



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KULLANILMIŞ AĞARTMA TOPRAĞINDAN ELDE
EDİLEN ADSORBENTLERLE BOYAR MADDE
UZAKLAŞTIRILMASI**

Tevfik YÜKSEK

Kimya Anabilim Dalı

Fiziksel Kimya Programı

Danışman

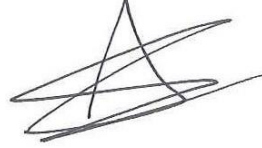
Prof. Dr. Mehmet MAHRAMANLIOĞLU

Mayıs, 2014

İSTANBUL

Bu çalışma 23/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Anabilim Dalı Fiziksel Kimya programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:



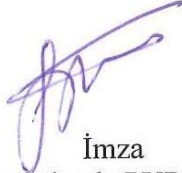
İmza
Prof.Dr.Mehmet MAHRAMANLIOĞLU
(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



İmza
Prof.Dr.İrfan KIZILCIKLI
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



İmza
Prof.Dr.Ayben KİLİSLİOĞLU
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



İmza
Doç.Dr.Süheyla PURA ERGİN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



İmza
Doç.Dr.Kubilay GÜÇLÜ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 38597 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım boyunca engin bilgi ve tecrübeleri ile çalışmalarımı yönlendirerek gösterdiği her türlü destek ve yardımlarından dolayı değerli hocam Prof. Dr. Mehmet MAHRAMANLIOĞLU' na teşekkür ederim.

Yüksek Lisans tezimi proje olarak destekleyen İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Birimi'ne teşekkür ederim (Proje no: 38597).

Maddi ve manevi desteklerinden dolayı tüm hocalarım ve her zaman maddi ve manevi desteklerini yanımda hissettiğim aileme teşekkür ederim.

Mayıs, 2014

Tevfik YÜKSEK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1 ADSORPSİYON.....	3
2.1.1 Adsorpsiyon Çeşitleri.....	3
2.1.2 Adsorpsiyon İzotermi.....	4
2.1.2.1 Giles İzotermi.....	5
2.1.2.2 Langmuir İzotermi.....	5
2.1.2.3 Freundlich İzotermi.....	8
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	9
3.1 KULLANILAN KİMYASAL MALZEMELER VE CİHAZLAR.....	9
3.2 KULLANILAN ADSORBENT.....	10
3.3 ADSORPSİYON ÇALIŞMALARI.....	10
3.3.1 Kesikli Çalışmalar.....	10
4. BULGULAR.....	12
4.1 BOYAR MADDELER İÇİN KONSANTRASYONUN ZAMANLA DEĞİŞİMİ..	12
4.1.1 VBR İçin Konsantrasyonun Zamanla Değişimi.....	12
4.1.2 AR37 İçin Konsantrasyonun Zamanla Değişimi.....	13
4.1.3 AB80 İçin Konsantrasyonun Zamanla Değişimi.....	14
4.1.4 CV İçin Konsantrasyonun Zamanla Değişimi.....	15
4.1.5 MG İçin Konsantrasyonun Zamanla Değişimi.....	16

4.2 ADSORPSİYON KİNETİĞİ.....	17
4.2.1 VBR İçin Lagergren Birinci Mertebe Hız Grafiği.....	17
4.2.2 AR37 İçin Lagergren Birinci Mertebe Hız Grafiği.....	18
4.2.3 AB80 İçin Lagergren Birinci Mertebe Hız Grafiği.....	19
4.2.4 CV İçin Lagergren Birinci Mertebe Hız Grafiği.....	20
4.2.5 MG İçin Lagergren Birinci Mertebe Hız Grafiği.....	21
4.3 TANECİK İÇİ DİFÜZYONU.....	22
4.3.1 VBR Adsorpsiyonu İçin Tanecik İçi Difüzyonu Grafiği.....	22
4.3.2 AR37 Adsorpsiyonu İçin Tanecik İçi Difüzyonu Grafiği.....	23
4.3.3 AB80 Adsorpsiyonu İçin Tanecik İçi Difüzyonu Grafiği.....	24
4.3.4 CV Adsorpsiyonu İçin Tanecik İçi Difüzyonu Grafiği.....	25
4.3.5 MG Adsorpsiyonu İçin Tanecik İçi Difüzyonu Grafiği.....	26
4.4 ADSORPSİYON İZOTERMLERİ.....	27
4.4.1 GİLES ADSORPSİYON İZOTERMLERİ.....	27
4.4.1.1 VBR Adsorpsiyonuna Ait Giles İzoterm Grafiği.....	27
4.4.1.2 AR37 Adsorpsiyonuna Ait Giles İzoterm Grafiği.....	28
4.4.1.3 AB80 Adsorpsiyonuna Ait Giles İzoterm Grafiği.....	29
4.4.1.4 CV Adsorpsiyonuna Ait Giles İzoterm Grafiği.....	30
4.4.1.5 MG Adsorpsiyonuna Ait Giles İzoterm Grafiği.....	30
4.4.2 LANGMUIR ADSORPSİYON İZOTERMLERİ.....	32
4.4.2.1 VBR Adsorpsiyonuna Ait Langmuir İzoterm Grafiği.....	32
4.4.2.2 AR37 Adsorpsiyonuna Ait Langmuir İzoterm Grafiği.....	33
4.4.2.3 AB80 Adsorpsiyonuna Ait Langmuir İzoterm Grafiği.....	34
4.4.2.4 CV Adsorpsiyonuna Ait Langmuir İzoterm Grafiği.....	35
4.4.2.5 MG Adsorpsiyonuna Ait Langmuir İzoterm Grafiği.....	36
4.4.3 FREUNDLICH ADSORPSİYON İZOTERMLERİ.....	38
4.4.3.1 VBR Adsorpsiyonuna Ait Freundlich İzoterm Grafiği.....	38
4.4.3.2 AR37 Adsorpsiyonuna Ait Freundlich İzoterm Grafiği.....	39
4.4.3.3 AB80 Adsorpsiyonuna Ait Freundlich İzoterm Grafiği.....	40
4.4.3.4 CV Adsorpsiyonuna Ait Freundlich İzoterm Grafiği.....	41
4.4.3.5 MG Adsorpsiyonuna Ait Freundlich İzoterm Grafiği.....	42

4.5 TERMODİNAMİK PARAMETRELER.....	44
4.5.1 VBR Adsorpsiyonu İçin $\ln k - 1/T$ Grafiği.....	44
4.5.2 AR37 Adsorpsiyonu İçin $\ln k - 1/T$ Grafiği.....	45
4.5.3 AB80 Adsorpsiyonu İçin $\ln k - 1/T$ Grafiği.....	46
4.5.4 CV Adsorpsiyonu İçin $\ln k - 1/T$ Grafiği.....	47
4.5.5 MG Adsorpsiyonu İçin $\ln k - 1/T$ Grafiği.....	48
4.6 pH ÇALIŞMALARI.....	50
4.6.1 VBR Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	50
4.6.2 AR37 Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	51
4.6.3 AB80 Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	52
4.6.4 CV Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	53
4.6.5 MG Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	54
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	55
6. KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	74

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 4.1.1	: KATA için VBR konsantrasyonunun zamanla değişimi.....	12
Şekil 4.1.2	: KATA için AR37 konsantrasyonunun zamanla değişimi.....	13
Şekil 4.1.3	: KATA için AB80 konsantrasyonunun zamanla değişimi.....	14
Şekil 4.1.4	: KATA için CV konsantrasyonunun zamanla değişimi.....	15
Şekil 4.1.5	: KATA için MG konsantrasyonunun zamanla değişimi.....	16
Şekil 4.2.1	: KATA üzerinde VBR adsorpsiyonu için lagergren grafiği.....	17
Şekil 4.2.2	: KATA üzerinde AR37 adsorpsiyonu için lagergren grafiği.....	18
Şekil 4.2.3	: KATA üzerinde AB80 adsorpsiyonu için lagergren grafiği.....	19
Şekil 4.2.4	: KATA üzerinde CV adsorpsiyonu için lagergren grafiği.....	20
Şekil 4.2.5	: KATA üzerinde MG adsorpsiyonu için lagergren grafiği.....	21
Şekil 4.3.1	: KATA üzerinde VBR adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	22
Şekil 4.3.2	: KATA üzerinde AR37 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	23
Şekil 4.3.3	: KATA üzerinde AB80 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	24
Şekil 4.3.4	: KATA üzerinde CV adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	25
Şekil 4.3.5	: KATA üzerinde MG adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	26
Şekil 4.4.1.1	: KATA üzerinde VBR adsorpsiyonuna ait Giles izoterm grafiği.....	27
Şekil 4.4.1.2	: KATA üzerinde AR37 adsorpsiyonuna ait Giles izoterm grafiği.....	28
Şekil 4.4.1.3	: KATA üzerinde AB80 adsorpsiyonuna ait Giles izoterm grafiği.....	29
Şekil 4.4.1.4	: KATA üzerinde CV adsorpsiyonuna ait Giles izoterm grafiği.....	30
Şekil 4.4.1.5	: KATA üzerinde MG adsorpsiyonuna ait Giles izoterm grafiği.....	31
Şekil 4.4.2.1	: KATA üzerinde VBR adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterm grafiği...	32
Şekil 4.4.2.2	: KATA üzerinde AR37 adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterm grafiği..	33
Şekil 4.4.2.3	: KATA üzerinde AB80 adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterm grafiği..	34
Şekil 4.4.2.4	: KATA üzerinde CV adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterm grafiği.....	35
Şekil 4.4.2.5	: KATA üzerinde MG adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterm grafiği.....	36
Şekil 4.4.3.1	: KATA üzerinde VBR adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm grafiği..	38
Şekil 4.4.3.2	: KATA üzerinde AR37 adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm grafiği.	39
Şekil 4.4.3.3	: KATA üzerinde AB80 adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm grafiği.	40
Şekil 4.4.3.4	: KATA üzerinde CV adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm grafiği....	41
Şekil 4.4.3.5	: KATA üzerinde MG adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm grafiği...	42
Şekil 4.5.1	: KATA üzerinde VBR adsorpsiyonu için $\ln K-1/T$ grafiği.....	44
Şekil 4.5.2	: KATA üzerinde AR37 adsorpsiyonu için $\ln K-1/T$ grafiği.....	45
Şekil 4.5.3	: KATA üzerinde AB80 adsorpsiyonu için $\ln K-1/T$ grafiği.....	46
Şekil 4.5.4	: KATA üzerinde CV adsorpsiyonu için $\ln K-1/T$ grafiği.....	47
Şekil 4.5.5	: KATA üzerinde MG adsorpsiyonu için $\ln K-1/T$ grafiği.....	48
Şekil 4.6.1	: VBR adsorpsiyonuna pH etkisi.....	50
Şekil 4.6.2	: AR37 adsorpsiyonuna pH etkisi.....	51
Şekil 4.6.3	: AB80 adsorpsiyonuna pH etkisi.....	52
Şekil 4.6.4	: CV adsorpsiyonuna pH etkisi.....	53
Şekil 4.6.5	: MG adsorpsiyonuna pH etkisi.....	54

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 4.1 : Boyar maddelerin adsorpsiyonu için Lagergren hız sabitleri.....	21
Tablo 4.2 : Giles izotermi eğrileri.....	31
Tablo 4.3 : Langmuir izotermi sabitleri.....	37
Tablo 4.4 : Freundlich izotermi sabitleri.....	43
Tablo 4.5 : Termodinamik parametreler.....	49

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
b	: Langmuir izoterm sabiti (g/L)
C	: Denge konsantrasyonu (mg/L)
C₀	: Başlangıç konsantrasyonu (mg/L)
k	: Freundlich izoterm sabiti
kad	: Lagergren denklemleri hız sabiti (1/dk)
k_i	: Tanecik içi difüzyon katsayısı (mg/g.dk ^{0.5})
m	: Adsorbent miktarı (g)
n	: Freundlich izoterm sabiti
q	: Birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan madde miktarı(mg/g)
q_e	: Denge halindeki adsorplanan madde miktarı (mg/g)
q_t	: t anında adsorplanan madde miktarı (mg/g)
Q₀	: Langmuir izoterm sabiti (mg/g)
Ө	: Adsorbent yüzeyinin adsorbat tarafından kaplanan yüzey kesri
S	: Adsorbent yüzeyi
t	: Zaman (dakika)
T	: Mutlak sıcaklık (kelvin)
ΔH⁰	: Standart entalpi değişimi (j/mol)
ΔG⁰	: Standart Gibbs serbest enerji değişimi (j/mol)
ΔS⁰	: Standart entalpi değişimi (j/mol.K)

Kısaltmalar	Açıklama
AB80	: Asid blue 80
AR37	: Asid red 37
CV	: Crystal violet
KATA	: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent
MG	: Methylene green
SBE	: Spent bleaching earth
VBR	: Victoria blue R

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KULLANILMIŞ AĞARTMA TOPRAĞINDAN ELDE EDİLEN ADSORBENTLERLE BOYAR MADDE UZAKLAŞTIRILMASI

Tevfik YÜKSEK

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet MAHRAMANLIOĞLU

Kullanılmış ağartma toprağı yenilebilir yağ proseslerinin bir katı atığıdır: Kullanılmış ağartma toprağı iki komponentden oluşur, filtre işleminden uzaklaştırılmamış kalıntı yağ ve montmrollonit kil. Bu madde kuru ya da yağ olarak depolarda doğrudan bozunur. Fakat depolarda bekletme en tehlikelisi doymamış yağın pirojenik tabiatı nedeniyle hızlıca okside olup yüzey tutuşma sıcaklığına gelip yanması gibi problemlere neden olur. Bundan dolayı yağ endüstrisinden gelen kullanılmış ağartma toprağı gibi katı atıkların minimize edilmesinin incelenmesi gerekmektedir ve çevre ve ekonomi açısından iyi bir çözüm düşük maliyetli adsorbent olarak atık su endüstrisinde kullanılmalarıdır. Bu çalışmada kullanılmış ağartma toprağı yeni bir adsorbent elde etmek için ham madde olarak seçildi. Bir adsorbentin kapasitesinin anlaşılması için onu sulardan değişik kirliliklerin uzaklaştırılmasında kullanmak gerekmektedir. Bu çalışmada 5 boyarmadde Viktorya mavisi R, Asit kırmızısı 37, Asit mavisi 80, kristal viyole ve Metilen yeşili kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile uzaklaştırılması gereken kirlilik olarak seçildi.

Bu bağlamda bu çalışmanın amacı kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbentler ile sulu çözeltilerden boyar maddelerin uzaklaştırılması için adsorpsiyon mekanizmalarının ve adsorpsiyon kapasitelerinin ölçülmesidir.

Sulu çözeltilerden boyarmaddelerin kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbentler üzerine adsorpsiyonu zamanın, başlangıç konsantrasyonunun, pH ve sıcaklığın fonksiyonu olarak incelendi. Kinetik çalışmaların verileri Lagergren eşitliği kullanılarak değerlendirildi ve 5 boyarmadde için bu eşitliğin sabitleri hesaplandı.

Ayrıca 5 boyarmadde için tanecik içi difüzyon sabitleri hesaplandı. Adsorbentin kapasitesini anlamak için Langmuir ve Freundlich izotermi kullanıldı ve 5 boyarmadde için her iki izoterm için sabitleri hesaplandı. Değişik pH larda pH etkisi incelendi. Ayrıca sıcaklık etkisi incelendi ve 5 boyarmadde için ΔG , ΔH ve ΔS değerleri hesaplandı.

Mayıs 2014, 85 sayfa.

Anahtar kelimeler: Adsorpsiyon, Kullanılmış Ağartma Toprağı, Boyar maddeler, Adsorpsiyon İzotermi, Adsorpsiyon Kinetiği

SUMMARY

M.Sc. THESIS

REMOVAL OF DYESTUFFS BY THE ADSORBENTS PRODUCED FROM SPENT BLEACHING EARTH

Tevfik YÜKSEK

İstanbul University
Graduate School of Science and Engineering
Department of Chemistry
Supervisor: Prof. Dr. Mehmet MAHRAMANLIOĞLU

Spent bleaching earth (SBE) is a solid waste from edible oil processing industry SBE has two components: residual oil not removed by filter pressing and montmrollonite clay. This material is disposed of directly to landfill option either dry or as a wet slurry. But the landfill option causes the problems, the most dangerous being pyrogenic nature of unsaturated oil which rapidly oxidized of the surface to the point of spontaneous ignition.

Therefore, it is necessary to study on the minimization of pollutant such as SBE from oil industry and a good solution from an environmental and economic standpoint is the application in the waste water industries as low cost adsorbent. In this study SBE was chosen as raw material to produce a new adsorbent. In order to understand the capacity of an adsorbent, it is necessary to use it in the removal of different pollutants from waters In this study five dyestuffs Victoria blue R, Asid red 37, Asid blue 80, Crystal violet and Methylene green were chosen as the pollutant must be removed from waters using the adsorbent produced from SBE.

In this context, the aim of this study was to investigate the adsorption and adsorption mechanisms for removal of dyestuffs from aqueous solutions by the adsorbent produced from SBE.

The adsorption of dyestuffs from aqueous solutions onto the adsorbent produced from SBE was studied as a function of time, initial concentration, pH and temperature. Data of kinetic studies were evaluated using Lagergren equation and constants of this equation for 5 dyestuffs were calculated. Moreover constants of intraparticle diffusion for 5 dyestuffs were calculated. In order to understand the capacity of the adsorbent the Langmuir and Freundlich isotherms were used and constants of both isotherm were calculated for each dyestuf.

Effect of pH was also studied at different pH values. Moreover effect of temperature was studied and values of ΔG , ΔH and ΔS was calculated.

May 2014, 85 pages.

Keywords: Adsorption, Spent Bleaching Earth, Dyestuffs, Adsorption Isotherms, Adsorption Kinetics

1. GİRİŞ

Tekstil, kağıt, plastik, boyar madde gibi bir çok endüstrinin atıklarında boyar madde bulunmaktadır ve bu boyar maddeler önemli ölçüde kirliliğe neden olmaktadır (Crini ve Badot ve diğ.2008). Bu endüstrilerden muamele görmeden yollanan atık sular içerdiği renk nedeniyle çevre kirliliği yanında görüntü kirliliğine neden olmaktadır. Kamuoyu önemli ölçüde renkten etkilenmektedir ve atık sularda ilk tanımlanabilen kirletici renktir (Crini, 2006; Banat 1996).

Bazı boyar maddeler için 1 mg/L'den daha az olmak üzere sulardaki çok az miktarda boyanın varlığı görüntü kirliliğine neden olmaktadır (Crini, 2006; Robinson, 2001; Banat 1996). 1 mg/L konsantrasyonda bile içme suyunu bozmakta ve tüketimi imkansız kılmaktadır (Salleh, Mahmoud, Karim, Idris ve diğ., 2011). Ayrıca boyalar sulardaki güneş ışığı geçişini engellediğinden akuatik bitkileri olumsuz etkilemektedir. Boyar maddeler mutajenik, karsinojenik olabilmekte böbreklere, üreme sistemine, ciğerler, beyne ve merkezi sinir sistemine olumsuz etki yapmaktadır (Salleh, Mahmoud, Karim, Idris ve diğ., 2011).

Boyar maddelerin çoğunun toksik etkisi olması ve görüntü kirliliğine yol açması nedeniyle fabrika atık sularından uzaklaştırılması gerekmektedir.

Atık sulardan boyar madde uzaklaştırılması için genellikle fiziksel ve kimyasal metodlar kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda bazı biyolojik metodlar da kullanılmaktadır. Fiziksel ve kimyasal metodlara örnek olarak flotasyonla birleştirilmiş folokülasyon, elektrofolokülasyon, iyon değişimi, çöktürme, elektrokinetik koagülasyon, ozonizasyon ve adsorpsiyonu verebiliriz (Banat 1996).

Birçok metod kullanılmasına rağmen adsorpsiyon bunların içinde en uygun metottur (Srinivasan, Viraraghavan, 2010; Banat 1996). Çeşitli boyar maddelerin adsorpsiyonu üzerine değişik adsorbentler kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır.

Bu kullanılan adsorbentler arasında aktif karbon kirliliklerin uzaklaştırılması proseslerinde en çok kullanılan adsorbenttir. Aktif karbon pahalıdır bundan dolayı pahalı adsorbentler yerine daha ucuz adsorbentler kullanmak gerekmektedir. Kullanılmış ağartma toprağından yeni bir üretmek kolaydır ve kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ucuzdur. Son yıllarda araştırmacılar kullanılmış ağartma toprağı üzerine çalışmalar yapmış ve iyi sonuçlar almışlardır (Mahramanlioglu ve diğ., 2013; Caliskan ve diğ., 2012; Zahoor ve Mahramanlioglu, 2011; Zahoor ve Mahramanlioglu, 2011; Zahoor ve Mahramanlioglu, 2011; Mahramanlioglu ve diğ., 2010; Mahramanlioglu ve diğ., 2010; Mahramanlioglu ve Ozgen, 2009; Mahramanlioglu, 2008; Mahramanlioglu ve diğ., 2007; Mahramanlioglu, Guclu ve Kizilcikli, 2007; Mahramanlioglu, Guclu ve Misirli, 2006; Mahramanlioglu, Bicer ve Misirli, 2006; Cinarli ve diğ., 2005; Mahramanlioglu ve Guclu, 2004; Misirli ve diğ., 2004; Mahramanlioglu, 2003; Mahramanlioglu ve Guclu, 2003; Mahramanlioglu, Kirbaslar ve Kizilcikli, 2003; Guclu ve Mahramanlioglu, 2003; Mahramanlioglu, Kizilcikli ve Bicer, 2003; Kizilcikli ve Mahramanlioglu, 2002; Mahramanlioglu ve diğ., 2002; Mahramanlioglu, Kizilcikli ve Bicer, 2000; Gokturk, Mahramanlioglu ve Tuncay, 1999; Kheang Loh ve diğ., 2013; Mana ve diğ., 2011; Mana ve diğ., 2008; Suhartini, Hidayat ve Wijaya, 2011; Wambu ve diğ., 2009; Mana ve diğ., 2007; Pollard, Sollars ve Perry, 1993; Tsai, Chang ve Lo, 2005; Tsai ve diğ., 2002).

Bir adsorbentin kapasitesini anlamak için bu adsorbentin çeşitli çeşitli maddelerin uzaklaştırılmasında kullanmak gerekmektedir. Bundan dolayı bu çalışmada tekstil boyar maddeleri sulardan uzaklaştırılması gereken maddeler olarak seçilmiştir. Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbenti test etmek için beş boyar madde seçilmiştir. Bu bağlamda bu çalışmanın amacı ucuz bir adsorbent elde etmek ve boyar maddelerin uzaklaştırılmasında kullanılan arıtma sistemlerinde uygulanabilirliğini göstermektir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 ADSORPSİYON

Bir katının ya da bir sıvının sınır yüzeyindeki konsantrasyon değişmesi olayına adsorpsiyon denir. Atom, iyon ya da moleküllerin bir katı yüzeyinde tutunması “adsorpsiyon” olayıdır, tutunan taneciklerin yüzeyden ayrılması ise “desorpsiyon” olayıdır. Sınır yüzeyde konsantrasyon artışı halinde “pozitif adsorpsiyon” sınır yüzeyde konsantrasyon azalışı halinde “negatif adsorpsiyon” adını alır. Yüzeyde konsantrasyonu artmış olan maddeye “adsorplanmış madde” ya da “adsorbat”; adsorplayan maddeye ise “adsorban” ya da “adsorbent” denir.

Adsorpsiyon olayı maddenin sınır yüzeyindeki moleküller arasında, kuvvetlerin denkleşmemiş olmasından ileri gelir.

2.1.1 Adsorpsiyon Çeşitleri

Kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon olmak üzere iki çeşit adsorpsiyon vardır.

Kimyasal adsorpsiyon; adsorplanan tanecikler ile katı yüzey arasında kimyasal bağ oluşur. Kimyasal adsorpsiyon ısısı bir kimyasal reaksiyon mertebesinde olup 20-100 kcal/mol civarındadır ve sıcaklık arttıkça adsorpsiyon artmaktadır. Adsorplanmış tabaka, monomoleküler tabakadır ve çoğu durumda katının bütün yüzeyinde değil aktif merkez denilen belli merkezlerde yoğunlaşmış olabilir.

Fiziksel adsorpsiyonda ise adsorplanan tanecikler ile katı yüzey arasında zayıf van der waals çekim kuvvetleri etkindir. Fiziksel adsorpsiyon ısısı 4-10 kcal/mol civarındadır. Adsorpsiyon çabuk gerçekleşir ve adsorpsiyon dengesi iki yönlüdür. Adsorbentın bütün yüzeyi adsorpsiyon için önemlidir.

Kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon arasındaki farklar şu şekilde özetlenebilir

- Fiziksel adsorpsiyon genel bir olay olup belirli bir kalıp içine alınmaz; ancak kimyasal adsorpsiyon, adsorbent ile adsorbat arasındaki etkileşime bağlıdır.

- Kimyasal olarak adsorplanan molekül, yüzey ile etkileşir ya da ayrışır, kendi özelliğini kaybeder ve desorpsiyon ile geri kazanılamaz. Fiziksel olarak adsorplanan moleküller, kendi özelliklerini kaybetmezler ve desorpsiyon sonrasında bu moleküller, orijinal halleri ile sıvı faza dönerler.
- Fiziksel adsorpsiyon çok tabakalı olabilirken, kimyasal adsorpsiyon tek tabaka ile sınırlıdır. İlk tabakayı takip eden tabakalardaki tutunmalar, ancak fiziksel adsorpsiyon yolu ile oluşabilir.
- Kimyasal adsorpsiyonda bir aktivasyon enerjisi söz konusudur ve düşük sıcaklıklarda sistem, termodinamik dengeye gelmek için ısı enerjisi sağlayamaz. Fiziksel adsorpsiyonun gerçekleştiği sistemler, daha hızlı dengeye ulaşırlar; fakat taşımanın hız belirleyici olduğu sistemlerde, dengeye ulaşma süresi uzayabilir.
- Kimyasal adsorpsiyon enerjisi, bir kimyasal reaksiyondaki enerji değişimi ile aynı büyüklüktedir. Fiziksel adsorpsiyon daima ekzotermik olarak gerçekleşir ve adsorplayıcının yoğunlaşma enerjisi ile aynı büyüklükte bir enerji gerektirir. Ancak fiziksel adsorpsiyon dar gözenekli adsorbent üzerinde gerçekleştiğinde enerjisi artabilir.

2.1.2 Adsorpsiyon İzotermi

Adsorplayıcı ve adsorplanan yanında sıcaklık sabit tutulduğunda çözeltilen adsorpsiyon yalnızca derişime, gaz fazından adsorpsiyon ise yalnızca basınca bağlıdır. Bu durumda adsorplanan madde miktarının konsantrasyonla ya da basınçla değişimini gösteren grafiklere “adsorpsiyon izotermi” denir.

Bu çalışmada Giles, Langmuir ve Freundlich izotermi kullanılmıştır.

2.1.2.1 Giles İzotermi

Giles ve arkadaşları (1960), adsorpsiyon izotermelerini eğimleri ve eğilmelerine göre dört ana grupta sınıflandırmışlardır: S, L, H ve C izotermi.

S izotermi, genellikle önce konveks sonra konsantrasyon eksenine doğru konkav şeklini alır. “S” harfine benzer şekilde bükülme noktasına sahiptir. Bu tip izoterm, adsorbent-adsorbat arasındaki denge farkı ile açıklanır.

L izotermi, konsantrasyon eksenine doğru konkav şeklindedir ve eğride tek tabakalı adsorpsiyon için gözlemlenen düzlük bulunmaktadır. Bu adsorbentin maddeye karşı doymuş hale geldiğini gösterir. En çok bilinen izotermdir.

H izotermi, L izoterminin seyreltik çözeltilerde, adsorbatın adsorbente ilgisinin büyük olduğu ve tamamının adsorplandığı özel bir durumdur. Bu nedenle eğrinin başlangıç kısmı diktir. Eğri, düşey eksene yatay doğru şeklinde uzanır. Bu izoterm tipinde, adsorplanan türler, iyonik miseller ve polimerik moleküller olabilir.

C izotermi, lineer ve orijinden geçen bir eğridir. Çözünmüş madde, katı içerisine kolayca nüfuz eder. Adsorbent sınırlı sayıda aktif bölge içeriyorsa eğri de doygunluktan gelen bir düzlük görülmektedir.

2.1.2.2 Langmuir İzotermi

Tek tabakalı fiziksel adsorpsiyon ve çözeltilerden adsorpsiyon için geçerli olan eşitliğe, “Langmuir denklemi” denir. Yüzey alanındaki çalışmalarından dolayı 1932 yılı Nobel Kimya Ödülü sahibi Amerikalı bilim adamı Irving Langmuir tarafından 1916 yılında kimyasal adsorpsiyon için çok basit bir adsorpsiyon izotermi türetilmiştir.

Langmuir izotermi aşağıdaki varsayımları kabul eder:

- Yüzeyde moleküller tek tabaka halinde tutunur, tutunan moleküller dissosiyasyon halinde değildir.

- Adsorpsiyon olayında denge söz konusudur. Denge anında adsorpsiyon hızı ile desorpsiyon hızı birbirine eşittir. Adsorpsiyon hızı yüzeyin boş kalan kısımlarına, desorpsiyon hızı ise yüzeyin dolu olan kısımlarına bağlıdır.
- Desorpsiyon entalpisi sabittir ve örtülmüş yüzeyin miktarından bağımsızdır. Bunun anlamı yüzeyin tamamen birbirinin aynı olduğu ve tutunmuş moleküllerin komşu moleküller ile etkileşimde olmadığı anlamına gelir.
- Bir yüzeye çarpan gaz molekülünün yüzeyde tutunması ile buharlaşması arasında ortalama bir t zamanı geçer.

Adsorbentin toplam yüzeyi S, kaplanan yüzey kesri Θ ise; kaplanan yüzey ΘS ve serbest yüzey $(1-\Theta)S$ 'dir. Eğer gazın basıncı P, adsorpsiyon ve desorpsiyon oranı katsayıları sırasıyla k_1 ve k_2 ile gösterilirse dt zamanında,

$$k_1.P (1-\Theta)S dt = k_2.\Theta S dt \quad (2.1)$$

$$\Theta = k_1.P / k_2 + k_1.P \quad (2.2)$$

$b = k_1 / k_2$ olarak alınırsa ;

$$\Theta = b.P + k_1.P \quad (2.3)$$

Şeklinde denklem elde edilir.

Adsorbentin birim kütlesi tarafından adsorplanan gaz miktarı "y" kaplanan yüzey kesri ile orantılıdır.

$$y = k. \Theta = k.b.P / 1 + b.P \quad (2.4)$$

$a = k.P$ olarak alınırsa;

$$\Theta = a.P + b \quad (2.5)$$

olarak elde edilir. Bu denklem Langmuir adsorpsiyon izotermi denklemdir. “a” ve “b”, incelenen sisteme ait deneme ile tayin edilen miktarları göstermektedir. “y” ise bir gram adsorbent tarafından adsorplanan madde miktarıdır.

Langmuir adsorpsiyon denklemi şu şekilde ifade edilebilir:

$$P / y = P / (x/m) = 1 / a + (b/a) \quad (2.6)$$

P/y ile P arasında çizilen grafiğin eğiminden b/a ve kesiminden $1/a$ değerleri bulunur.

Doğrusal Langmuir İzotermi şu şekilde ifade edilirse;

$$C / q = C / q_0 + 1/ q_0b \quad (2.7)$$

C , denge konsantrasyonunu; q , birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan madde miktarını, q_0 ve b ise Langmuir izoterm sabitlerini göstermektedir. C/q ile C arasında çizilen doğrunun eğim ve kesim değerlerinden q_0 ve b sabitleri bulunur.

2.1.2.3 Freundlich İzotermi

Alman fizikokimyacı Herbert Max Finlay Freundlich tarafından 1926 yılında Freundlich izotermi, önerilmiştir. Belli miktarda adsorbent tarafından adsorplanan gaz miktarı, basıncın artmasıyla artar ve daha sonra adsorbentin yüzeyinin gaz molekülleri ile doymasıyla adsorpsiyon hızında yavaşlama olur. Freundlich izoterm bağıntısı;

$$q = k.C^n \quad (2.8)$$

şeklinde ifade edilir. Burada C, denge konsantrasyonu; q, birim miktar tarafından adsorplanan madde miktarını; k ve n ise Freundlich izoterm sabitlerini ifade etmektedir.

Freundlich izoterm bağıntısı lineerize edilirse:

$$\ln q = \ln k + n \ln C \quad (2.9)$$

şekline dönüşür. $\ln q$ ve $\ln C$ arasında çizilen doğrunun eğiminden n sabiti, kesiminden ise k sabiti bulunur.

Freundlich izoterm bağıntısındaki n sabiti, tutunma bölgelerini ifade eder. Bu sabitin sıfırla bir arasında olması tercih edilir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 KULLANILAN KİMYASAL MALZEMELER VE CİHAZLAR

Çalışmada kullanılan kimyasal malzemeler ve cihazlar aşağıdaki gibidir.

- Victoria Blue R, Sigma-Aldrich firmasının 234176-25G katalog numaralı ürünüdür.
- Asid Red 37, Sigma-Aldrich firmasının 511056-50G katalog numaralı ürünüdür.
- Asid Blue 80, Sigma-Aldrich firmasının 210323-100G katalog numaralı ürünüdür.
- Methylene Green, Sigma-Aldrich firmasının M7766-25G katalog numaralı ürünüdür.
- Crystal Violet, Merck firmasının 1.01408.0025 katalog numaralı ürünüdür.
- Çalışmalarda kullanılan adsorbent kullanılmış ağartma toprağından laboratuvarında elde edilmiştir.
- NaOH, Fluka firmasının 71692 katalog numaralı ürünüdür.
- HCl, Merck firmasının 1.00319.2500 katalog numaralı ürünüdür.
- Çalışmalarda tartımları almak için Radwag was 220/X model hassas terazi kullanılmıştır.
- pH ölçümleri, Thermo Orion 720A+pH cihazı ile yapılmıştır.
- UV-görünür bölge spektroskopisi ölçümleri, Thermo Electron Corporation Helios Y cihazı ile yapılmıştır.
- Çalışmalarda kullanılan saf su Nüve NS 108 destilasyon cihazı ile elde edilmiştir.
- Santrifüj için, Elektro-Mag M 4848 model santrifüj cihazı kullanılmıştır.
- Chiltern HS31 model ve Thermal marka ısıtıcılı manyetik karıştırıcı kullanılmıştır.
- Nüve ST 402 model termostatlı çalkalayıcı kullanılmıştır.
- Çalışmalarda Isalab marka cam malzeme kullanılmıştır.

3.2 KULLANILAN ADSORBENT

Adsorbent Eldesi;

Adsorbent hazırlanması: sülfürik asit çözeltisi (16 ml su 8 ml sülfürik asit) 25 g kullanılmış ağartma toprağı ile karıştırıldı 350 °C 5 saat karbonize edildi, daha sonra fırından çıkarıldı numuneler 0,1 M HCl ile çalkalandı ve bundan sonrada adsorbentler saf su ile üç defa yıkandı. Yıkamadan sonra numuneler 105 °C de 16 saat kurutuldu. Daha sonra kullanılmak üzere kapalı kaptaki saklandı.

3.3 ADSORPSİYON ÇALIŞMALARI

3.3.1 Kesikli Çalışmalar

Kesikli çalışmalarda boyar madde adsorpsiyonu için; çeşitli konsantrasyonlardaki boyar madde çözeltilerinden belirli hacimler alınarak her birinin içerisine belirli miktarlarda adsorbent ilave edildi ve elde edilen karışımlar dengeye ulaşmaya kadar çalkalandı. Bu süre sonunda karışımlardan numuneler alındı ve ikişer defa santrifüj edildi. Elde edilen berrak fazlardan bir miktar alınıp boyar maddelerin konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla, UV- spektrofotometre cihazında absorbans değerleri ölçüldü. Elde edilen denge değerleri, adsorpsiyon izotermelerinin çizilmesinde ve adsorpsiyon izoterm sabitlerinin hesaplanmasında kullanıldı.

Adsorpsiyon kinetiğı verilerinin elde edilmesi için; 30 ve 50 mg/L başlangıç konsantrasyonlarında boyar madde çözeltilerinin içerisine ayrı ayrı 0.025 ile 0.1 g adsorbent ilave edildi ve karışımlar çalkalayıcıda çalkalanmaya başlandı. Belirli zaman aralıklarında (5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360 dakikalarda) karışımlardan numuneler alındı ikişer defa santrifüj edildi. Elde edilen berrak fazdan bir miktar sıvı alındı boyar maddelerin konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla, UV- spektrofotometre cihazında absorbans değerleri ölçüldü. Çalışmanın bu kısmında elde edilen değerlerle, adsorpsiyon kinetiğı verileri elde edildi ve bazı kinetik denklemlerin sabitleri hesaplandı.

Termodinamik parametrelerin hesaplanması için 20 ile 55 C⁰ sıcaklık değerlerinde çalışıldı. Sıcaklık çalışmasında belirtilen her bir sıcaklık değeri için 30 ve 50 mg/L başlangıç konsantrasyonunda boyar madde çözeltilerinin içerisine ayrı ayrı 0.025 ile 0.1

g adsorbent ilave edildi ve karışımlar, dengeye ulaşınca kadar çalkalandı. Karışımlardan numuneler alınarak ikişer defa santrifüj edildi. Elde edilen berrak fazlardan bir miktar alındı boyar maddelerin konsantrasyonunu belirlemek amacıyla, UV-spektrofotometre cihazında absorbans değerleri ölçüldü. Elde edilen veriler kullanılarak ΔH° , ΔS° ve ΔG° termodinamik değerleri hesaplandı.

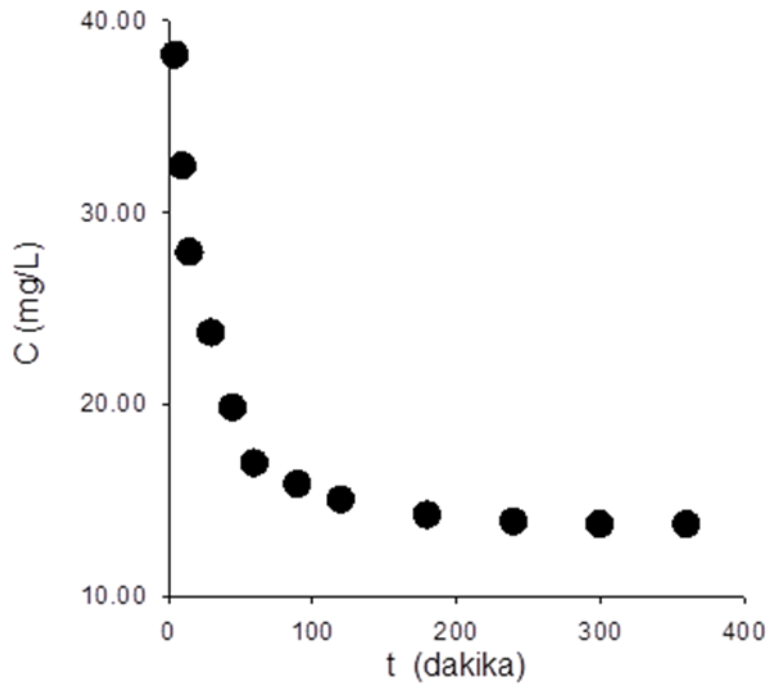
Adsorpsiyona pH' ın etkisini incelemek için; 0.1 M NaOH ve 0.1 M HCl çözeltileri ile 30 ve 50 mg/L başlangıç konsantrasyonlarındaki boyar madde çözeltilerinin pH değerleri, 3-9 aralığında olacak şekilde ayarlandı. Daha sonra pH' ı ayarlanan boyar madde çözeltilerinden belirli miktar alındı ve içerisine 0.03 g adsorbent ilave edildi karışımlar dengeye ulaşınca kadar çalkalandı. Daha sonra karışımlardan numuneler alındı ve ikişer defa santrifüj edildi. Elde edilen berrak fazlardan birer miktar sıvı alındı ve boyar maddelerin konsantrasyonunu belirlemek amacıyla, UV-spektrofotometre cihazında absorbans değerleri ölçüldü.

4. BULGULAR

4.1 BOYAR MADDELERİN ADSORPSİYONU İÇİN KONSANTRASYONUN ZAMANLA DEĞİŞİMİ

4.1.1 VBR İÇİN Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

50 mg/L başlangıç konsantrasyonunda kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde VBR adsorpsiyonu için dengeye gelme süresine ait zaman-konsantrasyon verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.1.1 ile gösterilmiştir.

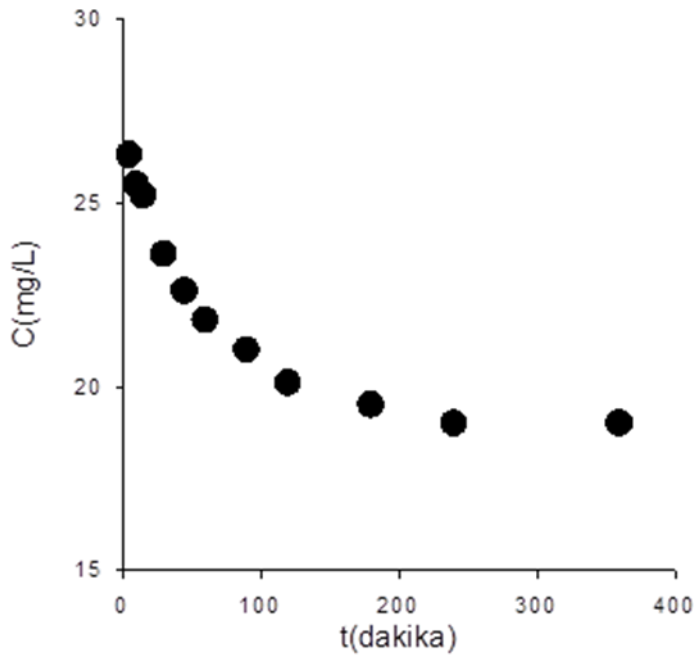


Şekil 4.1.1: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent için VBR konsantrasyonunun zamanla değişimi.

Dengeye 300 dakikada gelinmiştir.

4.1.2 AR37 İçin Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

30 mg/L başlangıç konsantrasyonunda kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AR37 adsorpsiyonu için dengeye gelme süresine ait zaman-konsantrasyon verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.1.2 ile gösterilmiştir.

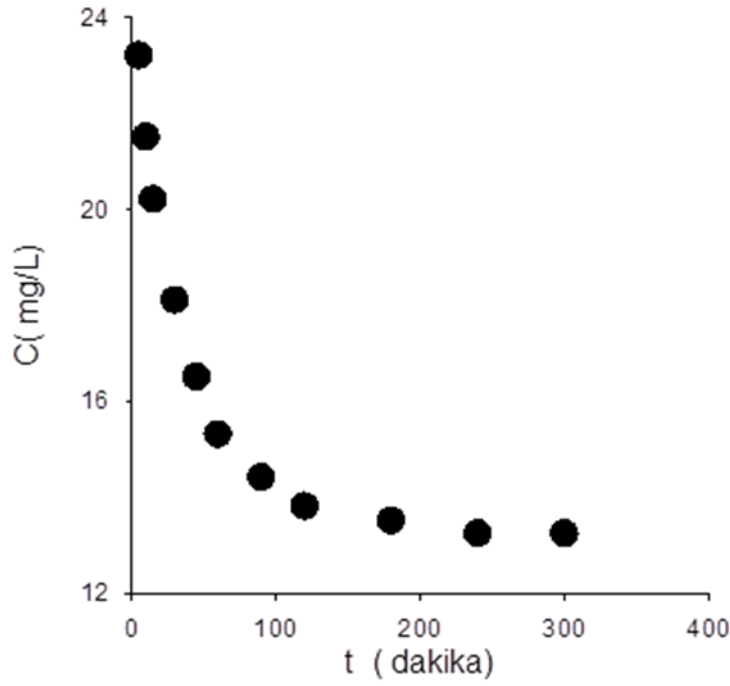


Şekil 4.1.2: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent için AR37 konsantrasyonunun zamanla değişimi.

Dengeye 240 dakikada gelinmiştir.

4.1.3 AB80 İçin Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

30 mg/L başlangıç konsantrasyonunda kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AB80 adsorpsiyonu için dengeye gelme süresine ait zaman-konsantrasyon verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.1.3 ile gösterilmiştir.

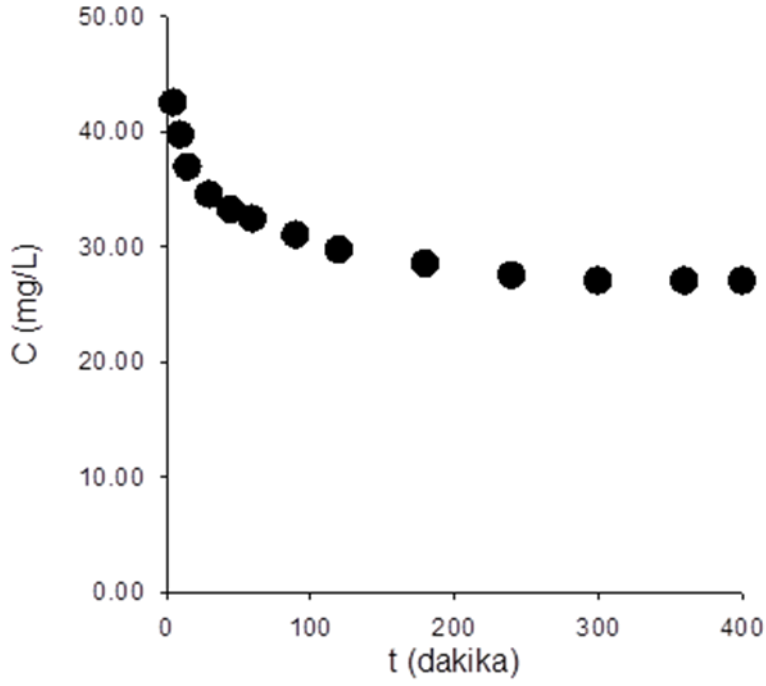


Şekil 4.1.3: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent için AB80 konsantrasyonunun zamanla değişimi.

Dengeye 240 dakikada ulaşmaktadır.

4.1.4 CV İçin Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

30 mg/L başlangıç konsantrasyonunda kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde CV adsorpsiyonu için dengeye gelme süresine ait zaman-konsantrasyon verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.1.4 ile gösterilmiştir.

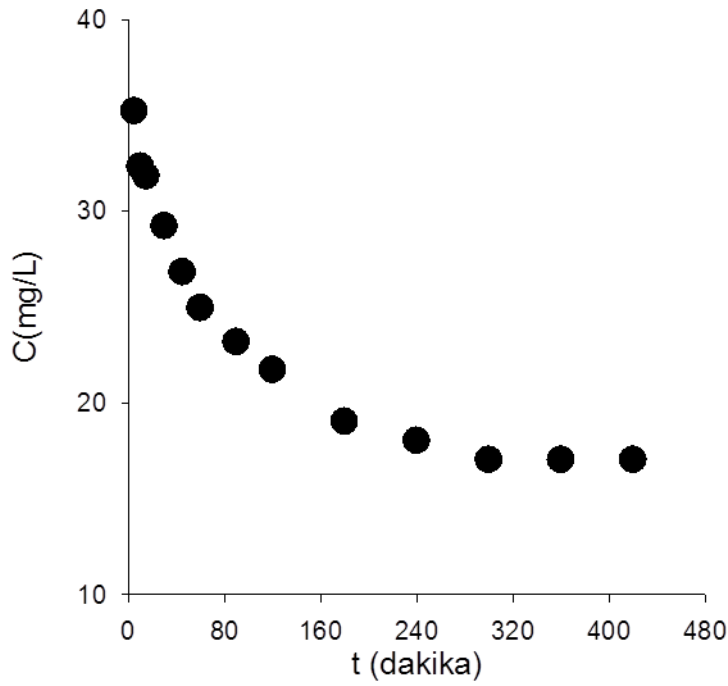


Şekil 4.1.4: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent için CV konsantrasyonunun zamanla değişimi.

Dengeye 300 dakikada gelmektedir.

4.1.5 MG İçin Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

50 mg/L başlangıç konsantrasyonunda kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbentn adsorbenti üzerinde MG adsorpsiyonu için dengeye gelme süresine ait zaman-konsantrasyon verilerinden elde edilen grafik Şekil 4.1.5 ile gösterilmiştir.



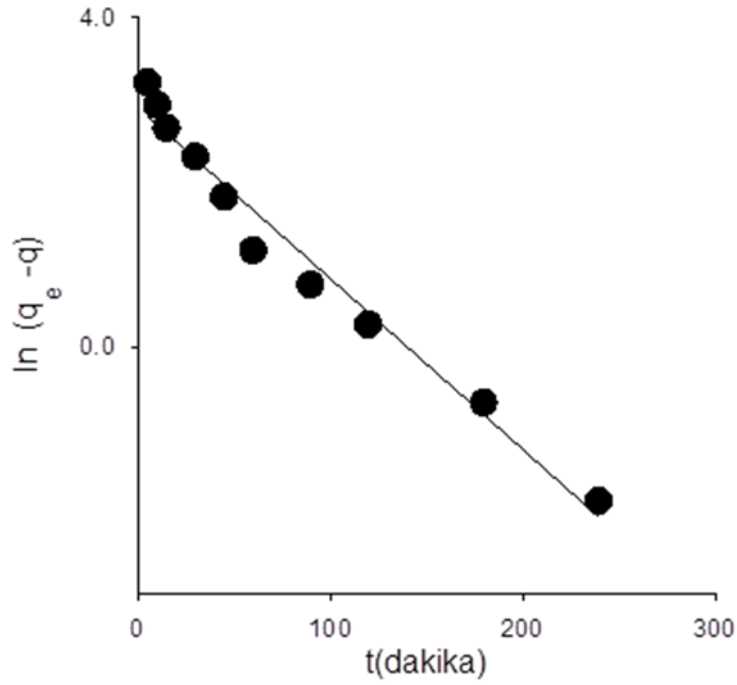
Şekil 4.1.5: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent için MG konsantrasyonunun zamanla değişimi.

Dengeye 360 dakikada gelinmiştir.

4.2 ADSORPSİYON KİNETİĞİ

4.2.1 VBR İçin Lagergren Birinci Mertebe Hız Grafiği

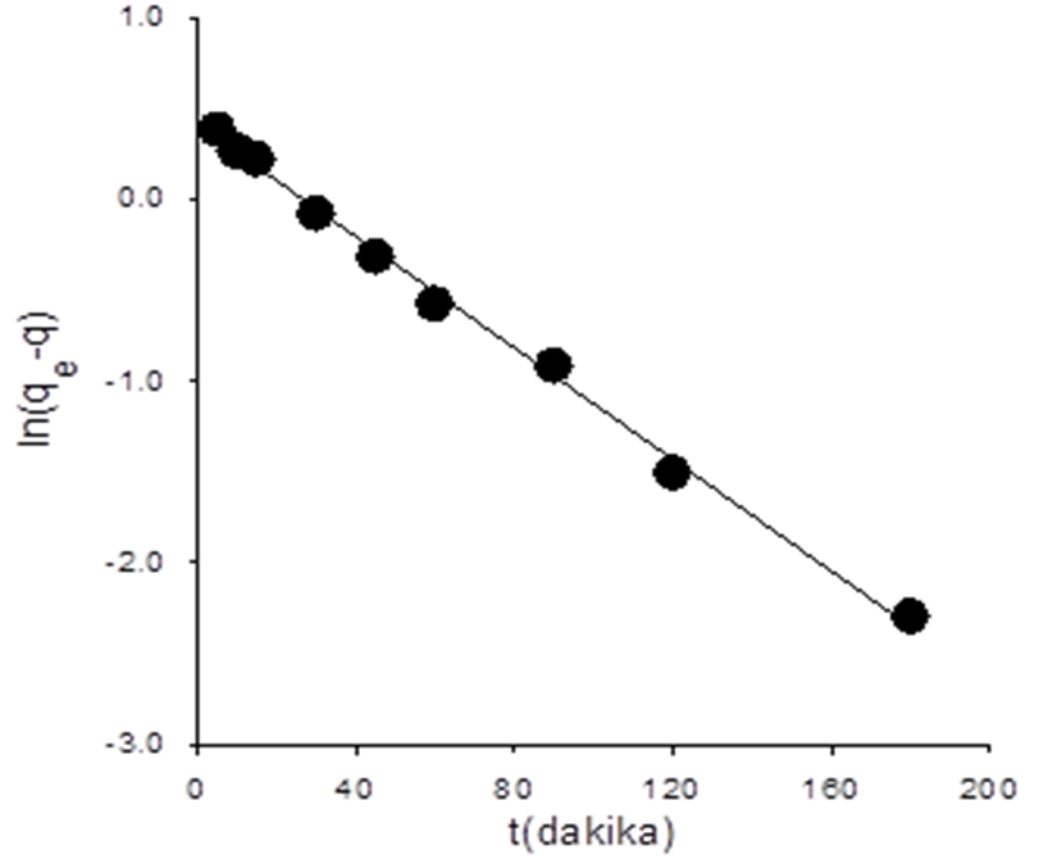
Şekil 4.2.1 de görülen grafiğin eğiminden kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde VBR adsorpsiyonuna ait Lagergren adsorpsiyon hız sabiti (k_{ad}), 50 mg/L başlangıç konsantrasyonu için 0.0207 dk^{-1} olarak bulunmuştur.



Şekil 4.2.1: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde VBR adsorpsiyonu için Lagergren grafiği.

4.2.2 AR37 İçin Lagergren Birinci Mertebe Hız Grafiği

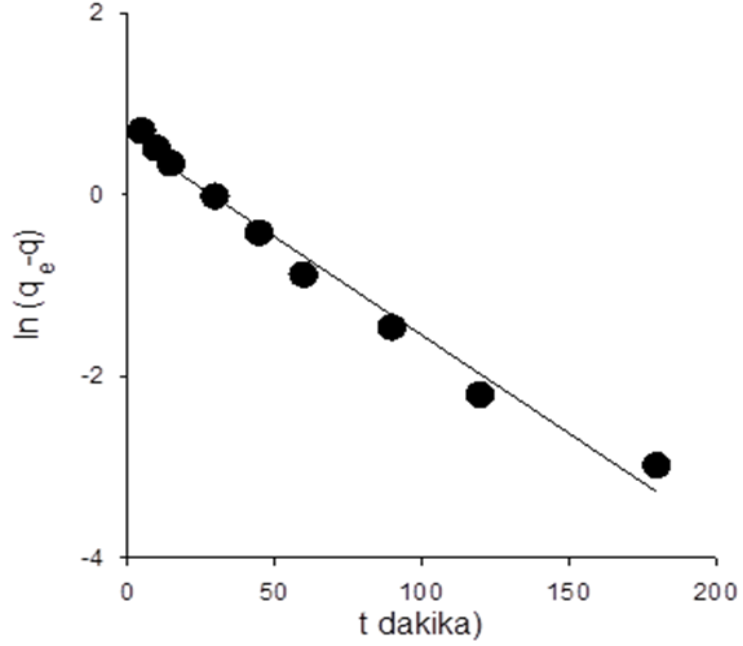
Şekil 4.2.2 de AR37 adsorpsiyonu için elde edilen zamana karşı konsantrasyon değerlerinin Lagergren denklemiyle değerlendirilmesi sonucu çizilen grafik grlmektedir. Şekil 4.2.2 de görülen grafiğin eğiminden kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AR37 adsorpsiyonuna ait Lagergren adsorpsiyon hız sabiti (k_{ad}), 30 mg/L başlangıç konsantrasyonu için 0.015 dk^{-1} olarak bulunmuştur.



Şekil 4.2.2: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AR37 adsorpsiyonu için Lagergren grafiği.

4.2.3 AB80 İçin Lagergren Birinci Mertebe Hız Grafiği

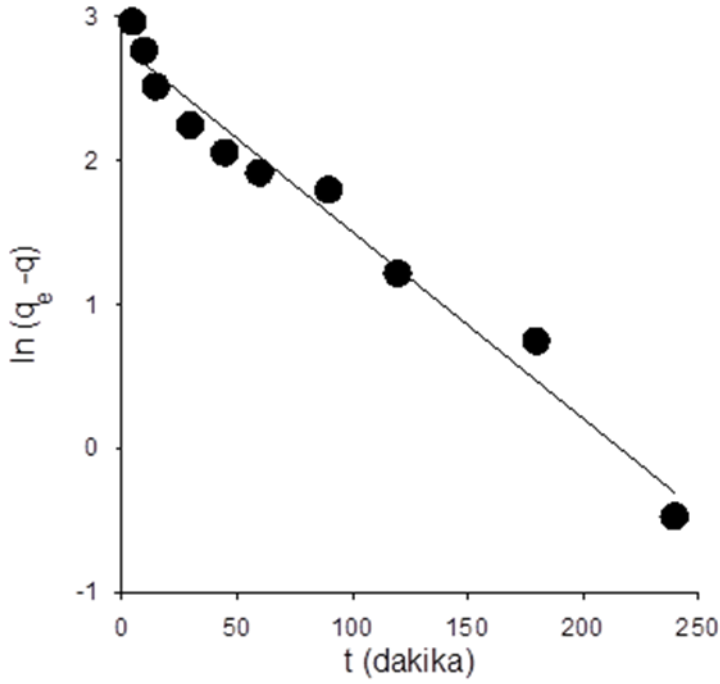
Şekil 4.2.3 de görülen grafiğin eğiminden kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AB80 adsorpsiyonuna ait Lagergren adsorpsiyon hız sabiti (k_{ad}), 30 mg/L başlangıç konsantrasyonu için 0.0216 dk^{-1} olarak bulunmuştur.



Şekil 4.2.3: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AB80 adsorpsiyonu için Lagergren grafiği.

4.2.4 CV İçin Lagergren Birinci Mertebe Hız Grafiği

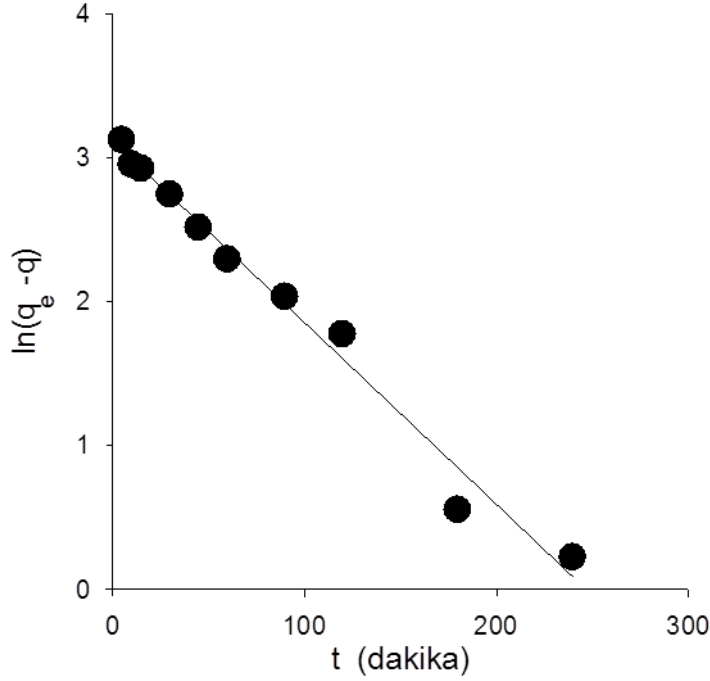
Şekil 4.2.4 de görülen grafiğin eğiminden kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde CV adsorpsiyonuna ait Lagergren adsorpsiyon hız sabiti (k_{ad}), 30 mg/L başlangıç konsantrasyonu için 0.013 dk^{-1} olarak bulunmuştur.



Şekil 4.2.4: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde CV adsorpsiyonu için Lagergren grafiğı.

4.2.5 MG İçin Lagergren Birinci Mertebe Hız Grafiği

Şekil 4.2.5 de MG adsorpsiyonu için elde edilen zamana karşı konsantrasyon değerlerinin Lagergren denklemiyle değerlendirilmesi sonucu çizilen grafik görülmektedir. Şekil 4.2.5 de görülen grafiğin eğiminden KAT üzerinde MG adsorpsiyonuna ait Lagergren adsorpsiyon hız sabiti (k_{ad}), 50 mg/L başlangıç konsantrasyonu için 0.0126 dk^{-1} olarak bulunmuştur.



Şekil 4.2.5: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde MG adsorpsiyonu için Lagergren grafiğı.

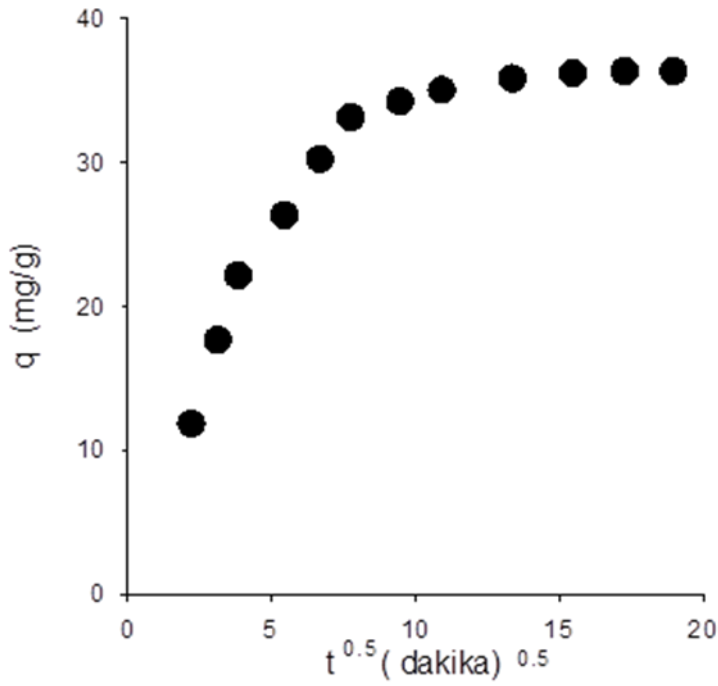
Tablo 4.1 Lagergren denklemi hız sabitleri

Zaman (dakika)	Boyar maddeler	k (1/dk)
240	Asid blue 80	0,0216
240	Asid red 37	0,015
240	Victoria blue R	0,0207
300	Methylene green	0,0126
300	Crystal violet	0,0134

4.3 TANECİK İÇİ DİFÜZYONU

4.3.1 VBR Adsorpsiyonu İçin Tanecik İçi Difüzyonu Grafiği

Şekil 4.3.1 te tanecik içi adsorpsiyonun herhangi bir t anında birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan madde miktarıyla zamanın kökü arasında grafik çizilmiştir ve buradan tanecik içi difüzyon katsayısı hesaplanmıştır.

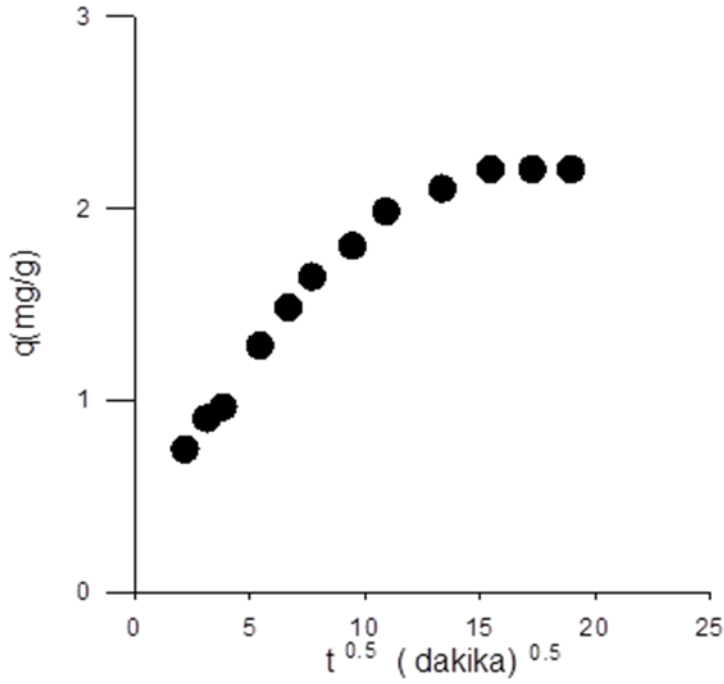


Şekil 4.3.1: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde VBR adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiğı.

Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde VBR adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon hız sabiti, 50 mg/L başlangıç konsantrasyonu için k_i , 1.95 mg/g.dk^{0.5} olarak bulunmuştur.

4.3.2 AR37 Adsorpsiyonu İçin Tanecik İçi Difüzyonu Grafiği

Şekil 4.3.2 te tanecik içi adsorpsiyonun herhangi bir t anında birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan madde miktarıyla zamanın kökü arasında grafik çizilmiştir ve burdan tanecik içi difüzyon katsayısı hesaplanmıştır.

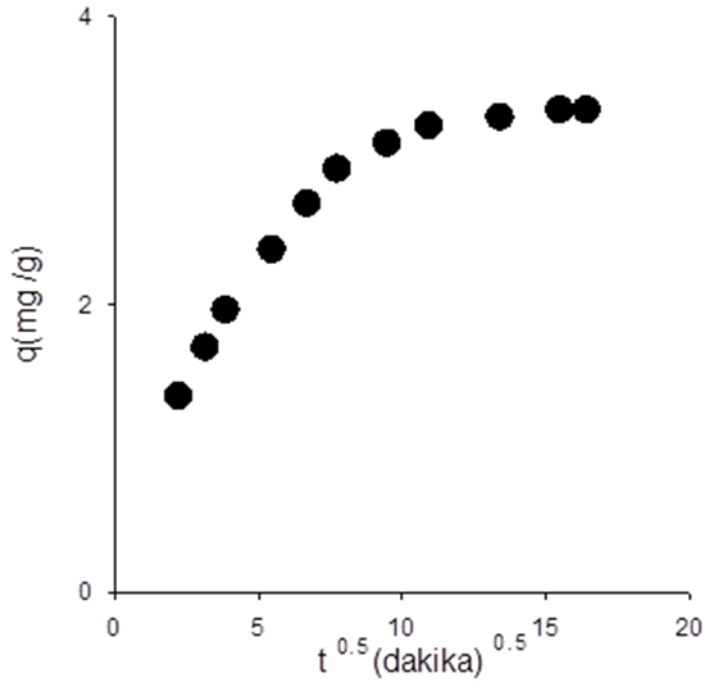


Şekil 4.3.2: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AR37 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiğı.

Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AR37 adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon hız sabiti, 30 mg/L başlangıç konsantrasyonu için k_i , 0.10 mg/g.dk^{0.5} olarak bulunmuştur.

4.3.3 AB80 Adsorpsiyonu İçin Tanecik İçi Difüzyonu Grafiği

Şekil 4.3.3 te tanecik içi adsorpsiyonun herhangi bir t anında birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan madde miktarıyla zamanın kökü arasında grafik çizilmiştir ve buradan tanecik içi difüzyon katsayısı hesaplanmıştır.

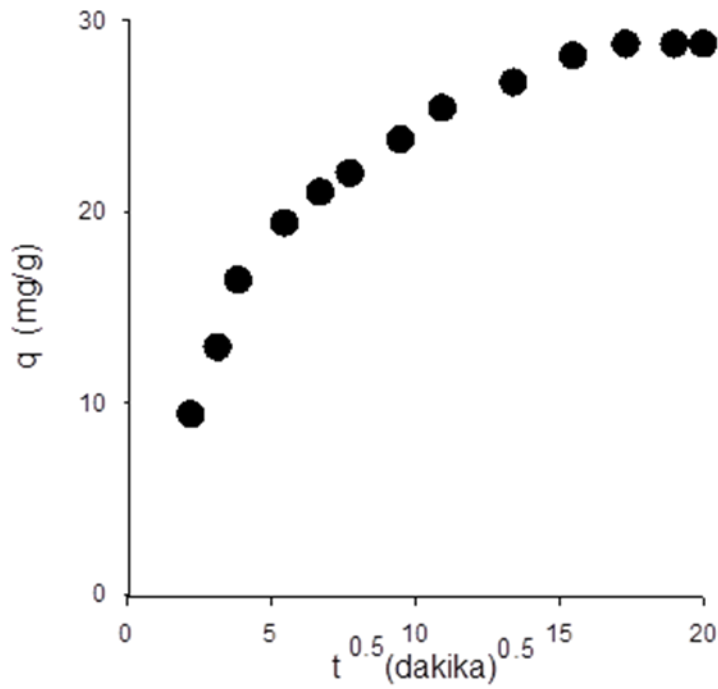


Şekil 4.3.3: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AB80 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiğı.

Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AB80 adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon hız sabiti, 30 mg/L başlangıç konsantrasyonu için k_i , 0.089 mg/g.dk^{0.5} olarak bulunmuştur

4.3.4 CV Adsorpsiyonu İçin Tanecik İçi Difüzyonu Grafiği

Şekil 4.3.4 te tanecik içi adsorpsiyonun herhangi bir t anında birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan madde miktarıyla zamanın kökü arasında grafik çizilmiştir ve buradan tanecik içi difüzyon katsayısı hesaplanmıştır

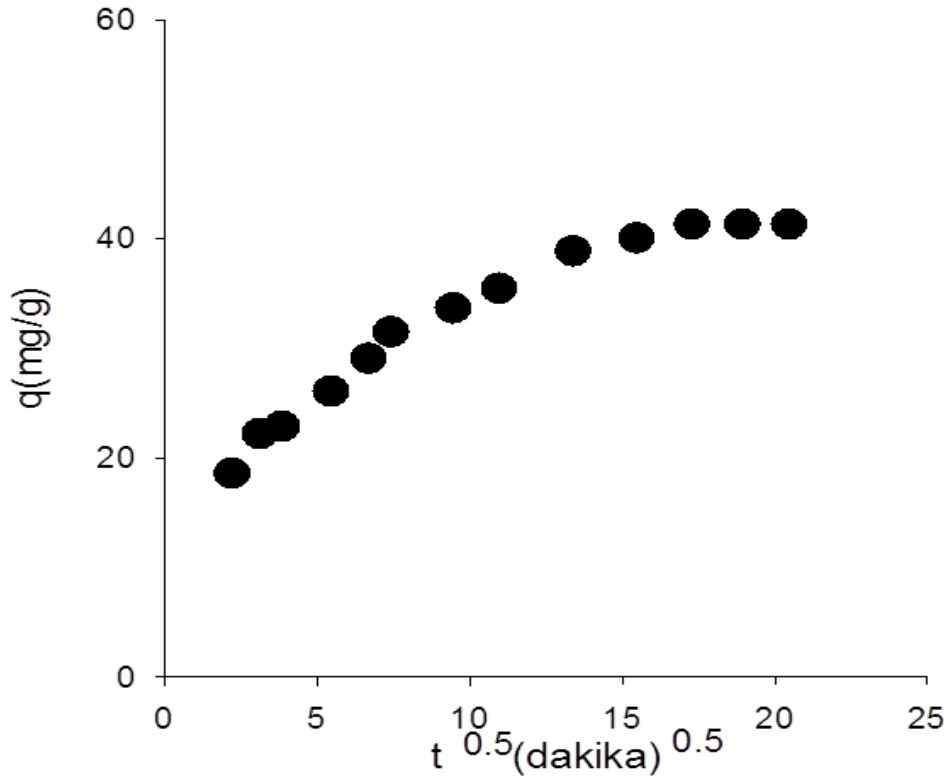


Şekil 4.3.4: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde CV adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.

Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde CV adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon hız sabiti k_i , 30 mg/L başlangıç konsantrasyonu için $0.87 \text{ mg/g.dk}^{0.5}$ olarak bulunmuştur.

4.3.5 MG Adsorpsiyonu İçin Tanecik İçi Difüzyonu Grafiği

Şekil 4.3.5 te tanecik içi adsorpsiyonun herhangi bir t anında birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan madde miktarıyla zamanın kökü arasında grafik çizilmiştir ve buradan tanecik içi difüzyon katsayısı hesaplanmıştır.



Şekil 4.3.5: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde MG adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiğı.

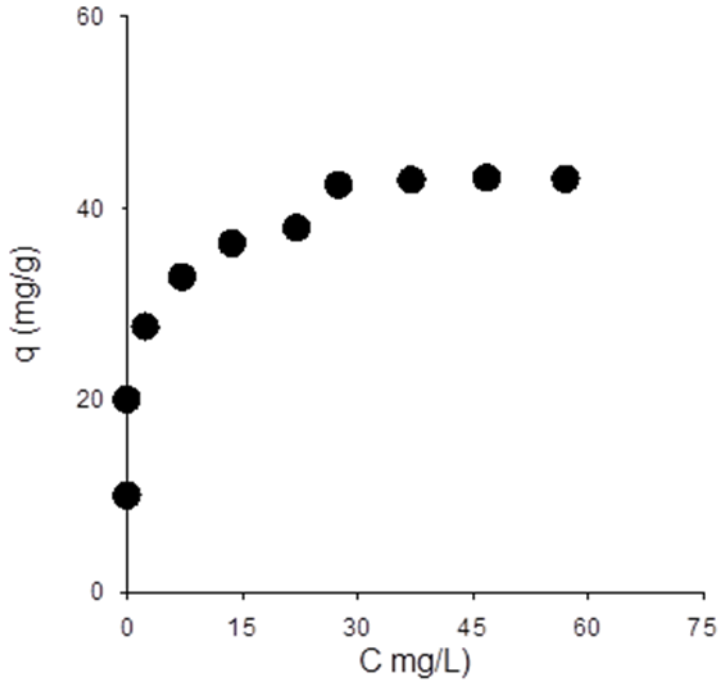
Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde MG adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon hız sabiti k_i , 50 mg/L başlangıç konsantrasyonu için $1.61 \text{ mg/g.dk}^{0.5}$ olarak bulunmuştur.

4.4 ADSORPSİYON İZOTERMLERİ

4.4.1 GİLES ADSORPSİYON İZOTERMLERİ

4.4.1.1 VBR Adsorpsiyonu İçin Giles İzotermi Grafiği

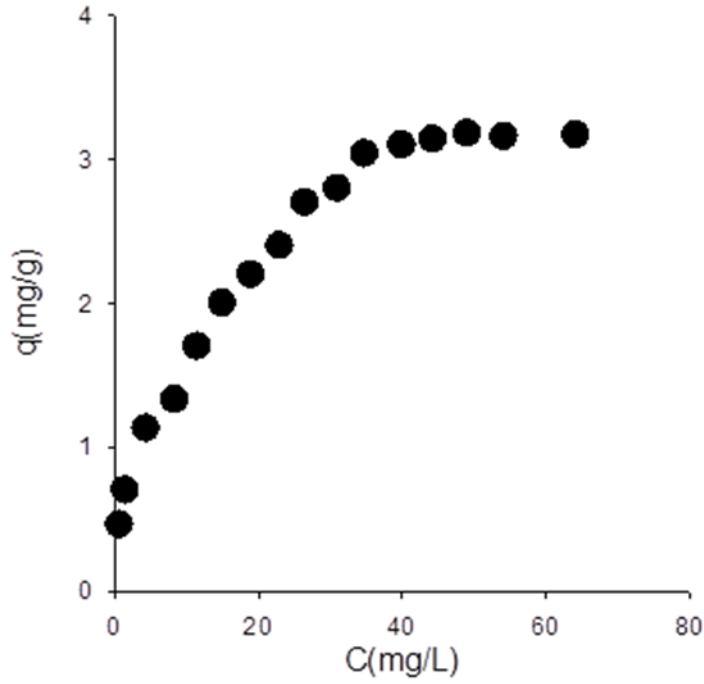
Şekil 4.4.1.1 te kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde VBR adsorpsiyonuna ait Giles izoterm tipini belirlemek için denge değeri C ile birim miktar adsorbent tarafından adsorbe edilen miktar q arasında grafik çizilmiştir.



Şekil 4.4.1.1: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde VBR adsorpsiyonuna ait Giles izoterm grafiği.

4.4.1.2 AR37 Adsorpsiyonu için Giles İzotermi Grafiği

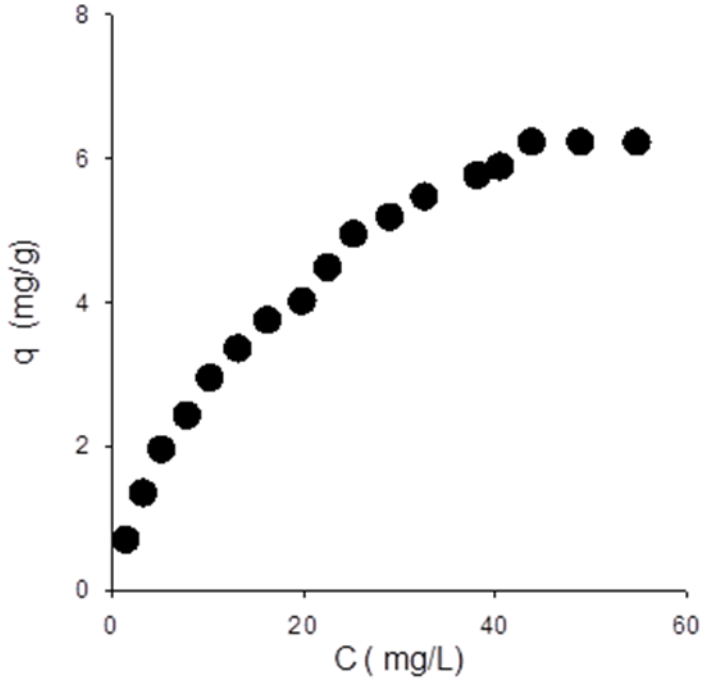
Şekil 4.4.1.2 te kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AR37 adsorpsiyonuna ait Giles izoterm tipini belirlemek için denge değeri C ile birim miktar adsorbent tarafından adsorbe edilen miktar q arasında grafik çizilmiştir.



Şekil 4.4.1.2: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AR37 adsorpsiyonuna ait Giles izoterm grafiği.

4.4.1.3 AB80 Adsorpsiyonu İçin Giles İzotermi Grafiği

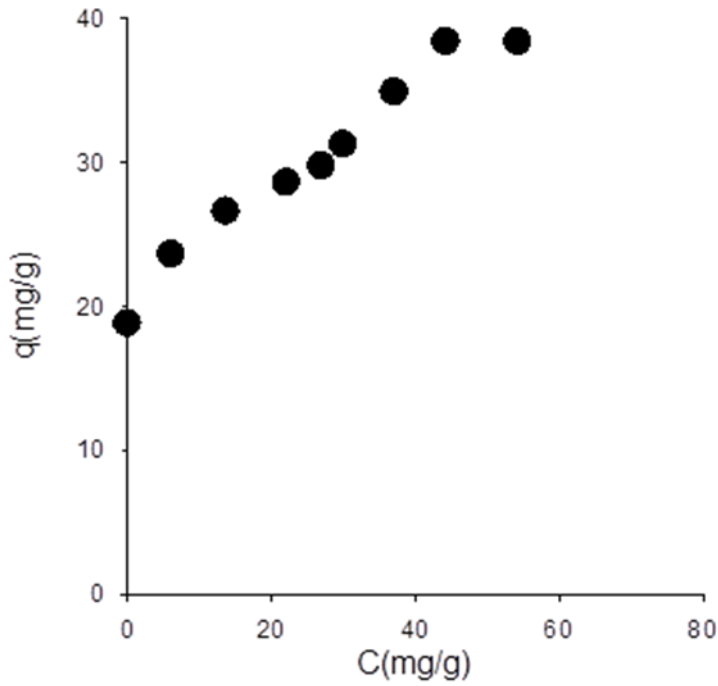
Şekil 4.4.1.3 te kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AB80 adsorpsiyonuna ait Giles izoterm tipini belirlemek için denge değeri C ile birim miktar adsorbent tarafından adsorbe edilen miktar q arasında grafik çizilmiştir.



Şekil 4.4.1.3: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AB80 adsorpsiyonuna ait Giles izoterm grafiği.

4.4.1.4 CV Adsorpsiyonu İçin Giles İzotermi Grafiği

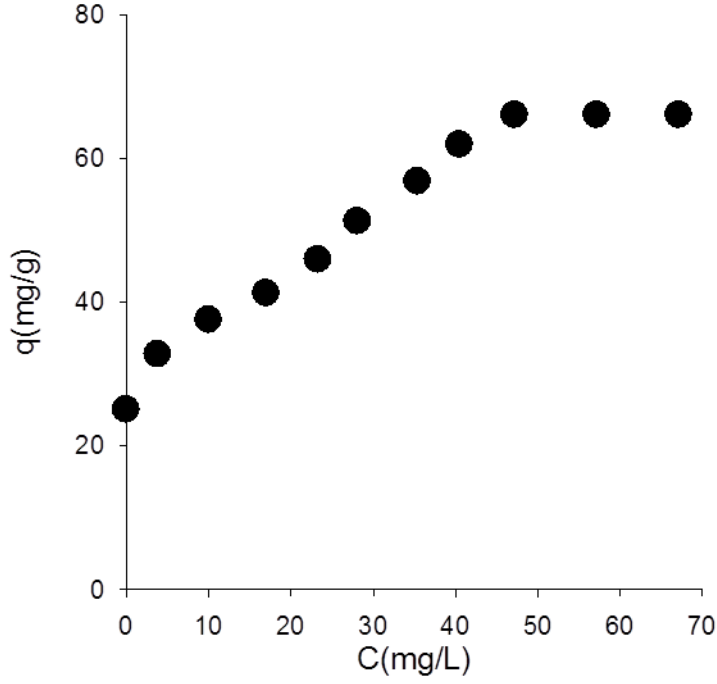
Şekil 4.4.1.4 te KAT üzerinde CV adsorpsiyonuna ait Giles izoterm tipini belirlemek için denge değeri C ile birim miktar adsorbent tarafından adsorbe edilen miktar q arasında grafik çizilmiştir.



Şekil 4.4.1.4: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde CV adsorpsiyonuna ait Giles izoterm grafiği.

4.4.1.5 MG Adsorpsiyonu İçin Giles İzotermi Grafiği

Şekil 4.4.1.5 te kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde MG adsorpsiyonuna ait Giles izoterm tipini belirlemek için denge değeri C ile birim miktar adsorbent tarafından adsorbe edilen miktar q arasında grafik çizilmiştir.



Şekil 4.4.1.5: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde MG adsorpsiyonuna ait Giles izoterm grafiğı.

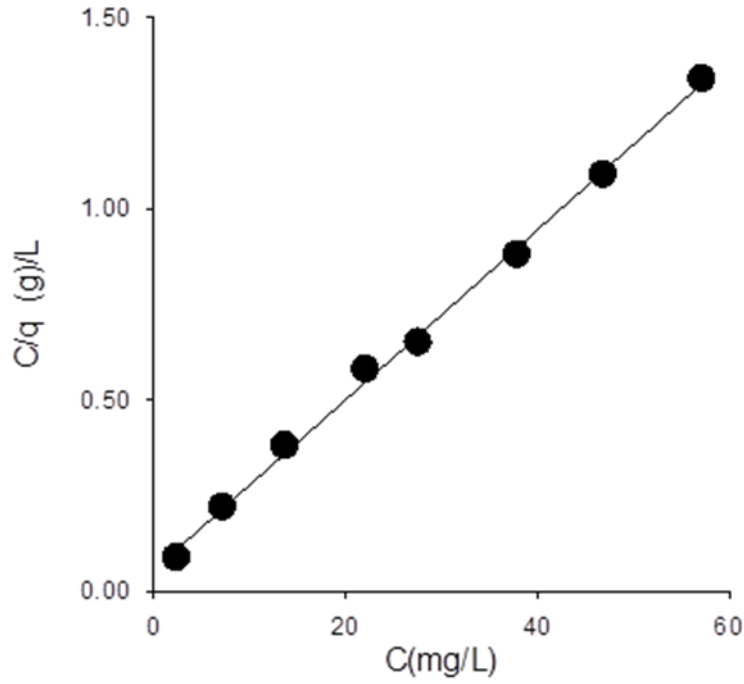
Tablo 4.2 Giles izotermi eğrileri

Zaman (dakika)	Boyar maddeler	Giles izotermi eğri tipleri
240	Asid blue 80	L
240	Asid red 37	L
240	Victoria blue R	H
300	Methylene green	H
300	Crystal violet	H

4.4.2 LANGMUIR ADSORPSİYON İZOTERMLERİ

4.4.2.1 VBR Adsorpsiyonu İçin Langmuir İzotermi Grafiği

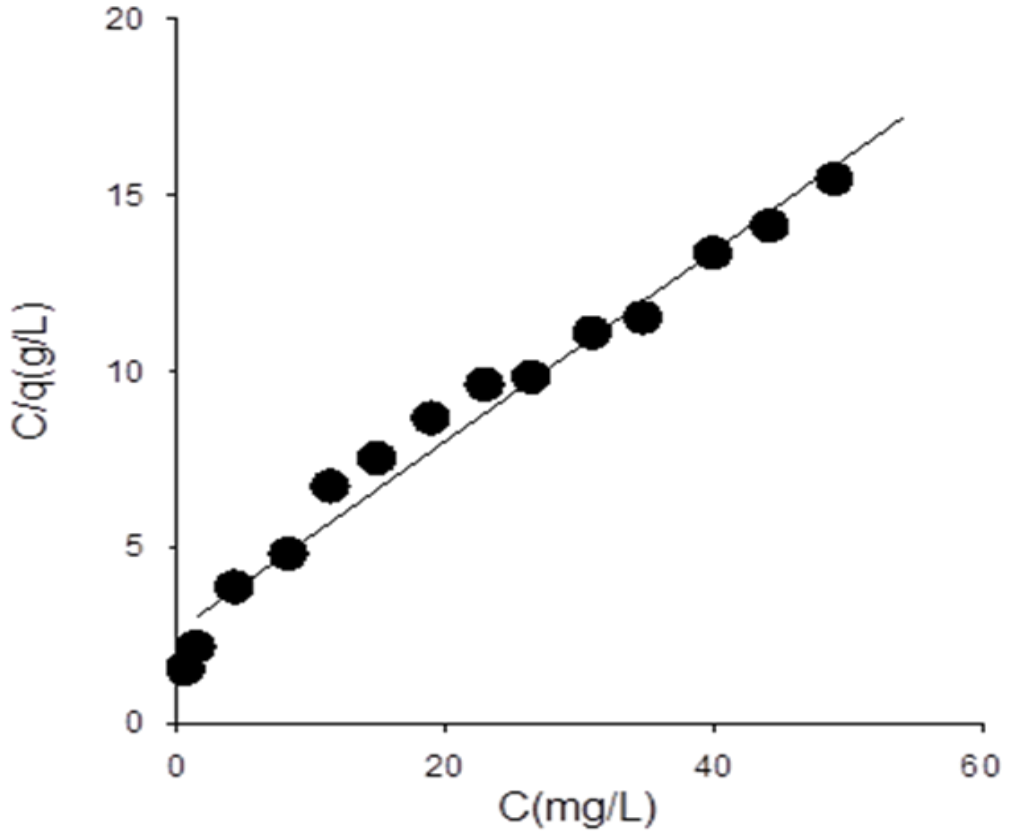
Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerine VBR adsorpsiyonunda Langmuir izoterm sabitlerini belirlemek için Şekil 4.4.2.1 de C/q ile C arasında çizilen grafik görülmektedir.



Şekil 4.4.2.1: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde VBR adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterm grafiği.

4.4.2.2 AR37 Adsorpsiyonu İçin Langmuir İzotermi Grafiği

Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerine AR37 adsorpsiyonunda Langmuir izoterm sabitlerini belirlemek için Şekil 4.4.2.2 te C/q ile C arasında çizilen grafik görülmektedir.

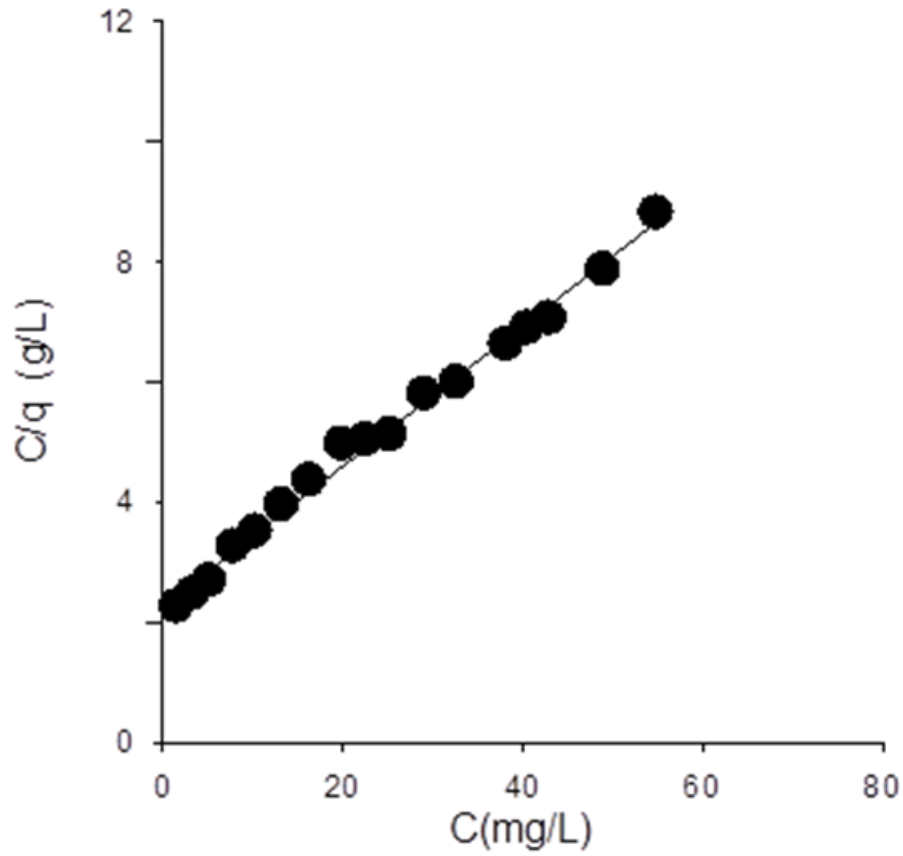


Şekil 4.4.2.2: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AR37 adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterm grafiği.

4.4.2.3 AB80 Adsorpsiyonu İçin Langmuir İzotermi Grafiği

Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent zerine AB80 adsorpsiyonunda Langmuir izoterm sabitlerini belirlemek için

şekil 4.4.2.3 te C/q ile C arasında çizilen grafik grlmektedir.

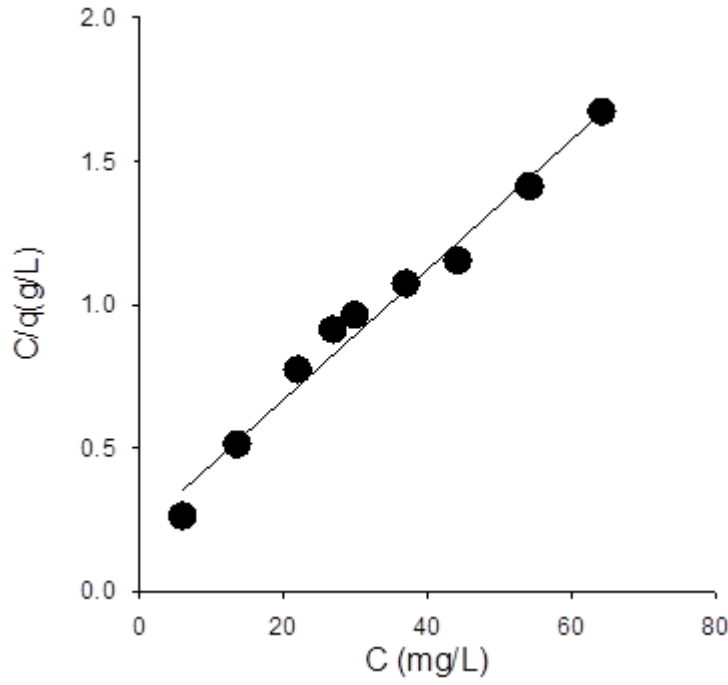


şekil 4.4.2.3: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AB80 adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterm grafiği.

4.4.2.4 CV Adsorpsiyonu İçin Langmuir İzotermi Grafiği

Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerine CV adsorpsiyonunda Langmuir izoterm sabitlerini belirlemek için

Şekil 4.4.2.4 te C/q ile C arasında çizilen grafik görülmektedir.

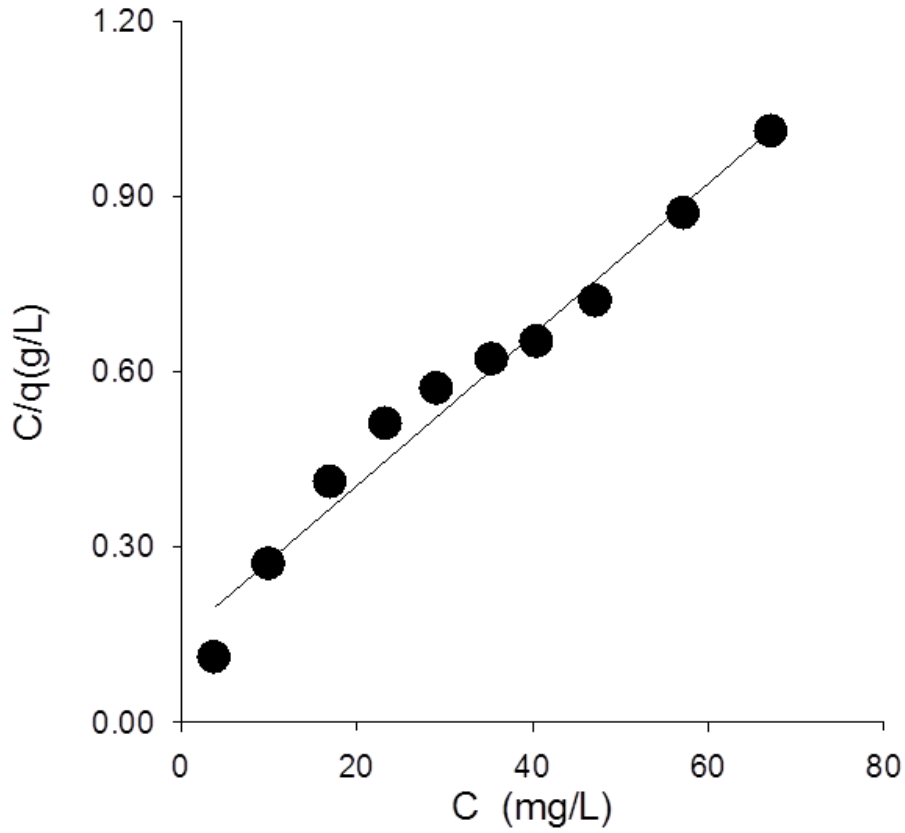


Şekil 4.4.2.4: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde CV adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterm grafiği.

4.4.2.5 MG Adsorpsiyonu İçin Langmuir İzotermi Grafiği

Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerine MG adsorpsiyonunda Langmuir izoterm sabitlerini belirlemek için

Şekil 4.4.2.5 te C/q ile C arasında çizilen grafik görülmektedir.



Şekil 4.4.2.5: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde MG adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterm grafiğı.

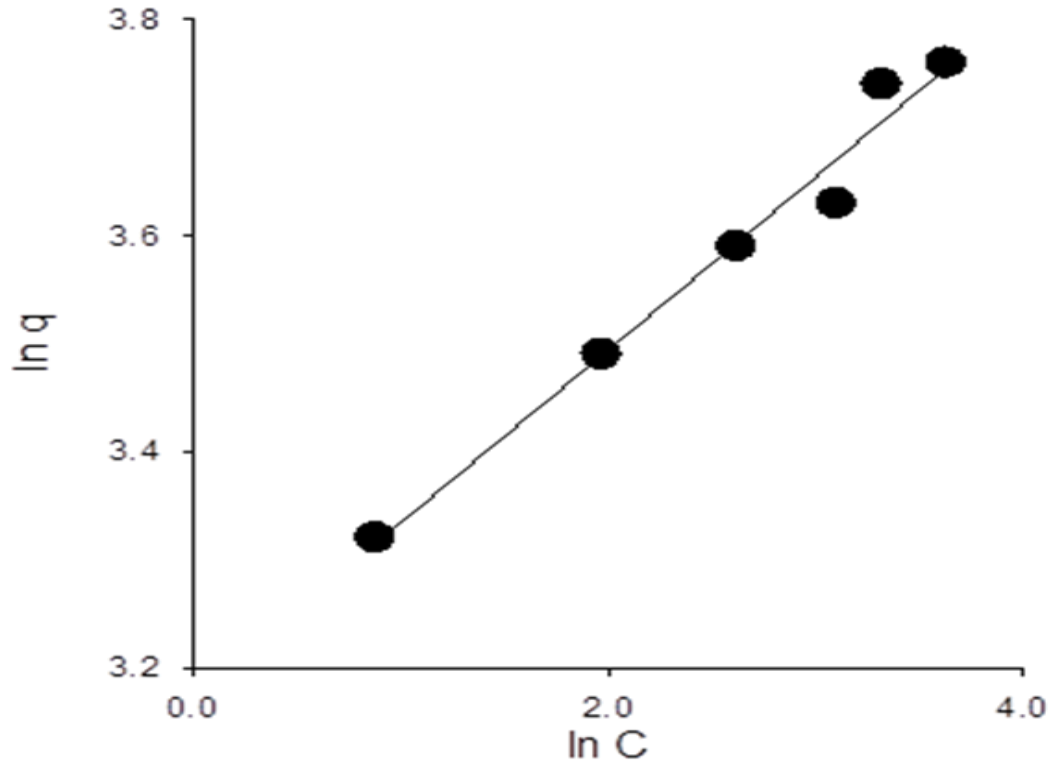
Tablo 4.3 Langmuir izotermi sabitleri

Zaman (dakika)	Boyar maddeler	Q_0 (mg/g)	b (g/L)
240	Asid blue 80	8,62	0,051
240	Asid red 37	3,72	0,102
240	Victoria blue R	45,45	0,40
300	Methylene green	77,52	0,088
300	Crystal violet	46,85	0,99

4.4.3 FREUNDLİCH ADSORPSİYON İZOTERMLERİ

4.4.3.1 VBR Adsorpsiyonu için Freundlich İzotermi Grafiği

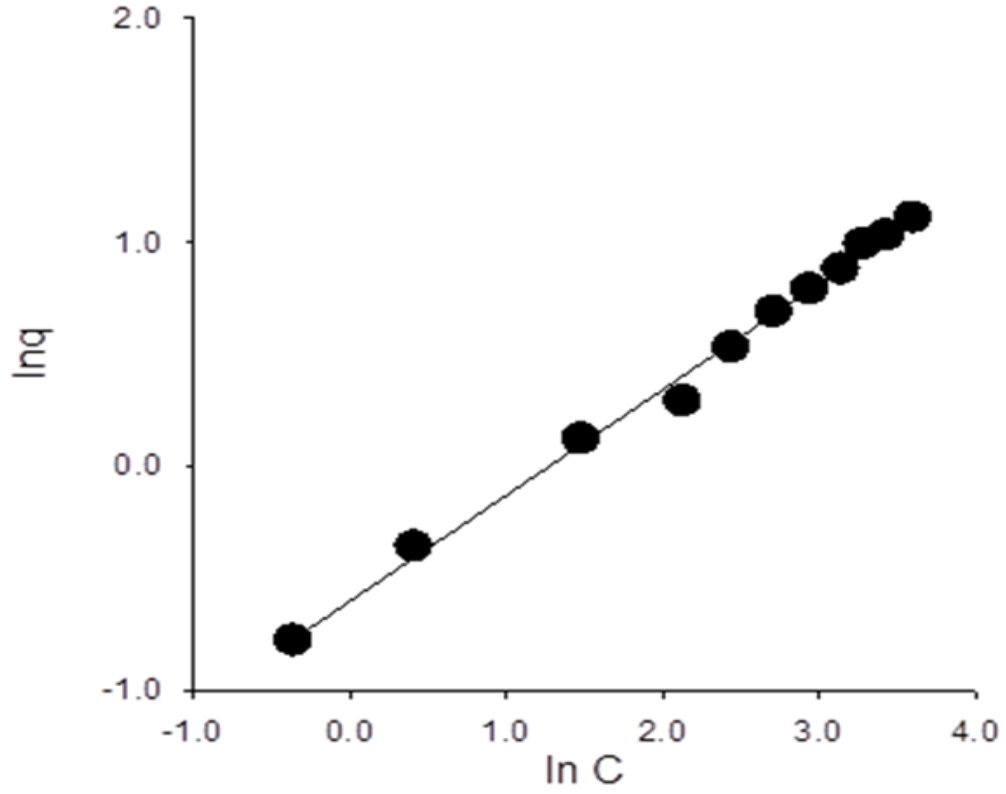
Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent adsorbentinin VBR karışımındaki adsorpsiyon kapasitesini anlamak için Freundlich izotermi kullanılmıştır. Şekil 4.4.3.1 de kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerine VBR adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm sabitlerini bulmak için $\ln q$ ile $\ln C$ arasında çizilen grafik görülmektedir.



Şekil 4.4.3.1: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde VBR adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm grafiği.

4.4.3.2 AR37 Adsorpsiyonu İçin Freundlich İzotermi Grafiği

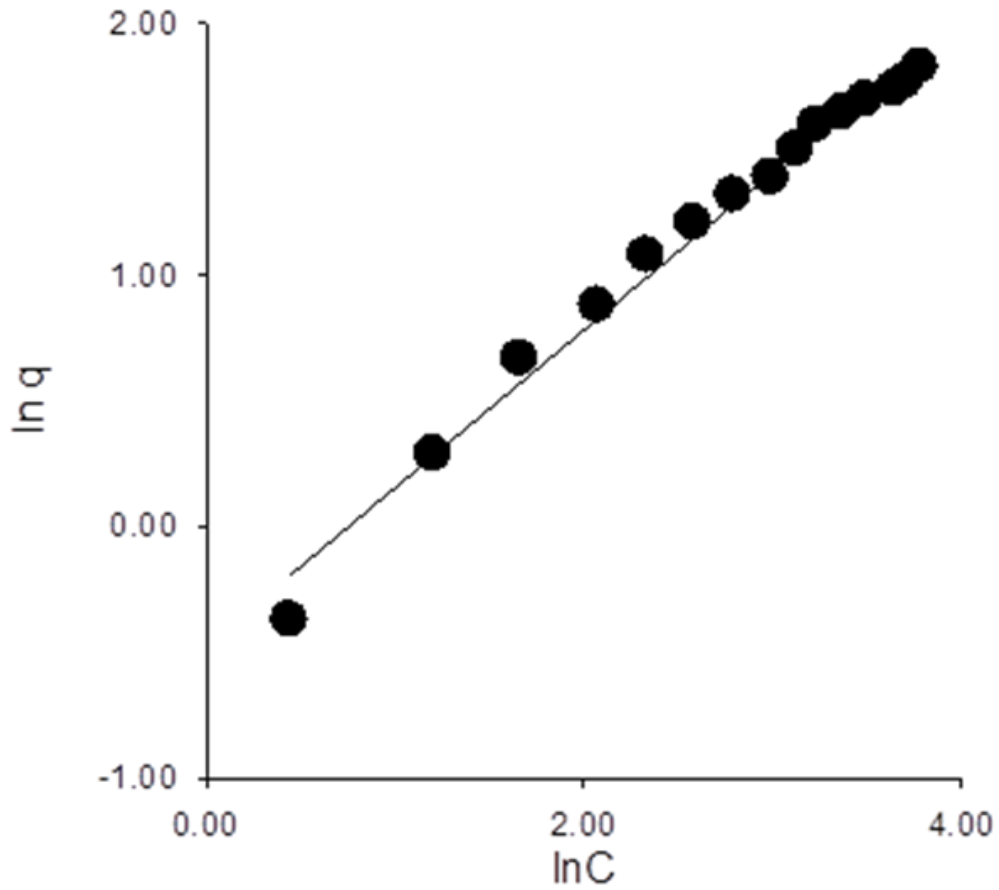
Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbentin AR37 karışımındaki adsorpsiyon kapasitesini anlamak için Freundlich izotermi kullanılmıştır. Şekil 4.4.3.2 da kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerine AR37 adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm sabitlerini bulmak için $\ln q$ ile $\ln C$ arasında çizilen grafik görülmektedir.



Şekil 4.4.3.2: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AR37 adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm grafiği.

4.4.3.3 AB80 Adsorpsiyonu İçin Freundlich İzotermi Grafiği

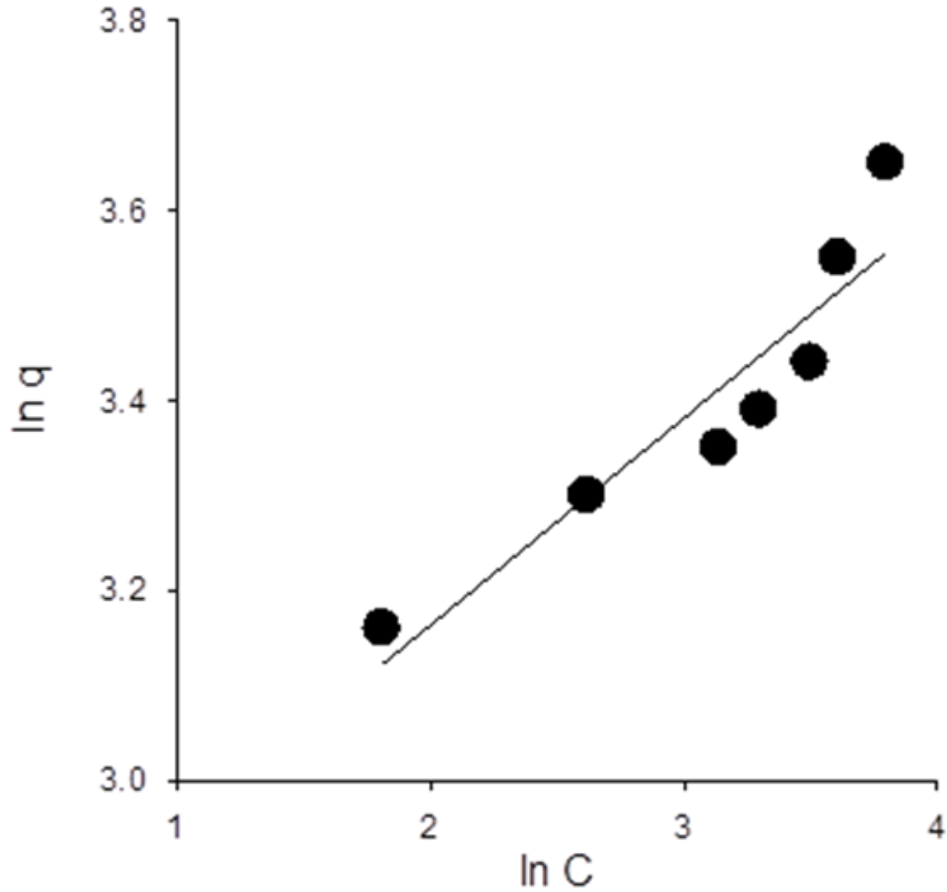
Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbentin AB80 karışımındaki adsorpsiyon kapasitesini anlamak için Freundlich izotermi kullanılmıştır. Şekil 4.4.3.3 da kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerine AB80 adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm sabitlerini bulmak için $\ln q$ ile $\ln C$ arasında çizilen grafik görülmektedir.



Şekil 4.4.3.3: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AB80 adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm grafiği.

4.4.3.4 CV Adsorpsiyonu İçin Freundlich İzotermi Grafiği

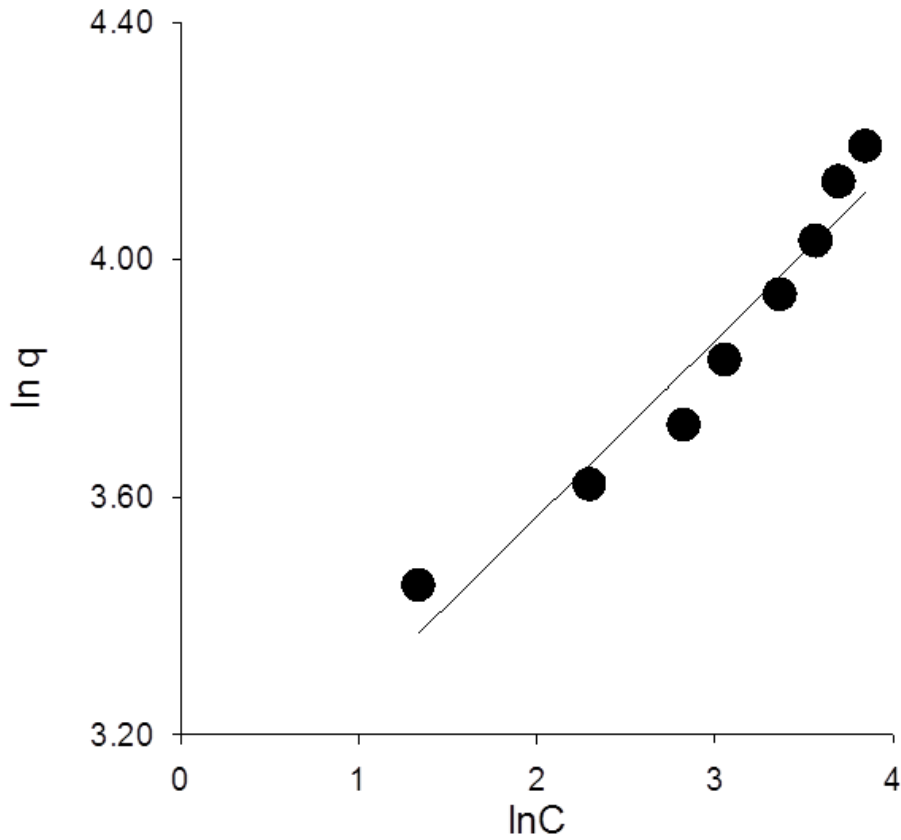
Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbentin CV karışımındaki adsorpsiyon kapasitesini anlamak için Freundlich izotermi kullanılmıştır. Şekil 4.4.3.4 te KAT üzerine CV adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm sabitlerini bulmak için $\ln q$ ile $\ln C$ arasında çizilen grafik görülmektedir.



Şekil 4.4.3.4: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde CV adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm grafiği.

4.4.3.5 MG Adsorpsiyonu İçin Freundlich İzotermi Grafiği

Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbentin MG karışımındaki adsorpsiyon kapasitesini anlamak için Freundlich izotermi kullanılmıştır. Şekil 4.4.3.5 da kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerine MG adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm sabitlerini bulmak için $\ln q$ ile $\ln C$ arasında çizilen grafik görülmektedir.



Şekil 4.4.3.5: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde MG adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterm grafiği.

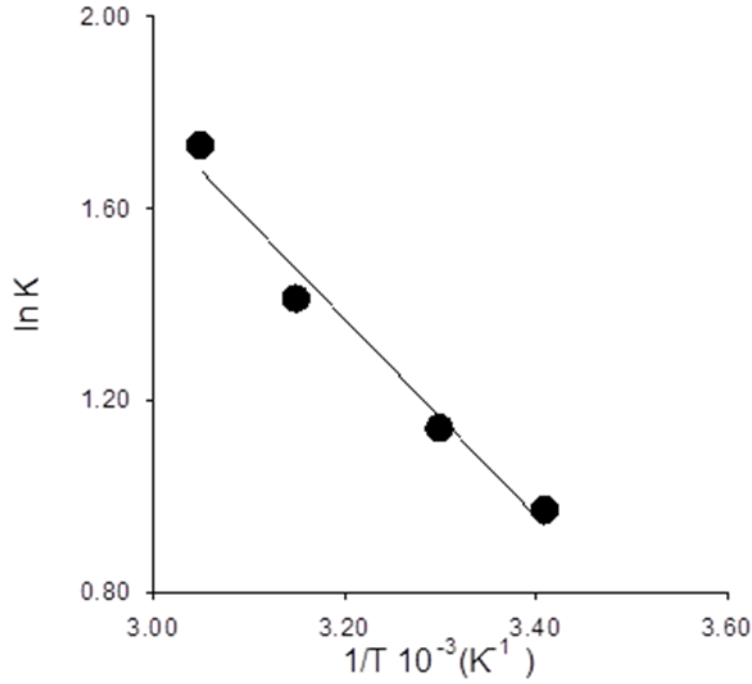
Tablo 4.4 Freundlich izoterm sabitleri

Zaman (dakika)	Boyar maddeler	k	n
240	Asid blue 80	0,62	0,63
240	Asid red 37	1,82	0,47
240	Victoria blue R	23,81	0,16
300	Methylene green	19,50	0,29
300	Crystal violet	15,33	0,22

4.5 TERMODİNAMİK PARAMETRELER

4.5.1 VBR Adsorpsiyonu İçin $\ln K$ - $1/T$ Grafiği

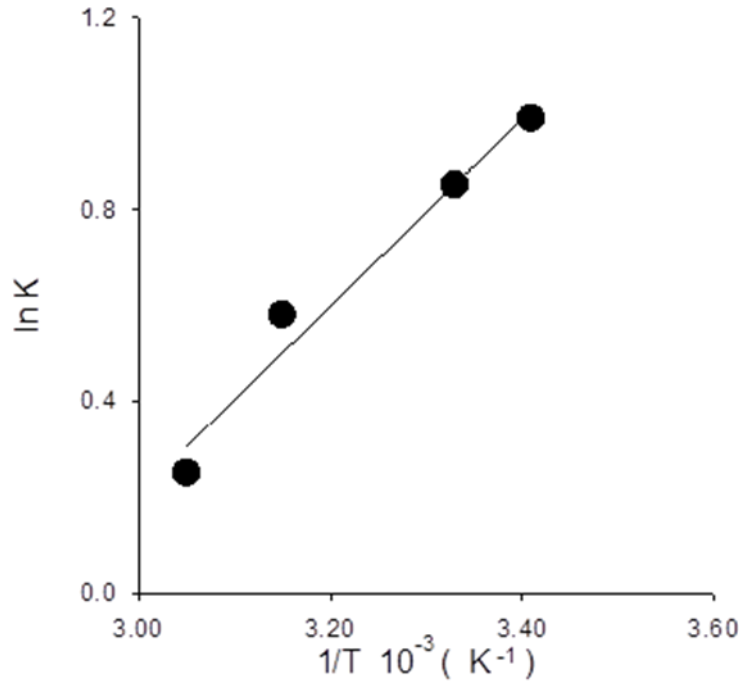
Proses sıcaklığı adsorpsiyonu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle adsorpsiyon deneyleri 50 mg/L başlangıç konsantrasyonu için değişik sıcaklıklarda yapılmıştır. Şekil 4.5.1 $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafiği göstermektedir. Bu grafiğin eğiminden ΔH , kesim noktasından ΔS elde edilmiştir.



Şekil 4.5.1: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde VBR adsorpsiyonu için $\ln K$ - $1/T$ grafiği.

4.5.2 AR37 Adsorpsiyonu İçin $\ln K$ - $1/T$ Grafiği

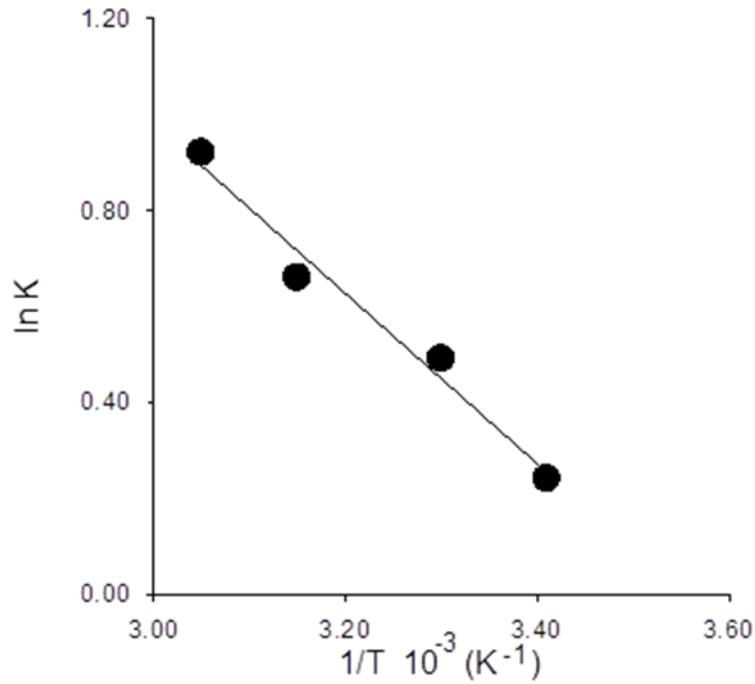
Proses sıcaklığı adsorpsiyonu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle adsorpsiyon deneyleri 30 mg/L başlangıç konsantrasyonu için değişik sıcaklıklarda yapılmıştır. Şekil 4.5.2 $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafiği göstermektedir. Bu grafiğin eğiminden ΔH , kesim noktasından ΔS elde edilmiştir.



Şekil 4.5.2: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AR37 adsorpsiyonu için $\ln K$ - $1/T$ grafiğı.

4.5.3 AB80 Adsorpsiyonu İçin $\ln K - 1/T$ Grafiği

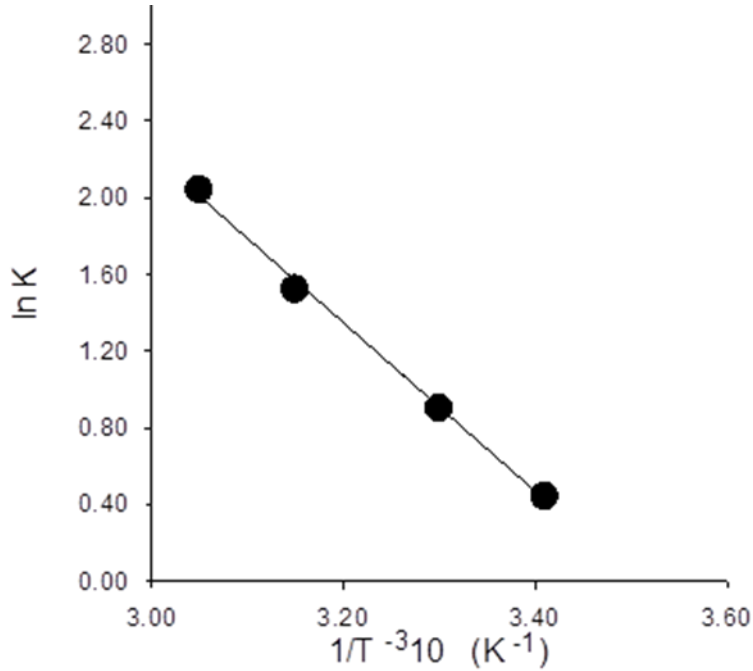
Proses sıcaklığı adsorpsiyonu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle adsorpsiyon deneyleri 30 mg/L başlangıç konsantrasyonu için değişik sıcaklıklarda yapılmıştır. Şekil 4.5.3 $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafiği göstermektedir. Bu grafiğin eğiminden ΔH , kesim noktasından ΔS elde edilmiştir.



Şekil 4.5.3: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde AB80 adsorpsiyonu için $\ln K - 1/T$ grafiğı.

4.5.4 CV Adsorpsiyonu İçin $\ln K$ - $1/T$ Grafiği

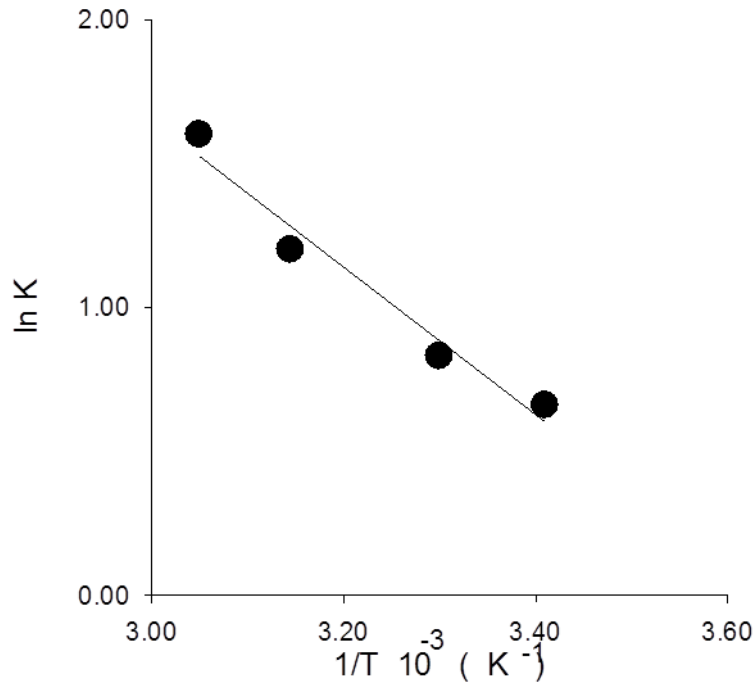
Proses sıcaklığı adsorpsiyonu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle adsorpsiyon deneyleri 30 mg/L başlangıç konsantrasyonu için değişik sıcaklıklarda yapılmıştır. Şekil 4.5.4 $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafiği göstermektedir. Bu grafiğin eğiminden ΔH , kesim noktasından ΔS elde edilmiştir.



Şekil 4.5.4: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde CV adsorpsiyonu için $\ln K$ - $1/T$ grafiği.

4.5.5 MG Adsorpsiyonu İçin $\ln K - 1/T$ Grafiği

Proses sıcaklığı adsorpsiyonu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle adsorpsiyon deneyleri 50 mg/L başlangıç konsantrasyonu için değişik sıcaklıklarda yapılmıştır. Şekil 4.5.5 $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafiği göstermektedir. Bu grafiğin eğiminden ΔH , kesim noktasından ΔS elde edilmiştir.



Şekil 4.5.5: Kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent üzerinde MG adsorpsiyonu için $\ln K - 1/T$ grafiği.

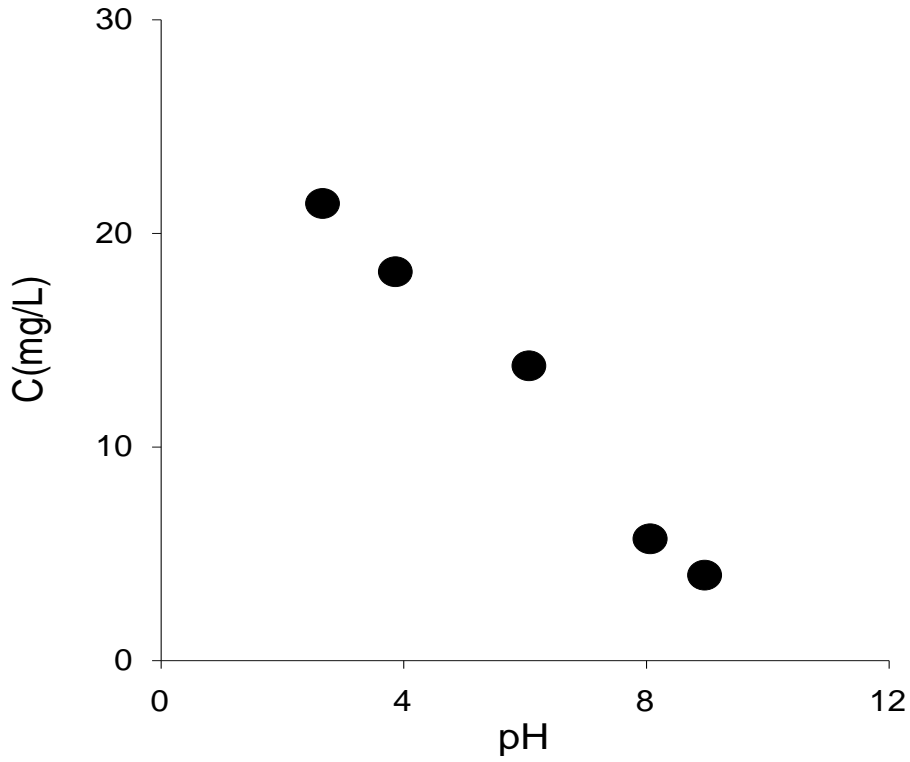
Tablo 4.5 Termodinamik parametreler

Sıcaklık K (Kelvin)		293	303	313	328	
	ΔH^0 (j/mol)	ΔS^0 (j/mol.K)	ΔG^0 (j/mol)	ΔG^0 (j/mol)	ΔG^0 (j/mol)	ΔG^0 (j/mol)
Asid blue 80	14766	52,5	-585	-1234	-1718	-2509
Asid red 37	-16212	-47	-2412	-2141	-1509	-682
Victoria blue R	17118	66,20	-2363	-2871	-3669	-4718
Methylene green	21884	77,7	-1608	-2051	-3173	-4363
Crystal violet	36540	128	-1072	-2267	-4119	-5563

4.6 pH ÇALIŞMALARI

4.6.1 VBR Adsorpsiyonuna pH Etkisi

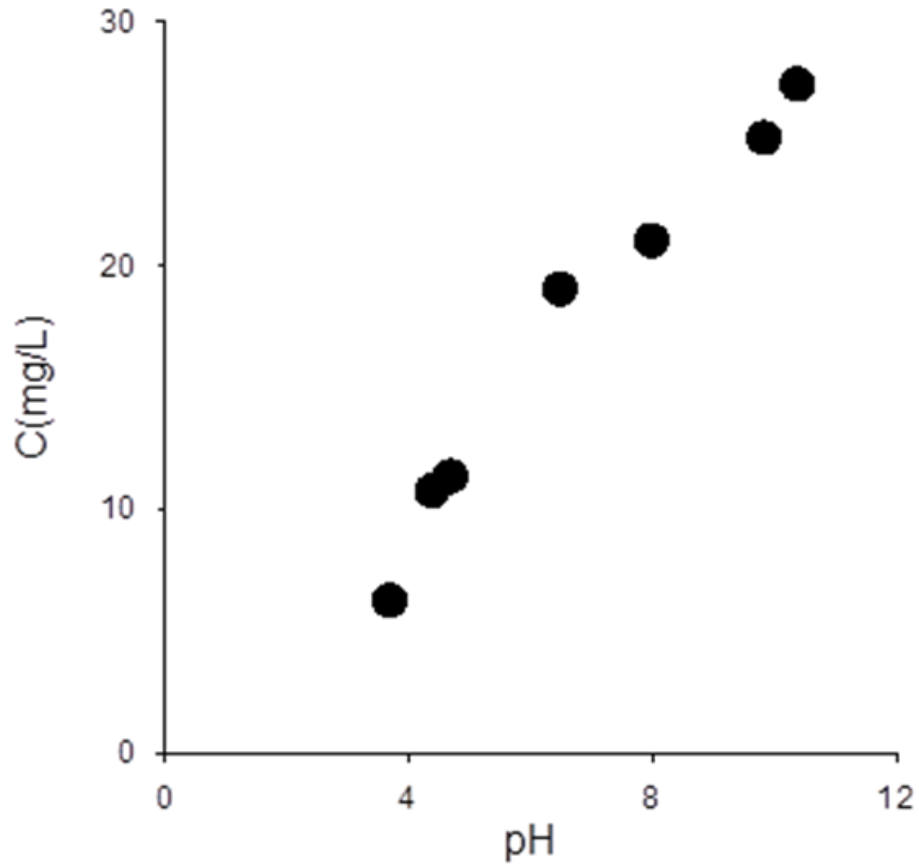
Boyar madde adsorpsiyonunda ortam pH'sı adsorpsiyon kapasitesini büyük miktarda etkilemektedir. Şekil 4.6.1'de değişik pH'larda VBR için 50 mg/L başlangıç konsantrasyonunda denge konsantrasyonunun pH ile değişimi görülmektedir.



Şekil 4.6.1: VBR adsorpsiyonuna pH etkisi.

4.6.2 AR37 Adsorpsiyonuna pH Etkisi

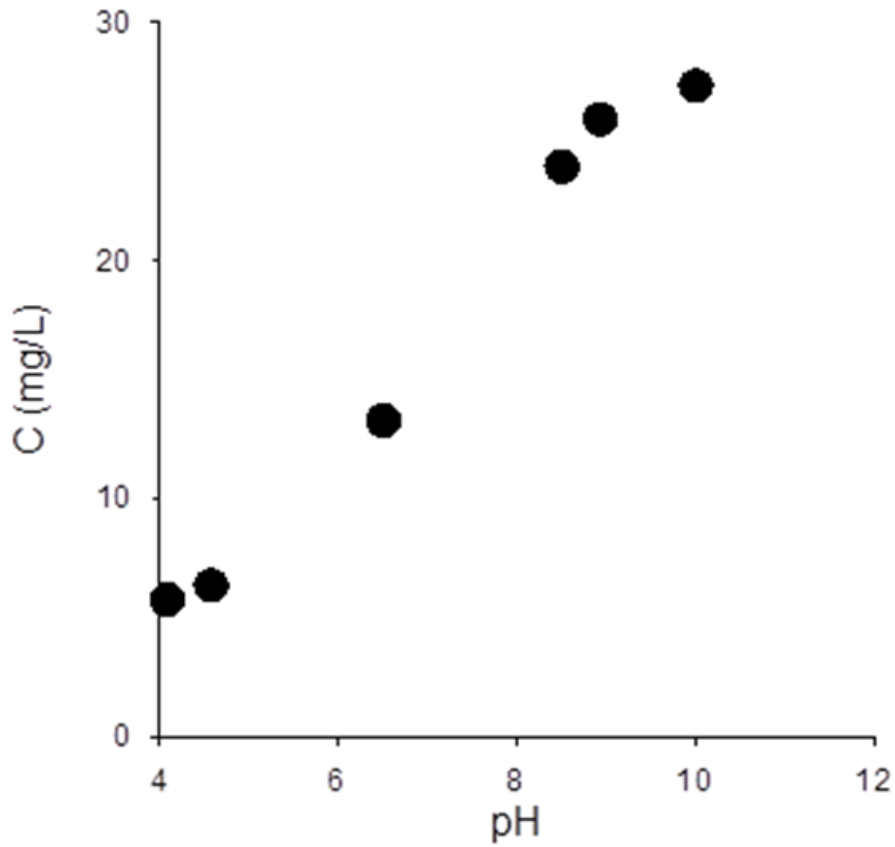
Boyar madde adsorpsiyonunda ortam pH'sı adsorpsiyon kapasitesini büyük miktarda etkilemektedir. Şekil 4.6.2'de değişik pH'larda AR37 için 30 mg/L başlangıç konsantrasyonunda denge konsantrasyonunun pH ile değişimi görülmektedir.



Şekil 4.6.2: AR37 adsorpsiyonuna pH etkisi.

4.6.3 AB80 Adsorpsiyonuna pH Etkisi

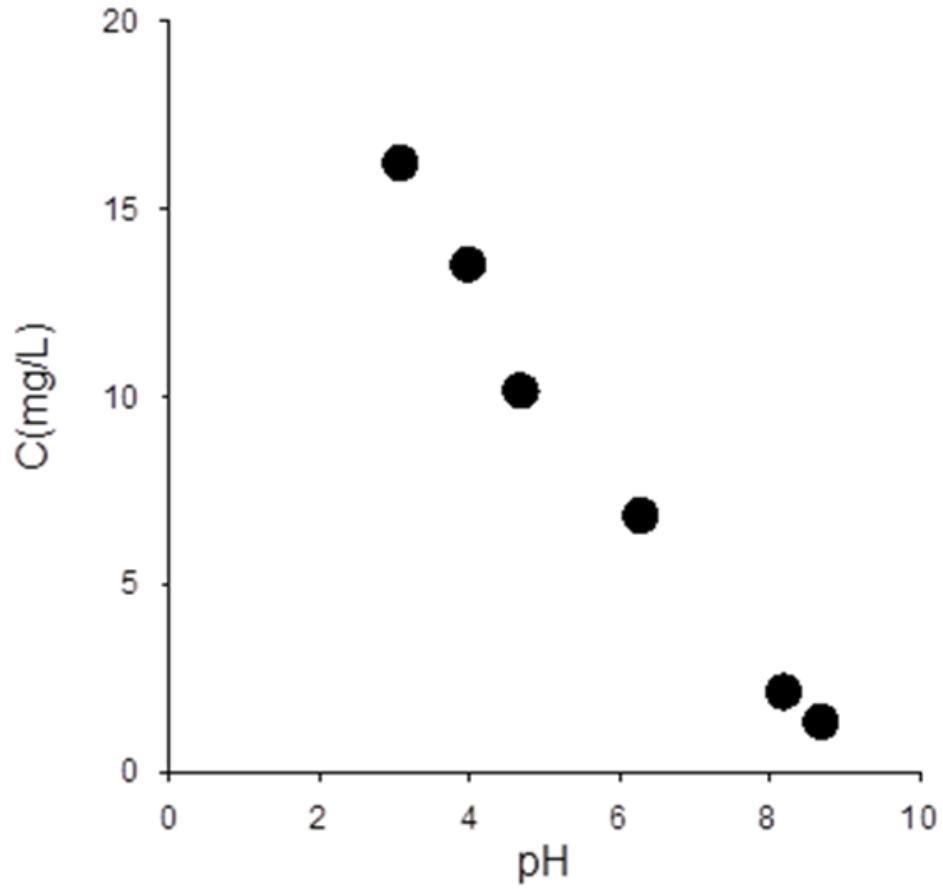
Boyar madde adsorpsiyonunda ortam pH'sı adsorpsiyon kapasitesini büyük miktarda etkilemektedir. Şekil 4.6.3'te değişik pH'larda AB80 için 30 mg/L başlangıç konsantrasyonunda denge konsantrasyonunun pH ile değişimi görülmektedir.



Şekil 4.6.3: AB80 adsorpsiyonuna pH etkisi.

4.6.4 CV Adsorpsiyonuna pH Etkisi

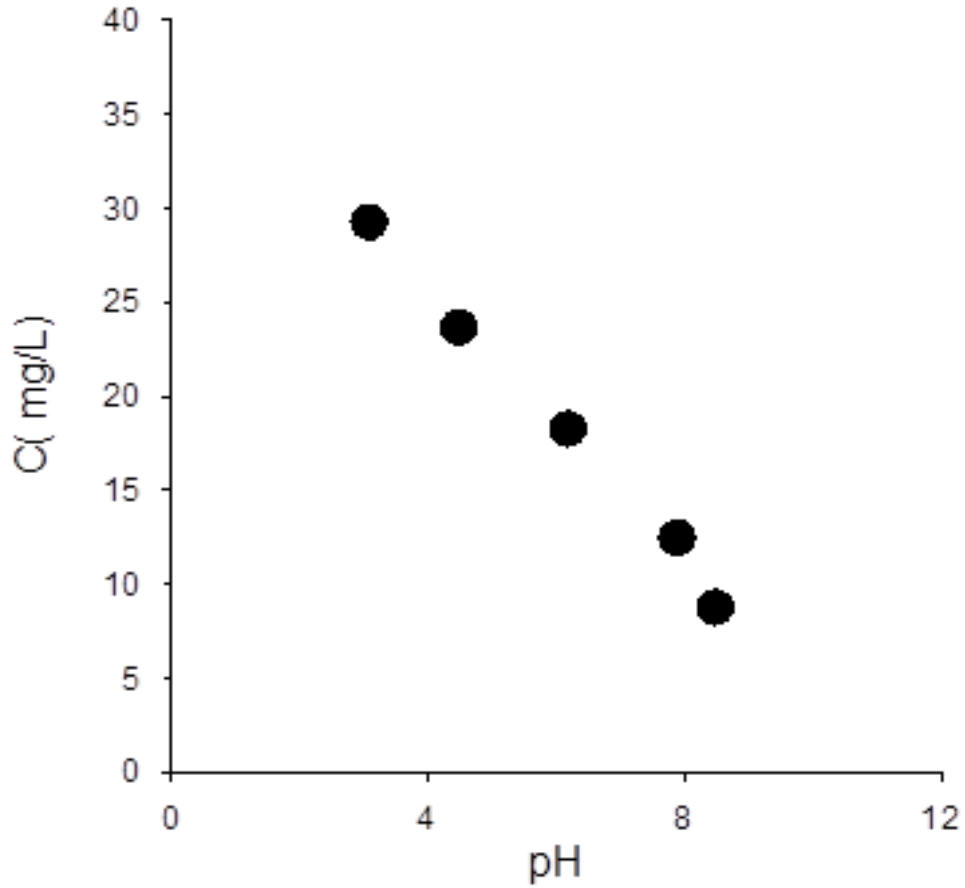
Boyar madde adsorpsiyonunda ortam pH'sı adsorpsiyon kapasitesini büyük miktarda etkilemektedir. Şekil 4.6.4'de değişik pH'larda CV için 30 mg/L başlangıç konsantrasyonunda denge konsantrasyonunun pH ile değişimi görülmektedir.



Şekil 4.6.4: CV adsorpsiyonuna pH etkisi.

4.6.5 MG Adsorpsiyonuna pH Etkisi

Boyar madde adsorpsiyonunda ortam pH'sı adsorpsiyon kapasitesini büyük miktarda etkilemektedir. Şekil 4.6.5'de değişik pH'larda MG için 50 mg/L başlangıç konsantrasyonunda denge konsantrasyonunun pH ile değişimi görülmektedir.



Şekil 4.6.5: MG adsorpsiyonuna pH etkisi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Şekil 4.1.1 de VBR için kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile yapılan adsorpsiyon çalışmasında $C_0=50$ mg/L başlangıç konsantrasyonu için konsantrasyonun zamanla değışimi grafiğı görölmektedir. Şekilde göröldüğü gibi ilk 45 dakika adsorpsiyon çok hızlı olmaktadır ve daha sonra yavaşlamaktadır. Dengeye ulaşma süresi 300 dakikadır. Bu durum ilk 45 dakikalık zaman dilimi içinde adsorbent üzerindeki adsorpsiyona uygun yerlerin sayısının çok olması ve bu yerlerin zamanla azalması ve bu nedenle adsorpsiyonun yavaşlamasıyla açıklanabilir.

Benzer sonuçlar bazı araştırmacılar tarafından bulunmuştur (Meenakshisundaram, Srinivasagan, Rejinis ve diğ., 2011).

Şekil 4.1.2'de AR37 için kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile yapılan adsorpsiyon çalışmasında $C_0=30$ mg/L başlangıç konsantrasyonu için konsantrasyonun zamanla değışimi grafiğı görölmektedir. Şekilde 240 dakikada adsorpsiyon dengeye ulaşmaktadır. Adsorpsiyonun büyük bir kısmı ilk 60 dakikada olmaktadır. Daha sonra adsorpsiyon yavaşlamakta ve 240 dakikada dengeye ulaşmaktadır. Bu durum yukarıdaki gibi ilk 60 dakikalık zaman dilimi içinde adsorbent üzerindeki adsorpsiyona uygun yerlerin sayısının çok olması ve bu yerlerin zamanla azalması ve bu nedenle adsorpsiyonun yavaşlamasıyla açıklanabilir.

Şekil 4.1.3'de AB80 için kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile yapılan adsorpsiyon çalışmasında $C_0=30$ mg/L başlangıç konsantrasyonu için konsantrasyonun zamanla değışimi grafiğı görölmektedir. Şekilde 240 dakikada dengeye ulaşıldığı görölmektedir. Adsorpsiyonun büyük bir kısmı ilk 60 dakikada olmaktadır. Daha sonra adsorpsiyon yavaşlamakta ve 240 dakikada dengeye ulaşmaktadır. Bu durum yukarıdaki gibi ilk 60 dakikalık zaman dilimi içinde adsorbent üzerindeki adsorpsiyona uygun yerlerin sayısının çok olması ve bu yerlerin zamanla azalması ve bu nedenle adsorpsiyonun yavaşlamasıyla açıklanabilir.

Şekil 4.1.4’de CV için kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile yapılan adsorpsiyon çalışmasında $C_0=30$ mg/L başlangıç konsantrasyonu için konsantrasyonun zamanla değışimi grafiğı görölmektedir. Dengeye 300 dakikada gelmektedir. Şekilde göröldüğü gibi İlk 60 dakikada adsorpsiyonun büyük bir kısmı gerçekleştiğı görölmektedir. Bu durum yukarıdaki gibi ilk 60 dakikalık zaman dilimi içinde adsorbent üzerindeki adsorpsiyona uygun yerlerin sayısının çok olması ve bu yerlerin zamanla azalması ve bu nedenle adsorpsiyonun yavaşlamasıyla açıklanabilir.

Şekil 4.1.5’de MG için kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile yapılan adsorpsiyon çalışmasında $C_0=50$ mg/L başlangıç konsantrasyonu için konsantrasyonun zamanla değışimi grafiğı görölmektedir. Şekilde göröldüğü gibi dengeye ulaşma süresi 360 dakikadır. İlk 60 dakikada adsorpsiyonun büyük bir kısmı gerçekleştiğı görölmektedir. Bu durum yukarıdaki gibi ilk 60 dakikalık zaman dilimi içinde adsorbent üzerindeki adsorpsiyona uygun yerlerin sayısının çok olması ve bu yerlerin zamanla azalması ve bu nedenle adsorpsiyonun yavaşlamasıyla açıklanabilir.

Şekil 4.2.1’de adsorpsiyon kinetiğı çalışmalarıında elde edilen değerler Lagergren kinetik modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Lagergren kinetik modeli aşağıdaki eşitlikteki gibi gösterilebilir.

$$\ln(q_e - q) = \ln q_e - k_a \cdot t$$

burada q_e denge anında birim miktar adsorbent tarafından adsorbe edilen miktarı, q herhangi bir t anında birim miktar adsorbent tarafında adsorbe edilen miktarı (mg/g), k_a adsorpsiyonun hız sabitini (dk^{-1}), t de zamanı göstermektedir (dakika).

$\ln(q_e - q)$ ile t arasında çizilen grafiğın eğiminden k_a hız sabit $0.0207 dk^{-1}$ olarak bulunmuştur. M. Meenakshisundaram ve diğ. (Meenakshisundaram, 2011) ticari aktif karbon ve bentonit üzerine VB adsorpsiyonu çalışmışlardır. Elde ettikleri kinetik verileri Lagergren denklemini kullanarak değerlendirmişlerdir ve hız sabiti olan k_a değeri ticari aktif karbon için $0.013 \times 10^{-2} dk^{-1}$ ve bentonit için $0.030 \times 10^{-2} dk^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Şekil 4.2.2’de adsorpsiyon kinetiğı çalışmalarıında elde edilen değerler Lagergren kinetik modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. $\ln(q_e - q)$ ile t arasında çizilen grafiğın

eğiminden k_a adsorpsiyon hız sabiti 0.015 dk^{-1} olarak bulunmuştur. Rajamohan ve diğ. (Rajamohan ve diğ., 2013) aktifleştirilmiş biyokütle kullanarak Asid red 114 adsorpsiyonu çalışması yapmışlardır ve bu çalışmada adsorpsiyon kinetiği verilerini aşağıda görülen yalancı ikinci mertebeden denklem ile değerlendirmişlerdir.

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_1^2} + \frac{1}{q_1} t$$

Şekil 4.2.3'de adsorpsiyon kinetiği çalışmalarında elde edilen değerler Lagergren kinetik modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. $\ln(q_e - q)$ ile t arasında çizilen grafiğin eğiminden k_a adsorpsiyon hız sabit 0.216 dk^{-1} olarak bulunmuştur. Jaikumar ve diğ. spent brewery grains üzerine AB25 adsorpsiyonu çalışmışlar ve adsorpsiyon kinetiği çalışmalarında elde ettikleri sonuçları Lagergren eşitliği kullanarak değerlendirmişler $C_0 = 100 \text{ mg/L}$ başlangıç konsantrasyonu için adsorpsiyonun hız sabitini k_a değerini 0.073 dk^{-1} bulmuşlardır.

Şekil 4.2.4'de adsorpsiyon kinetiği çalışmalarında elde edilen değerler Lagergren kinetik modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. $\ln(q_e - q)$ ile t arasında çizilen grafiğin eğiminden k_a adsorpsiyon hız sabit 0.013 dk^{-1} olarak bulunmuştur. Senthilkumaar ve diğ. (Senthilkumaar ve diğ., 2006; 800-808) Lagergren hız sabitleri 25 mg/L ile 100 mg/L konsantrasyonları arasında $4.85 \times 10^{-2} \text{ dk}^{-1}$ ile $5.15 \times 10^{-2} \text{ dk}^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Şekil 4.2.5'de adsorpsiyon kinetiği çalışmalarında elde edilen değerler Lagergren kinetik modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. $\ln(q_e - q)$ ile t arasında çizilen grafiğin eğiminden k_a adsorpsiyon hız sabit 0.0126 dk^{-1} olarak bulunmuştur.

Adsorpsiyon çalışmalarında hız belirleyen adımı bulmak çok önemlidir. Bu nedenle kinetik çalışmalarında elde edilen değerler kullanılarak q ile $t^{0.5}$ arasında grafikler çizilmiştir (Şekil 4.3.1, Şekil 4.3.2, Şekil 4.3.3, Şekil 4.3.4, Şekil 4.3.5). Bir anorganik yada organik maddenin çözültiden bir katı maddeye adsorpsiyonunun üç aşamada olduğu kabul edilir. 1) Adsorbentin film tabakasından geçerek adsorbentin dış yüzeyine taşınımı (Film difüzyonu). 2) Adsorbatın gözeneklerden geçmesiyle olan taşınımı (Tanecik içi difüzyonu). 3) Adsorbatın gözenekler içinde yüzeylere tutunması.

Tanecik içi difüzyonu varlığını göstermek için yukarda söylenildiği gibi q ile $t^{0.5}$ arasında her bir boyar madde için grafik çizilmiştir. Bilindiği gibi q ile $t^{0.5}$ arasında çizilen grafiklerin lineer kısımları orijinden geçmiyorsa adsorpsiyonda tanecik içi difüzyonun tek başına hız kontrol eden proses olmadığı kabul edilir. Şekillerden görüldüğü gibi grafiklerin lineer kısımları orijinden geçmemektedir. Bu da bize hız kontrol eden adımın tek başına tanecik içi difüzyon olmadığını, film difüzyonunda etki ettiğini göstermektedir. Tanecik içi difüzyon katsayısı;

$$q = k_i \cdot t^{0.5} + A$$

eşitliği kullanılarak hesaplanır.

Şekil 4.3.1, Şekil 4.3.2, Şekil 4.3.3, Şekil 4.3.4, Şekil 4.3.5 kullanılarak k_i değerleri

VBR için $1.95 \text{ mg/gdk}^{0.5}$, AR37 için $0.10 \text{ mg/gdk}^{0.5}$, AB80 için $0.089 \text{ mg/gdk}^{0.5}$, CV için $0.87 \text{ mg/gdk}^{0.5}$, MG için $1.61 \text{ mg/gdk}^{0.5}$ olarak hesaplanmıştır.

VBR için kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbentte tanecik içi difüzyon katsayısı k_i , $1.95 \text{ mg/gdk}^{0.5}$ bulunmuştur. M. Meenakshisundaram ve diğ. (Meenakshisundaram ve diğ., 2011; 584-594) VBR için tanecik içi difüzyon katsayısını AK da $0.955 \text{ mg/gdk}^{0.5}$ Bentonit'te ise $0.974 \text{ mg/gdk}^{0.5}$ olarak bulunmuştur.

Şekil 4.4.1.1'de VBR'ın kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent adsorpsiyonu için Giles izotermi görülmektedir. Grafik Giles sınıflandırmasına göre H2 eğrisine uymaktadır. H eğrisi L eğrisinin özel bir tipidir (Christoph Hinz, Geoderma, 2001; 225-243). Bu eğrinin gerçekleştiği durumlarda çözülen maddenin adsorbente karşı büyük bir ilgisi olduğu kabul edilir. Eğrinin başlangıç kısmı düşeydir yani düşük konsantrasyonda çözelti içindeki çözülmüş maddenin tamamı adsorbe edilmektedir.

Şekil 4.4.1.2'de AR37 kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile adsorpsiyonu için Giles izotermi gösterilmiştir. Giles sınıflandırmasına göre eğrinin L2 tipi olduğu görülmektedir. L tipi izotermde konsantrasyon sıfıra yaklaşırken eğim sabit olur ve

$$\lim \frac{da}{dc} = \text{sabit}$$

Olarak gösterilir (Christoph Hinz, Geoderma, 2001; 225-243). Bu tip izoterme uyan proseslerde solvent ile çözülmüş madde arasında kuvvetli bir rekabet olmadığı düşünülür.

Şekil 4.4.1.3'te AB80 boyar maddesinin kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile adsorpsiyonu için Giles izotermi gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi H1 tipine uymaktadır. H eğrisi L eğrisinin özel bir tipidir (Christoph Hinz, Geoderma, 2001; 225-243). Bu eğrinin gerçekleştiği durumlarda çözülen maddenin adsorbente karşı büyük bir ilgisi olduğu kabul edilir. Eğrinin başlangıç kısmı düşeydir yani düşük konsantrasyonda çözelti içindeki çözülmüş maddenin tamamı adsorbe edilmektedir.

Şekil 4.4.1.4'te CV boyar maddesinin kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile adsorpsiyonu için Giles izotermi gösterilmiştir. Giles sınıflandırmasına göre H2 eğrisine uyduğu görülmektedir. H eğrisi L eğrisinin özel bir tipidir (Christoph Hinz, Geoderma, 2001; 225-243). Bu eğrinin gerçekleştiği durumlarda çözülen maddenin adsorbente karşı büyük bir ilgisi olduğu kabul edilir. Eğrinin başlangıç kısmı düşeydir yani düşük konsantrasyonda çözelti içindeki çözülmüş maddenin tamamı adsorbe edilmektedir.

Şekil 4.4.1.5'te MG boyar maddesinin kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile adsorpsiyonu için Giles izotermi gösterilmiştir. Giles sınıflandırmasına göre H2 eğrisine uyduğu görülmektedir. H eğrisi L eğrisinin özel bir tipidir (Christoph Hinz, Geoderma, 2001; 225-243). Bu eğrinin gerçekleştiği durumlarda çözülen maddenin adsorbente karşı büyük bir ilgisi olduğu kabul edilir. Eğrinin başlangıç kısmı düşeydir yani düşük konsantrasyonda çözelti içindeki çözülmüş maddenin tamamı adsorbe edilmektedir.

Şekil 4.4.2.1'de VBR adsorpsiyonu için Langmuir adsorpsiyon izotermi görülmektedir. Bu grafiğin eğimi ve kesiminden Q_0 ve b değerleri 45.45 mg/g ve 0.40 g/L bulunmuştur. M. Meenakshisundaram ve diğ. VB'nun adsorpsiyonunu ticari aktif karbon ve bentonit üzerinde çalışmışlar ve bu çalışmada Q_0 ve b değerlerini ticari aktif karbon için 33.636 mg/g ve 0.187 g/L bentonit için 5.367 mg/g ve 0.255 g/L olarak bulmuşlardır. Ama burada korelasyon katsayıları aktif karbon için 0.758 bentonit için 0.597 bulunmuştur.

Şekil 4.4.2.2’de AR37 adsorpsiyonu için Langmuir izotermi görülmektedir. Doğrunun eğimi ve kesim noktasından $Q_0=3.72$ mg/g ve $b=0.102$ g/L olarak bulunmuştur. Sumanjit ve diğ. (OJHAS dergisi) yaptıkları çalışmada AR119 dahil olmak üzere çeşitli asidik boyaları bazı adsorbentler üzerine adsorpsiyonu çalışmışlardır. AR119 için Q_0 ve b değerlerini Küspeden elde edilen adsorbent için, $Q_0=0.194 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=8607 \times 10^{-5}$ g/L, Tuğla ocağı külünden elde edilen adsorbent için $Q_0=10.598 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=3876 \times 10^{-5}$ g/L, Çimento ocağı külünden elde edilen adsorbent için $Q_0=3.230 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=56984$ g/L, Tezekten elde edilen adsorbent için $Q_0=4.750 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=2844$ g/L, Yerfıstığı kabuklarından elde edilen adsorbent için $Q_0=13.200 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=2414$ g/L, Bezelye kabuklarından elde edilen adsorbent için $Q_0=5.830$ mol/g, $b=1243$ g/L, Kullanılmış çay yapraklarından elde edilen adsorbent için $Q_0=10.990 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=2975$ g/L ve buğday samanından elde edilen adsorbent için $Q_0=10.818 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=5303$ g/L bulmuşlardır. Shelke ve diğ. Ashoka yaprak tozu üzerine AR adsorpsiyonu çalışmışlar Q_0 değerini 1.0473 mg/g ve b değerini ise 0.0142 g/L bulmuşlardır.

Şekil 4.4.2.3’te AB80 adsorpsiyonu için Langmuir izotermi görülmektedir. Doğrunun eğimi ve kesim noktasından $Q_0= 8.62$ mg/g ve $b= 0.051$ g/L olarak bulunmuştur. Shelke ve diğ. Ashoka yaprak tozu $Q_0=1.13$ mg/g ve $b=0.0131$ g/L bulmuşlardır. Sumanjit ve diğ. AB15 boyar maddesinin farklı adsorbentler üzerine adsorpsiyonu çalışmışlardır. k ve n değerlerini; Küspeden elde edilen adsorbent için $Q_0=0.159 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=16685$ g/L, Çimento ocağı külünden elde edilen adsorbent için $Q_0=3.070 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=35390$ g/L, Tezekten elde edilen adsorbent için $Q_0=3.050 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=3278$ g/L, Yerfıstığı kabuklarından elde edilen adsorbent için $Q_0=9.500 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=2814$ g/L, Bezelye kabuklarından elde edilen adsorbent için $Q_0= 0.810 \times 10^{-5}$ mol/g, $b=18643$ g/L, Kullanılmış çay yapraklarından elde edilen adsorbent için $Q_0=6.736 \times 10^{-5}$ mol/L, $b=1009$ g/L bulmuşlardır.

Şekil 4.4.2.4’te CV adsorpsiyonu için Langmuir izotermi görülmektedir. Doğrunun eğimi ve kesim noktasından $Q_0= 46.85$ mg/g ve $b= 0.99$ g/L olarak bulunmuştur. Senthilkumar ve diğ. PAAC ve SAAC üzerine CV adsorpsiyonu çalışmışlar ve adsorpsiyonda PAAC için $Q_0=60.42$ mg/g, $b=1.0521$, SAAC için $Q_0=85.84$ mg/g, $b=0.8642$ değerleri bulunmuştur. Senthilkumar ve diğ. $Q_0= 106.95$ mg/g, $b =0.477$ bulunmuştur (Senthilkumar ve diğ., 2006; 800-808).

Şekil 4.4.2.5'te MG adsorpsiyonu için Langmuir izotermi görülmektedir. Doğrunun eğimi ve kesim noktasından $Q_0 = 77.52$ mg/g ve $b = 0.088$ g/L olarak bulunmuştur.

Şekil 4.4.3.1'de VBR adsorpsiyonu için Freundlich adsorpsiyon izotermi görülmektedir. Grafiğin eğimi ve kesim noktasından k ve n değerleri 23.81 ve 0.16 olarak bulunmuştur. Yalnız burada korelasyon katsayısı Langmuir adsorpsiyon izotermine göre biraz düşüktür ve 0.89 olarak bulunmuştur. M. Meenakshisundaram ve diğ. VB adsorpsiyonu için yaptıkları çalışmada Freundlich adsorpsiyon izotermi kullanmış ve ticari aktif karbon için k ve n değerleri 0.07 ve 0.683 korelasyon katsayısı 0.960 olarak bulunmuştur. Bentonit için k ve n değerleri 1.88 ve 0.748 korelasyon katsayısı ise 0.930 olarak bulunmuştur.

Şekil 4.4.3.2'de AR37 adsorpsiyonu için Freundlich adsorpsiyon izotermi görülmektedir. Grafiğin eğimi ve kesim noktasından $k = 1.82$ ve $n = 0.47$ değerleri bulunmuştur. Shelke ve diğ. AR37 Ashoka yaprak tozu üzerindeki adsorpsiyonu çalışmışlar k ve n değerlerini 0.7878 ve 1.5561 bulmuşlardır. Sumanjit ve diğ. AR119'u değişik adsorbentler kullanarak adsorpsiyonu incelemişler ve Freundlich izotermi sabitlerini bulmuşlardır. Freundlich izoterm sabitleri olan k ve n değerleri; Küspeden elde edilen adsorbent için $k = 0.051$, $n = 5.13$, Tuğla ocağı külünden elde edilen adsorbent için $k = 0.105$, $n = 2.45$, Çimento ocağı külünden elde edilen adsorbent için $k = 0.09$, $n = 2.76$, Tezekten elde edilen adsorbent için $k = 0.03$, $n = 3.28$, Yerfıstığı kabuklarından elde edilen adsorbent için $k = 0.45$, $n = 1.67$, Bezelye kabuklarından elde edilen adsorbent için $k = 6.85$, $n = 1.45$, Kullanılmış çay yapraklarından elde edilen adsorbent için $k = 0.25$, $n = 1.89$ ve buğday samanından elde edilen adsorbent için $k = 0.11$, $n = 2.53$ bulmuşlardır.

Şekil 4.4.3.3'te AB80 adsorpsiyonu için Freundlich adsorpsiyon izotermi görülmektedir. Grafiğin eğimi ve kesim noktasından $k = 0.62$ ve $n = 0.63$ değerleri bulunmuştur. Shelke ve diğ. $k = 0.1872$ ve $n = 0.95$ değerlerini bulmuşlardır. Sumanjit ve diğ. AB15 boyar maddesinin farklı adsorbentler üzerine adsorpsiyonu çalışmışlardır ve k ve n değerlerini; Küspeden elde edilen adsorbent için $k = 0.791$, $n = 1.46$, Tuğla ocağı külünden elde edilen adsorbent için $k = 0.0002$, $n = 0.56$, Çimento ocağı külünden elde edilen adsorbent için $k = 0.18$, $n = 2.45$, Tezekten elde edilen adsorbent için $k = 0.16$, $n = 2.13$, Yerfıstığı kabuklarından elde edilen adsorbent için $k = 0.13$, $n = 2.21$, Bezelye

kabuklarından elde edilen adsorbent için $k=0.06$, $n=3.83$, Kullanılmış çay yapraklarından elde edilen adsorbent için $k=0.76$, $n=1.47$ ve buğday samanından elde edilen adsorbent için $k=2.53$, $n=0.50$ bulmuşlardır.

Şekil 4.4.3.4'te CV adsorpsiyonu için Freundlich adsorpsiyon izotermi görülmektedir. Grafiğin eğimi ve kesim noktasından $k=15.33$ ve $n= 0.22$ değerleri bulunmuştur. (Senthilkumaar ve diğ., 2006; 800-808) $k=53.3676$ ve $n= 1/57$ bulunmuştur

Şekil 4.4.3.5'te MG adsorpsiyonu için Freundlich adsorpsiyon izotermi görülmektedir. Grafiğin eğimi ve kesim noktasından $k= 19.50$ ve $n= 0.29$ değerleri bulunmuştur.

ΔH^0 , ΔS^0 ve ΔG^0 değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır;

$$\ln K = (\Delta S^0/R) - (\Delta H^0/RT)$$

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

Şekil 4.5.1, Şekil 4.5.2, Şekil 4.5.3, Şekil 4.5.4, Şekil 4.5.5' te sırasıyla VBR, AR37, AB80, CV ve MG boyar maddeleri için adsorpsiyona sıcaklığın etkisi görülmektedir. Bu şekillerdeki grafiklerin eğimleri ve kesimlerinden her bir boyar madde için ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca;

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

Eşitliği kullanılarak 20, 30, 40 ve 55 $^{\circ}\text{C}$ için ΔG^0 değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 4.5' te görüldüğü gibi ΔH^0 değeri AR37 için negatif, kullanılan diğer boyar maddeleri için pozitifdir. Bu sonuçtan AR37 için adsorpsiyon ekzotermik diğerleri için endotermik olduğu görülmektedir. Yani $\Delta H^0 > 0$ olan sistemlerde (VBR, AB80, CV, MG) adsorpsiyon sıcaklıkla artmaktadır. $\Delta H^0 < 0$ olan sistemde ise (AR37) sıcaklık arttıkça adsorpsiyon azalmaktadır.

Tablo 4.5' te ΔS^0 değerleri AR37 için negatif, kullanılan diğer boyar maddeleri için pozitifdir. ΔS^0 değerinin pozitif olması yüzeyde yapısal değişikliklerin olduğunu göstermektedir. ΔS^0 değerinin negatif olması genellikle adsorpsiyon proseslerinde beklenen bir durumdur.

Tablo 4.5' te ΔG^0 değerlerinin beklenildiği gibi sıfırdan küçük olduğu görülmektedir. AR37 için sıcaklık arttıkça ΔG^0 ' nin mutlak değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu da ΔS^0 değerinin gösterdiği gibi sıcaklık arttıkça adsorpsiyonun azaldığının göstergesidir. Diğer dört boyar madde için ΔG^0 ' nin mutlak değeri sıcaklık arttıkça artmaktadır. Bu da diğer maddelerin kendi ΔH^0 değerlerinin gösterdiği gibi sıcaklık arttıkça adsorpsiyonun arttığını göstermektedir.

Şekil 4.6.1'de VBR boyar maddesinin kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile adsorpsiyonun ortam pH'ı ile konsantrasyon arasındaki ilişki görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi ortam pH'sının artışı ile konsantrasyon azalmakta yani adsorpsiyon artmaktadır. Bu durum pH artışı ile adsorbent yüzeyinin negatifliğinin artması ve boyar maddenin katyonik olduğu için negatif yüzeyde daha iyi adsorbe olmasıyla açıklanabilir. Benzer sonuçlar K.N. Singh ve RANJANA Singh tarafından yapılan VB adsorpsiyonuna pH'ın etkisi ve M. Meenakshisundaram ve diğ. tarafından yapılan pH'ın VB adsorpsiyonuna etkisi çalışmalarında bulunmuştur.

Şekil 4.6.2'de AR37'nin kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile adsorpsiyonuna pH etkisi görülmektedir. $C_0=30$ mg/L başlangıç konsantrasyonu için adsorpsiyonun pH'ın artmasıyla azaldığı görülmektedir. Bu durum düşük pH'larda yüzeyin pozitif olması ve negatif yüklü boyar maddenin daha çok adsorbe olması ve pH yükseldikçe yüzeyin daha çok negatif olması ve kendisi de negatif yüklü olan boyar maddenin daha az adsorbe olmasından kaynaklanmaktadır.

Benzer sonuçlar shelke ve diğ. Nirgudi yaprak tozu üzerine yaptıkları AR adsorpsiyonunda bulmuşlardır. Yine shelke ve arkadaşları Ashoka yaprak tozu üzerine AR adsorpsiyonu çalışmalarında benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Şekil 4.6.3'te AB80'nin kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile adsorpsiyonuna pH etkisi görölmektedir. $C_0= 30$ mg/L başlangıç konsantrasyonu için denge adsorpsiyonu pH ın artmasıyla konsantrasyonun arttığı görölmektedir bu da pH ın artmasıyla adsorpsiyonun azaldığını göstermektedir. Bu durum yüksek pH larda yüzeyin negatif olması ve negatif yüklü boyar maddenin daha az adsorbe olması ve pH yükseldikçe yüzeyin daha çok negatif olması ve kendisi de negatif yüklü olan boyar maddenin daha az adsorbe olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 4.6.4'te CV'nin kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile adsorpsiyonuna pH etkisi görölmektedir. $C_0= 30$ mg/L başlangıç konsantrasyonu için adsorpsiyonun pH arttıkça konsantrasyon azalıyor dolayısıyla adsorpsiyon artıyor. Bu durum düşük pH'larda yüzeyin pozitif olması ve negatif yüklü boyar maddenin daha çok adsorbe olması ve pH yükseldikçe yüzeyin daha çok negatif olması ve kendisi de negatif yüklü olan boyar maddenin daha az adsorbe olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 4.6.5'te MG'nin kullanılmış ağartma toprağından elde edilen adsorbent ile adsorpsiyonuna pH etkisi görölmektedir. MG de pH artınca konsantrasyon azalıyor, dolayısıyla adsorpsiyon artıyor. Bu durum düşük pH'larda yüzeyin pozitif olması ve negatif yüklü boyar maddenin daha çok adsorbe olması ve pH yükseldikçe yüzeyin daha çok negatif olması ve kendisi de negatif yüklü olan boyar maddenin daha az adsorbe olmasından kaynaklanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Ahmad, R., 2009, studies on adsorption of Crystal Violet dye from aqueous solution onto coniferous pinus bark powder (CPBP), *Journal of Hazardous Materials*, 171, 767-773.
- Al-Zahrani, A.A., Daous, M.A., 2000, Recycling of Spent Bleaching Clay and Oil Recovery, *Process Safety and Environmental Protection*, 78, 224-228.
- Atadashi, I.M., Aroua, M.K., Abdul Aziz, A.R., Sulaiman, N.M.N., 2012, The effects of water on biodiesel production and refining technologies: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 3456-3470.
- Bajpai, P., 2005, Options for environmentally benign bleaching Environmentally Benign Approaches for Pulp Bleaching, *Chapter 3*, 23-175.
- Baker, A.C., Glynn, P.W., Riegl, B., 2008, Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future Outlook, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80, 435-471.
- Berkem, A.R., Baykut, S., Berkem, M.L., 1993, *Fizikokimya 1-2*. Cilt, İ.Ü., Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul, ISBN:975-404-204-7.
- Bhatnagar, A., Kumar, E., Sillanpää, M., 2011, Fluoride removal from water by adsorption—A review, *Review Article Chemical Engineering Journal*, 171, 811-840.
- Boukerroui, A., Ouali, M.S., 2002, Edible oil bleaching with a bentonite activated by micro wave irradiation, *Annales de Chimie Science des Matériaux*, 27, 73-81.
- Boey, P.L., Saleh, M.I., Sapawe, N., Ganesan, S., Maniam, G.P., Ali, D.M.H., 2011, Pyrolysis of residual palm oil in spent bleaching clay by modified tubular furnace and analysis of the products by GC-MS, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 91, 199-204.
- Boey, P.L., Ganesan, S., Maniam, G.P., Ali, D.M.H., 2011, Ultrasound aided in situ transesterification of crude palm oil adsorbed on spent bleaching clay, *Energy Conversion and Management*, 52, 2081-2084.
- Crini, G., Badot, P.-M., 2008, Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solution by adsorption processes using batch studies: A review of recent literature, *Progress in Polymer Science*, 33, 399-477.

- Cyplik, A.P., Chrzanowski, T., Cyplik, P., Dach, J., Olejnik, A., Staninska, J., Czarny, J., Lewicki, A., Marecik, R., Czarny, P.C., 2013, Composting of oiled bleaching earth: Fatty acids degradation, phytotoxicity and mutagenicity changes, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 78, 49-57.
- Caliskan, E., Bermudez, J. M., Parra, J. B., 2012, Low temperature regeneration of activated carbons using microwaves: Revising conventional wisdom, *Journal of Environmental Management*, 102, 134-140.
- Cinarli, A., Bicer, O., Mahramanlioglu, M., 2005, Removal of fluoride using the adsorbents produced from mining waste, *Fresenius Environmental Bulletin*, 14, 520-525.
- Crini, G., 2006, Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review, *Bioresource Technology*, 97, 1061-1085.
- Chakraborty, S., Chowdhury, S., Saha, P.D., 2011, Adsorption of Cristal Violet from aqueous solution onto NaOH-modified rice husk, *Carbohydrate Polymers*, 86, 1533-1541.
- Diya'uddeen, B.H., Aziz, A.R.A., Daud, W.M.A.W., Chakrabarti, M.H., 2012, Performance evaluation of biodiesel from used domestic waste oils: A review, *Process Safety and Environmental Protection*, 90, 164-179.
- Demiral, H., Demiral, İ., Karabacakoğlu, B., Tümsük, F., 2008, Adsorption of textile dye onto activated carbon prepared from industrial waste by ZnCl₂ activation, *J.Int.Environmental Application and Science*, 3, 381-389
- Dwiarti, L., Ali, E., Park, E.Y., 2010, Enhancement of lipase catalyzed-fatty acid methyl esters production from waste activated bleaching earth by nullification of lipase inhibitors, *Bioresource Technology*, 101,14-20.
- El-Sayed, G.O., 2011, Removal of Methylene blue and Cristal Violet from aqueous solutions by palm kernel fiber, *Desalination*, 272, 255-232.
- Guota, V.K., Gupta, B., Rastogi, A., Agarwal, S., Nayak, A., 2011, A comparative investigation on adsorption performances of mesoporous activated carbon prepared from waste rubber tire and activated carbon for a hazardous azo dye-Acid Blue 113, *Journal of Hazardous Materials*, 186, 891-901.
- Guclu, K., Mahramanlioglu, M., 2003, Adsorption of Cr(VI) from aqueous solutions by adsorbents produced from coal mining wastes, *Fresenius Environmental Bulletin*, 12, 1492-1498.
- Gokturk, S., Mahramanlioglu, M., Tuncay, M., 1999, Surface tension studies of lauryl sulfobetaine - beta-cyclodextrin and dodecyltrimethylammonium bromide - beta-cyclodextrin inclusion complexes in aqueous solution, *Canadian Journal of Chemistry-Revue Canadienne de Chimie*, 77, 1208-1213.

- Haslenda, H., Jamaludin, M.Z., 2011, Industry to Industry By-products Exchange Network towards zero waste in palm oil refining processes, *Conservation and Recycling*, 55, 713-718.
- Huang, Y.P., Chang, J.I., 2010, Biodiesel production from residual oils recovered from spent bleaching earth, *Renewable Energy*, 35, 269-274.
- Hussin, F., Aroua, M.K., Daud, W.M.A.W., 2011, Textural characteristics, surface chemistry and activation of bleaching earth, A Review Article *Chemical Engineering Journal*, 170, 90-106.
- Jaikumar, Dr.V., Kumar, K.S., Prakash, D.S., Biosorption of acid dyes using spent brewery grains: Characterization and modeling, *International Journal of Applied Science and Engineering*, 7, 115-125.
- Kagne, S., Jagtap, S., Thakare, D., Devotta, S., Rayalu, S.S., 2009, Bleaching powder: A versatile adsorbent for the removal of fluoride from aqueous solution, *Desalination*, 243, 22-31.
- Kumar, R., Ahmad, R., 2011, Biosorption of hazardous Crystal Violet dye from aqueous solution onto treated ginger waste (TGW), *Desalination*, 265, 112-118.
- Kizilcikli, I., Mahramanlioglu, M., 2002, 2,4 D Adsorption by the adsorbents produced from contaminated soil, *Fresenius Environmental Bulletin*, 11, 1098-1104.
- King, J.W., List, G.R., Johnson, J.H., 1992, Supercritical carbon dioxide extraction of spent bleaching clays, *The Journal of Supercritical Fluids*, 5, 38-41.
- Laszlo, J.A., 1994, Removing acid dyes from textile wastewater using biomass for decolorization, *American Dyestuff Reporter*.
- Leboda, R., Charnas, B., Skubiszewska-Ziğba, J., Chodorowski, S., Oleszczuk, P., Gun'ko, V.M., Pokrovskiy, V.A., 2005, Carbon–mineral adsorbents prepared by pyrolysis of waste materials in the presence of tetrachloromethane, *Journal of Colloid and Interface Science*, 284, 39-47.
- Loh, S.K., James, S., Ngatiman, M., Cheong, K.Y., Choo, Y.M., Lim, W.S., 2013, Enhancement of palm oil refinery waste – Spent bleaching earth (SBE) into bio organic fertilizer and their effects on crop biomass growth, *Industrial Crops and Products*, 49, 775-781.
- Liang, P., Zhang, Y., Wang, D., Xu, Y., Luo, L., 2013, Preparation of mixed rare earths modified chitosan for fluoride adsorption, *Journal of Rare Earths*, 31, 817-822.
- Mahramanlioglu, M., Ozgen, Ö., 2009, Adsorption of alpha-Picoline and gamma-Picoline on the Adsorbent Produced from Spent Bleaching Earth, *Asian Journal of Chemistry*, 21, 635-643.
- Mahramanlioglu, M., 2008, Adsorption of beta-picoline on the adsorbents produced from spent bleaching earth, *Asian Journal of Chemistry*, 20, 1444-1450.

- Mahramanlioglu, M., Bicer, I. O., Misirli, T., 2007, Removal of uranium by the adsorbents produced from coffee residues, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 273, 621-624.
- Mahramanlioglu, M., AL, M., Zahoor, M., 2010, Removal of phenol red by activated carbon and magnetic activated carbons, *Fresenius Environmental Bulletin*, 19, 911-918.
- Mahramanlioglu, M., Özgen, Ö., Cınarlı, A., 2010, Adsorption of Pyridine by Acid Treated Spent Bleaching Earth, *asian journal of chemistry*, 22, 1428-1434.
- Mahramanlioglu, M., Güçlü, K., Kızılcıklı, İ., 2007, Adsorption of uranium by adsorbents produced from coal mining waste, *Fresenius Environmental Bulletin*, 16, 998-1004.
- Mahramanlioglu, M., Bicer, I.O., Misirli, T., 2006, The removal of anionic naphthalene derivatives by the adsorbents produced from used tires, *Fresenius Environmental Bulletin*, 15, 1150-1155.
- Mahramanlioglu, M., Güçlü, K., Mısırlı, T., 2006, Removal of Chromium(III) by the adsorbents produced from coal mining wastes, *Asian Journal of Chemistry*, 18, 145-154.
- Mahramanlioglu, M., Guclu, K., 2004, Equilibrium, kinetic and mass transfer studies and column operations for the removal of arsenic(III) from aqueous solutions using acid treated spent bleaching earth, *Environmental Technology*, 25, 1067-1076.
- Mahramanlioglu, M., Özgen, Ö., 2013, Adsorption of Carbamazepine on the Adsorbent Produced from Spent Bleaching Earth, *Asian Journal of Chemistry*, 25, 1033-1035.
- Mahramanlioglu, M., 2003, Adsorption of uranium on adsorbents produced from used tires, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 256, 99-105.
- Mahramanlioglu, M., Guclu, K., 2003, Removal of MCPA (4-chloro-2-methylphenoxy-acetic acid) from aqueous solutions using adsorbent produced from elutriate, *Energy Sources*, 25, 1-13.
- Mahramanlioglu, M., Kirbaslar, İ., Kizilcikli, I., 2003, Mass transfer and adsorption kinetics during the adsorption of fluoride onto activated clays in agitated systems, *Fresenius Environmental Bulletin*, 12, 1483-1491.
- Mahramanlioglu, M., Kizilcikli, I., Bicer, IO., 2003, Removal of MCPA from aqueous solutions by acid-activated spent bleaching earth, *Journal of Environmental Science and Health Part b-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 38, 813-827.
- Mahramanlioglu, M., Kizilcikli, I., 2002, Adsorption of fluoride from aqueous solution by acid treated spent bleaching earth, *Journal of Fluorine Chemistry*, 115, 41-47.

- Mahramanlioglu, M., Kizilcikli, I., Bicer, I.O., 2000, Removal of 2,4-D from aqueous solution by the adsorbents from spent bleaching earth, *Journal of Environmental Science and Health Part b-Pesticides Food Contaminants and Agricultural wastes*, 35, 187-200.
- Mahramanlioglu, M., Kizilcikli, I., Bicer, I.O., 2002, Adsorption of fluoride from aqueous solution by acid treated spent bleaching earth, *Journal of Fluorine Chemistry*, 115, 41-47.
- Malakootian, M., Fatehizadeh, A., Yousefi, N., Ahmadian, M., Moosazadeh, M., 2011, Fluoride removal using Regenerated Spent Bleaching Earth (RSBE) from groundwater: Case study on Kuhbonan water, *Desalination*, 277, 244-249.
- Mana, M., Ouali, M.S., De Menorval, L.S., Zajac, J.J., Charnay, C., 2011, Regeneration of spent bleaching earth by treatment with cetyltrimethylammonium bromide for application in elimination of acid dye, *Chemical Engineering Journal*, 174, 275-280.
- Mana, M., Ouali, M.S., Lindheimer, M., De Menorval, L.C., 2008, Removal of lead from aqueous solutions with a treated spent bleaching earth, *Journal of Hazardous Materials*, 159, 358-364.
- Mana, M., Ouali, M.S., De Menorval, L.C., 2007, Removal of basic dyes from aqueous solutions with a treated spent bleaching earth, *Journal of Colloid and Interface Science*, 307, 9-16.
- Meenakshisundaram, M., Srinivasagan, G., Rejinis, J., 2011, Novel eco-friendly adsorbents for the removal of Victoria blue dye, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 3, 584-594.
- Meziti, C., Boukerroui, A., 2011, Regeneration of a solid waste from an edible oil refinery, *Ceramics International*, 37, 1953-1957.
- Meziti, C., Boukerroui, A., 2012, Removal of a Basic Textile Dye from Aqueous Solution by Adsorption on Regenerated Clay, *Procedia Engineering*, 33, 303-312.
- Mittal, A., Mittal, J., Malviya, A., Kaur, D., Gupta, V.K., 2010, Adsorption of hazardous dye Crystal Violet from wastewater by waste materials, *Journal of Colloid and Interface Science*, 343, 463-473.
- Misirli, T., Biçer, I.O., Mahramanlioğlu, M., 2003, Removal of thiram from aqueous solutions with adsorbents produced from coal mining waste, 12th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region Location: Antalya, TURKEY Date: OCT 04-08, 2003 Sponsor(s): Mediterranean Sci Assoc Environm Protect; Soc Ecotoxicol & Environm Safety, *FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*, 13, 1010-1015.

- Nurfitri, I., Maniam, G.P., Hindryawati, N., Yusoff, M.M., Ganesan, S., 2013, Potential of feedstock and catalysts from waste in biodiesel preparation: A review, *Energy Conversion and Management*, 74, 395-402.
- Noyan, H., Önal, M., Sarıkaya, Y., 2007, The effect of sulphuric acid activation on the crystallinity, surface area, porosity, surface acidity, and bleaching power of a bentonite, *Food Chemistry*, 105, 156-163.
- Omar, S., Girgis, B., Taha, F., 2003, Carbonaceous materials from seed hulls for bleaching of vegetable oils, *Food Research International*, 36, 11-17.
- Pollard, S.J.T., Sollars, C.J., Perry, R., 1993, The reuse of spent bleaching earth: A feasibility study in waste minimisation for the edible oil industry, *Bioresource Technology*, 45, 53-58.
- Pollard, S.J.T., Sollars, J.S., Perry, R., 1992, A clay-carbon adsorbent derived from spent bleaching earth: Surface characterisation and adsorption of chlorophenols from aqueous solution, *Carbon*, 30, 639-645.
- Petersson, J., Stephens, M.B., Mattsson, H., Möller, C., 2012, Albitization and quartz dissolution in Paleoproterozoic metagranite, central Sweden — Implications for the disposal of spent nuclear fuel in a deep geological repository, *Lithos*, 148, 10-26.
- Rajamohan, N., Rajasimman, M., Rajeshkannan, R., Sivaprakash, B., 2013, kinetic modeling and isotherm studies on a batch removal of Acid Red 114 by an activated plant biomass, *Journal of Engineering Science and Technology*, 8, 778-792.
- Salleh, M.A.M., Mahmoud, D.K., Karim, W.A.W.A., Idris, A., 2011, Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: A comprehensive review, *Desalination*, 280, 1-13.
- Santos, M.S.F., Schaule, G., Alves, A., Madeira, L.M., 2013, Adsorption of paraquat herbicide on deposits from drinking water networks, *Chemical Engineering Journal*, 229, 324-333.
- Saha, P.D., Chakraborty, S., Chowdhury, S., 2012, Batch and continuous (fixed-bed column) adsorption of Crystal Violet by *Artocarpus heterophyllus* (jackfruit) leaf powder, *colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 92, 262-270.
- Senthilkumaar, S., Kalaamani, P., Subburaam, CV., 2006, Liquid phase adsorption of Crystal Violet onto activated carbons derived from male flowers of coconut tree, *Journal of Hazardous Materials*, 136, 800-808
- Saeed, A., Sharif, M., Iqbal, M., 2010, Application potential of grapefruit peel as dye sorbent: Kinetics, equilibrium and mechanism of Crystal Violet adsorption, *Journal of Hazardous Materials*, 179, 564-572.

- Shelke, R.S., Bharad, J.V., Madje, B.R., Ubale, M.B., 2011, Studies on the removal of acid dyes from aqueous solutions by Ashoka leaf powder, *Der Chemica Sinica*, 2, 6-11.
- Shelke, R., Bharad, J., Madje, B., Ubale, M., 2010, Adsorption of acid dyes from aqueous solution onto the surface of acid activated Nirgudi leaf powder (AANLP): A case study, *International Journal of ChemTech Research*, 2, 2046-2051.
- Silva, S.M., Sampaio, K.A., Ceriani, R., Verhé, R., Stevens, C., De Greyt, W., Meirelles, A.J.A., 2013, Adsorption of carotenes and phosphorus from palm oil onto acid activated bleaching earth: Equilibrium, kinetics and thermodynamics, *Journal of Food Engineering*, 118, 341-349.
- Sivasankar, V., Rajkumar, S., Muruges, S., Darchen, A., 2012, Influence of shaking or stirring dynamic methods in the defluoridation behavior of activated tamarind fruit shell carbon, *Chemical Engineering Journal*, 197, 162-172.
- Sivakumar, V., Asaithambi, M., Sivakumar, P., 2012, Physico-chemical and adsorption studies of activated carbon from agricultural wastes, *Advances in Applied Science Research*, 3, 219-226.
- Singh, K.P., Gupta, S., Singh, A.K., Sinha, S., 2011, Optimizing adsorption of Crystal Violet dye from water by magnetic nanocomposite using response surface modeling approach, *Journal of Hazardous Materials*, 186, 1462-1473.
- Srinivasan, A., Viraraghavan, T., 2010, Decolorization of dye wastewaters by biosorbents: A review, *Journal of Environmental Management*, 91, 1915-1929.
- Suppalakpanya, K., Ratanawilai, S.B., Tongurai, C., 2010, Production of ethyl ester from esterified crude palm oil by microwave with dry washing by bleaching earth, *Applied Energy*, 87, 2356-2359.
- Suhartini, S., Hidayat, N., Wijaya, S., 2011, Physical properties characterization of fuel briquette made from spent bleaching earth, *Biomass and Bioenergy*, 35, 4209-4214.
- Tovar-Gomez, R., Rivera-Ramirez, D.A., Hernandez-Montoya, V., Bonilla-Petriciolet, A., Duran-Valle, C.J., Montes-Moran, M.A., 2012, Synergic adsorption in the simultaneous removal of Acid Blue 25 and heavy metals from water using a Ca(PO₃)₂-modified carbon, *Journal of Hazardous Materials*, 199-200, 290-300.
- Tsai, W.T., Chang, Y.M., Lai, C.W., Lo, C.C., 2005, Adsorption of ethyl violet dye in aqueous solution by regenerated spent bleaching earth, *Journal of Colloid and Interface Science*, 289, 333-338.
- Tsai, W.T., Chen, H.P., Hsieh, M.F., Sun, H.F., Chien, S.F., 2002, Regeneration of spent bleaching earth by pyrolysis in a rotary furnace, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 63, 157-170.

- Tsai, W.T., Lai, C.W., 2006, Adsorption of herbicide paraquat by clay mineral regenerated from spent bleaching earth, *Journal of Hazardous Materials*, 134, 144-148.
- Tsai, W.T., Chen, H.P., Hsien, W.Y., Lai, C.W., Lee, M.S., 2003, Thermochemical regeneration of bleaching earth waste with zinc chloride, *Conservation and Recycling*, 39, 65-77.
- Tsai, W.T., Hsien, K.J., Yang, J.M., 2004, Silica adsorbent prepared from spent diatomaceous earth and its application to removal of dye from aqueous solution, *Journal of Colloid and Interface Science*, 275, 428-433.
- Tsai, W.T., Hsien, K.J., Chang, Y.M., Lo, C.C., 2005, Removal of herbicide paraquat from an aqueous solution by adsorption onto spent and treated diatomaceous earth, *Bioresource Technology*, 96, 657-663.
- Tsai, W.T., Lai, C.W., Su, T.Y., 2006, Adsorption of bisphenol-A from aqueous solution onto minerals and carbon adsorbents, *Journal of Hazardous Materials*, 134, 169-175.
- Wambu, E.W., Muthakia, G.K., Wa-Thiong'o, J.K., Shiundu, P.M., 2009, Regeneration of spent bleaching earth and its adsorption of copper (II) ions from aqueous solutions, *Applied Clay Science*, 46, 176-180.
- Wang, S., Wei, J., Lv, S., Guo, Z., Jiang, F., 2013, Removal of organic dyes in environmental water onto magnetic-sulfonic graphene nanocomposite, *Clean-Soil, Air, Water*, 41, 992-1001.7
- Weng, C.H., Pan, Y.F., 2007, Adsorption of a cationic dye (methylene blue) onto spent activated clay, *Journal of Hazardous Materials*, 144, 355-362.
- Weng, C.H., Tsai, C.Z., Chu, S.H., Sharma, Y.C., 2007, Adsorption characteristics of copper(II) onto spent activated clay, *Separation and Purification Technology*, 54, 187-197.
- Woumfo, D., Kamga, R., Figueras, F., Njopwouo, D., 2007, Acid activation and bleaching capacity of some Cameroonian smectite soil clays, *Applied Clay Science*, 37, 149-156.
- Wu, Z., Li, C., Sun, X., Xu, X., Dai, B., Li, J., Zhao, H., 2006, Characterization, Acid Activation and Bleaching Performance of Bentonite from Xinjiang, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 14, 253-258.
- Zahoor, M., Mahramanlioglu, M., 2011, Adsorption of Imidacloprid on Powdered Activated Carbon and Magnetic Activated Carbon, *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 25, 55-63.

Zahoor, M., Mahramanlioglu, M., 2011, 2011 Removal of 2, 4-d from water, using various adsorbents in combination with ultrafiltration, *Fresenius Environmental Bulletin*, 20, 2508-2513.

Zahoor, M., Mahramanlioglu, M., 2011, Removal of Phenolic Substances from Water by Adsorption and Adsorption-Ultrafiltration, *Separation Science and Technology*, 46, 1482-1494.

ÖZGEÇMİŞ

Fotoğraf

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Tevfik Yüksek
Uyruğu	T.C
Doğum tarihi, Yeri	1981, Hatay
Telefon	0536 8472519
E-mail	yuksektevfik@hotmail.com

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Yüksek Lisans	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü/Kimya Anabilim Dalı /Fiziksel Kimya Programı	2014
Lisans	İ.Ü. Mühendislik Fakültesi/ Kimya Mühendisi	2011
Lise	Samandağ Lisesi	2001

