

# ATIK OFİS KAĞITLARINDA FLOTASYON ESASLI MÜREKKEP GİDERİLEBİLME ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ

Ar. Gör. Sami İMAMOĞLU<sup>1)</sup>

## Kısa Özet

Bu çalışmada, elekli (screen) baskı prensibine dayalı Ricoh Priport masa üstü çoğaltma makinesinde tek yüzeylerine baskı yapılan A4 boyutlu fotokopi kağıtlarının flotasyon yöntemiyle mürekkep giderilebilme etkinliği incelenmiştir. Bu amaçla baskılı ve baskısız kağıt örneklerinden genel hatlarıyla PTS (Papier Technische Stiftung) metoduna uyularak üç farklı hamur elde edilmiştir. Bunlar sırasıyla baskılı ve baskısız kağıtlardan hamurlaştırılarak elde edilen ve baskılı kağıtlardan mürekkep giderilerek elde edilen hamurlardır. Bu hamurlardan standart test kağıtları yapılarak fiziksel ve optik nitelikleri incelenmiştir. Test sonuçlarına göre mürekkebi giderilmiş hamurlardan elde edilen test kağıtların fiziksel niteliklerinin diğerlerine kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca bu kağıtların CIE L\* değeri 92.15 ve  $(a^*2+b^*2)^{1/2}$  değeri ise 8.08 olarak ölçülmüştür. Çalışmada kullanılan özellikleri belli atık kağıdın "Mürekkep Giderilebilme Faktörü" %86.11 olarak bulunurken, her üç hamur için %30 civarında madde kayıpları söz konusu olmuştur. Çevre açısından önemli bir kriter olarak kabul edilen kimyasal oksijen isteği analizi her üç hamurun yıkama sonrası atık sularında yapılmış ve sonuçta aralarında su kalitesi açısından önemli bir farkın olmadığı saptanmıştır.

## 1.GİRİŞ

Sekonder lif olarak da bilinen atık kağıt, kağıt-karton endüstrisi için oldukça önemli bir hammadde kaynağıdır. Özellikle kağıt karton endüstrisi için düşük maliyetli bir lif kaynağı olmasının yanında, dolaylı yoldan orman kaynaklarının korunmasına, çevre kirliliğinin azalmasına ve su-enerji tasarrufuna katkıda bulunmaktadır (BAJPAI/BAJPAI 1998). Günümüzde kağıt karton üreticileri kağıt geri dönüşümüne sadece ekonomik ve hammadde açısından yaklaşımlarına karşın yakın bir gelecekte artan çevresel baskılar ve azalan hammadde kaynakları yüzünden atık kağıt kullanımının zorunluluk haline gelebileceğini şimdiden tahmin etmek hiç de zor değildir.

Kağıt endüstrisi içerisinde atık kağıt kullanımı, kağıt üretim işlemlerinin tamamen değişimini zorunlu kılmadığı gibi kağıt kalitesinde de önemli bir düşüşe neden olmamıştır. Geri dönüşü-

<sup>1)</sup> İ.Ü.Orman Fakültesi Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı

şüm teknolojilerinin hızla gelişmesi, temizleme-tasnif etkinliğinin artması ve baskılı kağıtlar için mürekkep giderme sistemlerinin geliştirilmesi sayesinde optik ve fiziksel nitelikler açısından yüksek kaliteli lifler elde edilmesi mümkün hale gelmiştir (GALLAND/VERNAC 1999).

Baskılı kağıtlar geri dönüşümün ilk aşaması olan hidropulperde hamurlaştırıldığında sonuç olarak esmer veya lekeli bir hamur ortaya çıkmaktadır. Bu problemin sebebi kağıt üzerinde bulunan baskı mürekkebinin liflendirmeye sırasında dağılarak tüm hamur içerisine yayılmasıdır (TURVEY 1995). Geri dönüştürülmüş kağıdın büyük bir kısmı sadece hamurlaştırılarak düşük nitelikli kağıt ihtiyacında kullanılırken bir kısmı da mürekkep giderme işlemine tabi tutularak kağıt üzerindeki mürekkeplerin uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Böylece nihai hamur daha parlak, lekesiz ve birincil liflerin yerine ikame edilecek kaliteye getirilmektedir.

Mürekkep giderme sistemi, kullanılacak kimyasal maddeler ve diğer faktörler (işlem süresi, sıcaklık, pH, kesafet vb), işlem görece atık kağıdın özelliklerine ve nihai üründe aranan parlaklığa bağlı olarak belirlenmelidir. (VINCENT 1997). Flotasyon sistemine göre mürekkep giderme etkinliği özellikle flotasyon hücresi içerisindeki kesafet, karıştırma hızı ve zamana bağlı olarak değişmektedir (CARRASCO/PLACH/MUTJE 1999). Ayrıca kullanılan kağıdın ve baskı mürekkebinin cinsine bağlı olarak mürekkep giderilebilirlik kabiliyetinin değiştiği, yapılan çalışmalarından anlaşılmaktadır (THOYER 1995).

Kağıt üretiminde kullanılan lif kaynağı, üretim sistemi, kullanılan ilave kimyasal maddeler, mürekkep türü, baskı yöntemi gibi oldukça geniş bir yelpaze atık kağıdın kalitesini ve mürekkep giderilebilirlik etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Bu yüzden geri dönüşümlü lif işleyen kağıt üreticileri fabrikalarında işleyecekleri atık kağıdın mürekkep giderilebilirlik etkinliğini bilmek zorundadırlar. Buna bağlı olarak da nihai elde edebilecekleri parlaklık isteğini önceden kararlaştırmaları gerekmektedir.

Bu çalışmada ofis ve bürolarda oldukça yaygın olarak kullanılan Ricoh Priport masa üstü çoğaltma makinesi ile basılmış fotokopi kağıtlarının mürekkep giderilebilirlik etkinliğinin incelenmesi amaç edinilmiştir. Ofis kağıtları sınıfına giren bu tip kağıtlar, ağartılmış kimyasal hamur içerikli olmaları sebebi ile endüstride mürekkepleri giderildikten sonra sağlık ve yazı kağıtları üretiminde kullanılmaktadırlar. Bu amaçla, mürekkep giderme ile ilgili en kapsamlı çalışma olan Papiertechnische Stiftung (PTS 1987) metoduna genel hatlarıyla bağlı kalınarak laboratuvar çalışması yapılmıştır. Laboratuvar çalışmasındaki bazı modifikasyonlar ise endüstri şartları dikkate alınarak yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Bu laboratuvar çalışmasında P.T. Indah Kiat Pulp & Paper firması tarafından üretilmiş 80 g/m<sup>2</sup>'lik fotokopi kağıdı (FK) baz kağıt olarak kullanılmıştır. Bu kağıda ait fiziksel-optik test sonuçları ve dolgu maddesi yüzdesi Tablo 2' de verilmiştir. Baskı işlemi RICOH VT1760 model çoğaltma makinesinde fotokopi kağıtlarının tek yüzeylerine ve aynı baskı formu kullanılarak homojen olarak gerçekleştirilmiştir. Siyah karbon pigment bazlı ve elekli (screen) baskı prensibine dayalı olarak çalışan bu makinelerde mürekkep absorpsiyon ve evaporasyon sistemi ile kurumaktadır (OFAR 2000). Bu makineler hızlı ve ekonomik baskı işlemi gerçekleştirebilmeleri sebebi ile ofis ve bürolarda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

Baskılı ve baskısız A4 boyutlarındaki kağıtlar metoda uygun olarak 60±3°C ve 144±2 saat süre ile etüvede bekletilmiştir. Bu işlemin amacı 3-12 aylık doğal yaşlanmaya eş değer bir hızlandırılmış ısılandırma gerçekleştirmektir. Daha önce yapılan çalışmalarda ısılandırmanın mürekkep giderme etkinliği üzerine etkisi tespit edilmiştir (HAYNES 2000). Isıl yaşlandırma

işleminde sonra, kağıtlar 23±1°C ve %50±2 bağıl nem şartlarında TAPPI T402 om-88 metoduna uygun olarak iklimlendirilmişlerdir.

PTS metodunda belirtilen üç farklı hamuru elde etmek amacıyla baskılı ve baskısız kağıtlardan 100 g'lık örnekler tartılıp yaklaşık 2x2 cm boyutlarında yırtılarak polietilen (PE) torbalarla muhafaza edilmişlerdir. Adı geçen üç değişik hamurun kısaca tanımları aşağıdaki gibidir;

US (Unprinted Stock) :Baskısız kağıtların su ve kimyasal maddelerle hamurlaştırılması ve flotasyon ünitesindeki işlemden sonra elde edilen hamur,

DS (Deinked Stock) :Baskılı kağıtların su ve kimyasal maddelerle hamurlaştırılması ve flotasyon ünitesinde mürekkebinin giderilmesinden sonra elde edilen hamur,

PS (Printed Stock) :Baskılı kağıtların su ile hamurlaştırılması ile elde edilen hamur.

Laboratuvar çalışmasında, takip edilen işlem basamakları altı ana kısımda gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar sırasıyla, hamurlaştırma, reaksiyon, disintegrasyon, flotasyon, yıkama/kesafet artırma ve elde kağıt formasyonudur. Bu basamaklarla ilgili şartlar özet olarak Şekil 1 ve Tablo 1 de verilmiştir.

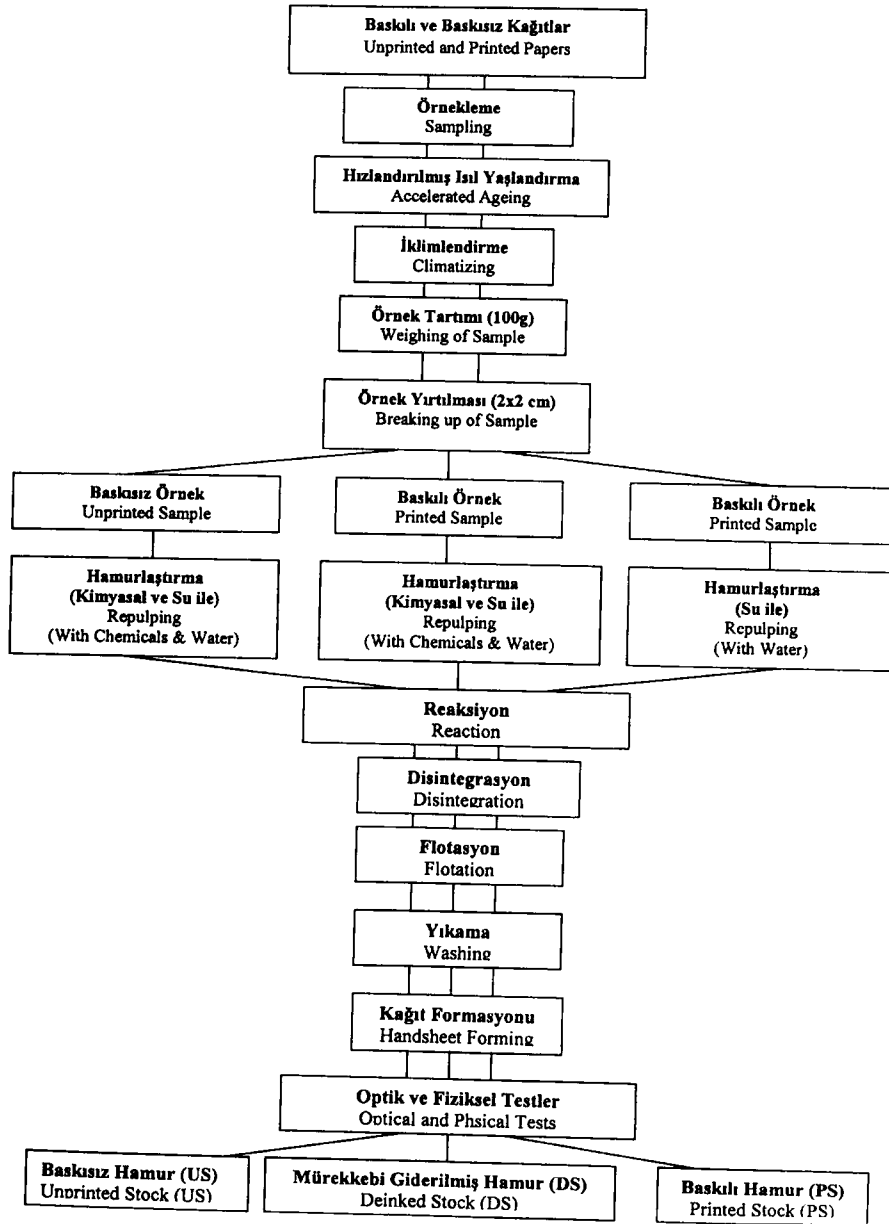
Tablo 1: Laboratuvar Çalışmasında Uygulanan Şartlar

Table 1: Process Conditions for Laboratory Evaluation

<b>Hamurlaştırma</b> Re-Pulping	<b>Sodyum Hidroksit</b>	Sodium Hydroxide	%1.0*
	<b>Sodyum Silikat</b>	Sodium Silicate	%1.5*
	<b>Hidrojen Peroksit</b>	Hydrogen Peroxide	%1.0*
	<b>Sıcaklık</b>	Temperature	40 °C
	<b>Kesafet</b>	Consistency	% 10
	<b>İşlem Süresi</b>	Retention Time	10 dak
<b>Reaksiyon</b> Reaction	<b>Sıcaklık</b>	Temperature	40 °C
	<b>Kesafet</b>	Consistency	% 10
	<b>İşlem Süresi</b>	Retention Time	20 dak
<b>Disintegrasyon</b> Disintegration	<b>Sıcaklık</b>	Temperature	40 °C
	<b>Kesafet</b>	Consistency	% 2.5
	<b>İşlem Süresi</b>	Retention Time	2 dak
<b>Flotasyon</b> Flotation	<b>Olinor RS-4020 Sabun</b>	Olinor RS-4020 Soap	% 0.5*
	<b>Hava Debisi</b>	Air Flow	3 L/dak
	<b>Sıcaklık</b>	Temperature	40 °C
	<b>Kesafet</b>	Consistency	% 1.0
	<b>İşlem Süresi</b>	Retention Time	10 dak
	<b>Karıştırıcı Hızı</b>	Agitation Speed	1450 d/dak
<b>Yıkama</b> Washing	<b>Su Debisi</b>	Water Flow	2.5 L/dak
	<b>Sıcaklık</b>	Temperature	40 °C
	<b>Kesafet</b>	Consistency	% 1.0
	<b>İşlem Süresi</b>	Retention Time	10 dak
<b>Diğer Parametreler</b> Other Parameters	<b>Kullanılan Suyun İletkenliği</b>	Water Conductivity	148 µS/cm
	<b>Kullanılan Suyun pH</b>	Water pH	6.35
	<b>Kullanılan Suyun Sertliği</b>	Water Hardness	4.5 °dH

\*Verilen kimyasal madde oranları tam kuru hamur ağırlığına göre dir.

\*All chemical charges are given as percentages based on oven-dried pulp.



Şekil 1 : Laboratuvar işlem akış şeması  
Figure 1 : Schematic of laboratory process stages

**1- Hamurlaştırma:** Mürekkep giderme işleminde hamurlaştırmanın fonksiyonu atık kağıtların liflendirilmesi ve mürekkep partiküllerinin lifler üzerinden sökülmesini sağlamaktır. Mürekkep gidermede, hamurlaştırma işlemi sistemin beyni, flotasyon işlemi ise kalbi olarak adlandırılmaktadır (FERGUSON 1992). Daha önceden PE torba içerisinde muhafaza edilen 100 g'lık kağıt örnekleri 1 litrelik bir beher içerisinde %10 kesafet, 40 °C sıcaklık ve hamur tipine bağlı olarak gerekli kimyasal maddeler (Tablo-1) ilave edilerek 10 dakika süre ile mikser ile hamurlaştırılmıştır. Hamurlaştırma işleminin başlangıcında ve sonucunda pH değerleri kaydedilmiştir.

**2- Reaksiyon:** Hamurlaştırma işleminde liflendirilen yoğun kesafetteki hamur PE torbaya konularak ve ağzı sıkıca kapatılarak yine aynı şartlarda 20 dakika süre ile su banyosu içerisinde bekletilmiştir.

**3- Disintegrasyon:** PE torbadaki hamur %2.5 kesafete sıcak su ile getirilerek standart laboratuvar disintegratöründe 2 dakika lifler tamamen serbest hale gelmesi için karıştırılmıştır.

**4-Flotasyon:** Mürekkep giderme işlemi 10 litre kapasiteli 1450 devir/dakika karıştırıcı hızına sahip Degussa flotasyon hücresinde gerçekleştirilmiştir. Disintegre edilen US ve DS hamurları hücresinde %1 kesafete getirilerek hamur tam kuru ağırlığının % 0.5'i kadar endüstriyel Olinor RS-4020 reçine sabunu ilave edilmiştir. İşleme 10 dakika süre ile 40 °C sıcaklıkta ve 3 L/dak hava girişi sağlanarak devam edilmiştir. Yüzeyde biriken mürekkepli sulu köpük bir kaba alınarak külsüz filtre kağıdından süzülerek madde kaybı hesaplanmıştır.

**5-Yıkama ve Kesafet Artırma:** Kesafet artırma ve yıkama işlemi 10 litre kapasiteli 150 mesh'lik iç hazne eleğine sahip Degussa yıkama hücresinde gerçekleştirilmiştir. Flotasyon hücresinden alınan mürekkebi giderilmiş hamur yıkama ünitesinin iç haznesine doldurularak 2.5 L/dak su akımında 10 dakika süre ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonucunda iç haznedeki hamur yaklaşık %30 kesafete getirilerek standart test kağıt yapmak için soğutucu içerisinde saklandı. Yıkama sonrasında muhafaza edilen atık suyun kimyasal oksijen isteği (COD) analizi uygun metoda göre (TARAS 1975), iletkenliği ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) miktarı ise Micro Processor Conductivity Meter TF-325 cihazı ile ölçülmüştür. Ayrıca yıkama esnasındaki madde kayıplarını bulmak ve atık su içerisindeki kalıntıların optik niteliklerini tespit etmek amacıyla muhafaza edilen atık sudan gerekli miktar külsüz filtre kağıdından süzümüştür.

**6-Standart Elde Kağıt Yapımı:** Elde edilen hamurların serbestlik dereceleri Schopper Riegler aletinde SCAN M3-65 metoduna göre ölçülmüştür. Standart test kağıtları yapmak için hamur % 0.4 kesafete getirilmiş ve parlaklık ölçümlerinin etkilenmemesi için hamur süspansiyonu % 20 lik sülfürik asit ile pH 5 civarına ayarlanmıştır. Elde edilen karışımdan Rapid Köthen yarı otomatik cihazla test kağıtları oluşturulmuştur. Kağıtlar 24 saat özel şartlarda iklimlendirildikten sonra optik özellikleri Elrepho 3300 serisi spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür. Ayrıca diğer fiziksel testler standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan fiziksel testler ve standart numaraları şu şekildedir; kalınlık ölçümü TAPPI T411 om-89, gramaj tayini TAPPI T410 om-89, patlama testi TAPPI T403 om-91, kopma testi TAPPI T404 om-87, yırtılma testi TAPPI T414 om-88, kül tayini TAPPI T211 om-87, fiziksel testler için örnek hazırlama TAPPI T220 om-88, R457 parlaklığı TAPPI T525 om-92 ve opaklık TAPPI T519 om-86.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Baz olarak kullanılan fotokopi kağıdının ve üç farklı hamurdan elde edilen standart test kağıtlarının fiziksel test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Fotokopi kağıdının fiziksel testleri makine yönü ve enine yönde yapılarak ortalama değerler verilmiştir. Beklenildiği gibi bu kağıtlarda makine yönü (MY) kopma indisi sonuçları enine yönde (EY) elde edilen sonuçların yaklaşık iki katı olarak ölçülürken uzama sonuçları bu durumun aksi olarak ölçülmüştür. DS hamuruna ait deneme kağıdının çekme, yırtılma ve patlama indisi değerleri fark edilebilir şekilde US ve PS hamur-

ları deneme kağıtlarına göre daha yüksektir. Fiziksel değerlerdeki bu farklılık DS hamurunun schopper indisinin diğerlerinden daha yüksek olmasıyla açıklanabilir. Diğer yandan proses açısından DS ve US hamurları arasındaki fark birinde baskılı kağıt diğerinde baskısız kağıt kullanılması, DS ile PS arasındaki fark ise birinde flotasyon işlemi ve kimyasal kullanımı diğerinde bu işlemlerin uygulanmamasıdır. Kullanılan kimyasal maddeler DS hamurunda doğrudan mürekkep üzerinde yoğunlaşırken US hamurunda ise liflere yoğunlaşarak degradasyona neden olması muhtemeldir. Bu olayın daha iyi açıklanabilmesi için her bir hamurdan alınan liflerin bireysel olarak polimerizasyon dereceleri, karboksil tayinleri gibi spesifik analizlerinin yapılması ileriki çalışmalarda düşünülmektedir.

**Tablo 2: Kullanılan Baz ve Standart Deneme Kağıtlarının Fiziksel Test Sonuçları**  
Table 2: Physical Strength Results of Base Paper and Handsheets

	FK-MY	FK-EY	US	DS	PS
<b>Gramaj / Grammage (g/m<sup>2</sup>)</b>	78	78	74	74	74
<b>Kalınlık / Thickness (µm)</b>	101	101	146	142	140
<b>Hacimlilik / Bulk (cm<sup>3</sup>/g)</b>	1.29	1.29	1.97	1.92	1.89
<b>Kopma Uzunluğu / Breaking Length (km)</b>	5.319	3.321	2.393	3.435	3.004
<b>Çekme İndisi / Tensile Index (N m/g)</b>	52.12	32.54	23.45	33.66	29.44
<b>Gerilme / Strech (%)</b>	2.23	5.50	1.86	3.57	2.40
<b>Yırtılma İndisi / Tear Index (mN m<sup>2</sup>/g)</b>	7.30	7.35	8.34	9.34	8.18
<b>Patlama İndisi / Burst Index (kPa m<sup>2</sup>/g)</b>	2.093	2.093	1.471	1.855	1.391
<b>Schopper Derecesi / Schopper Number</b>	-	-	15	18	16
<b>Kül Miktarı / Ash Content (%)</b>	16.50	16.50	1.15	1.49	1.49

Fotokopi baz kağıtların, standart elde kağıtların ve işlemler (flotasyon, yıkama) sonrasında toplanan atık suların süzülmesiyle oluşturulan taslakların optik özellikleri Tablo 3 de ayrıntılı olarak verilmiştir. Opaklık değerleri US kağıdında 86.45 iken DS ve PS elde kağıtlarında 87.84 ve 94.94 şeklinde bir artış görülmektedir. Opaklık değerindeki bu artışın en önemli sebebi hamurlaşma ve reaksiyon işlemleri sırasında mikropartikül haline dönüşen dispers olmuş mürekkeplerdir. US ve DS kağıtları arasında 1 birimlik fark varken US ile PS arasında 8 birimlik bir farkın olması mürekkebin etkin şekilde uzaklaştırıldığına göstergesidir.

**Tablo 3: Kullanılan Baz ve Standart Deneme Kağıtlarının Optik Test Sonuçları**  
Table 3: Optical Test Results of Base Paper and Handsheets

	Baz Kağıt Base Paper		Test Kağıtları Handsheets		Flotasyon Atığı Flotation Sludge		Yıkama Atığı Washing Sludge		
	FK	US	DS	PS	US	DS	US	DS	PS
<b>Parlaklık/Brightness R457</b>	103.26	92.57	91.32	83.57	84.77	22.11	82.13	67.15	60.47
<b>CIE L*</b>	94.65	94.80	92.15	89.71	92.11	53.74	93.00	84.88	81.48
<b>CIE a*</b>	2.710	1.98	1.99	2.06	1.61	-0.075	0.745	0.410	0.33
<b>CIE b*</b>	-11.62	-7.07	-7.84	-6.48	-3	-0.63	0.715	-1.29	-1.12
<b>(a*<sup>2</sup>+b*<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup></b>	11.93	7.34	8.08	6.79	3.4	0.63	1.03	1.35	1.16
<b>Beyazlık / Whiteness</b>	139.24	117.58	116.42	106.31	95.03	26.47	79.86	72.38	65.31
<b>Opaklık / Opacity</b>	87.53	86.45	87.84	94.94	-	-	-	-	-

Beyazlık değerinin baz kağıt ile test kağıtları arasında büyük fark olmasının sebebi ise baz kağıtta kullanılan optik beyazlatıcıların özellikle yıkama sırasında uzaklaşması ile açıklanabilir. Diğer yandan mürekkep giderilebilme faktörü (MGF) veya katsayısı her üç hamurdan elde edilmiş kağıtların parlaklık değerleri baz alınarak hesaplanmıştır (PTS 1987). Kullanılan formül aşağıda verilmektedir;

$$\text{Mürekkep Giderilme Faktörü (\%)} = \frac{\text{Parlaklık (DS)} - \text{Parlaklık (PS)}}{\text{Parlaklık (US)} - \text{Parlaklık (PS)}} \times 100 \quad [1]$$

Bu formüle göre, kullanılan atık kağıdın mürekkep giderilme faktörü % 86.11 olarak hesaplanmıştır. Metoda göre MGF %100 ise kullanılan atık kağıdın mürekkebi çok iyi derecede giderilebilir, buna karşılık bu katsayı %0'a yakın ise mürekkep giderilme işlemi çok zayıf derecede gerçekleşir demektir. Bu yaklaşıma göre elde edilen sonuç oldukça iyi gözükmektedir.

CIE 1976 L\*, a\* ve b\* (CIELAB) sistemi işlemler sonunda elde edilen kağıtların renklerini analiz etmek için kullanılmıştır. Bu üç renk ordinatı aşağıdaki gibi özetlenebilir;

$$\begin{aligned} L^*=0 & \text{ Siyah,} & L^*=100 & \text{ Beyaz} \\ a^*<0 & \text{ Yeşil,} & a^*>0 & \text{ Kırmızı} \\ b^*<0 & \text{ Mavi,} & b^*>0 & \text{ Sarı} \end{aligned} \quad [2]$$

Yukarıdaki basit denklemlerden de anlaşılacağı üzere L\* değerinin 100'e yakın olması ayrıca a\* ve b\* değerlerinin de 0'a yakın olması beyaz renkli bir kağıt demektir. Buna göre sonuçlar incelendiğinde DS kağıdının L\* değeri US kağıdıninkine oldukça yakındır. Dolayısıyla mürekkep giderme etkinliği L\* değeri açısından iyi olduğu söylenebilir. a\* değerleri bütün kağıtlarda (+) ve sıfıra yakın değerler gösterirken b\* değerleri (-) değerler vermiştir. Kullanılan baz kağıdın b\* değeri, elde kağıtların değerleriyle kıyaslandığında neredeyse iki kat daha büyük çıkmasının sebebi baz kağıda üretimi sırasında çivit türü mavi renklendiricilerin katılması ve bunların mürekkep giderme işlemleri sırasında yıkanarak uzaklaşması ile açıklanabilir.

TAPPI T524 om86 metoduna (TAPPI 1992) göre beyaz veya beyaza yakın denebilecek kağıt aşağıdaki denkleme uygun sonuçlar vermelidir.

$$L^*>84 \text{ ve } (a^{*2}+b^{*2})^{1/2}<10 \quad [3]$$

Ofis kağıtlarının mürekkebinin uzaklaştırılmasını inceleyen araştırmacılar, yukarıdaki denklemleri kullanarak farklı kimyasalların ofis kağıtları üzerindeki renk değişimine etkisini incelemişlerdir (HACHE/BRUNGARDT/MUNROE 1994). Buna göre çalışmada elde edilen DS kağıdı, L\* değeri 90'ın üzerinde ve (a\*<sup>2</sup>+b\*<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup> değerinin 8.08 olması sebebiyle beyaz veya beyaza yakın bir kağıt olarak tanımlanabilir. Ayrıca flotasyon ve yıkama atık suyunun filtre kağıdından süzülerek elde edilen taslakların optik değerleri açıkça göstermektedir ki mürekkep uzaklaştırma işleminin en önemli kısmı flotasyon aşamasında, bir kısım kalıntılar ise yıkama esnasında gerçekleşmiştir.

Kağıt üreticileri açısından en önemli konulardan birisi de atık kağıt işleme ve mürekkep giderme işlemlerinin ekonomik boyutudur. İşlemler sırasında ortaya çıkan kayıplar ve yapılacak verim analizleri üreticileri doğrudan ilgilendirmektedir. Atık kağıt kullanımında gerçek lif maliyetinin hesabı aşağıdaki formüle göre yapılmaktadır (McKINNEY 1995).

$$\text{Gerçek Lif Maliyeti} = \frac{\text{Tam Kuru Atık Kağıda Ödenen Para}}{1 - (\text{Kül Oranı} + \text{İnce Lif Kaybı} + \text{Diğer Kayıplar})} \quad [4]$$

Bu formüle göre kullanılan kağıt içerisindeki kül oranı ve lif kaynağı (kısa-uzun lif) gerçek lif maliyetini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca kullanılan teknolojiye, kimyasallara ve işlem yöntemine bağlı olarak değişen diğer kayıplar da söz konusudur.

**Tablo 4: Flotasyon ve Yıkama İşlemleri Sırasındaki Kayıp Analizleri**  
Table 4: Yield Analysis in the Flotation and Washing Process Stages

		US	DS	PS
<b>Flotasyon Kayıpları</b> Flotation Losses	Kayıplar / Losses (g)	2.43	2.71	-
	Kül Miktarı / Ash Content (%)	51.45	54.05	-
<b>Yıkama Kayıpları</b> Washing Losses	Kayıplar / Losses (g)	29.64	30.05	32.57
	Kül Miktarı / Ash Content (%)	47.67	45.12	46.11
<b>Toplam Kayıplar</b> Total Losses	Kayıplar / Losses (g)	32.07	32.76	32.57
	Kül Miktarı / Ash Content (%)	47.86	45.81	46.08

Laboratuvar çalışması sonucunda verim analizleri iki ana grup altında toplanmıştır. Birinci grup, flotasyon hücresinin üst kısmından sıyrılan çamur içerisinde bulunan madde kayıpları, ikinci grup ise yıkama işleminden sonra uzaklaştırılan suyun içerisinde bulunan madde kayıplarıdır. Flotasyon esnasında sıyrılan kısım külsüz süzgeç kağıdında süzülüp fırın kurusu haline getirildikten sonra tartılarak toplam kayıplar bulunmuştur. Tablo 4'te görüldüğü gibi kayıplar US ve DS hamurlarında 2.43 g ve 2.71 g olarak bulunmuştur. Pratikte flotasyon kayıpları %10 civarında olmasına rağmen bu çalışmada bu kaybın düşük olmasının sebebi suyun sertliğinin gerekenden daha düşük olması ve flotasyondan önce uygulanan reaksiyon işleminden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Ayrıca süzülen mürekkepli atığın 575 °C'de yakılması sureti içerisindeki kül oranı hesaplanmıştır. Bu oran her iki hamurda da % 50'den biraz fazla olarak hesaplanmıştır. Yıkama sonrasında elde edilen atık su içerisindeki askıdaki katı maddeler yine süzgeç kağıdında gerekli miktarın süzülmesi, kurutulması, tartılması ve yakılması şeklinde bulunmuştur. Toplam katı madde miktarı her üç hamur US, DS, PS için sırasıyla 29.64 g, 30.05 g ve 32.57 g olarak birbirine oldukça yakın değerler bulunmuştur. Yıkama sırasındaki bu kayıplar mürekkep partikülleri, anorganik maddeler ve ince/kırık liflerin elek aralıklarından geçerek atık suya karışmaları ile oluştuğu kesindir. Bu kayıpların da %50'ye yakın kısmı anorganik maddelerden oluşmaktadır.

Tablo 5'de işlem basamakları sırasında ölçülen pH değerleri ve yıkama sonrasındaki atık suyun analiz sonuçları verilmiştir. Özellikle hamurlaştırma aşaması liflendirmeyi kolaylaştırmak için yüksek pH'da yapılırken seyreltmeye bağlı olarak işlemler boyunca pH değerleri giderek azalmıştır. Çevre açısından oldukça önemli bir kriter sayılan COD analizleri tüm hamurların yıkama sonrası atık sularında yapılarak tabloda gösterilmiştir. Ayrıca atık suların TDS ve iletkenlik değerleri aynı tabloda görülmektedir. Tablo içerisinde verilen  $\Delta$ (fark) değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \Delta \text{iletkenlik} &= \text{iletkenlik (Atık Su)} - \text{iletkenlik (Kullanılan Su)} \\ \Delta \text{TDS} &= \text{TDS (Atık Su)} - \text{TDS (Kullanılan Su)} \end{aligned} \quad [5]$$

Bu değerler, yıkama sonrasında biriktirilen 37 litre atık suyun 20°C'de ölçülmesi sonucunda elde edilen sonuçlardır. Özellikle US ve DS atık suyunun TDS değerinin PS atık suyununkine nazaran daha yüksek çıkmasının sebebi ilk ikisinde kullanılan kimyasal maddelerin bazı organik maddeleri kısmen de olsa çözmesi ile açıklanabilir.

**Tablo 5: İşlemler Sırasındaki pH Değerleri ve Yıkama Atık Su Analizleri**  
Table 5: pH of Process Stages and Waste Water Analysis

		US	DS	PS
<b>pH</b>	<b>Hamurlaştırma / Re-Pulping</b>	11.10	11.20	7.37
	<b>Flotasyon / Flotation</b>	9.70	9.65	-
	<b>Yıkama / Washing</b>	8.70	8.80	7.00
	<b>Karıştırma / Stirring</b>	5.20	5.10	5.30
<b>Yıkama Atık Suyu (37 litre)</b> Waste Water (37 liter)	<b>COD (mg/L)</b>	293	269	308
	<b><math>\Delta</math>iletkenlik / <math>\Delta</math>Conductivity (<math>\mu</math>S/cm)</b>	66	57	30
	<b><math>\Delta</math>TDS (mg/L)</b>	78	83	56

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada RICOH VT1760 masa üstü baskı makinesinde basılmış 80 g/m<sup>2</sup>'lik fotokopi kağıtlarının PTS metoduna göre mürekkep giderilme işlemi laboratuvar şartlarında incelenmiş ve sonuç olarak bu atık kağıtların mürekkep giderilme faktörü %86.11 gibi oldukça yüksek bir değer bulunmuştur. CIELAB sistemi baz alınarak mürekkebi giderilmiş hamurdan elde edilen standart test kağıtları beyaz veya beyaza yakın bir kağıt olarak tanımlanmıştır. Çünkü adı geçen kağıt TAPPI T524 om86 metodunda belirlenen L\* değerinin 84'ten yüksek olması ve  $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$  değerinin 10'dan küçük olması şartını rahatlıkla sağlamıştır. Sonuçlara göre bu değerler sırasıyla 92.15 ve 8.08 olarak tespit edilmiştir. Deneme kağıtlarının ve filtre kağıtları üzerinde süzülerek biriktirilen flotasyon ve yıkama atıklarının optik test sonuçları incelendiğinde, baskı mürekkebinin büyük kısmının flotasyon işlemi esnasında uzaklaştırıldığı görülmüştür. Buna rağmen madde kayıpları flotasyon aşamasında %2.5 civarında iken yıkama aşamasındaki kayıplar %30 civarında gerçekleşmiştir. Atıkların yakılması yoluyla toplam kayıpların %50'ye yakınının anorganik maddelerden oluştuğu bulunmuştur. Baz kağıttaki dolgu maddesi oranı %16.50 iken elde edilen hamurların dolgu madde oranları %1.5'ten daha az olarak bulunmuştur. Diğer yandan her üç farklı hamurun atık sularının çevresel açıdan önemli kriter olan COD analizleri yapılmış ve sonuç olarak atık sular arasında kirlilik ve su kalitesi açısından önemli bir farkın olmadığı görülmüştür.

## INVESTIGATION OF THE FLOTATION DEINKABILITY OF PRINTED WASTE OFFICE PAPER

Ar.Gör.Sami İMAMOĞLU

### Absract

The objective of this study was to examine the flotation deinking of high-quality waste office (photocopy) paper printed using a Ricoh Priport Duplicating Machine based on screen printing system. In order to analyse the efficiency of deinking, the printed and unprinted papers were tested for deinking by PTS (Papier Technische Stiftung) method based on three test procedures which are printed stock, unprinted stock and deinked stock. After deinking and preparation of handsheets, the optical and physical properties of samples were measured according to TAPPI and ISO standards. Finally a comparison was made between three stocks as focusing on deinking performance, physical strength, yields and environmental concerns. Results showed that the value of average deinking coefficient for examined samples was 86.11% and pulp yield losses for all the runs were found around 30%. There were no significant differences in the quality and treatability of the process or waste water taken from the three runs. The deinked trial displayed improved brightness and whiteness properties and comparable strength compared to the printed stock trial.

### 1. INTRODUCTION

It is well known that recycled fibre is an important source of raw material for the paper and board industry. Besides being a low-cost fibre source for paper and board manufacturing, it preserves forest resources, reduces environmental pollution and conserves water and energy. Papermakers are now focusing on recycling as economic necessity and raw material but it can be estimated that recycling will be the implicit fate of all paper producers in the future.

The use of secondary fibre or waste paper has increased greatly over the last two decades, possibly caused largely by development in the deinking process. New deinking mills established in Turkey and world-wide in response to this projected need are already competing for the cleanest, most homogeneous and bright deinked pulp. When a printed paper is repulped, it usually gives a dark stock, or a stock which is specky. It is clear that the print on the paper is responsible for this behaviour. Some part of recycled wastepaper is treated to remove print particles, so the final stock is bright, speck free and can replace virgin fibre in newsprint, tissue and printing grades.

The efficiency of deinking process or ink/dirt removal is influenced by a wide range of factors. Chemicals charge, process equipment and other factors such as retention time, temperature and pH for the waste paper deinking system depend firstly on the type of furnish (paper formula-

tion, ink content, ink-printing system) and secondly on the final brightness requirements. Paper maker who produces paper from recycled fibre must know the degree of deinkability factor of waste paper and decide the brightness requirement of final stock.

### 2. MATERIALS AND METHODS

All tests were made on 80 g/m<sup>2</sup> white long grain photocopy paper (made by P.T. Indah Ki-at Pulp & Paper Corporation TBK) printed using a RICOH VT1760 model priport duplicating machine. Printed and unprinted samples were placed in a warming cabinet for accelerated ageing (correspond to 3-12 month natural ageing) for 144 ± 2 h at 60 ± 3 °C. After being aged, samples were stored in a conditioned room at 24 h, 23 ± 1 °C and 50 ± 2 % relative humidity. Three 100 g oven-dry samples from a representative part of the sheets (one of them taken from unprinted sheets for producing unprinted stock (US) and two of them taken from printed sheets producing deinked (DS) and printed stock (PS)) were weighed out accurately and torn approximately 2x2 cm in size. Process conditions for laboratory evaluations are given below;

**1. Pulping:** To evaluate the pulp for all the runs, prepared sample of 100 g oven-dry was filled into a 1-litre beaker and repulped in a water bath by using hand mixer. Pulping time, temperature and consistency were fixed at 10 minutes, 40°C and 10% consistency. In order to swell fibres, break up of ink and bleach the stock required chemicals were added to US and DS pulp stocks.

**2. Reaction:** Stock sample was transferred into polyethylene (PE) bags and placed in a water bath of 40°C. Reaction was carried out at 10% stock consistency for 20 minutes.

**3. Disintegration:** Repulped stocks were disintegrated in a laboratory disintegrator for 2 minutes, 40°C and 2.5% consistency.

**4. Flotation:** Flotation process was carried out in a 10-litres capacity flotation cell. Disintegrated pulp stock was diluted to 1% consistency (oven-dry) and transferred into the flotation cell. The stirrer was set to 1450 rpm and airflow through the small hole in the bottom was controlled with the flow-meter to 3 L/min 0.5% resin soap solution was added to suspension. Typically the flotation was continued for 10 minutes at 40°C.

**5. Washing-Thickening:** Washing and/or thickening process was conducted with 105 mm sieves (150 mesh) on the inner box of the washing cell. This permits only fines, fillers and residual printing ink to pass. The deinked pulp with 1% consistency was transferred into the inner box and than washing cell was filled totally with water. Water flow into the inner sieve box was adjusted to 2.5 L/min and simultaneously stirrer was switched on. The condition of the washing process was; 10 minutes retention time and 40°C flow water temperature. Waste water was kept in a bucket to be analysed further chemical tests such as chemical oxygen demand (COD), total dissolved solid (TDS), conductivity, inorganic and organic material contents. 10 minutes later, water flow was cut off and pulp was thickened in the inner box to approximately 30% consistency. Stock was stored in a refrigerator at <+4°C before making handsheets and examination of other properties.

**6. Handsheet Forming:** Freeness of the stocks were measured by Schopper Riegler instrument. To eliminate the influence of the pH on the brightness measurement pulp stock with 0.4 % consistency was acidified to pH 5 before handsheet forming. Handsheets were prepared on the Rapid Köthen semi-automatic handsheet former. Optical and physical properties of handsheets were measured according to TAPPI and ISO standards.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

Table 2 shows the results of the study conducted to measure the physical properties of base paper and handsheets prepared by deinking of unprinted photocopy paper, deinking of printed

paper and recycling of printed paper under laboratory conditions. The handsheet strength character of the DS was noticeably greater than the recycled stock PS and US.

The optical properties of the pads obtained from all the pulp stock can be seen on Table 3. Results show that opacity value of printed stock is distinguishably higher than deinked and unprinted stock. Dark colour and microparticle of dispersing inks are responsible for decreasing opacity value of the sheet.  $b^*$  value of photocopy paper is noticeably higher than PS which confirms the removal of the optic whitener.

Deinkability coefficient is calculated from the mean brightness values of the handsheets of printed stock (PS), unprinted stock (US) and deinked stock (DS) as follows,

$$\text{De inkability Factor (\%)} = \frac{\text{Brightness (DS)} - \text{Brightness (PS)}}{\text{Brightness (US)} - \text{Brightness (PS)}} \times 100 \quad [1]$$

A deinking coefficient near 100% represents a perfectly deinkable sample, whereas a deinking coefficient near 0% means very poor deinkability. The value of average deinking coefficient in this study was calculated as 86.11%. This result shows a relative good deinkability of treated furnish.

The CIELAB system was used to describe the colour of the paper after deinking. The three axes measure colour attributes as follows:

$$\begin{array}{lll} L^*=0 & \text{Black} & L^*=100 \text{ White} \\ a^*<0 & \text{Green} & a^*>0 \text{ Red} \\ b^*<0 & \text{Blue} & b^*>0 \text{ Yellow} \end{array} \quad [2]$$

Thus the closer the value of  $L^*$  approaches 100 and the closer the values of  $a^*$  and  $b^*$  approach 0, the whiter colour appears. According to TAPPI official test method T-524 om-86 white or near white papers are those that have the following values;

$$L^*>84 \text{ and } (a^{*2}+b^{*2})^{1/2} < 10 \quad [3]$$

The results founds in this study for the  $L^*$   $a^*$   $b^*$  values of deinked stock were 92.15, 1.19 and -7.84, respectively. According to formulations [3] it can be easily concluded that handsheet evaluated from deinked stock was white or near white.

Materials losses with flotation and washing process are exhibited in Table 4. Yield figures show that total losses in the flotation and washing stage were found 30.07%, 31.76% and 32.76% for unprinted stock, deinked stock and printed stock, respectively. Total solid material losses include; inorganic materials (filler, surface inorganic material and ink mineral), organic materials (broken up fibres and fines), and dissolved solid (any dissolved material in the pulp slurry).

Generally, waste or process water taken from the washing cell is a mixture of fibre, fines, mineral loadings, ink particles, colloidal inorganic and organic material, dissolved solid etc. Proportions of these vary according to the furnish of waste paper being recycled. In this study, COD values, contents of suspended and dissolved solids and conductivity of waste water taken from washing cell are measured and results were given in Table 5. According to the results, there were no significant differences in the quality and treatability of the process water from the three runs.

#### 4. CONCLUSION

The deinkability efficiency for high-quality photocopy papers printed by Ricoh Priport duplicating machine was studied using a laboratory flotation cell (Degussa) with a nominal capacity of 10 litres. Process conditions for laboratory evaluations in this study were based on PTS methods.

According to the  $L^*$  and  $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$  values which were 92.15 and 8.08, handsheets made of deinked stock can be defined as white or near white paper. The value of average deinking factor was calculated as 86.11 %. This figure gave an idea of relative good deinkability of furnish treated in this study. Total losses after flotation and washing process, were found around 30% and there were no significant differences in the quality and treatability of the waste water for all the runs.

As a conclusion 80 g/m<sup>2</sup> white office paper made by P.T. Indah Kiat Pulp & Paper Corporation TBK and printed using a RICOH VT1760 model priport duplicating machine have a good deinkability character.

#### KAYNAKLAR

- BAJPAI, P., BAJPAI, K.P., 1998: Deinking with enzymes: a review. *Tappi Journal*, Vol. 81, No. 12, 111-117.
- BORAŞ, 2000: Ricoh priport baskı makineleri tanıtım kılavuzu. Boraş Büro Malzemeleri ve Kırtasiye Malzemeleri, Ricoh Priport Türkiye Temsilcisi.
- CARRASCO, F., PLACH, M.A., MUTJE, P., 1999: Deinking of high-quality offset papers: influence of consistency, agitation speed and air flow rate in the flotation stage. *Tappi Journal*, Vol. 82, No. 3, 125-129.
- FERGUSON, D.L., 1992: Deinking chemistry: part 1. *Tappi 1992 Deinking Seminar notes*, Tappi Press, Atlanta.
- GALLAND, G., VERNAC, Y., 1999: New attitudes towards increased consumption of secondary fibres in papermaking. 1999-2000 *World Pulp & Paper technology*, 75-81.
- HACHE, M.J.A., BRUNGARDT J.R., MUNROE, D.C., TEODORESCU, G., 1994: The colour stripping of office wastepaper with Sodium Hydrosulphide. *Pulp and Paper Canada*, Vol. 95, No. 12, 120-125.
- HAYNES, R.D., 2000: The impact of the summer effect on ink detachment and removal. *Tappi Journal*, Vol. 83, No. 3, 56-65.
- McKINNEY, R.W.J., 1995: Waste paper recovery and collection. In *Technology of Paper Recycling Book*, edited by Mckinney, R.W.J., Chapman and Hall, 351-370.
- PTS method, 1987: Testing of waste paper identification of the flotation deinkability of printed waste paper. PTS-RH 010/87.
- TAPPI Test Method, 1992: Tappi Press, Technology Park, Atlanta, T 525-om92.
- TARAS, J.M., 1975: Water Analysis. In *Standard Methods of Chemical Analysis Book*, Edited by, WELCHER, F.J., Vol. 2, Part B, 2455-2456.
- THOYER, B., 1995: Printing trends-impact on paper recycling. In *Technology of Paper Recycling Book*, Edited by Mckinney, R.W.J., Chapman and Hall, 351-370
- TURVEY, R. W., 1995: Chemical use in recycling. In *Technology of Paper Recycling Book*, Edited by Mckinney, R.W.J., Chapman and Hall, 130-156.
- VINCENT, A. H., KHONG, C., RIZZON, E., 1997: FAS (thiourea dioxide) bleaching of recycled pulp. *Appita Journal*, Vol. 50, No. 5, 393-399.