şekil 1.1). Ancak daha yavaş makineler ve düşük maliyet hedefleyen tesislerde tek alanlı (loop) sistemlerde kullanılır. İki alanlı sistem kâğıt makinesi verimliliği iyileştirilmesinde daha kolay bir kontrol sağlar ve yaklaşım sistemini (approach flow) güvenlik olarak ince temizleme kademesi olarak çalıştırır.

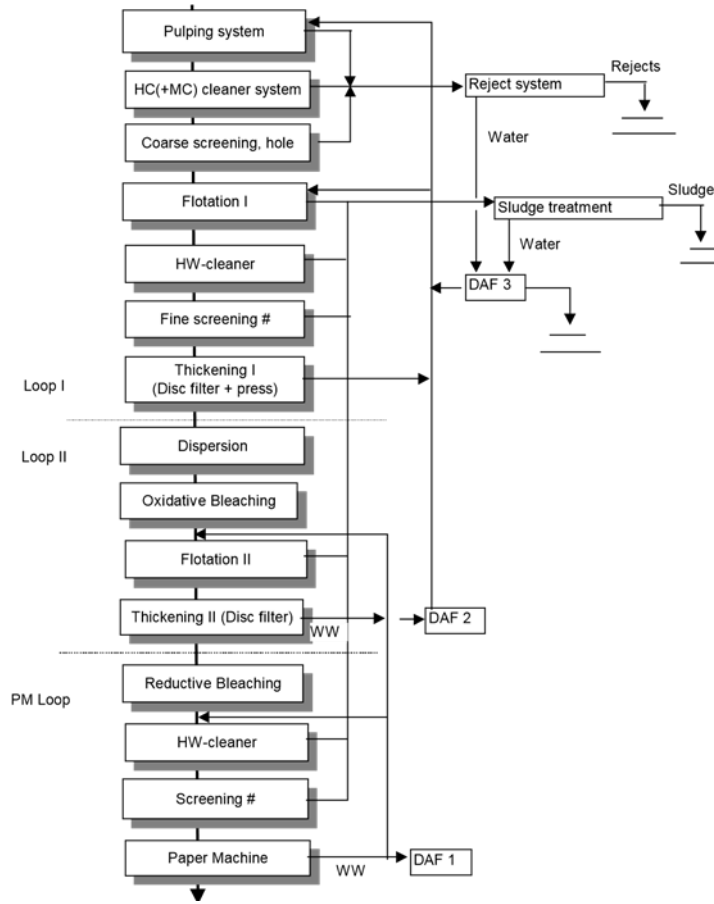
Atık kâğıt, pulper bölgesinde hamur haline getirilerek elyafların açılması ile birlikte kaba rejeklerinden de uzaklaştırılır(Pulping). Bunu takiben ağır partiküllerin temizlendiği yüksek yoğunluk santrifüj temizlemeler (HC Cleaning) ve basınçlı eleme sistemlerinin kullanıldığı kaba temizleme grubu yer alır (Coarse Screening). Prosesin devamında birçok kademedен oluşan ince temizleme sisteminde parafin/tutkallar içerikli kirlilikler (stickyler) ,ince kumlar temizlenir (HW Cleaning) ve elyafların boyutlandırıldığı basınçlı elekler kullanılarak (Fractionating) kısa elyaflar disk filtreden geçirilerek kâğıt makinesine gönderilir. Uzun elyaflar ise sistemde kalan en küçük partiküllerinden ayrılarak (Fine Screening) disk filtrelerden geçirilir. Opsiyonel olarak bazı tesislerde elyaf öğütümü için öğütücüler kullanılarak (Refining) hamur, kâğıt makinasına gönderilir.



**Şekil 1.1:** Akış diagramı Testliner üretimi ( 2-Alanlı Sistem) [17].

### 1.2.2.2 Gazete ve Yazı Tabı Kâğıdı

Bu tip proseslerde aşağıdaki figürde görüleceği gibi ambalaj kâğıdı prosesine göre ilave sistemler bulunmaktadır (Şekil 1.2). Bunlar hammadde olarak kullanılan gazete kâğıdı, dergi ve magazin kâğıtlarında bulunan mürekkep gideriminin sağlandığı mürekkep giderme flotasyonları (Flotation 1-2), istenen beyazlık derecesine göre kullanılan 2 kademeli beyazlatma sistemi (Oxidative and Reductive Bleaching), aynı zamanda hamur içerisinde kalan parafin tarzı kirlilikleri homojenize etmek için dispersiyon sistemi (Dispersion) kullanılmaktadır.



**Şekil 1.2:** Akış diagramı Gazete kâğıdı üretimi [17].

Mürekkep giderme (deinking) prosesi karşı akım prensibine göre tek tek su loop (su döngü sistemi) larının sistematik bir şekilde ayrılması esastır. Deinking prosesleri yapılacak imalata göre iki, üç veya bazı durumlarda dört loop lu tercih edilebilir. Yukarıda, ayrı bir kâğıt makinesi loop döngüsü ile hamur hazırlama sisteminde iki looplular görülmektedir. Hamur koyulaştırma (disk filtre) aşamaları ile ayrılan su loop devrelerinin, proses suyundaki kolloidal ve iyonik maddelerin yüklerini kontrol etmek ve proses su döngülerinde sticy ve külleri kontrol edilebilir düzeyde tutmak amacıyla çözülmüş havalı flotasyon (DAF) kullanılır. Üretim hattından ve flotasyon ünitelerinden çıkan çamur, çamur presleri ile susuzlaştırılarak sistemden uzaklaştırılır. Üretim hattında ayrılan kaba rejeptler rejept sisteminden geçirilerek su ve elyaf kazanımlarından sonra sistemden uzaklaştırılır. Gazete Kâğıdı hamuru hazırlama sisteminde düşük sticy için temizleme kademelerinde slot elekler kullanımı ile sağlanmakta, yüksek beyazlık (% 63 ISO beyazlığı) 2 kademeli beyazlatma sistemleri ile sağlanmakta ve yüksek kül giderimi için de 2. Kademe flotasyonlar büyük avantaj sağlamaktadır.

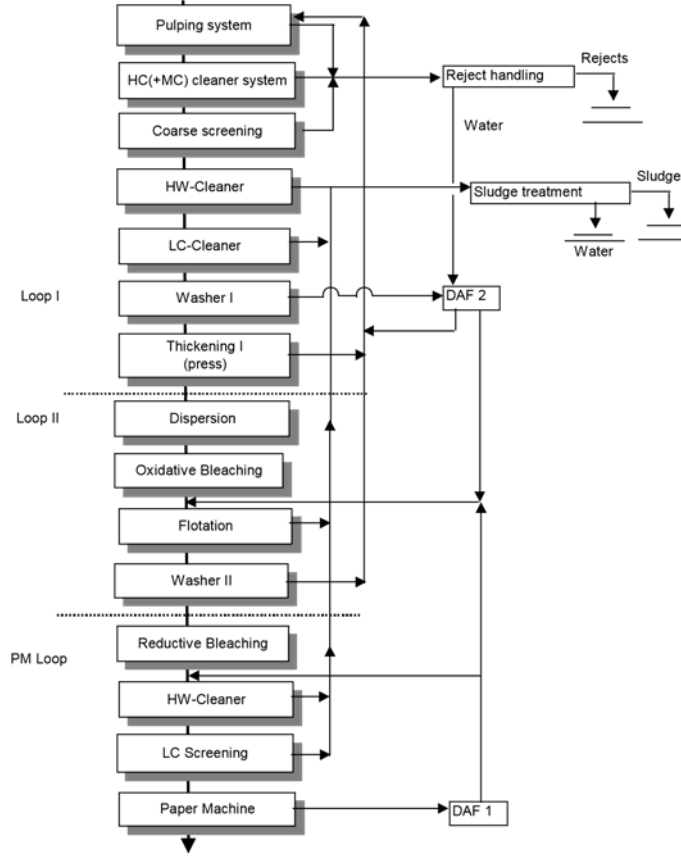
### **1.2.2.3 Hafif Kuşeli ve Kalenderlenmiş Kâğıt (LWC/SC)**

SC ve LWC kâğıt imalatı için yüksek kalite geri dönüşüm Kâğıdı ( yazı baskı kâğıtları, yüksek odun hamuru içeriği bulunan atık kâğıtlar) kullanılmaktadır. Bu kâğıtların imalatı için de yukarıdaki diagramda belirtildiği gibi iki kademeli flotasyona ve iki kademeli beyazlatma sistemine ihtiyaç vardır. Bu kâğıtlarda gazete kâğıdı gibi yazı basılabilirlik yeteneğinin yanında daha fazla yüzey düzgünlüğü, yüksek optik parlaklık aranmaktadır

### **1.2.2.4 Temizlik Kâğıdı**

Yüksek kaliteli temizlik kâğıdı üretimi için geri kazanılmış kâğıt kullanıldığında, sadece kaba kirlilikler değil, aynı zamanda baskı mürekkepleri, yapışkanlar ve dolgu maddelerinin de giderilmesi gerekmektedir. Kül giderimi ve elyaf kayıpları ile beraber düşük hurda verimine sebep olmaktadır (yaklaşık %60-70). Gazete kâğıdı imalatı prosesine göre en büyük fark kullanılan hammaddelerin benzeri temizlik kâğıdı imalatında kullanılmasına rağmen son ürünün yumuşaklığı ve emiciliği yüksek oranlarda olması nedeniyle, yıkama(Washer) (ince ve dolgu maddelerinin çıkarılması) gerekliliğidir. Örnek olarak, hammadde olarak kullanılan geri kazanılmış kâğıt cinslerine bağlı olarak, kül içeriği % 15 ile % 38 arasında değişebilir (kaplamalı odunsuz kâğıtlar durumunda). Kül içeriğinin geri kazanılmış kâğıt işleme sırasında üretilen katı atık miktarı üzerindeki doğrudan etkisi dikkate alınmalıdır. (Şekil 1.3), geri kazanılmış kâğıt hazırlama tesisinin basitleştirilmiş bir diyagramını göstermektedir.

Yıkama düşük hamur kıvamında gerçekleştirilir ve yıkama suyunun verimli kullanımını ve devridaimini içerir. Proses suyu temizlenmesi için yıkama suyu mürekkebi ve diğer katılar DAF veya diğer verimli su temizleme teknolojisi ile uzaklaştırılmalıdır. 1.kademe Yıkama, kül, ince taneler ve ince mürekkep parçacıklarının giderilmesine yarar, akabinde kâğıt hamuru yaklaşık % 30'a kesafete çıkarılmak için çeşitli tipte presler kullanılır. Kâğıt hamuru bir ısıtma vidası ile ısıtılır ve hala liflere yapışan mürekkebi, tutkalları dağıtır. Aynı zamanda ağartma işlemi için kullanılan katkı maddeleri de(peroksit) burada sisteme eklenerek beyazlatma işlemi de başlamış olur. Flotasyon aşamasında kir lekeleri ve yapışkanların yanı sıra dispersiyon ile ayrılan mürekkep parçacıklarını giderir. İkincil ağartma 2.kademe yıkamayı izler ve kâğıt hamuru daha sonra depolama kulesine gönderilir.



Şekil 1.3: Akış diagramı Temizlik kâğıt üretimi [17].

### 1.2.3 Atık Kâğıttan Elyaf Temini İçin Uygulanan İşlemler ve Teknikler

Geri dönüşüm kâğıt sistemi kâğıt üretim cinsine göre değişir örn. Gazete Kâğıdı, ambalaj Kâğıdı ve de temizlik kâğıtları. Genel olarak geri dönüştürülmüş elyaf iki ana kategori'ye ayrılabilir,

- Mürekkep arındırma işlemi olmadan mekanik temizleme süreci; ambalaj Kâğıdı ve karton imalatında kullanılır.
- Mürekkep arındırma (DIP) ve mekanik Temizleme Süreci; gazete Kâğıdı, mendil Kâğıdı baskı Kâğıdı, yazı baskı Kâğıdı, magazin Kâğıdı, kuşeli karton ve karton.

Geri dönüşüm Kâğıdı proseslerin de temel prensiplerden oluşmaktadır bunlar elyaf ayırma (deflaking) ve çöp ayırma işlemleri. Geri dönüşüm prosesin de işlem aşamaları şu şekilde takip eder;

### 1.2.3.1 Geri Döşüm Kâğıtlarının Stoklanması

Normalde geri dönüşüm kâğıtları kâğıt fabrikalarına telli/bantlı balya halinde veya dağınık halde getirilir ve cinslerine hurda kâğıt sahasında stok edilir. Balyalanmış atık kâğıtlar prosesin şekline göre ya besleme esnasında otomatik veyahut manuel olarak tellerinden uzaklaştırılır ya da telleri ile birlikte sisteme gönderilerek burada sistemdeki ekipmanlar ile uzaklaştırılır.(Rag pull)



Şekil 1.4: Hurda kâğıdın istiflenmesi 1



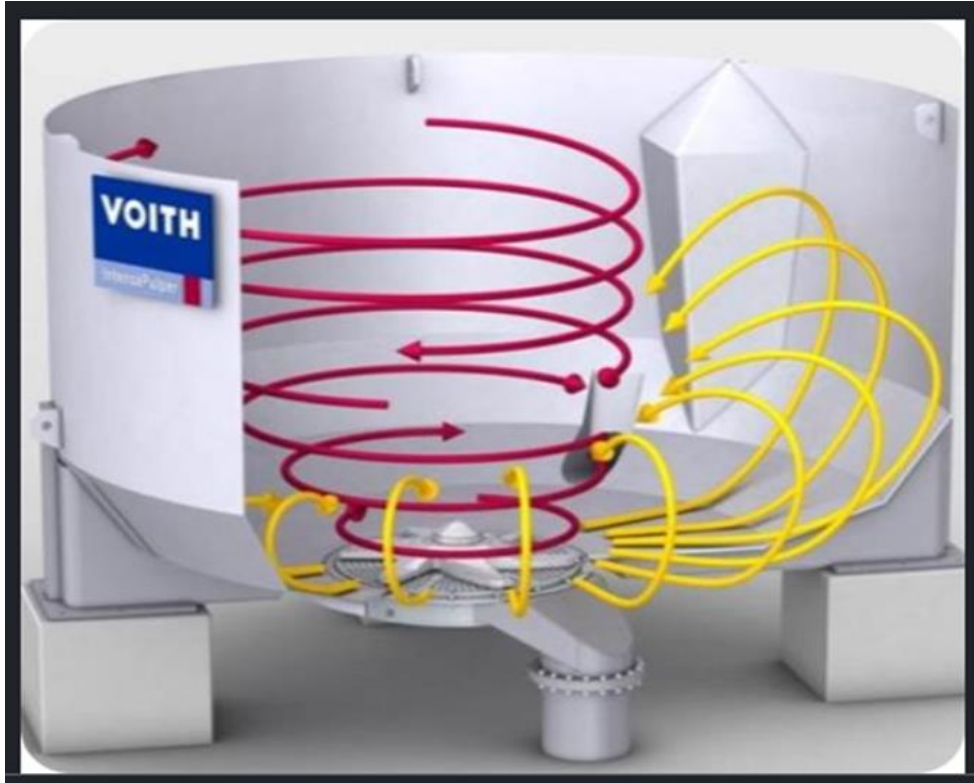
Şekil 1.5: Hurda kâğıdın istiflenmesi 2

### 1.2.3.2 Geri Dönüşüm Kâğıtlarının Hamur Haline Getirilmesi (PULPING)

Geri dönüşüm Kâğıdı konveyörler yardımı ile pulper içine koyulur, sıcak su veya beyaz su( kâğıt makinesi proses suyu) ile mekanik karıştırıcı yardımı ile burada hamur haline getirilir ve elyaflara parçalama olur. Kâğıt hamuru içerisindeki kâğıt oranı için kesafet tabiri kullanılır. Farklı hammadde türleri ve farklı ürünler için ayrı teknik çözümler mevcuttur. Yoğun olarak kullanılan 3 farklı tipte pulper vardır;

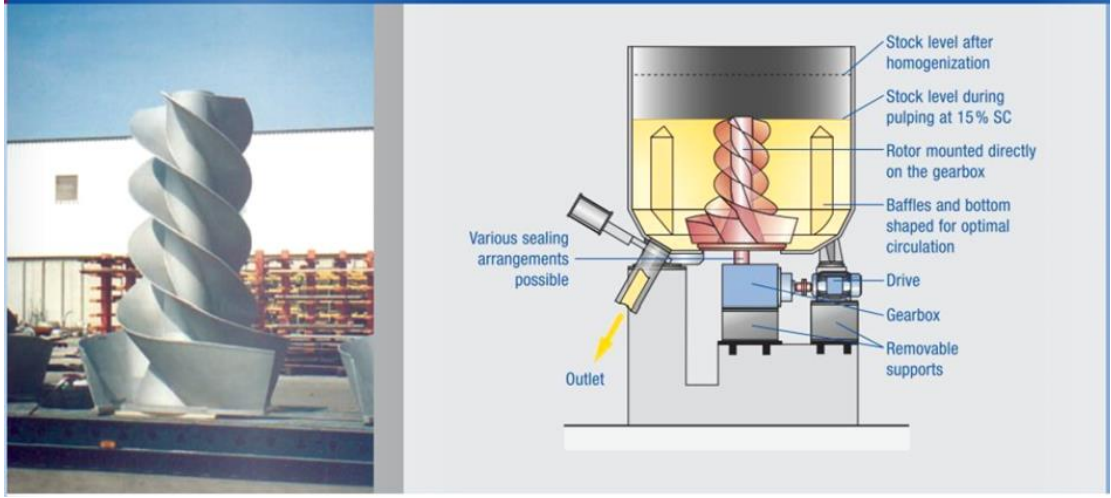
- Düşük kesafet Pulperi (% km 4-6)

Genellikle OCC imalatı proseslerinde kullanılır, sistem sürekli çalışma prensibine göre dizayn edilmiştir. Hurda kâğıt pulpere beslenirken altta bulunan rotor yardımı ile kâğıt hamur haline getirilirken bir taraftanda sisteme pompa vasıtası ile hamur çekışı yapılabilmektedir.



Şekil 1.6: Düşük kesafet pulperi [18].

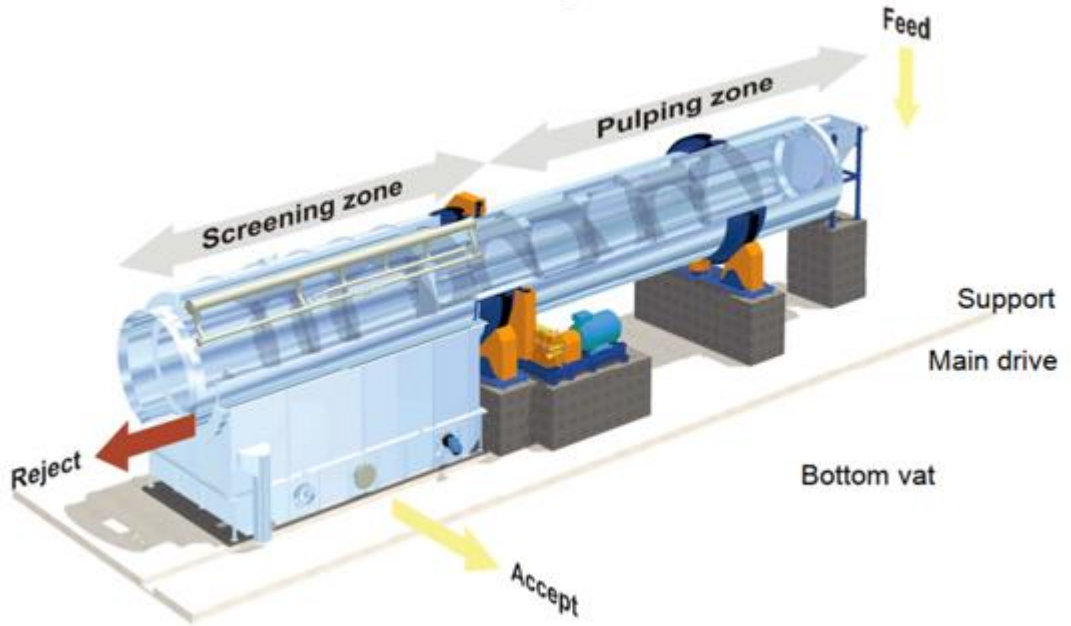
- Yüksek Kesafet Pulperi (% km 15-20)



Şekil 1.7: Yüksek kesafet pulperi [19].

Kesikli çalışan pulperlerdir. Genellikle selüloz ve DIP hatlarında kullanılmaktadır. Belli bir tonajda beslene hurda kâğıt açılma süresi boyunca (hurda kâğıt cinsine göre değişmekle beraber 15-25 dk arasındadır.) rotor ile hamur haline getirilir.

- Drum pulperleri,

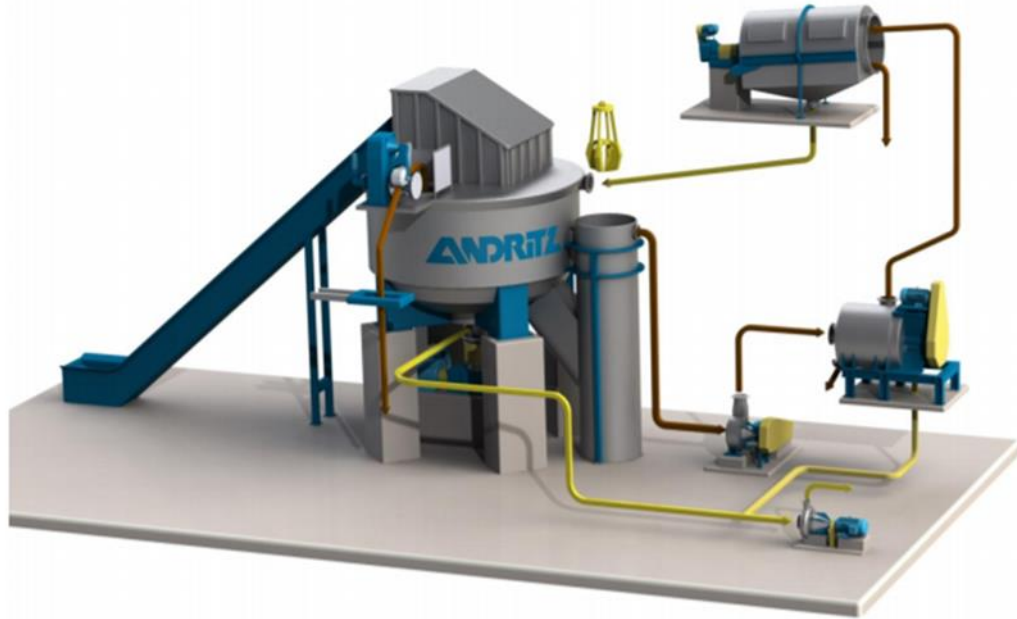


Şekil 1.8: Drum pulper [20].



Düşük kesafet pulperlerine göre en büyük avantajları hurda kâğıt ile birlikte gelen kirlilikler daha küçük parçalara ayrılmakta buda sistemden daha kolay ayrıştırılmalarına olanak sağlamaktadır. Düşük kesafet pulperleri gibi sürekli çalışan sistemlerdir.

Pulperlerin temel amaçlarından biriside atık kâğıt ile sisteme gelen kirliliklerin(plastik, metal, cam v.b.) küçültülerek prosesten ayrıştırılması ve uzaklaştırılmasıdır. Özellikle mürekkep giderme işlemi uygulanacak proseslerde bazı kimyasallar pulperde sisteme dozlanır (NaOH, silikat ve endüstriyel sabunlar gibi). Elyaf ayırma (deflaking), ağır ve hafif atıklardan temizleme için ikincil yardımcı pulper kullanımı yaygındır. Bu kurulum birçok farklı isim altında ama aynı amaç üzerine kurulmuştur. Bununla beraber eleme drumları'da kullanılır. Normalde pulper'de kâğıt parçalama için gelen su tamamen kâğıt fabrikasından beyaz su şeklinde gelen devir daim suyudur.



Şekil 1.9: Pulper sistemi [21].

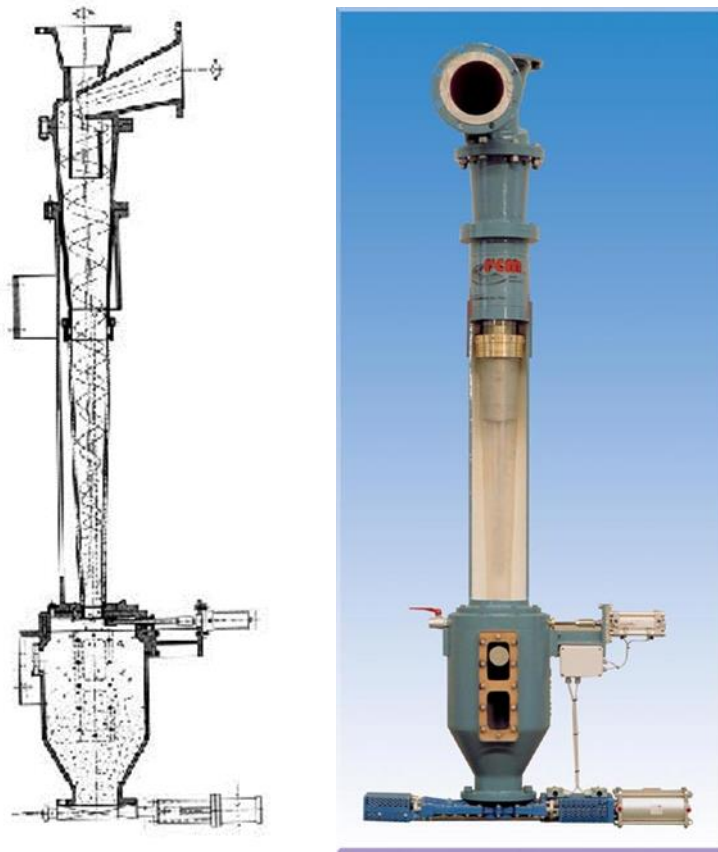
### 1.2.3.3 Mekanik Temizleme İşlemleri (Metal, Çakıl, Plastik vb. Kirliliklerin Giderilmesi) (CLEANING)

Temel olarak mekanik kirliliklerin ayrıştırılması için, elyaflar işlem basamağındaki ekipman dizaynına göre su ile muamele edilerek, boyut, özgül ağırlık gibi fiziksel özellik farklılıklar kullanılır. Temizleme için temel olarak farklı boyutlarda elek delik yapısı, elek

açıklığına (delikler, yarıklar) sahip elekler ve çeşitli hidrosiklon türü (yüksek kıvamlı temizleyiciler, santrifüj temizleyiciler vb.) ekipmanlar kullanılır. Temizleme işlemi sırasında proses temizleme kalitesi ve hassasiyetine göre kâğıt hamuru seyreltilerek ilerletilir.

#### 1.2.3.4 Yüksek Kesafet Santrifüj Temizleme (HIGH DENSITY CLEANER)

Kısmen temizlenmiş kâğıt hamuru, merkezkaç kuvvetlerinin daha küçük ağırlıktaki parçacıkları çıkardığı hidrosiklonlara (yüksek yoğunluklu temizleyiciler) pompalanır. Bu temizleyicilerin ve pulper bertaraf sisteminden uzaklaştırılan katı atıklar genellikle düzenli depolama ile bertaraf edilmelidir (yüksek inorganik malzeme içeriği).

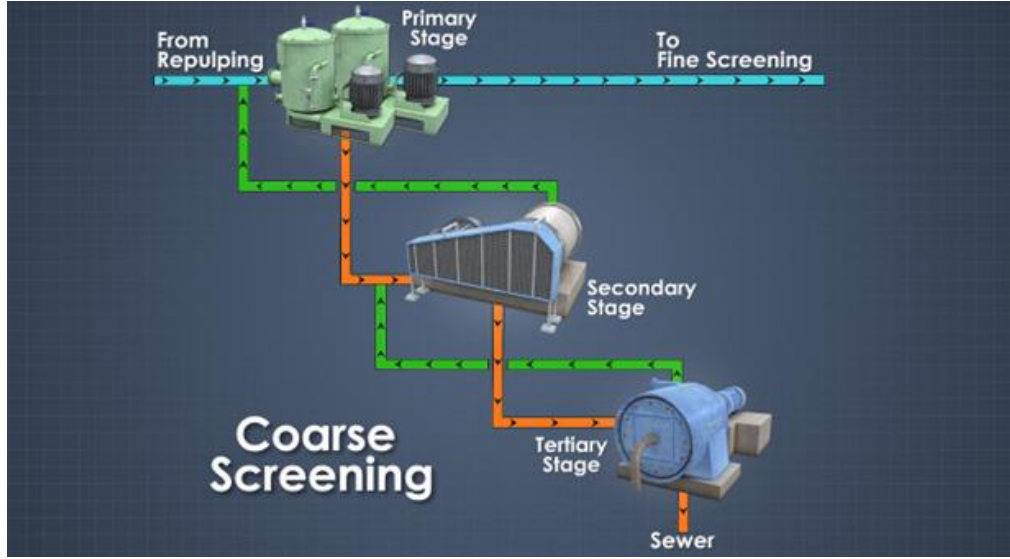


Şekil 1.10: Kum tutucu [22].

#### 1.2.3.5 Kaba Temizleme (COARSE SCREENING)

Bir sonraki işlem aşaması, basınçlı eleklerin delikli/yarıklı sepetlerinin açıklıklarından faydalanarak eleme işlemidir. Elek tipinin seçimi, son ürüne ve kullanılan elyaf hamurunun kalitesine bağlıdır. Hamur hazırlamada kaba temizleme işlemi esnasında hamur kesafeti

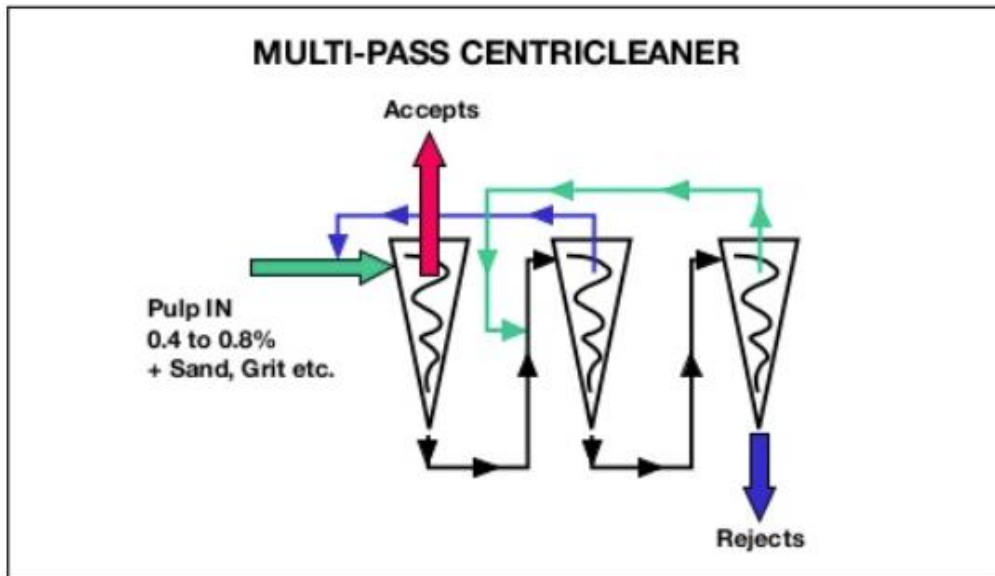
%3-4 civarındadır. Genel olarak, daha düşük bir kesafette eleme daha verimlidir, ancak daha büyük makine dizaynına ve daha fazla enerji tüketimine ihtiyaç duyulur.



Şekil 1.11: Kaba temizleme sistemi [23].

#### 1.2.3.6 Düşük Kesafet Santrifüj Temizleme (LC CLEANER)

Kâğıt hamuru daha sonra düşük kesafetlerde (%1-1,5 km) çalışan santrifüj elemeden geçirilerek yüksek kesafet temizleme kademesine nazaran daha ince kumlar ve partiküller temizlenerek bir sonraki aşamaya geçirilir (eğer DIP prosesi değil ise)



Şekil 1.12: Düşük kesafet kliner sistemi [24].

### 1.2.3.7 Elyaf Ayırma (FRACTIONATING)

Elyaf ayırma eleklerine gönderilir. Bu elekler hamuru kısa ve uzun elyaf şeklinde iki farklı bölüme ayırarak kısa ve uzun elyafta farklı tarzda işlem yapılmasını mümkün kılar.

### 1.2.3.8 İnce Temizleme (FINE SCREENING)

Kâğıt hamuru içerisinde kalan kirlilikler uzun elyaf ile birlikte hareket ederler. Yukarıda da belirttiğimiz gibi daha iyi bir temizlik için bu kısımda hamur kesafeti artık %1-1,5 civarındadır. Kâğıt hamuru ikiye ayrıldığı ince temizleme işlemi sadece uzun elyaflar için yapılacağından çok büyük temizleme ekipmanlarına ve enerjiye ihtiyaç duymayacaktır.



Şekil 1.13: Basınçlı eleme ünitesi [23].



**Şekil 1.14:** Basınçlı eleme için elek ve rotor [23].

### 1.2.3.9 Elyaf Öğütme (REFINING)

Temizlenen ve tekrar kesafeti yükseltile uzun elyaflar yüzey düzgünlüğü ve elyafların birbirleri ile arasındaki bağı arttırarak mukavemetinin artması için öütücülerden geçirilir ve böylece elyafların saçaklandırılması sağlanır.



**Şekil 1.15:** Hamur öğütme sistemi [25].

### 1.2.3.10 Mürekkep Giderme İşlemleri (DIP/FLOTATION)

Mürekkep giderme imalat yapan kâğıt fabrikalarında beyazlığın önemli olduğu yerlerde gerekli bir sistemdir örn. Gazete kâğıdı, yazı baskı kâğıdı, temizlik kâğıdı, kuşeli / kuşesiz karton veya beyaz test liner ambalaj kâğıdı. Mürekkep gidermedeki asıl amaçlar beyazlığı yükseltmek, temizlilik ve stickie oranının azaltılmasıdır. Kullanılan hurda kâğıt kalitesine göre veya üretim ihtiyaçlarına göre kartonlar da mürekkep den arındırılabilir.

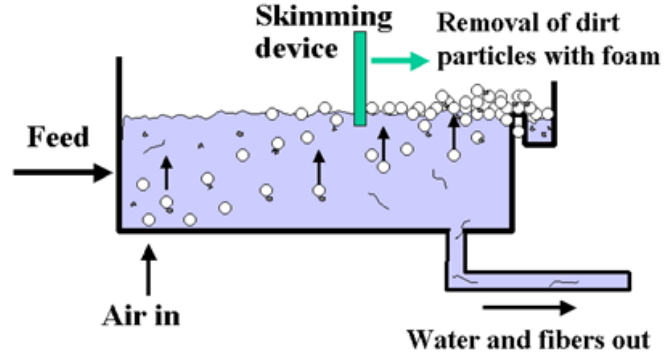
DIP hattına sahip bir tesiste yukarıdaki bahsedilen temel temizleme sistemlerine de sahiptir. Pulperde kâğıdın hamur haline getirilmesi, kâğıt hamurunun mekaniksel olarak temizlenmesi, eleme ve kaba kirlilikleri temizleme (kâğıt olmayan parçalar, taşlar, kumlar, metal atıklar, cam, tekstil atıkları, tahta, plastik vb.) gibi. DIP hattında kâğıt hamurunun kimyasal işlem görmesi ve baskı mürekkeplerinin flotasyon(yüzdürme) hücreleri tekniği ile gerçekleştirilir. Başarılı bir mürekkep giderme için ön koşul mürekkep parçalarını, elyaflardan mümkün olduğunca ayırarak bir arada tutulabilmesine bağlıdır. Bu amaç için mürekkep giderme kimyasalları NaOH, sodyum silikat, hidrojen peroxit, sabun veya yağlı asitler ve bağ yapabilmek için çeşitli polimerler kullanılır. Bu ürünler ağırlıklı olarak Pulperden sisteme dozlanmakla birlikte flotasyon sisteminde ve beyazlatma sistemlerine de belli oranlarda kâğıt hamuruna dozlanmalıdır.

Disperse edilmiş mürekkep parçaları kâğıt hamurundan çok kademeli flotasyon hücreleri yardımı ile ayrılır. Flotasyon tekniği ile mürekkep temizleme sisteminin prensipleri şu şekildedir;

Flotasyona gönderilen kâğıt hamuru yaklaşık % 1 kesafette hücelere beslenir, her hücre içerisinde hava yardımı ile su kabarcıkları oluşturulur. Solüsyon içerisindeki hava kabarcıkları yüzeye çıkarken sisteme dozajlanan yüzey kimyasallarının da yardımı ile kabarcıklar etrafında toparlanırlar ve böylece mürekkepler yüzeye taşınmış olur. Yüzeye taşınan mürekkepler ise yüzdürme yöntemi ile hücrelerden alınırlar. Prosesin yapısına ekipmanların kapasitesine göre hücre sayıları çoklu şekilde dizayn edilir ve tüm hücrelerde süreç bu şekilde ilerler. Elyaf kaybını azaltmak için birincil ve ikincil hücreler şeklinde yapı ayrılır. Birincil hücrelerden uzaklaştırılan yoğun mürekkepli solüsyon ikincil hücelere gönderilerek bu kısımda elyaf kazanımı yapılır. Son olarak ayrılan mürekkep çamuru susuzlaştırılmak üzere sırayla elek ve vidalı preslerden geçirilir yaklaşık %50-60 kuru maddeye kadar susuzlaştırılır. Elde edilen su prosese tekrar temizlenerek kullanılmak

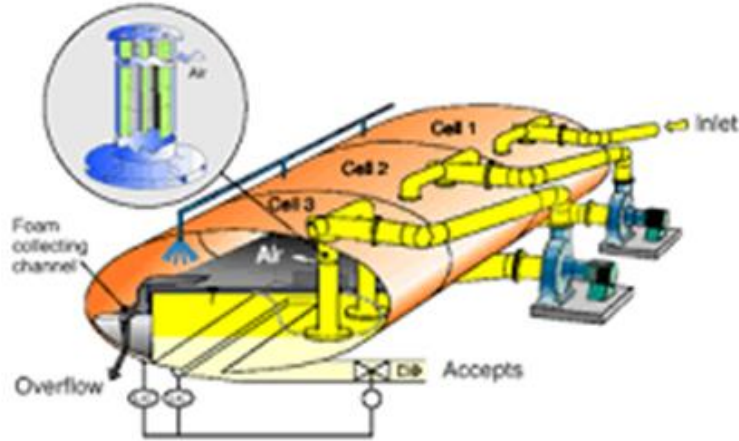
üzere gönderilir, %50 kurulukta olan mürekkep çamurları ise yakma tesislerinde yakılarak veya katı atık depolarına gönderilerek bertaraf edilir.

### De-Inking Schematic



Şekil 1.16: Mürekkep giderme şeması [26].

### EcoCell Flotation Machine



Şekil 1.17: Mürekkep giderim sistemi [27].

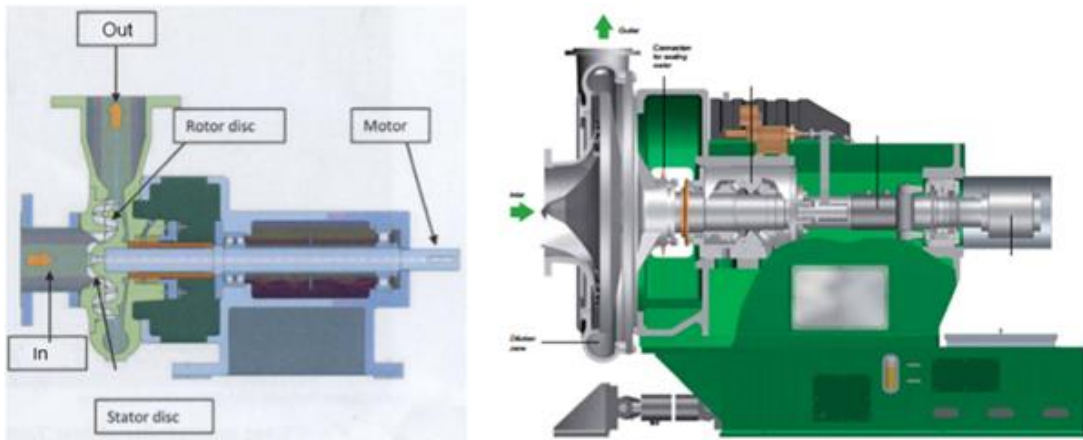
#### 1.2.3.11 Dispersiyon Sistemi (DISPERSION)

Kâğıt hamurundan mürekkep alımı olduktan sonra hala bazı küçük kirlilikler içerebilir. Örneğin baskı mürekkep parçacıkları, waxlar, stiky ya da sıcak tutkal parçacıkları gibi. Sistem kâğıt hamurunu susuzlaştırmak için kullanılan disk filtreler ve vidalı preslerden, sıcak tüp ve hamuru dağıtmak için kullanılan dispergerden oluşur. Dispersiyon sistemi

öncesi hamur kesafeti %1,5 -2 civarından önce disk filtre yardımı ile %10 – 12 seviyelerine, devamında da vidalı presler yardımı ile % 25 – 30 seviyelerine yükseltilir. Yüksek kesafete ulaşan kâğıt hamuru sıcak tüpe gönderilir burada yaklaşık 90 °C sıcaklık ve güçlü sürtünme kuvvetleri sayesinde bahsi olunan kirlilikler gözle görülmeyecek boyutlara kadar dağıtılır. Sıcak tüten geçen hamur dispergerden geçirilir ve hamur tekrar sulandırılarak prosesin ihtiyacı olan kesafet değerine ayarlanır. Disperger yukarıda da bahsi geçen refiner mantığı ile görev yapmakta ve içerisinden geçen kâğıt hamurunun saçaklandırılması ve tamamen dağıtılması işine yaramaktadır.



Şekil 1.18: Dispersiyon şeması [28].



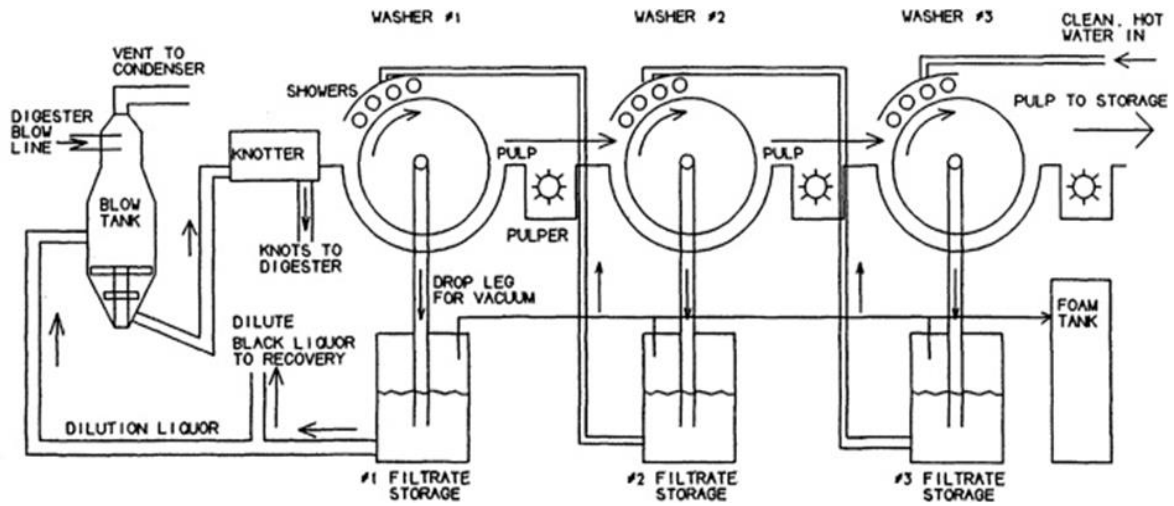
Şekil 1.19: Disperger ünitesi [29].



### 1.2.3.12 Yıkama İşlemi ve Kül Giderilmesi (WASHING)

Flotasyon ile mürekkep giderme işleminde en uygun olarak 5-100 µm arasındaki parçacık boyutlarını temizleyebiliriz. Flotasyon giderme için uygun aralıktan daha küçük olan mürekkep partikülleri, temelde çok aşamalı bir susuzlaştırma olan yıkama giderme işlemi ile giderilebilir. Yıkama işlemi ile mürekkeplerin yanı sıra dolgu maddeleri ve ince kirlilikler de kâğıt hamurundan giderilir. Yıkama genellikle ters akım su akışı ile birkaç aşamada gerçekleştirilir, yani ikincil aşamadaki filtrat suyu, bir ön aşamadaki hamurun seyreltilmesi için kullanılır.

Kuşe kâğıtlar da temel kâğıttaki yabancı maddelere karşı hassastır ve çok temiz geri dönüşüm hamuruna ihtiyaç duyarlar, bu nedenle kül giderimi gerekli ise temizlik Kâğıdı veya DIP hamuru kullanılan magazin kâğıdı sistemlerinde her zaman Şekil 1.20'de gösterildiği gibi flotasyon kademeleri ile birlikte yıkama aşaması da içermelidir.

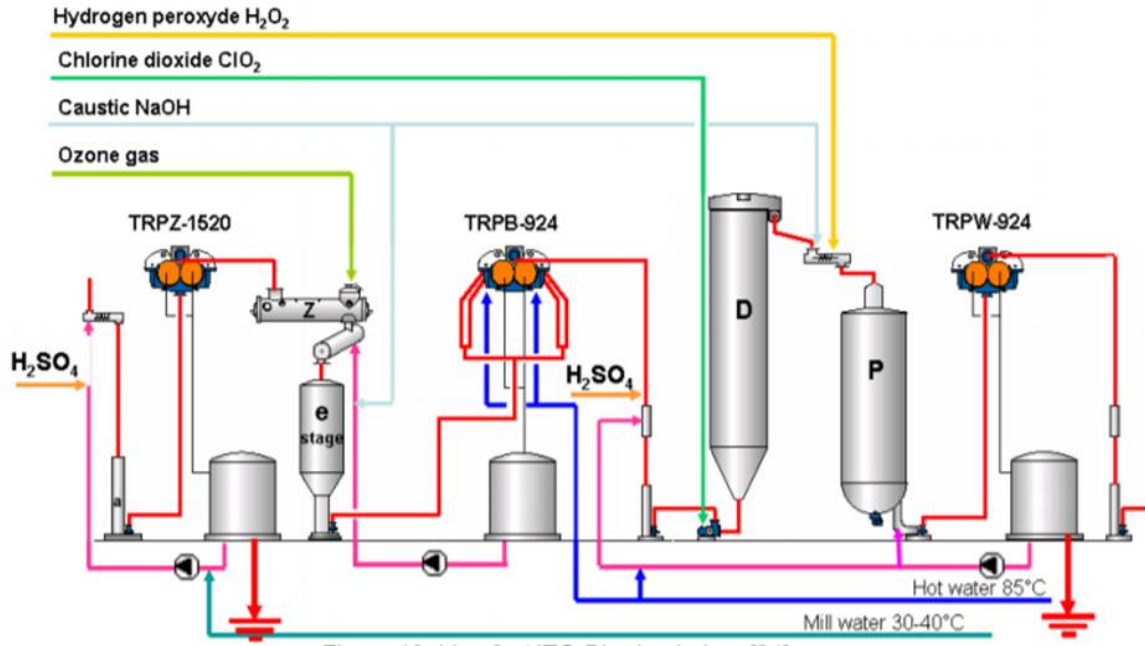


Şekil 1.20: DIP hamuru için yıkama işlemi [30].

### 1.2.3.13 Beyazlatma (BLEACHING)

Kâğıt hamuru beyazlatma kulesine girmeden önce hamur genellikle ağartma kimyasalları sisteme dozlanarak ağartma işlemi başlatılır. Ağartma işlemi için genellikle hidrojen peroksit, hidrosülfid, klor türevi kimyasallar veya formamidin sülfirik asit (FAS) kullanılır. Beyazlatıcı kimyasallar, parlaklığı korumak veya arttırmak için doğrudan dispersiyon sistemine eklenir. Reaksiyonun kendisi ağartma kulesinde cereyan etmektedir. Beyazlık artışı, hammaddeye, pulper ve flotasyon sürecinde kullanılan kimyasallara da (kostik, sodyum silikat ve endüstriyel sabun gibi yüzey bağlayıcılar) bağlıdır. Hammadde olarak

neredeysi odun içermeyen ikincil lifler kullanıldığında geleneksel ağartma kimyasalları olarak adlandırılan oksijen ve ozon kullanılabilir.

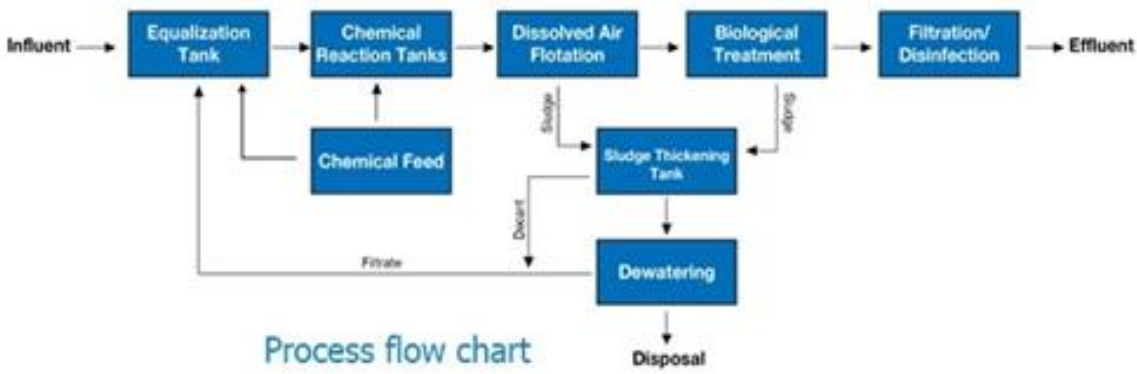
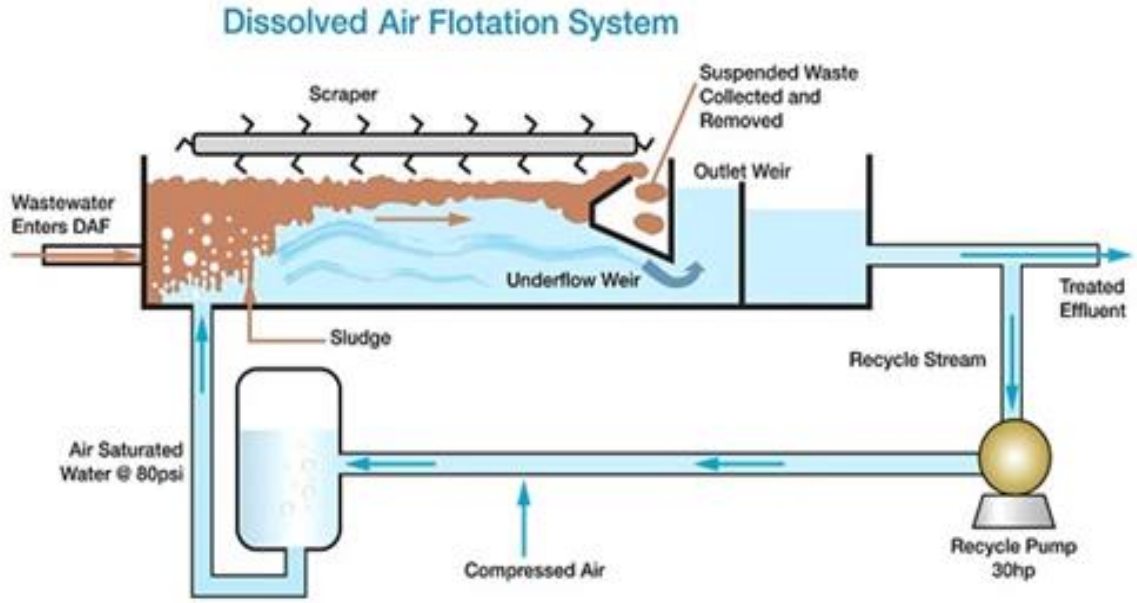


Şekil 1.21: Beyazlatma sistemi [31].

Son olarak kâğıt hamuru, yüksek hacimli stok depolarına oradan da karışım ve makine depolarına gönderilir. Bu depolar, proses sürekliliğini arttırmak için hamur hazırlama ile kâğıt makinesi kâğıt makinesi arasında tampon görevi görür. Karışım tanklarında aynı zamanda kâğıt makinesinin ihtiyacı olan olan kimyasallar eklenmeye başlanırken, doğru ve oturmuş bir safihanın oluşturulması için gerekli kesafette burada ayarlanır.

#### 1.2.3.14 Su Arıtma İşlemi (DAF)

Susuzlaştırma bölümlerinden çıkan su mikro-flotasyon veya DAF ünitelerinde temizlenerek berraklaştırılır. Proses suyu bu şekilde bir döngü içerisinde tekrar kullanılabilir. Su temizleme kademelerinden çıkan çamur susuzlaştırılarak yakılabilecek bir katı atık halinde atılır. Özellikle mürekkep giderimi yapılan proseslerde bu işlemler hem su tüketiminin azaltılması hem de kullanılan su kalitesinin oturmuş halde tutulabilmesi için çok önem arz etmektedir.



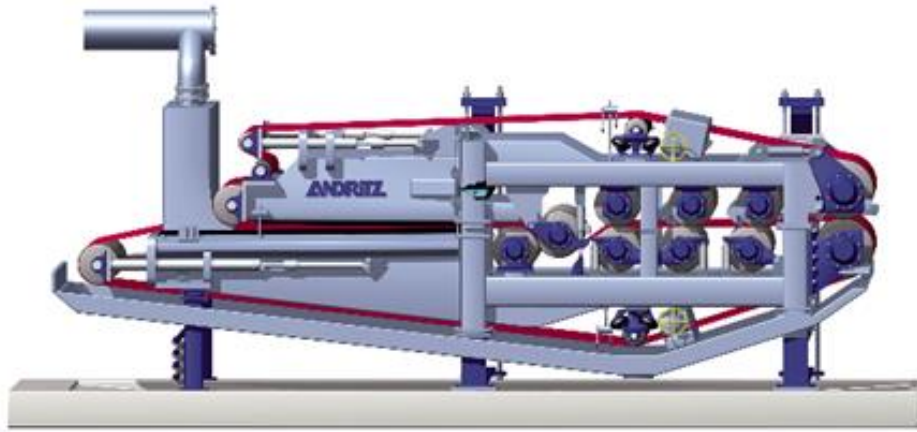
Şekil 1.22: DAF ünitesi çalışma şeması [32].

### 1.2.3.15 Susuzlaştırma

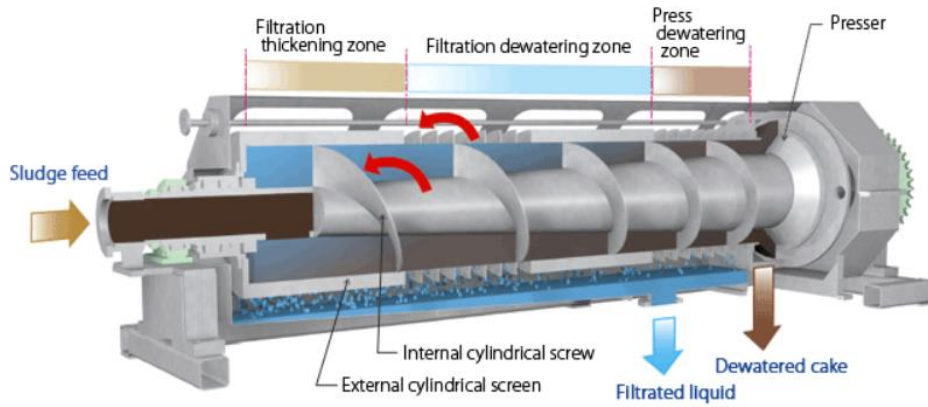
Susuzlaştırma veya hamur kesafetlendirme işlemlerinde farklı tipte ekipmanlar kullanılmaktadır. Bunlar ağırlıklı olarak disk filtreler, gravity elekler, vidalı presler ve çift elekli preslerden oluşmaktadır. Bu ekipmanlar kullanım amacına ve kapasitelere bağlı olarak farklı pozisyonlarda kullanılmaktadır.



Şekil 1.23: Gravity elek [33].



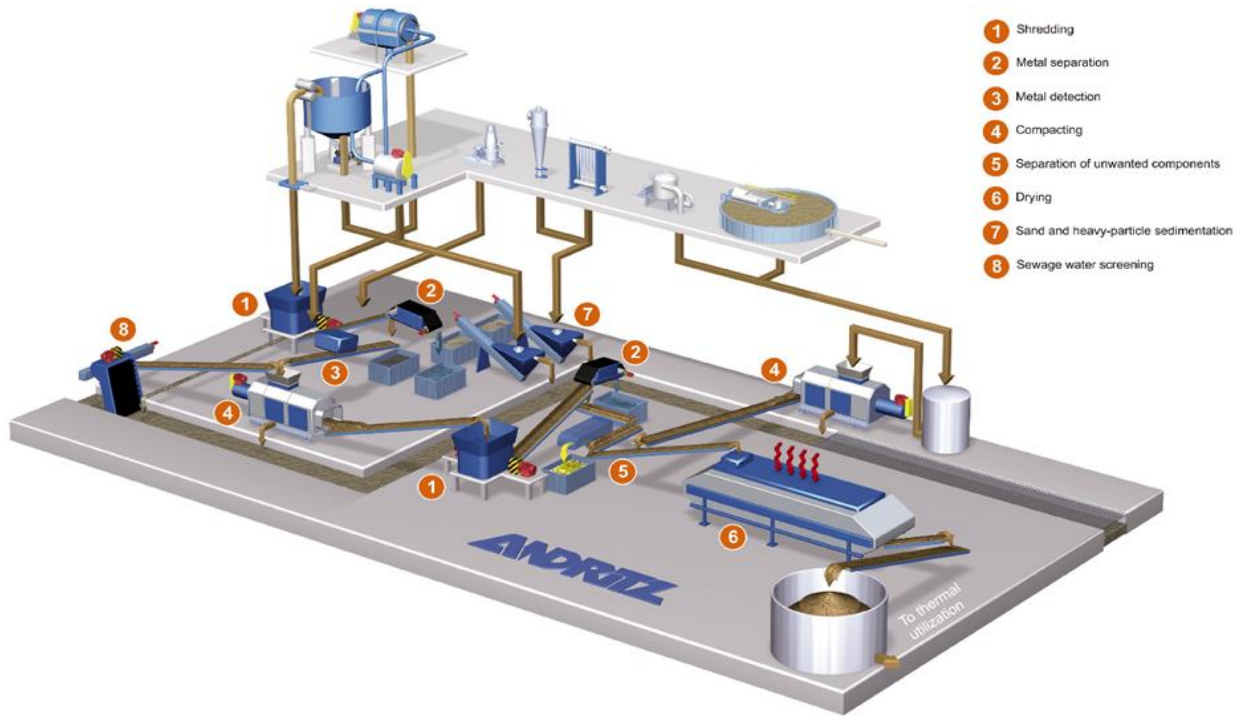
Şekil 1.24: Çift elekli pres [34].



Şekil 1.25: Sıkma presi [35].

### 1.2.3.16 Rejekt ve Atık Çamurları Giderimi

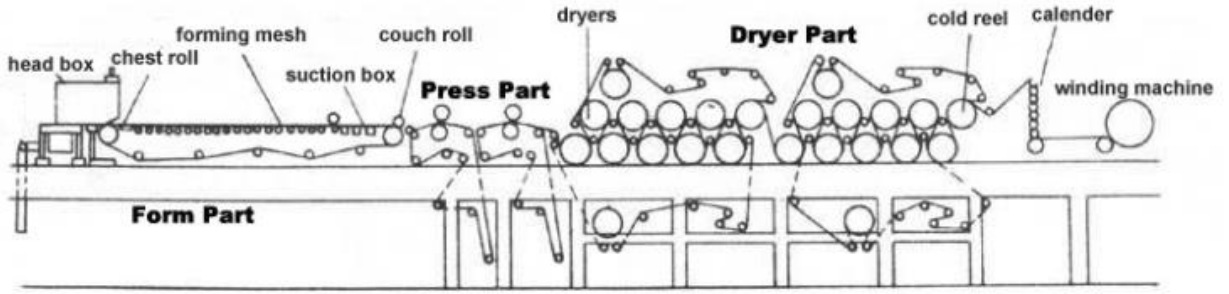
Geri dönüşüm kâğıdı nın işlenmesinde, hem hamur hazırlamadan hem de makine yaklaşım sisteminden değişen miktarlarda ve çeşitli tipte reject (metal, kum, çakıl, plastik vb.) ile çamurlar toplanır ve bunların işlenerek sistemden uzaklaştırılması gerekir. Bunlar çamur ve atık sisteminde toplanarak atık türlerine göre ayrılırılarak, bir araya getirilir ve uzaklaştırılır. Bu sistemin düzgün kullanılması ayrıca elyaf kayıplarının minimize edilmesine katkı sağlar.



Şekil 1.26: Rejekt temizleme sistemi [34].

### 1.3 Kâğıt Makinesi

Kâğıt makinesinde işlenmiş olan kâğıt hamuruna kâğıt formu verilir ve safiha olarak isimlendirilir ayrıca kâğıt safihasına çoğu özellikleri burada kazandırılır. Kâğıt makinesi hamur kasası, elek, pres ve kurutma kısımlarından oluşmaktadır. Aşağıda günümüzde ağırlıklı olarak kullanılan fourdriner dizaynı kâğıt makinesini görebilirsiniz.



Şekil 1.27: Kâğıt makinesi [36].

### 1.3.1 Elek Kısmı (WET SECTION)

Hamur hasası ile senkronize çalışan sonsuz elekten oluşmaktadır. Hamur kasasına gelen yaklaşık %0,2- %1,5 kesafete sahip kâğıt hamuru basınç altında kâğıdı n enine ve boyuna yönde homojen bir şekilde, sonsuz elek üzerine belli bir hızda serilmesi ve safihanın oluşturulmasının sağlandığı yerdir.

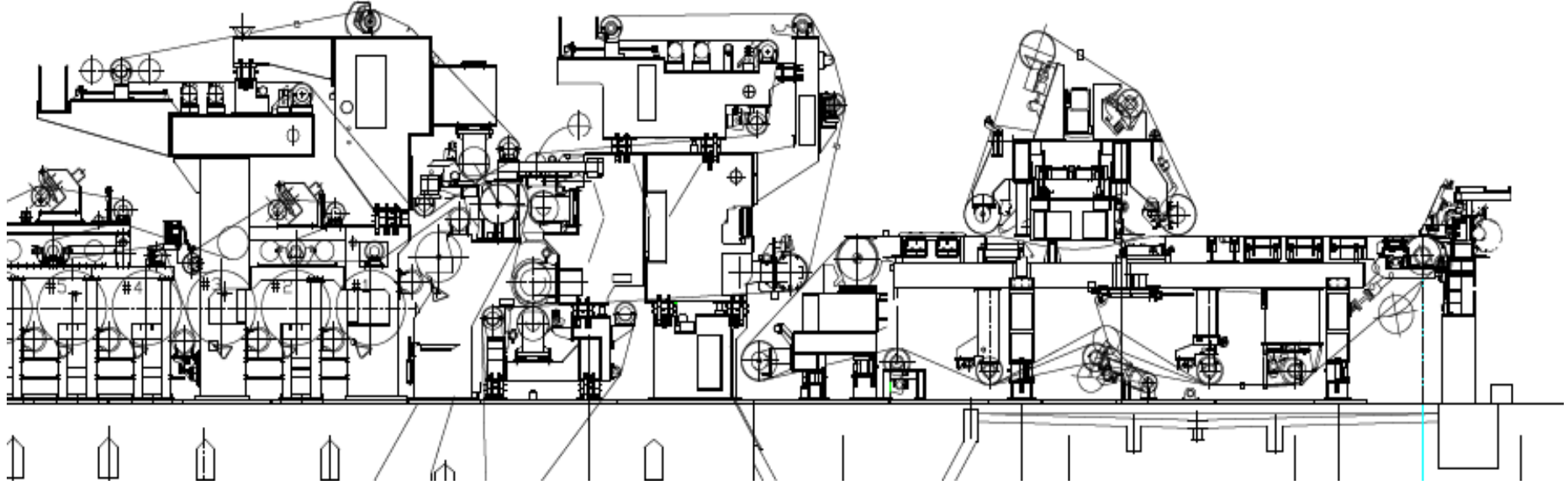
Elek kısmında yüksek su içeriğinin drene edilmesi için drenaj elementleri kullanılır. Temel olarak drenaj elementleri foil ve çeşitli tiplerde vakum kasalarından dizayn edilmiştir. Elek başlangıcından, bitimine kadar farklı vakumlarda çalışan vakum kasaları yardımı ile safiha, %1 kurumaddeden %20 kurumaddeye ulaştırılır. Kâğıt safihasının bu kuruluğa ulaşması sonraki aşama olan presleme bölümünde safihanın bozulmaması için çok önemlidir.

Üretilen kâğıt çeşidine göre elek yapısı, şekli ve hızı farklılık göstermektedir. Örneğin temizlik Kâğıdı makinelerinde hız 2000 m/dk iken gazete ve ambalaj kâğıtlarında 1000 – 1500 m/dk hızlarda makine dizaynları vardır. Çok katlı (test liner ambalaj Kâğıdı veya kartonlar) kâğıt imalatı için çoklu elek sistemlerinde, oluşturulan safihalar üst üste bindirilerek kullanılmaktadır.

### 1.3.2 Pres Kısmı (PRESS SECTION)

Kâğıt safihası pres bölümünde sıralı preslerden geçirilerek %20 kuruluğtan %50 kuruluğa ulaştırılır. Birinci prestten başlayarak son prese kadar artan mekanik baskılar ile safiha

içerisindeki fazla su keçelere aktarılır ve vakum ile keçelerden su uzaklaştırılarak işlem döngü içerisinde devam eder.

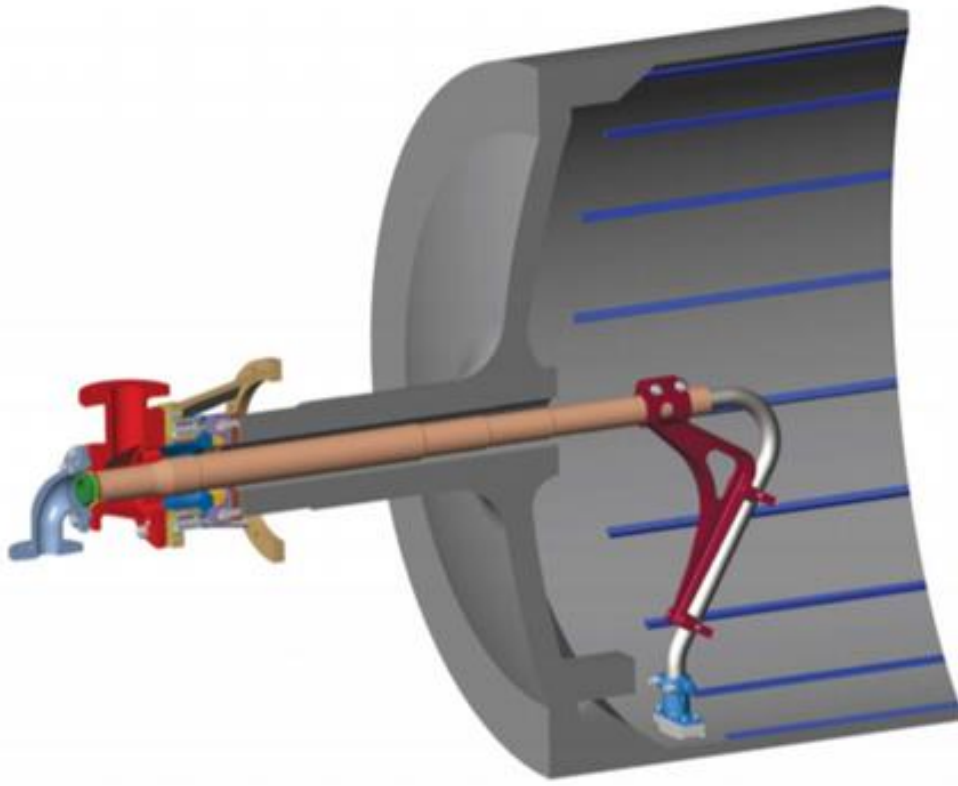


Şekil 1.28: Elek ve pres sistemi [37].

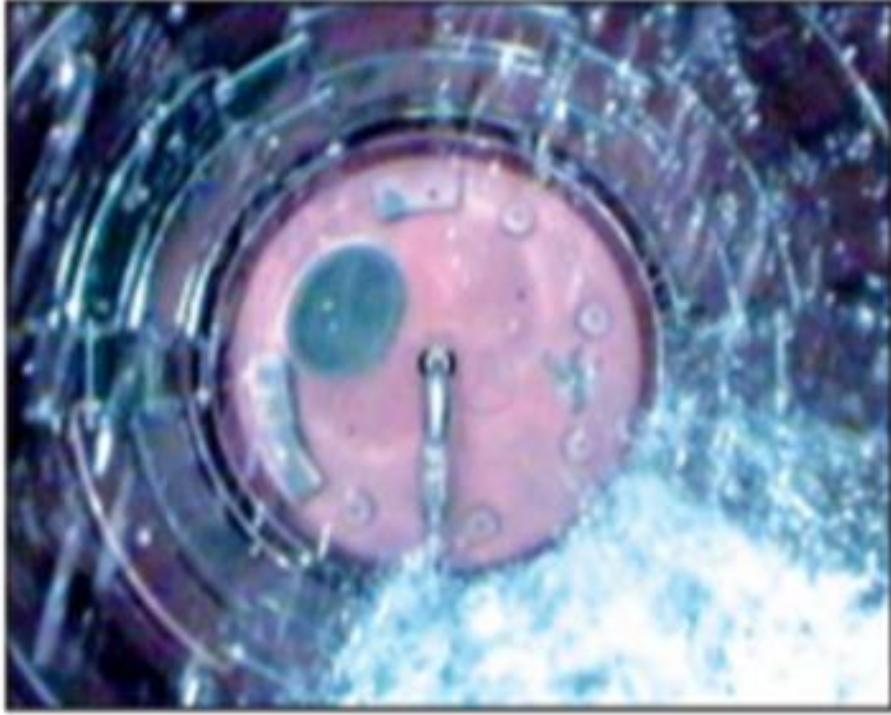


### 1.3.3 Kurutma Kısımı (DRYER SECTION)

Kurutma kısmı, yapılacak imalat çeşidine ve makine hızına göre, sayısı, çapı ve dizilim şekli dizayn edilen silindir gruplarından geçirilerek nihai kâğıt kuruluğu 92-95% olana kadar kurutulur. Kurutma işlemi için kullanılan buhar 4-7 atü basınç ve 160 – 180 °C sıcaklıkta, kurutma silindirleri içerisine verilerek silindir yüzeyleri ısıtılır. Silindirler içerisinde oluşan kondens ise sifonlar yardımı ile silindirlerden dışarı alınır ve kondens pompaları ile buhar kazanına tekrar gönderilir. Buhar kondens sistemi tamamen kapalı bir çevrim içerisinde yönetilir.



Şekil 1.29: Kurutma silindiri sifon sistemi [38].

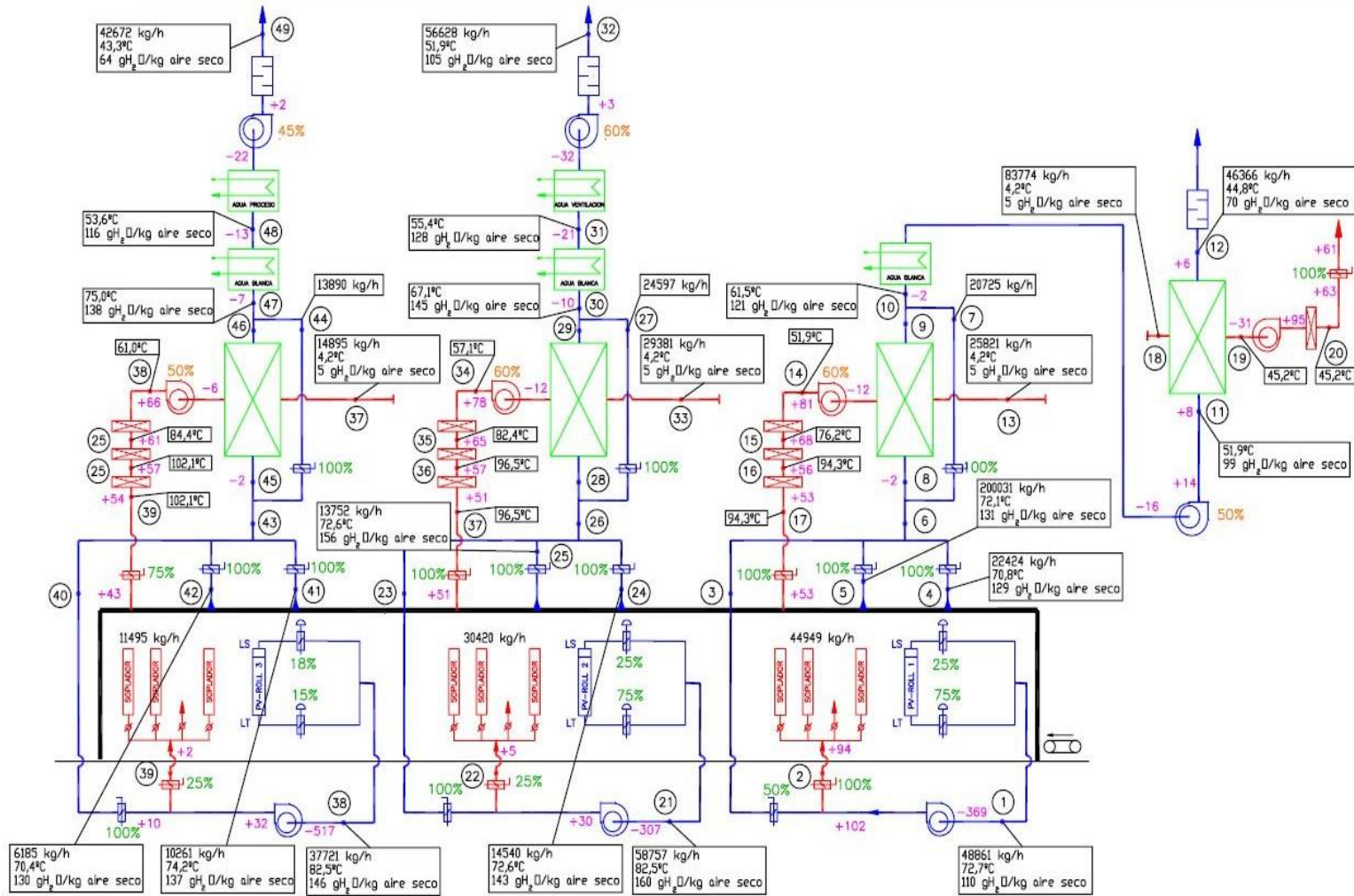


*Real-time view inside the dryer cylinder.*

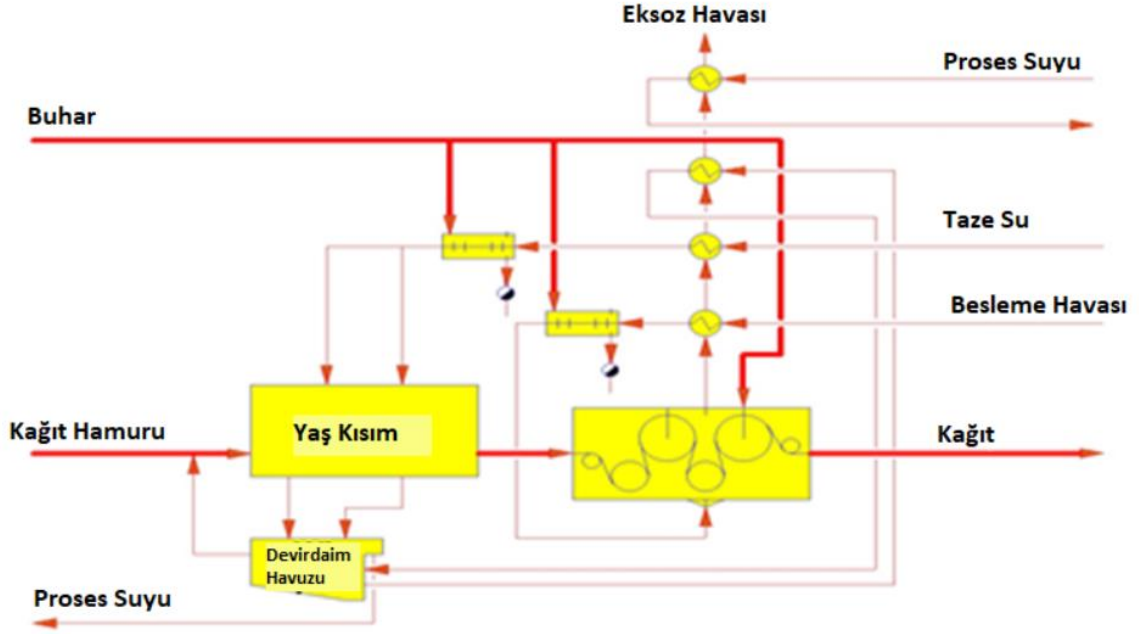
**Şekil 1.30:** Gerçek zamanlı kurutma silindiri kondens oluşumu [39].

Kurutma işlemi, içerisinde sıcak hava dengesinin kurulduğu haube adı verilen kapalı sistem içinde devam ettirilir. Pratik olarak bütün kurutmada kullanılan ısı egzoz havası olarak dışarı atılırken içeri verilen taze hava ısıtılarak önemli ölçüde ısı kazanımı sağlanır. Egzoz havası normal şartlarda 80-85 °C sıcaklık ve 140-160g H<sub>2</sub>O/kg nem içeriğine sahiptir. Bu şekilde nemin bir kısmı (1-1,5 m<sup>3</sup>/ton kâğıt) atmosfere gönderilir.

Aşağıda ısı geri kazım sistemi ile ilgili örnek şema ve basit çalışma diagramı gösterilmiştir.

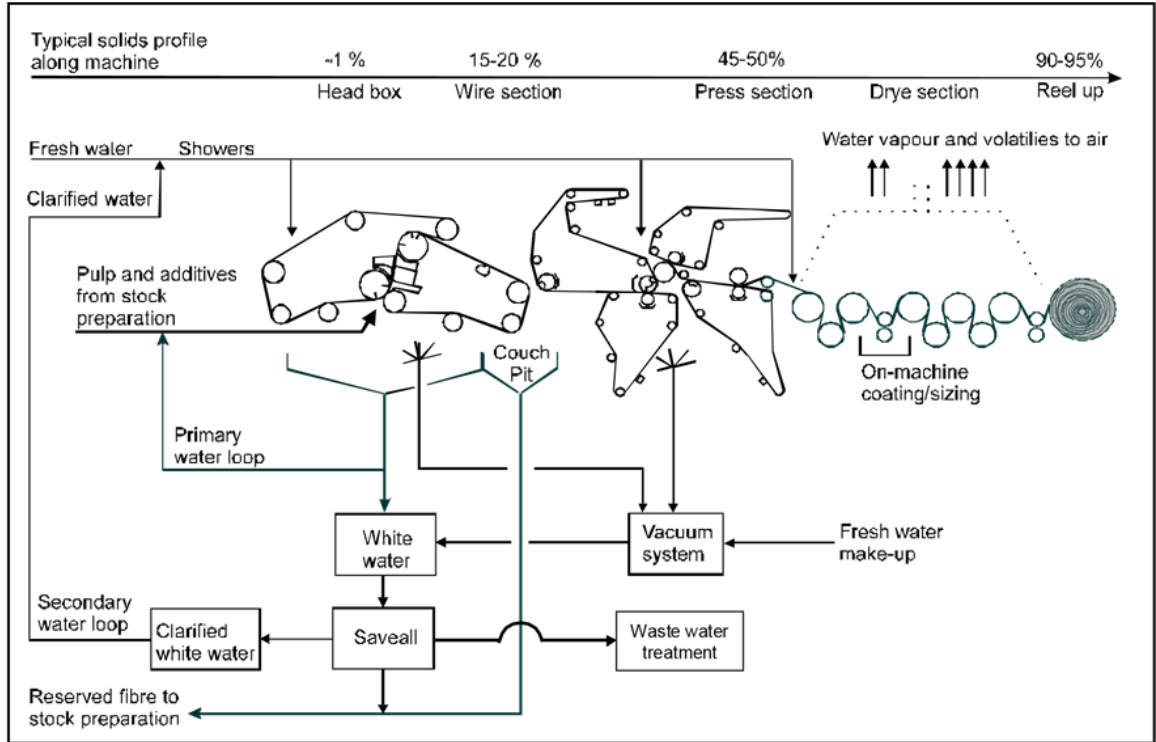


Şekil 1.31: Örnek ısı geri kazanım sistemi [37].



Şekil 1.32: Basit ısı geri kazanım diagramı [37].

Aşağıdaki çizimde kâğıt safihasının kâğıt makinesinde ki kuruluşunun artırılma prosesi basitçe gösterilmiştir.



Şekil 1.33: Kâğıt makinesinde kâğıdın kurumadde artışı [40].

### 1.3.4 Malsarıcı ve Bobin Kesme (REEL AND WINDER SECTION)

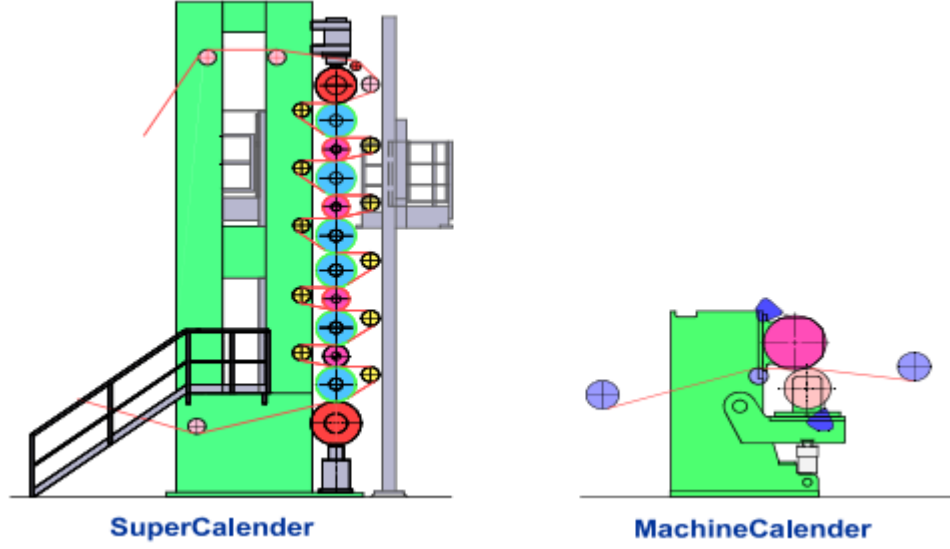
Nihai ürün müşteri taleplerine uygun olarak cins, ağırlık, nem ve diğer fiziki özellikler kazandırıldıktan sonra malsarıca büyük rulolar halinde sarılarak üretim sonlandırılmış olur. Çıkan büyük rulolar daha sonra ebatlandırma makinesinde müşteri isteklerine göre kesilerek daha küçük bobinler haline getirilerek satışa hazır hale getirilir.



Şekil 1.34: Mal sarıcı ve bobin dilimleme [41].

### 1.3.5 Kalenderleme – opsiyonel (CALENDERING)

Kalenderlemenin amacı, özellikle baskı ve yazı tabı kâğıt imalatında pürüzsüz bir kâğıt yüzeyi oluşturmaktır. Kalenderlemede, kâğıt safihası pres rulolarının arasından geçirilir ve bu işlemde yüzey düzgünlüğü, basınç ve bazen de sıcaklık kullanılarak sağlanır. Kalenderler aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi üst üste yerleştirilmiş çok pürüzsüz yüzeylere sahip iki veya daha fazla metal rulodan oluşur. Ancak günümüzde yumuşak plastik kaplı kalenderler de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Genellikle kızgın yağ veya kızgın su ile ısıtılan sert metal rulolara karşılık yumuşak kaplamalı valsler kullanılarak daha parlak bir yüzey elde edilebilmektedir.



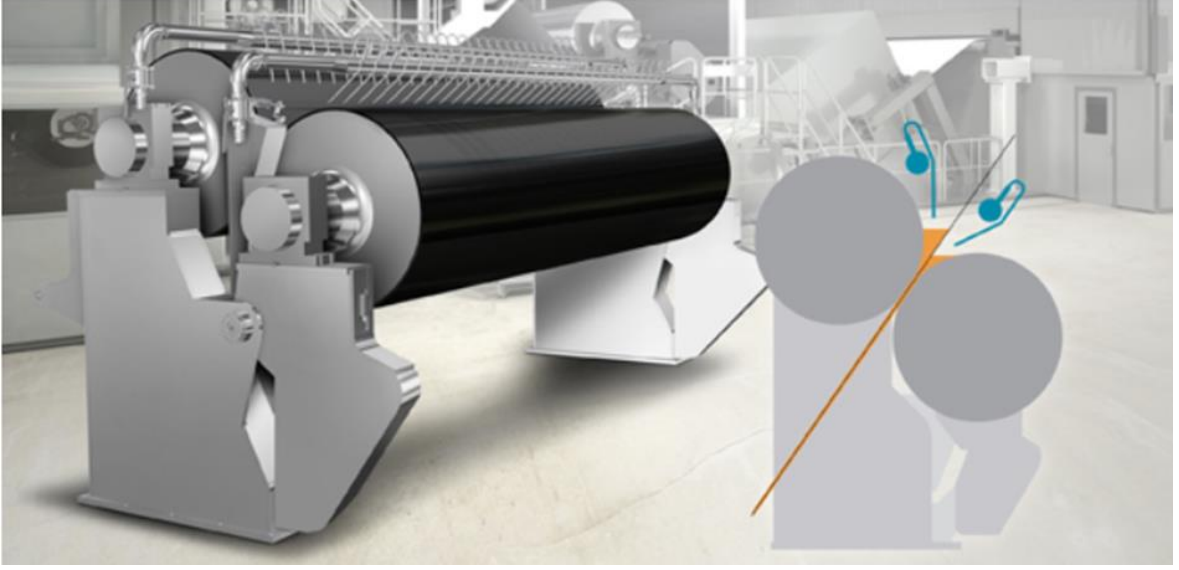
Şekil 1.35: Kalender makinası [40].

### 1.3.6 Tutkallama – Opsiyonel (SIZING)

Tutkallama, kâğıdı n doğal su emme kapasitesini azaltmak için doğrudan nişasta veya sentetik tutkal malzemelerinin makine yaklaşım sisteminde veya size pres sisteminde ilave edilmesi ile yapılmaktadır. Tutkallama da temel amaç baz kâğıdı n mukavemetini arttırmak ve/veya, baskı yazı işleminde kâğıdı n basılabilirlik yeteneklerini artırmak ve tozlanmayı azaltmak olarak sıralanabilir.

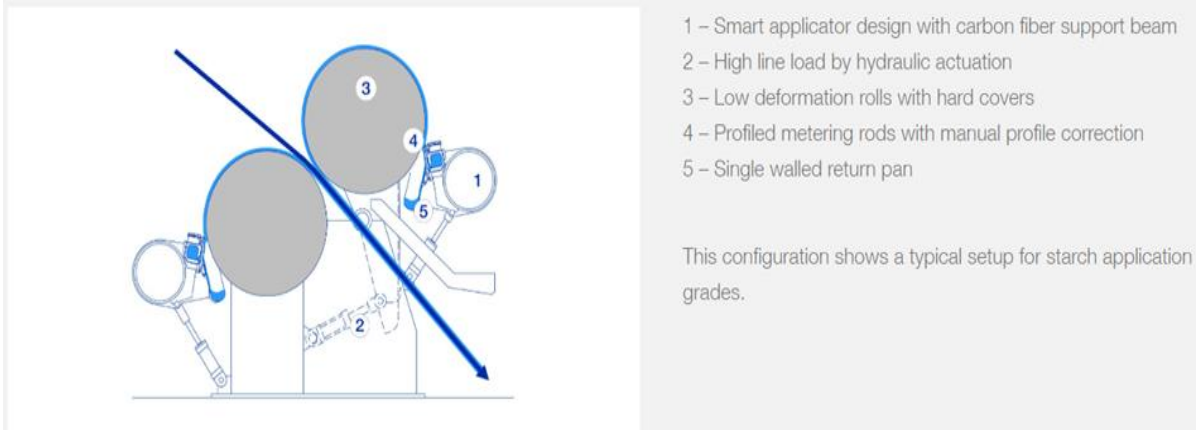
Tutkallama uygulamasının makine yaklaşım sisteminde yapılmasında ki en büyük handikap potansiyel çevresel etkisinin suya salınımdır. Kâğıt hamurunda eklenen yardımcı kimyasalların proses suyuna geçmeleri neticesinde su döngüsünün KOİ ve BOİ konsantrasyonlarını ciddi şekilde yükseltirler.

Tutkal uygulaması nişasta ve diğer sentetik tutkalların kâğıt yüzeyine tatbiki ile de yapılabilir. Hazırlanan nişasta çözeltisi tutkal preslerin arasında oluşturulan çözelti havuzu içerisinden kâğıt safihası geçirilirken kâğıdı n her iki yüzeyine tatbik edilir. Uygulanan nişastanın kâğıt safihasına yüklenme miktarını, tutkal presı öncesi kâğıt safihasının kuruluşu, nişasta çözeltisinin konsantrasyonu ve tutkal preslerinin baskı güçleri ile ayarlanabilmektedir.



**Şekil 1.36:** Tutkallama presi (Size pres) [42].

Size pres teknolojisi, son zamanlarda daha yüksek konsantrasyona sahip nişasta ve daha homojen bir uygulama alanı sağlandığı için, nişastanın bir film şeklinde kâğıt yüzeyine uygulandığı tutkal presler yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.



**Şekil 1.37:** Tutkallama presi (Film pres) [43].

#### **1.4 Kimyasal Kullanımı**

Ürün özelliklerini iyileştirmek için kâğıt ve karton endüstrisinde çeşitli yardımcı kimyasallar kullanılır. Katkı maddelerinin miktarı ve türleri, kâğıt cinsine ve uygulama ekipmanına göre değişir. Kâğıt endüstrisi tarafından uygulanan katkı maddeleri, kâğıdın özelliklerini müşterilerin gereksinimlerine göre optimize etmek için uygulanan ürünler ve kâğıt üretim prosesinin sürekliliğine etki eden ürünler olarak sınıflandırılabilir. İkincisi sınıf katkı malzemeleri, üretim işleminin randımanını arttırmayı kolaylaştırır. Kullanılan ana katkı maddelerine örnekler ve uygulamaları Tablo 1.14’de verilmiştir.

Katkı maddeleri, kullanımı sırasında proses suyuna da karışacağı için belli kullanım oranlarını aşmamak, atıksu arıtma tesisinin verimliliği üzerinde, önemli olumsuz etkilere neden olunmasının önüne geçecektir. Yüklerdeki ani değişiklikler, proses gereksinimlerini karşılamak için sistem temizliği veya ani şok dozlamalar, atık su arıtma tesisinin performansı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir. Bu nedenle, katkı maddeleri dikkatli ve talimatlara uygun olarak kullanılmalıdır.



**Tablo 1.14:** Kâğıt üretiminde kullanılan yardımcı kimyasallar [17].

Nihai Ürün Kimyasalları	Görevi	Örnekler
Dolgu Malzemeleri	<ul style="list-style-type: none"><li>- Yazdırılabilirlik özelliklerini, opaklığı ve parlaklığı, pürüzsüzlüğü ve iyileştirmek</li><li>- Elyaf kullanımında kazanç sağlamak</li></ul>	Kaolin, Kalsit, Talk, Alçı, Titanyum dioksit
Tutkallama Ürünleri	<ul style="list-style-type: none"><li>- Yüzey düzgünlüğü</li><li>- Nihai ürüne hidrofobik özellik kazandırmak</li></ul>	Nişasta, reçine, wax, alkil ketene dimer, maleic asit anhidrit kopolimerleri
Bağlayıcılar	<ul style="list-style-type: none"><li>- Katkı malzemelerinin tutunumunu arttırmak</li></ul>	Alüminyum Sülfat, Poli Alüminyum klorür
Kuru Mukavemet Kimyasalları	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nihai ürünün fiziksel mukavemetlerini iyileştirmek</li></ul>	Modifiye Nişasta, Katyonik polimerler
Yaş Mukavemet Kimyasalları	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nihai üründe yaş mukavemetini arttırmak</li></ul>	Üre formaldehit polimerleri, melamin formaldehit
Boyalar	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nihai Kâğıt yüzeyinde renk sağlamak</li></ul>	Azo bileşikleri, kuaterner amonyum bileşikleri
Optik Beyazlatıcılar	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nihai kâğıda beyazlık vermek</li></ul>	4,4-diamino stilben-2,2-disülfonik asit bazlı kimyasallar
Kuşe Kaplama Kimyasalları	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nihai Kâğıdın yüzey düzgünlüğünü, basılabilirliğini arttırmak</li></ul>	Pigmentler, bağlayıcılar, yaş mukavemet ajanları, dispersiyon ve yağlama ajanları
Tutunum Kimyasalları	<ul style="list-style-type: none"><li>- Liflerin ve dolgu maddelerinin safihada tutunumunu arttırmak</li><li>- Susuzlaştırmayı iyileştirerek üretimi arttırmak</li><li>- Proses suyundaki kirletici emisyonu azaltır</li></ul>	Alum, sodyum aluminat, poli alüminyum klorür, katyonik nişasta, poliakril amidler, katyonik polimerler
Mürekkep Giderme ve Beyazlatma Kimyasalları	<ul style="list-style-type: none"><li>- Liflerden mürekkebi uzaklaştırmak</li><li>- Ağartma</li><li>- Mürekkep parçacıklarının birleşmesini önlemek</li></ul>	Kostik, yağ asitleri, Peroksit, hidro sülfid, sodyum silikat
Biositler	<ul style="list-style-type: none"><li>- Proses su döngüsünde bakteri yoğunluğunu sabit tutmak</li></ul>	Klordioksit ve türevleri

## 1.5 Kâğıt İmalatında Yapılan Test Metotları

Kâğıt imalat sürecinin ve nihai kâğıdın hedeflenen kalite değerlerinde imal edilip edilmediğinin kontrolü için yapılan belli başlı kâğıt analizleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Kâğıt endüstrisinde ki analizler, ürün kalitesinin bir standart ta olması için belirlenmiş bir metodolojiye göre yapılmaktadır.

TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) : Amerikada geliştirilmiş ve kâğıt endüstrisinde yaygın olarak kullanılan TAPPI standardı kâğıt ve kâğıt hamuru kalitesinin standardizasyonu için, yaklaşık 14.000 mühendis, bilim insanı, yönetici ve akademisyenin üye olduğu kar amacı gütmeyen, kayıtlı bir sivil toplum kuruluşudur. ISO (International Organization of Standardization). SCAN (Scandinavian Pulp and Paper Testing Methods). CEN (Comite Europeen de Normalisation)

**Tablo 1.15:** Kâğıt imalatında kullanılan test metotları [5].

TEST	İSO	SCAN	TAPPI	CEN
Numune alma	186	P	T400	EN186
Rutubet	287	P4	T412	EN20287
Kül	2144	P5	T211	EN
Ağırlık	536	P6	T410	EN536
<b>Absorpsiyon özellikleri</b>		P	T	EN
Cobb metodu su	535	P12	T441	EN20535
Klemm metodu su	8787	P13	T	EN
Yağ direnci	5634	P	T454	EN
Schoopper metodu	5636- 2	P	T	EN
Bentsen metodu	5636- 3	P60	T	EN
Sheffield metodu	5636- 4	P	T538	EN
Gurley metodu	5636- 5	P19	T460	EN

**Tablo 1.15'in devamı**

<b>TEST</b>	<b>İSO</b>	<b>SCAN</b>	<b>TAPPI</b>	<b>CEN</b>
<b>Pürüzlülük, pürüzsüzlük genel metot</b>	8791- 1	P	T	EN
Bentsen metodu	8791- 2	P21	T	EN
Sheffield metodu	8791- 3	P	T538	EN
Yazma metodu	8791- 4	P76	T555	EN
Bekk metodu	5627	P	T479	EN
Parlama		P	T	EN
75°		P	T480	EN
20°		P	T653	EN
<b>Optik özellikler genel</b>	2469	G1	T	EN
Parlaklık	2470	P3	T452	EN
Donukluk	2471	P8	T425	EN
Beyazlık		P66	T560	EN
Renk		P71	T527	EN1924- 2
<b>Çekme özellikleri</b>	1924- 1,1934- 2	P16	T404	EN
Parça tokluğu		P77	T	EN
Suya daldırma sonrası çekme	3781	P20	T456	EN
<b>Patlama mukavemeti</b>		P	T	EN
Kâğıt	2758	P24	T403	EN
Karton	2759	P25	T807	EN
Katı ya da ondüle haline getirilmiş		P	T810	EN
Suya daldırma sonrası patlama	3689	P	T	EN
Yırtılma mukavemeti, Elmndorf metodu	1974	P11	T414	EN21974

**Tablo 1.15' in devamı**

TEST	İSO	SCAN	TAPPI	CEN
Katlama mukavemeti		P	T	EN
Schopper/Lhomarg/MIT/Köhler-Molin	5636	P	T	EN
Scott tipi		P	T833	EN
z- yönü çekme		P80	T541	EN
<b>Yüzey mukavemeti</b>		P	T	EN
Dennisson		P	T459	EN
IGT	3783	P63	UM591	EN
Rezonans metodu	5629	P64	T535	EN
Kiriş metodu		P29	T556	EN
Dört nokta metodu		P65	T836	EN
Taber		P	T489	EN
Gurley		P	T543	EN
Clark		P	T451	EN
<b>Ezme mukavemeti</b>		P	T	EN
CCT		P42	T824	EN
CMT	7263	P27	T809	EN7263
ECT	337	P33	T811	EN3037
FCT	3035	P32	T808	EN23035
RCT		P34	T818	EN
Sıkıştırma Mukavemeti (SCT)	9895	P46	T826	EN
Delme dayanımı	3036	P23	T803	EN

### 1.5.1 Ambalaj Kâğıdı (OCC) İmalatında Yapılan Test Metodları

Ambalaj Kâğıdı ve Karton (OCC) imalatında özellikle aşağıdaki laboratuvar ölçümleri yapılmaktadır;

**Tablo 1.16:** Ambalaj kâğıdında yapılan test metotları

TEST	TAPPI	BİRİM	AMAÇ	AÇIKLAMA
Nem	T412	%	Kâğıdın nem miktarını tayin etmek için.	Kurutma yaklaşık 103-107 °C de yapılır.
Gramaj	T 410	g/m <sup>2</sup>	Kâğıdın gramajını tayin etmek için.	
CMT (Concora Medium test)	T 809	N	Dalgalı kâğıtta ezilme dayanımını ölçmek için.	Bu deneyde dalgalı bir şekle sahip olan test parçası, tüm uzunluğu boyunca hassas bir seloteyp ile bastırılır. Bu şekli tek yüz dalgalı kâğıt şeklindedir. İki parçanın arasına yerleştirilir. Örnekler 12,7x152 mm ebedadılar ve testten önce şartlandırılması yapılmalıdır. Dalgalandırma sıcaklığı = 350 F +/- 15 F =177,7 °C Ezme test hızı=12 mm/dak.
CCT (Corrugated Crush Test)	T 824	kN/m	Laboratuvarda elde edilen dalgalı numunenin kenar baskı kuvvetini tayin etmek için.	CCT değeri; maksimum yükün toplam kâğıt kenar boyuna bölünmesiyle hesaplanır, kN/m. 12,7x152 mm samples Örnekler 12,7*152 mm ebedadılar ve testten önce şartlandırılması yapılmalıdır. Dalgalandırma sıcaklığı = 350 F +/- 15 F =177,7 °C Ezme test hızı=12 mm/dak.
RCT (Ring Crush Test)	T 822	kN/m	Kenar yüküne kâğıdın dayanımını tayini için.	Bu değer maksimum elde edilen yükün etki edilen toplam uzunluğa bölünmesiyle elde edilir. Örneklerin toplam eninin yarısı plakaların içerisinde kalır. Örnekler 12,7x152 mm ebedadılar ve testten önce şartlandırılması yapılmalıdır. Dalgalandırma sıcaklığı = 350 F +/- 15 F =177,7 °C Ezme test hızı=12 mm/dak.

**Tablo 1.16'nin devamı**

TEST	TAPPI	BİRİM	AMAÇ	AÇIKLAMA
SCT (Short Span Compression Test)	T 826	kN/m	Kutu sıkışma dayanımını tayin etmek için.	Test parçası her iki tarafta sabitlenir ve sıkıştırılır. Bu sıkıştırma çok küçüktür. Sıkıştırma düzeneği test numunesinin parçalanmasını ve bozulmasını önler. SCT testi malzemenin gerçek sıkıştırma kuvvetini ölçer.
Bursting (Patlama)	T 403	kPa	Kâğıdın patlama kuvvetini ölçmek için, type P.	Kompanse edilen etki çok küçüktür. Diafram aşağıya doğru iner ve numuneyi sabit tutar. Diafram kâğıt patlayana kadar sıkıştırılır. İlk kullanımdan önce cihaz 60 dakika sabit olarak tutulur. Max 3mm. Kalınlık Üst Clamping yüzeyi 30,5 mm. çaplı Alt Clamping yüzeyi 33,1 mm. çaplıdır.
Kat Ayrılması	T 541	kPa	Çok katlı veya kartonun herhangi bir bozulma olmaksızın dayanabildiği maksimum dikey yük miktarını tayin etmek için	Numuneler 60 g/m <sup>2</sup> 'den büyük olmalıdır. ZD yönündeki kuvvet 600 kPa.'dan daha ufak. Test parçaları birbirine (300 N) kuvvet ile sıkıştırılır. Test plakaları (500 N) bir kuvvet ile birbirinden ayrılırlar.
Bendtsen (Pürüzlülük)	T OM 538	ml/min	Kâğıdın pürüzlülüğünü tayin etmek için	Kâğıdın dış yüzey kuvvetleriyle ilgili Parker Print Surf 50 veya Bendtsen cihazlarıyla pürüzlülük testleri yapılır. Bu, kâğıdın ezilmesini ve baskı sırasında kâğıt pürüzlülüğü için hayati bir bilgidir.
Bendtsen (Hava Geçirgenliği)	T 547	ml/min	Değişik cinsten kâğıtların yüzey hava geçirgenliklerini ölçmek için.	Bendtsen, ISO 5636-3, and the Sheffield, ISO 5636-4, testleri bir dakikada geçen hava miktarını hesaplar.  Gurley saniye, hesaplanan faktör 127 veya 135,5 Bendtsen, ml/dak.
Gurley (Hava Geçirgenliği)	T 536	ml/min	Değişik cinsten kâğıtların yüzey hava geçirgenliklerini ölçmek için.	SU (Sheffield unit), Sheffield'e göre 0,75 çaplı bir orifiste hava geçirgenliğini hesaplar. Gurley tester, ISO 5636-5, 100 ml havanın kâğıttan geçme süresini hesaplar.
Cobb	T 441	g/m <sup>2</sup>	Belli bir zaman aralığında (60 saniye), kâğıt ve karton yüzeyine absorbe edilen su miktarını tayin etmek için.	100 cm <sup>2</sup> kadar örnek alınır ve tartılır. Düzeneğin içerisine 100 ml temiz su boşaltılır. Düzeneğin iç çapı 11,28 mm. dir. Kronometreden toplam 1 dakika olacak şekilde zaman tutularak, kâğıdın su ile teması kesilir. Sonra kâğıt, bir metal merdane (10+/-0,5 kg. ve 20 cm. genişlik) ile üstünden geçilir. Aldığı su miktarını bulmak için tartımı yapılır. Sonuç ilk tartımın sonucu bundan çıkarılıp 100 ile çarpıldıktan sonra bulunur.

## 2. ATIK KÂĞITLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ ÜZERİNE DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı günümüzde kâğıt endüstrisinin temel hammadde kaynağı durumundaki ormanların tüketimine alternatif olarak ön plana çıkan atık kâğıt kullanımının avantajlarını vurgulamaktır. Dünyada ve Türkiye’de kâğıt tüketimindeki artışa paralel olarak, kâğıt imalatında kullanılan atık kâğıdın hammadde payı gün geçtikçe artmakta ve önem kazanmaktadır.

Selüloz ve kâğıt hamuru maliyetini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır, bunların başında ise hammadde gelmektedir. Kâğıt üretiminin hammaddesini oluşturan kâğıt hamurunda, ağaçtan elde edilen selülozdan ucuz olduğu müddetçe atık kâğıtların geri dönüşüm için toplanması ve kullanımının sürmesi artarak devam edecektir. Genel olarak, ekonomik ve çevresel birçok faktör atık kâğıtların toplanarak yeniden kâğıt üretiminde değerlendirilmesinin olumlu etkiler sağlayacağını göstermektedir. Atıl duruma gelmiş ve çevre için katı atık oluşturan kâğıt/karton ürünlerinin toplanarak yeniden kâğıt ve karton ürünlerinin imalinde kullanılması ekonomik bir üretim şekli olmasının yanında birçok avantaj da sağlamaktadır. Atık kâğıtların geri kazanılması ile tek başına veya odun hamurları ile belli oranlarda karıştırılarak birçok kâğıt ve karton ürünleri üretilmektedir. Genel olarak, ambalaj kâğıdı üretiminin yanında, gazete ve yazı tabı kâğıdı imalatında, hafif kuşeli/ kalenderlenmiş kâğıt imalatında ve temizlik kâğıdı (DIP) imalatında mekanik hamurla birlikte geri kazanılmış elyaflar yoğun olarak kullanılabilir. Atık kâğıttaki elyaflar birincil selüloz elyaflarına nazaran işlenmiş olarak hazır bulunduğu için, odunsu ve otsu bitkilerden uzun ve masraflı işlemlerle selülozun üretilmesine gerek kalmadan çok daha basit ve ekonomik olarak geri kazanılabilir. Ayrıca genel olarak kâğıt imalatı için geri dönüşüm tesislerinin kurulması ve işletilmesi ile sağlanan avantajların bazıları aşağıdaki şekildedir; [44], [1], [45].

- Çok daha düşük maliyetle tesis yatırımını yapabilmek.
- Daha az, enerji kullanımı ve işletim masrafları ile çalıştırılabilir.
- Katı atık durumuna gelen atık kâğıtların değerlendirilmesi ile proseste daha az kimyasal kullanımı ile çevre kirliliğinin azalmasına yardımcı olunur, daha çevreci bir üretimin sürdürülebilirliği artmaktadır.

- Hurda kâğıtların ayrıştırılması ile yerel yönetimlerin önemli sıkıntılarında biri olan katı atık problemleri büyük miktarda azaltılmakta ve ulusal ekonomiye kayda değer bir gelir kaynağı olmaktadır.
- Kâğıt endüstrisinin son yıllarda özellikle geri dönüşüm tesislerine yatırım yapması ile atık kâğıtların yeniden kullanımı üzerine ilgi giderek artış göstermekte ve günümüzde atık kâğıtlar uluslararası ticaretin konusu durumuna gelmiştir. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa ülkeleri, çok yüksek toplama oranına sahip olmalarına paralel olarak, daha düşük toplama oranı olan ülkelere ve üretim için ihtiyaç duyan diğer ülkelere de önemli miktarlarda atık kâğıt ihraç etmektedir. Kâğıt endüstrisinde atık kâğıttan geri dönüşüm proseslerini kullanmanın bazı avantajları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır;
- Atık kâğıt ile imalat yapan tesisler, orman kaynaklarından bağımsız olarak hammadde kaynaklarına sahiptir. Sınırlı olan tabii kaynakları böylece daha rasyonel kullanılabilir [1].
- Günümüzde hurda kâğıttan elde edilen kâğıt hamurunun ayrı bir piyasası oluşmuştur. Bu nedenle odundan elde edilen selüloz hamuru piyasasında oluşabilecek dalgalanmalara göre (üretim miktarı, fiyat vb.), geri dönüşümden elde edilen lifler alternatif ve güvenli bir kaynak sağlayabilir. Bununla birlikte atık kâğıt hammadesinin fiyatı aynı özellikteki odun hamurundan elde edilen selüloza göre daha ucuzdur [1].
- Mürekkebi uzaklaştırılmış atık kâğıt hamuru lifleri, yüksek opaklığa sahip olduklarından bazı basım/ matbaa işlerinde avantaj sağlar [1].
- Geri dönüştürülmüş liflerden oluşan kâğıt, sahifa yapısında, rutubetin liflere etkisi azaldığından kıvrılma, topaklanma, tozlanma vb. özellikleri belli derecede azalacaktır. Dolgu ve yüzey kaplama malzemelerinin liflere tutunması kolaylaşır. Daha yumuşak, emici özellikte kâğıt ürünleri üretilebilir [1].

Günümüzde atık kâğıt elyafı ile imalat yapan tesislerde 1 ton kâğıt imalatı için;

- 500 - 800 kwh elektrik ve 3 - 10 m<sup>3</sup> su tüketimi olurken odundan selüloz eldesi ile çalışan tesislerde uygulanan metodlar ile değişkenlik göstermekle beraber 1500 – 4500 kwh elektrik ve 15 - 40 m<sup>3</sup> su tüketilmektedir.

Bir ton atık kâğıt geri dönüştürüldüğünde ise;

- 34 kişinin oksijen ihtiyacını sağlayan 17 yetişkin ağacın korunması sağlanır.



- Sera etkisi gösteren karbon dioksit gazının havadan bertarafı ile 12400 m<sup>3</sup> oksijen gazı üretilmeye devam eder.
- Ayda 3 ailenin tükettiği 32 m<sup>3</sup> su tasarrufu sağlanır.
- Kış aylarında ısınma amacı ile iki ailenin tüketeceği miktara denk 1750 litre fuel-oil tasarruf edilir.
- 2,4 m<sup>3</sup> çöp depolama alanına ihtiyaç kalmaz.
- 20 ailenin bir ay süreyle tüketeceği 4000 kWh elektrik enerjisinden tasarruf edilebilmesi mümkün olur [46].

Geri dönüşüm kağıt prosesleri ile kağıt imalatı esnasında ikincil liflerin kullanılıyor olmasından dolayı nihai kağıda gerekli olan fiziki dayanımlarının artırılması yardımcı kimyasallar ile mümkündür ancak bu ürünlerin büyük bir çoğunluğunun üretimlerinin yurt dışında gerçekleştirilmesi ekonomik ve sürdürülebilirlik açısından bu endüstriye bir handikap oluşturmaktadır.

Her ne kadar süloz imalatı proseslerine nazaran geri dönüşüm kâğıt proseslerinde daha az kimyasal kullanımları söz konusu ise de, özellikle günümüzde geri dönüşüm prosesleri ile üretilen kâğıtların gıda teması olan sektörlerde kullanımının yaygınlaşmasından dolayı bu proseslerde kullanılan her yardımcı kimyasalın insan sağlığına etkileri tam olarak incelenmeli ve minimum etki oluşacak şekilde kimyasalların geliştirilmesi teşvik edilmelidir.

Proses teknikleri üzerine (özellikle mürekkep giderimi), kâğıt imalatında kullanılan test metodları ve enstürümanların geliştirilmesi alanında ülkemizde yapılan akademik çalışmalar bulunmaktadır. Ancak yapılan bu çalışmaların sanayinin ihtiyaçlarına cevap verebilir hale dönüştürülmesi hem ekonomik hemde ulusal çıkarlarımız açısından önem arz etmektedir.

Sonuç olarak bu yüksek lisans tezi çalışması kapsamında günümüzde kâğıt endüstrisinde geri dönüşüm kâğıdının kullanımı ve geri dönüşüm kâğıt proseslerinin detaylı olarak incelenmesi ile yenilenebilir kâğıt üretiminde değerlendirilmesinin ekonomi ve çevreye olumlu etkiler sağlayacağı aşikârdır. Kâğıt endüstrisi cihetiyle gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de geri dönüşüm proseslerine gereken önem verilmeye başlanmış özellikle ülkemizde başlatılan ‘‘Sıfır atık’’ projesi de bunun bir göstergesidir. Bu lisansüstü çalışma ile atık kâğıtların tüm kâğıt imalat proseslerinde rahatlıkla kullanılabilirliği gösterilmiş, bu

anlamda sadece ülkemizin değil tüm Dünyanın tabii kaynaklarının kullanımının minimize edilebilirliğine vurgu yapılmaya çalışılmıştır. Yapılan bu çalışma gelecekte kâğıt endüstrisi üzerine yapılabilecek projelere, lisansüstü araştırma çalışmaları yapacak bilim insanlarına ilham kaynağı olacaktır.

### 3. KAYNAKLAR

- [1] Y. M. Adıgüzel, “Türkiye kağıt sektörü rekabet gücünün değerlendirilmesi,” İTO /İDA , 2017-6, İstanbul, 2018.
- [2] FAO, “Forest preproducts annual statistics report,” 2017.
- [3] Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı, “Türkiye’de kağıt ve karton üretimi,” İstanbul.
- [4] Ş. Erentürk, “Birincil liflere atık kağıt lifi ve kuru sağlamlık maddesi ilavesinin kağıdın özelliklerine etkisi,” Bartın Üniversitesi, Bartın, 2014.
- [5] C. Altunbaş, “Bir kağıt fabrikasının teknik ve ekonomik analizi,” İstanbul, 2018.
- [6] C. S. Kerr, “CPPA,” 1996.
- [7] CEPI , “Cepi European corrugated base papers list,” October-2017.
- [8] Bajpai.P, “Recycling and Deinking of Recovered Paper,” Elsevier, Patiala İndia, 2014.
- [9] “TÜİK, Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı, Yıllık Raporlar”.
- [10] H. Şahin, “Kağıt geri dönüşüm işlemlerinin selülozun yapısında meydana getirdiği değişimler üzerine bir inceleme,” *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, cilt 14, pp. 74-80, 2013.
- [11] Canlı, S.Sakarya, “Kağıt - Karton sektör raporu,” 2011.
- [12] Lönnstedt, S. Byström , “Paper recycling: Environmental and economic impact,” *Recources, Conservation and Recycling*, 1997.
- [13] M.Yiğiter, K.Arslan ve E.Karadurmuş, “Atık Kağıt Liflerinin İnşaat Sıva Malzemesine Dönüştürülmesi ve Karakterizasyonu,” %1 içinde *10. Ulusal kimya mühendisliği kongresi*, İstanbul, 2012.
- [14] H. Şahin, “Atık kağıt özelliklerinin geri dönüşüme etkisi,” *Artvin Çoruh Üniv. Orman fakültesi*, cilt 10, no. 2, pp. 119-125, 2009.
- [15] C. Thomson, “Recyled Papers, The Essential Guide,” 1992.
- [16] D. Mulligan, “Secondary Fiber Recycling, R.J. Spangenberg (Eds.),” %1 içinde *Sourcing and grading of secondary fiber. chapter 8*, Atlanta, Tappi press, 1993.

- [17] European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry, 2001.
- [18] “Voith,” [Çevrimiçi]. Available: <https://stories.voith.com/en/occ-stock-preparation-get-the-best-out-of-it-82307>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [19] “Prance Machinery Co.,” [Çevrimiçi]. Available: <http://www.prance.cc/products.asp?Action=Detail&classid=161&ID=207>. [Erişildi: haziran 2020].
- [20] “ITC PSPD,” [Çevrimiçi]. Available: <http://www.greenco.in/gco/casestudy/GreenCo%20Journey%20by%20ITC%20PSPD%20-%20Bhadrachalam%20and%20Kovai%20plants-2017.pdf>. [Erişildi: Kasım 2020].
- [21] Papnews, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.papnews.com/andritz-to-supply-occ-line-including-detailed-engineering-to-uppc-philippines/>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [22] Rcm, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.rcmmarnate.it/pagine%20ingl/depuratore%20d%20ingl.html>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [23] “Vector Solutions,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.convergencetraining.com/occ-coarse-screening.html>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [24] A. SEAL, “A guide to sealing Paper recycling plant,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.slideshare.net/arslanakra/1-uk-recycle>. [Erişildi: Aralık 2020].
- [25] M. Loijas, “Tampere University of Applied Sciences , Factors Affecting the Axial Force in Low-Consistency Refining,” 2010. [Çevrimiçi]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/38011085.pdf>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [26] “Mini-Encyclopedia of Papermaking Wet-End Chemistry,” [Çevrimiçi]. Available: <https://projects.ncsu.edu/project/hubbepaperchem/DEIN.htm>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [27] “Prance Machinery Co.,” [Çevrimiçi]. Available: <http://www.prance.cc/products.asp?Action=Detail&classid=160&ID=218>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [28] “paptec,” 2016. [Çevrimiçi]. Available: <http://machinemarket.eu/krima-disperser-by-cellwood-machinery>. [Erişildi: Haziran 2020].

- [29] “Gruben de-flaker,” [Çevrimiçi]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/Grubben-de-flaker-left-and-the-Krima-disperser-right-44-46\\_fig2\\_281212252](https://www.researchgate.net/figure/Grubben-de-flaker-left-and-the-Krima-disperser-right-44-46_fig2_281212252). [Erişildi: Haziran 2020].
- [30] “ScienceDirect,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/pulpers>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [31] A. Métails, “Achievements in industrial ozone bleaching,” [Çevrimiçi]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/5bf7/3c5ae0d3384256f48423b03115087acbf9f4.pdf>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [32] “Boweewater,” [Çevrimiçi]. Available: <http://www.boyuenvi.com/html/Clarifier%20equipments/347>. [Erişildi: Kasım 2020].
- [33] “Andritz seperation,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=5V9fKdwM3qk>. [Erişildi: Aralık 2020].
- [34] Andritz, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.andritz.com/products-en/pulp-and-paper/recycling/reject-treatment-system>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [35] “Mitsubishi kakoki kaisha ltd.,” [Çevrimiçi]. Available: <http://www.kakoki.co.jp/english/products/e-019/index.html>. [Erişildi: Aralık 2020].
- [36] “Liberal Dictionary,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.tekportal.net/fourdrinier/>. [Erişildi: Kasım 2020].
- [37] VARAKA, Balıkesir: VARAKA, 2020.
- [38] “The nippon Joint,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.nippon-joint.co.jp/product/e-cantilever.html>. [Erişildi: Kasım 2020].
- [39] “Kadant,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.kadant.com/en/blog/maintenance/dryer-syphons>. [Erişildi: KASIM 2020].
- [40] “AEE Intec,” [Çevrimiçi]. Available: <http://wiki.zero-emissions.at/index.php?title=Sizing>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [41] “Voith,” [Çevrimiçi]. Available: <http://voith.com/es-en/papermaking/voith-winders.html>. [Erişildi: Kasım 2020].

- [42] “Valmet,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/sizing/>. [Erişildi: Kasım 2020].
- [43] “Voith,” [Çevrimiçi]. Available: <http://voith.com/corp-en/papermaking/speedsizer-at.html?123599%5B%5D=0>. [Erişildi: Haziran 2020].
- [44] H. T. Şahin, “Geri kazanılmış sekonder liflerin yeniden kullanılması üzerine bir inceleme,” *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, no. 15, 2014.
- [45] H. Şahin, “Atık kağıt Dönüşüm İşlemlerinde Genel esaslar ve Mürekkep Uzaklaştırma işlemi,” *European Journal of science and Technology*, no. 4, 2016.
- [46] “Enerji portalı,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.enerjiportali.com/geri-donusum-nedir-nasil-yapilir/>. [Erişildi: Aralık 2020].
- [47] CEPI, “European Declaration on Paper Recycling,” 2017.
- [48] İSO, “Kağıt ve kağıt imalat sanayi,” İstanbul, 2018.
- [49] J. Kleinau, “Contaminants. In: Secondary Fibers and Non Wood Pulping, M.J. Kocurek, (Eds.),” Atlanta, Tappi press, 1990.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Murşit TETİK  
Doğum tarihi ve yeri : 1974 / Kahramanmaraş  
e-posta : mursittetik@gmail.com

### Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü	2021
Lisans	İnönü Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi - Kimya	1998
Lise	Kayseri Sümer Lisesi	1991