



Ekoloji

15, 61, 56-60  
2006

# KOH-Hava Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretiminde Siyah Çözeltinin Bakla (*Vicia faba*) Yetiştirilmesinde Gübre Olarak Kullanılması

Ayhan GENÇER, Hüdaverdi EROĞLU

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi,  
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100 BARTIN

Rıfat KARAKURT

Dumlupınar Üniversitesi, Simav Meslek Yüksek Okulu,  
43500 Simav-KÜTAHYA

## Özet

Çalışmada, tek yıllık bitkilerde kabul gören NaOH yerine KOH kullanılmıştır. Amaç, siyah çözeltinin arıtma masrafından kurtulmak ve atık bir maddeyi faydaya dönüştürmektir. NaOH ile kağıt hamuru üretiminde alkalinite hangi yöntemle düşürülürse düşürülür çamurda bulunan sodyum toprak ve suda tuzluluk yapmaktadır. Yüksek viskozite geri kazanma ünitesinde önemli problemler çıkarmaktadır. Kağıt hamuru üretiminde lifsel hammadde olarak buğday (*Triticum aestivum*) sapları kullanılmıştır. Siyah çözeltide şu sonuçlar elde edilmiştir; kuru madde (%10,37), anorganik madde (%41,25), organik madde (%58,75),  $K_2CO_3$  (%1,47) miktarları ve pH (11), iletkenlik değerleri ( $428 \text{ mScm}^{-1}$ ). Ayrıca, çözeltinin hem titrasyondan önce ve hem de titrasyondan sonra biyolojik oksijen isteği ( $BOI_5$ ), kimyasal oksijen isteği (KOİ) ve aski halindeki katı madde miktarı (AKM) ölçülmüştür. Titrasyondan sonra sıvı çamur bakla (*Vicia faba*) yetiştirilmesinde gübre olarak kullanılmıştır. Kontrol örnekleri gübrelenmiş örneklerden daha yüksek verime sahip olmuştur. Sülfat 100 ve 300 ile fosfat 100 ve 300 kontrolde %95 güven aralığında fark önemsizdir. Sülfat 500 ve fosfat 500 bütün dozlar ve kontrolde düşük hasat vermiş olup %95 güven aralığında önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Bakla (*Vicia faba*), buğday (*Triticum aestivum*), kağıt hamuru üretimi, KOH, potasyumlu gübreler.

## Utilization of Black Liquor from KOH-Air Paper Pulp Production Method as a Fertilizer in Broad Beans (*Vicia faba*) Cultivation

### Abstract

In this study, instead of using NaOH which is accepted widely in annual plants, KOH was used. The purpose was to eliminate recycling costs of black liquor and to turn the waste into useful material. Whichever method is used to reduce alkalinity used in NaOH paper production method, sodium found in sludge increases salinity in soil and water. High viscosity causes very serious problems in recovering unit. Wheat straw (*Triticum aestivum*) was used as a fiber material in paper production. The following results were also obtained; dry matter (10.37%), anorganic matter (41.25%), organic matter (41.25%),  $K_2CO_3$  (1.47%), pH (11) and electrical conductivity ( $428 \text{ mScm}^{-1}$ ). Also, BOD<sub>5</sub>, COD, TSS and pH values of the black liquor before and after titration was measured. After pulp production, liquid sludge was obtained using titration method from black liquor and it was used as a fertilizer in broad-beans (*Vicia faba*) cultivation. Control samples gave higher yield than fertilized samples. The statistical difference between sulphate 100, 300 and phosphate 100, 300 has been found not significant at 95% confidence interval. Sulphate 500 and phosphate 500 gave lower yield than control samples at all doses and found significant at 95% confidence interval.

**Keywords:** Broad-beans (*Vicia faba*), KOH, potassium fertilizers, pulping, wheat (*Triticum aestivum*).

## GİRİŞ

Çevrenin doğal yapısını değiştiren bütün maddeler kirlenici madde sınıfına girmektedir. Fakat, uygulamada daha dar bir sınıflandırma faydalı

olmaktadır. EPA kaba bir sınıflandırma ile kirlenicileri sekiz tip olarak tanımlamaktadır. Bunlar; oksijen tüketen maddeler, hastalığa sebep olan maddeler, sentetik organik bileşikler, tarımsal

gübreler, inorganik kimyasallar ve mineraller, sedimentler, radyoaktif bileşikler ve termal atıklardır (Springer 1993).

Kağıt hamuru ve kağıt fabrikalarında inorganik kimyasal maddelerin ve mineral maddelerin üç sınıfı endişe verici boyutlarda kirlilik yapmaktadır. Bunlar; asitler, alkaliler ve ağır metallerdir. Alkali yöntemler asit yöntemlere göre çevreyi daha az kirletmektedir (Crouse ve Douglas 1991). Çalışmada bu durum dikkate alınarak alkali madde (KOH) kullanılmıştır.

Kağıt endüstrisinde fabrikalardan atılan suların içeriği yönetime göre değişmekte olup, genel olarak kaynakları şu şekilde sınıflandırılmıştır; (1) Geleneksel kağıt ve levha fabrikaları, (2) Mürekkebi giderilmemiş atık kağıtlardan kağıt ve levha üreten fabrikalar, (3) Mürekkebi giderilmiş atık kağıtlardan kağıt ve levha üreten fabrikalar, (4) Mekanik hamurlardan kağıt ve levha üreten fabrikalar, (5) Sülfite hamur fabrikaları, (6) Yarı kimyasal hamur fabrikaları, (7) Ağartılmamış kraft hamuru üreten fabrikalar, (8) Ağartma yapan kraft ve soda fabrikaları, (Miner ve Unwin 1991).

Buğday saplarından kostik soda yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde hamurdan süzülen siyah çözelti yüksek silis ve organik madde içerir. Buna bağlı olarak viskozitesi de yüksek olur. Yüksek viskozite ve silis geri kazanma ünitesinde işlemleri zorlaştırırken aynı zamanda maliyeti de yükseltmektedir. Geleneksel kostik soda yerine buğday saplarından amonyum sülfite kullanılarak amonyum sülfite hamuru üretiminde elde edilen siyah çözeltinin çeltik yetiştirilmesinde gübre olarak kullanılması arıtma maliyetini ortadan kaldırdığı gibi çeltikte tane verimini arttırdığı belirtilmiştir (Shen ve Wu 1998).

Kağıt üretimi ton ürün başına su tüketimi yüksek olan bir endüstri koludur. Hamur üretimi sırasında gerek kullanılan kimyasal madde ve gerekse lifsel hammaddeden siyah çözeltiye geçen organik ve inorganik maddeler kirlenici özelliktedirler. Fabrika atık suyunun akarsulara verilmeden önce biyolojik oksijen isteği (BOİ)'nin düşürülmesi için önerilen bazı metotlar: atık suyunun havuzlara stoklanması ve atıkların aerobik ve anaerobik sindirimidir. Bu işlemler fiziksel kısıtlardan dolayı bazen zorlaşabilir. Çalışmada, arıtma maliyetini ortadan kaldırıp bir atığı faydaya dönüştürmek amaçlanmıştır. Bunun için kağıt hamuru pişirme kazanından alınan yüksek alkaliniteye sahip siyah çözelti asitlerle nötralleştirilerek potasyumlu çamurlara dönüştü-

rülmüştür. Asit titrasyonu ile elde edilen farklı iki çamur bakla üretiminde gübre olarak kullanılmıştır.

### MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada buğday (*Triticum aestivum* L.) sapsarı kullanılmıştır. Araştırma materyali Bartın ilinde 1998 yılı Mayıs ayında yaşanan sel felaketinden sonra Bartın Tarım İl Müdürlüğü tarafından çiftçilere destek amacıyla dağıtılan tohumluk buğdaylardan biri olan 'Kızıltan 91' adlı ekmeklik türden üretilen sapsarlardan alınmıştır. Bu tür Ankara ili Polatlı Tarım İşletmesi tarafından üretilmiştir. Lif üretim denemelerinin örnek değişiminden etkilenmemesi için materyalin homojenliği gerekmektedir. Bu nedenle, örnek seçiminde materyalin toprak, eğim, bakı, iklim yönünden yetişme muhiti koşullarının genel özelliklerini temsil etmesi kriter olarak alınmıştır. Buğday sapsarı 2001 yılı haziran ayının dördüncü haftasında tarladan orakla kesilmiş ve yerinde yabancı otlardan temizlenerek demetler halinde bağlanıp muhafaza edilmiştir. Kuru buğday sapsarı ağırlığına oranla %18 KOH kullanılmıştır. Çözelti/buğday sapsarı oranı ağırlık esasına göre 5/1'dir. Kağıt hamuru üretiminde kullanılan pişirme kazanı 15 L kapasiteli yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı paslanmaz çelikten yapılmıştır. Bütün deneylerde pişirme işleminin sonunda kazanın soğuması için hava vanası kuru buhar püskürtecek şekilde açılmış ve 20 dakika bekletilmiştir. Kapalı devre hazırlanmış elek-tank sistemine boşaltılan pişirilmiş buğday sapsarı süzölmeye bırakılmış ve merdane ve el yardımı ile mümkün olduğu kadar siyah çözelti sıkılmıştır. Siyah çözeltide aşağıdaki tayinler yapılmıştır.

TAPPI T 650 om-99 Siyah Çözeltinin Katı Madde Miktarı'na göre 2 g siyah çözelti örneği 105±3°C'de en az 3 saat kurutulurak;

Kuru madde oranı (%): (kuru örnek miktarı/siyah çözelti miktarı)×100

Anorganik madde oranı (%): (kül(g)/Kuru madde(g))×100

Organik madde oranı (%): 100-Anorganik madde (%)

TS 2789 Suyun Analiz Metotları Kimyasal Oksijen Gereksinimi Miktarının Tayini'ne göre KOİ.

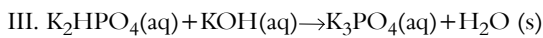
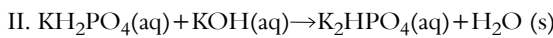
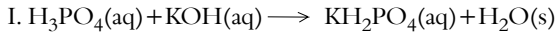
TS 4957-1 EN 1899-1 Su Kalitesi-n Günden Sonra Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının (BOİ<sub>n</sub>) Tayini'ne göre BOİ<sub>5</sub>.

TS 7094 Su Kalitesi-Toplam Askıda Katı Madde Tayini'ne göre AKM.

### Siyah Çözeltilerden Gübre Üretimi

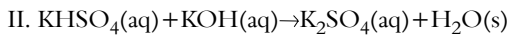
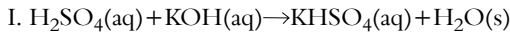
Gübre üretimi için pişirmelerden elde edilen tüm siyah çözeltiler birbirine karıştırılarak pH tayini ve 0,1 N HCl nötralizasyonu yapılarak pH metre yardımı ile alkali tüketimi bulunmuştur. Daha sonra asit titrasyonu ile bazik olan siyah çözeltilerden aşağıdaki gibi iki farklı potasyum gübresi üretilmiştir.

Siyah çözeltilerde bulunan KOH'ın ortofosforik asit ( $H_3PO_4$ ) ile titrasyonunda reaksiyon adımları;



Formüle göre tüketilen ortofosforik asidin 1 molüne karşılık 1 mol potasyum fosfat gübresi oluşmaktadır.

Siyah çözeltilerde bulunan KOH'ın sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) ile titrasyonunda reaksiyon adımları;



Formüle göre tüketilen sülfürik asidin 1 molüne karşılık 1 mol potasyum sülfat gübresi oluşmaktadır.

### Çamurların Arazilere Yayılması

Tarımsal veya diğer alanlarda toprağa çamur yaymanın bazı sınırlamaları vardır. Toprağa yayılabilecek çamur alanın özelliklerine bağlıdır. Tablo 1'de tipik uygulama oranı verilmiştir.

Gübreler, katı madde oranı Droste (1997) tarafından uygun görülen Tablo 1'deki alt ve üst sınır değerleri içerisinde kalacak şekilde sulama suyu gibi verilmiştir.

### Bakla Yetiştirme Koşulları

Denemede kullanılan bakla (*Vicia faba* L.) çeşidi 'Lara F1' 'dir. Çalışma cam sera koşullarında yürütülmüştür. Kontrol dahil bütün parsellere çiçeklenme dönemine kadar bakla bitkisinin ihtiyacı olan besleme ve bakım aynı şekilde uygulanmıştır. Parsellerin her biri 2,5 m<sup>2</sup> olup, her bir parselde 5'er bitki bulunmaktadır. Elde edilen gübrelerden 100, 300 ve 500'er mL'lik dozaj uygulanmasına parsellerde çiçeklenme döneminde başlanmıştır.

Kontrol parsellerine çiçeklenme dönemi başlangıcından sonra sadece sulama yapılmıştır. Gübreleme 10 kez bitki kök çevresine 5-7 günlük periyotlarla yapılmıştır. Her gübreleme işleminden sonra gübrenin bitki köküne inmesi için sulama yapılmıştır. Parsellerin her biri 3 tekerrürden ibaret olmak üzere toplam 21 parselde 105 bitki ile çalışılmıştır.

### BULGULAR

#### Çamur Üretimine Ait Bulgular

Titirasyon yöntemine göre yaklaşık gübre miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Titirasyonda kullanılan ortofosforik asidin saflığı %85, yoğunluğu 1,71 g/cm<sup>3</sup>, tesir değeri 3 ve molekül ağırlığı 98 g/mol'dür.

$$Na = (\% \times d \times 1000) / mA \text{ formülüne göre;}$$

$$Na = (0,85 \times 1,71 \times 1000) / 98 = 14,831 \text{ N}$$

$$Na = M \times TD \text{ formülüne göre;}$$

$$Ma = 14,831 / 3 = 4,943 \text{ M}$$

Titirasyonda büretten okunan harcanan ortofosforik asit değeri 13,50 mL'dir.

Molaritesi belli olan asidin titirasyon formülünden;

$Va \times Ma = Vb \times Mb$ , siyah çözeltilerde oluşan gübrenin molaritesi

$$13,50 \times 4,943 = 1000 \times Mb$$

Harcanan ortofosforik asidin molü ( $Ma$ ) =  $(13,50 \times 4,943) / 1000 = 0,0667 \text{ mol}$ .

1 mol ortofosforik aside karşılık 1 mol potasyum fosfat oluştuğuna göre; Elde edilen potasyum fosfat miktarı =  $0,0667 \times 215 = 14,34 \text{ g/L}$  siyah çözeltilerdir.

Titirasyonda kullanılan sülfürik asidin saflığı %98, yoğunluğu 1,84 g/cm<sup>3</sup>, tesir değeri 2 ve molekül ağırlığı 98 g/mol'dür.

$$Na = (\% \times d \times 1000) / mA \text{ formülüne göre;}$$

$$Na = (0,98 \times 1,84 \times 1000) / 98 = 18,400 \text{ N}$$

$$Na = M \times TD \text{ formülüne göre;}$$

$$Ma = 18,400 / 2 = 9,200 \text{ M}$$

Titirasyonda büretten okunan harcanan sülfürik asit değeri 10,90 mL'dir.

Molaritesi belli olan asidin titirasyon formülünden;

$Va \times Ma = Vb \times Mb$  siyah çözeltilerde oluşan gübrenin molaritesi  $10,90 \times 9,200 = 1000 \times Mb$

Harcanan sülfürik asidin molü ( $Ma$ ) =  $(10,90 \times 9,200) / 1000 = 0,1002 \text{ mol}$ . 1 mol sülfürik aside karşılık 1 mol potasyum sülfat oluştuğuna göre;

Elde edilen potasyum sülfat miktarı =  $0,1002 \times 176 = 17,63 \text{ g/L}$  siyah çözeltilerdir.

Siyah çözeltilerde öncelikle kuru madde (%10,37), anorganik madde (%41,25), organik madde (%58,75),  $K_2CO_3$  (%1,47) miktarları ve pH (11), iletkenlik değerleri ( $428 \text{ mScm}^{-1}$ ) tespit edilmiştir. Ayrıca, çözeltilerin hem titirasyondan önce ve hem de titirasyondan sonra fosfatlı ve potaslı gübrelerde biyolojik oksijen isteği ( $BOI_5$ ), kimyasal oksijen isteği ( $KOI$ ) ve askı halindeki katı madde miktarı

(AKM) ölçülmüş olup, Tablo 2'de gösterilmiştir.

### Gübreleme Parametrelerinin Bakla Verimine Etkisi

Her bir parselden ayrı ayrı hasat edilen bakla miktarlarının tekerrürler ile ortalamasına ait hasat miktarları Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3'e göre kontrol denemelerinde bakla verimi gübreli denemelerden daha yüksek olmuştur.

Gübrelemenin etkisini belirlemede denemeler arasında fark olup olmadığını anlamak için basit varyans analizi yapılmıştır. Bakla hasadında farkın %5 güven düzeyinde önemli olup olmadığını irdelemek için Tukey testi yapılmıştır. Bakla verimi ile ilgili olarak %95 aralığında Tukey testi sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4'de görüldüğü gibi kontrol örnekleri gübrenilmiş örneklerden daha yüksek verime sahiptir. Sülfat 100, Sülfat 300 ve Fosfat 100, Fosfat 300 kontrol ile karşılaştırıldığında %95 güven aralığında aralarındaki fark önemsizdir. Sülfat 500 ve Fosfat 500 bütün dozlar ve kontrolden düşük hasat vermiş olup %95 güven aralığında önemlidir.

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde atıklar arıtma, yakma, kompost oluşturma ve depolama gibi bir çok yöntemle giderilmeye çalışılmaktadır. Bu işlemlerin her biri gerek kuruluş ve gerekse işletme maliyetleri açısından azımsanamayacak ekonomik yükler getirmektedirler. Ayrıca, bu proseslerin de bir atığı meydana gelmektedir. Örneğin, yakma yöntemi ile atığın kütlesi azaltılsa bile atmosfere olan gaz emisyonu ve geriye kalan kül yine bir atık olarak işletmeyi zor durumda bırakabilmektedir. Stavropoulas (1988) yakma sırasında zehirli gazların atmosfere geçtiğini ve ağır metallerin külde kaldığını belirtmiştir. Hamur üretiminde kullanılan odunun yaklaşık %50'si selülozdur. Bunun dışında kalan odun bileşenleri ya saf olarak ya da kompleks bileşenler halinde siyah çözeltiliye geçmektedir (Freeman 1995). Bu çalışmada siyah çözeltilinin %58,75'i organik maddedir. Organik madde oranı yüksek olan çamurların arazilere yayılması daha ekonomiktir.

Çamurlar araziye sıvı, yarı-katı veya katı olarak yayılabilir. Çamurdan su giderme çözünmüş bileşiklerin su ile birlikte atılmasına sebebiyet verebilir. Örneğin, çözünmüş azotun 1/3'ü su ile uzaklaşır. Droste (1997) eğer şartlar uygunsa çamurların sıvı olarak yayılmasının tercih edildiğini belirtmiştir. Uygulama kolaylığı da dikkate alınarak çamurlar

**Tablo 1.** Çamurların araziye uygulama oranları

Yayma alanı	Yayma periyodu	Yayma oranı (kuru ağırlığa göre) ton/ha/yıl	
		Alt-üst sınır	Optimum
Tarım	Yıllık	2-70	11
Orman	Bir defa veya 3-5 yıl	10-220	44
Toprak ıslahı	Bir defa	7-450	112
Moloz alanları	Yıllık	220-900	340

**Tablo 2.** Gübrede ve siyah çözeltilideki BOİ<sub>5</sub>, KOİ ve AKM değerleri.

Çözelti	Titrant	Sıcaklık (°C)	pH	AKM (g/L)	KOİ (mg/L)	BOİ <sub>5</sub> (mg/L)
Siyah çözeltili	-	23,00	11,00	2,40	18564	4640
Sülfat gübresi	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	23,00	7,00	1,44	5807	1450
Fosfat gübresi	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	23,00	6,80	0,934	5426	1355

**Tablo 3.** Değişik parsellerden hasat edilen bakla miktarlarının ortalama değerleri.

Uygulama	Potasyum sülfat			Potasyum fosfat			Kontrol
	100 (mL)	300	500	100	300	500	
Hasat (kg)	2,104	2,034	1,781	2,136	1,957	1,804	2,221

**Tablo 4.** Bakla verimine ait Tukey testi sonuçları.

Metot	Deney sayısı	Ortalama	Eş gruplar
Sülfat (500)	3	1,781	X
Fosfat (500)	3	1,804	X
Sülfat (300)	3	1,957	XX
Fosfat (300)	3	2,034	XX
Sülfat (100)	3	2,104	XX
Fosfat (100)	3	2,136	XX
Kontrol	3	2,221	X

sulama suyu gibi verilmiştir. Çamurdaki kuru madde oranı %10,37'dir. Bu oran Tablo 1'deki uygulama oranlarının sınır değerleri arasında olup, doz aşılmamıştır.

Viessman ve Hammer (1993) atık sularda pH'yı düşürmek için sülfürik ve fosforik asit kullanılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Bu kaynağa dayanılarak siyah çözeltilinin nötralizasyonu için titrant olarak H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kullanılarak iki ayrı potas kaynağı elde edilmiştir. Siyah çözeltilide titrasyondan önce ve sonra belirlenen pH, AKM, KOİ ve BOİ<sub>5</sub> değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Tablo 2'ye göre sülfat gübresinde 11 olan pH 7, 2,40 g/L olan AKM 1,44'e, 18564 olan KOİ 5807'ye, 4640 olan BOİ 1450'ye düşmüştür. Benzer şekilde fosfat gübresinde 11 olan pH 6,8'e, 2,40 g/L olan AKM 0,934'e, 18564 olan KOİ 5426'ya, 4640 olan BOİ 1355'e düşmüştür. Bu değerlerin aşağı çekilmesi titrasyon metodunun uygulanabilir olduğunun göstergesidir. KOİ/BOİ oranı siyah çözeltilide 4,00, sülfat gübresinde 4,00 ve fosfat gübresinde 4,00'dir. Bu oran, gübre ve çözeltilerin biyolojik arıtılmasının zor olduğunu ve özel bakteri florası gerektirdiğini göstermektedir (Eroğlu 1986). Bu sebepten siyah çözeltilinin arıtılması maliyeti oldukça arttıracaktır. Arıtma yerine siyah çözeltiliyi gübre olarak kullanmak daha

ekonomik olacaktır.

Bakla verimi ile ilgili olarak %95 güven aralığında Tukey testi sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi kontrol örnekleri gübrelenmiş örneklerden daha yüksek verime sahiptir. Sülfat 100, Sülfat 300 ve Fosfat 100, Fosfat 300 ile kontrol arasındaki farklar %5 anlam düzeyinde önemsizdir. Sülfat 500 ve Fosfat 500 bütün dozlar kontrolden düşük hasat vermiş olup %5 anlam düzeyinde aradaki fark önemlidir. Kontrol ortalamaları tüm dozlardan yüksektir. Ancak, her iki gübrede de sadece 500 mL'lik doz kullanımındaki sonuçların %5 anlam düzeyinde kontrolle aralarındaki farkın önemli olup, diğerlerinde önemli olmaması dozun yüksek olduğu kanaatini oluşturmuştur. Dozun artırılması ile anlamlı bir verim düşüşü; toprakta bir tuz birikmesi ve dolayısıyla bitkilerin tuzluluk stresinden etkilendiklerinin bir göstergesidir. Daha düşük dozlarda faydalı olabileceği kanaatindeyiz. Bu yüzden daha düşük dozların kullanılması önerilebilir.

Kağıt hamuru ve kağıt fabrikalarında inorganik kimyasal maddelerin ve mineral maddelerin üç sınıfı endişe verici boyutlarda kirlilik yapmaktadır. Bunlar; asitler, alkaliler ve ağır metallerdir. Alkali

yöntemler asit yöntemlere göre çevreyi daha az kirletmektedir (Crouse ve Douglas 1991). Çalışmada bu durum dikkate alınarak alkali madde (KOH) kullanılmıştır. Bu çalışmada geleneksel yöntem olan kostik soda yöntemi (NaOH) kullanılsaydı siyah çözeltideki sodyum, su ve toprakta tuzluluk yaratarak ortamdaki organizmalar üzerinde tuz sitresi yapacağından (Neal ve ark. 2005), geri kazanılmadan sulara veya arazilere verilemezdi. Geleneksel yöntemlerin yerine çevreye daha zararsız yöntemlerin kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından önemlidir. Patojen olmayan temiz çamurlar tarım alanlarında kullanılmak üzere çiftçilere satılabilir. Böylece çamurlar işletmeler için atık olmaktan çıkıp faydalı bir gelir kaynağı olabilir. Bu uygulamada, toprakla birleşen çamur doğal döngüde kullanılarak zamanla toprak olacaktır. Uygulama alanları seçilirken bir tedbir olarak yeraltı ve yerüstü su kaynaklarından uzak alanların tercih edilmesi daha uygun olacaktır.

#### TEŞEKKÜR

Çalışmamıza maddi destek sağlayan Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Araştırma Fonu'na teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

- Crouse BW, Douglas GW (1991) Alkaline Papermaking: an overview. Tappi Journal 7, 152-159.
- Droste RL (1997) Theory and Practise of Water and Wastewater Treatment. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Eroğlu H (1986) Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi. Karadeniz Teknik Üniv. Yayınları, No: 90/6, Trabzon.
- Freeman HM (1995) Industrial Pollution Prevention Handbook. McGraw-Hill, Inc., New York.
- Miner R, Unwin J (1991) Progress in Reducing Water Use and Wastewater Loads in the U.S. Paper Industry. Tappi Journal 8, 127-131.
- Neal C, Jarvie H P, Neal M, Love A J, Hill L, Wickham H (2005) Water Quality of Treated Effluent in a Rural Area of the upper Thames Basin, Southern England, and the Impacts of Such Effluents on Riverine Phosphorus Concentrations. Journal of Hydrology 304, 103-117.
- Shen D, Wu J (1998) Farmland Treatment and Utilization of Straw Pulp Mill Effluents. Ecological Engineering 11, 121-128.
- Springer AM (1993) Industrial Environmental Control Pulp and Paper Industry. Tappi Press, Atlanta.
- Stavropoulos WS (1988) What Can Packaging Manufacturers Do About Municipal Solid Waste? Tappi Journal 3, 209-211.
- Viessman Jr.W, Hammer M J (1993) Water Supply and Pollution Control. Fifth edition, Harper Collins College Publishers, New York.