



Araştırma Makalesi / Research Article

**TEKSTİL BOYAMASINDA KULLANILAN SUYUN ATIK
MADDE İLE ARITILARAK TEKRAR BOYAMADA
KULLANILMASI**

**PURIFICATION OF WATER USED IN TEXTILE DYEING WITH WASTE MATERIAL
AND USING IT IN RE-DYING**

Aylin YILDIZ¹

<https://doi.org/10.55071/ticaretfbid.1396913>

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
ayildiz@nku.edu.tr

Geliş Tarihi / Received
27.11.2023

Kabul Tarihi / Accepted
07.12.2023-

Öz

Çevre kirliliği günümüzdeki en önemli sorunlardan biridir Çevre kirliliği su, hava, toprak, katı atık ve gürültü olmak üzere beş ana başlık altında toplanmaktadır. Atıkların toplanması, taşınması, geri kazanımı ve bertaraf edilmesi çevre sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda katı atık yönetim kavramı oldukça önem taşımakla birlikte çeşitli atık bertaraf stratejileri geliştirilmiştir. Bu yöntemler yakma, düzenli depolama, kompostlaştırma, anaerobik çürütme, piroliz ve geri kazanım başlıkları altında toplanmaktadır. Kırmızı Çamur çoğunlukla “boksit artığı” olarak bilinir ve Alüminyum üretim endüstrilerinde ortaya çıkan yan üründür. Kırmızı çamur içerisinde çok fazla miktarda bulunan demir oksitler nedeniyle kırmızı renkte bir bulamaç görünümündedir. Üretim sürecine giren boksitin yaklaşık %35-40’ı kırmızı çamur halinde atılmaktadır. Literatürde kırmızı çamurun adsorbant ve koagülant olarak kullanıldığı birçok makale mevcuttur. Bu çalışmada, Alüminyum İşletmelerinde ortaya çıkan kırmızı çamur tekstil atıksularının arıtılmasında koagülant olarak kullanılmıştır. Koagülant sonrası arıtılmış su tekstil renklendirilmesinde tekrar kullanılmıştır Atık bir madde olan kırmızı çamurun koagülant olarak kullanılmasıyla tekstil atık suyu arıtılmış ve bu su ile tekrar boyama yapılmıştır. Bu şekilde atık bertarafı ile çevre ve ekonomiye katkı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık su, Koagülant, tekstil boyama.

Abstract

Environmental pollution is one of the most important problems today. Environmental pollution is grouped under five main headings: water, air, soil, solid waste and noise. Collection, transportation, recovery and disposal of waste are of great importance for environmental health. In recent years, the concept of solid waste management has become very important and various waste disposal strategies have been developed. These methods are grouped under the headings of incineration, landfill, composting, anaerobic digestion, pyrolysis and recovery. Red Mud is mostly known as “bauxite tailings” and is a by-product of Aluminum manufacturing industries. It looks like a red slurry due to the large amount of iron oxides in red mud. Approximately 35-40% of the bauxite entering the production process is discarded as red mud. There are many articles in the literature where red mud is used as an adsorbent and coagulant. In this study, red mud produced in Aluminum Plants was used as a coagulant in the treatment of textile wastewater. Purified water after coagulant was reused for textile coloring. By using red mud, which is a waste material, as a coagulant, textile waste water was increased and dyeing was done again with this water. In this way, waste disposal contributes to the environment and economy.

Keywords: Coagulant, textile dyeing, waste water.

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye.
ayildiz@nku.edu.tr, Orcid.org/0000-0003-3830-2605.

1. GİRİŞ

Son yıllarda kırmızı çamurun değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalara hız verilmiştir. Kırmızı çamurun potansiyel kullanım alanlarından bir tanesi de çevre sektörüdür. Literatürde kırmızı çamurun adsorbant veya koagülant olarak kullanımı ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Apak ve ark., 1998; Genç-Fuhrman ve ark., 2005; Paramguru ve ark., 2005; Çengelöglü ve ark., 2006; Altundoğan ve ark., 2002; Bertocchi ve ark., 2006). Çeşitli safsızlaştırma teknikleri kullanılarak söz konusu atıktan demir veya alüminyum tabanlı koagülant üretimi de mümkündür (Orescanin ve ark., 2001). Atıksu arıtımında koagülantlar geniş çaplı kullanılmaktadır. Genellikle kullanılan koagülantlar Fe^{+3} ve Al^{+3} bileşikleridir. Kırmızı çamurda Al ve Fe oldukça yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Bu nedenle kırmızı çamurun koagülant üretmek için uygun bir materyal olabileceği çeşitli çalışmalarda test edilmiştir (Orescanin ve ark., 2001). Tekstil endüstrisi oldukça fazla miktarda su kullanan bir endüstri olduğu için suyu dengeli kullanma gereksinimi dolayısıyla su geri kazanımı ve çeşitli proseslerde yeniden kullanımı konusu ile ilgili çok çeşitli araştırmalar yürütülmektedir. Literatüre bakıldığında tekstil atık suyunun çeşitli arıtma teknikleri uygulanarak geri kazanımıyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. (Papic ve ark., 2004; Charoenlarp & Choyphan, 2009; Hul ve ark., 1997, All`egre ve ark. 2006)

2. MATERYAL METOD

2.1. Materyal

Koagülant olarak kullanılacak kırmızı çamurun içerisindeki kimyasal miktarları Tablo 1'de verilmiştir. (Yıldız ve ark., 2015)

Tablo 1. Kırmızı Çamur Kimyasal Kompozisyonu

Kırmızı Çamur			
Element	%	Oksit	%
Al	11,641	Al_2O_3	21,995
As	0,020	As_2O_3	0,026
Ca	3,182	CaO	4,452
Ce	0,067	Ce_2O_3	0,078
Cl	0,059	Cl	0,059
Cr	0,074	Cr_2O_3	0,108
Fe	25,474	Fe_2O_3	36,422
Ga	0,004	Ga_2O_3	0,005
K	0,432	K_2O	0,520
Mg	0,177	MgO	0,293
Mn	0,018	MnO_2	0,029
Na	9,297	Na_2O	12,532
Nb	0,006	Nb_2O_5	0,009
Ni	0,043	NiO	0,055
O	38,286		
P	0,009	P_2O_5	0,021
Pb	0,013	PbO	0,014
S	2,197	SO_3	5,486
Si	6,195	SiO_2	13,254
Sr	0,004	SrO	0,005
Th	0,008	ThO_2	0,009
Ti	2,696	TiO_2	4,497
Y	0,017	Y_2O_3	0,021
Zr	0,082	ZrO_2	0,110

Kırmızı çamur radyoaktif özelliklere sahiptir Kırmızı çamurun radyoaktif özellikleri Tablo 2’de verilmiştir

Tablo 2.Kırmızı Çamurun Radyoaktivite Analizleri

Element	Cs-134	Cs-137	K-40	Ra-226	Th-232
Kırmızı çamur Bq/kg	<4,4	<5,7	110,4±22,4	128,1±3,2	357,4±9,6

Kırmızı çamurun fiziksel özellikleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3.Kırmızı Çamur Fiziksel Özellikleri

Parametreler		Değer
Renk		KIRMIZI
Yoğunluk	kg/m ³	1310,46
Gözenek hacmi	cc/g	0,019
Spesifik yüzey alanı	m ² /g	13,765
Elektriksel İletkenlik	dS/m	10,58
pH		8,60

Kırmızı çamurun mineralojik bileşimine bakıldığında kuvars, hematite, feldispat, anhydrite, kristobalite ve magnesioferrite bulunmaktadır. Kırmızı çamurun sıcaklık, kostik konsantrasyonu, reaksiyon zamanı, katı bileşenler ve miktarları, çözeltideki safsızlıklar gibi teknolojik parametrelere bağlı olarak yapısında sodyum alüminyum silikatlar meydana gelir. (Uzun, 2006) Belli şartlarda sodyum titanatlar, boksitteki TiO₂’de alüminat çözeltisiyle karşılıklı etkileşime girmesiyle değişen kompozisyonlarda meydana getirmektedir. Bayer çözeltisinde Demir bileşenleri katı fazda bulunur. Kırmızı çamurun çökme ve filtrasyon işlemlerine olumsuz yönde etki eden Demir Boksitlerde götit formunda bulunur. Genellikle Kırmızı çamur işleme teçhizatı, örneğin çöktürücüler, yıkayıcılar, filtreler, hematit tipi boksitlerin çamur teçhizatına nazaran daha büyük tutulmalıdır. Buda yatırım maliyetini ve işletme maliyetini olumsuz etkiler. Bu durumda çözünürleştirme işlemine CaO, sülfatlar, klorürler gibi katkı maddeleri ilave edilir. Kontrol edilen şartlar altında götit hematit haline dönüşür ve sonuç olarak çamurun çökme ve filtrasyon karakterleri iyileşir.

2.2. Metod

2.2.1. Tekstil atık suyunda Koagülant olarak kullanılan HCl ile muamele edilen kırmızı çamurun optimum koşullarının bulunması

Kuru halde kullanılan kırmızı çamur sürekli aynı olmuyor, her alınan atık su numunelerinde aynı değişimleri göstermiyor. Bu yüzden bu aşamada kırmızı çamur; HCl eşliğinde aktive edilmiştir. Böylece atık suyun tekrar tekrar, sürekli aynı verimliliğe ulaşması çalışılmıştır. Bunun için, 4g kuru kırmızı çamur tartılarak 20 mL HCl ile muamele edilmiştir. Elde edilen HCl aktive edilen kırmızı çamur 24 saat bekletilmiş ve bunun sonucunda optimum koşul bulunmaya çalışılmıştır. Atıksu numunelerinin fotoğrafları çekilmiş, absorbans ve iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Bu kez üç farklı absorbans ölçümü yapılmıştır. Çünkü absorbans değerinin sadece bir ölçüme indirgenmesi doğru sonucu vermemektedir. Absorbans ölçümlerinin 436 nm, 525 nm ve 620 nm aralıklarında ölçülmüştür. Böylece optimum pH ile optimum kırmızı çamur miktarı bulunmaya çalışılmıştır. Bu nedenle optimum çalışma koşulunun bulunması amacıyla;

- 500 mL tekstil atıksuyu ile
- 1mL katyonik polielektrolit
- 6 farklı pH'ta (pH 3-7-9-11-12-13)
- 6 farklı kırmızı çamur miktarı ile (1-2-3-4-5-6 mL)

farklı konsantrasyonlarda atık su konsantrasyonları oluşturulmuştur.

Kırmızı çamur HCl ile aktive halinde iken tekstil atık suyunda değişik miktarlarda denenmiş olup, 500 mL'lik tekstil atık suyuna 6 farklı pH'da 6 farklı miktarda kırmızı çamur konulmuştur. İlk numunelere 1 mL, 2. numunelere 2 mL, 3. numunelere 3 mL, 4. numunelere 4 mL, 5. numunelere 5 mL ve 6. numunelere 6 mL oranlarında ilave edilmiştir.

2.2.2. Kırmızı çamur ile arıtılmış olan tekstil atık suyunun tekrar boyamada kullanımı

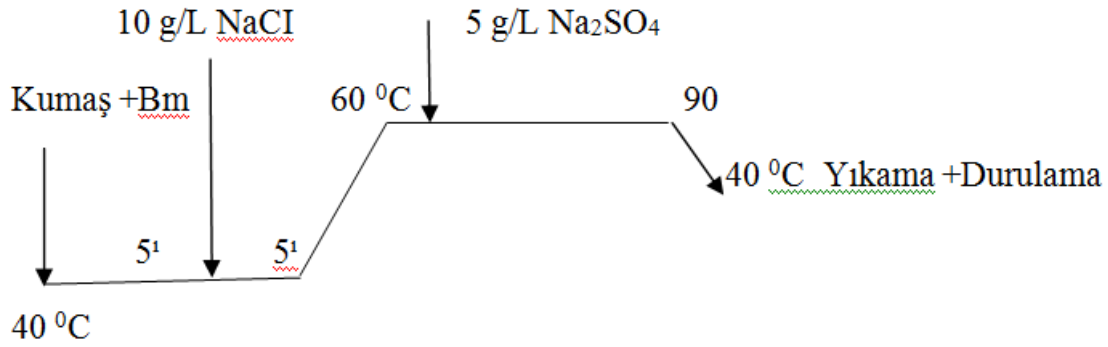
Arıtılmadan önceki proseste, reaktif boyar madde ile boyamada kullanılan tekstil atık suyu kırmızı çamur ile arıtıldıktan sonra, çeşitli oranlarda deiyonize su ile karıştırılarak farklı özellikte su içeren banyolar hazırlanmış ve kodlanmıştır. Tablo 4'de bu oranlar ve kodları % kullanım oranlarına göre verilmiştir.

Tablo 4 Hazırlanan Suların Kod ve % Saf Su /Atık Su Oranları

Kullanılan Suyun Kodu	Hazırlanan Saf su(SS) ve Atıksu oranları(AS)
S100	% 100 Saf su
SS 25 / 75 AS	%25 Saf su / % 75 Atık su
SS 50 / 50 AS	%50 Saf su / % 50 Atık su
SS 75 / 25 AS	%75 Saf su / % 25 Atık su
AS 100	% 100 Atık su

Çalışmada kullanılan sular, normal çeşme suyu ile Tekstil terbiye firmasından boyama işlemi sonrası makine çıkışından alınmış su numunesidir. Normal su/ Atık su oranları banyo başına mezür (ölçü kabı) kullanılarak, 0,01 ml hassasiyetle hazırlanmıştır.

Araştırmada, Jay House Panchvati Circle firmasına ait (JAKAZOL RED CE cas. 77365-64-1) kırmızı reaktif boyarmaddeler 1:20 banyo oranına göre % 0,5, 1, 2 boyarmadde konsantrasyonlarda (% boyama koyuluklarında) hazırlanmıştır. Boyar madde alımını kolaylaştırmak ve afiniteyi sağlamak için boyar madde banyosu içerisine 5 g/L Na₂SO₄ ve 10 g/L NaCl eklenerek hazırlanan banyo 100 ml ye tamamlanmıştır. Boyanacak materyal olarak, 5g ağırlığında %100 CO pamuklu atkı ve çözgü de 40Nm S22 iplik içeren 1:1 bez ayağı örgülü dokuma kumaş kullanılmıştır. Kumaş, rulo yapılarak hazırlanan banyo ile birlikte, "Termal Marka" etilen glikol yağ ısıtmalı cihazın çelik tüpleri içerisine konularak 60 °C sabit sıcaklıkta 90 minumum sürede boyama işlemi gerçekleştirilmiştir



Şekil 1. Kumaşlara Uygulanan Boyama Reçetesi

Boyama sonrası taşar yıkama işlemi ile durulanan kumaşlar, kondüsyon ortamında (%65 relatif nem ve ± 22 °C de klimatik ortamda) serilerek kurumaya bırakılmıştır.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

3.1. Tekstil Atık suyunda Koagülant Olarak Kullanılan HCl ile Muamele Edilen Kırmızı Çamurun Optimum Koşulları

Kırmızı çamur HCl ile aktive halinde iken tekstil atık suyunda değişik miktarlarda denenmiş olup, 500 mL'lik tekstil atık suyuna 6 farklı pH'da 6 farklı miktarda kırmızı çamur konulmuştur. Sonuçlar Tablo 5 'de gösterilmiştir

Tablo 5. HCl ile aktive edilen Kırmızı Çamur için optimum konsantrasyon ve pH sonuçları

pH 3				iletkenlik miktarlar ₁	pH 7				
Kırmızı çamur miktarlar ₁	Ölçülen Absorban s değerleri (436 nm)	Ölçülen Absorban s değerleri (525nm)	Ölçülen Absorban s değerleri (620nm)		Ölçülen Absorban s değerleri (436 nm)	Ölçülen Absorban s değerleri (525nm)	Ölçülen Absorban s değerleri (620nm)	iletkenlik miktarlar	
1 mL için	0,250	0,195	0,173	13,35	0,144	0,142	0,156	8,45	
2 mL için	0,241	0,208	0,178	14,06	0,105	0,114	0,134	5,90	
3 mL için	0,325	0,236	0,237	14,15	0,140	0,148	0,147	6,30	
4 mL için	0,264	0,228	0,210	16,6	0,145	0,137	0,131	7,70	
5 mL için	0,248	0,212	0,195	16,73	0,403	0,244	0,187	8,70	
6 mL için	0,232	0,205	0,193	23,4	0,701	0,512	0,385	9,25	
pH 9				iletkenlik miktarlar ₁	pH 11				
1 mL için	0,737	0,421	0,331		13,88	0,503	0,265	0,200	6,89
2 mL için	0,650	0,373	0,254		17,64	0,280	0,166	0,139	7,67
3 mL için	0,109	0,051	0,050	10,74	0,138	0,076	0,064	8,42	

4 mL için	0,105	0,052	0,053	11,58	0,092	0,045	0,030	8,38
5 mL için	0,112	0,060	0,054	9,58	0,070	0,034	0,013	9,02
6 mL için	0,106	0,056	0,048	9,43	0,090	0,053	0,022	11,01
pH 12				pH 13				
1 mL için	0,327	0,180	0,161	10,60	0,251	0,157	0,196	38,30
2 mL için	0,344	0,190	0,156	9,64	0,247	0,156	0,184	28,60
3 mL için	0,304	0,172	0,139	3,21	0,220	0,133	0,152	33,10
4 mL için	0,310	0,176	0,143	10,64	0,216	0,132	0,146	25,10
5 mL için	0,234	0,138	0,116	10,65	0,214	0,133	0,147	27,10
6 mL için	0,221	0,132	0,114	11,00	0,199	0,124	0,138	30,90

3.2. Kırmızı Çamur ile Arıtılmış olan Tekstil Atık Suyunun Tekrar Boyamada Kullanımı Sonuçları

Aşağıda Şekil 2 de Farklı oranlarda karıştırılmış saf ve atık su banyolarında 3 farklı % boyama koyuluğunda boyanmış kumaşların fotoğrafları, farklı numunelere yapılan boyama sonrası elde edilen renk ölçümü değerleri Tablo 6'da, kırmızı boyarmadde için renk verimi değerleri (K/S) sonuçları Tablo 6'da ve boyanmış kumaşların renk verim değerleri Şekil 2'de verilmiştir.



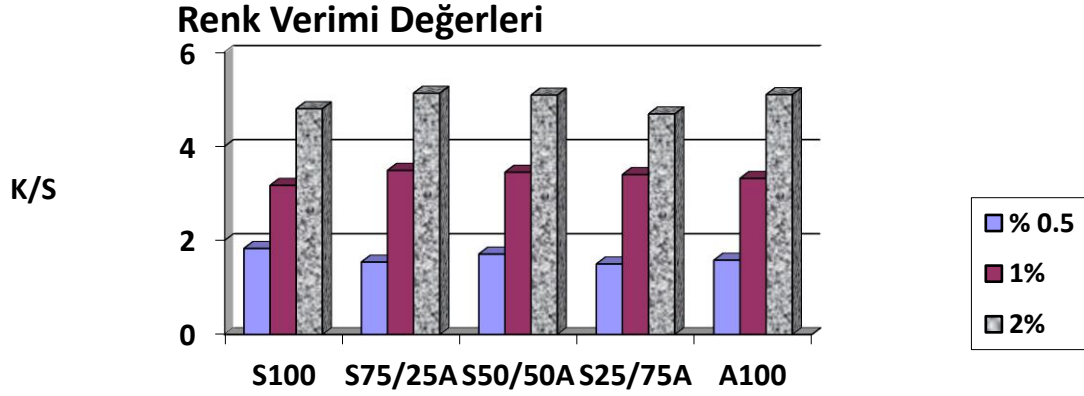
Şekil 2. Farklı Oranlarda Karıştırılmış Saf ve Atık Su Banyolarında 3 Farklı %Boyama Koyuluğunda Boyanmış Kumaşlar ve Kodları

Tablo 6. Farklı numunelere yapılan boyama sonrası elde edilen renk ölçümü değerleri

% Saf su (SS) ve Atık Su Miktarları (AS)	BOYAMA KOYULUĞU %	L*	a*	b*	c*	h ⁰
S 100	0,5	55,85	43,26	-5,62	43,62	352,59
	1	56,80	50,83	-3,86	50,98	355,66
	2	54,17	53,15	-3,40	53,26	356,35
SS 75/25 AS 1	0,5	64,34	41,89	-5,72	42,27	352,31
	1	56,12	47,46	-6,02	47,84	353,17
	2	52,30	53,06	-2,88	53,14	356,86
SS 50/50 AS	0,5	63,36	39,27	-7,44	41,20	350,17
	1	56,20	50,16	-4,58	50,37	354,88
	2	52,80	52,18	-3,19	52,28	356,25
SS 25/75 AS	0,5	64,06	40,74	-6,76	42,27	352,31
	1	55,00	48,90	-5,09	49,16	354,27
	2	51,47	52,04	-3,70	52,17	355,97
AS 100	0,5	63,55	38,94	-6,86	39,53	350,71
	1	55,32	47,16	-5,86	47,52	353,30
	2	51,79	52,66	-3,46	52,77	356,25

Tablo 7. Kırmızı Boyarmadde için Renk Verimi Değerleri(K/S)

KIRMIZI	S100	S75/25A	S50/50A	S25/75A	A100
% 0,5	1,83	1,54	1,71	1,50	1,58
%1	3,17	3,49	3,45	3,40	3,32
%2	4,80	5,13	5,09	4,69	5,10



Şekil 3 Boyanmış Kumaşların Renk Verim Değerleri

Kırmızı renk ile boyanmış numunelerin haslık testi değerleri Tablo 8'de belirtmektedir

Tablo 8. Numunelere Göre Tüm Haslık Testi Değerleri

BOYAMADA KULLANILAN SU	% BOYARMADDE KONSANTRASYONU		SÜRTME HASLIĞI		YIKAMA HASLIĞI	IŞIK HASLIĞI
			YAŞ	KURU		
S 100	kırmızı	0,5	3/4	4/5	3/4	4
		1	3/4	4/5	3	4
		2	3	4/5	3	4
S 75/25 A	kırmızı	0,5	3/4	4/5	3/4	4
		1	3/4	4/5	3	4
		2	3	4/5	3	4
S 50/50 A	kırmızı	0,5	4	4/5	3/4	3/4
		1	3/4	4/5	3	3/4
		2	3	4/5	3	4
S 25/75 A	kırmızı	0,5	3/4	4/5	3/4	3/4
		1	3	4/5	3	3/4
		2	3/4	4	3	3/4
AS 100	kırmızı	0,5	3/4	4/5	3/4	3/4
		1	3	4/5	3	3/4
		2	3	4/5	3	3/4

Tüm pH koşullarındaki ölçülen absorbans değerleri incelendiğinde üç farklı dalga boyunda da en küçük değer pH 11’de 5 mL kırmızı çamurun olduğu atıksu ile sağlanmıştır. Bunun sonucunda da optimum koşul; pH 11’de 5 mL HCl aktive edilmiş kırmızı çamur gözlemlenmektedir. Böylece bu koşulda tekrar kullanılabilirliği sağlanan atık suyun hem renk giderimi kullandığımız boyama suyuna en yakın renk değerindedir hem de görünüm olarak ta kullandığımız boyama suyuna çok yakın görünümündedir. Tüm haslık testleri, solmada (kumaş üzerinden) ve lekelemede (refakat kumaşı veya multifiber test kumaşı) olmak üzere, 1 en kötü, 5 en iyi değer olarak gri skalaya göre değerlendirildi. Haslık boyarmadde ile renklendirilmiş tekstil materyallerinin, son kullanım özelliklerine bağlı olarak dış etkenlere karşı gösterdiği dirençtir. Yıkamaya karşı renk haslığı son kullanıcı tarafından istenilen en önemli özelliktir. Test sonuçlarının ortalaması alındığında kırmızı boyarmadde kullanılan kumaşta yıkama haslığı ortalama 3/4 saptanmıştır. Boyarmaddenin aşınmaya karşı gösterdiği direnç anlamına gelen sürtmeye (crocking) karşı renk haslığı, mekanik etkilerin boyarmaddeye etkisini gösteren önemli bir özelliktir. Çalışmada kuru olarak yapılan testlerde 4/5, yaş testlerde ise 3/4 ortalama değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar istenilen optimum özellikleri karşılamaktadır. Kırmızı renk boyarmadde, farklı oranlarda karıştırılmış su kullanılan numunelerde %0,5 konsantrasyonda boyama hariç güzel K/S renk verimi değerleri elde edilmiştir. %1 ve %2 konsantrasyonlarda çeşme suyuna göre atık su miktarı arttıkça daha güzel verimlilik sağlanmıştır. Fakat %2 konsantrasyonda S25/75AS boyamasında SS 100’e göre daha düşük verim elde edilmiştir. %0,5 konsantrasyonda atık suyla boyamalarından beklenen sonuçlar elde edilemeyip daha düşük verim sağlanmıştır. Kısaca özetlersek araştırmamız düşük konsantrasyonlar için çok fazla uygun olmayıp yüksek konsantrasyonlarda daha iyi sonuçlar vermektedir.

Teşekkür

Çalışmada katkısı olan Semih ALKANAT’a teşekkür ederim

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- All'egre, C., Moulin ,P., Maisseu M. & Charbit F. (2006). Treatment and reuse of reactive dyeing effluents. *Journal of Membrane Science*, 269, 15–34.
- Altundoğan, H.S., Altundoğan, S., Tümen, F. & Bildik, M. (2002). Arsenic adsorption from aqueous solutions by activated red mud. *Waste Manage*, 22, 357–363.
- Apak, R., Güçlü, K. & Turgut, M.H. (1998). Modeling of copper(II), cadmium(II), and lead(II) adsorption on red mud. *Journal Colloids Interf. Sci.*, 203, 122–130.
- Bertocchi, A.F., Ghiani, M., Peretti, R. & Zucca, A., (2006). Red mud and fly ash for remediation of mine sites contaminated with As, Cd, Cu, Pb and Zn. *Journal Hazard. Mater.*, 134, 112–119.
- Çengelöglu, Y., Tor, A., Ersöz, M. & Arslan, G. (2006). Removal of nitrate from aqueous solution by using red mud. *Sep. Purif. Technol.*, 51, 374–378.
- Charoenlarp, K. & Choyphan, W. (2009). Reuse of dye wastewater through colour removal with electrocoagulation process. *As. J. Energy Env.* 10(4), 250-260.
- Genç-Fuhrman, H., Bregnhøj, H. & McConchie, D. (2005). Arsenate removal from water using sand-red mud columns. *Water Res.*, 39, 2944–2954.
- Hul, J., Racz, I.G. & Reith, T. (1997). The application of membrane technology for reuse of process water and minimisation of waste water in a textile washing range. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 113(11), 322-326.
- Orescanin, V., Durgo, K., Franekic-Colic, J., Nad, K. & Valkovic, V. (2003). Physical, chemical, and genotoxic properties of waste mud by-product of waste water treatment. *Jornal Trace Microprobe*, 21, 123–132.
- Papic, S., Koprivanac, N., Bozic, A.L. & Metes, A. (2004). Removal of some reactive dyes from synthetic wastewater by combined Al(III) coagulation/carbon adsorption process. *Dyes and Pigments*, 62, 291–298.
- Paramguru, R.K., Rath, P.C. & Mısra, V.N. (2004). Trends in red mud utilization-a review. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 26(1), 1-29.
- Uzun, D. (2006). *Kırmızı çamurdan demir ve alüminyumun sülfürik asit çözeltisindeki çözünme kinetiği* [Yüksek Lisans Tezi]. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Yıldız, A., Oztas, M., Karakaya, N., Evrendilek, F., Akyildiz, A., Agirgan, A.Ö., Tinmaz-Kose, E., Sisman, C.B., Kaykioglu, G. & Celik, S.Ö. (2015). Novel uses of red mud in textile wastewater treatment. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14(5), 1171-1181.