

ARAŞTIRMA MAKALESİ

LİNEER ALKİL BENZEN SÜLFONATIN (LABS) SULU ÇÖZELTİLERDEN AKTİF KARBON İLE ADSORBSİYONU

Yasemen KUTMEN KALPAKLI, Sabriye PİŞKİN

*Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü,
Davutpaşa, Esenler-İSTANBUL*

Geliş Tarihi:06.03.2000

ÖZET

Çalışmanın ilk aşamasında, Lineer Alkil Benzen Sülfonat (LABS) içeren bir sulu çözeltinin aktif karbon adsorbsiyonu ile arıtımı incelenmiştir. Sulu çözelti içerisindeki LABS konsantrasyonu metilen mavisi yöntemi ile tayin edilmiştir. LABS'in 20-500 mg/l aralığındaki konsantrasyonlarını içeren sulu çözeltiler 5 farklı aktif karbon miktarı kullanılarak muamele edilmiştir. Adsorbsiyon sonrasında çözeltide kalan LABS konsantrasyonu ölçülmüştür. Tek tabaka adsorbsiyonu için 5 g aktif karbon kullanılarak %98'lik temizleme verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte aktif karbon miktarı azaldıkça temizleme veriminin düştüğü gözlenmiştir. Tek tabaka adsorbsiyonu için lineerleştirilmiş Langmuir izoterm denklemi kullanılmıştır. Aktif karbonun temizleme kapasitesi "qm", ve "kA" sabitleri sırasıyla, 0.1 ve 0.012 olarak hesaplanmıştır. İkinci aşamada ise H₂O₂'in %3'lük çözeltisi kullanılarak aktif karbon rejenerasyon işlemine tabi tutulmuştur. Rejenere edilmiş aktif karbon kullanılarak adsorbsiyon işlemi tekrarlanmıştır. Temizleme kapasitesi lineerleştirilmiş Langmuir izoterm denklemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar temiz aktif karbon için hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır. Rejenere edilmiş aktif karbon kullanılarak yapılan arıtma sonucunda elde edilen sonuçlar; aktif karbonun adsorblama kapasitesinde, yüksek aktif karbon içeren arıtmalarda %3, düşük aktif karbon içeren arıtmalarda ise %25 lik bir kapasite kaybı olduğunu göstermiştir. "qm " ve "kA" değerleri ise sırasıyla 0.03 ve 0.02 olarak bulunmuştur.

LINEAR ALKİL BENZENE SULFONATES (LAS) TREATMENT FROM AQUEOUS SOLUTION WITH ACTIVATED CARBON ADSORPTION

ABSTRACT

In the first step of this work, the treatment of LABS-containing in aqueous solution by activated carbon adsorption was studied. The LABS concentration of aqueous solution was determined by methylene blue spectrophotometric method. Aqueous solutions containing concentrations of LABS in the range of 20-500 mg/l were treated by using five different activated carbon amounts. After the adsorption, LABS concentration in the solution was measured. Treatment efficiency for monolayer adsorption was obtained as 98% by using 5 g of activated carbon. However, it was shown as the amount of activated carbon decreases treatment efficiency reduced. The equation of linearized Langmuir isotherms for monolayer adsorption was used. The cleaning capacity of activated carbon "qm", and "kA" values were calculated as 0.1 and 0.012, respectively. In the second step, the activated carbon was regenerated by using the 3% solution of H₂O₂. The adsorption process was repeated by using regenerated activated carbon. The cleaning capacity

was calculated by using the equation of linearized Langmuir isotherm. The obtained results were compared with those of clean activated carbon. It was shown that decreasing in the adsorption capacity of the regenerated activated carbon are 3% and 25% for high amount of activated carbon and low amount of activated carbon, respectively. "qm" and "kA" values were calculated as 0.03 and 0.02, respectively.

1. GİRİŞ

Güncel sorunlardan biri olan çevre kirliliği ve bunun nedenleri incelendiğinde, deterjan içeren atık suların nedenlerden biri olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. Sentetik deterjanlar sabun ve alkali temizleyiciler gibi sulu çözeltilerde suya sertlik veren iyonlardan etkilenip çökme, asitli çözeltilerde ise dağılıma dezavantajı göstermediklerinden günlük hayatımızda giderek artan oranlarda kullanılmaktadır. Deterjan ana madde olarak %30'u geçmeyen yüzey aktif madde ve su sertliğini kontrol eden, kirin yeniden çökmesini önleyen, köpüğün kararlılığını temin eden çeşitli katkı maddeleri içeren organik ve anorganik maddelerin belli oranlardaki karışımıdır. Deterjanın %30'unu oluşturan yüzey aktif maddeler anyonik, katyonik, amfoterik ve noniyonik olmak üzere dört grupta incelenebilir. Sentetik deterjan olarak bilinen bir çok madde aynı zamanda yüzey aktif madde olarak da isimlendirilebilirler. Gerçekte sentetik deterjan olarak belirtilen ürünler, yüzey aktif maddelere ek olarak, deterjan etkisini veya başka özelliklerini düzeltmeye yarayan çeşitli organik ve anorganik karışımları içerirler (1,2,3,4).

Sentetik deterjanların önemli bileşikleri olan yüzey aktif maddelerin çeşitli formülasyonları deterjan yapı taşı olarak kullanılmaktadır. Nonlineer Alkil Benzen Sülfonat (NLABS) ilk defa anyonik yüzey aktif madde olarak deterjan formülasyonunda kullanılmıştır(5). Ülkemiz de 1986 yılında Nonlineer Alkil Benzen Sülfonat (NLABS) yerine Lineer Alkil Benzen Sülfonat(LABS) tipi yüzey aktif madde kullanılmaya başlamıştır.

Deterjan formülasyonunun aktif kısmını oluşturan anyonik yüzey aktif maddeler büyük molekül yapısına sahip olup özellik ve davranışlarını moleküllerinin çift karakterine borçludur. Yapılarında bir hidrofobik(su sevmez) grup ile suda çözünürlüğü sağlayan hidrofilik(su sever) grup içermektedirler[6].

Lineer Alkil Benzen(LAB) ikincil fenil alkanlar ($C_6H_5-C_nH_{2n+1}$, $n=10-14$) grubundandır. LAB sulfonatlama işlemine tabi tutularak sentetik deterjan formülasyonunun ana maddesi üretilir(7).

LABS kolay elde edilmesi, zehirliliğinin az ve biyolojik bozunabilirliğinin kolay olması nedeniyle yan zincirler içeren NLABS den daha üstündür[8].

Yüzey aktif maddelerin hemen her türü suyun havalanmasını etkileyerek çözünmüş oksijen konsantrasyonunu düşürür, yüzeyde sabit köpük oluşumuna neden olur. Bu maddeler pek çok su canlısı üzerinde toksik etki yapmaktadır[9].

Temizleme aracı olarak büyük ölçüde kullanılan anyonik deterjanlar direkt ve dolaylı olarak deniz suyuna karışabilmektedir. Anyonik deterjanlar yüzey-aktivite özellikleri nedeniyle hücre gözenegini çok geçirgen hale getirerek deniz canlıları üzerinde yok edici (deleterious) etkiye neden olabilirler(10).

LAS endüstride ve tüketim ürünlerinde büyük miktarda kullanılan anyonik yüzey aktif maddedir. Çevreye başlıca atık sularla ve çamurlarla girer. Yüzey aktif maddelerin suda yaşayan omurgasızlar üzerindeki akut toksitesi incelendiğinde 48h de LC₅₀ değerleri D.Magana için

1.8-5.6 mg/l aralığında olduğu bulunmuştur(11).

Çeşitli toksik etkileri olan bu maddeleri içeren atık suların, ideal bir suya ait standarta bakıldığında; 0.20 mg/l, uluslararası içme suyu standardına ve ülkemiz için kabul edilen içme suyu standardına (TS 266) bakıldığında; müsaade edilen değeri 0.5 mg/l

maksimum değeri 1mg/l, İstanbul su kalitesi raporu ve ABD çevre koruma ajansı EAP ye göre ise 0.5 mg/l limitlerinde olması istenmektedir.

Deterjan aktif maddeleri alıcı sularda su özelliklerine bağlı olarak 0,5 mg/l den yüksek konsantrasyonlarda köpük oluşturarak havalanmaya ve oksijen alış verişine engel olabilmektedir.

Deterjan üretim fabrikalarının atık suları, evsel atık sular, tekstil endüstrisi gibi deterjan kullanan bazı endüstri kollarının atık sularının alıcı sulara verilmesiyle bu sular gerek yüzey aktif maddeler gerekse katkı maddeleri nedeniyle kirlenmektedir. Bu suların arıtılması, arıtma sistemlerine verdikleri zararlar da sorun olmaktadır.

Yüzey sularında bulunan ve herhangi bir arıtmaya tabi tutulmayan deterjan içeren sular, özellikle bu sularda yaşayan balıkların ve diğer su ürünlerinin yok olmasına sebep olmaktadır. Bunun dışında toprak katmanları arasından kolayca geçerek yeraltı sularına karışan deterjanların bu suların kalitesini bozduğu, arıtma işlemine olan dayanıklılıkları yüzünden içme ve kullanma suyu içinde uzun süre kaldığı belirlenmiştir(12,13,14,15,16).

2. AKTİF KARBON ADSORBSİYONU VE LANGMUIR İZOTERM DENKLEMİ

Adsorbsiyon, maddenin fazlar arasındaki yüzeyde biriktiği fiziksel ve/veya kimyasal bir prosestir. Daha geniş anlamda ise, akışkan moleküllerin katı bir yüzeyde adhezyonudur (yapışması). Adsorbsiyonun temel mekanizması, ayrılacak olan maddenin çözücünden kaçma özelliğine ve katıya duyduğu ilgiye bağlıdır(17).

Adsorbsiyon; bir katı-sıvı sisteminde çözünmüş halde bulunan maddelerin sıvı ortamdan uzaklaştırılmasıdır. Çözelti içinde kalan konsantrasyon miktarı ise yüzeyle dinamik bir denge içinde bulunur. Denge durumunda çözünen maddenin belirli oranlarda katı ve sıvı faz arasındaki dağılımı söz konusudur. Bu oran kirletici konsantrasyonuna ve diğer kirleticilerin mevcudiyeti ile yakından ilgilidir(18).

Sabit sıcaklıkta adsorban tarafından adsorblanan madde miktarı ile denge basıncı ve konsantrasyonu arasındaki bağıntıya adsorbsiyon izotermi adı verilir(19).

Adsorbsiyon izotermi, adsorbsiyon hareketini tanımlamak, sudan organik maddeleri gidermek için kullanılan çeşitli tip proseslerdeki aktif karbonun adsorbsiyon kapasitesini tahmin etmek amacıyla yaygın olarak kullanılır(18). Adsorbsiyon izotermi, sabit sıcaklıkta aktif karbonun birim kütlesinde adsorblanan madde miktarı ile atık suda kalan madde miktarı arasındaki ilişkiyi gösteren bağıntılardır. (20).

Üç tip izoterm vardır; Langmuir, Freundlich ve BET izotermi. Langmuir izotermi tek tabakalı adsorbsiyon içindir. Langmuir eşitliği, adsorblayıcı yüzeyindeki maddenin moleküllerinin doymuş bir tabaka oluşturduğu, enerjinin sabit olduğu, yüzeyde biriken maddelerin ayrılmadığı kabulüne dayanır.

Langmuir eşitliği şu şekilde ifade edilir

$$q = \frac{q_m \cdot K_A \cdot C}{1 + K_A \cdot C} \quad (1)$$

Denklem (1) de verilmektedir. Burada;

q = Katı fazdaki adsorban konsantrasyonu, (mg/g adsorbant)

C = Çözeltideki adsorbat konsantrasyonu, (mg/l)

q_m= Tek tabaka hali için adsorbsiyon kapasitesi, (mg/g adsorbant)

K_A = Adsorbsiyonun entalpisi ile ilgili sabit(birimsizdir)

olarak tanımlanmaktadır. Denklem (1) farklı düzenlerde lineer formlarda yazılabilir. Bunlar denklem (2) ve (3) de gösterilmektedir.

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{K_A \cdot q_m} + \frac{C}{q_m} \quad (2)$$

(2) eşitliği yardımıyla C/q ve C arasında çizilen doğrunun eğimi $1/q_m$ ve doğrunun ordinatı kesim noktası $1/K_A \cdot q_m$ değerini verir. Eşitlik (3) den de aynı şekilde yararlanılabilmektedir (21,22).

Aktif karbon adsorbsiyonu, su ve atık sulardan organiklerin uzaklaştırılmasında önemli bir prosestir. Aktif karbonun bir kere kullanılıp atılması, karbonun %100 yenilenmesinin ekonomik olmayışı nedeniyle sık rastlanan bir durumdur. Tüklenen aktif karbon rejenerasyon işlemine tabi tutulur. Buhar rejenerasyonu, termal rejenerasyon, biyolojik ve kimyasal rejenerasyon kullanılan rejenerasyon yöntemleri arasında sayılabilir(23,24,25,26,27,28,29). Literatürde rejenerasyonda kullanılabilen oksitleyici maddeler araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında klor, potasyum, permanganat, sodyumdikromat, ozon, hidrojenperoksit vb. maddelerin rejenerasyonda etkili olduğu bulunmuştur(30).

Bu çalışmada deterjan yapısında yüzey aktif madde olarak yer alan LABS'ın 20-500 mg/l aralığında değişen konsantrasyonlarını içeren bir sulu çözeltinin kesikli aktif karbon adsorbsiyonu kullanılarak 0.5 mg/l çıkış konsantrasyonuna arıtılma olanakları incelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Adsorbat ve adsorbantı içeren balonlar orta dereceli bir çalkalamanın (300rpm) sağlandığı ve sıcaklığın oda sıcaklığında (25°C) sabit tutulduğu bir inkübatöre yerleştirilmiş ve çözelti pH değeri 8 e ayarlanarak(31), 24 saat süreyle reaksiyona sokulmuştur. Belirtilen süre sonunda elde edilen çözeltiler vakum ile süzülerek aktif karbondan ayrılmıştır. Elde edilen çözeltilerde metilen mavisine aktif maddeler metodu ile anyonik yüzey aktif madde tayini yapılarak çıkış konsantrasyonları belirlenmiştir(32). Langmuir izoterm denklemi kullanılarak, bu verilere ait tek tabaka hali için adsorbsiyon kapasitesi " q_m " hesaplanmıştır.

Denemelerde melas sayısı 210 , iyot numarası 950 ve yoğunluğu 0.52 g/cm^3 olan granüler aktif karbon kullanılmıştır.

Denemelerde kullanılan aktif karbon rejenerasyon işlemine tabi tutulmuştur. Rejenerasyon işlemi için uygulaması kolay, rejenerasyon verimi yüksek ve aktif karbon kaybı az olan kimyasal rejenerasyon seçilmiş, % 3'lük H_2O_2 rejeneratör edici madde olarak kullanılmıştır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 Arıtma

DeneySEL çalışmalarda dört farklı aktif karbon miktarı ve sekiz farklı deterjan konsantrasyonu kullanılmıştır. Bu değerler seçilirken pratikte karşılaşılan deterjan konsantrasyonları olabilecek oranlar göz önüne alınmıştır. Bu konsantrasyonları içeren

suların aktif karbon adsorpsiyonu ile artırılması incelenmiştir. Deney sonuçları Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Uygulanan aktif karbon miktarı ile LABS giriş-çıkış konsantrasyonları

A.K	5 (g)	2 (g)	0.5 (g)	0.1 (g)
C_g Num.Gir (mg/l)	$C_{ç1}$ Num.Çı k (mg/l)	$C_{ç2}$ Num.Çı k (mg/l)	$C_{ç3}$ Num.Çı k (mg/l)	$C_{ç4}$ Num.Çı k (mg/l)
20	0.25	0.75	2.74	9.00
40	0.60	1.65	6.00	20.30
50	0.77	1.90	6.95	25.10
80	1.20	3.01	11.60	45.60
100	1.50	4.08	15.30	57.60
200	2.91	8.50	32.00	120.00
400	7.00	17.80	77.50	310.00
500	8.00	30.80	116.50	420.00

4.2 Rejenerasyon

Öncelikle 5 g aktif karbon 24 saatlik deney süresi içerisinde 1000 mg/l LABS ile doyurulmuştur. Daha sonra H_2O_2 ile rejenerasyon işlemi uygulanmıştır. Rejenerasyon işleminde kullanılacak H_2O_2 hacmini belirlemek amacıyla LABS'ın H_2O_2 ile olan reaksiyonu göz önüne alınarak bu reaksiyondaki stokiometrik oranın (1 mg LAS = 5mg H_2O_2) az ve çok katları rejenere edici madde miktarı olarak ilave edildiğinde rejenerasyon veriminin nasıl değiştiği incelenmiştir. Deney sonuçlarından (Tablo 2) stokiometrik oranlarda H_2O_2 kullanıldığında oldukça iyi bir temizlemenin elde edildiği gözlenmektedir.

Tablo 2. Optimum rejenerant hacminin belirlenmesi

m (mg/l)	H_2O_2 (mg)	C_g (mg/l)	Abs.	$C_{ç1}$ (μ g/100ml)	Num.Hac. (ml)	$C_{ç2}$ (mg/l)
$5 \cdot 10^4$	250	500	0.040	14.65	0.1	146.50
$5 \cdot 10^4$	500	500	0.140	53.33	5.0	10.66
$5 \cdot 10^4$	1500	500	0.037	13.30	1.0	13.30
$5 \cdot 10^4$	5000	500	0.050	17.50	1.0	17.50

5 g temiz aktif karbonun iyi bir temizleme sağladığı 0.1g temiz aktif karbonun ise temizleme kapasitesinin düşük olduğu arıtma kısmında gözlenmiştir. Bu nedenle 2 g ve 0.5 g aktif karbonlara rejenerasyon işlemi uygulanmış ve aşağıdaki deney sistemi izlenmiştir. 2 g aktif karbon 500 mg/l, 0.5 g aktif karbon 200 mg/l LABS ile doyurulmuş ve stokiometrik oranda H₂O₂ ile rejenerasyona tabi tutulmuştur. Rejenerasyon sonrası aktif karbonlar süzülüp arıtma bölümünde belirtilen oranlardaki LABS konsantrasyonlarıyla muamele edilmiştir. İşlem sonrası elde edilen çözeltilerde metilen mavisi metodu ile anyonik yüzey aktif madde ölçümleri yapılarak çıkış konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu değerler Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. Rejenerasyon sonrası deney sonuçları

A.K	2 (g)	0.5 (g)
C _g	C _{ç1}	C _{ç2}
Num.Gir (mg/l)	Num.Çık (mg/l)	Num.Çık (mg/l)
20	1.25	3.50
40	2.25	9.10
50	2.50	13.00
80	5.10	18.30
100	6.70	27.50
200	14.60	84.10
400	25.80	174.90
500	38.60	291.00

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Tablo 1'deki veriler kullanılarak, Denklem (2) yardımıyla Langmuir İzoterm sabitleri hesaplanmıştır (Tablo 4). x/m ile C arasında çizilen grafiğin eğimi ve eksenini kesim noktası en küçük kareler yöntemi kullanılarak bulunmuş, q_m ve K_A değerleri hesaplanmıştır (Tablo 5).

Tablo 6'da LABS giriş konsantrasyonuna ve aktif karbon miktarına bağlı olarak değişen temizleme verimi değerleri yer almaktadır.

Tablo 4. Langmuir izoterm sabitleri

A.K	5 g		2 g		0.5 g		0.1 g	
C_g Num.Gir (mg/l)	$C_{ç1}$ Num.Çı k (mg/l)	$C_{ç1}/q$ (mg/l)	$C_{ç2}$ Num.Çı k (mg/l)	$C_{ç2}/q$ (mg/l)	$C_{ç3}$ Num.Çı k (mg/l)	$C_{ç3}/q$ (mg/l)	$C_{ç4}$ Num.Çı k (mg/l)	$C_{ç4}/q$ (mg/l)
20	0.25	632	0.75	779	2.74	793	9	818
40	0.60	761	1.65	860	6.00	882	20	1030
50	0.77	782	1.90	790	6.95	807	25	1008
80	1.20	761	3.01	781	11.60	848	45	1325
100	1.50	761	4.08	850	15.30	903	57	1352
200	2.91	738	8.50	887	32.00	952	120	1500
400	7.00	890	17.80	931	77.50	1201	310	3444
500	8.00	813	30.80	1312	116.50	1518	420	5250

Tablo 5. Langmuir izoterm denkleminin q_m ve K_A değerleri

q_m (mg/g)	0.1
k_A	0.012

Tablo 6. Aktif Karbonun temizleme verimi değerleri

A.K	5 g	2 g	0.5 g	0.1 g
C_g Num.Gir. (mg/l)	%Temizleme Verimi	%Temizleme Verimi	%Temizleme Verimi	%Temizleme Verimi
20	98.7	96.2	86.3	55.0
40	98.5	95.8	85.0	49.0
50	98.4	96.2	86.1	49.0
80	98.5	96.2	85.0	43.0
100	98.5	95.9	84.7	42.5
200	98.5	95.7	84.0	40.0
400	98.2	95.5	80.6	22.5
500	98.4	93.8	76.7	16.0

Tablo 3'deki veriler kullanılarak, Denklem (2) yardımıyla rejenere edilmiş aktif karbonun Langmuir İzoterm sabitleri hesaplanmıştır (Tablo 6). x/m ile C arasında çizilen grafiğin eğimi ve eksen kesim noktası en küçük kareler yöntemi kullanılarak bulunmuş, q_m ve

K_A değerleri hesaplanmıştır (Tablo 8). Tablo 9'da LABS giriş konsantrasyonuna ve aktif karbon miktarına bağlı olarak değişen temizleme verimi değerleri yer almaktadır.

Tablo 7. Rejenere edilmiş aktif karbonun Langmuir izoterm sabitleri

A.K	2 g		0.5 g		
	C_g Num.Gir (mg/l)	$C_{çR1}$ Num.Çı k (mg/l)	$C_{çR1}/q$ (mg/l)	$C_{çR2}$ Num.Çı k (mg/l)	$C_{ç2}/q$ (mg/l)
20		1.25	1333	3.50	1060
40		2.25	1192	9.10	1467
50		2.50	1052	13.00	1756
80		5.10	1361	18.00	1451
100		6.70	1436	27.50	1896
200		14.60	1574	84.10	3628
400		25.80	1379	174.90	3884
500		38.60	1673	291.00	6961

Tablo 8. Rejenere edilmiş aktif karbonun Langmuir izoterm denkleminin q_m ve K_A değerleri

q_m (mg/g)	0.03
K_A	0.02

Tablo 9. Rejenere edilmiş aktif karbonun temizleme verimi değerleri

A.K	2 g	0.5 g
C_g Num.Gir (mg/l)	%Temizleme Verimi	%Temizleme Verimi
20	93.7	82.5
40	94.3	77.2
50	95.0	74.0
80	93.6	77.1
100	93.3	72.5
200	92.7	57.9
400	93.5	56.2
500	92.2	41.8

6. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada LABS içeren sulu çözeltilerin aktif karbon adsorbsiyonu ile arıtılma olanaklarına bir esas teşkil etmek üzere LABS'ın aktif karbonla adsorbsiyonu deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda;

1. Düşük konsantrasyonlardaki LABS aktif karbonla oldukça yüksek verimlerde adsorbe edilerek giderilebilmektedir.

2. Çeşitli toksik etkileri olan deterjan aktif maddelerini içeren atık suların belirli bir standarda uygun olarak alıcı ortamlara verilmesi gerekmektedir. Bu sınırlar ideal bir suya ait standarta bakıldığında; 0.20 mg/l, uluslararası içme suyu standardına ve ülkemiz için kabul edilen içme suyu standardına (TS266) bakıldığında; müsaade edilen değeri 0.5 mg/l, maksimum değeri 1mg/l, İstanbul su kalitesi raporu ve ABD çevre koruma ajansı EAP ye göre ise 0.5 mg/l limitlerinde olması istenmektedir. Deneysel çalışmalarda 20 mg/l giriş konsantrasyonu için 5 g aktif karbon kullanılarak çıkış konsantrasyonu 0.25 mg/l olarak elde edilmiştir.

Bu giderimin teorik modellenmesi Langmuir izotermi ile değerlendirilmiş ve $q_m = 0.1$ ve $K_A = 0.012$ olarak hesaplanmıştır.

3. Birim yüzey başına uygulanan konsantrasyon arttıkça aktif karbonun temizleme veriminde düşüş gözlenmiştir.

4. Aktif karbon %3 H₂O₂ ile rejenere edilmiştir. Rejenerasyon çözeltilesindeki H₂O₂'nin oranı hesaplanırken, LABS ile H₂O₂'nin verdiği reaksiyon göz önüne alınmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda bu reaksiyondaki stokiometrik oranlardaki miktarın uygun olduğu bulunmuştur.

5. Rejenere edilmiş aktif karbon kullanılan arıtma sisteminin teorik modellenmesi Langmuir izotermi ile değerlendirilmiş ve $q_m = 0.03$ ve $K_A = 0.02$ olarak hesaplanmıştır.

6. Rejenerasyon sonrasında aktif karbonun kapasitesinde düşme gözlenmiştir. Bu düşme LABS konsantrasyonunun artmasıyla ve kullanılan aktif karbon miktarının düşmesiyle artmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Güray, Ö., Deterjanların Sağlık Sorunları Yönünden Araştırılması, İstanbul Tıp Fakültesi Mecmuası, 38:635-654, 1975.

[2] Detergent Manufacture, Chemical Technology review No.62, pp211, 359-365, 1976.

[3] Surfactants, Detergents and Sequestrants, Chemical Technology Review no.192, pp25-64-150-191, 1981.

[4] Övez, B., Yenigül, M., Peker, S., Kısa Zincirli Alkali Aromatik Hidrokarbon Sülfonatların Bulaşık Deterjanlarında Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, E.Ü. Mühendislik Fakültesi, seri C Kimya Mühendisliği, Cilt 3, Sayı 1-2, 1986.

[5] Jungermann, E., Beck, CC. Analysis of ABS Detergents. Soap Chem Specialities, 5:72-75, 1962.

[6] Snell, D., F., Ettore, S., L., "Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis", vol.11, Interscience Publishers adivision of John Wiley & Sons, Inc., New York, 1971.

- [7] Eganhouse, R.P., Blumfield, D.L., Kaplan, I.R., Long-Chain Alkylbenzenes as Molecular Tracers of Domestic Waste in the Marine Environment, Environ. Sci. Technol. 17, 523-530, 1983.
- [8] Özgünay, İ., Sancaklı, İ., "Deterjanların Çevre Kirlenmesindeki Rolü", Bitirme Ödevi, Yıldız Üniversitesi, 1986.
- [9] Güleröğlü, B., Sevinç, H., "Sodyum Polifosfat ve Buna Karşılık Kullanılan Katkı Maddelerinin (zeolitler) Araştırılması, Bitirme Ödevi, Yıldız Üniversitesi, 1987.
- [10] Aidar, E., Sigaud-kutner, T.C.S., Nishihara, L., Schinke, K.P., Braga M.C.C., Farah, E.R., Kutner, m.B.B., Marine Phytoplankton Assays: Effects of Detergents, Marine Environmental Research, Vol 43, No. ½, pp 55-68, 1997.
- [11] Johan, C., Westall, Hua Chen, Wanjia, Z., Bruce, J.,B., "Sorption of Linear Alkylbenzenesulfonates on Sediment Materials", Environ.Sci.Technol., 33, 3110-3118, 1999.
- [12] Şengül, F., Topçu, N., Yılmaz, Z., İzmir Yöresindeki Yüzeysel Sularda Deterjan ve Fosfor Kirliliği, Çevre 86 Sempozyumu, Haziran 1986.
- [13] Thatcher, T., O., Santner, J., F., "Acute Toxicity of LAS to Various Fish Species", 21st Annual Industrial Waste Conference, Purdue Univ., 1966.
- [14] Nelson, J., F., Mckinney, R., E., Ateer, J., H., Konecky, M., S., "The Biodegradability of Alkylbenzene Sulfonates", Devel. In Industrial Microbiology, vol.2, 1961.
- [15] Swisher, R., D., "The Chemistry of Surfactant Biodegradation" The Jour. of Amer. Oil Chemists Soc., vol.40, 1963.
- [16] Roberts, F., W., "The Assessment of softness in a Synthetic Detergent by Biological Methods", J.Inst.Sew Purif., p:3, 1960.
- [17] Kemmer, F., N., Mc Callion, J., The Nalco Water Handbook, Nalco Chemical Company, Mc Graw Hill Inc, 1979.
- [18] Oxenford; J.L., et al., Conference Summary: Design and Use of GAC, Journal of AWWA, January 1991.
- [19] Berkem, A.R., Baykut, S., Berkem, L.M., Fizikokimya, İ.Ü. İletişim Fak. Basım Evi ve Film Merkezi, İstanbul, 1994.
- [20] ICI America Inc., May 1972.
- [21] Baykal, B.B., Physicochemical Treatment, Ders Notları, İ.T.Ü., 1992.
- [22] Çelik, A., "Organobentonitlerin Atık Su Arıtımında Kullanılması", Master Tezi, A.Ü.1999.

- [23] Martin, R.,J., Ng, W., J., "Chemical Rejeneration of Exhausted activated Carbon-1", Water Res., vol.18, no.1, Pergamon Press Ltd., Great Britain, 1984.
- [24] Smith, C.E., Principles and Practice of GAC Reactivation, Application of New Concepts of Physical-Chemical WsatewaterYTreatment, Vol.1, pp.179-186, September 1972.
- [25] Shell, G.L., Lambana, L.,Burns,D.E., Stensel, H.D., Regeneration of Activated Carbon, Application of New Concepts of Physical-Chemical WsatewaterYTreatment, Vol.1, pp.167-177, September 1972.
- [26] Martin, R.J., NQ., W.J., Chemical Regeneration of Exhouted Activated Carbon-I, water Research, Vo.18, No.1, pp.59-73, 1984.
- [27] Martin, R.J., NQ., W.J., Chemical Regeneration of Exhouted Activated Carbon-I, water Research, Vo.19, No.12, pp.1527-1535, 1985.
- [28]Weber, W.J.Jr., Smith, E.H., Activated Carbon Adsorption: The State of The Art, Chemistry for Protection of The Environment, Proceedings of The 9. Int. Conf. Leuven, Belgium, 1985.
- [29] Arslan, İ., "Aktif Karbonla Yapılan Fenol Adsorbsiyonunda Rejenerasyon Olayının İncelenmesi", Bitirme Ödevi, İ.T.Ü., 1986.
- [30] Şengül,F., Küçükgül, E.Y.,Çevre Mühendisliğinde Fiziksel –Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 1988.
- [31] Chen, P.,H., Jenq, C.,H., Chen, K.,M., "Evaluation of Granular Activated Carbon for Removal of Trace Organic Compounds in Drinking Water", Environmental International, Vol. 22, No. 3, pp. 343-359, 1996.
- [32] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17 th edition, APHA-AWWA-WPCF, Washington D.C., 1990.