

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SULU ÇÖZELTİLERDE BULUNAN BOYAR MADDELERİN GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİT
İLE ADSORPSİYON İZOTERM VE KİNETİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Necla EKİNCİ

TEMMUZ 2020

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SULU ÇÖZELTİLERDE BULUNAN BOYAR MADDELERİN GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİT
İLE ADSORPSİYON İZOTERM VE KİNETİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Hazırlayan
Necla EKİNCİ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sinan Mehmet TURP

Jüri Üyeleri

TEMMUZ 2020

ONAY

Necla EKİNCİ tarafından hazırlanan “Sulu Çözeltilerde Bulunan Boyar Maddelerin Genleştirilmiş Perlit İle Adsorpsiyon İzoterm Ve Kinetiklerinin Araştırılması” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Ünvanı, Adı ve Soyadı

(Başkan)

Ünvanı, Adı ve Soyadı

(Danışman)

Ünvanı, Adı ve Soyadı

(Üye)

Ünvanı, Adı ve Soyadı

(Üye) (varsa)

Ünvanı, Adı ve Soyadı

(Üye) (varsa)

Bu tezin kabulü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../...gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN

Enstitü Müdürü

BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “**Sulu Çözeltilerde Bulunan Boyar Maddelerin Genleştirilmiş Perlit ile Adsorpsiyon İzoterm ve Kinetiklerinin Araştırılması**” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. / / 20...

Öğrencinin Adı Soyadı

Necla EKİNCİ

İmza

ÖZET

SULU ÇÖZELTİLERDE BULUNAN BOYAR MADDELERİN GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİT İLE ADSORPSİYON İZOTERM VE KİNETİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Necla EKİNCİ

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sinan Mehmet TURP

Temmuz 2020, Sayfa 54

Endüstride boyar maddelerin geniş kullanımıyla meydana gelen boyalı atık sular insan sağlığını olumsuz yönde etkilemekte olup bu atık sular ortama deşarj edildiğinde bulunduğu bölgenin ekolojik dengesini de tahrip etmektedir. Bu çalışmada adsorban madde olarak genişletilmiş perlit kullanılmıştır. Genleştirilmiş perlit, perlitin 700-1200°C sıcaklıklarda genişmesiyle oluşan bir volkanik kayadır. Perlit genişlediğinde hafif, camsı ve gözenekli bir yapıya dönüşür bu özelliğinden dolayı adsorbant madde olarak kullanılmaktadır. Ayrıca genişletilmiş perlitin BET yüzey alanı analizi, SEM görüntüsü, F-TIR analizi ve EDS analizi yapılarak genişletilmiş perlitin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirtilmiştir. Çalışmada boyar madde olarak metilen mavisi kullanılmıştır.

Çalışmanın amacı sulu çözeltilerde bulunan boyar maddelerin genişletilmiş perlit kullanarak adsorpsiyon izoterm ve kinetiklerini incelemektir. Çalışmada adsorban madde miktarı, sıcaklık, giriş konsantrasyonu, pH ve temas süresi gibi parametreler incelenmiştir. Hesaplanan adsorpsiyon verileri ile adsorpsiyon izoterm ve kinetiklerinin grafikleri çizilerek korelasyon değerleri bulunmuştur. Langmuir, Freundlich, Temkin izotermi için korelasyon kat sayıları sırasıyla 0.77, 0.939 ve 0.993 tür. Temkin izoterminin uyumlu olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ile kinetik hesaplamaları yapılmıştır. Yalancı birinci derece ve yalancı ikinci derece kinetik model uygulamasında hesaplanan korelasyon kat sayıları 0.16 ve 0.99 dur. Kinetik modellerinden ikinci derece kinetik modelinin daha iyi uyum sağladığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Boyar madde, Genişletilmiş Perlit, Metilen Mavisi, izoterm, kinetik

ABSTRACT

EXAMINATION OF ADSORPTION ISOTHERMS AND KINETICS OF DYES IN AQUEOUS SOLUTIONS WITH EXPANDED PERLITE

Necla EKINCI

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate Education Institute

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Asist. Prof. Dr. Sinan Mehmet TURP

July2020, 54 pages

Dye wastewater, which occurs with the wide use of dyestuffs in the industry, negatively affects human health. In this study, expanded perlite was used as adsorbent. Expanded perlite is a volcanic rock formed by the expansion of perlite at 700-1200 ° C. When perlite expands, it turns into a light, glassy and porous structure. Due to this feature, it is used as an adsorbent material. In addition, the physical and chemical properties of the expanded perlite are specified by making BET surface area analysis, SEM image, F-TIR analysis and EDS analysis of the expanded perlite. In the study, methylene blue was used as dyestuff. The aim of the study is to investigate the adsorption isotherm and kinetics of dyestuffs in aqueous solutions using expanded perlite. In the study, parameters such as amount of adsorbent, temperature, inlet concentration, pH and contact time were examined. Correlation values were calculated by plotting the calculated adsorption data and adsorption isotherm and kinetics. Correlation coefficients for Langmuir, Freundlich, Temkin isotherms are 0.77, 0.939 and 0.993, respectively. Temkin isotherm was found to be compatible. Kinetic calculations were made with the obtained results. Correlation coefficients calculated in the pseudo-first and pseudo second-degree kinetic model applications are 0.16 and 0.99. It was determined that the pseudo second-degree kinetic model, which is one of the kinetic models, fits better.

Keywords: Dyestuff, Expanded Perlite, Methylene Blue, isotherm, kinetic.

TEŐEKKÖR

Bu tez alıőması sırasında, tez konusunun belirlenmesinden baőlayarak son aőamaya kadar her konuda benden yardımlarımı esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sinan Mehmet TURP' a őükranlarımı sunarım.

Yoğun alıőma temposunda benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, varlıkları ile birer motivasyon kaynağı olan tüm aileme teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmasında BEBAP 2017.09 ve BEBAP 2018.06 numaralı projeler kapsamında verdikleri desteklerden dolayı Bitlis Eren Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	v
ABSTRAC.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1.PERLİT.....	2
1.1.1. Perlitin Fiziksel Özellikleri	3
1.1.2. Perlitin Teknik Özellikleri.....	4
1.1.3. Genleştirilmiş Perlitin Kullanım Alanlar.....	5
1.1.4. Dünya Ve Türkiye’de Perlit Bulunma Durumu.....	5
1.2.BOYAR MADDELER.....	7
1.2.1. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması.....	7
1.2.2. Boyar Maddelerin Canlı Ve Çevre Üzerine Etkileri.....	9
1.3. ADSORPSİYON.....	10
1.3.1. Adsorpsiyon Çeşitleri	11
1.3.1.1. Fiziksel Adsorpsiyon.....	11
1.3.1.2. Kimyasal Adsorpsiyon	11
1.3.1.3. İyonik Adsorpsiyon	12
1.3.2. Adsorpsiyon Etkileyen Faktörler	12
1.3.2.1. Sıcaklık.....	12
1.3.2.2. pH.....	13
1.3.2.3.Adsorblanan Madde Miktarı	13
1.3.3. Adsorpsiyonu İzotermi.....	13
1.3.3.1. Langmuir İzotermi.....	13
1.3.3.2. Freundlich İzotermi	14
1.3.3.3. Temkin İzotermi	15

1.3.4. Adsorpsiyon Kinetikleri	15
1.3.4.1. Yalancı Birinci Derece Kinetik Modeli	16
1.3.4.2. Yalancı İkinci Derece Kinetik Modeli	16
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Genleştirilmiş Perlit.....	20
3.2. Metilen Mavisi.....	21
3.3. Genleştirilmiş Perlitin Özellikleri İçin Yapılan Bazı Analizler.....	22
3.4. Deneysel Çalışmalar.....	22
3.5. Adsorpsiyon İzoterm Çalışmaları.....	22
3.6. Adsorpsiyon Kinetik Çalışmaları.....	23
4.BULGULAR.....	23
4.1. Genleştirilmiş Perlit İçin Yapılan Analizleri.....	23
4.1.1. BET Yüzey Analiz Sonuçları.....	23
4.1.2. SEM görüntüleri.....	24
4.1.3. EDS Analizi.....	25
4.1.4. FT-IR Analizi	26
4.2. Adsorban Madde Miktarının Etkisi.....	27
4.3. Adsorpsiyonda Temas Süresinin Etkisi.....	27
4.4. Giriş Konsantrasyonunun Etkisi.....	28
4.5. Adsorpsiyonun Sıcaklığın Etkisi.....	29
4.6. Adsorpsiyonda İzoterm Çalışmaları.....	29
4.7. Adsorpsiyon Kinetik Çalışmaların Sonuçları.....	31
5. SONUÇLAR.....	33
6. KAYNAKLAR.....	34
ÖZGEÇMİŞ.....	40

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>TABLÖLAR</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 1. 1. Perlitin fiziksel özellikleri	3
Tablo 1. 2. Dünyadaki perlit rezervleri.....	5
Tablo 1. 3. Bölgesel olarak Türkiye'nin perlit rezervleri.....	6
Tablo 1. 4. Kimyasal yapılarına göre kromojen gruplar.....	7
Tablo 1. 5. Yapay ve Doğal adsorbentlerin karşılaştırılması.	10
Tablo 1.6. Fiziksel ve Kimyasal adsorpsiyonun karşılaştırılması.	11
Tablo 3. 1. Genleştirilmiş perlitin kimyasal özellikleri.....	20
Tablo 3. 2. Genleştirilmiş perlitin özgün özellikleri.....	20
Tablo 3. 3. Metilen Mavisinin fiziksel özellikleri.	22
Tablo 4. 1. Genleştirilmiş perlitin BET yüzey analizlerinin sonuçları.....	23
Tablo 4. 2. Genleştirilmiş perlit FT-IR analizi	26
Tablo 4. 3. Langmuir, Freundlich, Temkin İzoterm sabitlerinin sonuçları	31
Tablo 4. 4. Metilen mavisinin genleştirilmiş perlit üzerine adsorpsiyon kinetik sabitleri	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİLLER</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. 1. Genleştirilmiş perlit görünümü.....	3
Şekil 1. 2. Türkiye'deki perlit kaynaklarının gösterimi.....	6
Şekil 3. 1. Metilen mavisinin molekül yapısı.....	21
Şekil 4. 1. Genleştirilmiş Perlit SEM Görüntüsü 5K X.....	24
Şekil 4. 2. Genleştirilmiş Perlit SEM Görüntüsü 250 X.....	25
Şekil 4. 3. Genleştirilmiş Perlit SEM Görüntüsü 100 X.....	25
Şekil 4. 4. Genleştirilmiş perlit EDS analizi.....	26
Şekil 4. 5. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi gideriminde madde miktarına bağlı giderim verim grafiği.....	27
Şekil 4. 6. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisinin adsorpsiyonunda temas süresine bağlı giderim verimi.....	28
Şekil 4. 7. Genleştirilmiş perlit ile metilen mavisi adsorpsiyonunda giriş konsantrasyona bağlı giderim verimi.....	28
Şekil 4. 8. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi gideriminde sıcaklığa bağlı giderim verimi.....	29
Şekil 4. 9. Genleştirilmiş perlit yüzeyine Freundlich izotermi eşitliğiyle gösterilen metilen mavisi adsorpsiyonu.....	30
Şekil 4. 10. Genleştirilmiş perlit yüzeyine Langmuir izoterm eşitliği ile gösterilen metilen mavisi adsorpsiyonu.....	30
Şekil 4. 11. Genleştirilmiş perlit yüzeyine Temkin izotermi eşitliğiyle gösterilen metilen mavisi adsorpsiyonu.....	31

SİMGELER DİZİNİ

1/n	Freundlich sabiti
B	Adsorpsiyonun enerji değişimi
C _e	Adsorpsiyon sonrası çözeltide kalan maddenin konsantrasyonu (mg/L)
C _m	Adsorban miktarı (g)
C _o	Başlangıç konsantrasyonu (mg/L)
k ₁	Birinci derece kinetik modelinin hız sabiti (1/dakika)
K _f	Freundlich adsorpsiyon katsayısı
Kg	Kilogram
K _L	Langmuir sabiti
K _T	Temkin Denge Sabiti
L	Litre
mL	Mililitre
n	Giderim (adsorpsiyon) verimi (%)
Nm	Nanometre
q _{max}	Adsorbentin maksimum adsorblama kapasitesi (mg/g)
R	Evrensel gaz sabiti
Rpm	Bir dakikadaki devir sayısı
T	Sıcaklık (°C)
V	Çözelti hacmi (1L)
t	Dakika

KISALTMALAR DİZİNİ

AB283	Asit Kahverengi 283
BV3	Bazik Viyole 3
BET	Yüzey Alanı Ölçüm Cihazı
DKZ	Demir Oksit Kaplı Zeolite
EDS	Enerji Dağılımı Spektrometresi
FT-IR	Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi
PMKZ	Potasyum Permanganat Kaplı Zeolit
RB21	Reaktif Mavi 21
RBBR	Remazol Brillant Blue R
RB5	Reaktif Siyah 5
SEM	Taramalı Elektron Mikroskopisi

1. GİRİŞ

Dünyanın birçok yerinde gelişen teknolojiyle birlikte oluşan çevre kirlilikleri büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu sorunlardan biri olarak da tekstil atık sularından çıkan boyar maddeler olduğu bilinmektedir. Bunun nedeni ise dünyada renkli ürünlere taleplerinin gittikçe artmasıdır. Tekstil endüstrilerinde bulunan boyaların yapı ve renklerinin korunması için yüksek kimyasal işlemler uygulanmasıdır. Bu işlemler boyar maddelerin sudan uzaklaştırmasını zorlaştırmaktadır. Boyar maddeler karmaşık yapıya sahip, yüksek sıcaklıklara dayanabilen, suya ve çeşitli kimyasallara dayanıklı olması ve sentetik yapılarda oldukları için biyolojik olarak parçalanmaları zor olan yapılar olarak nitelendirilirler. Boyar maddelerin yaklaşık olarak %10 ila %15 'nin ortama deşarj edildiği bilinmektedir. Bu boyar maddeler deşarj edildiği ortamda görünüş açısından hoş olmayan bir etki bırakmakta ve ayrıca zehirli oluşundan dolayı da ortamda bulunan canlılara ve çevreye zarar vermektedir. Ayrıca boyar maddeler suyu bulanıklaştırarak suda bulunan primer üreticilerin fotosentez için gerekli olan güneş ışını almasını engellemekte ve ortamın ekosisteme büyük oranda zarar vermektedirler. Boyar maddeler zehirli olması, temas edildiği sürece cilt tahrişine neden olduğu ve ayrıca bünyesinde kanserojen madde barındırdığı bilinmektedir[1-2]. Bu etkilerinden dolayı boyar maddeler deşarj edilmeden arıtımın sağlanması gerekmektedir. Boyar madde gideriminin de birçok farklı arıtma yöntemleri bulunmaktadır.

Boyar maddelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri bulunmaktadır. Kimyasal koagülasyon, kimyasal ayırıştırma, oksidasyon, membran filtrasyon, fenton, ozon, anaerobik veya aerobik prosesler boyar madde gideriminin de kullanılan yöntemlerin bazılarını oluşturmaktadır [3]. En yaygın olarak kullanılanı ise fiziksel arıtım olan adsorpsiyon yöntemidir. Adsorpsiyon işlemi son yıllarda çokça tercih edilen bir yöntemdir. Adsorpsiyonda doğal adsorbanların kullanılması, maliyeti düşük bir uygulama olması, işletimim kolay olması, debisi yüksek olmayan sularda bile arıtımı sağlanabilmesi ve birçok farklı atık su gideriminin de kullanılan bir yöntemidir [4-5].

Adsorpsiyon işleminde kullanılan sorbentlerin ucuz olması, geri kazanımın olması ve yeniden kullanım gibi özelliklerinden dolayı sadece boyar madde gideriminin de değil birçok farklı atık bertarafın da kullanılan bir yöntemdir [6]. Adsorpsiyonda giderim yönteminde birçok farklı doğal adsorban kullanılmaktadır. Bunlar; aktif karbon, yer fıstığı kabuğu, Hindistan cevizi, mısır koçanı, pirinç kabuğu, zeytin küspesi, atık çamur, palmiye kabuğu, selüloz, ay çiçeği sapları, pomza, perlit, uçucu kül,[7-8] zeolit, bentonit, montmorillonit, klinoptilolit[9] gibi adsorban maddeler bulunmaktadır. Adsorpsiyonu giderim verimini etkileyen faktörler temas süresi, giriş

konsantrasyonu, sıcaklık, pH ve adsorban madde miktarı gibi birçok etken sayılabilir [10]. Bu çalışmada doğal adsorban madde olarak geliştirilmiş perlit kullanılmıştır. Genleştirilmiş perlit, perlitin 400°C’de ön ısıtmaya tabi tutularak bünyesinde bulunan nem sayesinde 1200°C’ye kadar ısıtılarak genişmesiyle oluşan köpüksü agregadır. Genleştirilmiş perlitin sahip olduğu gözenekli yapısı, hafif olma, ısıya dayanıklı olması ve kimyasallara karşı direnciyle tercih edilmesi gereken bir adsorban madde olma özelliği taşımaktadır. Ayrıca geliştirilmiş perlit birçok farklı alanda kullanılan bir malzemedir. İnşaat sektöründe, kimya sektöründe, ziraat sektöründe ve farklı sanayi sektörlerinde geliştirilmiş perlit kullanılmaktadır [11-12]. Genleştirilmiş perlit boyar madde giderilmesinde adsorban madde olarak da kullanılmaktadır.

Demirtaş yaptığı çalışmada perlit ve geliştirilmiş perlitin viktorya mavisi giderim kapasitelerini karşılaştırmış en iyi sonucun geliştirilmiş perlit olduğunu belirtmiştir. Adsorpsiyon giderimini ve adsorpsiyon izotermelerini incelenmiştir. Perlit ve geliştirilmiş perlitin adsorpsiyon verileri kullanılarak izotermine bakılmıştır. En iyi uyumun Langmuir izotermi sağlamış olduğunu gözlemlemiştir[13]. Geliştirilmiş perlit ayrıca ağır metal gideriminde de kullanılmaktadır. Zincir yaptığı tez çalışmasında geliştirilmiş perlit kullanarak atık sulardan bor giderimini incelemiştir. Çalışma sonucunda atık sudan bor giderimi %50 olarak tespit etmiştir. Adsorpsiyonun denge modellemesi adına adsorpsiyon verileri kullanılarak Freundlich ve Langmuir izotermelerinin uygunluğuna bakılmıştır. Freundlich izotermine korelasyon değerinin Langmuir izotermine göre daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Çalışmada geliştirilmiş perlitin ağır metal gideriminde kullanılabilmesi gözlemlenmiştir. Ayrıca adsorpsiyon kinetiği için yalancı birinci derece kinetik modeli, yalancı ikinci derece kinetik modeli, partikül içi difüzyon hız modeli ve Elovich hız modeli uygunluğuna bakılmış ve en uygun olarak yalancı ikinci derece (0,99) olduğu belirtilmiştir [14]. Geliştirilmiş perlit bu örneklerde olduğu gibi birçok alanda kullanılan bir malzemedir. Yapılan bu çalışmada sulu çözeltilerde bulunan metilen mavisinin geliştirilmiş perlit ile giderimini incelemek ayrıca adsorpsiyonun izoterm ve kinetikleri hesaplanmaktadır.

1.1.PERLİT

Perlit yapısı itibariyle asidik olan volkanik bir kayaç türüdür. Perlit ısıtıldığında genişleyen genişlediğinde ise çok hafif ve gözenekli bir yapıya sahip olur. Ham perlitin renkleri saydam griden parlak siyaha kadar çeşitli değişik renklerde bulunabilir. Ham perlit ısı ile genişlediğinde tamamen

beyaza dönüşür. Şekil 1. 1’ de genişletilmiş perlit gösterilmektedir. Genleşmede en önemli olay hidrasyona uğramış camsı silikada bulunan %2,5 ‘ lik kısımda bulunan sudur. Bu su perlitin kararlılığını sağlamaktadır. Perlitin genleşme ısı 750-1200°C’dir. Perlit ani bir şekilde bu kadar ısıya maruz kaldığında içerisinde muhafaza ettiği suyun buharlaşmasıyla camsı bir yapı olan köpük agregasına dönüşür ve buna genişletilmiş perlit denilmektedir. Perlit bünyesinde nitrat sülfat, fosfor, ağır metal, radyoaktif element ve organik madde barındırmamaktadır[11-15].



Şekil 1. 1. Genleştirilmiş perlit görünümü.

1.1.1. Perlitin Fiziksel Özellikleri

Perlitin fiziksel özellikleri Tablo 1. 1 ‘de gösterilmiştir.

Tablo 1. 1. Perlitin fiziksel özellikleri [16].

Özellikler	Değerler
Renk	Beyaz, Gri ve tonları
Yumuşama Noktası	871-1093°C
Ergime Noktası	1260-1343°C
pH	6,5-8,0
Özgül Isı	0,2 cal /g °C
Özgül Ağırlık	2200-2400 kg/m ³
Refraktif İndeksi	1,5
Serbest Nem(%)	Maksimum 0,5
Gevşek Yoğunluk	-
Genleşme	32-400 kg/ m ³
Isı iletkenliği(genleşme)	0,04 W/ Mk

Asitte Erime	Konsantre sıcak alkali ve hidroklorit asitte erir. Konsantre mineral asitlerinde (%2) Seyreltik mineral veya konsantre zayıf asitlerde az erir (%0,1)
--------------	---

1.1.2. Perlitin Teknik Özellikleri

Perlit uygulama yerlerinde tek özelliğinden dolayı tercih edilirken birden fazla özelliğinden dolayı uygulama yerlerinde tercih edildiği bilinmektedir.

Gözeneklilik

Gözeneklilik özelliği perlite emicilik ve yüzeyde adsorpsiyon özelliği kazandırır. Bu özelliğinin tanımı taneciklerdeki boşluk hacminin tanecik hacmine oranı olarak bilinmektedir. Perlitin gözenekli yapısının varlığından dolayı birçok farklı alanda kullanılmasının önünü açıyor.

Isı ve ses Yalıtıcılık

Bu özelliğinden dolayı birçok alanda tercih edilir ve kullanılabilir. Bu özelliği gözenekli yapısının sonucu olarak belirlenmiştir. Ayrıca hafiflikte gözenekli yapısından dolayı belirlenen bir perlit özelliğidir.

Kimyasal İnerlik

Kimyasal reaksiyona ve suda çözünmemesi kararlı kimyasal yapısına bağlıdır. Bu özelliğiyle kimya alanında yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Kararlı kimyasal yapısı sayesinde kimyasal maddelerle birlikte onları etkilememden kullanılabilir.

Yanmazlık

Perlit bir organik yapıdır. Perlit diğer organik yapıya sahip olan yapay malzemelerden yanmazlık oranı daha fazladır. Yanmazlık özelliğinin yanı sıra yüksek sıcaklıklara bozulmadan dayanabilme ve ısı tutma özellikleri bulunmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı perlit yangınlarda zarar görülmesi istenmeyen önemli malzemelerin korunmasında kullanılır.

1.1.3. Genleştirilmiş Perlitin Kullanım Alanları

Genleştirilmiş perlitin farklı kullanım alanlarının olmasındaki etkenler; az hacimdeki düşük yoğunluk, fiziksel esneklik, kimyasal sabitliği, düşük ses geçirgenliği, ateşe karşı dayanıklılık olarak söylenilebilir. Bu özelliklerinden dolayı genleştirilmiş perlit en yaygın kullanım alanı inşaat sektörüdür. Bu sektörde genleştirilmiş perlit beton ve alçı bağlayıcısı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca her türlü izolasyon işleminde ve dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. [15-17]. Tarım sektöründe su drenajını azaltmak, nemi hapsetmek, fideler için üreme ortamı oluşturmak, toprağın sıkılaşmasını ve havalanmasını sağlamak için genleştirilmiş perlit kullanılmaktadır. Sanayi sektöründe gıda, ilaç ve kimya sektöründe filtre yardımcı maddesi olarak kullanılmakta olup atık suları temizlemede atık sudaki yağları, boyar maddeleri ve birçoğ kirleticiyi temizlemede kullanılmaktadır. Ayrıca içme sularını, atık sularını ve yüzme havuzlarındaki suları süzmede kullanılmaktadır. İlaç ve kimya sanayisinde ise dolgu malzemesi olarak, sanayide ısı yalıtım malzemesi olarak, seramik ve cam sanayisinde ise katkı maddesi olarak genleştirilmiş perlit kullanılmaktadır [16-15].

1.1.4. Dünya ve Türkiye’de Perlit Bulunma Durumu

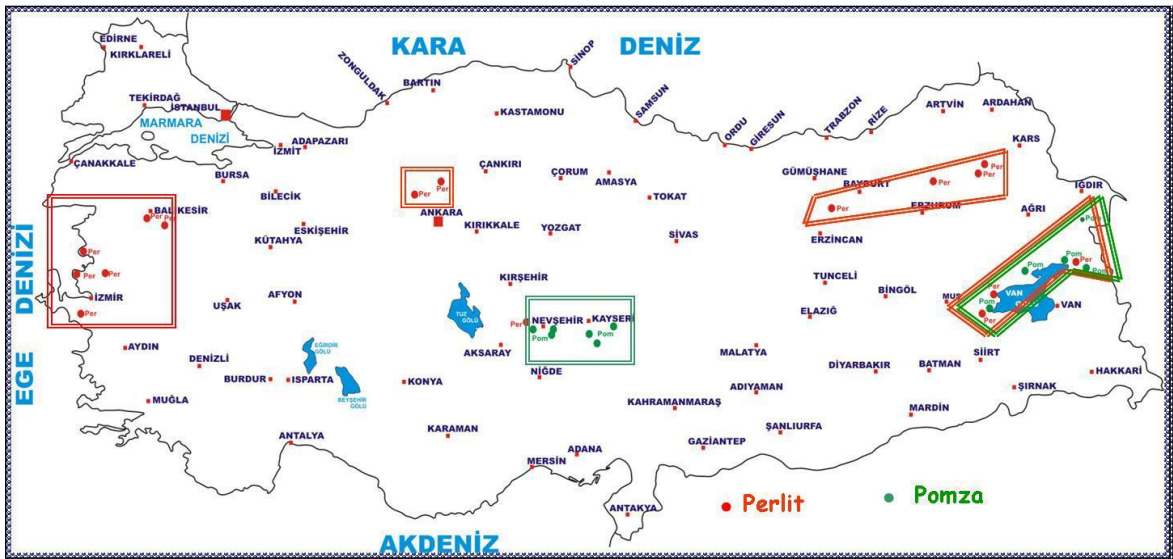
Türkiye ‘de yer alan yer altı kaynaklarından en önemli olana kaynaklarından biridir perlit. Dünya rezervinin büyük çoğunluğunu elinde bulundurmaktadır. Dünyada perlitin fazla bulunduğu ülkeler ABD, Ermenistan, Japonya, İtalya, Yunanistan olarak bilinmektedir. Tablo 1. 2’ de gösterilmektedir. Türkiye dünyada bulunan perlit rezervlerinin %70 ‘ne sahip olan bir ülkedir. Tablo 1. 3 ‘te ise Türkiye ‘de bulunan perlit rezervleri gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 1. 2’de harita üzerinde perlitin bulunduğu yerler gösterilmektedir [15].

Tablo 1. 2. Dünyadaki perlit rezervleri [18].

Ülkeler	Toplam rezervler(milyon ton)
ABD	200
Türkiye	5700
Yunanistan	300
Diğer	1500
Toplam	7700

Tablo 1. 3. Bölgesel olarak Türkiye'nin perlit rezervleri [18].

Bölge	Rezerv(bin ton)
Ankara-Çamlıdere	8000
Ankara-Çubuk	32000
Ankara-Kızılcadam	34200
Balıkesir-Evindi	25000
Bitlis-Adilcevaz	1400000
Çankırı-Orta	30000
Çanakkale-Biga	23400
Eskişehir-Seyitgazi	20000
Erzincan-Merkez	27000
Erzurum-Pasinler	100000
İzmir-Dikeli	8000
İzmir-Foça	16500
İzmir- Menderes(Cuma ovası)	60000
Kars-Sarıkamış	1500000
Manisa-Demirci- Soma	18600
Manisa-Saruhanlı	18000
Nevşehir-Acıgöl	862000
Nevşehir-Derinkuyu(Niğde-Gökük)	350000
Toplam	4576200



Şekil 1. 2. Türkiye'deki perlit kaynaklarının gösterimi [15].

1.2. BOYAR MADDELER

Granür ışığı 400-700 nm dalga boyunu adsorbe edebilen boyar madde molekülü kromejen ve/veya oksokrom gruplarını oluşturmaktadır. Kromojen grupları kromofor adı verilen aromatik yapıları içermektedir. Kromoforlar kimyasal yapılarına göre 7 gruba ayrılır ve renk verici özellikleri bulunmaktadır. Bu gruplar ve içerdikleri bağlar Tablo 1. 4' te gösterilmektedir.

Tablo 1. 4. Kimyasal yapılarına göre kromojen gruplar [19].

Kimyasal Yapı Grupları	İçerdikleri Bağlar
Nitro Grubu	-NO(veya =N-OH)
Nitro Grubu	-NO ₂ (veya =NO·OH)
Azo Grubu	-N=N
Etilen Grubu	=C=C=
Karbonil Grubu	=C=O=
Kükürt Grubu	=C=NH ve ≡C-S-S-C≡

Kromojen grupların boyar madde özelliğinin oluşabilmesi için oksokrom denilen seri molekül bileşiklerine ile bir bağ kurması gerekmektedir. Oksokrom bileşiğine bağlanan kromojenle grupları renk şiddetini ve renk denkliliklerini arttırmaktadırlar. Oksokrom moleküllerin en önemlileri -OH, NH₂, -NH gösterilebilirler. Bir boyar maddenin çözünmesini sağlayacak -SO₃H ve -CO₂H gibi asidik ve bazik özellikli çözüldürücü gruplar bulunmaktadır. Ayrıca bu çözüldürücü gruplar oksokrom gruplarına benzer olarak tekstil alanında kullanılmaktadır ve bu gruplar boyanın kumaşa tutunmasını sağlamaktadır[19-20].

1.2.1. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması

Boyar maddeler özelliklerine göre 4 grupta incelenebilir. Boyama Özellikleri, Çözünürlük, kimyasal yapı, kullanım şekli olarak ayrılmıştır.

Boyama özelliklerine göre boyar maddeler; sınıflandırma bazik(katyonik), asidik, direkt, mordan, reaktif, küp, dispers, inkişaf, pigment ve metal kompleks olarak yapılmaktadır. Bazik boyaların görüşü Bm-NH₃⁺Cl⁻ şeklindedir. Renkli kısmı belirtmektedir. Pozitif yüklü olmasının nedeni S ve N atomlarının bünyesinde barınmasıdır. Birçok farklı yerle bazik boyar maddeler kullanılmaktadır.

İpek, deri, naylon, kâğıt endüstrisinde vb. Asit boyalar $Bm-SO_3^-Na^+$ şeklinde genel olarak gösterilmektedir. Kullanım alanları besin maddeleri, poliamid, yün, kâğıt, deri, kaytonik, ipek ve modifiye akrilonitril elyafların boyanmasında kullanılmaktadır. Direkt boyar maddelerin kimyasal yapısı sülfonik ve karboksillik asitlerin sodyum tuzları olarak gösterilmektedir. Genel molekül yapısı $[Bm-SO]Na^+$ şekilde gösterilmektedir. Renkli kısmı iyon anyon şeklinde gruplar oluşturmaktadır. Mordon boyalar bünyelerinde asidik ve bazik gruplar barındırmaktadır. Doğal ve sentetik çoğu boyar madde bu grupta yer almaktadır. Reaktif boyar maddeler kromofor ile reaktif gruplardan oluşmakta olup elyaf ile kovalent bağ kurarlar. Kullanım yerleri baskı ve selülozik elyaf boyanma işlemi, ipek, poliamid ve yün boyama işlemlerinde bu boya grubu yer almaktadır. Küp boyar maddeler karbonil grubunu içermektedir. Küp boyar maddeler suda çözünmeyen ancak indirgenme işlemi uygulandıktan sonra suda çözünebilir boyar maddelerdir. En yaygın kullanım alanı pamuk boyamadır. Dispers boyalar suda çok miktarı çözünmektedir. Düşük molekül ağırlığına sahip polyester elyafların boyanmasında kullanılmaktadır. Amino grup ve hidroksil grupları yapısında bulunan boyar maddelerdir. İnkışaf boyar maddeler suda çözünebilir. İnkışaf boyaların diazonyum tuzu ile beta-naftol türevinin elyaf üzerinde tepkimeye girmesiyle oluşan bir boyar maddedir. Pigment boyar maddeler, hem suda hem de organik solventlerin bünyesinde çözünemeyen bir boyar maddedir. Metal kompleks boyar maddeler azo boyar maddelerin ve metal iyonların karıştırılması ile oluşmaktadır [21-22].

Çözünürlüklerine göre boyar maddeler; Boyar maddeler çözünürlüklerine göre iki grupta incelenmektedir. Bunlar suda çözünen ve suda çözünemeyen boyar maddelerdir. Suda çözünen boyar maddelerin bünyesinde bir tuz bulundurması gerekmektedir. Suda çözünemeyen bir boyar madde bulunuyorsa eğer bünyesine ekleme yaparak suda çözünen bir boyar maddeye dönüşmektedir. Eklenen tuzun karakterine göre anyonik, katyonik ve zwitter suda çözünen boyar maddeler olarak sınıflandırılabilir. Suda çözünemeyen boyar maddelerin kullanım alanı tekstiller olarak söylenebilir. Suda çözünemeyen boyar maddeler şu şekilde sınıflandırılmıştır. Substüratta çözünen, organik çözücülerde çözünen, geçici çözünürlüğü olan, polikondensasyon ve pigment boyalarda çözünme olacak şekilde gösterilmektedir[21-22].

Kimyasal yapılarına göre boyar maddeler; boyar maddenin molekülün temel yapısı, molekülün kromojen ve renk verici özellikleri göz önüne alınarak ayırım yapılmaktadır. Bu özelliklere göre de sınıflandırma azo, nitro, polimentin, arilmetin, aza annulen, karbonil ve kükürt boyar madde şeklinde yapılmaktadır. Azo boyar maddeler organik boyar maddelerin önemli bir kısmını temsil etmektedir. Azo boyar maddeler küpe ve kükürt boyar madde grubun dışında klan tüm boyaların bünyesinde mutlaka bulunmaktadır. Azo boyar maddeler görünümü $Ar-N=N-R$ şeklindedir.

Doğal boyar madde grubunda azo boyar maddeler bulunmamaktadır. Azo boyar maddelerin hepsi sentetik boyar maddeler olarak kabul edilmektedir[21-22].

1.2.2. Boyar Maddelerin Canlı ve Çevre Üzerine Etkileri

Boyar maddelerin çok az miktarları bile ortama deşarj edildiğinde canlı ve çevreye olumsuz yönde etkilemektedir. Boyar maddeler birçoğu sentetik boyar maddelerden oluşmaktadır. Sentetik boyar maddelerden olan aromatik boyar maddelerin canlılarda kanserojen ve kromozom bozukluğuna gibi olumsuz etkilerin olduğu bilinmektedir. Boyar maddeler insanlarda beyin, böbrek ve merkezi sinir sistemine olumsuz etkileri olduğu ayrıca temas edildiğinde cilt tahrişine neden olduğu belirtilmiştir[23]. Boyar maddeler suda ışık geçirgenliğini azalttığından dolayı suda bulunana foto-sentetik canlılar bu durumdan olumsuz yönde etkilenmektedir. Boyar maddelerin metal içeriğinin olması, aromatik yapıda olması ve toksik özellikler sergilemesinden dolayı da suda bulunan canlıları etkilemektedir. Bundan dolayı boyar maddeler deşarj edildiği ortamın ekolojik denge durumu bozmaktadır. Bundan dolayı boyar maddelerin ortama deşarj edilmeden önce insan ve canlılara zarar vermesinden dolayı ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir. Boyar maddelerin insan ve çevreye zarar verdiği ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Becenen yayınladığı makalesinde azo boyar maddelerin bebek ve çocuk giysilerinde varlığını tespit etmiş ve boyar madde kullanımında gerekli olan yasaklanmaların ve kullanım koşulların uygulaması adına araştırma yapmıştır. Azo boyar maddelerin insan sağlığını olumsuz yönde etkilediğini tespit etmişlerdir[24]. Şenel ve arkadaşları boyar maddelerin insanlar canlılara arasındaki olumsuz etkilerini incelemiştir. Direct boyar maddelerin mutajenik etkisinin Umu- testi ile araştırmasını yapmış ve deniz canlılarının mutajenik özelliklerin olduğu ve genotoksik kimyasalları bünyesinde barındırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca insanlar tarafından tüketilen mutajenik deniz ürünlerinin bünyesinde bulundurduğu genotoksik kimyasalların insanlara ulaştığını bu araştırmayla belirtilmiştir[25]. Suya deşarj edilen boyar maddeler bulanıklaştırmaktadır. Güneşten gelen ışığı suya nüfuz etmesini engeller ve fotosentez için gerekli olan oksijen ihtiyacının azalmasına sebep olmaktadır. Bu nedenden dolayı sudaki ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır.

1.3. ADSORPSİYON

Atomların, moleküllerin ve iyonların farklı kuvvetlerle katı yüzeyine tutunmasına olayına adsorpsiyon denilmektedir. Adsorpsiyon olayı yüzey ile alakalı olduğu için sıvı-katı formlarının bulunduğu yerlerde gerçekleşir. Katı yüzeyine tutunan taneciklerin ayrılmasına desorbsiyon denilmektedir. Katı yüzeyine tutunan maddeye adsorblanan, katı maddeye ise adsorblayıcı (adsorbent, adsorbant) denilmektedir. Adsorpsiyon olayında etkili olan kuvvetler elektriksel çekim, kimyasal yapı ve Van der waals kuvvetleri olduğu bilinmektedir. Adsorpsiyon sıcaklık, adsorban madde miktarı, çözelti konsantrasyonu gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Adsorpsiyon olayı birçok alanda kullanılmakta olan bir prosestir, özellikle biyolojik parçalanmaya dayanıklı ve toksik birleşiklerin arıtımında kullanılmaktadır. Adsorpsiyon yöntemi atık su arıtımında kullanılmayan bir proses olup ileri arıtım yöntemlerinde kullanılan bir yöntemdir. Arıtılmış olan atık suların kalitelerinin artmak amacıyla uygulanan bir süreçtir. Ağır metal giderimin de koku, renk, askıda katı madde, organik ve boyar madde gibi birçok farklı kirleticilerin giderimin de sıkça kullanılan bir yöntem olmuştur. Adsorpsiyonda yapay ve doğal birçok adsorban madde kullanılmaktadır[26]. Adsorpsiyonda kullanılan doğal ve yapay adsorbentlerin farkları aşağıdaki Tablo 1. 5 'te belirtilmiştir.

Tablo 1. 5. Yapay ve Doğal adsorbentlerin karşılaştırılması [27].

Doğal Adsorbent	Yapay Adsorbent
Kolay elde edilen maddelerdir	Fabrikalarda üretilen maddelerdir
Ön işlem gerektirmeyen ve üretimi kolay adsorplayıcı türüdür	Üretimi zordur
Maliyeti azdır ve bu yüzden daha çok tercih edilir	Maliyeti zordur
Çok fazla atık çıkarmazlar ve bu nedenle çevreye zararı azdır	Zehirli olabilir
Dezavantajı her materyale uygulanamayışıdır.	Sağlığa zararlı olabilir
	Avantajlı istenilen özellikte oluşturulabilir

1.3.1. Adsorpsiyon Çeşitleri

Adsorpsiyon işlemi adsorblayıcı ve adsorblanan molekül, atom veya iyon arasındaki çekim kuvvetlerin türlerine göre 3 bölme ayrılır.

1.3.1.1. Fiziksel Adsorpsiyon

Elektron alış verişi ve paylaşımı olmayan ancak moleküller arasında oluşan zayıf kuvvetler ve Van der Waals kuvvetlerin etkisiyle oluşan bir yöntemdir. Fiziksel adsorpsiyonunda moleküller katı yüzeyinin belirli bir yerine tutunmazlar katı yüzeyinde serbest hareket ve adsorban madde yüzeyinde yoğunlaşır hatta tabaka dahi oluşturabilmektedir. Fiziksel adsorpsiyon adsorban madde miktarı, sıcaklık, pH, giriş konsantrasyonları gibi faktörlerden etkilenmektedir [28].

1.3.1.2. Kimyasal Adsorpsiyon

Kimyasal adsorpsiyon, moleküller arasında oluşan elektron alışverişi sırasında meydana gelen kuvvetlerin kimyasal bağlar tarafından oluşmasına denilmektedir. Tersinir olmayan ve gerçekleşmesi için yüksek sıcaklıklar gerektiren bir süreçtir. Gaz veya sıvı molekülleri katı yüzeyinde hareket edemeyecek şekilde bağlanmasına neden olmaktadır. Tablo 1.6' da fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon özellikleri verilmiştir [29].

Tablo 1.6. Fiziksel ve Kimyasal adsorpsiyonun karşılaştırılması [29].

Parametre	Fiziksel Adsorpsiyon	Kimyasal Adsorpsiyon
Adsorban	Tüm katı maddeler	Bazı katı maddeler
Adsorblanan	Kritik sıcaklığın altındaki gazlar, sıvılar ve çözünmüş katılar	Bazı kimyasal reaktif maddeler ve çözünmüş katılar
Sıcaklık Sınırı	Düşük sıcaklık	Genellikle yüksek sıcaklık
Adsorpsiyon ısısı	Düşük	Yüksek
Hız	Düşük	Yüksek
Desorpsiyon	Yüksek geri dönüşüm	Genellikle geri dönüşüm az
Bağ kuvvetleri	Moleküller arasında	Moleküller içi

Entalpi etkisi	Daima ekzotermik, yoğunlaşma mertebesinde	Çoğunlukla ekzotermik reaksiyon ısıları mertebesinde
Önem	Yüzey alanı ve gözenek tayini için	Yüzey reaksiyon kinetiklerinin ifadesi ve aktif merkez alanının tayini için

1.3.1.3. İyonik Adsorpsiyon

İyonik adsorpsiyon, çekim kuvvetleri ile iyonlar yüzeydeki bölgelere tutunması olayıdır. İyonik adsorpsiyonda, adsorblanan ile adsorblananın iyonik güçleri ve molekül büyüklükleri bu proses için önemlidir. Kimyasal, biyolojik ve iyonik adsorpsiyon arasında kesin ayırım yapılamamaktadır. Adsorpsiyon türleri art arda veya aynı anda gerçekleşebilmektedir. Bu olayın gerçekleşmesine iyonik adsorpsiyon denilmektedir [30].

1.3.2. Adsorpsiyon Etkileyen Faktörler

1.3.2.1. Sıcaklık

Adsorpsiyon için sıcaklık önemli bir parametre olup adsorpsiyon hızını etkilemektedir. Adsorpsiyon tepkimeleri çoğunlukla egzotermik tepkimeler olarak gerçekleştiği için sıcaklığın azalması ile adsorpsiyon giderimi artar. Adsorpsiyon tepkimesi endotermik ise sıcaklığın artması ile adsorpsiyon giderimi artmaktadır. Ayrıca sıcaklık reaksiyon hızına da etki eden bir faktördür[31].

1.3.2.2. pH

Sulu çözeltilerde gerçekleştirilen adsorpsiyon deneylerinde ortamın pH'ı adsorbent yapı ve adsorbatın iyonlaşmasını etkiler. Yüksek pH ortamında negatif hale gelen adsorbant yüzeyi, pozitif yüklü adsorbatı daha iyi adsorplamaktadır. Boyar madde pH'sı pozitif ve negatif adsorbat moleküllerinin iyonlaşarak çözünmesini etkiler. Bazı boyar maddeler düşük pH'da daha çok iyonlaşırken, bazıları yüksek pH iyonlaşarak daha yüksek adsorpsiyon verimi oluşturur[31].

1.3.2.3. Adsorblanan Madde Miktarı

Adsorbent dozajı adsorpsiyonun verimini etkilemektedir. Düşük adsorbent dozajında, adsorbent başına tutulan kirletici miktarı yüksek olup, çözeltilerden giderim verimi daha az olur. Adsorbent dozajı yükseldikçe birim adsorbent başına tutulan kirletici miktarı azalmakta ve çözeltideki kirleticinin giderilme verimi artmaktadır. Bunun sebebi de; kirleticilerin bağlanma noktalarının artmış olmasıdır[31].

1.3.3. Adsorpsiyonu İzotermi

Adsorpsiyon süreci denge reaksiyonlarına oldukça benzemektedir. Adsorpsiyon sürecinde sulu çözeltilerde çözünen adsorblanan maddenin adsorbentle teması sağlandığında adsorblanan madde denge durumuna gelinceye kadar azalmaktadır. Adsorpsiyon süreci dengeye ulaştığında ise adsorblanan madde miktarında bir değişim olmaz ama adsorbent miktarı değiştirildiği zaman adsorblanan madde miktarı da dengeye ulaşmaya kadar azalma gösterecektir. Adsorpsiyonun dengede olduğu ekzotermik reaksiyonlardan anlaşılabilir. Adsorpsiyon izotermi çözeltide bulunan adsorbant madde miktarı ile katı olan adsorbant maddenin ağırlığı arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. adsorblanan madde miktarı sıcaklığa adsorbant madde miktarına bağlı olarak değişebilmektedir. Yapılan izoterm çalışmalarında hangi izoterm etkin olduğu ya da hangi adsorbentten daha iyi tutma özelliği olduğu kıyaslanabilmektedir. Adsorpsiyon çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan izoterm Langmuir, Freundlich ve Temkin izotermidir [32].

1.3.3.1.Langmuir izotermi

Langmuir izotermi, Langmuir tarafından 1919 yılında kendi adını vererek oluşturduğu bir izotermidir. Adsorbent yüzeyinde bulunan adsorbant noktalarının var olduğu ve her bir noktanın herhangi bir molekülü adsorbant olabileceğini öne sürmüştür. Tek tabakalı yani adsorbent yüzeyinde oluşturduğu tabaka kalınlığı olarak da bilinmektedir. Langmuir izotermi adsorbent konsantrasyonu ile doğru orantıda olup adsorbentten denge anına ulaştığında adsorbant miktarı da sabitleşmiş olur. Sabitleşen adsorbant miktarı yüzeyi tek tabakayla kaplamış olmaktadır. Langmuir izotermi 3 ana formül ile hesaplanmaktadır[33].

$$q_e = \frac{q_{max}C_eK_L}{1+K_LC_e} \quad (1)$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_Lq_{max}} + \frac{C_e}{q_{max}} \quad (2)$$

C_e : Adsorpsiyon sonrası çözeltilde kalan maddenin konsantrasyonu (mg/L)

q_e : Birim adsorbent üzerine toplanan madde miktarı (mg/g)

K_L : Adsorbantın adsorptivitesine bağlı olan sabit (L/g)

q_{max} : Adsorbentin maksimum adsorblama kapasitesi (mg/g)

Yukarda belirtilen formüllerden birinci eşitlikte C_e/q_e 'nin C_e 'ye karşı oluşturulan grafikten elde edilen doğrunun eğiminden q_{max} değeri ve kesim noktasından K_L değeri hesaplanmaktadır. [34]. Denklem (3)'te boyutsuz bir ayırma faktörü olan R_L değeri bulunur. Langmuir izotermine uyum sağlayan adsorpsiyon prosesi izotermde boyutsuz bir R_L ayırma faktörüne göre değerlendirilebilmektedir.

$$R_L = \frac{1}{1+K_LC_0} \quad (3)$$

R_L Boyutsuz bir ayırma faktörü ve C_0 giriş boya konsantrasyonu olarak gösterilmektedir. Boyutsuz ayırma faktörüne göre uygun olup olmadığına bakılır aşağıdaki değerlere göre yorumlanır.

$R_L > 1$ adsorpsiyon prosesi elverişsiz

$R_L = 1$ adsorpsiyon prosesi lineer

$0 < R_L < 1$ adsorpsiyon prosesi elverişli

$R_L = 0$ adsorpsiyon prosesi tersinmez

1.3.3.2.Freundlich izotermi

Freundlich bu izotermde atık suların işlenmesi aşamasında ve adsorbentlerin özelliklerinin belirlenmesi konusunda oldukça fazla kullanılan bir izotermidir. Adsorbant sayesinde adsorblanan madde miktarının derişimle veya basınçla artış göstermedikten daha sonra katı yüzey alanında bulunan gaz molekülleri de doymaya başlar ve artış sonra daha yavaş gözlemlenmiş olmaktadır. Freundlich izotermi aşağıdaki formüllerle açıklanmaktadır [35].

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (4)$$

K_F = Adsorblayıcının adsorblama kapasitesini gösteren sabitidir

n = adsorpsiyon derecesini gösteren sabitidir

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (5)$$

Yukarıdaki formülden $\ln q_e$ 'ye karşı $\ln C_e$ grafiğe çizilerek K_F ve n sabitleri bulunur. Grafikten elde edilen doğruya y eksenini kesim noktası $\ln K_F$ 'yi ve eğimi de $1/n$ 'i değerini vermektedir. Yüzey alanı daha çok heterojen ise $1/n$ değeri daha çok sıfıra yaklaşır. K_F değerinin sıfıra yaklaşması demek uyumlu olduğunun göstergesi olarak belirtilmiştir[36].

1.3.3.3. Temkin İzotermi

Temkin izotermi adsorbent ile adsorbant arasındaki bağıntılar doğrultusunda molekülerin adsorpsiyon ısısı azaldığı belirtilmiştir. Temkin izotermin aşağıdaki formülde hesaplanmaktadır [37].

$$q_e = B \ln A_T + B \ln C_e \quad (6)$$

b = Adsorpsiyonun enerji değişimi (kJ mol^{-1})

R = Evrensel gaz sabiti ($\text{kJ mol}^{-1} \text{K}^{-1}$)

T = Sıcaklık(K)

K_T = Temkin denge sabiti (Lmg^{-1})

1.3.4. Adsorpsiyon Kinetikleri

Adsorpsiyonun mekanizmasını belirlemek ve adsorpsiyon hız potansiyelini belirlemek için birçok farklı kinetik modeli bulunmaktadır. Yalancı birinci kinetik modeli, yalancı ikinci kinetik modelleri ve parçacık içi difüzyon modeli bunlardandır.

1.3.4.1.Yalancı Birinci Derece Kinetik Modeli

Bu kinetik modeli adsorpsiyon kapasitesini temel alarak sunulmaktadır. Yalancı birinci kinetik modelini Langergren tarafından keşfedilmiştir ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$\frac{dq_e}{dt}=k_1(q_e - q_t) \quad (7)$$

Formülün integrali alındığında;

$$\ln(q_e - q_t)=\ln q_e-k_1t \quad (8)$$

q_e = denge anında adsorbentin birim ağırlığı başına adsorblanan boyar madde miktarı (g/mg)

q_t = herhangi bir t anında adsorbentin birim ağırlığı başına adsorblanan boyar madde miktarı(g/mg)

k_1 =birinci derece kinetik modelinin hız sabiti (1/dakika)

Yukarıdaki formülden $\ln(q_e - q_t)$ 'ye karşın t grafikleri çizilmektedir. Çizilen grafikden y eksenini kestiği noktadan k_1 ve q_e değerleri bulunmaktadır. Bu kinetik modeli belirli süreler için geçerli olmaktadır. Sonsuz zamanda adsorbentin denge anında adsorblanan boyar madde miktarı bilinemeyeceğinden hesaplama doğru yapılmamış olacaktır [38-39].

1.3.4.2.Yalancı İkinci Derece Kinetik Modeli

Yalancı birinci kinetik modelinde sınırlayıcı zamanın aksine yalancı ikinci derece kinetik modelinde buna çözüm getirilmiştir. Yalancı ikinci derece kinetik modeli adsorpsiyon kapasitesine bağlıdır. Yalancı ikinci derece hız yasası şu şekilde yazılmaktadır.

$$\frac{dq_e}{dt} = k_2(q_e - q_t) \quad (9)$$

Yalancı ikinci derece kinetik modeli gibi yukarıdaki formülün integrali alınmaktadır.

$$\frac{1}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (10)$$

Bu eşitlikten $\frac{t}{q_e}$ 'ye karşı t grafiği çizilmektedir. Çizilen grafikten y doğrultusundan q_e ve k_2 değerleri bulunmaktadır[40-41].

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Köklü ve arkadaşları sulu çözeltilerde remazol Brilliant Blue R(RBBR) boyar maddesini sigara külü kullanarak adsorpsiyon giderim, izoterm ve kinetiklerini incelemişlerdir. İnceleme sonucunda pH 6,0 ve karıştırma hızı 180 dakika olacak şekilde adsorpsiyon işlemi uygulanmış ve çıkan sonuçlarla izoterm ve kinetiklerine bakılmıştır. Sonuç olarak adsorpsiyon verileri pseudo ikinci derece modeli ile Langmuir izoterm modeline uyumlu olduğu gözlemlenmiş ve sigara külünün bir adsorban madde olarak boyar madde giderimin de etkili olduğu bulunmuştur[42].

Abak'ın tez çalışmasında fındikkabuğu kullanarak sulu çözeltilerde metilen mavisi giderimi deneylerinde, pH, sıcaklık, iyon şiddetini, karıştırma hızını, adsorban tane boyutunu, izoterm ve kinetiklerini incelemiştir. Yaptığı çalışmada Langmuir izotermine ve ikinci derece kinetik hız eşitliğine uyum sağlanmıştır. Fındikkabuğunun su ve atık sularda kirliliğin giderimin de adsorban madde olarak kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir[43].

Kaykioğlu'nun kolemanit ve üleksit atığı ile sulu çözeltilerde metilen mavisi adsorpsiyon giderim, izoterm ve kinetiklerini incelemiştir. Yaptığı çalışmada adsorpsiyon verilerini kullanarak Freundlich ve Langmuir izotermi, birinci ve ikinci dereceden kinetikleri hesaplamıştır. Hesaplamalar sonucunda kolemanit ve üleksit atıklarının Langmuir izotermine daha çok uyum gösterdiği saptanmıştır. Kinetiklerine bakıldığında ise kolemanitin birinci dereceden kinetik modeline uyumlu olduğu üleksitin ise ikinci derece modeline daha iyi uyum sağladığı görülmüştür. Üleksitin kolemanite göre daha iyi bir adsorban madde olduğu görülmüş nedeni olarak da üleksitin daha gözenekli yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir[44].

Öden sulu çözeltilerde metilen mavi (Basic Blue 9, C.I. 52015) ve malahit yeşili (Basic Green 4, C.I. 42000) boyar maddelerin endüstriyel atık malzemeler (linç atığı) kullanarak adsorpsiyon giderim, izoterm ve kinetikleri incelenmiştir. Üç türlü modifiye edilmiş linç atığı kullanılmıştır. Bunlar; Hidroklorit asit (HCl) ile zenginleştirilmiş bor atığı, Ultrases ile zenginleştirilmiş bor atığı ve HCl+Ultrases ile zenginleştirilmiş bor atığıdır. Çalışma sonucunda Freundlich, Langmuir ve Temkin izotermi hesaplanmıştır. Metilen mavisi ve Malahit yeşilinin Langmuir izotermine daha uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Kinetiklerine bakıldığında ise malahit yeşili ve metilen mavisinin yalancı ikinci derece modeline uyum sağladığı görülmüştür[45].

Ceyhan ve arkadaşları metilen mavisinin magnetik $NiFe_2O_4$ /aktif karbon nanokompoziti ile adsorpsiyon izoterm ve kinetiklerini incelemiştir. Bu çalışmalarında aktif karbon yüzeyine $NiFe_2O_4$ parçacıklarını tutturarak nanokompozit karbonunu oluşturmuşlardır. Oluşan bu adsorbent sulu çözeltilerde metilen mavisinin giderimin de kullanılmıştır. Adsorpsiyon verileri ile Langmuir ve Freundlich izotermine bakılmış ve Langmuir izotermine daha iyi uyum sağlandığı gözlemlenmiştir. Adsorpsiyon kinetikleri bakılınca yalancı birinci ve ikinci merteye modellerinden yalancı ikinci derece kinetik modeline uygun olduğu saptanmıştır. Aktif karbon nanokompozitin bir adsorbent madde olarak kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir[46].

Okur ve arkadaşları atık yumurta kabuklarından sentezlenen hidroksiapatitin remazol N. Blue RGP boyar maddesinin adsorpsiyonunu incelemesini yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada atık yumurta kabuklarında bulunan kalsiyumun çöktürülmesiyle hidroksiapatit oluşturulmuştur. Hidroksiapatit karakterizasyonu $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ olarak belirlenmiştir. pH'ı 10 olarak belirlenen hidroksiapatit N. Blue RGP boyar maddesinin giderimin de kullanılmış ve adsorpsiyon verileri hesaplanmıştır. Adsorpsiyon verileri Langmuir, Freundlich, Temkin, Henry modellerine uygulanmış uygulama sonucunda tüm modellere uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Adsorpsiyon kinetiğine bakıldığında ise yalancı ikinci derece kinetik modeline daha uyum sağladığı görülmüştür. Yumurta kabuklarından elde edilen hidroksiapatit materyalinin boyar madde giderimin de adsorbent madde olarak kullanılabilir olduğu gösterilmiştir[48].

Gümüş ve arkadaşları potasyum permanganat kaplı zeolit (PMKZ) ile demir oksit kaplı zeolitle (DKZ) metil oranj adsorpsiyonunu incelemiştir. Adsorpsiyon işleminde pH arttıkça adsorblama kapasitesinin azaldığı ve en uygun pH 3 olarak belirlenmiştir. Denge verileri kullanılarak Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm modellerine bakılmış ve her iki adsorbent madde için Langmuir izotermi uygun olduğu gözlemlenmiştir. Adsorpsiyon kinetiklerine bakıldığında ise yalancı birinci derece kinetik modeline uyum sağladığı görülmüştür. Langmuir adsorpsiyon kapasiteleri DKZ 12mg/g^{-1} ve PKMZ $14,3\text{mg/g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır [49].

Dilekoğlu maliyeti ucuz olan Urfa taşını boyar madde giderimin de kullanmış ve izoterm ve kinetikleri incelenmiştir. İncelemeler sonucunda adsorpsiyon temas süresi ve adsorbent dozuna göre değiştiği fakat pH ile çok fazla etkilenmediği gözlemlenmiştir. adsorpsiyon izotermine bakıldığında adsorpsiyon verileri Langmuir, Freundlich ve Temkin izotermine uyarlanmıştır ve Langmuir ve temkin izotermine daha iyi uyum sağlandığı fakat Freundlich izotermine uyum sağlamadığı belirtilmiştir. Adsorpsiyon kinetiklerine bakıldığında ise ikinci merteye ve intrapartikül difüzyonundan uyum sağlayan intrapartiküler kinetik modeli olduğu gözlemlenmiştir [50].

Işık inaktif çamur kullanarak reaktif siyah 5 (RB5) reaktif mavi 21 (RM21), asit kahverengi 283 (AB283), Bazik viyole 3 (BV3) gibi farklı boyar maddeleri kullanarak adsorpsiyon giderim kinetik ve izotermelerini incelemiştir. 150mg/L boyar madde çözeltisinde giderim verimleri BV3 %93,4, AB283 %27,23, RB21 %17,7, RB5 %1,7 olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalara bakıldığında sadece BV3'ün iyi bir giderim verimi sağladığı gözlemlenmiştir. Adsorpsiyon verileri Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich izotermi, Temkin, Redlich-Peterson, Jovanovic, Vieth-Sladek, Fritz-Schlunder izotermine bakılmış ve en uygun olarak Freundlich izotermi olduğu belirlenmiştir. Adsorpsiyon kinetiklerinde ise Parçacık Difüzyonu, Sınır Tabaka Difüzyonu, Langergren Eşitliği, Yalancı İkinci Derece Kinetiği, Elovich Kinetiği, Fractional Power modeline bakılmış ve en uygun ikinci derece kinetik modeli uygun olduğu belirtilmiştir [51].

Ravi ve arkadaşları metilen mavisinin bentonit tozuyla hazırlanmış aljinat taneciklerinin tarafından giderim izoterm ve kinetiklerini incelemiştir. 2 gram bentonit tozu ile hazırlanan aljinat tanecikleri tekrar tekrar kullanımı mevcut olduğu belirtilmiştir. pH 7 ve sıcaklık 25°C belirlenen koşullarda adsorpsiyon işlemi uygulanmıştır. Adsorpsiyon verileri kullanılarak Freundlich ve Langmuir izotermelerinin uygunluğu kontrol edilmiştir. En iyi uyumu Langmuir (0,99) sağlamıştır. Adsorpsiyon kinetik modellerine bakıldığında ise birinci ve ikinci kinetik modellerinden ikinci kinetik modeli daha uygun olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca parçacık içi difüzyonuna da bakılmıştır. Aljinat tanecikleri adsorpsiyonda adsorban madde olarak kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir [52].

Laksaci ve arkadaşları kahve çekirdeklerini 400°C sıcaklıkta muamele ederek aktif karbon oluşturmuşlardır. Oluşan aktif karbonu portakal G boyar maddesinin gideriminin kullanılmış ve portakal G adsorpsiyon izoterm ve kinetiklerinin incelemiştir. Adsorpsiyon verileri kullanılarak Langmuir, Freundlich, Temkin, Dubinin-Radushkevich ve Redlich-Peterson izotermine uygunluklarına bakılmıştır. En iyi uyumu Langmuir ve Redlich-Peterson izotermine daha iyim sağlandığı gözlemlenmiştir. Adsorpsiyon kinetik modellerine bakıldığında yalancı birinci, yalancı ikinci derece ve parçacık içi difüzyon modellerine bakılmıştır. En iyi uyumu ikinci derece adsorpsiyon ($R^2=0.99$) olduğu gözlemlenmiştir. Kahve çekirdeklerden oluşturulmuş aktif karbonun portakal G boyar maddesinin gideriminde kullanılabilir olduğu belirtilmiştir [53].

Khaled ve arkadaşları portakal kabukları ile aktif karbon oluşturularak Direct Yellow 12 boyar maddesinin adsorpsiyon izoterm ve kinetikleri incelenmiştir. Langmuir, Freundlich, Koble-Corrigan, Redlich-Peterson, Temkin, Dubinin-Radushkevich izotermi adsorpsiyon verileri kullanılarak uygunluğuna bakılmıştır. En uyumu Langmuir izotermi bulunmuştur. Maksimum

tutma kapasitesi ise $75,6 \text{ mg}^{-1}$ 'dir. Ayrıca kinetiklerine bakıldığında ise ikinci kinetik modeli olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda portakal kabuğunun aktif karbona dönüştürülerek adsorban madde olarak kullanılması Direct Yellow 12 boyar maddesinin gideriminde kullanılabilir olduğu belirtilmiştir [54].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Genleştirilmiş Perlit

Perlitin 400°C ön ısıtmadan sonra $700\text{-}1200^\circ\text{C}$ ' lik ani ısıtmayla bünyesinde muhafaza ettiği % 2,5 suyun buharlaşmasıyla oluşan köpük agregasına genleştirilmiş perlit denir. Genleştirilmiş perlitin kimyasal bileşimi Tablo 3. 1. 'de ve genel özellikleri de Tablo 3. 2. 'de verilmiştir[55].

Tablo 3. 1. Genleştirilmiş perlitin kimyasal özellikleri [55]

Madde	Oran %
SiO ₂	71-75
Al ₂ O ₃	12,5-18
Na ₂ O	2,9-4
K ₂ O	4-5
CaO	0,5-0,2
Fe ₂ O ₃	0,1-1,5
MgO	0,03-0,5
Serbest Nem	Maks. %0,5

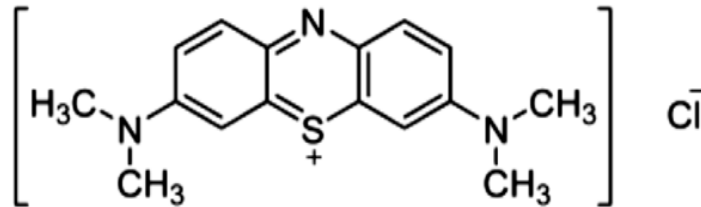
Tablo 3. 2. Genleştirilmiş perlitin özgün özellikleri[16]

Özellik	Genleştirilmiş Perlit	Birim
Renk	Beyaz	-
Sertlik(MOHS Ölçeği)	5-5,5	-
pH	6,6-8	-
Özgül Kütle	2,3	g/cm^3
Kuru Birim Hacmi	40-220	Kg/m^3
Ağırlık	-	-

Su Emme	40-60	%
Doluluk Oranı	1,80-9,60	%
Gerçek Porozite	98,2-90,4	%
Zararlı Madde Analizi	Yok	-
Kükürt Analizi	0,34	%
	870	°C
Yapısal Bozun	1100	°C
Erime Noktası	Yanmaz	-
Ateşe Dayanım	3	Saat
Ateşi Geciktirme	0,200-0,215	Kcal/kg°C
Özgül Isı Kapasitesi	0,040-0,065	W/m.K
Isı İletim Katsayısı	0,25	-
Ses Geçiş Katsayısı	35-40	dB
Ses Yolculuk		

3.2. Metilen Mavisi

Metilen mavisi bazik bir boyar maddedir. Molekül yapısı $C_{16}H_{18}ClN_3.H_2O$ şeklindedir. Azot ve sülfür atomlarının içerdiği bölüm metilen mavisinin aromatik kısmı olup etanol ve kromoforda kolay çözünebilen boyar maddedir. Ayrıca suya tutunma kuvveti oldukça güçlüdür bu yüzden sudan uzaklaştırma işlemleri zor olmaktadır. Metilen mavisinin yapısı Şekil 3. 1.' de gösterilmektedir. Tablo 3. 3'de metilen mavisinin özellikleri belirtilmiştir[56].



Şekil 3. 1. Metilen mavisinin molekül yapısı[56]

Özellikler	Değerler
Sınıflandırma numarası	52015

Suda çözünürlük	%3.55
Alkolde çözünürlük	%1.48
λ_{max}	664
Molekül ağırlığı	319.9 g/mol
Boya grubu	Tiyazin
İyonizasyon	Asidik

Tablo 3. 3. Metilen Mavisinin fiziksel özellikleri [57].

3.3. Genleştirilmiş Perlitin Özellikleri İçin Yapılan Bazı Analizler

Çalışmada, adsorban malzeme olarak genişletilmiş perlit kullanılmıştır. ZEISS SIGMA 300 cihazı kullanılarak genişletilmiş perlitin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri elde edildi. BET yüzey alanı mikro gözenekli bir ölçüm cihazı olan mikrometrik 3Flex 3-port ile analiz edilmiştir. FEI Marka Quanta FEG model cihazı ile genişletilmiş perlitin EDS analizleri yapılmıştır.

3.4. Deneysel Çalışmalar

Bu çalışmada sentetik bir atıksu oluşturmak için 1000 ml'lik metilen mavi stok çözelti hazırlanmıştır. Stok çözeltilerden 0.5, 1, 2, 3, 4 ve 5 mg/L metilen mavisini çözeltileri elde edilmiştir. Tüm adsorpsiyon deneyleri 50 ml'lik beherlerde 0.1, 0.2, 0.5, 1 ve 2 gr genişletilmiş perlit eklenerek gerçekleştirilmiştir. Genleştirilmiş perlit eklendikten sonra 200 rpm'de (2 mag magnetic motion-mix 15 eco) sabit bir hızda çalkalanmıştır. Deneyler 5, 10, 30, 60 ve 120 dakika farklı temas sürelerinde tekrarlanmıştır. Yapılan adsorpsiyon deneyi sonunda 5 dakika boyunca 3000 rpm'de (Santrifüj Cencom II) santrifüj işleminden geçirilerek UV spektrofotometre (WTW 7600 UV-VIS) cihazında 663 nm metilen mavisini dalga boyunda ölçümleri yapılmıştır.

3.5. Adsorpsiyon İzoterm Çalışmaları

Adsorpsiyon deneyleri sonucunda elde edilen veriler Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm modelleri eşitliklerine göre hesaplanmıştır. Langmuir izoterm modeline göre C_e/q_e nin C_e ile çizilen lineer grafiğin eğiminden K_L ve q_{max} izoterm sabitleri elde edilmiştir. Freundlich izoterm modeline göre $\ln q_e$ 'ye karşı $\ln C_e$ grafiğe çizilerek K_F ve n sabitleri bulunur. Grafikten elde

edilen doğruya y eksenini kesim noktası $\ln K_F$ 'yi ve eğimi de $1/n$ değerini vermektedir. Temkin izoterm modeline göre B ve A_T değerleri sırasıyla q_e ye karşı $\ln C_e$ nin çizilen lineer grafiğin eğim ve kesim noktasından hesaplanmaktadır.

3.6. Adsorpsiyon Kinetik Çalışmalar

Metilen mavisi gideriminde geliştirilmiş perlit kullanılarak oluşturulan veriler ile adsorpsiyon çalışmalarında yalancı birinci derece kinetik modeli için $\ln(q_e - q_t)$ 'nin t'ye karşı çizilen grafiğin eğiminden k_1 sabitliği bulunmuştur. Yalancı ikinci derece kinetik için ise $\frac{t}{q_e}$ 'nin t'ye karşı çizilen grafiği ile k_2 değeri bulunmuştur.

4. BULGULAR

4.1. Genleştirilmiş Perlit İçin Yapılan Analizle

4.1.1. BET Yüzey Analiz Sonuçları

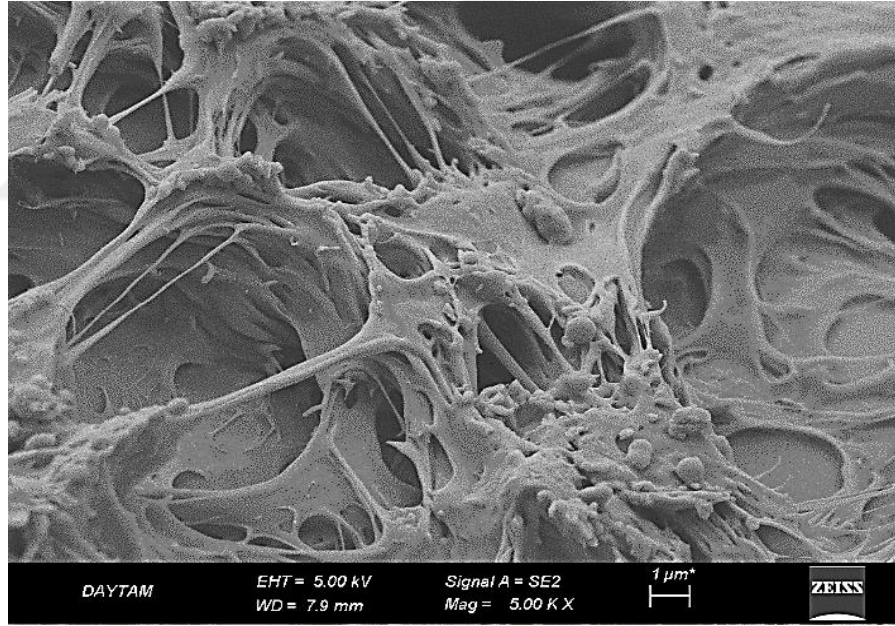
BET yüzey alanı analizi geliştirilmiş perlitin adsorpsiyon kapasitesini etkileyen bazı özelliklerinin gözlemlenmesi için yapılan bir analiz yöntemidir. Genleştirilmiş perlitin yüzey alanını, hacmini ve gözenek hacmini belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 4. 1. 'de gösterilmektedir.

Tablo 4. 1. Genleştirilmiş perlitin BET yüzey analizlerinin sonuçları

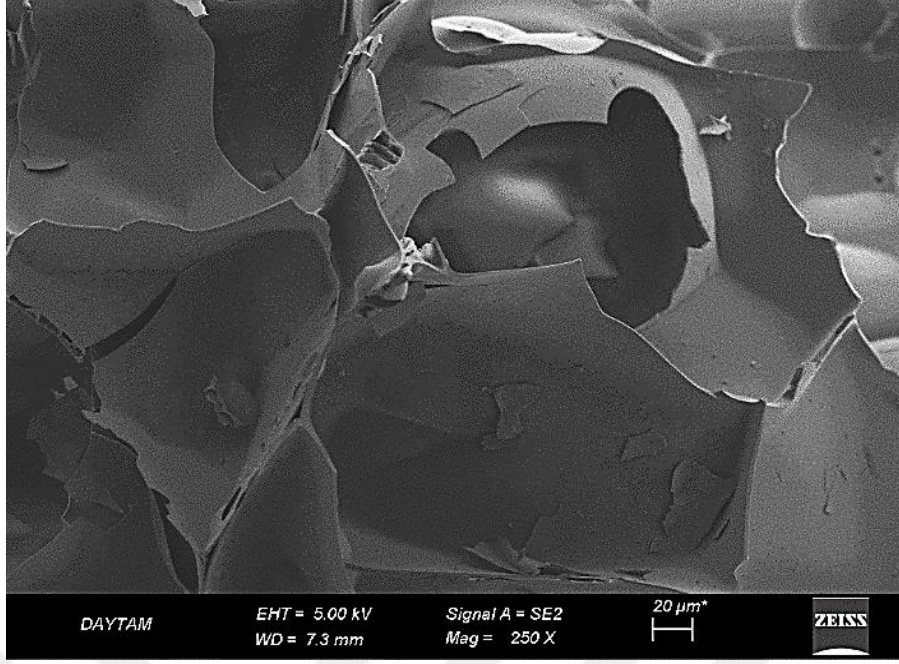
Özet Raporu	Genleştirilmiş perlit
Tek Nokta Yüzey Alanı	0,8228 m ² /g
BET Yüzey Alanı	0,6091 m ² /g
Langmuir Yüzey Alanı	1,6580 m ² /g
t-Plot Dış Yüzey Alanı	2,4693 m ² /g
Tek noktadan adsorpsiyon toplam gözenek hacmi	0,002999 cm ³ /g
Tek nokta desorbsiyon toplam gözenek hacmi	0,003245 cm ³ /g
t-Plot mikro gözenek hacmi	0,000797 cm ³ /g
Adsorpsiyon ortalama gözenek çapı	19,6923 nm
Desorbsiyon ortalama gözenek çapı	21,3128 nm

4.1.2. SEM görüntüleri

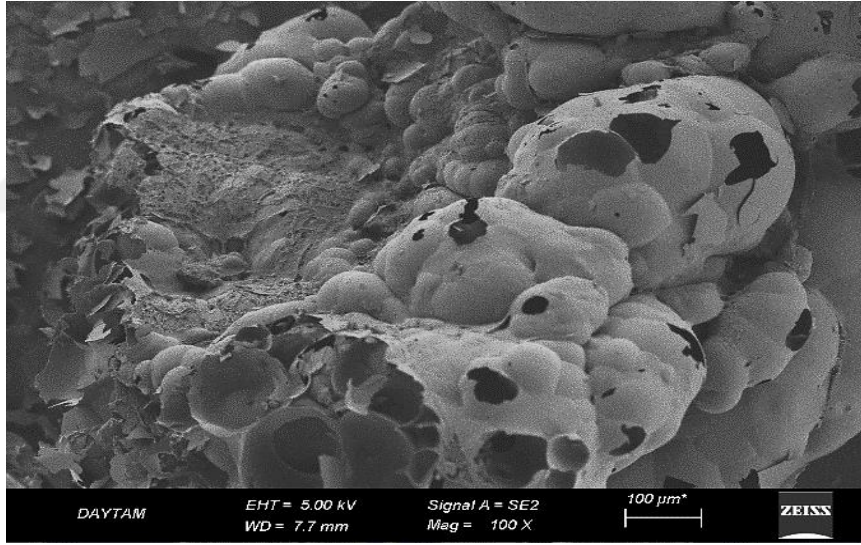
Bir adsorban madde için gözenekli bir yapıya sahip olmak önemli bir kriterdir. Nedeni ise bir adsorban maddenin gözenekli yapısının varlığı daha çok kirleticiyi adsorbe edeceği anlamına gelmektedir. Ayrıca SEM görüntü analizi sonucunda yüzey alanın genişliği de gözlemlenebilir. Yüzey alanın sayısal verilerine BET yüzey analizi ile yapılabiliyorken görüntü anlamında ise SEM görüntü analizi sağlamaktadır. Yüzey alanın geniş olması aynı şekilde daha çok kirletici tutunabileceği demektir. Bir maddenin gözenekli yapısı ve yüzey alanın genişliğini incelemek için SEM görüntü analizi yapılmaktadır. Bu yüzden genişleştirilmiş perlitin gözenek yapısını ve yüzey alanın genişliğini gözlemlemek için SEM görüntü analizi yapılmıştır. Genleştirilmiş perlit için yapılan analiz sonuçları Şekil 4. 1, 4. 2 ve 4. 3 te gösterilmektedir. Genleştirilmiş perlitin şekilde gözlemlenen gözeneklerinin varlığı bir adsorban madde olarak kullanılabilmesinin kanıtıdır.



Şekil 4. 1. Genleştirilmiş Perlit SEM Görüntüsü 5K X.



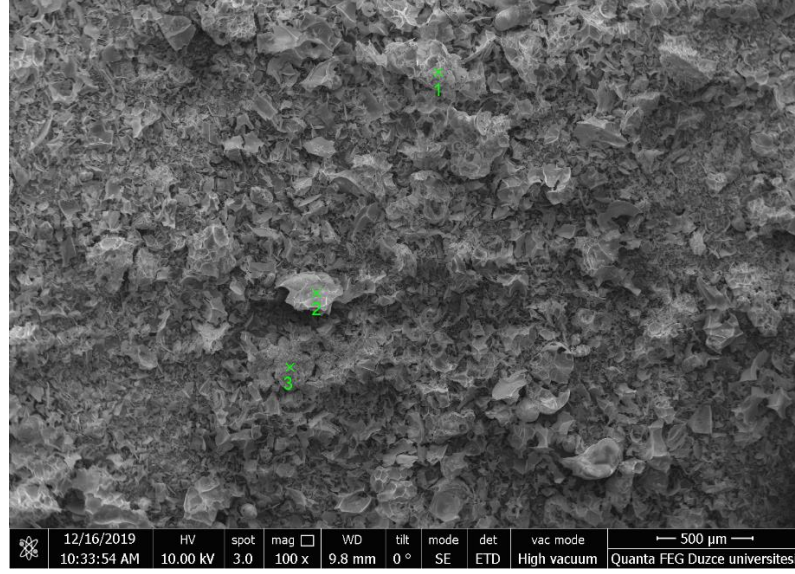
Şekil 4. 2. Genleştirilmiş Perlit SEM Görüntüsü 250 X



Şekil 4. 3. Genleştirilmiş Perlit SEM Görüntüsü 100 X.

4.1.3. EDS Analizi

Genleştirilmiş perlit için yapılan EDS analizlerinin sonuçları şekil 4. 4' te gösterilmektedir.



Spectrum-1			Spectrum-2			Spectrum-3		
Element	Wt %	At %	Element	Wt %	At %	Element	Wt %	At %
O	41.43	55.67	O	48.86	62.68	O	45.13	59.25
Na	2.66	2.49	Na	2.46	2.20	Na	2.23	2.04
Al	8.93	7.12	Al	8.34	6.35	Al	8.92	6.94
Si	41.25	31.57	Si	36.98	27.02	Si	39.34	29.42
K	5.73	3.15	K	3.35	1.76	K	4.39	2.34
Total	100	100	Total	100	100	Total	100.0	100.0

Şekil 4. 4. Genleştirilmiş perlit EDS analizi

4.1.4. 4.1.4. FT-IR Analizi

Genleştirilmiş perlit için yapılan FT-IR analizlerinin sonuçlar tablo 4. 2’de gösterilmektedir.

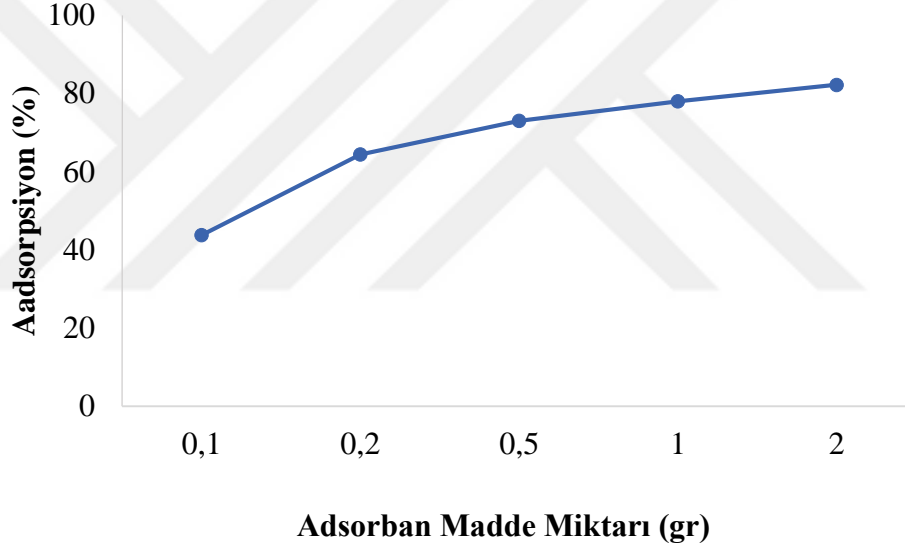
Tablo 4. 2. Genleştirilmiş perlit FT-IR analizi

Frekans	Fonksiyonel Grup
445 ve 554 cm^{-1}	Si-O ile Birleşen alüminyum oksit pikleri
781,17	Yapının içerisinde bulunan su moleküllerinin simetrik titreşimleri
1033,85	O-Si-O bağları dalga sayısında titreşimi (Si-O bending strength vibrations of the amorphous quartz.)
1373,32	C-H bağları titreşimleri

1732,08	C=O bağları simetrik titreşimleri (C = O amide stretching)
3566,38	Su pikleri (OH stretching vibrations of the adsorbed water)

4.2. Adsorban Madde Miktarının Etkisi

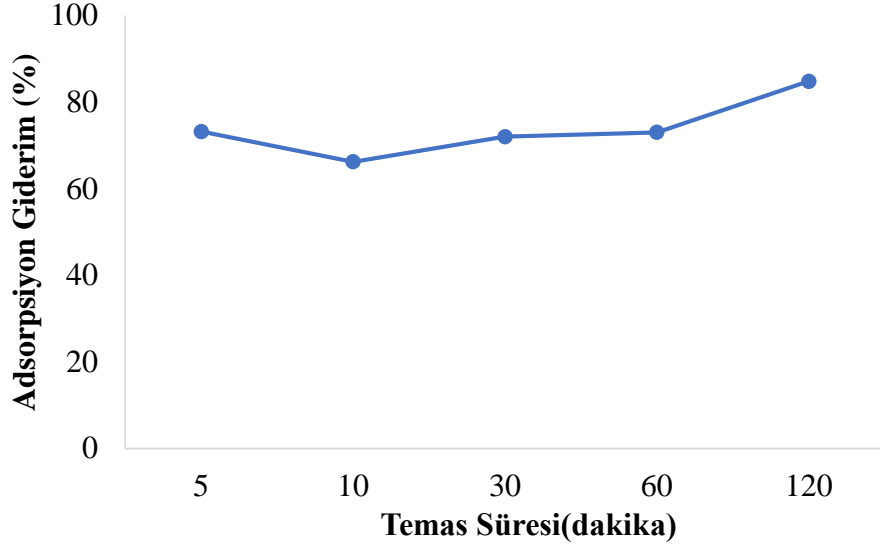
Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi gideriminde adsorban madde miktarına bakıldığında adsorban madde miktarı arttıkça giderim verimi % olarak artmaktadır. Temas süresinin 60 dakikada olarak belirlenen düzende 1 gram genleştirilmiş perlit için giderim verimi %78 olarak görülmektedir. Sabit adsorban madde miktarı 1 gram olarak seçilmiştir. Genleştirilmiş perlitin giderim yüzdeleri Şekil 4. 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 5. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi gideriminde madde miktarına bağlı giderim verim grafiği

4.3. Adsorpsiyonda Temas Süresinin Etkisi

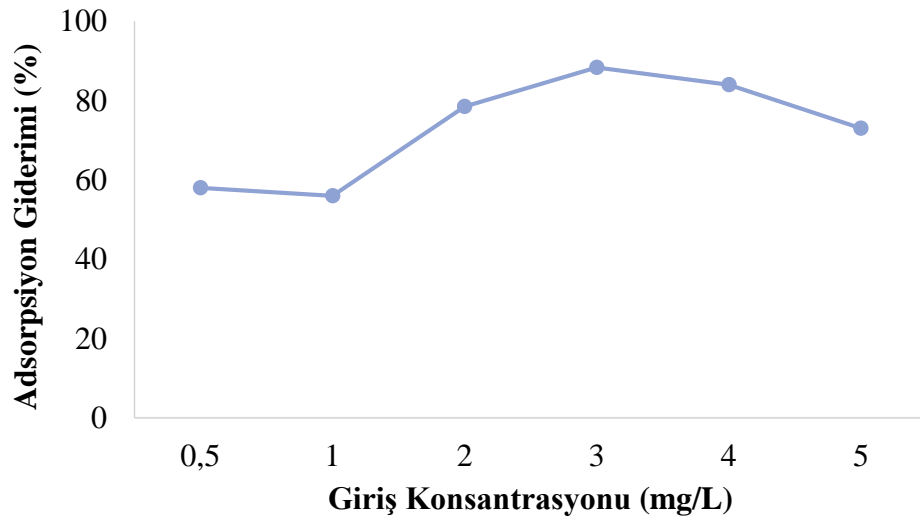
Yapılan deneyler sonucunda genleştirilmiş perlitin metilen mavisi adsorpsiyonunda temas süresi arttıkça giderim verimi incelenmiştir. İncelemeler sonucunda temas süresi arttıkça metilen mavisi giderim verimi de arttığı gözlemlenmiştir. Adsorpsiyon dengesine ulaşma süresi 60 dakika olarak belirtilmiştir. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi gideriminde temas süresinin etkisi yüzdeleri Şekil 4. 6'da gösterilmektedir.



Şekil 4. 6. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisinin adsorpsiyonunda temas süresine bağlı giderim verimi

4.4. Giriş Konsantrasyonunun Etkisi

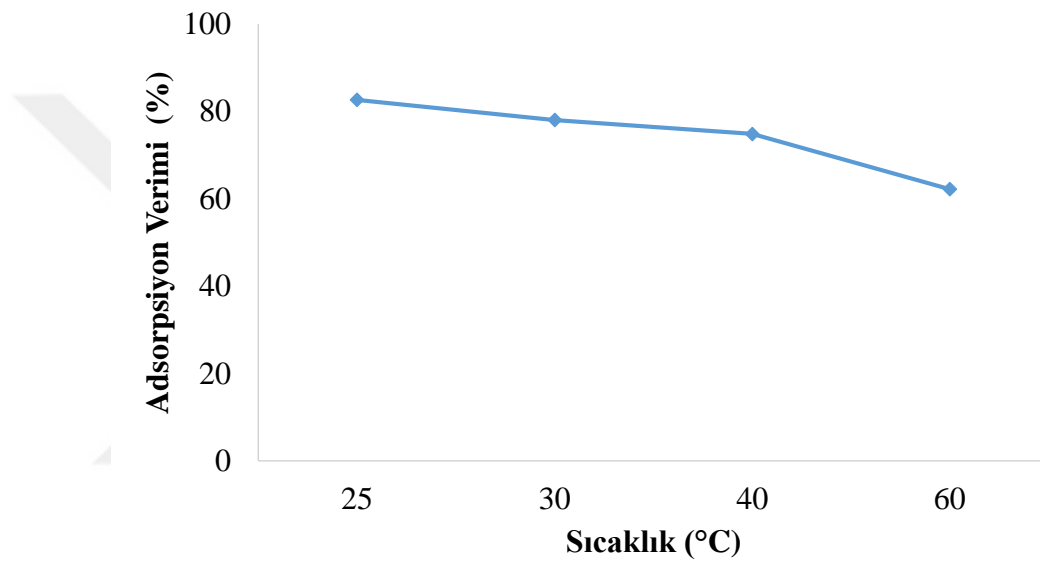
Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi gideriminde giriş konsantrasyonunun etkisinin incelendiğinde en iyi verimi 3mg/L’de olduğu gözlemlenmektedir. Genleştirilmiş perlit metilen mavisi adsorpsiyonunda giderim verimlerinin yüzde olarak Şekil 4. 7’de gösterilmektedir.



Şekil 4. 7. Genleştirilmiş perlit ile metilen mavisi adsorpsiyonunda giriş konsantrasyona bağlı giderim verimi

4.5. Adsorpsiyonun Sıcaklığın Etkisi

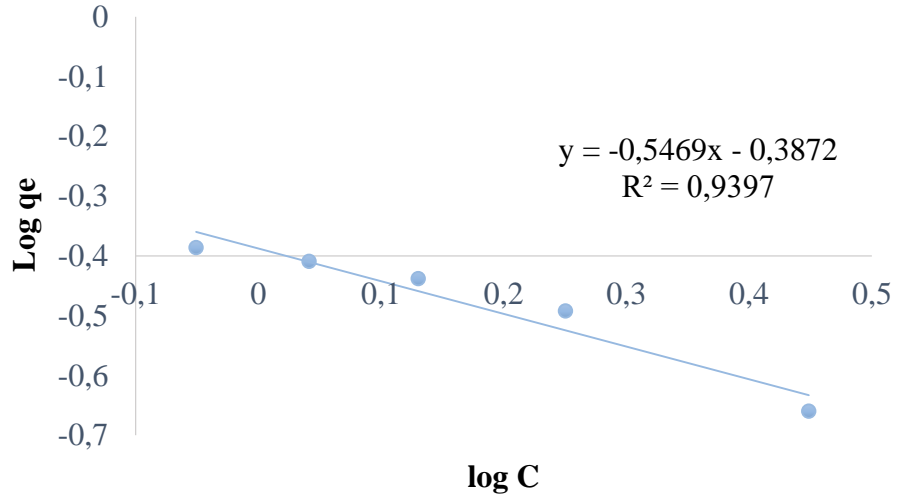
Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi adsorpsiyonunda sıcaklık etkisi incelendiğinde sıcaklık artıka giderim verimin düştüğü gözlemlenmiştir. Gözlemler sonucunda en iyi verimin 25°C'nin iyi verim sağlandığı tespit edilmiştir. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi adsorpsiyonun sıcaklığa bağı değışim yüzdeleri Şekil 4. 8'de gösterilmektedir.



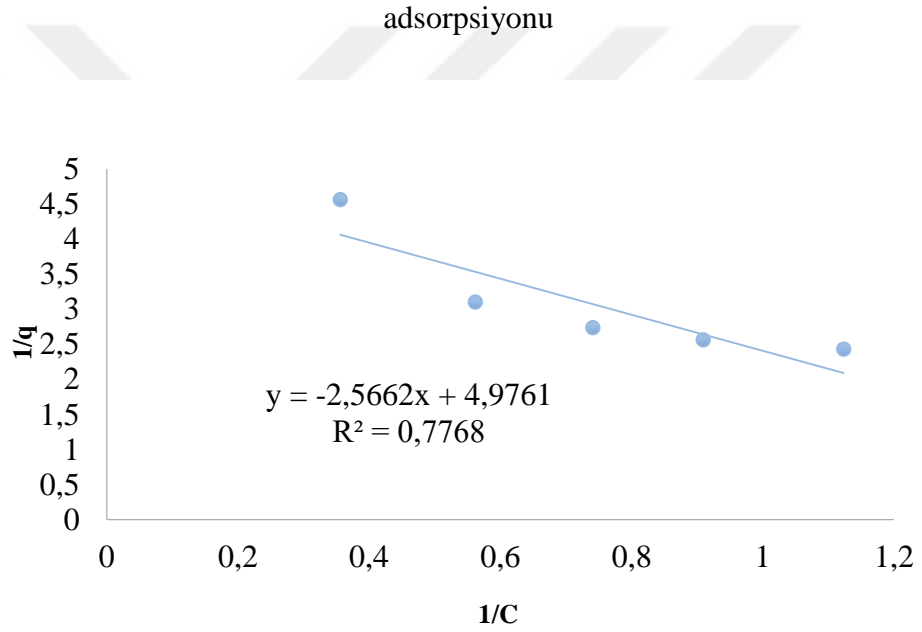
Şekil 4. 8. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi gideriminde sıcaklığa bağı giderim verimi

4.6. Adsorpsiyonda İzoterm Çalışmaları

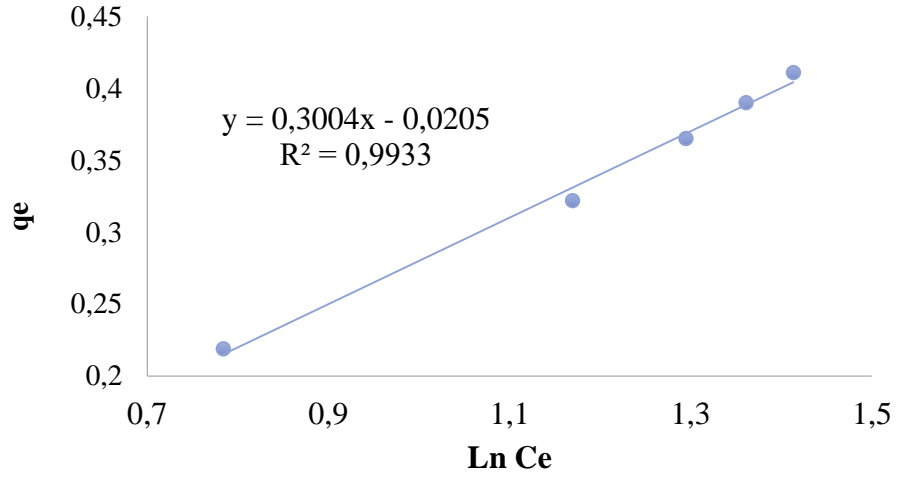
Genleştirilmiş perlit üzerindeki metilen mavisi adsorpsiyon izotermi farklı adsorban dozajlarında 25°C de ve pH=7 de gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar, Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm modellerine uygulanarak ayrı ayrı incelenmiştir. İzoterm grafikleri Şekil 4. 9, 4.10 ve 4.11'de, izoterm sabitleri Tablo 4. 3' te gösterilmektedir.



Şekil 4. 9. Genleştirilmiş perlit yüzeyine Freundlich izotermi eşitliğiyle gösterilen metilen mavisi adsorpsiyonu



Şekil 4. 10. Genleştirilmiş perlit yüzeyine Langmuir izoterm eşitliği ile gösterilen metilen mavisi adsorpsiyonu



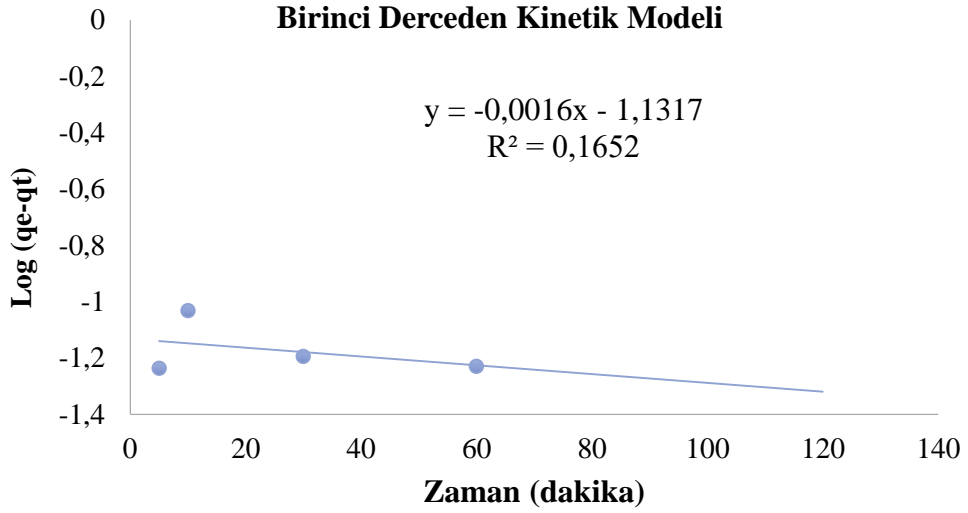
Şekil 4. 11. Genleştirilmiş perlit yüzeyine Temkin izotermi eşitliğiyle gösterilen metilen mavisi adsorpsiyonu

Tablo 4. 3. Langmuir, Freundlich, Temkin İzoterm sabitlerinin sonuçları

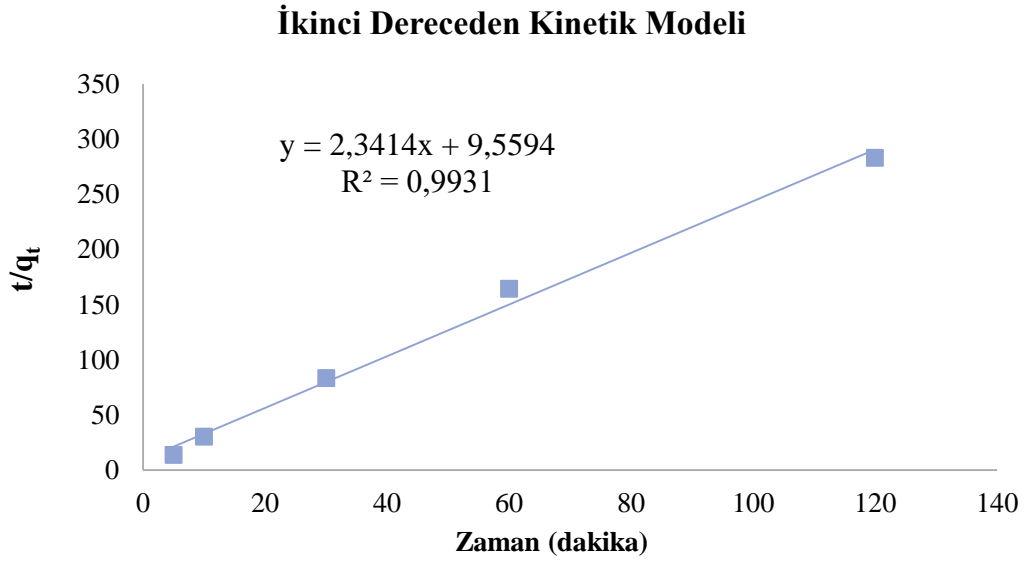
Adsorban madde	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi			Temkin izotermi		
	K _l	q _{max}	R ²	K _f	n	R ²	A _t	B	R ²
Genleştirilmiş Perlit	-1.93	0.2009	0.77	0.410	-1.828	0.93	0.934	0.3004	0.99

4.7. Adsorpsiyon Kinetik Çalışmaların Sonuçları

Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi adsorpsiyonunda yalancı birinci derece ve yalancı ikinci derece kinetiklerine bakılmıştır. Çalışma sonucunda yalancı birinci derece kinetik modelinin genleştirilmiş perlitin metilen mavisi adsorpsiyonunda uyumlu olmadığı gözlemlenmiştir. Yalancı birinci derece kinetiğinin korelasyon değeri 0.16 olarak Şekil 4. 12’de belirtilmiştir. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi adsorpsiyonunda yalancı ikinci derece kinetik modelinin daha iyi uyum sağladığı görülmektedir. Korelasyon değerinin 0.99 olduğu Şekil 4. 13’de yer almaktadır. Yalancı ikinci derece kinetik modelinin daha iyi uyum sağlaması genleştirilmiş perlitin metilen mavisi adsorpsiyonunda kimyasal bir olayın gerçekleşebileceğini göstermektedir. Kinetik modellerinin sabitleri Tablo 4. 4 ’te gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi adsorpsiyonunda birinci derece kinetik modelinin grafiği



Şekil 4.13. Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi adsorpsiyonunda ikinci derece kinetik modelinin grafiği

Tablo 4. 4. Metilen mavisinin genleştirilmiş perlit üzerine adsorpsiyon kinetik sabitleri

Adsorban Madde	Birinci Yalancı Kinetik			İkinci Yalancı Kinetik		
	K_1	q_e	R^2	K_2	q_e	R^2
Genleştirilmiş perlit	0.0036	0.073	0.16	1.573	0.427	0.99

5. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada doğal bir adsorban madde olan genleştirilmiş perlitin doğada istenmeyen metilen mavisi boyasının gideriminde kullanılmasıyla yüksek bir giderim verimin oluşması amaçlanmıştır. Metilen mavisinin toksik ve doğaya zarar vermesinden dolayı doğal bir adsorban madde olan genleştirilmiş perlit ile daha zararsız bir durum oluşturulması sağlanmak istenmiştir. Sonuçlara bakıldığında genleştirilmiş perlitin metilen mavisi gideriminde deneyler pH=7'de yapılmış olup, en iyi verim 60 dakika temas süresinde, 5 mg/L giriş konsantrasyonunda, 0.5 gr genleştirilmiş perlit miktarı ile elde edilmiştir.

Genleştirilmiş perlitin metilen mavisi gideriminde adsorpsiyon izotermelerinde sırasıyla giderim verimleri Freundlich için 0.93, Langmuir için 0.77 ve Temkin izotermi için 0.99 olarak belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında en iyi uyumu Temkin izotermi sağlamıştır. Adsorpsiyonunun kinetik çalışmalarına bakıldığında ise yalancı birinci derece kinetik modelinin korelasyon değeri 0.17 iken yalancı derece kinetik modelinin 0.99 olarak belirtilmiştir. Yalancı ikinci derece kinetik modeline uyumludur.

6. KAYNAKLAR

- [1] M. İşkeçeli, Kestane Kabuklarından Sentetik Aktif Karbon Hazırlaması ve Metilen Mavisi Gideriminin de Kullanılması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2010
- [2] B. İleri, Ultrases Prosesi İle Modifiye Edilen Uçucu Kül Kullanılarak Metil Kırmızısı Boyasının Adsorpsiyon Prosesi İle Giderimi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi, 21(61), 25-40, 2019
- [3] A. Obiageli, Adsorption Of Cationic Dye Onto Low-Cost Adsorbent Synthesized From Bentonite Clay Part I. Kinetic And Thermodynamic Studies. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 52, 3, 491-504, 2017
- [4] C. Srilakshmi, R. Saraf, Ag-doped hydroxyapatite as efficient adsorbent for removal of Congo red dye from aqueous solution: Synthesis, kinetic and equilibrium adsorption isotherm analysis, Microporous and Mesoporous Materials, 219, 134-144, 2016
- [5] A. A. El-Zahhar, N. S. Awwad, Removal of malachite green dye from aqueous solutions using organically modified hydroxyapatite, Journal of Environmental Chemical Engineering, 4, 633–638, 2016
- [6] M. Okur, D. Dolunay, E. Koyuncu, The evaluation of hydroxyapatite synthesized from waste eggshell in the adsorption of Remazol N.Blue RGB dye, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 35-1, 419-430, 2020
- [7] S. Acar, M. Kılıç, Eğirdir Yöresinde Bulunan Linyit Kömürlerine Fizikokimyasal İşlemler Uygulanarak Elde Edilen Adsorbent ile Boyar Madde Gideriminin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23-1, 218-237, 2019
- [8] B.H. Hameed, A.TM Din, A.L. Ahmad, Adsorption of methylene blue onto bamboobased activated carbon: kinetics and equilibrium studies. Journal of Hazardous Materials, 141, 819-825, 2017

- [9] M. Okur, F. Aktı, The removal of C.I. acid violet 90 metal-complex dye using synthetic and natural zeolite from aqueous solutions, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31(3), 677-686, 2016
- [10] N. Sivarajasekar, R. Baskar, Adsorption Of Basic Magenta II Onto H₂SO₄ Activated Immature Gossypium Hirsutum Seeds: Kinetics, Isotherms, Mass Transfer, Thermodynamics And Process Design, Arabian Journal Of Chemistry Volume 12- 7, 1322-1337, November, 2019
- [11] Anonim, 2020. MTA Perlit ve Genleştirilmiş Perlit Özellikleri. <http://www.mta.gov.tr> (Erişim Tarihi:0).
- [12] H. Ghassabzadeh, M. Torab-Mostaedi, A. Mohaddespour, M. G. Maragheh, S. J. Ahmadi, P. Zaheri, Characterizations Of Co (II) And Pb (II) Removal Process From Aqueous Solutions Using Expanded Perlite, Desalination 261, 73–79, 2010
- [13] Ö. Demirtaş, Viktorya Mavisinin Perlit Yüzeyine Adsorpsiyonu, T.C. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Temmuz, 2001
- [14] E. Zincir, Modifiye Edilmiş Perlit İle Atık Sulardan Bor Giderimi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Haziran, 2013
- [15] N. Bozkurt, V. Taşkın, Bitlis İlinde Pomza Ve Perlit Madencilğine Genel Bir Bakış, Bitlis, 2017
- [16] O. Uluer, İ. Karağaç, M. Aktaş, G. Durmuş, Ü. Ağbulut, A. Khanları, D. N. Çelik, Genleştirilmiş Perlitin Isı Yalıtım Teknolojilerinde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 24(1), 36-42, 2018
- [17] F. A. Temel, Endüstriyel Sızıntı Suyundan Pb(II) Giderimi İçin Genleştirilmiş Perlit Kullanımı: Kinetik Çalışmalar, Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(3): 360-364, 2018

- [18] DPT, Yapı Malzemeleri III (Pomza-Perlit-Vermikülit-Flogopit-Genleşen Killer). 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyon Raporu, s: 24-49, 2004
- [19] M. İskeçeli, Kestane Kabuklarından Sentetik Aktif Karbon Hazırlaması Ve Metilen Mavisi Giderimin de Kullanılması, FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans, İstanbul, 2010
- [20] O. Işık, İnaktif Çamurla Çeşitli Boyar Maddelerin Adsorpsiyonu, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 2014
- [21] M. Çalışkan, Doğal Diatomit (Çaldıran-Van) Üzerine Basic Blue ve Neutral Red Boyar Maddelerinin Adsorpsiyon ve Denge Çalışması, T.C. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu, 2018
- [22] Ö. Selen, Manyetik Özellik Kazandırılan Dehidrate Çay Posası İle Basic Blue 3 Ve Basic Yellow 51 Boyarmaddelerinin Sulu Çözeltilerden Uzaklaştırılması, T.C Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Haziran, 2018
- [23] A. S. Özcan, A. Özcan, Adsorption of Acid Dyes from Aqueous Solutions onto Acid-Activated Bentonite. *Journal of Colloid and Interface Science*, 276, 39–46. (2004)
- [24] Ü. Becenen, Azo Boyarmaddelerinin Yasaklanması: Bebek ve Çocuk Giysilerinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt. 6, No. 10, S. 1-6*, Temmuz 2017
- [25] Ü. Şenel, H. İ. Sur, M. Demirtaş, Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Bazı Sentetik Direkt Boyarmaddelerin Mutajenik Etkisinin Umu-Testi İle Araştırılması, *KSÜ Doğa Bil. Dergi. 15(1)*, 2012
- [26] A. Kılıç, Kayısı Çekirdeği Ve Badem Kabuğu Karışımından Aktif Karbon Üretimi Ve Sulu Ortamlardan Boyar Madde Giderimi, Türkiye Cumhuriyeti Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mart 2018

- [27] H. Karaer, Modifiye Edilmiş Chitosan İle Sulu Çözeltiden Bazik Boyarmaddelerin Adsorpsiyonunun İncelenmesi, T.C. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi, kimya anabilim dalı, Diyarbakır, Haziran, 2010
- [28] M. K. Uddin, A Review On The Adsorption Of Heavy Metals By Clay Minerals, With Special Focus On The Past Decade. Chemical Engineering Journal Volume, 308: 438–462. 2017
- [29] G. A. Turp, Genleştirilmiş Perlite Manyetik Özellik Kazandırılarak Atıksulardan Ağır Metallerin Giderimi, Bitlis Eren Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ekim 2017
- [30] P. Catalfamo, I. Arrigo, P. Primerano, F. Corgliano, Efficiency of zeolitized pumice waste as a low-cost heavy metals adsorbent, Journal of Hazardous Materials, Basımda, Aralık 2005.
- [31] A. F. Tasmakıran, Zirai Yan Ürünlerin Modifiye Edilerek Yeni Adsorbanların Hazırlanması ve Boyaların Adsorpsiyonu, T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya, Temmuz 2010
- [32] Ö. Selen, Manyetik Özellik Kazandırılan Dehidrate Çay Posası İle Basic Blue 3 Ve Basic Yellow 51 Boyarmaddelerinin Sulu Çözeltilerden Uzaklaştırılması, T.C Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2018
- [33] A. Kılıç, Kayısı Çekirdeği Ve Badem Kabuğu Karışımından Aktif Karbon Üretimi Ve Sulu Ortamlardan Boyar Madde Giderimi, Türkiye Cumhuriyeti Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mart 2018
- [34] I. Langmuir, The constitution and fundamental properties of solids and liquid, Journal of the American Chemical Society, 40, pp. 2221-2295, 1916
- [35] A. M. Aljeboree, A. N. Alshirifi, A. F. Alkaim, Kinetics And Equilibrium Study For The Adsorption Of Textile Dyes On Coconut Shell Activated Carbon, Arabian Journal Of Chemistry, 10, S3381–S3393, 2017

- [36] H. M. F. Freundlich, Over the adsorption in solution, *J. Phys. Chem.* 57, 385–470, 1906
- [37] A. M. Aljeboree, A. N. Alshirifi, A. F. Alkaim, Kinetics And Equilibrium Study For The Adsorption Of Textile Dyes On Coconut Shell Activated Carbon, *Arabian Journal Of Chemistry*, 10, S3381–S3393, 2017
- [38] S. Lagergren, Zur theorie der sogenannten adsorption geloster stoffe. *Kungliga. Svenska Vetenskademiens, Handlingar.* 24, 1-39, 1898
- [39] M. Naushad, A. Abdullah Alqadami, Z. Abdullah AlOthman, I. Hotan Alsohaimi, M. Saad Algamdi, A. Mohammed Aldawsari, Adsorption Kinetics, Isotherm And Reusability Studies For The Removal Of Cationic Dye From Aqueous Medium Using Arginine Modified Activated Carbon, *Journal of Molecular Liquids* 293, 111442, 2019
- [40] G. Mckay, Y. S. Ho, Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochem.* 34, 451-65, 1999
- [41] M. Naushad, A. Abdullah Alqadami, Z. Abdullah AlOthman, I. Hotan Alsohaimi, M. Saad Algamdi, A. Mohammed Aldawsari, Adsorption Kinetics, Isotherm And Reusability Studies For The Removal Of Cationic Dye From Aqueous Medium Using Arginine Modified Activated Carbon, *Journal of Molecular Liquids* 293, 111442, 2019
- [42] R. Köklü, Ç. Özer, Remazol Brilliant Blue R (RBBR) boyarmaddesinin düşük maliyetli bir adsorban olan sigara külü ile giderimi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (2), 174~180, 2018
- [43] H. Abak, Sulu Çözeltilerden Metilen Mavisinin Fındık Kabuğu Yüzeyine Adsorpsiyon ve Adsorpsiyon Kinetiği, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, Temmuz, 2008*
- [44] G. Kakıoğlu, Kolemanit ve Üleksit Atığı ile Sulu Çözeltilerden Metilen Mavisi Giderimi: Kinetik ve İzoterm Değerlendirmesi, *CBÜ Fen Bil. Dergi.* Cilt 12, Sayı 3, 499-509 s

- [45] M. K. Özden, Renkli Atıksulardan Endüstriyel Atık Malzeme (Liç Atığı) Kullanılarak Adsorpsiyon Sisteminde Boya Giderimi, T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya, Şubat, 2015
- [46] A. A. Ceyhan, O. Baytar, Metilen Mavisinin Magnetik $NiFe_2O_4$ /Aktif Karbon Nanokompoziti İle Adsorpsiyonu: Kinetik ve İzoterm, S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., 6-2, 227-241, 2018
- [48] M. Okur, D. Dolunay, The Evaluation Of Hydroxyapatite Synthesized From Waste Eggshell In The Adsorption Of Remazol N.Blue RGB Dye, Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University 35-1, 419-430, 2020
- [49] D. Gümüş, F. Gümüş, Potasyum Permanganat Kaplı Zeolit ve Demir Oksit Kaplı Zeolitle Metil Oranjın Adsorpsiyon Çalışmaları, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21(1), 2018
- [50] M. F. Dilekoğlu, Harran Ovası Tarım Arazileri Etrafında Bulunan Urfa Taşı'nın Metilen Mavisi Boyar Maddesi Adsorpsiyonu, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(1), 19-30, 2018
- [51] O. Işık, İnaktif Çamurla Çeşitli Boyar Maddelerin Adsorpsiyonu, T.C. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2014
- [52] Ravi, L. M. Pandey, Enhanced Adsorption Capacity Of Designed Bentonite And Alginate Beads For The Effective Removal Of Methylene Blue, Applied Clay Science 169, 102–111, 2019
- [53] H. Laksacia, A. Khelifia, B. Belhamdia, M. Trarib, The Use Of Prepared Activated Carbon As Adsorbent For The Removal Of Orange G From Aqueous Solution, Microchemical Journal 145, 908–913, 2019
- [54] A. Khaled, A. El Nemr, A. El-Sikaily, O. Abdelwahab, Treatment Of Artificial Textile Dye Effluent Containing Direct Yellow 12 By Orange Peel Carbon, Desalination, 238, 1–3, 210-232, Mart, 2009

[55] M. Alkan, M. Doğan, Adsorption of Copper(II) onto Perlite, Journal of Colloid and Interface Science 243, 280–291, 2001

[56] S. Acar, M. Kılıç, Eğirdir Yöresinde Bulunan Linyit Kömürlerine Fizikokimyasal İşlemler Uygulanarak Elde Edilen Adsorbent ile Boyar Madde Gideriminin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt 23, Sayı 1, 218-237, 2019

[57] M. F. Dilekoğlu, Harran Ovası Tarım Arazileri Etrafında Bulunan Urfa Taşı'nın Metilen Mavisi Boyar Maddesi Adsorpsiyonu, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(1), 19-30, 2018.

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Batman'da doğdum. İlköğretimi KARATAY İlköğretim Okulu'nda, ortaokulu KARATAY İlköğretim Okulu'nda ve liseyi OSMAN GAZİ ANADOLU Lisesi'nde tamamladım. 2009 yılında kazandığım Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2016' yılında mezun oldum. 2018'de Bitlis Eren Üniversitesi lisansüstü eğitim Enstitüsü ÇEVRE Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladım. Yabancı dilim İngilizcedir.

Adı Soyadı