

SEKA BALIKESİR KAĞIT HAMURU VE KAĞIT FABRİKASINDA TEMİZ ÜRETİM OLANAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ ÇALIŞMASI

E. AVŞAR ve G.N. DEMİRER

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümünün Bulvarı, 06531 Ankara

ÖZET- Bu çalışmada, bir kağıt hamuru ve kağıt entegre üretim tesisindeki temiz üretim fırsatları araştırılmıştır. SEKA Balıkesir Kağıt Hamuru ve Kağıt Fabrikasında Temiz Üretim Fırsatları İncelemesi yapmak üzere bir metodoloji geliştirilmiştir. Net hammadde, enerji ve su girdileri hesaplanarak, tesisin çevresel performansı, sonraki çalışmalara temel oluşturması için, diğer ülkelerde benzer sistemlerle çalışan kağıt hamuru ve kağıt fabrikaları için önerilen ve uygulanan Çevresel Performans Göstergeleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm mevcut ve potansiyel atıklar belirlenmiştir. Sistemin tüm girdi ve çıktı bilgileri derlenmiştir. Bu bilgilere dayanılarak gerçekleştirilen kütle dengesi analizi sonrası, ilgili literatür de kullanılarak, uygulanabilir atık azaltım seçenekleri belirlenmiştir. Son olarak, fabrikanın üretim verimliliğini arttırmak için belirlenen atık azaltım seçenekleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Temiz Üretim, Atık Azaltımı, Kağıt hamuru ve Kağıt

ABSTRACT- This study aimed applying the Cleaner Production tools to a Turkish pulp and paper mill, as the first time in the country, to introduce the concept as well as to provide a framework to future initiatives. To this purpose a comprehensive waste reduction audit was conducted to SEKA Balıkesir Pulp and Paper Mill. First, different audit schemes from different sources were examined and compiled leading to the methodology employed in this work. The audit covered water emissions and water usage. Then, the collected data were compared with international environmental performance indicators from other companies in USA, Canada, Australia, and Europe. This comparison provided the specific opportunities for improvement at different processes in the mill. For each opportunity determined from this approach, different waste reduction measures were analyzed and determined. Furthermore, the benefits of the identified waste reduction options were analyzed for increasing the production efficiency and achieving target raw effluent pollution loads of the mill.

Keywords: Cleaner Production, Waste Reduction, Pulp and Paper



GİRİŞ

Çevresel etkileri göz önünde bulundurulmadan gerçekleştirilen endüstriyel üretim, su ve hava kirliliği, toprak kayıpları, asit yağmuru, küresel ısınma ve ozon tabakasının incelmeye gibi küresel ölçekli sorunlara yol açmıştır. Endüstriyel üretimi çevresel anlamda da sürdürülebilir kılabilmek için geleneksel atık yönetimi uygulamaları değiştirilmeli, kontrol yöntemlerinden önleme yöntemlerine geçiş yapılmalıdır. Diğer çevresel yönetim tekniklerini tamamlayıcı olarak kullanıldığında, temiz üretim insan sağlığı ve çevresel değerleri koruyan ve sürdürülebilirliği destekleyen bir yaklaşımdır (Demirer, 2002).

Kağıt hamuru, kağıt ve karton üreten kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi, hamur üretimi sürecine göre kimyasal, mekanik ve yarı kimyasal olmak üzere üçe ayrılır. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi ürünleri, kağıt ve karton üretiminde kullanılan hamurlaştırma sürecine göre de sınıflandırılabilir (USEPA, 1995). Bu endüstrideki süreçler, genel olarak, üç adımda gerçekleştirilir: hamur yapımı, hamurun işlenmesi ve kağıt üretimi. Öncelikle, stok hamur karışımı bir malzemenin fiberli bileşenlerinin kimyasal, mekanik veya bunların birleşimi yöntemlerle bozundurulması ile üretilir. Söz konusu malzeme, en yaygın kağıt hamuru ham maddesi olan, odun olduğunda, kimyasal hamurlaştırma işlemleri, fiberleri birlikte tutan ligninin kimyasal bağlarını seçici bir şekilde kırarak selüloz fiberleri serbest bırakır. Fiberler ayrılıktan ve safsızlıklar giderildikten sonra, parlaklığını arttırmak için ağartma işlemi uygulanabilir ve kağıt üretim ekipmanları için uygun hale getirilir. Kağıt üretim aşamasında, arzu edilen son ürüne bağlı olarak, boyalar, dayanıklılığı arttıran reçineler veya doku ekleyici katkı maddeleri hamura karıştırılabilir. Daha sonra, bu karışım, fiberli bileşikleri ve katkı maddelerini izgara veya izgaralı taşıyıcılarda bırakacak şekilde susuzlaştırılır. İlave katkı maddeleri kağıt tabakalarının üretimi aşamasında da eklenebilir. Fiberler, bir dizi preslerden ve ısıtılmış silindirlere geçerken, birbirlerine bağlanır. Son ürün genellikle büyük makaralar halinde depolanır (Smook, 1992).

Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi, saf su kullanımı açısından, birincil metal ve kimyasal endüstrilerinden sonra, en yoğun su kullanan üçüncü endüstri koludur. Tarihsel olarak, kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi, doğal kaynakları (odun, su) ve enerjiyi (fossil yakıtları, elektrik) tüketen ve çevreye yapılan kirlenmeye deşarjları önemli bir kaynak olarak belirtilmektedir (Berry vd., 1989; OTA, 1989; API, 1992; USEPA, 1993a; Thompson vd., 2001).

SEKA (Türkiye Kağıt Hamuru ve Kağıt Fabrikaları) Balıkesir Kağıt Hamuru ve Kağıt Fabrikası ağaç kütüklerini ve satın alınan ambalaj kağıtlarını (kraft) kağıt (newsprint) üretiminde kullanır. Ağaç kabuksuzlaştırma ve kıyım (wood debarking and chip making), kağıt hamur imalatı, hamur ağartma (pulp bleaching) ve kağıt imalatı basamaklarına sahip olan entegre bir tesistir (SEKA, 1993). Fabrikanın ayrıntılı akım şeması Şekil 1'de verilmektedir. Fabrikanın tasarım kapasitesi 100,000 ton/yıldır. Fabrikanın, bu çalışma yapıldığı sırada, Ekim 2000 ve Eylül 2001 arasındaki aylık ortalama kağıt (newsprint) üretimi 6,667 ton'du (SEKA 1993 and 2001).

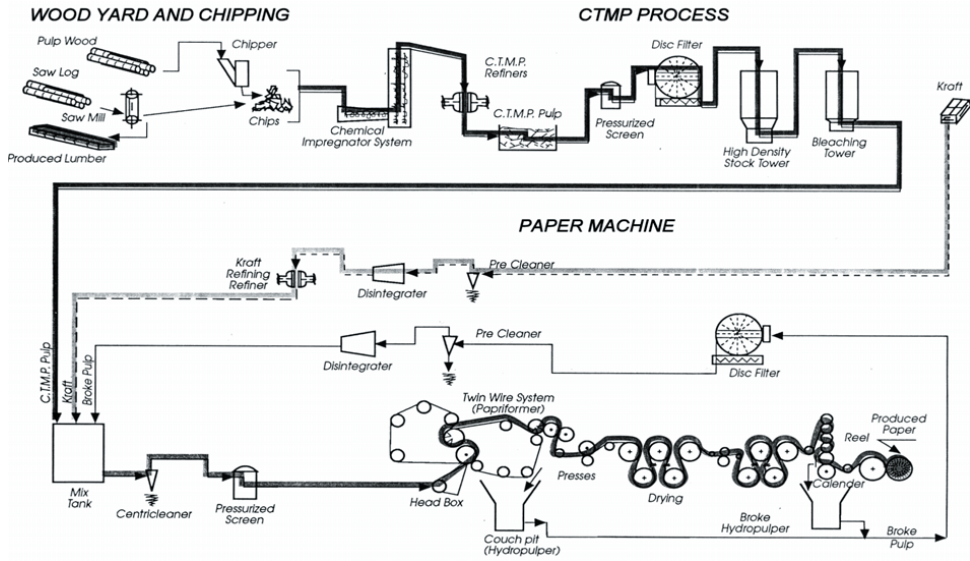
Bu çalışmanın hedefi, kavramın tanıtılması ve gelecekteki çalışmalara temel olmak amacıyla, Türkiye'de ilk kez, Temiz Üretim kavramının bir kağıt hamuru ve kağıt fabrikasında uygulanması olarak belirlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda SEKA Balıkesir Kağıt Hamuru ve Kağıt Fabrikası'nda karşılaştırmalı bir atık azaltımı denetimi gerçekleştirilmiştir. İlk önce, farklı kaynaklardan çeşitli denetim şemaları incelenmiş ve çalışmada kullanılan metodoloji geliştirilmiştir. Denetim su emisyonlarını ve su kullanımını kapsamıştır. Daha sonra, toplanan veriler, ABD, Kanada, Avustralya ve Avrupa'daki şirketlerin uluslararası çevresel performans göstergeleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma tesisteki çeşitli süreçlerin geliştirilmesi için çeşitli fırsatlar sunmuştur. Bu yöntemle belirlenen her temiz üretim fırsatı için farklı atık azaltımı yöntemleri incelenmiş ve belirlenmiştir.

METODOLOJİ

Atık denetimi, Temiz Üretim fırsatlarını belirlemek amacıyla kullanılan sistematik bir yöntemdir. Atık denetiminden elde edilen bilgi, herhangi bir tesiste kirlilik konularında yapılacak olan araştırmanın başlangını oluşturur. Hammadde ve enerji tüketiminde yapılacak olan böylesi bir denetleme, müdahale gerekecek atık üretim noktalarını öne çıkarır. Bu çalışmada UNEP'in Endüstriyel Emisyonlar ve Atıklar için Denetim ve Azaltım Kılavuzu (Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes, 1991) ve diğer bazı yayınlar (Edde 1984; Berry et al., 1989; UNIDO, 1993; UNEP, 1999; USEPA 1993a/1993b/1995) temel alınarak, atık akışını ve enerji kullanımını belirlemek için kullanılacak metodoloji belirlenmiş ve



uygulanmıştır. Tüm ilişkili atık akışının detaylı bir incelemesini yapabilmek için, SEKA Balıkesir Kağıt Hamuru ve Kağıt Fabrikası'nda kütle dengesi yaklaşımı uygulanmıştır.



Şekil 1: SEKA Balıkesir Kağıt Hamuru ve Kağıt Fabrikası Akım Şeması

Kaynak kısıtlamaları temel alınarak, bu çalışma SEKA Balıkesir tesisinin ana bölümleri olan, odun depolama ve doğrama, kimyasal termo-mekanik hamurlaştırma (chemi thermo-mechanical pulp, CTMP) ve kağıt makina işlemlerini kapsamıştır. Ancak, bakım atölyeleri gibi bölümlerin de önemli çevresel etkilerinin (örn. Atık yağ üretimi, petrol ürünlerinin depolama tanklarından sızması) olabileceği ve düzenli veya diğer depolama sahalarında kirlilik içeren sızıntı sularının yeraltı yanı sıra yüzey sularına da etkilerinin olabileceği de bilinmektedir. Ancak, genel olarak, bu bölümlerin temiz üretim konusunda, diğerleri ile karşılaştırıldığında, daha az önemde rolleri vardır. Bu nedenle, bu çalışma kağıt hamuru ve kağıt yapımı süreçlerinden doğan atıksu deşarjları üzerinde yoğunlaşmıştır.

Kağıt hamuru ve kağıt fabrikaları üretim sürecinde birbirleriyle ilişkili bir çok bölümden oluşan karmaşık tesislerdir. Bu nedenle, bir temiz üretim değerlendirmesine başlarken, gerekli tüm verilerin toplanabileceğinden emin olmak zor olabilir. Bu nedenle, atık denetimini gerçekleştirmeden önce kullanılmak üzere bir kontrol listesi (checklist) hazırlanmıştır. Bu liste, SNC-LAVALIN (1998) tarafından bir Çin-Kanada Ortaklığındaki Temiz Üretim Projesi için hazırlanan liste temel alınarak hazırlanmış ve SEKA Balıkesir Kağıt Hamuru ve Kağıt Fabrikası için uyarlanmıştır.

Uygulanan atık denetimi yöntemi 3 safhadan oluşmaktadır; denetimin hazırlanması için ön-denetim aşaması, kütle dengesini çıkarmak için veri toplama süreci ve kütle dengesinden elde edilen tüm bulguların atık azaltımı planına uyarlandığı sentez aşaması. 12 aylık bir süre içindeki tüm kayıtlar (alım, üretim vb.) denetim için kullanılmıştır. Denetim prosedürünün taslağı Tablo 1'de verilmiştir. İkinci aşamada toplanan veriler farklı kaynaklardan, SEKA Balıkesir Fabrikası'nın yürüttüğü işlemlere özel, çevresel performans göstergeleri (ÇPG) ile karşılaştırılmıştır. Göstergelerin ortalama ve standart sapmaları hesaplanmış ve sunulmuştur. Bu karşılaştırma ile atık azaltımı konusunda özel ilgi gösterilmesi gereken alanlar ortaya çıkmıştır.

Sentez aşaması, ikinci aşamada oluşturulan kütle dengesinin, üzerine eğilinmesi gereken süreç alanlarının veya bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla, yorumlanmasını içerir. Girdi ve çıktı verilerinin kütle dengesi şeklinde düzenlenmesi, bir üretim süreci boyunca, madde akışının anlaşılmasını kolaylaştırır. Kütle dengesinin yorumlanabilmesi için normal işletim performansının da anlaşılması gerekir. Bu amaçla, nihai ürünün tonu başına oluşan normalleştirilmiş atık deşarjları ilgili literatürdeki değerlerle, kağıt

üretim sürecinin çevresel performansının anlaşılması için, karşılaştırılmıştır. Kütle dengesi atıkların ana kaynaklarını belirlemek, atık üretimlerindeki sapmaları gözlemek, açıklanamayan kayıpları belirlemek ve ulusal veya alansal deşarj yönetmeliklerindeki değerlerin üzerinde deşarjlara neden olan işlemleri belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Bu araştırmaların çıktılarından yola çıkarak, belirlenen atık azaltım yöntemleri, kısa ve uzun dönemli atık azaltım yöntemleri şeklinde sınıflandırılmıştır. Kısa dönemli atık azaltım yöntemleri, çabuk ve ucuz bir biçimde gerçekleştirilebilecek, yönetim tekniklerindeki iyileştirmeleri (good house keeping) yöntemlerini içerir. Uzun dönemli azaltım yöntemleri ise, problemleri ortadan kaldırılması amacıyla yapılabilecek süreç onarımlarını veya süreç değişikliklerini içerir.

Önerilen temiz üretim olanakları, tesis yönetimi tarafından bu çalışma için atanan bir teknik personel ile olası uygulama aşaması göz önünde bulundurularak, belirlenmiştir.

Tablo 1. Denetim prosedürünün ana taslağı

Süreçler	Adımlar
1. Ön denetim	1. Ön değerlendirme ve hazırlık 2. Temel işlemlerin belirlenmesi 3. Süreç akım şemalarının oluşturulması
2. Kütle Dengesi: Süreç girdi ve çıktıları	1. Girdilerin belirlenmesi 2. Su kullanımının kaydedilmesi 3. Güncel Atık tekrar kullanım/geri kazanım düzeylerinin ölçülmesi 4. Süreç çıktı miktarlarının belirlenmesi 5. Atık suyun miktarlarının belirlenmesi 6. Birim işlemler için girdi ve çıktı bilgilerinin düzenlenmesi 7. Kütle dengesinin değerlendirilmesi ve düzenlenmesi
3. Sentez	

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın geniş kapsamı nedeniyle, bu bildiri de sadece ana bulgular ve sonuçlar özetlenmiştir. Çalışmanın tüm detaylarına Avşar (2001)'den ulaşılabilir.

Veri Toplanması

Mevcut tüm bilgi kaynakları (hammadde alım kayıtları, ürün miktarları, su kullanımı ve atık su deşarj verileri vb.) ile birlikte metodoloji kısmında açıklanmış olan kontrol listelerinin yanı sıra kişisel görüşmeler de, eldeki tüm verilerin toplanarak, kütle dengelerinin çıkarılmasında kullanılmıştır.

Temel İşlemler

Tesis ziyaret edilmiş ve tüm süreç hatları incelenmiştir. Detaylı süreç tanımları Avşar (2001)'de verilmiştir. Analiz için seçilen temel işlemler; odun hamuru depolama, kabuksuzlaştırma ve kıyım, hamurlaştırma, hamur eleme, ağartma, ambalaj kağıtlarının hamurlaştırılması ve kağıt imalatıdır. Bu işlemler tesisin; odun depolama ve doğrama işlemleri (wood yard and chipping), kimyasal termo-mekanik hamurlaştırma (CTMP) işlemleri (chemi thermo-mechanical pulp) ve kağıt makina işlemleri (paper machine) olarak adlandırılan ana bölümlerinde yer almaktadır. (Şekil 1)

Su Kullanımı

Öncelikle, birim üretim başına su kullanımı, şirket verilerinin incelenmesinden elde edilen veriler yardımıyla hesaplanmıştır. Ayrıca, üretilen birim kağıt (newsprint) başına kullanılan su miktarı da hesaplanmıştır. 2000 kayıtlarına göre, 3,865,000 m³ su kullanılmıştır. Geri kalan analizler için, Ekim 2000-Eylül 2001 aralığına karşılık gelen veriler yıllık tüketim ve ortalamaların hesaplanmasında kullanılmıştır. Bu dönemdeki toplam su tüketimi 4,428,900 m³ olarak belirlenmiştir. 12 aylık süreç incelendiğinde, toplam üretim olan 79,998 ton kağıt (newsprint) baz alınarak hesaplanan, üretilen kağıt başına normalleştirilmiş su tüketimi değeri 55.36 m³/ton'dur.

Fabrikadaki işlemlerde kullanılan su, fabrikanın 14 km doğusunda bulunan Simav Nehri'nden alınmaktadır. İşlem suyu (process water) ön arıtma tesisinde arıtılıp fabrikanın ana mevkiinde yer alan su tankına (6,800



m³) pompalanmaktadır. Süreçlerin her adımı için ortalama ve normalleştirilmiş su kullanımı Tablo 2'de verilmiştir.

İşlem suları sistem içerisinde mümkün olduğunca tekrar kullanılmaktadır. Giren hammaddelerden en yüksek performansı elde etmek amacıyla bir çok işlemin çok-katlı bölümleri bulunmaktadır. Tekrar kullanılan sular en az iki devir sonunda deşarj edilir. 2000 yılında 290,621 ton buhardan, %43.4'lük bir verime karşılık gelen, 126,126 ton yoğuşuk (condensate) elde edilmiştir. 2001 yılı için elde edilen veriler benzer bir yoğuşuk (condensate) geri dönüşüm hızı, %44.2'lik, göstermiştir (SEKA, 2001).

Tablo 2. İşlem basamaklarındaki su tüketimi

Temel İşlemler	m ³ /yıl (yıllık tüketim)	m ³ /ton üretilen kağıt hamuru (hava ile kurutulmuş)	m ³ /ton üretilen kağıt
Odun Depolama ve Doğrama	300,000	4.22	3.75
Hamurlaştırma (Pulping)	1,100,000	15.47	13.75
Ambalaj Kağıtlarının Yeniden Hamurlaştırılması (Kraft Repulping)	400,000	5.63	5
Kağıt Üretimi	1,565,000	22.01	19.56
Ara Toplam	3,365,000	47.32	42.06
Diğer İşlemler	1,063,900	14.96	13.30
Toplam	4,428,900	62.28	55.36
Kaynak: SEKA (2001)			

Enerji Tüketimi

Çalışma sürecindeki, her bir işlem başına enerji tüketimi ve ton ürün başına normalleştirilmiş enerji tüketimi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Ton ürün başına yıllık enerji tüketimi

Temel İşlemler	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh) ⁽¹⁾	Üretilen ton -hava ile kurutulmuş- Hamur Başına Enerji Tüketimi (kWh/ton)	Üretilen ton kağıt başına Enerji Tüketimi (kWh/ton)
Odun Depolama ve Doğrama	1,829,094	25.7	22.9
CTMP proses işlemleri	181,415,440	2,551.2	2,267.8
Kağıt Makinası (Paper Machine)	30,759,466	432.6	384.5
Diğer İşlemler	3,392,720	47.7	42.4
Toplam	217,396,720	3,057.1	2,717.5
⁽¹⁾ Atıksu arıtma tesisinin, yıllık 2,000,000 kWh olan, enerji tüketimi, toplam tüketimdeki yüzde paylarına göre temel işlemler arasında dağıtılmıştır.			
Kaynak: SEKA (2001)			

İşlem Girdileri

Ön denetim aşamasında toplanan veriler baz alınarak, her bir işlem için, yıllık hammadde tüketimi belirlenmiş ve Tablo 4'te sunulmuştur. Çalışma süresince (12 ay; Ekim 2000-Eylül 2001) üretilen toplam kağıt (newsprint) 79,998 ton'dur. Bu rakam ve Tablo 2'deki veriler kullanılarak, üretilen ton kağıt (newsprint) başına ortalama hammadde tüketimleri hesaplanmış ve Tablo 4'de sunulmuştur.

Odun deposunda, talaş dışında, nakliye ve önileme (handling) kaynaklı önemli bir kayıp gözlenmemiştir.

Buhar ve enerji eldesi için yakılacak olan talaş, açık alanda depolanmış ve taşınmıştır. Talaşın açık alanda depolanması ve taşınması önemli miktarda madde kaybına neden olmaktadır. CTMP bölümünün sorumlusu olan Sayın Töre'ye göre, bu kayıplar, toplam odunun yaklaşık %1'i (yıllık 2,223 m³) kadardır (kişisel görüşme, 29.05.2001).

Tablo 4. Tesisin hammadde tüketimi

Hammadde	Birim	Odon Depolama ve Doğrama	CTMP prosesi	Kağıt Makinesi (Paper Machine)	Enerji Üretimi & Isıtma	Toplam Tüketim	Normalleştirilmiş Toplam Tüketim*
Kağıt hamuru	m ³		177,000			216,666	1,549
	ton		123,900				
Kraft (90% kuru)	ton			12,778		12,778	160
Aluminyum Sulfat	ton		2,300	350	150	2,800	35
Sodyum Hidroksit	ton		1,775	85		2,000	25
Kireç	ton				1,000	1,000	13
Soda	ton				380	380	5
Sulfurik Asit	ton				70	70	1
Hidroklorik Asit	ton				70		
Hidrojen Peroksit	ton		2,000			2,000	25
Sodyum Silikat	ton	10	1,100			1,110	14
EDTA veya DTPA	ton		320			320	4
Sodyum Metabisüfit	ton		2,240			2,240	28
Sodyum Dithionite	ton		320			320	4
Köpük Giderici	ton		32	80		112	1

* kg/ton üretilen kağıt
Kaynak: SEKA (2001)

İşlem Çıktıları

Fabrikanın tüm temel işlemlerinin çıktıları Tablo 5'te listelenmiştir. Bu çıktıların miktarları ileriki bölümlerde belirtilmiştir.

İşlem atıksu debileri tesisin kayıtlarından elde edilmiştir. Ana atık debileri mevcut ultrasonik debi ölçerlerle belirlenmiştir. Yan akışların (sub-streams) ölçümü, daha çok numune alma noktası ve ek numune alma ve kontrol ekipmanı gerektireceğinden dolayı, gerçekleştirilmemiştir. Tesiste oluşan atıksular kaynaklarına göre dört gruba ayrılmıştır: Odun depolama ve doğrama işlemleri, CTMP proses işlemleri, Kağıt makine işlemleri ve diğer işlemler (evsel atık sular, yıkama vb.).

Literatürde odun depolama ve doğrama ve CTMP proses işlemleri için verilen ÇPG'ler hava ile kurutulmuş kağıt hamuru (%90 katı) cinsinden verilmiştir. Bu nedenle, kağıt hamuru üretimi, bu süreçlerdeki ton kağıt hamuru ve kağıt üretimi başına kirlilik yükü göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Net kağıt üretimi ise sadece kağıt makine işlemlerinin kirlilik yükü araştırılırken hesaba katılmıştır. Atık su üretim hızları ve seçilen su kalite parametreleri için kirlilik yükleri Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tesis ile ilgili toplanan veriler bir kütle dengesi olarak oluşturulmuştur. (Şekil 2) Girdiler ile çıktılar arasındaki fark %5-10 aralığında olduğu için (Hageler Baily Consulting Inc.,1995), bu kütle dengesinin bu çalışma için yeterli olacağına karar verilmiştir.

Sentez

Sentez aşamasında, önceki bölümlerde elde edilen sonuçlar ilgili literatürde belirtilen Çevresel Performans Göstergeleri (ÇPG) ile karşılaştırılmıştır. Hem kirliliğin hem de diğer çevresel konuların eğilimlerini geniş kapsamlı (ulusal ve bölgesel) takip etmek ve endüstriyel projelerin denetimi için kullanılan verilen ÇPGlerin tanımı ve seçimi hala erken bir safhadadır. Ancak bu göstergelerin kullanımı hızla artmaktadır. Temiz Üretim Denetimlerine yapılan yatırımlar arttıkça, çevresel yatırımları etkileyecek ÇPG gibi nicel



Tablo 5. Proses çıktıları

Temel İşlemler	Atık Su	Yan Ürün / Atık Geri Kullanımı
Odun Depolama	Nakliye (handling) ve nemlendirmede kullanılan su	
Kabuksuzlaştırma ve doğrama	Taşıma kanalındaki su	Ağaç kabuğu, Talaş
Hamurlaştırma	Yonga yıkama akıntıları, kimyasal işlemlerden sıvılar, Sıvı dökülmesi	
Kağıt Hamuru Eleme (Pulp Screening)	Dökülme ve reddedilme kayıpları, Kağıt hamuru eleme gelen "beyaz sular"	Reddedilen kağıt hamuru
Hamur Yıkama ve Kalınlaştırma (thickening)	Hamur kalınlaştırma ve temizlemeden gelen "beyaz sular"	
Ağartma	Ağartma işlemi yıkama suları, taşma, dökülme	
Kraft Hamuru	Kraft ön-temizleme artıkları	
Kağıt Yapımı	Hamur kuruduktan sonra toplanan sular, taşma, dökülme	reddedilen kağıt

Tablo 6. Tesisin farklı temel işlemlerinin atık su debileri ve kirlilik yükleri

Temel İşlemler	Debi		pH	BOİ ₅		KOİ		TAKM	
	m ³ /yıl	m ³ /ton		mg/L	kg/ton	mg/L	kg/ton	mg/L	kg/ton
Odun Depolama ve Doğrama	297,000	4.2	7	556	2.3	1,275	5.3	7,150	29.9
CTMP Prosesi	1,376,000	19.4	5.5	2,440	47.2	9,065	175.4	1,309	25.3
Kağıt Makinası	1,580,000	19.8	6.5	641	12.7	1,116	22.0	645	12.7
Toplam	3,253,000	40.7	6.5	1,197	48.7	3,791	154.2	1,241	50.5
TAKM: Toplam Askıda Katı Madde									

ölçütleri geliştirmek giderek önem kazanacaktır.

ÇPG'ler endüstriyel sektörler arasında ve aynı sektördeki endüstriler arasında çevresel performans karşılaştırması sağlar. Kütle dengesinde elde edilen veriler problemleri belirlemek için, CTMP prosesini kullanan entegre tesisler için teknik literatürde verilen ÇPG'lerle karşılaştırılmıştır. (Tablo 7) SEKA Balıkesir Fabrikası'nın üç ana proses bölümü için farklı kaynaklardan toplanan ÇPG'ler tablolandırıldıktan sonra, fabrikanın performansı bu göstergelerin ortalama değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda tesisin mevcut iyileştirme potansiyeli belirlenmiştir. Her proses (odun depolama ve doğrama işlemleri, CTMP proses işlemleri ve kağıt makina işlemleri) için belirlenen temiz üretim olanakları aşağıda ele alınmıştır:

Odun Depolama ve Doğrama İşlemleri

Gerçek su tüketim ve atık su üretim hızları, hedef kirlenici yükünden önemli miktarda fazladır. Toplam askıda katı madde yükü ise, hedef yük ile karşılaştırıldığında son derece yüksektir. (Tablo 7) Bu yüksek seviyelerin düşürülmesi konusunda Fabrika Genel Müdürü, Mehmet Öcal, ve CTMP Bölümünün sorumlusu Kaptan Töre, ile temiz üretim olanakları üzerine, 03.10.2001 tarihinde, görüşülmüştür. Odun depolama ve doğrama işlemleri için uygulanabilecek temiz üretim olanakları aşağıda verilmektedir:

Kütük Yüzdürme Suyunun Geri Devri

SEKA Balıkesir Tesisi'nde kütük yüzdürme suları, odunun yığınardan kabuksuzlaştırma ünitesine ve doğrayıcılara (chipper) taşınmasında kullanılmaktadır. Fiberler ve ağaç kabukları geri kazanılıp, yakılarak



<i>Girdiler</i>	<i>ton/yıl</i>
Odun Kütüğü	151,666
Kraft	12,778
Kimyasallar	12,352
Su	3,365,000
Buhar	186,800
Toplam	3,728,596

↓

<i>Genel Fabrika İşlemleri (Kabuksuzlaştırma ve Doğrama, Hamurlaştırma, Paper Kağıt Makinesi)</i>	
<i>Çıktılar</i>	<i>ton/yıl</i>
Kağıt (Newsprint)	79,998
Yakılan gönderilen ağaç kabuğu ve talaş	18,447
Ağaç kabuğu ve talaş kaybı	1,523
Atık su	3,253,000
Fiber kaybı	3,750
Atılan Buhar (Steam Exhausted)	200,000
Toplam	3,556,718

Şekil 2: Genel fabrika işlemleri için kütle dengesi

ısı geri kazanımı gerçekleştirilmektedir. Bunun ardından kütüklerin nakli için kullanılan su geri devir edilebilir.

Yüzdürme suyunun geri devri, yaygın bir uygulamadır. Uygun bir geri devir sistemini kurmanın maliyeti 100,000\$ ile 500,000\$ arasında değişmektedir (USEPA, 1993a). Bu yatırımın geri ödeme süresi 1-2 yıldır (UNEP, 1999). Yüzdürme suyunun geri devri BOL ve TAKM deşarjlarını azaltacak ve suyun yeniden kullanımını sağlayacaktır. Önceden USEPA (1982) tarafından odun depolama ve doğrama işlemlerine yapılan donanımların verileri baz alınarak belirlenen maksimum atık azaltımları Tablo 8'de verilmektedir (USEPA, 1982).

Yağmur Suyu Kontrolü

Tesisin ziyareti sırasında odun depolama alanında toplanan talaşın çıkış suyu kanalına karıştığı gözlenmiştir. Bunda, yağmur suyunun akışının (runoff) ve rüzgarın önemli etkisi bulunmaktadır. Odun depolama sahasında, odun ve yonga (chip) depolama ve işleme alanlarından gerçekleşen akıntı (runoff), sonradan BO₅ ve TAKM yüküne katkıda bulunabileceğinden, giderilmesi gereken bir sorunu oluşturmaktadır (USEPA, 1993a).

Yağmur suyunun alıcı sulara olan etkilerini azaltma yöntemleri; odun saha işlemlerinin (wood yard operations) yağmur suyu akışını azaltacak şekilde düzenlenmesi (örn. İşlemleri içeri taşımak) ve yonga yığınları ve odun işleme alanlarına, yağmur suyu için, sınırlar, setler veya drenaj toplama sistemleri kurulması olabilir. Ayrıca yağmur suyunun toplanması ve arıtımı gerekebilir. USEPA (1993a), ton hava ile kurutulmuş kağıt hamur üretimi başına 4 kg'a kadar toplam askıda katı madde azaltımının gerçekleştirilebileceğini saptamıştır (Tablo 8). Bu iki temiz üretim olasılığının yerine getirilmesi durumunda beklenen toplam atık azaltımı Tablo 8'de özetlenmiştir.

CTMP Proses İşlemleri

Tablo 7'de gösterilen kirlilik yükleri, CTMP Proses İşlemlerinin ham çıkış suyunda oldukça yüksektir. Odun depolama ve doğrama işlemleri için yapıldığı gibi, Genel Müdür Mehmet Öçal ve CTMP Bölümü sorumlusu Kaptan Töre ile 03.10.2001 tarihinde, bu yüksek seviyeleri düşürmek amacıyla kullanılacak temiz üretim olanakları irdelenmiştir. CTMP Proses İşlemleri için belirlenen temiz üretim olanakları aşağıda



Tablo 7. Kirlenici Yüklerinin ÇPG'ler ile karşılaştırılması

Parametreler	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	Ortalama	Std. Sap.	SEKA Balıkesir Tesisi
Odun Depolama ve Doğrama İşlemleri								
Su Tüketimi (m ³ /ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)		1.5	1.5	1.5	1.0	1.38	0.25	4.2
Enerji Tüketimi (kWh/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)					20.0	20.00	0.00	25.7
BOİ ₅ (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	2.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.26	0.58	2.3
KOİ (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)		4.2	4.0	5.0	4.0	4.30	0.48	5.3
TAKM (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	5.0	4.0	2.0	2.0	3.0	3.2	1.30	29.9
Atık Su Üretimi (m ³ /ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)		1.0	1.0	1.0	0.8	0.95	0.10	4.2
CTMP Proses İşlemleri								
Su Tüketimi (m ³ /ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)		15.0	12.0	15.0	15.0	14.25	1.50	21.1
Enerji Tüketimi (kWh/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)					2100.0	2100.00	0.00	2551.2
BOİ ₅ (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	11.3	35.0	30.0	25.0	40.0	28.26	11.00	47.2
KOİ (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)		100.0	90.0	100.0	80.0	92.50	9.57	175.4
TAKM (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	6.8	10.0	8.0	10.0	7.0	8.36	1.56	25.3
Atık Su Üretimi (m ³ /ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)		15.0	12.0	15.0	15.0	14.25	1.50	19.4
Kağıt Makine İşlemleri								
Su Tüketimi (m ³ /ton üretilen kağıt)		15.0	17.0	17.0	15.0	16.00	1.15	19.6
Enerji Tüketimi (kWh/ton üretilen kağıt)					230.0	230.00	0.00	384.5
BOİ ₅ (kg/ton üretilen kağıt)	3.0	2.0	3.5	3.5	3.0	3.00	0.61	12.7
KOİ (kg/ton üretilen kağıt)		14	15	13.5	15	14.38	0.75	22
TAKM (kg/ton üretilen kağıt)	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.60	0.55	12.7
Atık Su Üretimi (m ³ /ton üretilen kağıt)		15.0	17.0	17.0	15.0	16.00	1.15	19.8
(a) Bond and Straub, 1972; (b) Aquatech, 1997; (c) USEPA, 1993b; (d) World Bank, 1997; (e) UNIDO, 1993								



Tablo 8. Odun depolama ve doğrama işlemleri için belirlenen atık azaltımlarının özeti

Parametre	Beklenen Maksimum Azaltım		Beklenen Toplam Maksimum Azaltım
	Kütük Yüzdürme Suyunun Geri Devri	Yağmur Suyu Kontrolü	
Su Tüketimi (m ³ /ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	3	-	3
BOI ₅ (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	2	-	2
KOI (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	3	-	3
TAKM (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	11.5	4	15.5
Atık Su Üretimi (m ³ /ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	3	-	3

Hammadde Seçimi

Kağıt hamuru ve kağıt fabrikalarının çıkış sularındaki askıda katı madde konsantrasyonları, ana hammadde kayıpla doğrudan orantılı olduğundan, çok önemli bir etmendir. Hamurlaştırma sürecinde kullanılacak olan yongaların gerekli kalite ve boyda olmaları gerekir. Yonganın kalitesini etkileyen en önemli etmen ise odunun kendisidir.

Pinus brutia ve pinus nigra'dan elde edilen odun (pulpwood), çok ince fiberler ortaya çıkardığından elde edilen yonga istenen kalitede değildir. Ancak, yerel olarak bulunması kaynaklı, üretimde kullanılan ham maddeler bunlardır. İthal odun (pulpwood) kullanımının fiber kaybını %15-20 ve kraft kullanımını %25 azalttığı rapor edilmiştir. Üretimin ithal ham madde ile yapılması durumunda elde edilecek olan maksimum atık azaltımı Tablo 9'da verilmiştir (SEKA, 1993).

Geliştirilmiş Doğrama (Chipping) ve Eleme (Screening)

Fiber kayıplarını azaltmanın bir yolu da doğrama yöntemlerinin geliştirilmesidir. Doğramanın amacı kütüklerin boylarını küçülterek hamurlaştırma için uygun hale getirmektir. SEKA Balıkesir Fabrikası'ndaki doğrayıcılarda (chipper), kütükler bir oluktan beslenerek bir seri radyal olarak yerleştirilmiş bıçaklarla donatılmış disk ile temas ettirilir. Bıçaklar diskten yaklaşık 20 mm çıkıntı yapmaktadır. Odunun homojen olarak doğranması, uygun dolaşım ve hamurlaştırma kimyasallarının nüfuz edebilmesi için önemlidir. Bu nedenle, doğrayıcının işletme kontrolüne ve bakımına gerekli önem verilmelidir. 10-30 mm arasındaki uzunluklardaki ve 2-5 mm arasındaki kalınlıklardaki yongaların hamurlaştırma işlemi için uygun oldukları düşünülür.

Doğranan odun titreten (vibrating) elekten geçirilirken istenmeyen boyuttaki parçalar (çok ince olan) giderilir ve büyük boy parçalar tekrar doğranmak üzere geri gönderilir. Normalde, çok ince parçalar, ağaç kabukları ile beraber enerji eldesi için yakılır. Ancak bu parçalar özel talaş çözümleyicilerde ayrı olarak hamurlaştırılabilir. SEKA Balıkesir Fabrikası'nda, yongalar sadece uzunluklarına göre ayrılmaktadır.

Fabrikalarda, delignifikasyonu uzatmak ve kullanılan ağartma kimyasallarını azaltmak amacıyla, yongaların kalınlıklarına göre de ayrılması gerektiği bilinmektedir. Hem mutlak yonga kalınlığının hem de boyut homojenitesinin, pişirme sıvısı (cooking liquor) sadece belirli kalınlıklardaki yongalara nüfuz edebileceğinden, delignifikasyon üzerinde önemli etkileri vardır (Tikka et al., 1992). İnce yongalar düşük kappa numaralarına daha kolayca pişirilirlir (cook). Fazla kalın yongaların pişmeyen çekirdekleri ortalama kappa azaltımını düşürecek ve ağartma kimyasal ihtiyacını artıracaktır. Bir çok fabrika, kalınlık düzenliliğini (homojenitesini) geliştirmek amacıyla, yongaları kalınlıklarına göre de ayıran eleme ekipmanları almaktadır (Strakes and Bielgus, 1992). Maksimum kabul edilir kalınlıktaki yongalar, onları radyal olarak kesecek, yonga kıyıcılara yönlendirilip eleme sistemine tekrar verilir. Yeni kurulacak yonga kalınlık eleme sisteminin ve tekrar işleminin maliyeti 0.4 ila 2 milyon \$ olarak belirlenmiştir (USEPA, 1992). Geliştirilmiş doğrama ve eleme seçeneklerinden elde edilecek maksimum tahmini atık azaltımları Tablo 9'da gösterilmektedir (Strakes and Bielgus, 1992).



Uzatılmış Delignifikasyon

Hamuru hedef parlaklık düzeyine getirmek için ağartma tesisinde gereken kimyasalların miktarı, kağıt hamurunun artık lignin içeriği ile doğrudan orantılıdır. Fabrika, ağartma kimyasalları ihtiyacını ve ileriki çevresel etkilerini artık lignin içeriğini düşürecek teknikler uygulayarak azaltabilir. Son on yıl içerisinde, hamur pişirme süresini uzatacak ve ağartma tesisine geçmeden önce kağıt hamurunun ileri delignifikasyonunu sağlayacak metod ve ekipmanlar geliştirilmiştir (USEPA, 1993a).

Kağıt hamurunun kalitesini etkilemeden pişirme işlemini uzatmak İsveç Orman Ürünleri Araştırma Enstitüsü (Forest Products Research Institute) (STFI) tarafından, 1970'lerin sonlarında, geliştirilen esasların uygulanmasıyla gerçekleştirilebilir (Hartler, 1978). Bu teknik, pişirme kimyasallarının fırın boyunca bir çok noktadan verilmesini içerir. Bu, kağıt hamurunun alkali profilini düşürür ve sonraki safhalarda daha fazla ligninin çözünmesini sağlar. Daha yoğun bir kontrolle, delignifikasyon reaksiyonu uzatılabilir ve kağıt hamurunun lignin içeriği geleneksel çözümleyicilere göre yüzde 20-50 arasında azaltılabilir.

Uzatılmış delignifikasyonun, BOI_5 , KOI ve renk gibi kirleticilerin azaltılmasında etkili olduğu gözlenmiştir. Heimburger vd. (1988)'ye göre, uzatılmış pişirme kapp'a'yı yüzde 22, BOI_5 ve rengi işe sırasıyla yüzde 29 ve 31 düşürmektedir. CTMP prosesindeki düzenlemelerin maliyeti 1.5 ila 2 milyon \$ olarak saptanmıştır (USEPA, 1993a). Bu düzenleme için belirlenen geri ödeme süresi ise 2 yıl olarak belirlenmiştir (UNEP, 1999). Uzatılmış delignifikasyondan elde edilebilecek maksimum atık azaltımları Tablo 9'da verilmiştir (Heimburger et al., 1998).

Tablo 9. CTMP Proses işlemleri için belirlenen atık azaltımlarının özeti

Parametre	Beklenen Maksimum Azaltım				Beklenen Toplam Maksimum Azaltım
	Geliştirilmiş Hammadde Seçimi	Geliştirilmiş Doğrama ve Eleme	Uzatılmış Delignifikasyon	Dökülme Kontrolü	
Su Tüketimi (m^3 /ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	3	-	-	3	6
BOI_5 (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	9	11	13	5	38
KOI (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	28	20	32.5	20	100.5
TAKM (kg/ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	6.5	8	-	5	19.5
Atık Su Üretimi (m^3 /ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	3	-	-	3	6

Hamurlaştırma Sıvısının (Pulping Liquor) Yönetimi, Dökülmelerin (Spill) Önlenmesi ve Kontrolü

Hamurlaştırma işlemleri boyunca bir çok dökülme gözlenmiştir. Bu dökülmelerin bir çoğu, uygun olmayan işletim yöntemleri, zarar görmüş vanalar ve pompa ekipmanlarının zarar görmüş contalarındaki sızıntılardan kaynaklanmaktadır. Bunlar kirletici yükünü aşırı derecede artırmakta ve hammadde kayıplarına yol açmaktadır. Hamurlaştırma alanındaki dökülmeler, biyolojik arıtma sistemlerindeki düşük performansın başlıca nedenidir. Hamurlaştırma sıvısı kayıpları, yapımlarında gereken kimyasallara olan ihtiyacı artırır.

Planlı kontroller ve denetim sistemlerini içeren bir programlama, hamurlaştırma sıvısının kaybını önleyebilir veya kontrol edebilir. Bu çabalar hem sıvı kayıplarını azaltmada önleyici hem de sıvılar döküldükten sonra kontrolünde etkin olmalıdır.

Dökülmeler belirlendiğinde, kanallardaki atık sular tanklara ya da lagünlere yönlendirilebilir. Pişirme ya



da ağartma kimyasallarından gelen belirli konsantrite akışlar da doğrudan bu tanklara yönlendirilir. Bu tankların içeriği daha sonra işleme geri sokulur. Lagündeki seyrek dökümler çıkış suyu arıtma tesisinde arıttır (Edde, 1984).

İşler durumda, hamurlaştırma sıvısı dökülmesi önlemlerine ve kontrol programlarına sahip fabrikalar, bu uygulamaların bir kombinasyonunu kurup beyaz su kayıplarını sürdürülebilir bir şekilde yok etmişlerdir. Dökümlerin önlenmesiyle elde edilebilecek ham atıksu yükündeki maksimum BOI_5 ve KOI azaltımı ton hava ile kurutulmuş kağıt hamuru başına sırasıyla 5 kg ve 30 kg olarak belirlenmiştir (USEPA, 1993a). Dökümlerin kontrolünden elde edilebilecek maksimum atık azaltımı Tablo 9'da verilmiştir (USEPA, 1993a).

Kağıt Makine İşlemleri

Kağıt Makine İşlemleri çıkış suyunun toplam askıda katı madde ve BOI_5 yükü odun depolama ve doğrama işlemlerinde olduğu gibi, son derece yüksektir. Odun depolama ve doğrama ve CTMP Proses işlemleri için yapıldığı gibi, Genel Müdür Mehmet Öçal ve CTMP Bölümü sorumlusu Kaptan Töre ile 03.10.2001 tarihinde, bu yüksek seviyeleri düşürmek amacıyla kullanılacak temiz üretim olanakları görüşülmüştür. Kağıt Makine İşlemleri için belirlenen temiz üretim olanakları aşağıda verilmiştir:

Ek Vakum Çekme Tankları

Kağıt makinesinde, santrifüj kuvveti kullanılarak kağıdın susuzlaştırılmasını sağlar. Uygulanan santrifüj kuvvetinden dolayı yüksek miktarda ince fiber kayıpları gerçekleşir (SEKA, 1993). Tesis yönetimi, yerleştirilecek ek vakum çekme tanklarının, ince fiber kayıplarını %25'e kadar düşüreceğini, bunun da BOI_5 ve TAKM yüklerini, sırasıyla, üretilen ton kağıt başına 7 kg ve 8 kg azaltacağını belirtmiştir (USEPA, 1993a). Ayrıca, sigorta (headbox) ve kablo bölümünün yenilenmesi, tesisin makinaları daha hızlı çalıştırmasını ve bundan dolayı da daha yüksek üretim kapasitesine ulaşılabilmesini sağlar (Smook, 1992). Tesis yönetimi bu yatırımın 0.6 milyon \$ tutacağını belirtmiş ve 22 aylık bir geri ödeme süresi saptamıştır (SEKA, 2001). Bu sistem için belirlenen maksimum atık azaltımı Tablo 10'da gösterilmektedir (USEPA, 1993a).

Vakum Pompalarında Kullanılan İzolasyon (Seal) Suyunun Azaltılması

Atılacak mantıklı ilk adım bu suyun uygun tüm ünitelerde (hamur makinelerinde ve tüm stok sistemlerde) seyreltme suyu olarak yeniden kullanılmasıdır. Büyük hacimlerde suyu içerdiğinden, vakum pompalar için ayrı bir geri dolaşım sisteminin kurulması daha mantıklı görülmektedir. Bir geri dolaşım sistemindeki temel prensip, tüm pompaların izolasyon sularını, pompaların aşağısında bulunan çukurlarda toplamak, bu suyu bir şekilde soğutmak ve suyu pompalara geri döndürmektir. Alternatif bir yöntem, soğuk ve temiz suyun yüksek vakum pompalarında kullanılmasının ardından alçak vakum pompalarda suyun izolasyon suyu olarak kullanılması olabilir. Başka bir alternatif ise, pompaların bir geri dolaşım sistemine koymak ve geri dolaştırılan suyun sıcaklığını, ısısı termostat ile kontrol edilen, soğuk ve temiz su ile ayarlamayı önerir. Vakum pompalarında kullanılan izolasyon suyunun azaltılması sonucu elde edilecek maksimum su tüketimindeki azalma Tablo 10'da verilmiştir (Casey, 1980).

Keçe Duşlarında (Felt Shower) Kullanılan Temiz Suyun Azaltılması

Uygun işlem, keçe duşlarında durulmuş tüm suyun toplanması olacaktır. Ancak, bu çok hassas bir işlem olduğundan sürekli olarak yüksek kalitede su gerektirmektedir (Casey, 1980). Keçe duşları suyunun kontrolü için uygulanabilecek en iyi yöntem, az miktarda suyun yüksek basınçla verilmesidir. Bunun gibi bir uygulama ile önemli miktarda su tasarrufu sağlamak mümkündür (Morrissey, 1980). Su kullanımında yüzde 94'e kadar bir azalma mümkündür. Keçe duşlarında temiz su kullanımını azaltarak elde edilebilecek, su tüketimindeki maksimum azaltım Tablo 10'da verilmektedir (Casey, 1980).

Enerji Tüketimi

Tablo 7'de gösterildiği gibi her işlemin normalleştirilmiş enerji tüketimi, ilgili çevresel performans göstergelerinden yüksektir. Tesisin ziyareti sırasında, buhar hatları için kullanılan bir çok boru yalıtım malzemesinin zarar görmüş olduğu gözlemlenmiştir. Boruların yalıtımına yapılacak uygun bakım, normalleştirilmiş enerji tüketimini düşürecektir. CTMP Bölümü sorumlusu Kaptan Töre, 05.05.2001 tarihinde yapılan görüşmede, sıcak su ve buhar hatlarında yapılacak uygun bakımın yüzde 10'a kadar enerji tasarrufu sağlayacağını belirtmiştir. Bunun gibi yenilemeler 0.1 milyon \$'lık bir yatırım gerektirmektedir.



Tablo 10. Kağıt makine işlemlerinde belirlenen atık azaltımlarının özeti

Parametre	Beklenen Maksimum Azaltım				Beklenen Toplam Maksimum Azaltım
	Ek Vakum Çekme Tankları	Vakum Pompalarında Kullanılan İzolasyon Suyunun Azaltılması	Keçe Duşlarında (Felt Shower) Kullanılan Temiz Suyun Azaltılması	Bez İzolasyonların (Gland Seal) değiştirilmesi	
Su Tüketimi (m ³ /ton üretilen kağıt)	-	1	1	0.5	2.5
BOİ _s (kg/ton üretilen kağıt)	7	-	-	-	7
KOİ (kg/ton üretilen kağıt)	15	-	-	-	15
TAKM (kg/ton üretilen kağıt)	10	-	-	-	10
Atık Su Üretimi (m ³ /ton üretilen hava ile kurutulmuş hamur)	-	1	1	0.5	2.5

Belirlenen geri ödeme süresi ise 14 aydır (SEKA, 2001). Normalleştirilmiş enerji tüketiminde beklenen azaltımlar Tablo 11'de verilmektedir.

Tablo 11. Her bir işlemde uygun boru yalıtımı bakımları sonrası normalleştirilmiş enerji tüketiminde beklenen düşüş.

Temel İşlemler	Normalleştirilmiş Enerji Tüketimi (kWh/ton ürün)	Boru Yalıtımı Sonrası Beklenen Düşüş (kWh/ton ürün)
Odun Depolama ve Doğrama İşlemleri	25.7	2.6
CTMP Proses İşlemleri	2,551.2	255.1
Kağıt Makine İşlemleri	384.5	38.5

SONUÇLAR

Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi için ülkemizde ilk kez gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda SEKA Balıkesir Tesisi için önerilen Temiz Üretim seçenekleri, kağıt hamuru ve kağıt sektörü için çeşitli ülkelerde gerçekleştirilmiş olan diğer çalışmalar ve tesis yönetimince belirtilen kısıtlamalar baz alınarak belirlenmiştir. Ayrıca, tesis yönetimi bu seçenekleri "uygulanabilir" olarak değerlendirmiş ve onaylamıştır. SEKA Balıkesir Fabrikasında yapılan Temiz Üretim Olanakları Denetlemesi'nin sonuçlarına göre;

- SEKA Balıkesir Fabrikasında üretilen ton kağıt hamuru ve kağıt başına normalleştirilmiş su tüketimi, enerji tüketimi, atık su üretim hızı ve ham çıkış suyu kirlilik yükleri, önerilen ve dünya çapında benzer tesislerde benimsenen hedef ÇPG'lere ulaşamamaktadır (Tablo 7).

- Yürütülen atık denetlemesi baz alınarak, odun depolama ve doğrama işlemleri (kütük yüzdürme suyunun geri devri ve yağmur suyunun kontrolü), CTMP proses işlemleri (geliştirilmiş hammadde seçimi, geliştirilmiş doğrama ve eleme, uzatılmış delignifikasyon ve hamurlaştırma sıvısının yönetimi, dökülmelerin önlenmesi ve kontrolü) ve kağıt makine işlemleri (ek vakum çekme tanklarının kurulması, vakum pompalarda kullanılan izolasyon suyunun azaltılması, keçe duşlarında temiz su kullanımının azaltılması, bezizolasyonların mekanik olanaklarıyla değiştirilmesi) için temiz üretim seçenekleri önerilmiştir. Nispeten kısa geri ödeme süreleri olan bu seçeneklerin, tesisdeki su ve enerji tüketimini azaltacağı gibi KOİ, BOİ ve TAKM yüklerini de oldukça düşürecektir (Tablo 8-10).

- Son olarak, bu çalışmada önerilen Temiz Üretim seçeneklerinin benimsenmesinin ardından, SEKA Balıkesir Fabrikasının, CTMP prosesini kullanan entegre kağıt hamuru ve kağıt fabrikaları için belirlenen hedef çevresel performanslara erişebilir, kendi atık su arıtma tesisinin performansını artırılabilir ve tesisin planlanan ISO 14000 sistem uygulaması için bir altyapı elde edebilir.



KAYNAKÇA

- API, 1992. Report on the Use of Pulping and Bleaching Chemicals in the US Pulp and Paper Industry, American Paper Institute, New York.
- Aquatech, 1997. A Benchmark of Current Cleaner Production Practices, Sydney
- Avsar E., 2001. Cleaner production opportunity assessment study in SEKA-Balıkesir pulp and paper mill. M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, Ankara, Turkey.
- Berry, R.M., Fleming, B.I., Voss, R.H., 1989. "Toward Preventing the Formation of Dioxins During Chemical Pulp Bleaching", Pulp & Paper Canada, September, 1990, p. 48.
- Bond, R.G. and Straub C.P., 1972. Handbook of Environmental Control, CRC, Press, Ohio
- Casey, J.P., 1980. Pulp and Paper Chemistry and Technology, John Wiley & Sons, New York.
- Demirer G.N., 2002. "Education: A critical component in the promotion of cleaner production", RAC/CP Annual Technical Publication, 11, 98-105.
- Edde, P.E., 1984. Environmental Control for Pulp and Paper Mills, Noyes Publications, New Jersey.
- Hagler Bailly Consulting Inc., 1995. Introduction to Cleaner Production, USAID, New York.
- Hartler, 1978. "Extended Delignification in Kraft Cooking - A New Concept", Svensk Paperstidning, 81, 483-489.
- Heimbürger et al., 1988. "Kraft Mill Bleach Plant Effluents: Recent Developments Aimed at Decreasing Their Environmental Impact, Part 1", TAPPI Journal, October 1988.
- Morrisey, D. J., 1980. American Paper Industry.
- OTA, 1989. U.S. Congress, Office of Technology Assessment. Technologies for Reducing Dioxin in the Manufacture of Bleached Wood Pulp, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- SEKA, 1993. SEKA Balıkesir Pulp and Paper Establishment, SEKA, Balıkesir.
- SEKA, 2001. Annual Purchase Records, SEKA, Balıkesir.
- Smook, G.A., 1992. Handbook for Pulp & Paper Technologists, Angus Wilde Publications, Vancouver.
- SNC-LAVALIN, 1998. Checklist for Cleaner Production Auditing in Pulp and Paper Mills, PriceWaterhouseCoopers, Montreal.
- Strakes and Bielgus, 1992. "New Chip Thickness Screening System Boosts Efficiency, Extends Wear Life", Pulp and Paper, July 1992, p. 93.
- Stromberg, B., 1993. "Low Kappa Continuous Cooking", Proceedings, International Symposium on Pollution Prevention in the Manufacture of Pulp and Paper, August 18-20, 1993, Washington, DC.
- Tikka et al., 1992. "Chip Thickness vs. Kraft Pulping Performance, Part I: Experiments by Multiple Hanging Baskets", Proceedings, 1992 TAPPI Pulping Conference, p. 555.
- Thompson, G., et al., 2001. "The treatment of pulp and paper mill effluent: a review", Bioresource Technol., Vol. 77, pp. 275-286
- UNEP, 1991. United Nations Industrial Development Organization's Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes.
- UNEP, 1999. Cleaner Production in the Pulp and Paper Industry -Technology Fact Sheets-, UNEP, Bangkok.
- USEPA, 1982. Development Document for Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Pulp, Paper and Paperboard, Effluents Guidelines Division, Washington, DC.
- USEPA, 1992. Habitat II. Memorandum: EPA Definition of Pollution Prevention, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC.
- USEPA, 1993a. Pollution Prevention Technologies for Bleached Kraft Segment of the US Pulp and Paper Industry, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC.
- USEPA, 1993b. Development Document for Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Pulp and Paperboard Point Source Category, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- USEPA, 1995. EPA Office of Compliance Sector Notebook Project Profile of the Pulp and Paper Industry, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC.
- World Bank, 1997. Pollution Prevention and Abatement Handbook, World Bank, Washington DC.