

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BENTONİT, ZEOLİT VE ÇAM TALAŞI ÜZERİNE
METAL KOMPLEKS BOYALARIN ADSORPSİYONU**

129075

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa CAN

129075

ENSTİTÜ ANABİLİM DALI : KİMYA

TEZ DANIŞMANI

: Prof. Dr. İ. Ayhan ŞENGİL

EYLÜL 2002

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BENTONİT, ZEOLİT VE ÇAM TALAŞI ÜZERİNE METAL
KOMPLEKS BOYALARIN ADSORPSİYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa CAN

Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA
Tez Danışmanı : Prof. Dr. İ. Ayhan ŞENGİL

Bu tez 26/09/2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İ. Ayhan ŞENGİL Prof. Dr. A. Osman AYDIN Yrd. Doç. Dr. Ahmet ALP

Jüri Başkanı

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

TEŞEKKÜR

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada danıőmanlıęını yapan, sorunlara sabırlı ve esnek yalaőımı ile en doğru çözümü bulmamızı sağlayan, çalışma süresince geniş bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım çok değerli hocam Sayın Prof.Dr. İ. Ayhan ŞENGİL'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Çalışma boyunca yardımlarını ve tecrübelerini esirgemeyen ve laboratuvar çalışması sırasında malzeme temini ve araç teknikleri hususunda çekinmeden yardımcı olan Dr. Mahmut ÖZACAR'a teőekkürlerimi sunarım.

Çalışma esnasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Kimya Bölümü elemanlarına teşekkür ederim.

Mustafa CAN

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	XIII
ÖZET.....	XIX
SUMMARY.....	XX
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. BENTONİT.....	3
2.1. Bentonitin Yapısı.....	3
2.2. Bentonitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	4
2.3. Türkiye'deki Bentonit Cevherleri.....	4
2.4. Dünyadaki Bentonit Cevherleri.....	5
2.5. Bentonit Cevherinin Kullanıldığı Yerler.....	5
BÖLÜM 3. ZEOLİT	7
3.1. Zeolitin Yapısı.....	7
3.2. Zeolitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	7
3.3. Türkiye'deki Zeolit Cevherleri.....	8
3.4. Dünyadaki Zeolit Cevherleri.....	9
3.5. Zeolit Cevherinin Kullanıldığı Yerler.....	10
BÖLÜM 4. ÇAM TALAŞI.....	11
3.1. Çam Talaşının Yapısı.....	11
3.2. Türkiye'de Çam Ağacı	12
3.3. Çam Talaşının Adsorban Olarak Kullanımı	12

BÖLÜM 5. BOYAR MADDELER.....	13
5.1. Boya ve Boyar Madde.....	13
5.2. Renk ve Işık	14
5.2.1. Renk Nedir?	14
5.2.1.1. Psikolojik Renk	15
5.2.1.2. Fizyolojik Renk	15
5.2.1.3. Renk ve Işık	15
5.2.2. Rengin Anlamı	16
5.2.3. Renk Teorileri	14
5.2. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması.....	18
5.2.1. Boyama özelliklerine göre sınıflama.....	19
5.2.1.1. Asit boyar maddeler.....	19
5.2.1.2. Metal-kompleks boyar maddeler.....	20
5.2.1.3. Azoik boyar maddeler.....	21
5.2.1.4. Reaktif boyar maddeler.....	21
5.2.1.5. Küp boyar maddeler.....	21
5.2.1.6. Kükürt boyar maddeler.....	22
5.2.1.7. Dispers boyar maddeler.....	22
5.2.2. Dispers boya ve boyar maddeleri.....	23
BÖLÜM 6. ADSORPSİYON.....	24
6.1. Adsorpsiyon ve Tarihçesi.....	24
6.2. Adsorpsiyon İzotermi.....	25
6.2.1. Freundlich adsorpsiyon izotermi.....	25
6.2.2. Langmuir adsorpsiyon izotermi.....	26
6.2.3. BET adsorpsiyon izotermi.....	27
6.3. Adsorbanların Çeşitleri ve Özellikleri.....	28

BÖLÜM 7. MATERYAL ve METOD	29
7.1. Kullanılan Cihazlar.....	29
7.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	29
7.2.1. Boyar maddeler.....	29
7.2.2. Adsorban.....	29
7.3. Adsorpsiyon Deneylerinin Yapılışı.....	30
7.3.1 Tanecik boyutu değişiminin incelenmesi deneyleri.....	30
7.3.2 pH değişiminin incelenmesi deneyleri.....	30
7.3.3 Karıştırma hızı değişiminin incelenmesi deneyleri.....	30
7.3.4 Adsorban kütlesinin değişiminin incelenmesi deneyler	31
7.3.5 Boya konsantrasyonunun değişiminin incelenmesi deneyleri	31
7.3.6 Sıcaklık değişiminin incelenmesi deneyleri	31
BÖLÜM 8. DENEYSEL SONUÇLAR	32
8.1. Tanecik Boyutunun Etkisi	32
8.2. pH nın Etkisi	38
8.3. Karıştırma Hızının Etkisi	45
8.4. Adsorban Kütlesinin Etkisi	52
8.5. Boyar Madde Konsantrasyonunun Etkisi	58
8.6. Sıcaklığın Etkisi.....	65
8.7. Adsorpsiyon İzotermi.....	71
8.8. Termodinamik Parametreler.....	78
BÖLÜM 9. SONUÇLAR	82
BÖLÜM 10. TARTIŞMA ve ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR	87
ÖZGEÇMİŞ	91

SİMGELER VE KISALTMALAR

b	Langmuir izoterminde enerji ile ilgili bir sabit veya net entalpi
C _e	Çözeltideki denge konsantrasyonu, mg/L
K	Termodinamik denge sabiti
K _F	Freundlich sabiti
mohs	Sertlik birimi
n	Freundlich sabiti
pH	Çözeltideki hidrojen iyonu molar derişiminin eksi logaritması
Q	Yüzeyde oluşan tek tabaka tamamlandığında adsorbanın birim ağırlığı başına adsorplanan boyanın miktarı, mg/g
q _e	Adsorbanın birim ağırlığı başına adsorplanan boyanın miktarı, mg/g
R	Reel gaz sabiti, J/molK
T	Sıcaklık, K
ΔG	Standart serbest enerji, J/mol
ΔH	Entlpi değişimi, J/mol
ΔS	Entropi değişimi, J/molK

Kısaltmalar

ASTM Amerikan Society for Testing and Materials

A.Ş. Anonim Şirketi

Bkz. Bakınız

et al. Ve diğerleri (yabancı kaynaklara ait)

g Gram

GAC Granüler aktif karbon

KOI Kimyasal Oksijen İhtiyacı
mL Mililitre
 μm Mikrometre
PAC Toz aktif karbon
RPM Karıştırma hızı, devir/dakika



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1. Çam ağacının kesit görüntüsü	12
Şekil 6.1. Adsorpsiyon izotermi (Glasston and Lewis, 1960)	25
Şekil 8.1. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi	35
Şekil 8.2. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi	36
Şekil 8.3. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi	36
Şekil 8.4. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi	37
Şekil 8.5. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi	37
Şekil 8.6. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi	38
Şekil 8.7. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH'nın etkisi	42
Şekil 8.8. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH'nın etkisi	42

Şekil 8.9. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH nın etkisi	43
Şekil 8.10. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH nın etkisi	43
Şekil 8.11. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH nın etkisi	44
Şekil 8.12. Çam talaşı üzerinde , Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH nın etkisi	44
Şekil 8.13. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi	49
Şekil 8.14. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi	49
Şekil 8.15. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi	50
Şekil 8.16. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi	50
Şekil 8.17. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi	51
Şekil 8.18. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi	51
Şekil 8.19. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna adsorban kütlesinin etkisi	55

Şekil 8.20. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna adsorban kütlesinin etkisi	56
Şekil 8.21. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna adsorban kütlesinin etkisi	56
Şekil 8.22. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna adsorban kütlesinin etkisi	57
Şekil 8.23. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna adsorban kütlesinin etkisi	57
Şekil 8.24. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna adsorban kütlesinin etkisi	58
Şekil 8.25. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi	62
Şekil 8.26. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi	62
Şekil 8.27. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi	63
Şekil 8.28. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi	63
Şekil 8.29. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi	64
Şekil 8.30. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi	64

Şekil 8.31. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi	68
Şekil 8.32. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi	69
Şekil 8.33. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi	69
Şekil 8.34. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi	70
Şekil 8.35. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi	70
Şekil 8.36. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi	71
Şekil 8.37. Bentonit üzerinde metal kompleks boyaların adsorpsiyon izotermi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 60 dak.,)	72
Şekil 8.38. Zeolit üzerinde metal kompleks boyaların adsorpsiyon izotermi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 60 dak.,)	72
Şekil 8.39. Çam talaşı üzerinde metal kompleks boyaların adsorpsiyon izotermi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 60 dak.,)	73
Şekil 8.40. Bentonit üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Langmuir izotermi	74

Şekil 8.41. Zeolit üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Langmuir izotermi	75
Şekil 8.42. Çam taşalı üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Langmuir izotermi	75
Şekil 8.43. Bentonit üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Freundlich izotermi	76
Şekil 8.44. Zeolit üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Freundlich izotermi	76
Şekil 8.45. Çam talaşı üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Freundlich izotermi	77
Şekil 8.46. Metal kompleks boyaların Bentonit üzerindeki adsorpsiyonu için $\log K - 1/T$ grafiği	80
Şekil 8.47. Metal kompleks boyaların Zeolit üzerindeki adsorpsiyonu için $\log K - 1/T$ grafiği	80
Şekil 8.48. Metal kompleks boyaların Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonu için $\log K - 1/T$ grafiği	81

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Bentonit cevherinin kimyasal bileşimi (%)	4
Tablo 2.2. Türkiye'nin bentonit üretimi yıllara göre aşağıda verilmiştir(ton)	4
Tablo 2.3. Dünya bentonit kaynakları (miktar: milyon short ton)	5
Tablo 5.1. Cismin beyaz ışıktan absorpladığı ışığın dalga boyu ile cismin görünen rengi	17
Tablo 5.2. Kromofor ve oksokrom grupların karakteristik yapısı	19
Tablo 7.1. Bentonit cevherinin kimyasal bileşimi (%)	30
Tablo 8.1 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Sarı boya larının Bentonit Üzerindeki adsorbsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrüj devir sayısı: 600 d./dakika)	32
Tablo 8.2 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Parlak Mavi boya larının Bentonit Üzerindeki adsorbsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrüj devir sayısı: 600 d./dakika)	33
Tablo 8.3 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Sarı boya larının Zeolit Üzerindeki adsorbsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrüj devir sayısı: 600 d./dakika)	33
Tablo 8.4 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Parlak Mavi boya larının Zeolit Üzerindeki adsorbsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrüj devir sayısı: 600 d./dakika)	34

- Tablo 8.5 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Sarı boyalarının Çam talaşı üzerindeki adsorbsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrj devir sayısı: 600 d./dakika) 34
- Tablo 8.6 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Çam talaşı üzerindeki adsorbsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrj devir sayısı: 600 d./dakika) 35
- Tablo 8.7. Metal Kompleks Sarı boyalarının Bentonit Üzerindeki adsorbsiyonuna pH'in etkisi etkisi (doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 75µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrj devir sayısı: 600 d./dakika) 39
- Tablo 8.8. Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Bentonit Üzerindeki adsorbsiyonuna pH'in etkisi etkisi (doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 75µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrj devir sayısı: 600 d./dakika) 39
- Tablo 8.9. Metal Kompleks Sarı boyalarının Zeolit Üzerindeki adsorbsiyonuna pH'in etkisi etkisi (doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 53 µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrj devir sayısı: 600 d./dakika) 40
- Tablo 8.10. Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Zeolit Üzerindeki adsorbsiyonuna pH'in etkisi etkisi (doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 53µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrj devir sayısı: 600 d./dakika) 40
- Tablo 8.11. Metal Kompleks Sarı boyalarının Çam talaşı üzerindeki adsorbsiyonuna pH'in etkisi etkisi (doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 90 µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrj devir sayısı: 600 d./dakika) 41
- Tablo 8.12. Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Çam talaşı üzerindeki adsorbsiyonuna pH'in etkisi etkisi (doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 75µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrj devir sayısı: 600 d./dakika) 41

Tablo 8.13. Metal Kompleks Sarı boyaların Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=7,5)	46
Tablo 8.14. Metal Kompleks Parlak Mavi boyaların Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=5,5)	46
Tablo 8.15. Metal Kompleks Sarı boyaların Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 53µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5)	47
Tablo 8.16. Metal Kompleks Parlak Mavi boyaların Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: ≤53 µm (elekaltı) Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5)	47
Tablo 8.17. Metal Kompleks Sarı boyaların Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 90 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5)	48
Tablo 8.18. Metal Kompleks Parlak Mavi boyaların Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5)	48
Tablo 8.19. Adsorban kütesinin Metal Kompleks Sarı boyaların Bentonit üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=7,5, 200 RPM)	52

- Tablo 8.20. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Bentonit üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=5,5, 200 RPM) 53
- Tablo 8.21. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Sarı boyalarının Zeolit üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 53 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 200 RPM) 53
- Tablo 8.22. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Zeolit üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: ≤ 53 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 600 RPM) 54
- Tablo 8.23. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Sarı boyalarının Çam talaşı üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 90 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 600 RPM) 54
- Tablo 8.24. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Çam talaşı üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 200 RPM) 55
- Tablo 8.25. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak, pH=7,5, 200 RPM) 59
- Tablo 8.26. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak, pH=5,5, 200 RPM) 59

- Tablo 8.27. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 53 µm, Kar. süresi: 180 dak., pH=3,5, 200 RPM) 60
- Tablo 8.28. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: ≤ 53 µm, Kar. süresi: 180 dak., pH=3,5, 600 RPM) 60
- Tablo 8.29. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 90 µm, Kar. süresi: 180 dak., pH=3,5, 600 RPM) 61
- Tablo 8.30. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., pH=3,5, 200 RPM) 61
- Tablo 8.31. Sıcaklığın Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=7,5, 200 RPM) 65
- Tablo 8.32. Sıcaklığın Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=5,5, 200 RPM) 66
- Tablo 8.33. Sıcaklığın Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 53 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 200 RPM) 66

Tablo 8.34. Sıcaklığın Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: ≤ 53 μm , Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 600 RPM)	67
Tablo 8.35. Sıcaklığın Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 90 μm , Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 600 RPM)	67
Tablo 8.36. Sıcaklığın Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75 μm , Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 200 RPM)	68
Tablo 8.37 Bentonit adrobanı ile yapılan denemelerde Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	77
Tablo 8.38 Zeolit adrobanı ile yapılan denemelerde Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	77
Tablo 8.39 Çam talaşı adrobanı ile yapılan denemelerde Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	77
Tablo 8.40. Bentonit ile yapılan denemelerde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki termodinamik denge sabitleri	79
Tablo 8.41. Zeolit ile yapılan denemelerde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki termodinamik denge sabitleri	79
Tablo 8.42. Çam talaşı ile yapılan denemelerde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki termodinamik denge sabitleri	79
Tablo 8.43. Bentonit üzerinde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki serbest enerjileri	79
Tablo 8.44. Zeolit üzerinde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki serbest enerjileri	79

Tablo 8.45. am talaşı üzerinde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki serbest enerjileri

..... 79



ÖZET

Anahtar kelimeler: bentonit, adsorpsiyon, metal kompleks boya, izoterm.

Bu çalışmada Metal Kompleks Sarı (Lansan Yellow CFB) ve Metal Kompleks Parlak Mavi (Lansan Brillant Blue CF-BA) boyar maddelerinin Bentonit, Zeolit ve Çam Talaşı adsorpsiyonu; tanecik boyutu, pH, karıştırma hızı, adsorban kütlesi, başlangıç boya konsantrasyonu ve sıcaklık gibi parametreler değiştirilerek incelenmiştir. Böylece boyaların maksimum adsorpsiyonları için optimum şartlar araştırılmıştır. Langmuir ve Freundlich izotermi için adsorpsiyon parametreleri belirlenmiş ve tartışılmıştır.

Çalışma sonunda, metal kompleks boyaları adsorbe edecek olan her üç adsorbanın da adsorban tane boyutu, pH ve karıştırma hızı, sıcaklığın adsorpsiyon üzerinde etkili oldukları görülmüştür. Çalışma sıcaklığının adsorpsiyona negatif etkisi olduğu saptanmıştır. 3 adsorbanın da metal kompleks boyaları adsorblama kapasitesi yüksektir.

Tanecik boyutunun adsorpsiyona etkisi incelendiğinde; bentonit için her iki boya için 75-90 µm aralığındaki adsorban tane boyutu, zeolit adsorbanı kullanıldığında, MK sarı boyası için 53 µm adsorban tanecik boyutu, MK parlak mavi için ≤ 53 µm tanecik boyutu, çam talaşı adsorbanı kullanıldığında, MK sarı boyası için 90-150 µm adsorban tanecik boyutu, MK parlak mavi için ise 75-90 µm adsorban tanecik boyutu tesbit edilmiştir. Karıştırma hızı için çeşitli devir sayılarında denemeler yapılmış, sonuç olarak; bentonit ile yapılan çalışmalarda, MK sarı için 200 RPM, MK parlak mavi boyası için etkisiz olduğu; zeolit üzerinde, MK sarı için 200 RPM, MK parlak mavi için 600 RPM değerlerinin uygun olduğu; çam talaşı üzerinde, MK sarı boyası için 600 RPM, MK parlak mavi için 200 RPM değerlerinin uygun olduğu tesbit edilmiştir. Tüm boyalar için 3 adsorban ile de yapılan denemelerde, adsorban kütlesinin ise adsorpsiyon üzerinde bir etkisi olmadığı tesbit edilmiştir. 1 g dan fazla kullanılmasının adsorpsiyon verimini etkilememesi, 1 g'dan fazla bentonit, zeolit ve çam talaşı kullanılmasının gereksiz olacağını göstermiştir. Konsantrasyon etkisinin incelendiği deneylerde, adsorban kütlesi (1 g) sabit alınmıştır. Buna rağmen adsorpsiyon veriminde gayet iyi sonuçlar alınmıştır. Buradan çıkaracağımız sonuç 3 adsorbanın da kapasitesinin yüksek olduğu yönündedir. Sıcaklığın artışının tüm adsorbanlarda boyaların adsorpsiyonuna olumsuz bir etki yaptığı gözlenmiştir. Bu adsorpsiyonların ekzotermik olduğunu gösterir. Adsorpsiyon işlemleri uygulanırken sıcaklığın oda sıcaklığından yukarıya çekilmesine gerek yoktur. Ayrıca bentonitteki denemelerde iki boya için de 150 dakika yeterli olduğu; zeolitteki çalışmada her iki boya için de 180 dakikanın yeterli olduğu ve çam talaşındaki denemelerde ise her iki boya için de 180 dakikanın yeterli olduğu tesbit edilmiştir.

Ayrıca izoterm sabitleri incelendiğinde, adsorpsiyon prosesinin her 2 adsorpsiyon modeline de uyduğu, ancak Langmuir izotermine daha iyi uyduğu görülmüştür. Sonuç olarak metal kompleks boyaların giderilmesi için zeolit, bentonit ve çam talaşı olarak kullanılabilir.

THE ADSORPTION OF METAL COMPLEX DYES ONTO BENTONITE, ZEOLITE AND PINE SAWDUST

SUMMARY

Keywords: bentonite, zeolite, pine sawdust, adsorption, metal complex dye, isotherm.

In this study, the adsorption of Metal Complex Yellow (Lansan Yellow CFB) and Metal Complex Brilliant Blue (Lansan Brilliant Blue CF-BA) on Bentonite, Zeolite and pine shavings were examined by changing the parameters that include particle size, pH, mixing rate, adsorbent mass, initial dye concentration and temperature. Thus the conditions of maximum dye adsorption were investigated with different parameters. Adsorption parameters for Langmuir and Freundlich isotherms were determined and discussed.

At the end of the study, it was found that it could be enough each three adsorbent, bentonite, zeolite and pine sawdust, which will adsorb metal complex dye. It was seen that adsorbent mass, pH, mixing rate and temperature are significant for adsorption. For three adsorbent, when temperature is increased, decrease amount of dye adsorbed was seen. When particle size was investigated for metal complex dyes, the particles which have 75-90 μm size has the highest adsorption capacity onto bentonite. When particle size was investigated for MK yellow dyes, the particles which have 53-75 μm size has the highest adsorption capacity onto zeolite. When particle size was investigated for MK brilliant blue dyes, the particles which have ≤ 53 μm size has the highest adsorption capacity onto zeolite. When particle size was investigated for MK yellow dyes, the particles which have 90-150 μm size has the highest adsorption capacity onto pine sawdust. When particle size was investigated for MK brilliant blue dyes, the particles which have 75-90 μm size has the highest adsorption capacity onto pine sawdust. By changing mixing rate, it was seen variation of adsorption rate metal complex dyes onto each three adsorbents. Generally, high and low mixing rate number increase amount of dye adsorbing. For three adsorbent, although adsorbent mass was constant, when initial dye concentration was increased, a linear increase in the amount of dye adsorbed was seen. This situation shows that capacity of adsorbent is high.

On the other hand, when the constants of isotherms were investigated, it was seen that adsorption process fits two adsorption models, but it fits Langmuir isotherm better.

To sum up, after suitable processes, it was observed that bentonite, zeolite and pine sawdust can be used to remove metal complex dyes as an adsorbent.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Tekstil atıksularının neden olduğu kirlilik bir çok ülke için yaygın bir problemdir. Tekstil endüstrilerinin boyalı atıksuları yüksek oranda renk ve organik madde içermektedir. Ne basit kimyasal, ne de biyolojik arıtma renk ve organik madde gidermede yeterli olmamaktadır. Tekstil atıksularından kirleticilerin hepsinin yeterli ölçüde giderilebilmesi, kimyasal koagülasyon, aktif karbon adsorpsiyonu ve aktif çamur prosesi gibi birden fazla prosesin bir kombinasyonunu gerektirmektedir [1]. Bununla birlikte adsorpsiyon, renk gidermede en etkili olan proseslerden biridir.

Nispeten pahalı olmasına rağmen, endüstriyel kirlilik kontrolünde aktif karbon hala en geniş ölçüde kullanılan adsorbandır. Turba odun, talaş, diatomit, yanmış kil ve bazı diğer düşük fiyatlı maddeler de potansiyel endüstriyel adsorbanlar olarak araştırılmıştır [2-3]. Bu adsorbanlar düşük fiyatlarından dolayı ekonomik avantaja sahip olmakla birlikte, aktif karbon kadar etkili değildirler.

Adsorpsiyon; sıvı ve katı fazlar arasındaki bir arayüzeyde bir maddenin toplanmasının fiziksel ve kimyasal prosesidir. Su tasfiyesinde aktive edilmiş karbon (PAC ve GAC), aktive edilmiş alumina, kil kolloidleri, hidroksitler, adsorban reçineler kullanılırken, bu çalışmada bentonit, zeolit ve çam talaşı ile atıksulardaki boyar maddelerin ne ölçüde adsorplandığı incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, metal kompleks boyalarının giderilmesinde adsorban olarak Bentonit, Zeolit ve talaşın kullanılabilirliğini araştırmaktır. Metal-Kompleks Boyarmaddeleri: Belirli gruplara sahip bazı azo boyarmaddeleri ile metal iyonlarının kompleks teşkili ile oluşturdukları boyarmaddelerdir. Kompleks oluşumunda azo grubu rol oynar. Metal katyonu olarak Co, Cr, Cu ve Ni iyonları kullanılır. 1:1 ve 1:2 lik metal-kompleks boyarmaddeler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Krom kompleksleri daha çok yün, poliamid, bakır kompleksleri ise pamuk ve deri boyacılığında

kullanılır. Işık ve yıkama haslıkları yüksektir. Bu çalışmada kullanılan Clariant şirketinin Lanasan ticari adını taşıyan metal kompleks boyaları 1:2 oranında Cr iyonu içeren boyarmaddelerdir. Atıksulardaki metal kompleks boyalarının giderilmesi için Sakarya Toprak İlaç Fabrikası'nın vasıtasıyla Pendik Tümaylar Ticaret'tin stoklarından temin edilen bentonit, Zeolit ve çam talaşı adsorpsiyon üzerindeki etkisi karıştırma devir sayısı, adsorban tanecik boyutu, adsorban kütlesi, başlangıç boya konsantrasyonu, pH, sıcaklık gibi parametreler değiştirilerek incelenmiş ve izoterm çalışmaları yapılarak Langmuir ve Freundlich izotermi için adsorpsiyon parametreleri tespit edilmiştir.



BÖLÜM 2. BENTONİT

Başlangıçta Wyoming'de (USA) Ford - Benton yakınlarında bulunmuştur. Kolloidalözellik gösteren, plastisitesi yüksek olan bir kil çeşididir. Amerika'da Bentonit adıyla tanınmıştır. Daha sonra Fransa'nın Montmorillon bölgesinde de aynı kil bulunduğundan bu kil mineraline Montmorillonit adı verilmiştir. Bentonitle birlikte kuvars, mika, feldspat, pirit ve diğer bazı mineraller bulunur[4].

2.1. Bentonitin Yapısı

Bentonit volkanik külün yerinde ayrışmasıyla oluşan ve büyük ölçüde montmorillonit kil mineralinden ibaret, çokça su emip şişen, ticari, olarak sondaj çamurunda, katalist, boya, plastik dolgu vb. konularda kullanılan toprağımsı bir madendir. Volkanik kil veya tuf gibi camsı volkanik gerecin kimyasal ayrışmasıyla ve başlıca montmorillonit (smektit) grubu minerallerden oluşan bentonit kısmen kolloidal silisten ibaret, yumuşak, şekillenebilir, açık renkli bir kil taşıdır. Ca, Na ve Na-Ca montmorillonitlerden oluşmasına göre bentonitin reolojik özellikleri değişmektedir. Örneğin Na ve Na-Ca bentonitler sondaj, demir tozu peletleme gibi işlerde kullanılırken Ca bentonitler ağartma vb. işlerde kullanılmaktadır. Mühendislik ve sondaj çalışmalarında reolojik özellikleri geliştirilmiş bentonite olan gereksinme Ca bentonitlerini soda vb. katkı maddeleriyle aktiflendirilmesini zorunlu kılmıştır. Ayrıca ağartma toprağı olarak kullanılan Ca bentonitlerin de ağartma gücünü istenen düzeye çıkarmak için asitle aktiflendirme yapılmaktadır[5].

Bentonit, sanayi, tarım, madencilik ve mühendislik jeolojisinde kullanılan çok yönlü bir kildir. Düşük maliyeti ve ülkemizde bolca bulunuşu, bu kile olan talep artışı, bentoniti ilginç kılmaktadır[5].

Ülkemizde de Ca bentonit çok daha yaygın bulunduğundan bu tür aktiflendirme işlerinin geliştirilmesi kaçınılmazdır. Bu bağlamda halen asitle aktiflendirme ve

CMC vb. katkı maddeleriyle aktiflendirme yapılmaktaysa da henüz yeterli düzeyde değildir.. Bentonitlerin kullanım alanlarında işlev etkinliğinin artırılması yanında yeni ve kaliteli yatakların aranıp bulunması ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır[5].

2.2. Bentonitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kimyasal özelliklerine göre başlıca iki gruba ayrılır:

- Sodyum Bentoniti: Genelde ağırlıklı olarak sondaj bentoniti ve döküm bentoniti şeklinde işlenir ve kullanılır.
- Kalsiyum Bentoniti :Özellikle ağartma toprağı olarak işlenir ve kullanılır[5].

Kil mineralinin bir çeşidi olan bentonitin genel kimyasal formülü; $(Na,Ca) (Al,Mg) 6(Si_4O_{10}) 3(OH) 6.n H_2O$ 'dur[4]. Tablo 2.1'de mineralin yüzde bileşimi verilmiştir[6].

Tablo 2.1. Bentonit cevherinin kimyasal bileşimi (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	H ₂ O
55-63	16-23	3 max.	2 min.	2 max	2 max.	1,25 max.	18.0	8 max.

2.3. Türkiye'deki Bentonitin Cevherleri

Tablo 2.2. Türkiye'nin bentonit üretimi yıllara göre aşağıda verilmiştir[7]. (ton)

1993	1994	1995	1996	1997	1998
456 597	516 187	602 499	517 971	519 487	607 156

Ülkemizde Bentonit cevheri üretimi 200 000 ton civarındadır. Yukarıdaki rakamların hem inşaat sektöründe kullanılan bazı bentonitlerin, hem de tüvenan üretim rakamlarının dahildir.

2.4. Dünyadaki Bentonit Cevherleri

Dünyanın en önemli bentonit rezervleri Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Yunanistan, Almanya, Japonya, İtalya, İspanya ve İngiltere'de bulunmaktadır.

Dünya bentonit kaynakları Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3. Dünya bentonit kaynakları (miktar: milyon short ton) [7]

AMERİKA	950
K. Amerika	900
ABD	800
Diğer	100
G. Amerika	50
AVRUPA	720
SSCB	250
Türkiye	370
Diğer	100
AFRİKA	bilgi yok
ASYA	bilgi yok
AVUSTRALYA	50
DİĞER	150
TOPLAM	1870

2.5. Bentonit Cevherinin Kullanıldığı Yerler

Kalsiyum bentoniti su ile temasta kendi hacminin 2 - 3 katı kadar şişer ancak bu oran Sodyum bentonitinde 8 - 10 kata kadar ulaşabilmektedir. Rengi beyaz, gri, sarı, pembe, yeşil, olabilir. Yoğunluğu 2,6 gr/cm³ dür. İyonlaşma kapasitesi yüksektir. Bir kil çeşidi olan bentonit bir çok sanayi dalında kullanılmaktadır[4].

Başlıca kullanıldığı alanlar şunlardır :

1. Döküm kumu ve paletleme,
2. Sondajlarda,
3. Gıda Sanayi
 - a) Berraklaştırma işleminde (Şarap, Meyva suyu, Bira)
 - b) Ağartma işleminde (Yağ sektöründe),
4. İlaç Sanayi
5. Seramik Sanayi,
6. Kağıt Sanayi,

7. Lastik Sanayi,
8. Gübre Sanayi,
9. Yangın Sndrclerde,
10. Boya Sanayi,
11. Katalizör olarak.



BÖLÜM 3. ZEOLİT

3.1. Zeolitin Yapısı

Son yılların önemli hammaddelerinden olan zeolitler kimyasal olarak “sulu alümino silikatlar” olarak bilinmektedirler. Ülkemizde 1980’li yıllardan itibaren artan ilgi ile değişik sektörlerde kullanılmaya başlanılmıştır[8].

3.2. Zeolitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Zeolitler klinoptilolit, şabazit, mordenit ve analsim şeklinde sınıflara ayrılır.

Klinoptilolit en çok bilinen değil ama en yararlı olan doğal zeolittir. Yapısı $(Na,K,Ca)_2-3Al_3(Al,Si)_2Si_{13}O_{36} \cdot 12H_2O$ Klinoptilolit, kimyasal elek, gas absorplayıcı, yem katkı maddesi, koku kontrol malzemesi ve su filtresi olarak içme ve akvaryum sularında kullanılmaktadır. Klinoptilolit, büyük gözenek hacmi, uçtaki sıcaklıklara dayanıklılığı, kimyasal olarak nötral anayapısı nedeni ile yukardaki uygulama alanlarına uymaktadır. Klinoptilolit uzun yıllardan beri yem katkısı olarak, büyükbaş, domuz, at ve kümes hayvanlarında kullanılmaktadır. Yem içindeki mikroplar, küller ve mikroskopik parazitler tarafından üretilen toksinleri adsorplayarak yemlerin daha verimli olmasını sağlar.

Şabazit, akadalit olarak da az bilinen zeolitlerdendir. Yapısı $CaAl_2Si_4O_{12} \cdot 6H_2O$ şeklindedir. Volkanik kayalardan donmuş kabarcıklardan oluşmaktadır. Oluşum sırasında bir miktar metamorfizm de geçirmektedir. Şabazit sıcak pınarlarda çökme şeklinde de oluşmaktadır. Ancak oluşan kristaller iyi değildir. Böyle örnekler Hindistan’da vardır. Diğer zeolitlerle ve minerallerle birlikte.

Mordenit en nadir bulunan türdür. Ama çok geniş bölgelere dağılmış bir zeolit türüdür. Yapısı $(Ca,Na_2,K_2)Al_2Si_{10}O_{24} \cdot 7H_2O$ şeklindedir. Zeolitler mineraller içinde

popüler bir gruptur. Koleksiyoncular için çok çeşitli renklerde, kristal yapıda ve güzellikte olanları vardır. Ancak çok nadir olanları vardır ve sahip olanlar çok memnun olurlar. Mordenit bunlardandır.

Analsim çok bilinen ve enteresan bir mineraldir. Bazan analsit diye de bilinir. Yapısal formülü $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ şeklindedir. Tercih edilen ismi analsim'dir. Kendine has özel karakteristik kristal formu olan birkaç mineralden biridir. Sadece özel olmasından değil güzeldir de. Isometrik, trapezohedron şeklindedir. Trapezohedron 24 adet deltoid şeklinde yüzeyleri olan, ve tek oktahedron yüzeylerinin üçte biri diğer oktahedron yüzeyi tarafından örtülmüş yapıdadır[8,9].

3.3. Türkiye'deki Zeolit Cevherleri

Ülkemiz doğal zeolitler açısından ideal jeolojik ortamlara sahip olmasına rağmen, ülkemizde ilk defa 1971 yılında Gölpaazarı-Göynük civarında analsim oluşumları saptanmıştır. Daha sonra Ankara'nın batısında analsim ve klinoptilolit yatakları bulunmuştur. Volkano tortul oluşumlarının gözlenebildiği ülkemizde daha çok klinoptilolit ve analsim türleri yoğunlukta olup diğer türlere çok az rastlanılmıştır. Türkiye'de detaylı etüdü yapılmış tek zeolit sahası Manisa-Gördes civarındaki MTA ruhsatlı sahadır. Sahada 18 milyon ton görünür zeolit rezervi ve 20 milyon ton zeolitik tüf rezervi tespit edilmiştir. Balıkesir-Bigadiç bölgesinde ise, Türkiye'nin en önemli zeolit yataklanmaları tespit edilmiş olup kolaylıkla işletilebilir nitelikte yaklaşık 500 milyon ton rezerv 1995 yılında tahmin edilmektedir. Diğer bölgelerde detaylı bir çalışma yapılmamış olup, ülkemiz genelinde toplam rezervin 50 milyar ton civarında bulunduğu tahmin edilmektedir[10]. Ülkemizde kesin doğal zeolit rezerv tespit çalışması bulunmamaktadır. Bunun başlıca nedeni, henüz bilinen zeolit oluşumlarının birçoğunda volkanikler içerisindeki zeolitik zonların sınırlarının belirlenmemiş olmasıdır. Ancak, Gördes, Bigadiç, Emet, Kırka ve Karamürsel gibi bazı bölgeler için gerek zeolitli zonlar gerekse kayalar içerisindeki zeolit oranları ile ilgili yapılan ayrıntılı çalışmalar milyarlarca ton zeolitli tüf rezervini ortaya koymuştur. Özellikle Gördes ve Bigadiç'de kayalar içerisindeki zeolit oranı ortalama % 80 civarındadır [11,12].

3.4. Dünyadaki Zeolit Cevherleri

Dünya zeolit rezervlerini tam olarak tespit edilmiş rakamlarla vermek mümkün değildir. Dünyada zeolit oluşumları 1950'lerden sonra saptanmaya başlanmış ve hemen hemen tüm kıtalarda yaygın olduğu görülmüştür. Yeryüzünde sedimanter kayalarda en fazla klinoptilolit oluşumları mevcut olmakla birlikte, en az onun kadar ticari değeri olan mordenit, filipsit, şabazit, erionit ve analsim minerallerine de oldukça sık rastlanmaktadır.

Önemli zeolit üreticisi olan ülkeler; Küba, Eski SSCB, ABD, Japonya, İtalya, Güney Afrika, Macaristan ve Bulgaristan'dır.

3.5. Zeolit Cevherinin Kullanıldığı Yerler

Doğal zeolitlerin başlıca kullanım alanları aşağıda verilmektedir.

- Endüstri tipi adsorbanlar
- Pozolanik çimento ve yapı malzemeleri
- Toksik atıkların tutulması
- Büyük ve küçük baş hayvan ağıllarının temiz ve sağlıklı tutulması (koku ve nem kontrolü)
- Golf, futbol vb. çim sahalarının oluşturulması, bakımı ve üstün kaliteli olmasının sağlanması
- Park vb. alanların ıslahı ve kalitesinin artırılması
- Kültür balıkçılığı ve havuzlarının işletilmesi
- Atık ve kullanım suyu arıtımı
- Ağır metallerin toprak ve sudan uzaklaştırılması
- Hava ve su filtrasyonu
- Radyo aktif iyonların atıklardan temizlenmesi
- Seçici gaz adsorpsiyonu ile doğal gaz ve metanın SO₂ gibi istenmeyen gazlardan temizlenmesi ve zenginleştirilmesi
- Havadan azot tutularak, havuzların havalandırılmasında oksijence zengin hava elde edilmesi
- Koku kontrolü ve giderilmesi
- Hayvan yemi katkısı

Yukarıda verilen ana başlıklar altında da kullanım alanları belirtmek mümkün olabilmektedir. Görüldüğü gibi; doğal zeolitlerin onlarca kullanım alanı bulunmaktadır[8].



BÖLÜM 4. ÇAM TALAŞI

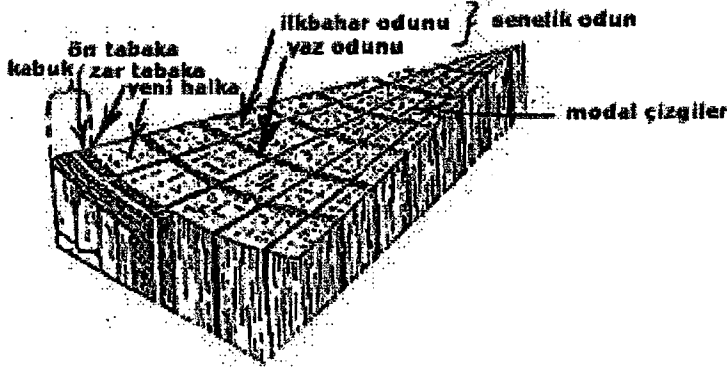
4.1. Çam Talaşının Yapısı

Çam büyümeye yeni Şekil 4.1.'de işaret edilen yeni halka kısmından, her hücrenin üstüne yeni bir hücre yerleşerek devam eder. Her kalın katmandan sonra ince katman gelir. Kalın katmanlar ilkbahar ayları gibi suyun bol olduğu aylarda meydana gelirler. Katmanların oluşumu için gerekli olan amino asit ve şekerler, hemen kabuğun alt tarafında bulunan zar tabakadaki reçine vasıtası ile köklerden sağlanmaktadır.

Çam ağacının iç tarafındaki kalın spirallerin aynı zamanda köklerden gelen suyu yukarı doğru taşıma görevleri de vardır. Ağacın bu kısımları 3-11 mm kalınlıktadır ve yanal çeperlerinde ince porlar vardır. Bu porların işlevi su taşımını ağacın her tarafına yaymaktır.

Ağacın gövdesinin merkezinden dışa doğru genişleyerek ilerleyen modal çizgilerinde bulunan xylem, odunsu kısım gibi zar tabaka tarafından üretilir ve farklı senelerde üretilen xylem ile aktarımları gerçekleştirir.

Çam ağacının kimyasal bileşimi % 42 selüloz, % 25 hemiselüloz, % 30 lignin ve % 3 pektin, nişasta, kül ve muhtelif maddeler şeklindedir. Selüloz mikrofibriller şeklinde glukoz molekülünün polimerleri olarak birleşip, daha büyük temel marka yapı fibrillerini oluşturur. Bir selüloz molekülünde, 10 000 adet glukoz molekülü vardır. Selüloz, daha çok hücrenin duvarlarında kullanılır. Hemiselüloz molekülü ise, 150 – 200 glukoz molekülünün polimerizasyonu ile oluşur ve selüloz yapıları arasındaki boşlukları doldurur. Lignin, benzen halkasına metoksi, propil ve hidroksi gruplar bağlanmış fenolik yapılardır ve selülozdan kesin olarak ayrılırlar[13].



Şekil 4.1. Çam ağacının kesit görüntüsü

4.2. Türkiye'deki Çam Ağacı

Ülkemizdeki toplam ağaç sayısının % 41.78'i çam ağacıdır. Ülkemizdeki çam ağaçlarının sayısal değeri 2001 yılı rakamlarına göre 8 674 353 tanedir. Bu ağaçların odun verim gücü ise 7 313 656 m³tür[14].

4.3. Çam Talaşının Adsorban Olarak Kullanımı

Çam odunlarının kereste ve kütük haline getirilmesi sırasında atık yan madde meydana gelen çam talaşları, 150 – 200 °C dolaylarında kavrularak aktive edilir. Bu işlem sırasında, selüloz molekülleri arasındaki porlar meydana getirilir. Böylelikle yüzey alanında hatırı sayılır bir artış olur. Bu haliyle çam talaşı endüstriyel olarak yaygın olarak kullanılan fakat nisbeten pahalı olan aktif karbona alternatif bir adsorbandır [2,3,15].

BÖLÜM 5. BOYAR MADDELER

5.1. Boya ve Boyar Madde

Cisimlere renk vermek veya onları dış etkilere korumak için kullanılan renkli maddelere Boya denir [16]. Cisimlerin renklendirilmesi boyamak kelimesiyle ifade edilir. Cisimlerin yüzeyinin ya dış tesirlerden korunması ya da güzel bir görünüm sağlanması için renkli hale getirilmesinde kullanılan maddelere Boya denir (Alm. Farbenkörper, İng. Pigment, paint, Fr. Colorant). Konuşma dilinde çoğu kez boya ve boyarmadde kelimelerini birbirine yerine kullanırız. Bu iki sözcük eş anlamlı değildir. Boyalar; bir bağlayıcı ile karışmış fakat çözünmemiş karışımlardır. Boya; bir yüzeye kuruyan yağ ile birlikte fırça veya boyama tabancaları ile uygulanır. Boyanan yüzey, yağın kuruması ile oldukça kalın yeni bir tabaka ile kaplanır. Bu işlem gerçekte bir boyama değil bir örtmedir. Boyalar genellikle anorganik yapıdadır. Ancak, organik yapıda da olabilirler. Uygulandıkları yüzeyde hiçbir değişiklik yapmazlar. Kazımakla yüzeyden büyük parçalar halinde uzaklaştırılabilirler[42].

Eski çağlarda, hayvan ve bitkilerde bulunan boyalar kullanılarak boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. En eski boya olan çivit mavisi Hindistan ve Java'da bulunan çivit fidanından ve Avrupa'da çivit otundan elde edilmiştir. Kökboyası ise Anadolu'da bitki köklerinden, Sumak ağacından, arı ve böceklerden kırmızı renk elde edilmiştir. Bu tür tabii boyalar kumaşlara anorganik maddeler yardımıyla tatbik edilmiştir [17].

Boya sanayiinin ilk zamanlarında özellikle pamuk, keten, yün ve ipek gibi tabii elyafların boyanması mesele olmuştur. Ancak, sentetik elyafların önemli ölçüde gelişmesi boyama teknolojisini oldukça karmaşık hale getirmiştir. Bazı yeni elyaflar için yeni boyaların geliştirilmesi gerekli olmuştur [17].

Bazı ortamlarda çözünerek, bu ortamlardaki gereçlere belli bir renk veren doğal yada yapay renkli maddelere "boyar madde" denir [18].

Aynı zamanda bir madde, diğerk bir renksiz maddeyi “boyamak” niteliğine sahipse, yani bu iki maddenin birbirinden ayrılmasına imkan bırakmayacak şekilde sürekli bir renklendirme sağlarsa, boyar madde adını alır. Bu tanım, anorganik pigmentlere boya, hayvani veya nebati elyafın boyanmasını sağlayan ürünlere de boyar madde adının verilmesini gerektirir. Fakat konuşma dilinde boya ve boyar madde terimleri çok defa birbirinin yerine kullanılır. Elyaf üzerinde çözünmez pigmentlerin meydana gelmesi bu elyaf üzerinde “boya” oluşmasını gösterir. Buna karşılık, kırmız böceğı kırmızısı, indigo, sentetik boyar maddeler, boyar madde niteliğine sahiptir. İlk boyar maddeler nebati (kök boya, indigo, rezeda çiçeğı, bakam ağacı) veya hayvani (kırmız böceğı) idi. Günümüzde kullanılan boyar maddelerin aşağı yukarı tümü, maden kömürü katranında bulunan hidrokarbon türevleridir; aslında tabii boyar maddelerin büyük bir kısmı sentetik olarak elde edilebilmiştir ve sentetik boyar maddeler grubunda yer alır [16].

Bir maddenin tekstil endüstrisinde renklendirici olarak kullanılabilmesi için aşağıda belirtilen 4 özelliğe sahip olması gerekir:

- Boyama işlemi sırasında elyaf üzerinde renkli bir madde olarak kalabilmeli.
- Boyanma işleminin gerçekleştirilebilmesi için suda çözünürlüğü olmalı.
- Elyaf ile boyar madde arasında affinite (substantivite) olmalıdır. Boyanma işlemi sonunda elyaf ile boyar madde molekülleri birbirine bağlanmalıdır.
- Boyanmış materyal üzerindeki boyar madde her etkiye karşı dirençli olabilmeli, yani bir renk haslığına sahip olmalıdır [19].

5.2. Renk ve Işık

5.2.1 Renk Nedir?

Acı, tatlı, ekşi, soğuk gibi subjektif kavramlardan biri olan renk, bir cismin veya ışık kaynağının gözümüzde sebep olduğu etki olarak tanımlanabilir. Ancak bu tanım oldukça sınırlıdır ve bazı fiziksel ve psikolojik olaylara bağlıdır. Örneğin; beyaz bir cismin rengi aydınlıkta da gece mum ışığında da beyaz görülür. Fakat gerçekte fiziksel ölçümlerle kıyaslandığında mum ışığındaki cismin rengi beyaz değil, mum

alevinin sarımsı rengini taşır. Bu bakımdan renk kavramı bu değişik anlamlar altında incelenecektir.

5.2.1.1 Psikolojik renk

Beynimizde uyandırılan bir duygudur. Gözleri ve beyinleri normal iki insan aynı cins ışık tarafından uyandırılan duygularını aynı sözcükle ifade eder. Örneğin; bir cismin rengini mavi sözcüğü ile belirtirler. Ancak bu insanların mavi sözcüğü ile tanımladıkları duygular acaba birbirlerinin aynı mıdır? Duyguların eşitliği hakkında bilimsel kesin bir açıklama yapılamaz.

5.2.1.2 Fizyolojik renk

Farklı ışık türlerinin (güneş ışığı, elektrik lambası vs.) gözümüzün retinasında ve görme sinirlerinde oluşturduğu fizyolojik olaylar topluluğudur. Bu olaylar beyinde psikolojik renk duygusunu uyandırır. Örneğin; odada bulunan bir cismin rengine bakıldığında gerçekte güneş ışığında veya floresans bir lamba altında biraz değişik görünür. Bir cismin güneş ışığındaki rengine subjektif olarak onun değişmez bir özelliği gözüyle bakılır. Beyin, mümkünse ve icab ediyorsa gerekli düzeltmeyi yapar. Renk duyumu açısından insan gözü, mükemmel bir optik alettir. Buna karşın görünür dalga bandının her bölgesinde aynı hassasiyete sahip değildir. Hassasiyet morötesi ve kırmızı ötesinde sıfır, sarımsı yeşile tekabül eden 5560 °A de maksimumdur. Ayrıca gözümüz bazen renk duyularında bizi yanıltabilmektedir. Örneğin, kırmızı elmaya mavi ışıkta bakıldığında hemen hemen siyah görürüz.

5.2.1.3 Fiziksel renk

Belli bir ışığın fiziksel boyutlarının ölçü ve rakamlarla kesin olarak tanımlanmasına denir. Söz konusu olan ışık spektroskopik yöntemlerle ölçülerek incelenir.

Renk sözcüğünün açıklanan üç anlamı arasındaki ilişki basit değildir. Uyandırdığı psikolojik etki (renk) aynı olan iki ışığın fiziksel ölçümleri birbirinden farklı olabilir. Yani, psikolojik renk, fiziksel renk hakkında bir fikir veremez. Bunun sonucu olarak

verilerin objektifliğini sağlamak amacıyla bilimsel alanda yalnız fiziksel renk göz önüne alınır.

Renk fiziksel, fizyolojik veya psikolojik bakımdan ele alınsa dahi bir cismin rengi, ortamdaki bir ışığın sonucu olarak ortaya çıkar. Karanlıkta her cisim siyahtır, herhangi bir renk sözkonusu olamaz. Bunun yanında kırmızı bir elmaya mavi ışık altında bakarsak hemen hemen siyah görürüz. Gün ışığında yeşil olarak görülen yaprak, kırmızı veya turuncu renk altında siyaha yakın bir renkte görülür. Böyle bir gözlemden; renk, cismin kendisini aydınlatan ışığa bağlı olan bir özelliktir ve ışığın bir fonksiyonudur, sonucu çıkarılabilir.

Renkli bileşiklerin tarih öncesi devirlerden beri kullanılır olmasına rağmen, renkliliğin, buna bağlı olarak ışığınsistematik ve bilimsel olarak incelenmesi Sir Isaac Newton'un güneş ışığının karmaşık bir yapıda olduğunu farketmesi ile başlar. Newton güneş ışığını karanlık bir odaya küçük bir delikten ve küçük bir cam prizma içinden geçirerek renklerine ayırmış(mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu, kırmızı) ve spektrumu elde etmiştir. Ayırma işlemi dah önce de yapılmıştı. Ancak, Newton prizmadan yayılan bu renkli ışıkları bir mercekle toplayarak yeniden güneş ışığını (beyaz ışık) elde etmiştir. Böylece tüm spektrum renklerinin beyaz ışığın içinde olduğunu göstermiştir.

5.2.2 Rengin Anlamı

Çevremizdeki elektromagnetik dalgalar 10^{-15} m dalga boyundaki kozmik ışıklardan 10^4 m dalga boylu radyo dalgalarına kadar değişik boyutlarda bulunur.

Işık denilen gözümüzle algıladığımız elektromagnetik dalga bölgesi çok dar bir alandır. Gözümüzün duyarlı olduğu bölge 400-750nm'lik dalga boyuna sahiptir. Bunların dışındaki 800nm ile 10^3 nm arasındaki bölgeye ise morötesi denir. Güneşten gelen ışınlar, görünen ışınlar yanında morötesi ışınları da kapsar.

Gözümüzün duyarlılığı, spektrumdaki sarımsı yeşil renge tekabül eden 556nm dalga boylu ışıklara karşı en yüksek değerdedir. Buna karşılık morötesi ve kızılardı ışıklarda duyarlık sıfırdır. Gözümüzün etrafımızdaki değişik cisimleri farklı

renklerde görmesinin sebebine gelince, cisimlerin üzerine düşen beyaz ışığın belli bir kısmını absorplayıp diğerini yansıtmasıdır. Beyaz ışıktan absorplandıktan sonra yansıyarak göze gelen ışığın dalga boyu cismin rengini belirler. Eğer, bir cisim üzerine düşen ışığın tamamını yansıtıyorsa göze beyaz olarak görünür. Buna karşılık cisim, gelen ışığın tamamını absorplayıp hiç yansıma yapmıyorsa siyah renklidir. Cisim, üzerine düşen beyaz ışıktan, belli dalga boyundaki bazı ışık veya ışıkları absorpluyorsa, beyaz ışıktan geri kalanları yansır ve bu yansıyan ışıkların dalga boyuna bağlı olan bir renkte görülür. Spektrumda belli dalga boyuna sahip öyle renkler vardır ki bu dalga boyundaki ışıkları birbiri ile karıştırdığımızda beyaz ışık elde edilir. Bu renklere komplementer (tamamlatıcı) renk adı verilir. Örneğin mavi ışık ile sarı ışık komplementerdir. Beyaz ışıktan sarı absorplanırsa mavi görünür. Cismin beyaz ışıktan absorpladığı ışığın dalga boyu ile cismin görünen rengi aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.1. Cismin beyaz ışıktan absorpladığı ışığın dalga boyu ile cismin görünen rengi

Absorpladığı ışığın Dalga boyu (nm)	Absorplanan renk	Cismin rengi
400-435nm	Mor	Yeşilimsi sarı
435-480nm	Mavi	Sarı
480-490nm	Yeşilimsi mavi	Turuncu
490-500nm	Mavimsi yeşil	Kırmızı
500-560nm	Yeşil	Magenta
560-580nm	Sarımsı yeşil	Mor
580-595nm	Sarı	Mavi
595-605nm	Turuncu	Yeşilimsi mavi
605-750nm	kırmızı	Mavimsi yeşil ve yeşil

5.2.3 Renk Teorileri

1857 yılına kadar Tekstil Endüstrisinde doğal boyarmaddeler kullanılıyordu. Bu tarihte Perkin tarafından mauveine boyarmaddesi sentetik olarak elde edildi. Bu sentezle birlikte boyarmaddelerin konstitüsyonları hakkında araştırmalar yapılmaya başlandı. Aynı yıllarda fizik bilginleri de ışığın yapısı, absorpsiyon, yansıma gibi özellikleri ile ilgileniyorlardı. Her iki alandaki araştırmalar bugün de devam etmekte ve araştırmaların temelini renk ve konstitüsyon arasındaki ilişki oluşturmaktadır.

Renk ve yapı arasındaki ilişkilerde ileri sürülen birçok teori, önceleri birbirine zıt fikirlerde meydana gelmekteydi. Ancak, günümüzde organik kimyanın teorik gelişimi yanında, fiziksel yöntemlerin organik bileşiklere uygulanması ve kuantum mekaniği yardımıyla bu konu açıklanabilecek duruma gelmiştir.

1868 yılında Graebe ve Liebermann organik bileşiklerin renkli olmasının doymamış karakterde olmaları ile ilişkili olduğunu farketmişler. Yapılan denemelerde, renkli organik bileşiklere hidrojen katıldığında renk kayboluyor, aynı bileşiklerden hidrojen çıkarıldığında renk tekrar ortaya çıkıyordu. Bu denemenin sonucu olarak ileri sürülen, rengin moleküldeki doymamışlıktan kaynaklandığı tezi renkliliğin temel şartları arasında sayılmaktadır.

Bunu izleyen çalışmaların biri de, 1876'da Witt tarafından ortaya atılan kromofor gruplar teorisidir. Witt'e göre bir bileşiğin renkliliği, molekülünde doymamış karakterde $—N=O$ nitrozo veya nitro, $>C=O$ karbonil, $—N=N—$ azo gibi gruplar ile zayıf asidik veya bazik karakterde $—NH_2$ amino, $—OH$ hidroksil gibi grupların bulunması ve bunların karşılıklı etkileşiminden ileri gelmekteydi.

Doymamış karakterdeki gruplara, renk verici anlamına gelen "kromofor", diğerine ise renk arttırıcı anlamına gelen "oksokrom", bu grupları taşıyan bileşiklere de "kromojen" adını vermiştir.

5.3. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması

Boyar maddeler ya kimyasal yapılarına veya boyama özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Bu iki sınıflandırma şekli arasında çok az ilişki vardır. Misal olarak kimyasal yapı bakımından büyük bir grubu meydana getiren azo boyar maddeleri, boyama özelliklerine göre yapılan sınıflamada her grupta yer alır [20].

Tablo 5.2. Kromofor ve oksokrom grupların karakteristik yapısı

Kromofor gruplar		Oksokrom gruplar	
$\text{—}\overline{\text{N}}=\overline{\text{N}}\text{—}$	Azo	—NH_2	Amino
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$	Karbonil	—NHR —NR_2	Sübtitüeamino
$\begin{array}{c} \diagup \quad \overline{\text{O}} \\ \text{—N} \\ \diagdown \quad \\ \quad \quad \overline{\text{O}} \end{array}$	Nitro	—OH	Hidroksil
$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$	Etilen	—SH	Tiyoalkol
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{NH} \\ \diagdown \end{array}$	Karbamina	—OCH_3	Metoksi
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{S} \\ \diagdown \end{array}$	Tiyokarbonil	$\text{—SO}_3\text{H}$	Sülfonik asit
$\text{—N}=\text{O}$	Nitrozo	$\text{—O—C}_6\text{H}_5$	Fenolik

5.2.1. Boyama özelliklerine göre sınıflama

5.2.1.1. Asit boyar maddeler

Asidik ortamda boyama yapan boyar maddeler asit boyar maddeleri olarak isimlendirilir [19].

Asit boyar maddeler protein elyafın boyanmasında kullanılan önemli bir boyar madde sınıfıdır. Kimyasal yapı bakımından direkt boyar maddelere benzeyenlerin bir çoğu selülozu da gayet iyi boyar. Poliamid elyaf da kimyasal yapı bakımından proteinlere benzediğinden asit boyar maddelere karşı ilgisi fazladır [21].

a) **Bazik boyar maddeler:** Çözelti içinde molekülünün renkli kısmı pozitif yüklü iyon haline geçtiği için bu maddelere katyonik boyar maddeler de denir [21].

Bazik boyar maddeler organik boyaların genellikle hidroklorürleri şeklinde bulunur. Baz halinde iken gıdaların, mumların, ayakkabı cilalarının renklendirilmesinde kullanılır [27].

Bazik boyar maddelerin en karakteristik özellikleri parlaklıkları ve renk şiddetleridir. Yün, ipek ve pamuk üzerinde ışığa ve yıkamaya karşı mukavemetleri çok düşüktür. Bugün reaktif boyar maddelerle pamuk üzerinde fevkalade parlak renkler elde edilebildiğinden, bazik boyar maddeler pamuk boyacılığında önemini kaybetmiştir. Ancak poliakrilonitril üzerinde ışığa mukavemetleri iyi olduğundan, orlon boyamasında geniş ölçüde kullanılır [22].

b) Direkt boyar maddeler: Direkt boyar maddeler, selülozik elyafa karşı mükemmel olan substantivitelere ötürü, substantif boyar maddeler olarak da bilinir [19]. Bunlar genellikle sülfonik asitlerin, bazen de karboksilli asitlerin sodyum tuzlarıdır. Yani renkli kısmı oluşturan iyon anyon şeklindedir. Pek çoğu yapı bakımından azo boyar maddeleri grubuna girer. Selülozik elyafa doğrudan doğruya bağlanabilir [22].

Direkt boyar maddeler, ucuzlukları, boyama işlemlerinin çok basit oluşu ve boyama esnasında elyafın yıpranmaması gibi üstünlükleri nedeniyle önemlerini korumaktadırlar. Genellikle, selülozik elyafın boyanmasında kullanılan bu boyar maddelerin bazıları kağıt, deri, yün, ipek, naylon ve bast elyafın boyanmasında da kullanılır [23].

c) Krom boyar maddeler: Asit mordan boyar maddeleri olarak da adlandırılan bu grup, yün ve poliamid elyaf boyanmasında kullanılır [17].

5.2.1.2. Metal-kompleks boyar maddeler

Metal-kompleks boyar maddeler, metallerle kompleks oluşturabilecek molekül yapısına sahiptir. Üretim sırasında genellikle krom katyonu kullanılarak kompleks bileşik haline getirilir. Boyar madde molekülüne metal katyonunun eklenmesi, molekülün büyümesine, suda çözünürlüğünün azalmasına ve bunun sonucu olarak da yıkama ve ışık hashıklarının yükselmesine sebep olur.

Metal kompleks boyar maddeler, doğal protein lifleri ile poliamid liflerinin boyanmasında kullanılır [19].

5.2.1.3. Azoik boyar maddeler

Yapılarında azo grubu olduğu için azoik boyar maddeler adı verilen bu sınıfa, naftol boyar maddeleri veya inkişaf (geliştirme) boyar maddeleri de denilmektedir [19].

Bu boyar madde karakterinde olmayan ve suda çözünen bir diazonyum tuzu ile bir beta-naftol türevinin elyaf üzerinde reaksiyona sokulmasıyla elde edilir. Bu bileşik suda çözünmez. Bu boyar maddeler başlıca; pamuk, kısmen de asetat ipeği, ipek, naylon ve polyester elyafın boyanmasına yarar. Yıkılmaya karşı dayanıklıdır. Renk parlaklığı ve solmazlığı vardır [17].

5.2.1.4. Reaktif boyar maddeler

Elyafı oluşturan polimer molekül ile tam bir kimyasal reaksiyon vererek kovalent bağ ile bağlanan boyar maddelerdir [19].

Bu boyar maddeler elyaf ile kimyasal reaksiyona girerek kovalent bağ meydana getirdiklerinden elde edilen boyamanın yıkılmaya karşı mukavemeti oldukça yüksektir [22].

Reaktif boyar maddeler selülozik elyafın boya ve baskısında kullanılan çok önemli bir boyar madde grubudur. Çok fazla olmamakla beraber yün, ipek, naylon ve deri boyamada da kullanılır. Reaktif boyar maddelerin molekülleri küçük olduğundan elyaf içine difüzyon hızları büyüktür. Bu da reaksiyonun hızla tamamlanmasına neden olur [22].

5.2.1.5. Küp boyar maddeler

Küpe boyar maddeleri moleküllerinde halkaya bağlı en az iki oksijen atomu ihtiva eden renkli bileşiklerdir [22].

Bu boyalar suda çözünmez ve boyamada direkt olarak kullanılamaz. Fakat sodyum hidroksit gibi indirgenlerin etkisiyle suda çözünebilen renksiz bileşiklere dönüşürler. Selüloz ise bu teşekkül eden bileşiklere karşı alaka duyar. Oksijenin etkisi ile yükseltgenme meydana gelir. Böylece suda çözünmeyen pigmentler hasıl olur ki; bu da boyanın elyafta kalmasına sebeptir [17, 24].

5.2.1.6. Kükürt boyar maddeler

Bu grubun üyeleri kükürt ihtiva eden karmaşık yapılı organik bileşiklerdir. Renkleri parlak değildir. Siyah kahverengi, zeytin yeşili haki ve lacivert gibi koyu renkleri iyi ve ucuzdur. Selülozik elyafın boyanmasına yarar [17].

Küp boyar maddeleri gibi suda çözünmez. Bu nedenle boyama işleminden önce çözünürleştirme işlemi yapılır. Çözünürleştirme küp boyar maddelerde olduğu gibi bazik ortamda bir indirgeme reaksiyonudur [19].

5.2.1.7. Dispers boyar maddeler

Dispers boyar maddeler amino ve hidroksil grupları ihtiva eden, düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Boyama esnasında, elyaf ile boyar maddedeki amino ve hidroksil grupları arasında H bağları meydana gelmekte ve dolayısı ile van der Waals kuvvetleri önemli rol oynamaktadır [22].

Polyester elyaf hidrofob özellik gösterdiğinden büyük molekülü boyar maddeler elyaf içine kolay nüfuz edemezler. Bundan dolayı polyesterin boyanmasında en çok kullanılan boyar maddeler dispers boyar maddelerdir [25].

5.2.2. Dispers boya ve boyar maddeleri

Bu sınıf boyar maddelerin isimleri, suda çözünmemeleri ve uygulamanın sudaki dispersiyonlarında yapılmasından kaynaklanmaktadır [19].

Bunlara ilkin asetat lifinin boyanması için çıkarıldığından Asetat Boyaları denmişse de bugün sentetiklere de uygulandığından bunun yerine artık Dispers Boyaları deyimi kullanılmaktadır [24].

Dispers boyar maddeler, sudaki dispersiyonlarını oluşturmak üzere bir yüzey aktif madde katılmış su içine konur. Dispers boyar maddelerin suda çözünmeme özelliği, onun boya banyosunu terk ederek, çok daha substantif olan lif içine girmesini sağlar. Boyama banyosunun ısıtılması, boyar madde moleküllerinin enerjisini artırır ve tekstil lifinin boyanmasını hızlandırır. Isıma lifi bir dereceye kadar şişirir ve boyar madde moleküllerinin lifin amorf bölgeleri içine nüfuz etmesine ve orada yerleşmesine yardımcı olur. Boyar madde molekülleri lifin polimer sistemine H bağları ve van der Waals kuvvetleri yardımıyla tutulurlar [19].

Poliester lifleri, fazla kristalin ve hidrofobtur. Bunları kaynatarak orta ve koyu renklere boyamak bu yüzden çok zordur. Bu renkleri elde etmek için poliester lifleri, ya taşıyıcı ekleyerek veya yüksek sıcaklıklara ısıtarak boyanır [19].

BÖLÜM 6. ADSORPSİYON

6.1. Adsorpsiyon ve Tarihçesi

Adsorpsiyon bir solidin ya da bir likidin sınır yüzeyindeki konsantrasyon değişmesi olayıdır ve maddenin sınır yüzeyinde moleküller arasındaki kuvvetlerin denkleşmemiş olmasından ileri gelir [26].

Yoğunlaşabilen gazların, bir katı yüzeyi tarafından tutulduğu uzun zamandan beri bilinmekteydi. 1777 de Fontana kalsine edilmiş odun kömürünün çeşitli gazları kendi hacminin birkaç katı kadar miktarı adsorpladığını ifade etmiştir. Aynı yıllarda Scheele odun kömürünün ısıtıldığında havayı açığa çıkardığını ve soğutulduğunda tekrar adsorpladığını deneysel olarak kaydetti [27].

1814 yılında Saussure de her katının bir adsorpsiyon gücü olduğunu bunun da katının açığı yüzey alanına bağlı olduğunu buldu. Adsorpsiyon terimi 1881 yılında Kaiser tarafından önerildi. Adsorpsiyon ve absorpsiyon farklıdır. Absorpsiyon katı madde içine gazların nüfuz etmesi olarak tanımlanmıştır. Daha geniş anlamda bu iki terim birleştirilmiş, sorpsiyon olarak 1909 yılında Mc Bain tarafından önerilmiştir [28].

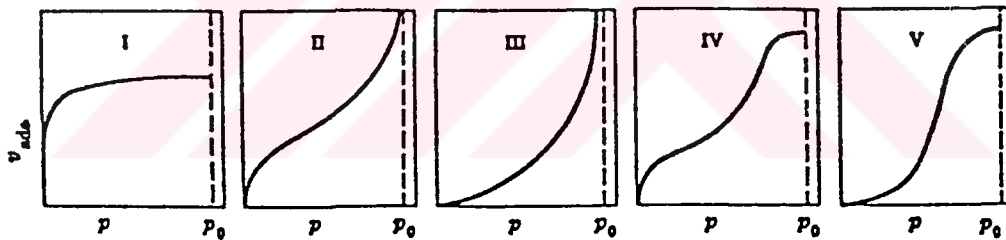
Adsorpsiyon dayandığı kuvvetlerin tabiatına bağlı olarak kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon olmak üzere ikiye ayrılır. Kimyasal adsorpsiyonda adsorplanan moleküllerle adsorbanın yüzey molekülleri ya da atomları arasındaki bir reaksiyondan ileri gelir. Tek yönlüdür. Fiziksel adsorpsiyon da; kuvvetler, gaz molekülleri arasındaki Van der Waals kuvvetleri cinsindedir. Fiziksel adsorpsiyon halinde bir denge vardır, olay çift yönlüdür. Bununla beraber bazı şartlar altında bu 2 tip adsorpsiyon aynı anda meydana gelebilir ve aralarında kesin bir sınır yoktur [26, 29].

Gözenekli bir katı madde ile temas ettirilen çözeltinin konsantrasyonu azaldığında adsorpsiyon meydana gelir. Buna karşın konsantrasyon arttığında desorpsiyon meydana gelir. Burada katı maddeye adsorban, katı madde tarafından tutulan maddeye adsorbat denir [28].

6.2. Adsorpsiyon İzotermi

Sabit sıcaklıkta adsorplanan madde miktarı ile denge basıncı ya da denge konsantrasyonu arasındaki bağıntıya adsorpsiyon izotermi denir. Literatürde on binlerce adsorpsiyon izotermi vardır. Bu izotermi Brouner, Emmet ve Teller 5 sınıfta toplamıştır [26].

Bu izotermi I tipine kimyasal adsorpsiyonda rastlanır, oysa fiziksel adsorpsiyon da her beş tipe de rastlanır [30].



Şekil 6.1. Adsorpsiyon izotermi (Glasston and Lewis, 1960)

6.2.1. Freundlich adsorpsiyon izotermi

Adsorplanan gazın miktarı, gazın basıncı ile artmaktadır ve bunun ifadesi eşitlik (1) ile verilir.

$$\frac{x}{m} = K.P^n \quad (1)$$

Burada x ; m gram adsorban tarafından adsorplanan adsorbat miktarı, P ; adsorplanan gazın kısmi basıncı, K ve n Freundlich sabitleridir. K ve n 'i bulmak için (1) denkleminin logaritması alınırsa (2) eşitliği elde edilir.

$$\log \frac{x}{m} = \log K + n \log P \quad (2)$$

$\log \frac{x}{m}$ ile $\log P$ arasında grafik çizilir ve bir doğru elde edilir. Doğrunun eğimi n 'e, ordinatı kestiği nokta ise $\log K$ 'ya eşittir. Freundlich adsorpsiyon izotermi, I. tip izotermi açıklar fakat adsorplanan maddenin bir limite erişmesi olayını açıklayamaz.

Freundlich izotermi, basınç yerine konsantrasyon alınarak çözeltilerden adsorpsiyona uygulanabilmektedir [29, 31].

6.2.2. Langmuir adsorpsiyon izotermi

Langmuir izotermi yüzey düzleminde göç etmeyen adsorbat ile adsorpsiyon enerjileri uniform olan sınırlı sayıda adsorpsiyon bölgesi içeren bir yüzey üzerine adsorpsiyonun tek tabakalı olduğunu varsayar [32]. Langmuir denklemi,

$$\frac{P}{x/m} = \frac{1}{KX_m} + \left(\frac{1}{X_m} \right) \cdot P \quad (3)$$

eşitliği ile verilir. Burada P ; dengede iken gazın basıncı, x/m ; m gram adsorban tarafından adsorplanan madde miktarı, X_m , adsorbe olan maddenin maksimum miktarı ile ilgili olan sabit, K ; adsorbe olan maddenin bağlanma enerjisi ile ilgili olan sabit.

K ve X_m sabitlerini bulmak için $\frac{P}{x/m}$ ile P arasında grafik çizilir ve bir doğru elde edilir. Doğrunun eğimi $\frac{1}{X_m}$ 'e, ordinatı kestiği nokta $\frac{1}{KX_m}$ 'e eşittir. Langmuir I. ve II. tip izotermi açıklar. Langmuir denklemi çözümlere uygulandığında olumlu sonuçlar vermektedir. Çözümlere uygulanması halinde Langmuir denklemi,

$$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{KX_m} + \left(\frac{1}{X_m} \right) \cdot C \quad (4)$$

şeklinde yazılır [31, 33].

6.2.3. BET adsorpsiyon izotermi

BET izotermi II. ve III. tip izotermi açıklar. Yüksek basınçlarda monomoleküler yerine multimoleküler tabakaların oluştuğu gözlenmiş ve bu durum BET denklemi ile açıklanmıştır. Bu izotermde her bir tabakada kondenzasyon enerjileri ve buharlaşma-yoğuşma sabitlerinin oranları sabit olduğu kabul edilerek, matematiksel-istatistik yöntemler yardımıyla BET denklemi elde edilmiştir ve

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m \cdot c} + \frac{(c-1) \cdot P}{V_m \cdot c \cdot P_0} \quad (5)$$

eşitliğiyle verilir. Burada V; P basıncında ve T sıcaklığında adsorplanmış gazın standart koşullara göre hesaplanmış hacmi, P_0 ; T sıcaklığında adsorplanmış gazın doymuş buhar basıncı, V_m ; yüzey bir unimoleküler tabaka tarafından kaplandığında adsorplanmış gaz hacminin standart koşullardaki değeri, c; verilen herhangi bir sıcaklıkta bir sabit olup yaklaşık olarak şöyledir.

$$c = \frac{e^{(E_1 - E_T)}}{RT} \quad (6)$$

Burada E_1 ; birinci tabakanın adsorpsiyon ısısı, E_T ; gazın sıvılaştırma ısısıdır.

P/P_0 ile $P/V(P_0 - P)$ arasında grafik çizilirse bir doğru elde edilir. Doğrunun eğimi $(c - 1)/V_m \cdot c$ 'ye, ordinatı kestiği nokta $1/V_m \cdot c$ 'ye eşittir. Bu iki eşitlikten V_m , V_m' 'den de spesifik yüzey alanı bulunur [29, 34].

6.3. Adsorbanların Çeşitleri ve Özellikleri

En önemli endüstriyel adsorbanlar silika jel, aktif alumina, zeolitler ve temel yapı taşı karbon olan tabii maddelerdir [28].

Ayrıca, materyal maliyetini düşürmek için alternatif adsorban olarak daha düşük maliyetli yer kömürü, odun, testere talaşı, yanmış kil, diatome toprağı üzerinde çalışılmıştır. En çok kullanılan dispers boya olan dispers kırmızı 60'ın PAC, moleküler elek, aktif alumina, GAC, diatomit ve testere talaşı ile adsorpsiyonu üzerinde çalışılmıştır. PAC ve aktif alumina da daha iyi olmak üzere, çeşitli adsorbanların KOİ uzaklaştırma etkisi değişmektedir. Boya atıksularında renk uzaklaştırılmasına gelince, PAC, aktif alumina ve moleküler elek eşit olarak etkili olmuşlardır [35].

Adsorbanlar değişik çaplarda tanecikler halinde bulunabilir. Adsorbanlar tanecik büyüklüğüne göre mikro gözenekli (2 nm den küçük), mezo gözenekli (2-50 nm) ve makro gözenekli (50 nm den büyük) olmak üzere 3 kısma ayrılır [28].

Adsorbanlar yüksek sıcaklıklarda yapısal bozunmalar sonucunda tersinir olmayan değişmelere uğrarlar. Bu durumda gözenek yapısı bozulur ve safsızlıklar bu yapıda birikir. Böylece adsorbanın adsorplama özelliği azalır, gözenekler safsızlıkla dolduğundan difüzyon azalır ve sonuçta rejenere edilemeyecek duruma gelir. Adsorbanların kimyasal dirence sahip olmaları gerekir [28].

BÖLÜM 7 MATERYAL ve METOD

7.1. Kullanılan Cihazlar

Deneyde boyar maddelerin absorpsiyon değerlerinin ölçülmesi amacıyla UV spektrofotometre (Shimadzu UV-150-02, Double-BEM) kullanılmıştır.

Adsorpsiyon deneyleri, Thermolyne manyetik ve İKA mekanik karıştırıcılar kullanılarak yapılmıştır.

7.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

7.2.1. Boyar maddeler

Yapılan deneylerde Lanasan Yellow CFB, Lanasan Brillant Blue CF-BA boya ları kullanılmıştır.

7.2.2. Adsorban

Çalışmalarda kullanılan Pendik Tümaylar Ticaret'tin stoklarından temin edilen Bentonit'in, Zeolit ve çam talaşı kullanılmıştır. Kırılıp, öğütüldükten sonra, ASTM standart elekleri kullanılarak e lenmiş ve 30-90, 90-150, 150-250, 315-500 ve 500-710 µm tane boyutlarında farklı fraksiyonlar elde edilmiştir. Bentonit cevherinin kimyasal bileşimi Tablo 7.1 de verilmiştir. Kullanılan Zeolit in yapısı ise, $(Na,K,Ca)_2-3Al_3(Al,Si)_2Si_{13}O_{36} \cdot 12H_2O$ şeklindedir. Kullanılan Çam ağacı talaşı ortalama bileşimi % 42 selüloz, % 25 hemiselüloz, % 30 lignin ve % 3 pektin, nişasta, kül ve muhtelif maddeler şeklindedir. Çam talaşı 150 – 250 °C dolaylarında kavru larak porlaşmalar sağlanmış, adsorpsiyon kabiliyeti artırılmıştır.

Tablo 7.1. Bentonit cevherinin kimyasal bileşimi (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	H ₂ O
55-63	16-23	3 max.	2 min.	2 max	2 max.	1,25 max.	18.0	8 max.

7.3. Adsorpsiyon Deneylerinin Yapılışı

7.3.1. Tanecik boyutu değişiminin incelenmesi deneyleri

Deneylerde ve elekaltı ($\leq 53 \mu\text{m}$), 54-75, 76-90, 90-150 μm ve elektüstü ($\geq 53 \mu\text{m}$) μm tane boyutlarındaki 5 farklı fraksiyonda bentonit, zeolit ve çam talaşı kullanılmıştır. Aynı şekilde 100 mg/L stok çözeltilerden 100'er mL alınmış ve 1'er gram farklı tanecik boyutlarındaki adsorbanlarda denemeler gerçekleştirilmiştir. 3 saatlik çalışma süresince belirtilen aralıklarla numuneler alınmış, süzölmüş ve UV spektrofotometre'de ölçölmüştür. En düşük konsantrasyonun elde edildiği tanecik boyutu dikkate alınmıştır.

7.3.2. pH değişiminin incelenmesi deneyleri

Yine 100 mg/L'lik stok çözeltiler hazırlanarak, 100'er mL alınmış ve 1 g adsorban eklendikten sonra deneylere başlanmıştır. pH lar 3.5, 5.5, 7.5, 9.5, 11.5 olarak ayarlandıktan sonra deneyler yapılarak numuneler alınıp, UV'de bakiye boya konsantrasyonu tayin edilmiştir. En düşük konsantrasyonun elde edildiği pH değeri dikkate alınmıştır.

7.3.3. Karıştırma hızı değişiminin incelenmesi deneyleri

Bu deneylerde aynı şekilde stok çözeltilerden 100'er mL alınmış ve 1'er gram adsorban kullanılmıştır. Mekanik karıştırıcı kullanılarak karıştırma hızı 200, 300, 400, 500 ve 600 rpm'e ayarlanmıştır. 3 saatlik çalışma süresince belirtilen aralıklarla numuneler alınmış, süzölmüş ve UV spektrofotometre'de ölçölmüştür. En düşük konsantrasyonun elde edildiği karıştırma hızı diğer çalışmalarda kullanılmıştır.

7.3.4. Adsorban kütlesinin değişiminin incelenmesi deneyleri

Her boyar madde için hazırlanmış çözeltilerden 100'er mL alınmış ve 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 3 g adsorban tartılıp beherlere eklenmiştir. Yapılan deneylerden sonra UV'de ölçümler yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

7.3.5. Başlangıç boya konsantrasyonunun değişiminin incelenmesi deneyleri

Her boyar madde için farklı konsantrasyonlarda (25, 50, 150, 200 ve 300 mg/L) stok çözeltiler hazırlanmış. Daha önceki deneylerde olduğu gibi 100'er mL alınarak 1 g adsorbanla deneye başlanmıştır. Adsorpsiyon süresince belirtilen aralıklarla numuneler alınmış, süzölmüş ve bakiye boya konsantrasyonları UV'de tayin edilerek konsantrasyonun adsorpsiyona etkisi incelenmiştir.

7.3.6. Sıcaklık değişiminin incelenmesi deneyleri

298, 313, 333 ve 353 K sıcaklıklarında 100 mg/L'lik stok çözeltileri kullanılarak deneylere başlanmıştır. Manyetik karıştırıcılarda sıcaklık sabit tutulmuş, aynı anda karıştırma hızının öneminden dolayı mekanik karıştırıcı devreye sokulmuştur. Adsorpsiyon deneyinden sonra numuneler alınıp, UV'de bakiye boya konsantrasyonu tayin edilmiştir.

BÖLÜM 8. DENEYSEL SONUÇLAR

8.1. Tanecik Boyutunun Etkisi

Bu çalışmada, Metal Kompleks Sarı (Lanasan Yellow CFB) ve Metal Kompleks Parlak Mavi (Lanasan Brillant Blue CFB-A) boyar maddelerinin Benztonit, Zeolit ve Çam taşalı adsorbanları üzerindeki adsorpsiyonlarına tanecik boyutunun etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 8.1 – 8.6 ve Şekil 8.1 – 8.6 larda verilmiştir.

Tablo 8.1 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Sarı boyalarının Bentonit Üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrüj devir sayısı: 600 d./dakika)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Tanecik boyutu (μm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	≤ 53	53-75	75-90	90-150	150-500
1	36.8608	37.4809	42.9004	43.3173	26.8556
3	44.0521	39.9823	31.0192	42.3793	32.0719
5	41.4466	41.5456	41.6498	42.7962	29.2527
10	36.5482	40.9202	38.3147	42.9004	33.9478
20	40.0323	43.9342	45.0891	46.7566	31.2381
30	40.1589	37.5852	45.0891	45.1933	36.2407
45	41.7394	47.5904	47.2777	47.7988	34.7816
60	34.8015	40.7988	34.2501	24.6712	34.2605
90	39.8238	41.9625	49.5706	25.6091	32.0719
120	39.9927	32.6868	46.0399	32.0615	40.7222
150	38.2209	39.3819	42.9202	43.6300	37.4914
180	36.6576	41.7988	43.7342	41.7540	39.5758

Tablo 8.1 ve 8.2. incelendiğinde 75-90 μm aralığındaki adsorban tane boyutu, en verimli aralık olarak gözlenmiş, daha yüksek ve daha düşük tanecik boyutlarında adsorpsiyon düşük değerlerde gözlenmiştir. Daha küçük boyutlardaki tanecikler kullanıldığında ise adsorpsiyon ortamında yeterince dağılamayıp çamurumsu bir yapı oluşturduğu için toplam yüzey alanı azaldığından adsorpsiyon kapasitesi yine düşmektedir [36]. Tablo 8.3.'e bakıldığında en iyi verim 53 μm adsorban tanecik boyutları civarında gözlenmiştir. Tablo 8.4.'de ise verimin ≤ 53 μm dolaylarında yüksek olduğu gözlenmiştir. Bir adsorban olarak zeolit'in boya çözeltisi içindeki

yayılımının iyi olduğu düşük tanecik boyutlarında bile verimli olduğundan anlaşılmaktadır. Tablo 8.5.'te 90-150 μm aralığı yüksek verim vermiştir. Tablo 8.6.'da ise 90 μm 'den büyük tanecik boyutlarında adsorbsiyon düşmektedir. 75 μm 'den düşük değerlerde ise yine bir miktar düşme vardır. En uygun değer 75-90 μm dolaylarıdır.

Tablo 8.2 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Bentonit Üzerindeki adsorbsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifriş devir sayısı: 600 d./dakika)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Tanecik boyutu (μm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	≤ 53	53-75	75-90	90-150	150-500
1	15.7975	15.1284	19.4141	19.8652	16.6697
3	15.9103	11.0684	17.8352	16.7074	18.1358
5	16.0231	11.5195	20.8802	10.7300	17.7071
10	11.7374	14.7901	17.9479	16.5946	15.2260
20	22.9026	14.3390	21.4441	18.9630	14.4809
30	20.5944	12.3089	22.1208	17.9479	17.4458
45	21.8350	17.1580	20.3163	12.0982	16.9928
60	22.3687	14.2262	17.2713	15.5870	16.7822
90	21.4515	16.8201	23.5870	16.5267	19.2784
120	21.4515	16.5946	16.4818	14.4592	17.4284
150	20.0154	15.2441	20.9409	17.3237	20.7746
180	20.1132	17.8352	23.8113	18.5691	21.0979

Tablo 8.3 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Sarı boyalarının Zeolit Üzerindeki adsorbsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifriş devir sayısı: 600 d./dakika)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Tanecik boyutu (μm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	≤ 53	53-75	75-90	90-150	150-500
1	56.7806	55.8527	49.0839	69.1358	56.4681
3	55.7933	54.2079	49.0839	42.7984	54.4641
5	54.5001	55.2091	47.9786	41.6533	52.8896
10	55.1633	52.2055	48.9734	44.9454	52.7465
20	58.1477	64.5060	48.6418	46.7347	55.7524
30	56.8213	62.7896	48.3102	48.7386	53.1043
45	56.2686	64.1484	53.6158	63.5534	56.8975
60	51.5157	53.4928	41.0150	51.0288	56.1102
90	51.5157	65.9363	32.5039	47.5994	52.6749
120	56.6002	66.6514	39.0254	47.6651	57.7563
150	60.4689	64.0054	45.1047	45.4464	61.6926
180	59.8057	64.0054	47.4259	59.5455	58.1857

Tablo 8.4 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Zeolit Üzerindeki adsorbsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrij devir sayısı: 600 d./dakika)

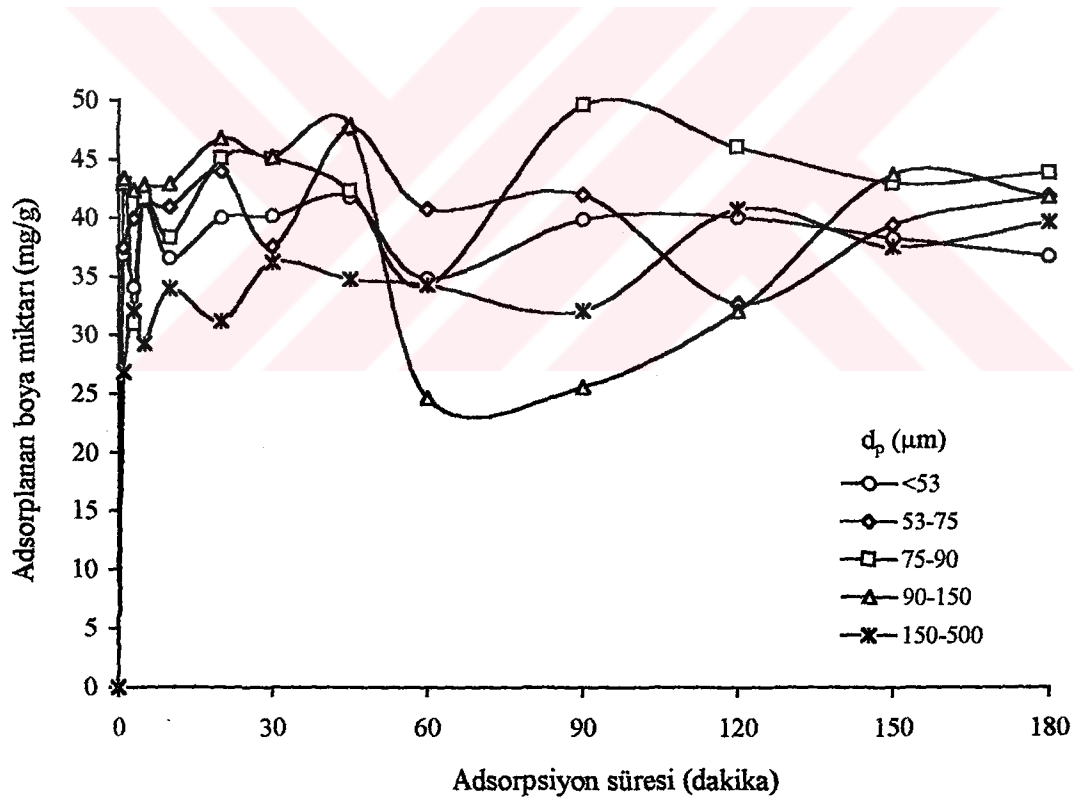
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Tanecik boyutu (μm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	≤ 53	53-75	75-90	90-150	150-500
1	37.3958	27.3392	35.3958	32.7543	20.2866
3	37.9241	26.4512	35.9241	34.3392	22.6111
5	36.8675	27.8600	34.8675	32.8600	20.4979
10	36.1279	28.9241	34.1279	35.9241	22.9280
20	38.4524	29.7128	36.4524	35.7128	31.8034
30	38.6637	32.2336	36.6637	34.2336	31.3808
45	36.5505	33.5996	34.5505	33.5996	32.7543
60	39.2977	31.8034	37.2977	31.8034	22.7167
90	38.6637	28.0713	36.6637	33.0713	27.9997
120	40.0373	26.5505	38.0373	34.5505	32.9656
150	39.9807	26.3392	36.9807	34.3392	31.2751
180	40.5656	26.1279	38.5656	34.1279	34.3392

Tablo 8.5 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Sarı boyalarının Çam talaşı üzerindeki adsorbsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrij devir sayısı: 600 d./dakika)

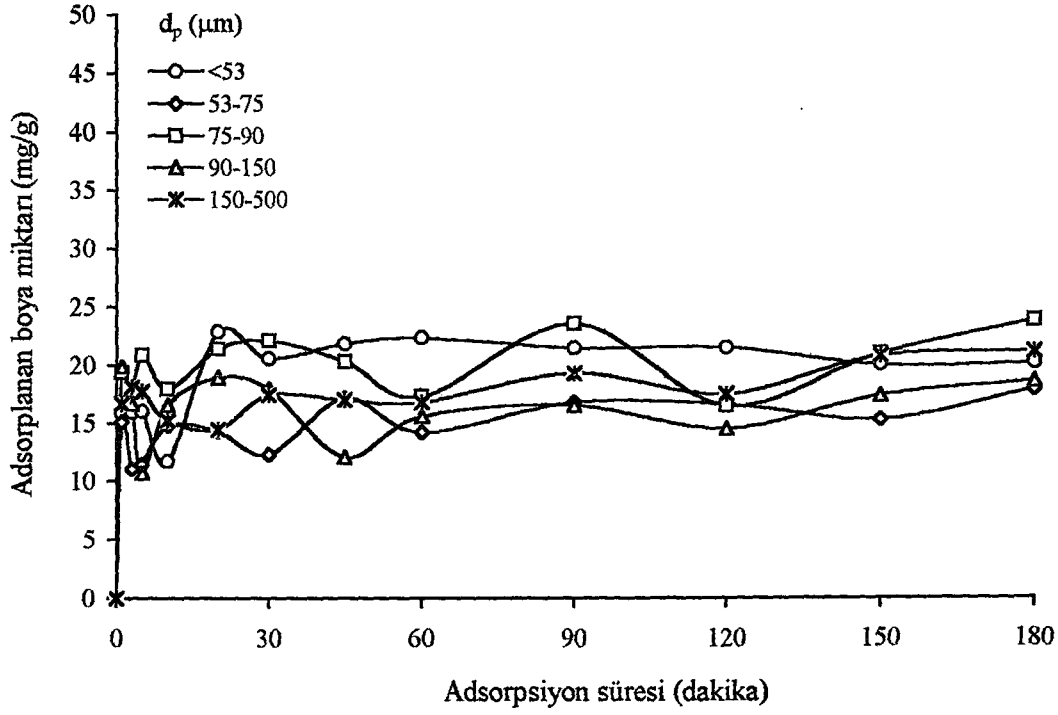
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Tanecik boyutu (μm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	≤ 53	53-75	75-90	90-150	150-500
1	39.0112	44.2470	35.1245	50.0124	42.1254
3	40.5698	40.1299	37.9710	55.6595	42.3121
5	41.5500	40.8787	39.8674	56.4510	40.9641
10	41.9898	41.6987	41.0689	52.3123	38.1231
20	42.5989	42.9915	40.8791	55.1234	41.0996
30	43.7649	43.6455	38.4567	58.0189	43.4561
45	43.2148	45.0918	42.6405	60.1546	44.6891
60	43.5645	47.6489	44.6645	60.4599	45.1232
90	45.9989	49.8283	47.2341	61.0159	46.1919
120	45.5697	49.8796	45.6565	61.8978	48.6401
150	46.9696	50.4512	46.0231	62.4512	47.0101
180	47.2015	50.6401	45.1854	62.0154	47.6508

Tablo 8.6 Tanecik boyutunun Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifirj devir sayısı: 600 d./dakika)

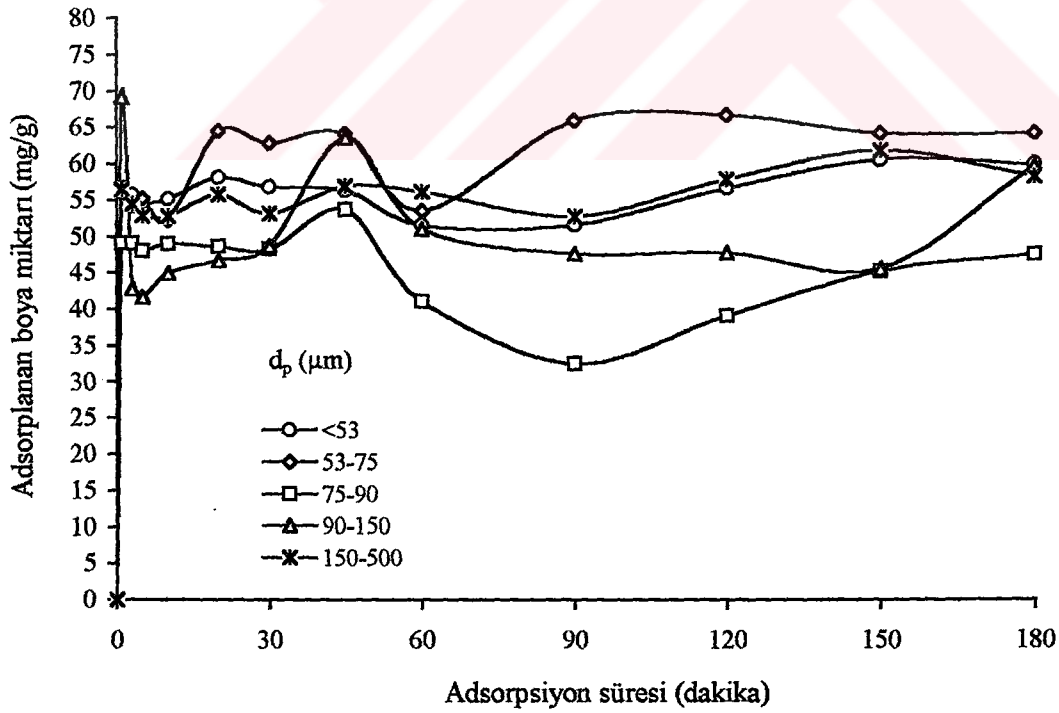
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Tanecik boyutu (μm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	≤ 53	53-75	75-90	90-150	150-500
1	19.0611	17.5501	20.5612	15.8701	17.0154
3	18.0421	15.5645	21.5636	15.0121	16.1454
5	19.1214	14.9561	22.7891	15.8521	15.4141
10	19.8098	16.0145	23.8745	15.6411	16.9854
20	19.5561	16.5561	19.4561	15.9674	16.5560
30	20.0213	16.8678	20.5687	14.0154	17.0126
45	21.0187	17.6473	22.5969	15.2541	17.5989
60	20.1278	17.8912	23.7411	16.7812	18.2140
90	22.9645	18.0145	24.0578	17.0154	18.2154
120	22.6712	19.2245	24.5565	18.5565	18.9921
150	23.0125	21.5489	25.0101	18.9595	19.0102
180	23.5548	20.8699	25.1298	19.4021	19.0155



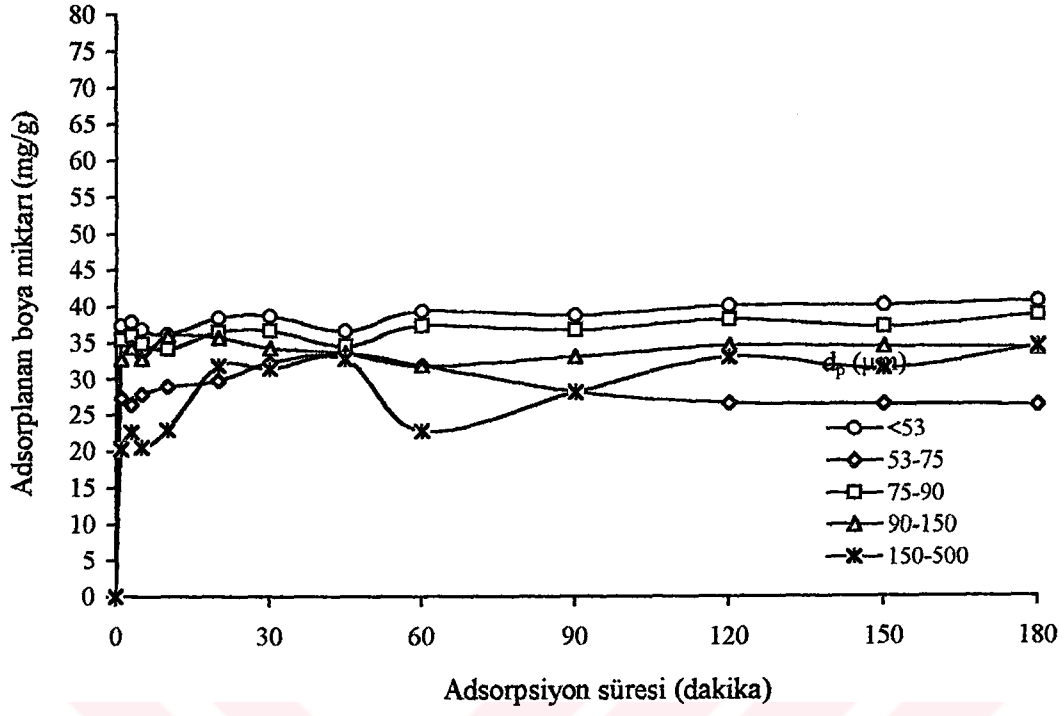
Şekil 8.1. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi



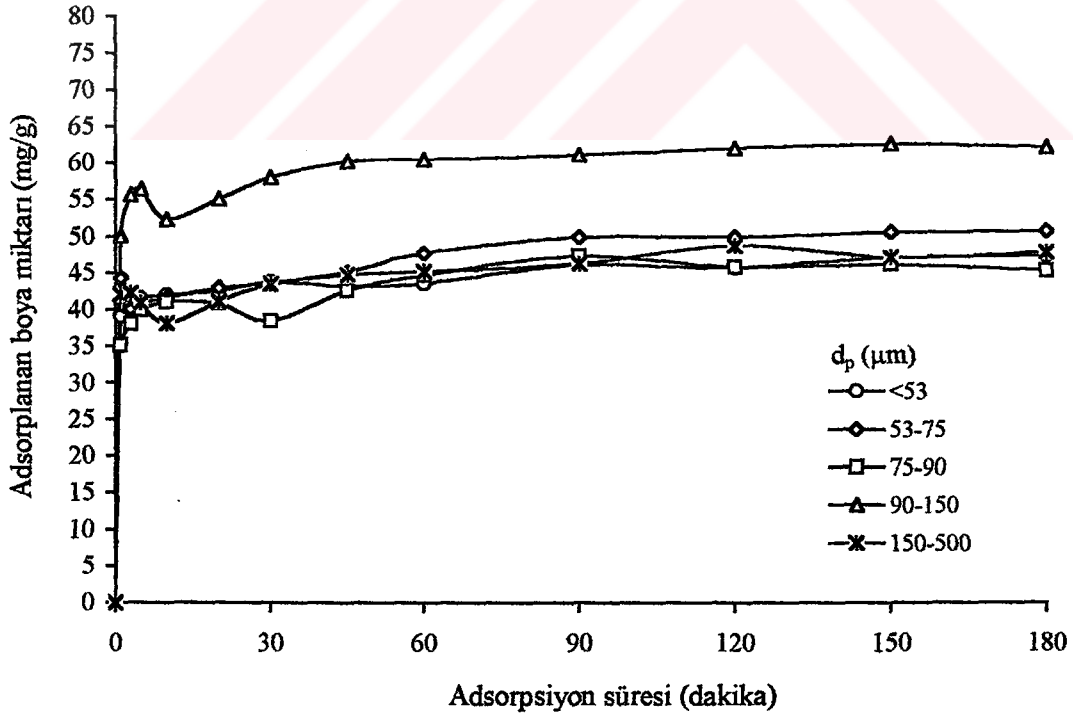
Şekil 8.2. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi



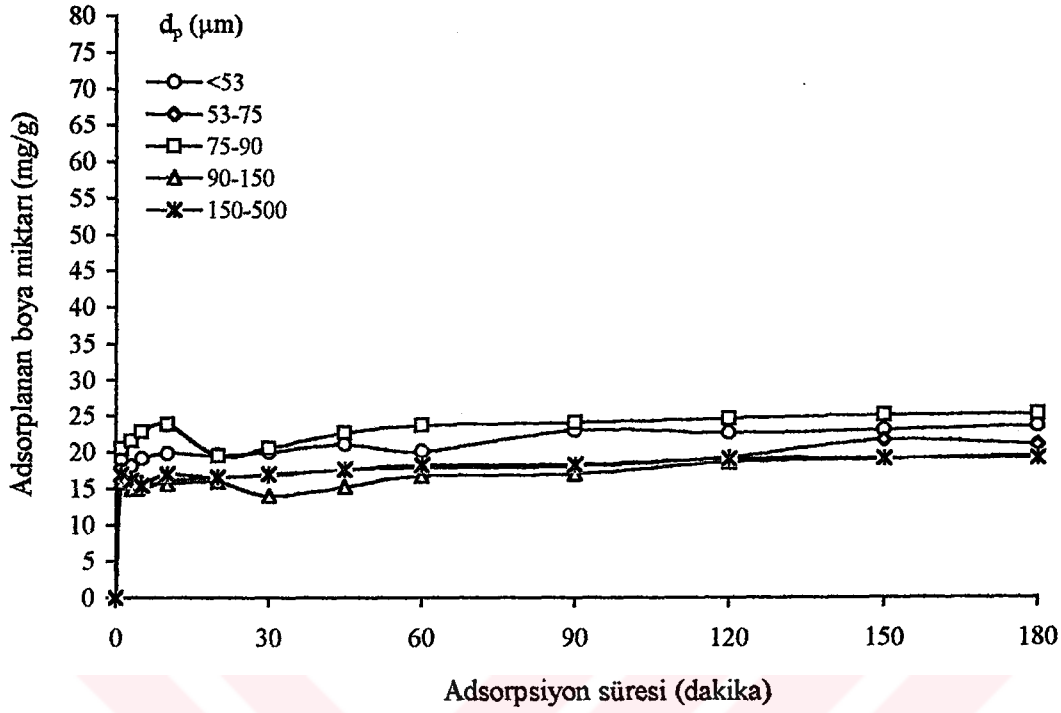
Şekil 8.3. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi



Şekil 8.4. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi



Şekil 8.5. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi



Şekil 8.6. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna tanecik boyutunun etkisi

8.2. pH'nın Etkisi

Bu çalışmada bentonit, zeolit ve çam taşalı üzerinde, MK Sarı ve MK Parlak Mavi boyar maddelerinin adsorpsiyonlarına pH'nın etkisi incelenmiştir. Bulunan sonuçlar Tablo 8.7-8.12 ve Şekil 8.7-8.12 de verilmiştir.

Tablo 8.7-8.12 ile Şekil 8.7-8.12 incelendiğinde, pH değişiminin boyar maddelerin adsorpsiyonunda büyük değişiklikler meydana getirdiği söylenebilir. Tüm boyar – adsorban denemeleri için genelde pH 3.5 civarlarında olmalıdır. Ancak, Tablo 8.7. de görüldüğü gibi adsorpsiyon pH 7.5 dolaylarında bir miktar daha fazladır. Aynı durum Tablo 8.8. de pH 5.5 için geçerlidir. Çok yüksek ve çok düşük pH'larda adsorpsiyon verimi genel olarak artmıştır. Metal Kompleks boyalarının boyama hasıkları genel yapı itibarıyla asidik pH'larda olduğundan bu pH'larda çalışmak daha doğru olacaktır. Bu durumda bu tür boyalarla çalışırken düşük pH değerleri özellikle seçilmelidir.

Tablo 8.7. Metal Kompleks Sarı boyaalarının Bentonit Üzerindeki adsorbsiyonuna pH'in etkisi etkisi
(doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 75µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L,
santifrüj devir sayısı: 600 d./dakika)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	pH / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	3,5	5,5	7,5	9,5	11,5
1	43.9053	40.0403	42.9004	30.0898	29.5559
3	40.7161	39.8511	31.0192	35.1085	27.3135
5	40.3242	38.8106	41.6498	36.6034	23.2558
10	41.8512	35.2159	38.3147	34.2542	23.7897
20	45.0809	34.3665	45.0891	42.7967	24.5372
30	46.8648	39.7565	45.0891	40.3407	25.6050
45	37.8782	39.2835	47.2777	45.5730	25.0711
60	37.3106	37.2296	34.2501	46.3204	29.7694
90	35.4861	40.2566	49.5706	43.8645	29.1288
120	41.9458	40.4458	46.0399	48.0289	20.7999
150	42.5134	39.9457	42.9202	46.2137	28.8084
180	42.7992	41.0404	43.7342	51.1255	22.4016

Tablo 8.8. Metal Kompleks Parlak Mavi boyaalarının Bentonit Üzerindeki adsorbsiyonuna pH'in etkisi etkisi
(doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 75µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L,
santifrüj devir sayısı: 600 d./dakika)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	pH / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	3,5	5,5	7,5	9,5	11,5
1	21.1971	33.3133	19.4141	25.5647	34.5368
3	18.4230	27.8077	17.8352	21.7923	33.9251
5	21.7109	27.9097	20.8802	25.8705	32.0899
10	18.3202	28.6233	17.9479	26.0744	30.9683
20	22.1219	27.1960	21.4441	26.8901	28,0112
30	19.6560	26.3803	22.1208	27.3999	25.7686
45	24.2795	29.3370	20.3163	26.4823	23.2197
60	24.3823	27.8077	17.2713	29.5410	16.6944
90	26.0262	29.7449	23.5870	30.3566	17.0003
120	25.1015	31.3762	16.4818	28.2155	13.3299
150	24.7933	30.7644	24.7527	31.9879	9.5575
180	25.6152	29.8468	23.8113	29.5410	11.2907

Tablo 8.9. Metal Kompleks Sarı boyalarının Zeolit Üzerindeki adsorbsiyonuna pH'in etkisi etkisi
(doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 53 µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrij devir sayısı: 600 d./dakika)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	pH / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	3,5	5,5	7,5	9,5	11,5
1	80.8309	64.0876	55.8527	45.6380	63.3411
3	79.6578	59.0753	54.2079	44.1450	62.9145
5	80.5109	57.6889	55.2091	47.8775	63.0211
10	81.0441	61.9547	52.2055	50.1171	66.2205
20	82.3239	58.5420	64.5060	50.4370	65.6873
30	82.7505	59.9284	62.7896	46.7044	61.6347
45	82.7505	58.3287	64.1484	51.3968	66.0072
60	82.5372	62.3813	53.4928	52.8329	63.8743
90	83.4970	70.4863	65.9363	51.9300	65.1540
120	82.7305	68.1401	66.6514	48.1975	66.9670
150	83.2837	71.5527	64.0054	50.9702	66.4338
180	84.0302	72.4059	64.0054	50.8636	67.2870

Tablo 8.10. Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Zeolit Üzerindeki adsorbsiyonuna pH'in etkisi etkisi
(doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 53 µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrij devir sayısı: 600 d./dakika)

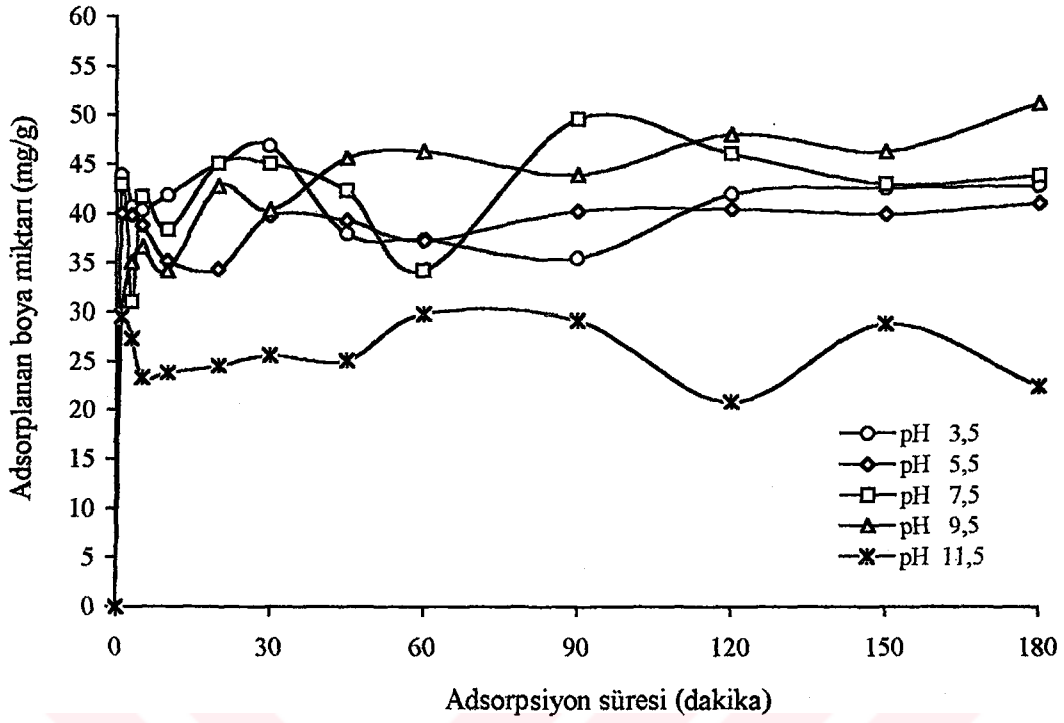
Adsorpsiyon süresi (dakika)	pH / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	3,5	5,5	7,5	9,5	11,5
1	55.2540	44.7699	37.3958	42.3788	30.8830
3	52.9548	56.3576	37.9241	41.8270	29.5955
5	55.8058	44.5859	36.8675	42.1029	29.7794
10	50.6557	44.4940	36.1279	43.1145	29.0437
20	56.7254	43.7583	38.4524	42.1948	26.6526
30	56.7254	42.5627	38.6637	43.2984	27.2044
45	57.7371	42.8386	36.5505	43.7583	26.2847
60	55.8977	41.7350	39.2977	45.1377	24.9972
90	58.1969	43.4824	38.6637	44.2181	25.8249
120	57.2772	44.4020	40.0373	42.3788	25.5490
150	60.9559	43.0225	39.9807	43.7583	25.1812
180	59.5764	43.4824	40.5656	43.5743	24.4454

Tablo 8.11. Metal Kompleks Sarı boyaının Çam talaşı üzerindeki adsorbsiyonuna pH'ın etkisi (doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 90 µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrüj devir sayısı: 600 d./dakika)

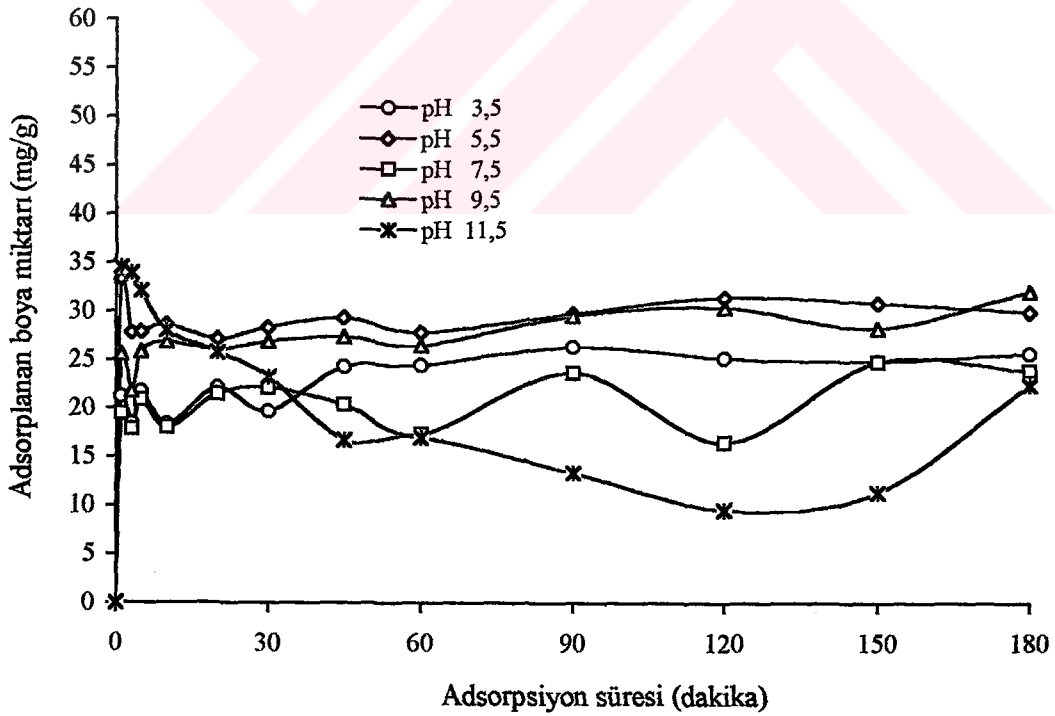
Adsorpsiyon süresi (dakika)	pH / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	3,5	5,5	7,5	9,5	11,5
1	59.4128	54.1032	50.0124	45.9545	43.0154
3	60.1546	53.1124	55.6595	44.0121	40.6541
5	59.6874	52.3641	56.4510	42.8791	39.1415
10	57.5421	54.6974	52.3123	40.2154	42.5289
20	58.4510	57.1456	55.1234	43.7891	43.5510
30	60.6941	58.1401	58.0189	45.0180	42.2120
45	62.3684	57.9841	60.1546	46.1216	44.0101
60	63.4875	58.8014	60.4599	48.5401	44.8601
90	65.4587	59.9014	61.0159	49.5687	45.0198
120	66.2134	59.4561	61.8978	50.5598	45.5461
150	67.5410	59.6401	62.4512	51.5450	46.0987
180	66.5450	59,9787	62.0154	52.0101	45.9987

Tablo 8.12. Metal Kompleks Parlak Mavi boyaının Çam talaşı üzerindeki adsorbsiyonuna pH'ın etkisi (doz: 1g/100 mL, adsorban tanecik boyutu: 75µm Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, santifrüj devir sayısı: 600 d./dakika)

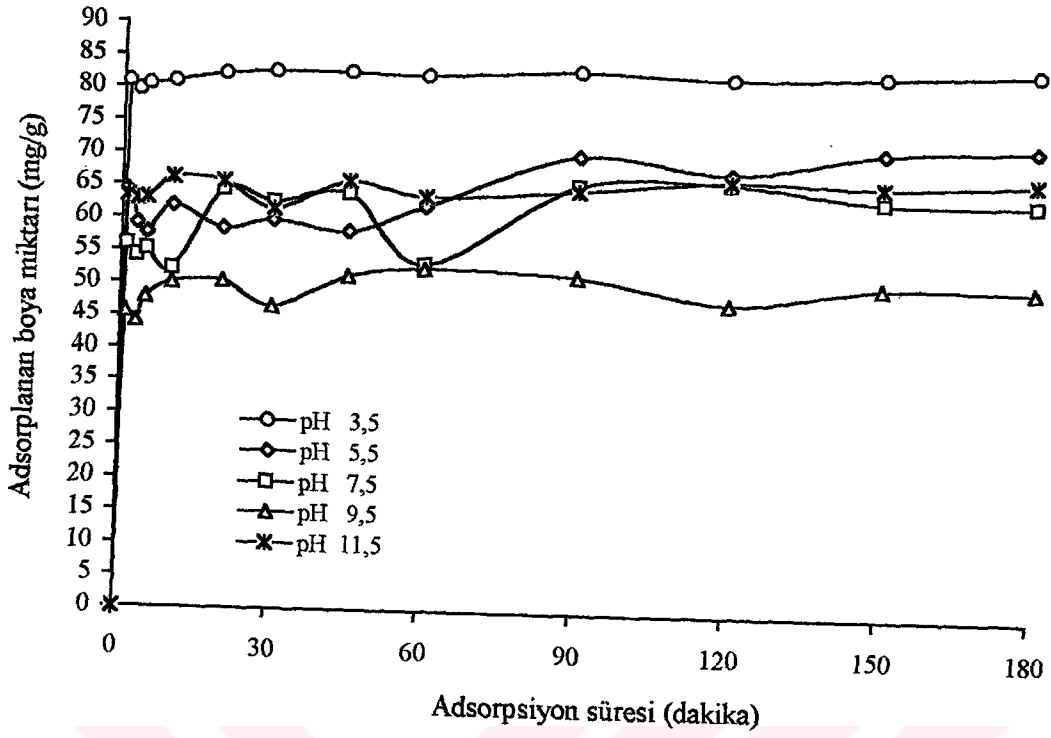
Adsorpsiyon süresi (dakika)	pH / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	3,5	5,5	7,5	9,5	11,5
1	39.3617	30.4578	20.5612	15.9987	10.8785
3	40.8891	28.4601	21.5636	13.9874	8.9010
5	42.6548	26.4610	22.7891	15.1640	10.6840
10	43.9314	27.0079	23.8745	17.6542	7.9840
20	41.6401	30.5489	19.4561	18.4611	9.1012
30	43.9456	31.4500	20.5687	19.1540	11.9402
45	44.1201	33.1546	22.5969	20.0124	6.0909
60	45.6401	32.1210	23.7411	22.6451	9.0164
90	47.5640	34.6411	24.0578	24.3219	11.5941
120	49,6012	36.4569	24.5565	23.1540	13.6470
150	48.9980	35.1235	25.0101	24.3901	14.9153
180	49.5412	36.0145	25.1298	24.9710	15.6410



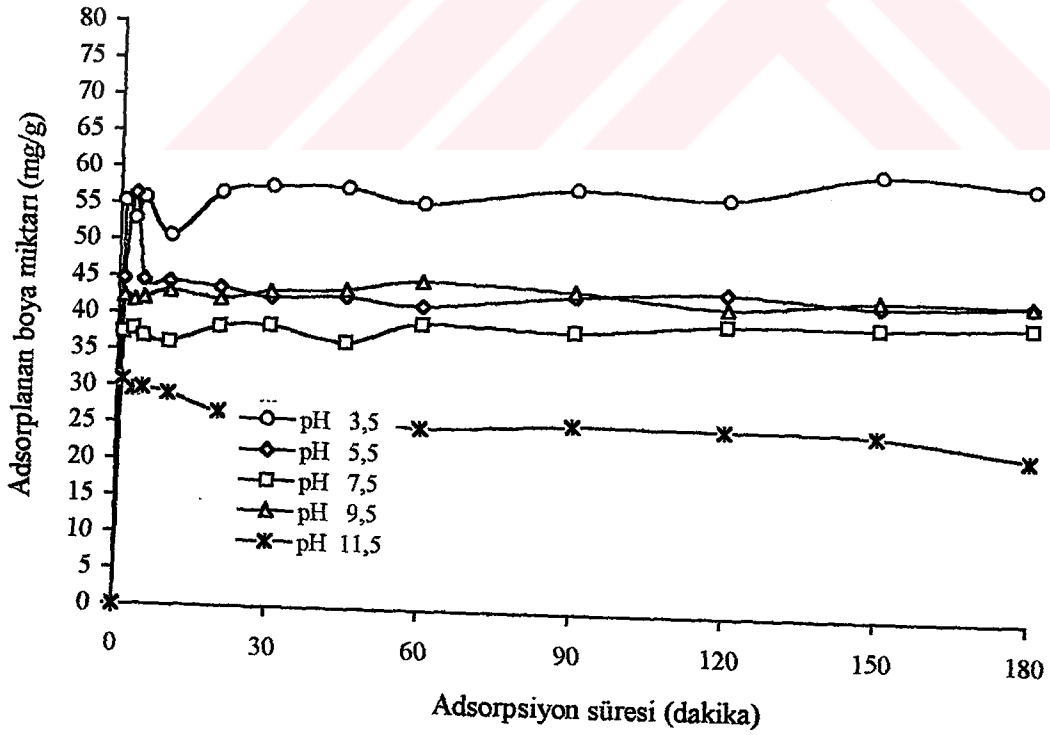
Şekil 8.7. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH'nın etkisi



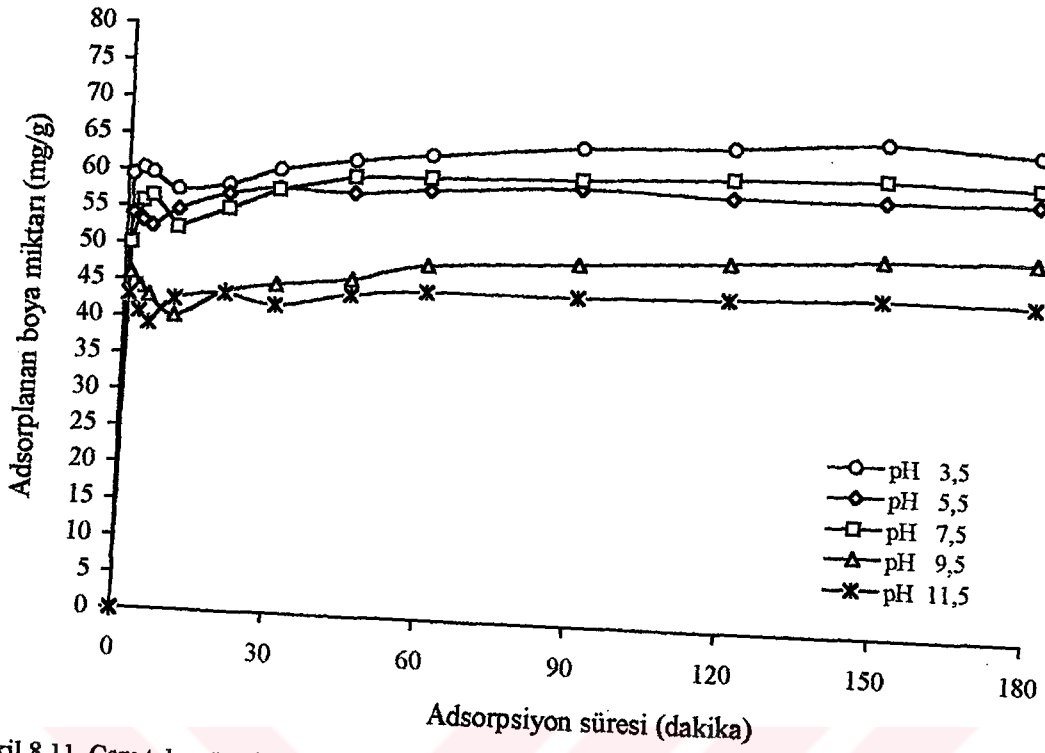
Şekil 8.8. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH'nın etkisi



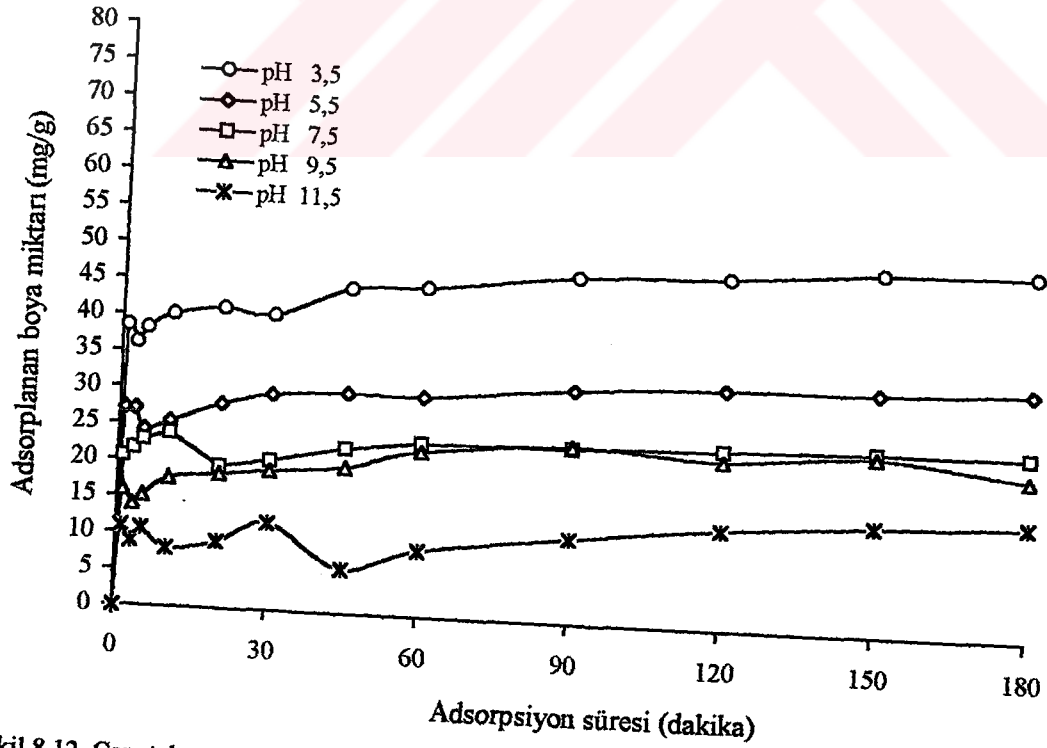
Şekil 8.9. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH'nin etkisi



Şekil 8.10. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH'nin etkisi



Şekil 8.11. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH'nun etkisi



Şekil 8.12. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna pH'nun etkisi

8.3. Karıştırma Hızının Etkisi

Bu çalışmada bentonit, zeolit ve çam talaşı üzerinde, MK Sarı ve MK Parlak Mavi boyar maddelerinin adsorpsiyonlarına karıştırma hızının etkisi araştırılmıştır. Devir sayıları olarak 200, 300, 400, 500 ve 600 devir/dakika (RPM) seçilmiş, elde edilen sonuçlar Tablo 8.13-8.18 ve Şekil 8.13-8.18 da verilmiştir.

Tablo 8.13-8.18 ve Şekil 8.13-8.18 incelendiğinde, karıştırma hızının KM Sarı ve MK Parlak Mavi boyar maddelerinin adsorpsiyonu üzerine bir farkedilebilir bir etkisi olduğu gözlenmiş, genel olarak düşük devir sayıları, adsorpsiyonu artırıcı etkide olduğu fark edilmiştir. Tablo 8.13. de görüldüğü gibi, MK Sarı için 200 RPM en verimli sonucun alındığı devirdir. Tablo 8.14.'e bakıldığında devirin MK Parlak Mavi boyasının bentonitteki adsorpsiyona hiçbir etkisi yoktur. Tablo 8.15'te, zeolit üzerinde MK Sarı boyasının adsorpsiyonunun, düşük ve yüksek devirlerde arttığı gözlenmiş, fakat bu eğilimin daha çok düşük devirlere eğilimli olduğu tesbit edilerek 200 RPM değeri dikkate alınmıştır. Tablo 8.16'ya bakıldığında ise, adsorpsiyonun yüksek devirlerde daha iyi olduğu gözlenmiş, bu sebeple de 600 RPM uygun görülmüştür. Tablo 8.17'de, çam talaşı üzerinde MK Sarı boyasının adsorpsiyonunun, düşük ve yüksek devirlerde arttığı gözlenmiş, fakat bu eğilimin daha çok yüksek devirlere eğilimli olduğu tesbit edilerek 600 RPM değeri dikkate alınmıştır. Tablo 8.18'de, çam talaşı üzerinde MK Parlak Mavi boyasının adsorpsiyonunun, düşük ve yüksek devirlerde arttığı gözlenmiş, fakat 200 RPM değeri dikkate alınmıştır.

Tablo 8.13. Metal Kompleks Sarı boyalarının Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75 μ m, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=7,5)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Karıştırma hızı (rpm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	200	300	400	500	600
1	55,2469	44,7641	37,3965	42,3804	30,8822
3	52,9624	56,3512	37,9201	41,8334	29,6006
5	55,8091	44,5944	36,8645	42,1001	29,7829
10	50,6612	44,4949	36,1338	43,1212	29,0409
20	56,7231	43,7641	38,4519	42,2012	26,6541
30	57,7364	42,5604	38,6611	43,2946	27,2020
45	57,7412	42,8349	36,5525	43,7631	26,2904
60	55,9070	41,7414	39,334	45,1404	24,9991
90	58,2012	43,4755	38,6616	44,2224	25,8338
120	57,2942	44,3954	40,0405	42,3826	25,5535
150	60,9634	43,0243	39,9819	43,7627	25,1801
180	59,5661	43,4834	40,5727	43,5731	22,4012

Tablo 8.14. Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75 μ m Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=5,5)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Karıştırma hızı (rpm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	200	300	400	500	600
1	27.7028	25.6493	27.4394	26.8076	33.3133
3	30.0669	24.2804	24.4114	25.9652	27.8077
5	30.8889	25.7546	21.4373	24.9122	27.9097
10	28.9367	28.5976	22.7009	26.0705	28.6233
20	28.1148	23.9645	24.5963	23.6486	27.1960
30	25.0324	28.7029	23.4380	26.7023	26.3803
45	22.9774	26.7023	20.4896	30.1771	29.3370
60	28.2175	29.3347	24.2804	28.2817	27.8077
90	28.3202	28.3870	25.9652	29.6513	27.7449
120	25.6488	27.1235	26.3864	28.4407	28.3762
150	28.5115	28.4400	27.9658	28.2308	28.7644
180	28.8065	28.8082	26.2811	28.7043	28.7468

Tablo 8.15. Metal Kompleks Sarı boyalarının Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 53 μ m, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Karıştırma hızı (rpm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	200	300	400	500	600
1	89.0317	78.7878	74.6021	68.4338	80.8309
3	88.7012	83.8547	71.8484	66.8917	79.6578
5	89.0317	81.9821	72.3991	66.3409	80.5109
10	89.4723	84.2952	72.6194	65.7902	81.0441
20	89.9129	84.5155	72.5093	66.2308	82.3239
30	90.6839	84.5155	72.3991	66.8917	82.7505
45	91.2346	85.2866	72.9499	67.0018	82.7505
60	90.4636	85.2866	73.5006	67.2221	82.5372
90	91.6782	85.6170	73.1702	67.4425	83.4970
120	90.5738	85.0663	72.9499	67.9932	82.7305
150	91.8955	85.1764	73.2803	68.2135	83.2837
180	90.7940	85.2866	72.5093	67.4424	84.0302

Tablo 8.16. Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: \leq 53 μ m (elekaltı) Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5)

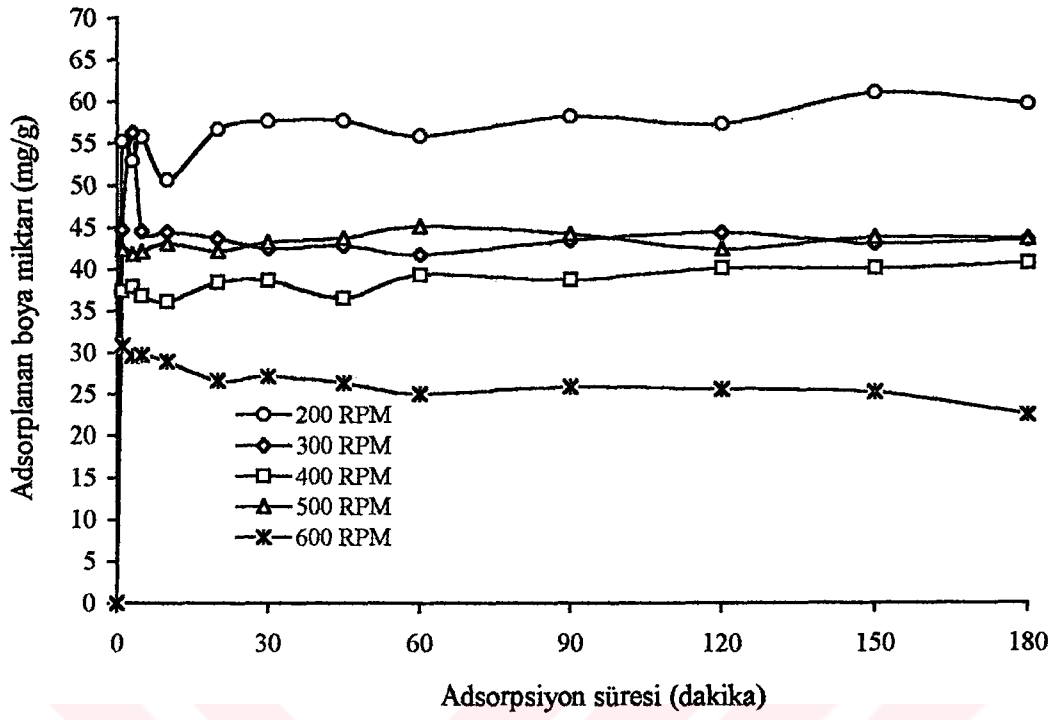
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Karıştırma hızı (rpm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	200	300	400	500	600
1	47.7528	48.0047	54.2675	53.4594	55.2540
3	48.2068	47.0956	51.3381	52.7523	52.9548
5	46.7926	44.3683	51.7422	53.6614	55.8058
10	47.1966	48.2068	51.1361	55.0756	50.6557
20	48.1058	49.2169	52.4493	54.4695	56.7254
30	50.4290	49.4189	52.4493	55.7827	56.7254
45	48.7118	48.7118	53.2574	54.3685	57.7371
60	48.9139	51.2371	53.5604	56.2877	55.8977
90	49.2169	49.9240	53.9645	55.6817	58.1969
120	48.8128	50.7321	53.4594	56.4898	57.2772
150	48.2068	50.4290	53.8635	56.2877	60.9559
180	49.2169	50.6311	53.5045	56.0857	59.5764

Tablo 8.17. Metal Kompleks Sarı boyalarının Çam talaşı üzerindeki adsorbsiyonuna karıştırma hızın etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 90 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5)

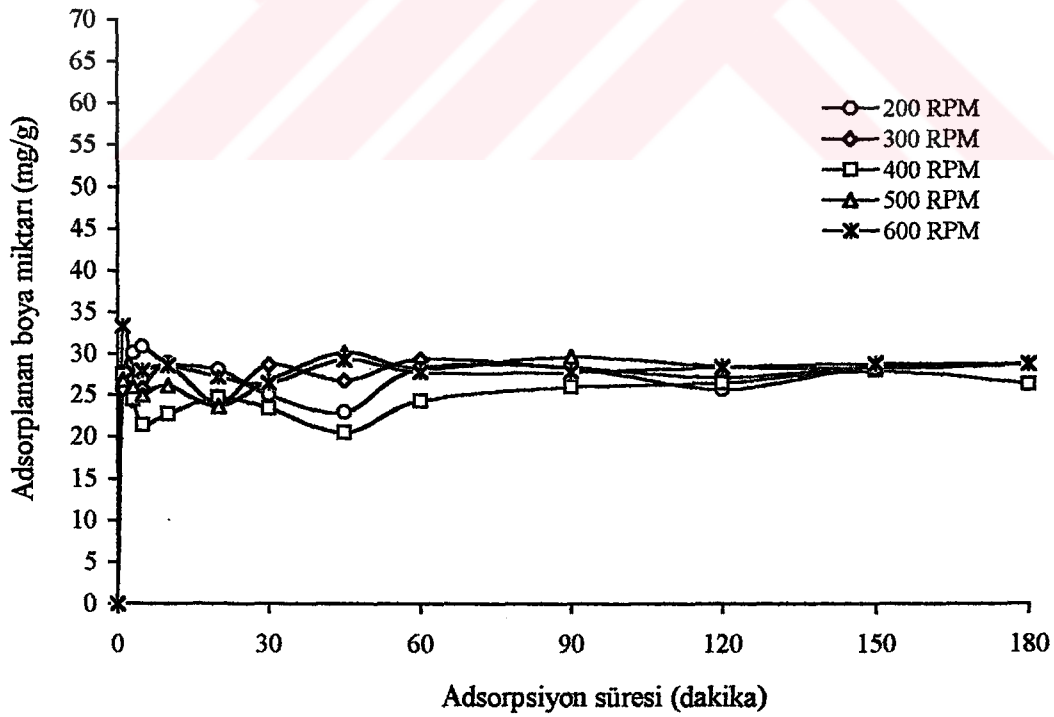
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Karıştırma hızı (rpm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	200	300	400	500	600
1	55.1230	49.1235	50.1123	45.9701	59.4128
3	56.4501	54.5460	45.0987	43.6540	60.1546
5	53.5459	54.1201	44.9931	40.6890	59.6874
10	55.2129	53.5489	47.9877	46.1530	57.5421
20	56.1465	52.6413	51.9823	44.6510	58.4510
30	55.4870	53.5691	52.6941	45.2169	60.6941
45	57.0318	54.9310	51.9109	46.9901	62.3684
60	56.1426	55.9712	50.9423	47.8514	63.4875
90	58.1696	54.9874	52.6540	48.9899	65.4587
120	59.1569	55.2131	53.6689	47.3456	66.2134
150	62.4560	56.5410	54.6789	49.1456	67.5410
180	63.2545	56.4599	55.4501	49.0198	66.5450

Tablo 8.18. Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Çam talaşı üzerindeki adsorbsiyonuna karıştırma hızının etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5)

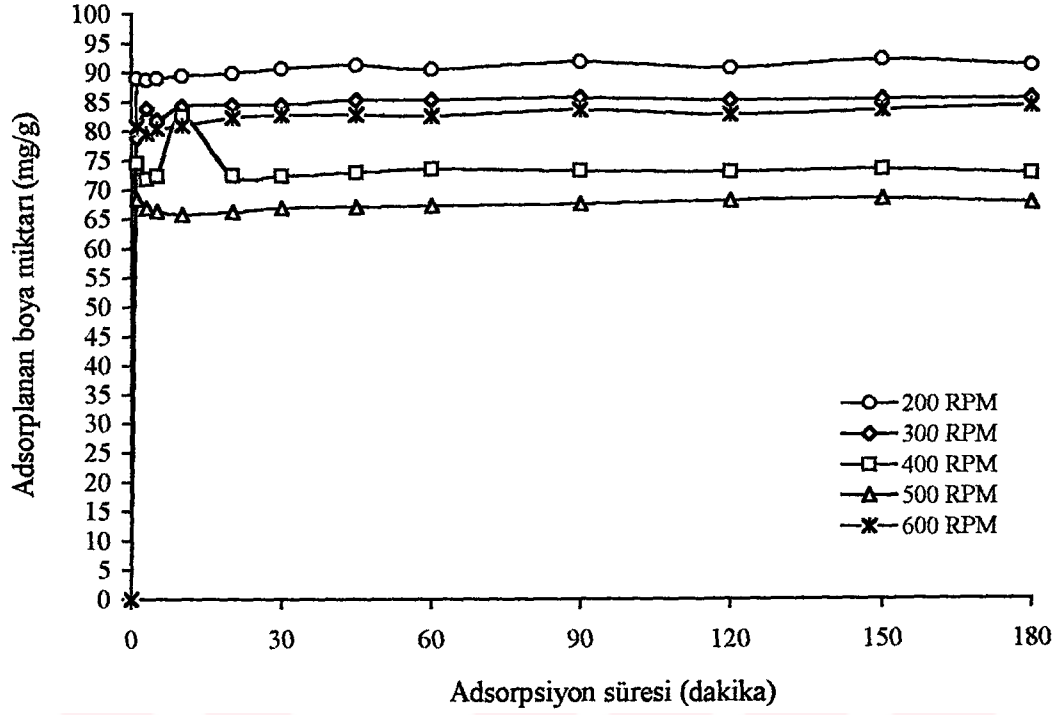
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Karıştırma hızı (rpm) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	200	300	400	500	600
1	38.5401	27.1210	30.6501	35.1260	39.3617
3	36.1547	27.0123	32.1240	34.1165	40.8891
5	38.1564	24.2150	33.1540	32.1546	42.6548
10	40.1486	25.4687	30.1124	30.4579	43.9314
20	41.2154	28.0124	32.6599	34.0134	41.6401
30	40.5483	29.5468	33.6873	34.6542	43.9456
45	44.5498	30.1549	36.1564	35.9870	44.1201
60	45.1318	30.1011	35.1401	36.4561	45.6401
90	47.4598	32.0024	36.3264	35.0573	47.5640
120	48.1592	32.9780	37.0101	37.5412	49.6012
150	49.9641	33.1249	37.5640	37.6140	48.9980
180	50.5701	33.8998	38.9720	38.0124	49.5412



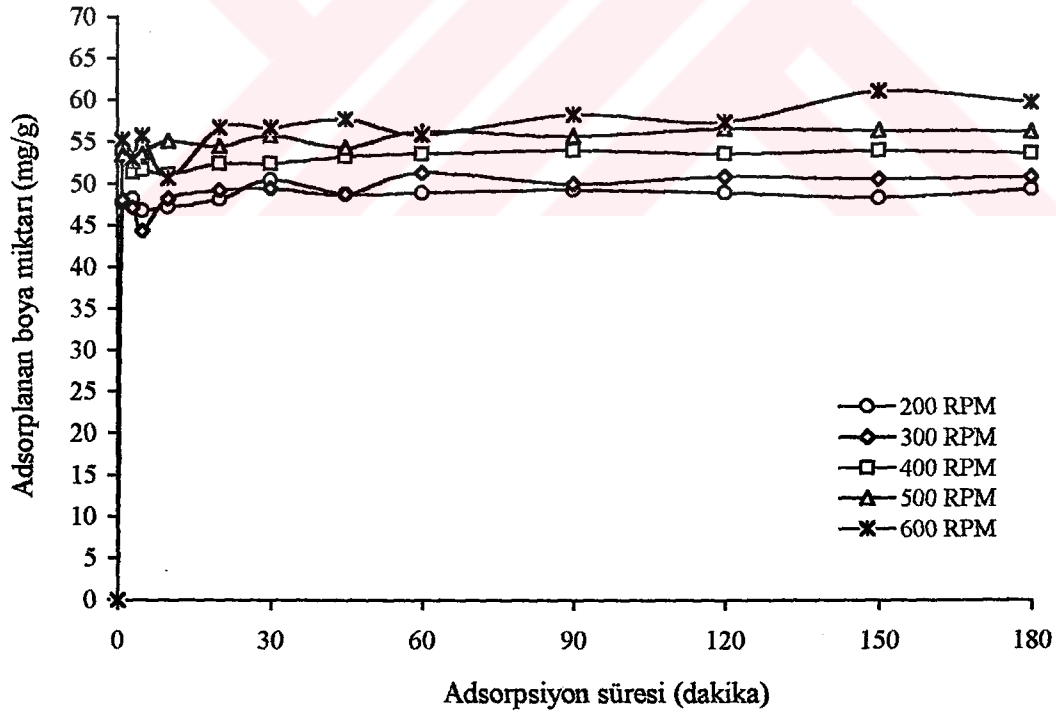
Şekil 8.13. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi



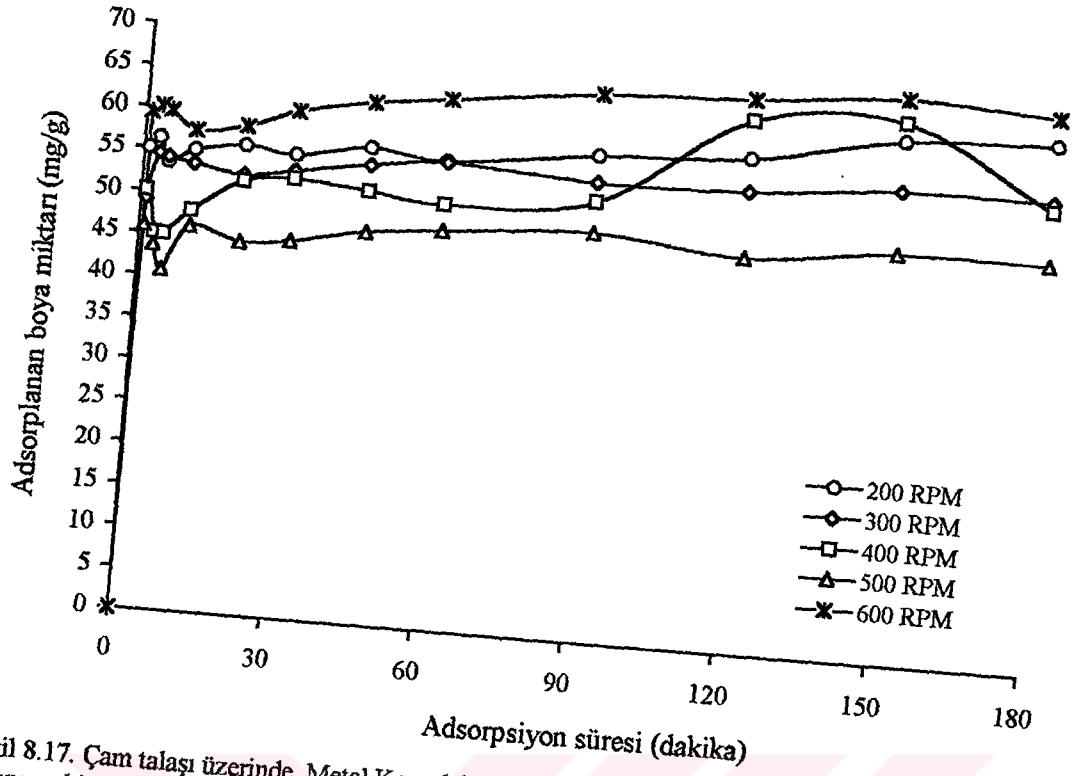
Şekil 8.14. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi



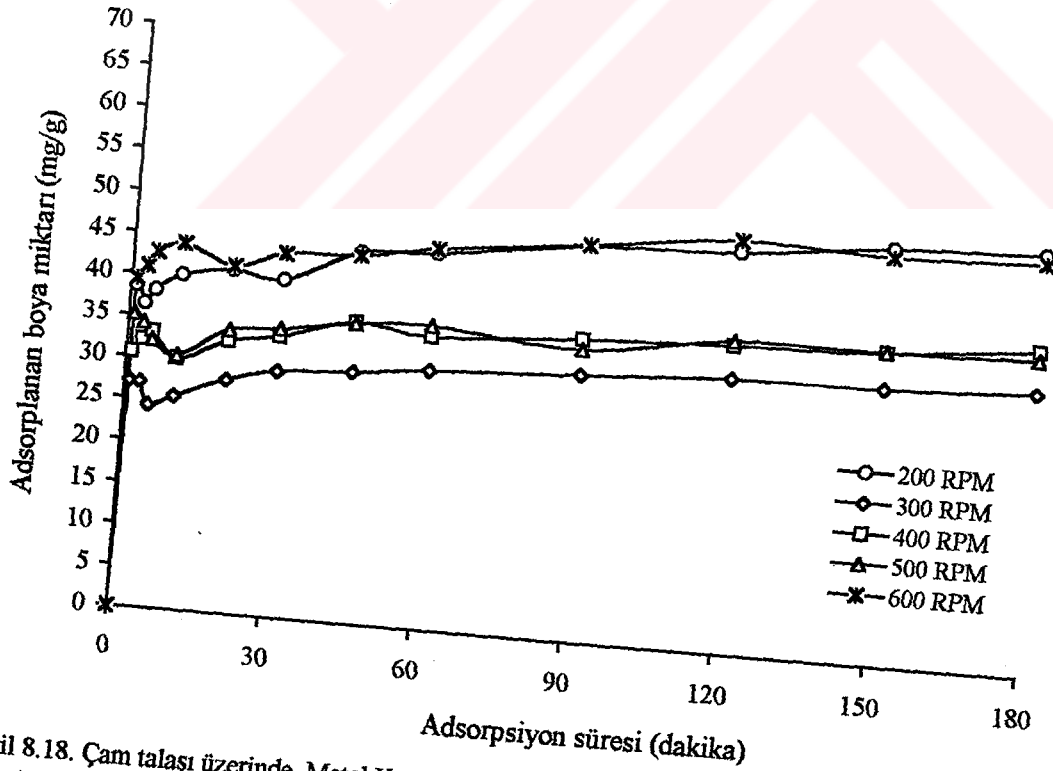
Şekil 8.15. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi



Şekil 8.16. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi



Şekil 8.17. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi



Şekil 8.18. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna Karıştırma Hızının etkisi

8.4. Adsorban Kütlesinin Etkisi

Bu çalışmada bentonit, zeolit ve çam taşalı üzerinde, MK Sarı ve MK Parlak Mavi boyar maddelerinin adsorpsiyonlarına adsorban kütlesinin etkisi incelenmiştir. Bulunan sonuçlar Tablo 8.19-8.24 ve Şekil 8.19-8.24 da verilmiştir.

Tablo 8.19-8.24 ve Şekil 8.19-8.24 den görüldüğü gibi, 1 g dan fazla adsorban kütlesi artışının adsorpsiyon üzerine bir etkisi olmamıştır. 1 g adsorban yeterli boya giderimi sağladığından, 1g dan daha fazla adsorban kullanımı gereksizdir. Tablo 8.19., 8.22., 8.23. ve 8.24. incelendiğinde, 1 g dan daha az adsorban kullanıldığında ise adsorpsiyon kapasitesinin düştüğü görülmüştür.

Tablo 8.19. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Sarı boyalarının Bentonit üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=7,5, 200 RPM)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorban kütlesi (g) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
1	38.4666	43.8871	50.1816	54.7484	56.6704
3	36.1832	46.3096	46.0119	51.7701	57.1323
5	35.6868	45.8482	47.3025	52.8621	57.9405
10	38.4666	48.7321	54.0535	56.1383	57.7096
20	40.4522	47.5786	56.9326	55.9398	61.4043
30	43.1328	50.1164	54.7484	57.6275	61.9816
45	41.6436	45.8482	55.0463	56.9326	63.4826
60	41.8421	52.0775	56.5355	58.5211	66.8309
90	42.6364	52.4236	57.0319	59.7124	66.2536
120	42.1400	53.3465	57.5283	59.0174	65.6763
150	43.6292	53.3465	56.0391	60.5066	68.1010
180	43.1328	52.7697	58.7196	61.0030	67.8701

Tablo 8.20. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Bentonit üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=5,5, 200 RPM)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorban kütlesi (g) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
1	25.5734	27.7028	29.0102	30.1151	37.6225
3	26.8000	30.0669	27.9053	26.6232	37.9454
5	25.3636	30.8889	26.1375	27.9053	36.2232
10	21.2755	28.9367	26.3585	29.1207	36.9766
20	30.0042	28.1148	33.6509	34.9767	38.5912
30	32.2544	25.0324	30.3361	32.2144	36.6537
45	29.5622	22.9774	31.4411	33.0984	39.5599
60	30.5567	28.2175	29.6732	32.1014	38.8065
90	30.0042	28.3202	29.3417	35.1977	39.3447
120	29.4518	25.6488	32.7669	36.4131	40.9592
150	31.6616	20.5115	34.8662	34.7557	40.3134
180	32.3245	27.8065	34.2033	35.3082	41.1745

Tablo 8.21. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Sarı boyalarının Zeolit üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 53 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 200 RPM)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorban kütlesi (g) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
1	80.2197	89.0317	84.4054	84.0750	84.0750
3	81.1009	88.7012	83.9648	84.8460	83.9648
5	79.2284	89.0317	83.9648	85.7272	84.0750
10	81.2111	89.4723	84.8460	85.9475	84.8460
20	81.7618	89.9129	86.0576	85.7272	84.0750
30	80.2197	90.6839	84.9561	86.9388	84.9561
45	81.9821	91.2346	88.1505	85.2866	83.8547
60	81.5415	90.4636	88.1505	84.2952	81.6517
90	81.9821	91.6782	89.0317	88.1505	84.2952
120	83.5242	90.5738	90.0230	88.4809	84.0750
150	83.8547	91.8955	90.5738	88.7012	84.1851
180	83.1938	90.7940	90.7940	89.2520	84.8460

Tablo 8.22. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Zeolit üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: $\leq 53 \mu\text{m}$, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 600 RPM)

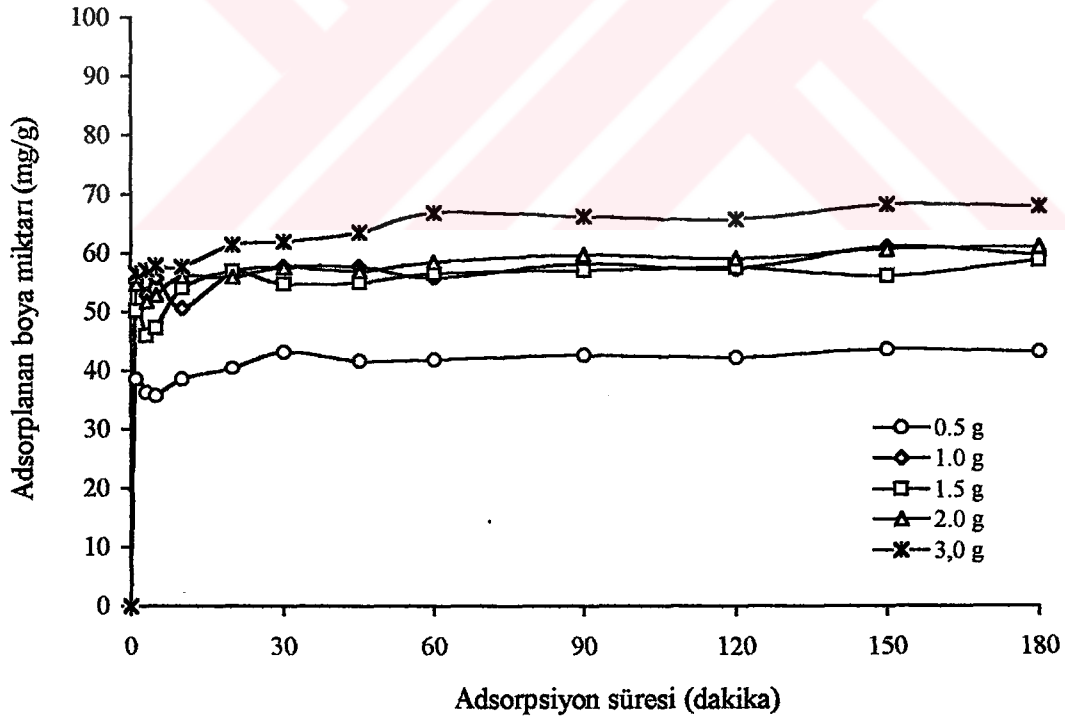
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorban kütlesi (g) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
1	45.8835	55.2540	55.7118	56.0351	59.0655
3	41.1359	52.9548	55.2270	54.6209	56.8432
5	41.3379	55.8058	56.4189	55.8230	57.6409
10	42.0450	50.6557	55.8230	56.4493	58.0655
20	41.9440	56.7254	57.2270	57.7422	60.9548
30	43.2572	56.7254	56.2270	58.8331	62.4695
45	43.1562	57.7371	58.8230	60.8331	61.7624
60	43.1562	55.8977	59.6108	61.8331	63.6412
90	42.2471	58.1969	60.2169	58.9341	62.2675
120	42.1460	57.2772	59.6108	62.3381	64.7624
150	42.8531	60.9559	60.2270	60.7422	65.9645
180	42.6481	59.5764	61.2270	62.2473	65.1665

Tablo 8.23. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Sarı boyalarının Çam talaşı üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 90 μm , Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 600 RPM)

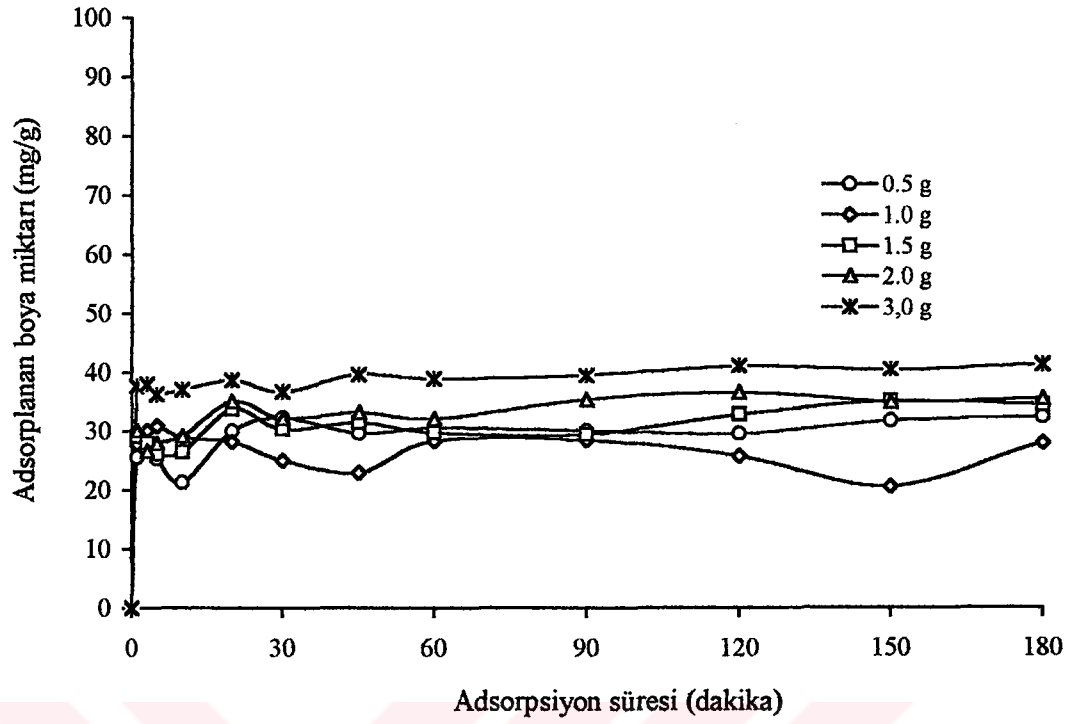
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorban kütlesi (g) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
1	35.4550	59.4128	64.6541	68.9121	70.9815
3	37.5420	60.1546	65.1250	64.2158	68.1540
5	34.2153	59.6874	63.4580	62.7840	66.4877
10	34.8575	57.5421	65.4510	65.5894	72.4595
20	35.4501	58.4510	66.4578	66.4890	74.5483
30	36.7442	60.6941	67.5401	68.4565	75.9801
45	37.2151	62.3684	67.9120	69.8787	76.5480
60	37.9134	63.4875	67.9920	70.5486	77.8791
90	38.6512	65.4587	70.6891	71.2569	78.2981
120	39.6540	66.2134	72.6420	72.6854	79.2486
150	38.1201	67.5410	74.6126	73.4850	80.4549
180	39.4521	66.5450	74.9645	71.5684	81.5486

Tablo 8.24. Adsorban kütlesinin Metal Kompleks Parlak Mavi boyalarının Çam talaşı üzerine adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75 μ m, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 200 RPM)

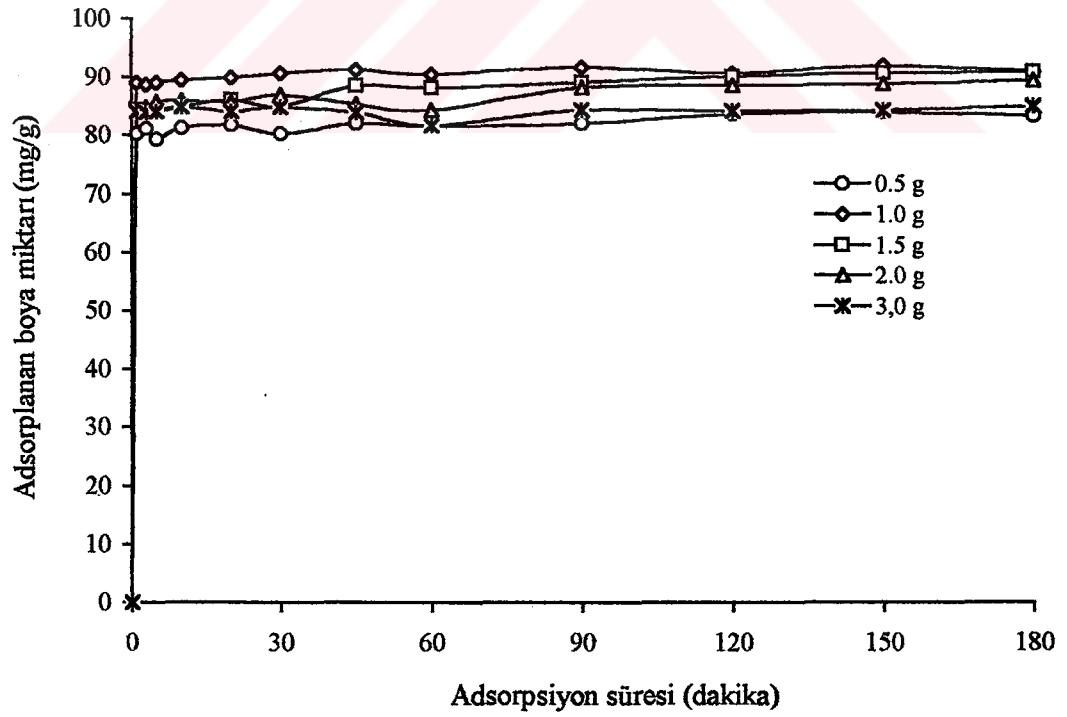
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorban kütlesi (g) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)				
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
1	28.5481	38.5401	45.4881	50.4512	52.4895
3	24.6478	36.1547	44.2879	50.9816	55.9740
5	26.4820	38.1564	44.2890	55.2149	56.4870
10	28.4891	40.1486	45.9641	56.1058	57.8899
20	27.4510	41.2154	47.9781	54.1858	56.2850
30	29.0145	40.5483	44.2180	55.2790	58.5641
45	29.4568	44.5498	42.6991	56.9740	57.9401
60	29.9874	45.1318	44.6971	58.0124	56.1579
90	30.1125	47.4598	46.1285	57.6480	58.1564
120	31.5481	48.1592	45.5489	56.9810	59.4859
150	32.5480	49.5641	45.0254	58.1150	60.0125
180	31.9821	49.8701	46.4254	58.6548	60.4512



Şekil 8.19. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna adsorban kütlesinin etkisi



Şekil 8.20. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna adsorban kütlesinin etkisi



Şekil 8.21. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna adsorban kütlesinin etkisi

Tablo 8.25. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak, pH=7,5, 200 RPM)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Boyar madde konsantrasyonu (mg/L) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)					
	25	50	100	150	200	300
1	10.5570	26.1584	43.8871	45.2860	56.4145	78.5489
3	10.8940	25.9338	46.3096	45.3183	57.8745	70.5614
5	11.0063	25.3722	45.8482	46.1629	59.7837	75.0602
10	10.4447	22.1153	48.7321	48.4998	61.4684	74.8356
20	10.4447	24.3615	47.5786	47.2536	59.1099	76.5202
30	10.1078	24.6984	50.1164	50.4199	61.9176	73.3756
45	12.2417	25.8215	45.8482	52.6768	65.0623	75.6217
60	8.4232	26.3830	52.0775	54.8799	63.4899	75.5219
90	10.1078	25.5969	52.4236	56.0030	61.8053	77.3064
120	9.5463	24.3615	53.3465	57.2276	61.1315	78.4295
150	11.7925	26.7200	53.3465	57.4414	62.9283	76.8529
180	11.4555	26.9446	52.7697	58.1261	63.4899	76.6566

Tablo 8.26. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak, pH=5,5, 200 RPM)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Boyar madde konsantrasyonu (mg/L) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)					
	25	50	100	150	200	300
1	9.2208	10.4645	27.7028	45.3366	40.2949	45.4428
3	7.9590	9.4939	30.0669	40.0953	37.3830	33.7664
5	7.7649	8.7133	30.8889	37.7659	36.4124	35.3193
10	8.2502	9.2998	28.9367	43.6866	40.4890	32.7958
20	7.8619	8.8145	28.1148	39.6100	37.2860	44.1491
30	7.3766	9.2027	25.0324	37.4747	40.0037	36.6782
45	5.8237	12.3087	22.9774	42.4248	39.0331	35.7076
60	3.9795	9.9792	28.2175	41.5512	41.9449	41.0432
90	3.3971	10.6587	28.3202	43.7836	39.2272	34.6078
120	6.0469	10.2704	25.6488	44.2689	37.7713	44.0138
150	5.3384	11.4351	20.5115	42.8130	44.3714	44.9373
180	6.3090	10.3600	27.8065	44.8513	44.6368	54.6487

Tablo 8.27. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 53 µm, Kar. süresi: 180 dak., pH=3,5, 200 RPM)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Boyar madde konsantrasyonu (mg/L) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)					
	25	50	100	150	200	300
1	16.2346	43.4376	89.0317	123.7209	147.5439	182.6204
3	20.9711	43.6579	88.7012	124.0514	149.3063	203.5487
5	20.0899	43.5478	89.0317	126.3645	148.7556	208.2851
10	20.3102	42.2260	89.4723	127.7965	151.2890	209.2765
20	20.7508	43.3274	89.9129	127.2457	151.3991	216.8768
30	20.7508	43.8782	90.6839	127.6776	152.7209	213.4621
45	21.5216	44.0985	91.2346	128.6776	157.4338	217.8681
60	21.6318	43.3275	90.4636	128.2370	159.1962	215.5550
90	21.4117	43.7681	91.6782	127.6863	158.9776	216.8768
120	21.6318	44.2087	90.5738	128.3472	159.3421	224.6801
150	21.1914	43.7681	91.8955	128.5675	159.1216	223.0971
180	21.6318	44.0985	90.7940	128.6776	158.9901	224.7580

Tablo 8.28. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: ≤ 53 µm, Kar. süresi: 180 dak., pH=3,5, 600 RPM)

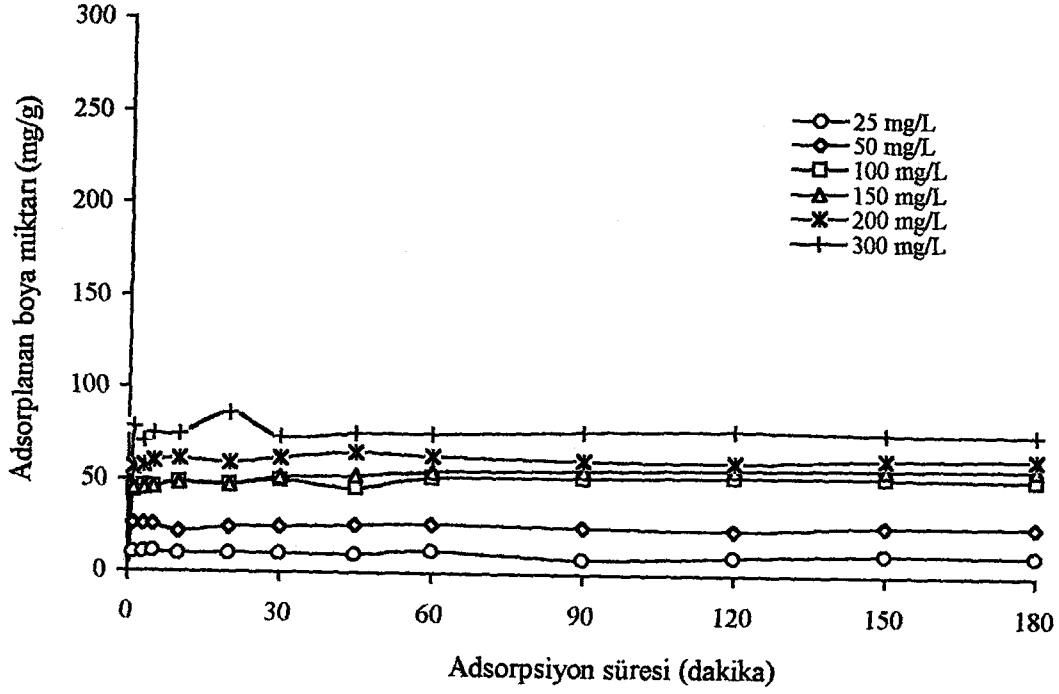
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Boyar madde konsantrasyonu (mg/L) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)					
	25	50	100	150	200	300
1	13.0104	27.2129	55.2540	79.0158	112.0122	165.0121
3	11.0356	26.0900	52.9548	80.0045	116.6521	162.9821
5	12.5844	27.1159	55.8058	81.5455	112.5491	164.9812
10	12.6929	28.0194	50.6557	81.0212	113.5455	165.2514
20	14.4582	27.9899	56.7254	81.7816	114.6321	166.8721
30	12.9484	28.1264	56.7254	82.5455	115.5422	168.9561
45	13.2698	28.5614	57.7371	82.9014	115.9814	167.8974
60	14.3677	28.9589	55.8977	83.0156	115.0245	168.6512
90	15.0912	28.0194	58.1969	84.4522	115.6521	169.2421
120	14.9912	29.2125	57.2772	83.9921	116.5454	168.3121
150	15.5437	29.5541	60.9559	84.9017	117.5102	168.6958
180	15.2645	29.9591	59.5764	86.2124	117.9854	169.5487

Tablo 8.29. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 90 µm, Kar. süresi: 180 dak, pH=3,5, 600 RPM)

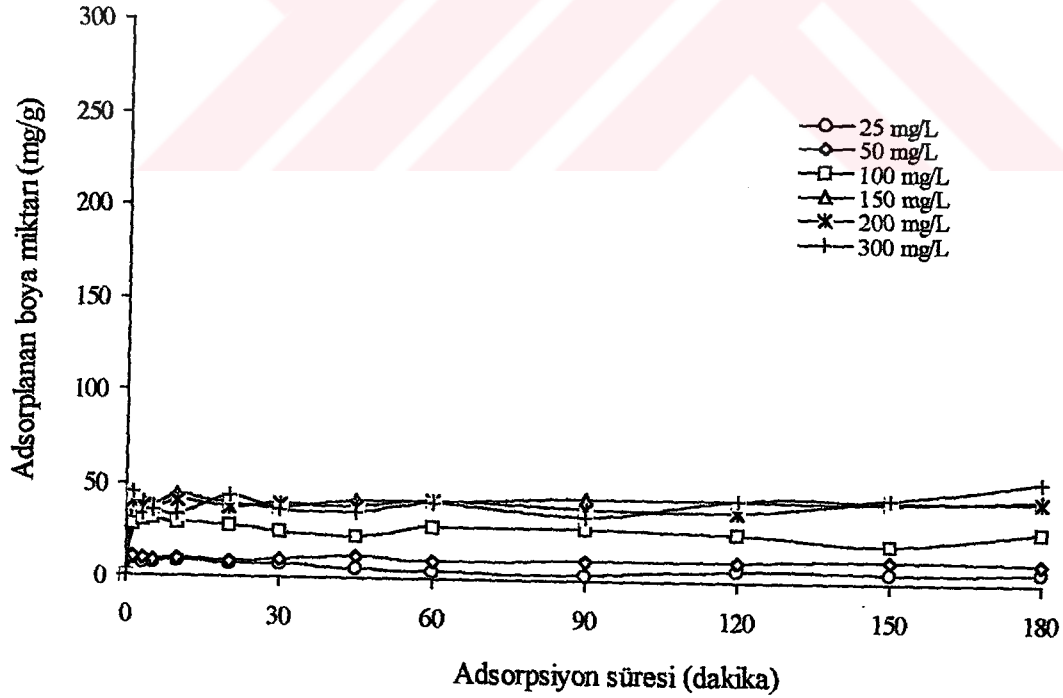
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Boyarmadde konsantrasyonu (mg/L) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)					
	25	50	100	150	200	300
1	12.5863	27.9912	59.4128	88.4871	124.5812	210.1994
3	10.5484	28.6541	60.1546	85.4587	120.1520	211.1565
5	11.6942	29.0153	59.6874	86.9810	124.1520	208.6540
10	13.4458	27.1556	57.5421	89.6481	126.1325	207.5468
20	14.4586	28.9450	58.4510	90.1562	130.6978	212.1562
30	15.6541	29.4456	60.6941	92.2156	131.4949	215.1564
45	12.9485	30.0121	62.3684	96.4553	136.4612	220.9431
60	13.4562	30.1213	63.4875	98.1578	139.4156	216.2560
90	14.8562	31.6421	65.4587	99.4530	140.9898	221.3693
120	15.5662	33.1560	66.2134	100.1589	138.2546	223.2667
150	15.0165	35.2130	67.5410	101.0189	140.6541	224.6589
180	15.7464	34.5612	66.5450	101.4341	141.7458	224.3519

Tablo 8.30. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunun Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak, pH=3,5, 200 RPM)

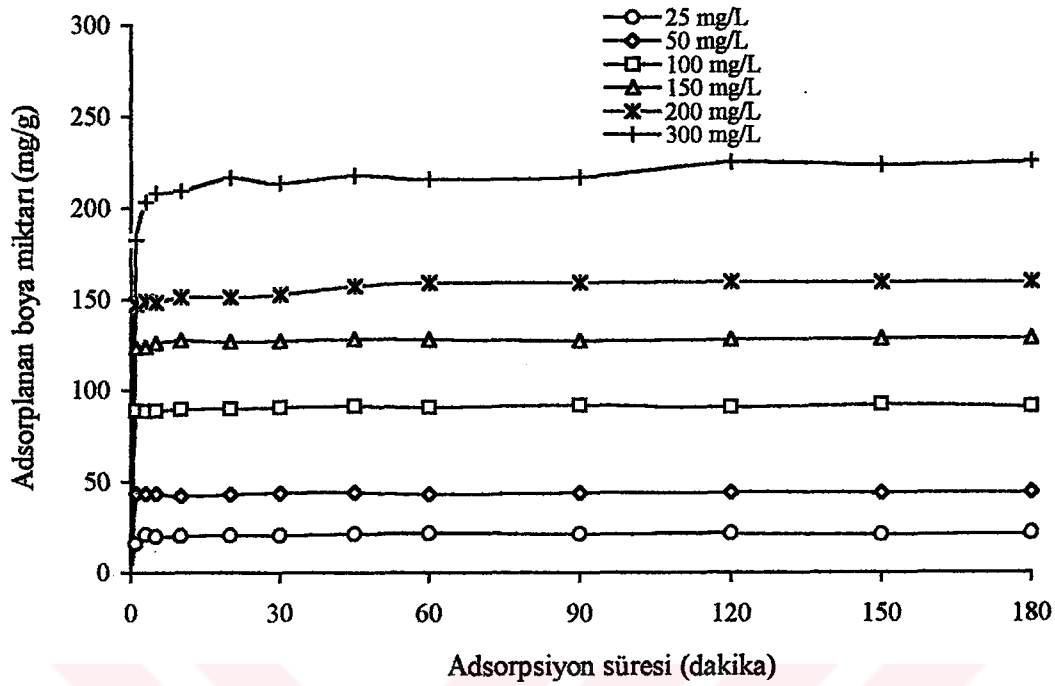
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Boyarmadde konsantrasyonu (mg/L) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)					
	25	50	100	150	200	300
1	8.2568	16.0126	38.5401	65.1520	83.4545	166.9871
3	8.6512	14.6412	36.1547	62.6548	80.6412	167.6540
5	7.9421	13.5521	38.1564	65.1590	78.4561	168.9874
10	7.6423	15.2316	40.1486	66.4945	74.4662	169.1542
20	8.9874	17.9553	41.2154	68.9641	78.4561	156.9841
30	9.6542	18.5461	40.5483	70.1589	80.2461	169.4531
45	10.6541	19.5644	44.5498	62.4687	88.6466	158.1564
60	8.4456	20.5689	45.1318	64.5852	95.5641	165.1563
90	9.5463	18.1312	47.4598	68.4512	85.5641	169.5410
120	10.9942	20.6487	48.1592	72.4858	99.4641	170.6642
150	11.4512	21.4137	49.5641	74.8701	104.9826	171.0419
180	11.1149	21.4512	49.8701	73.4561	100.4561	170.5460



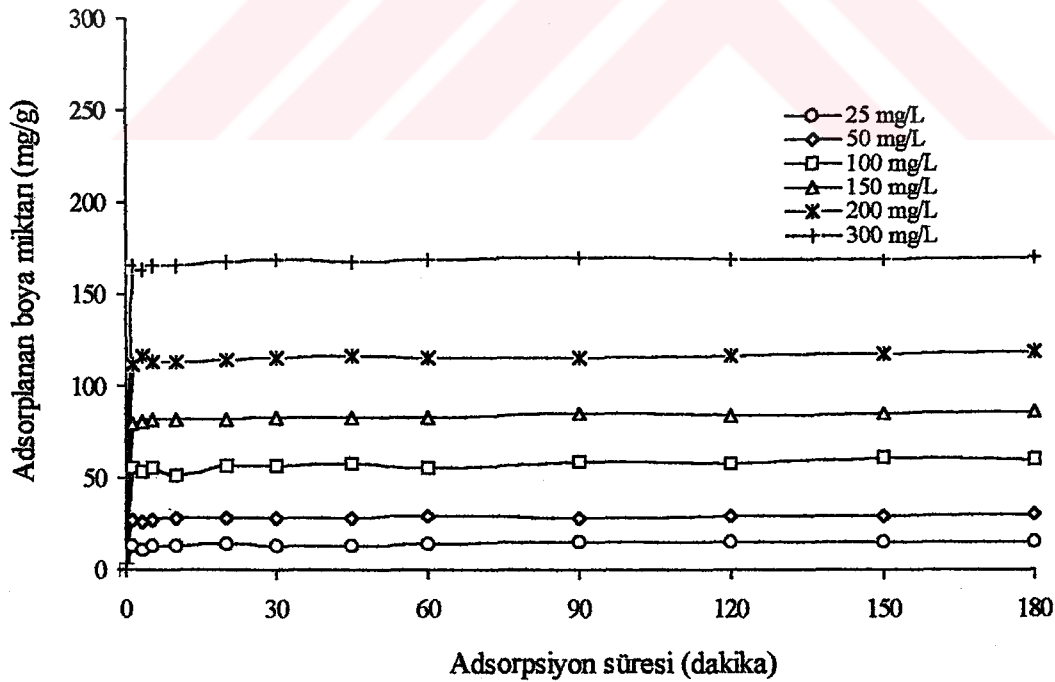
Şekil 8.25. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi



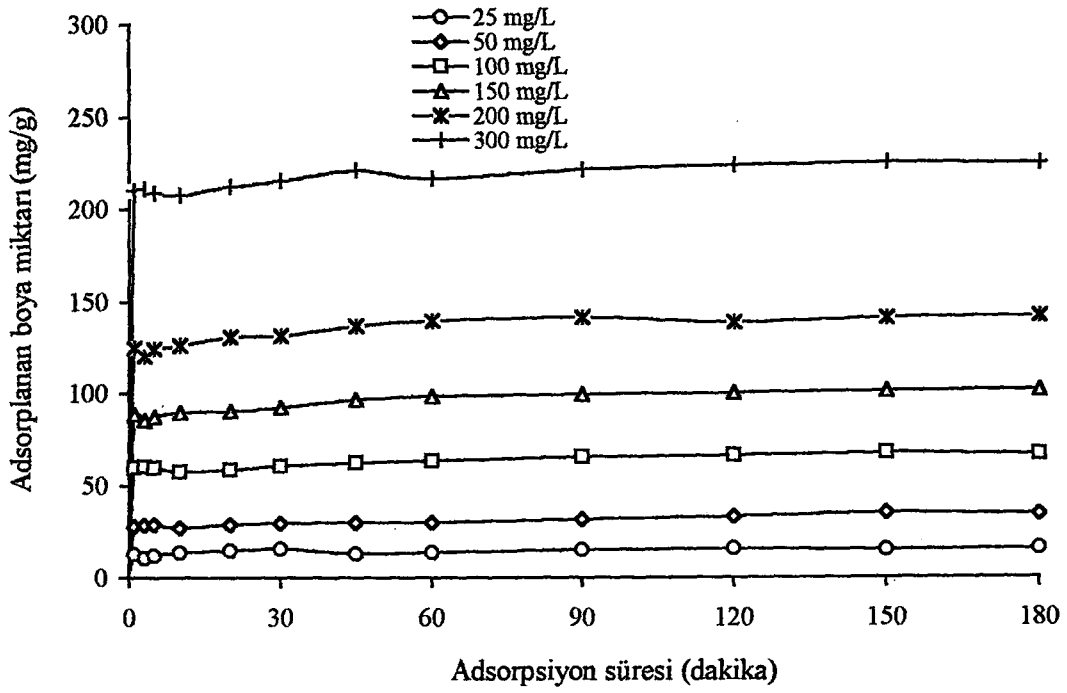
Şekil 8.26. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi



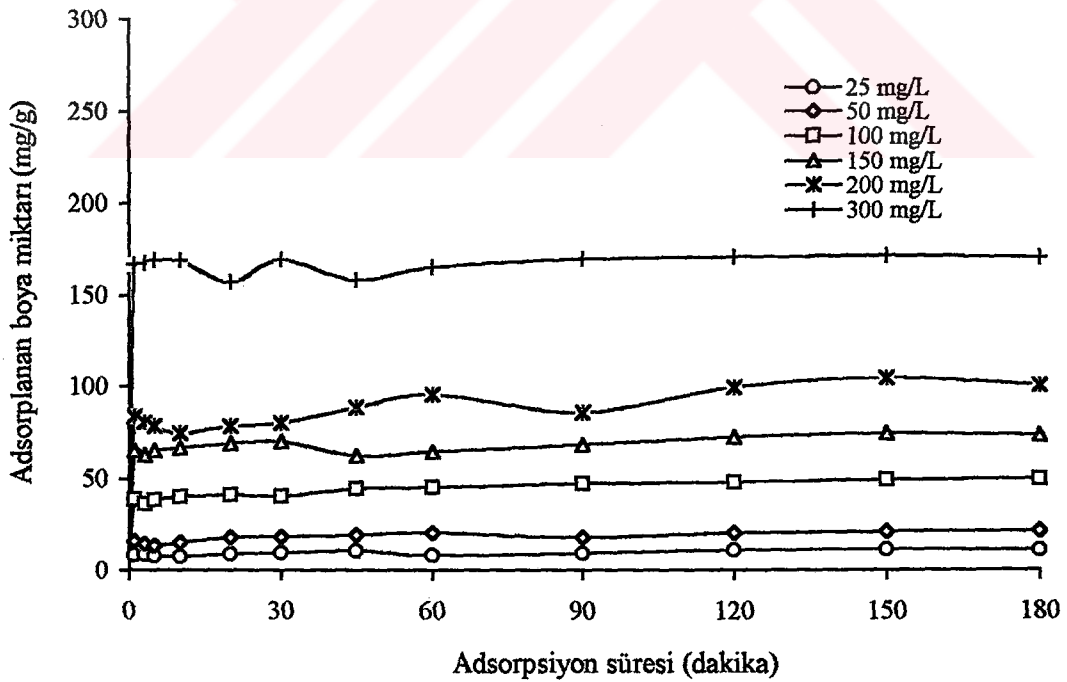
Şekil 8.27. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi



Şekil 8.28. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi



Şekil 8.29. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi



Şekil 8.30. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna boyar madde konsantrasyonunun etkisi

8.6. Sıcaklığın Etkisi

Bu çalışmada bentonit, zeolit ve çam taşalı üzerinde, Metal Kompleks Sarı (Lanasan Yellow CFB) ve Metal Kompleks Parlak Mavi (Lanasan Brillant Blue CFB-A) boyar maddelerinin adsorpsiyonlarına sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo 8.31-8.36 ve Şekil 8.31-8.36 de verilmiştir.

Tablo 8.31-8.36 ile Şekil 8.31-8.36 incelendiğinde çalışılan sıcaklık aralığında, adsorpsiyon tüm boya – adsorban karışımlarında düştüğü gözlenmektedir. Bu durum adsorpsiyonun ekzotermik olduğunu, bu yüzden sıcaklık artışıyla adsorpsiyonun düştüğünü göstermektedir.

Tablo 8.31. Sıcaklığın Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=7,5, 200 RPM)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)			
	298	313	333	353
1	43.8871	29.8569	30.3380	25.1241
3	46.3096	25.8879	33.7057	28.2590
5	45.8482	42.6061	26.4892	23.4870
10	48.7321	43.9184	24.5649	21.0078
20	47.5786	41.1628	19.3930	17.2526
30	50.1164	32.9841	14.9429	10.2320
45	45.8482	44.8913	22.2796	20.8794
60	52.0775	49.4617	16.7470	11.5452
90	52.4236	47.1765	26.1284	24.1121
120	53.3465	49.5820	29.1353	24.9945
150	53.3465	52.5889	29.3758	24.0012
180	52.7697	51.6267	26.7298	24.5421

Tablo 8.32. Sıcaklığın Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Bentonit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=5,5, 200 RPM)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)			
	298	313	333	353
1	27.7028	22.3845	13.2828	10.0101
3	30.0669	21.2843	11.5684	9.9536
5	30.8889	19.7699	14.3830	10.1154
10	28.9367	18.8838	8.6820	9.6487
20	28.1148	21.9844	10.6824	9.0112
30	25.0324	21.0842	7.7818	8.7878
45	22.9774	22.4845	9.9815	9.0121
60	28.2175	23.8847	9.1812	7.0112
90	28.3202	24.6849	8.9808	7.9898
120	25.6488	25.5836	9.5805	8.0123
150	26.5115	25.1850	9.9501	6.4510
180	27.8065	26.9853	8.9951	6.0013

Tablo 8.33. Sıcaklığın Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 53 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 200 RPM)

Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)			
	298	313	333	353
1	89.0317	85.0311	70.5454	65.1211
3	88.7012	84.5641	69.9812	64.1523
5	89.0317	85.1254	71.5412	65.5501
10	89.4723	85.6523	71.9745	65.7012
20	89.9129	85.7987	75.5451	65.6809
30	90.6839	86.0254	73.5612	63.7501
45	91.2346	87.5560	72.5401	64.2596
60	90.4636	86.5836	71.9500	65.9601
90	91.6782	87.2459	71.5403	66.0124
120	90.5738	86.5456	72.3452	66.9854
150	91.8955	87.6457	72.8417	67.5450
180	90.7940	87.4561	72.0012	68.0012

Tablo 8.34. Sıcaklığın Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Zeolit üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: $\leq 53 \mu\text{m}$, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 600 RPM)

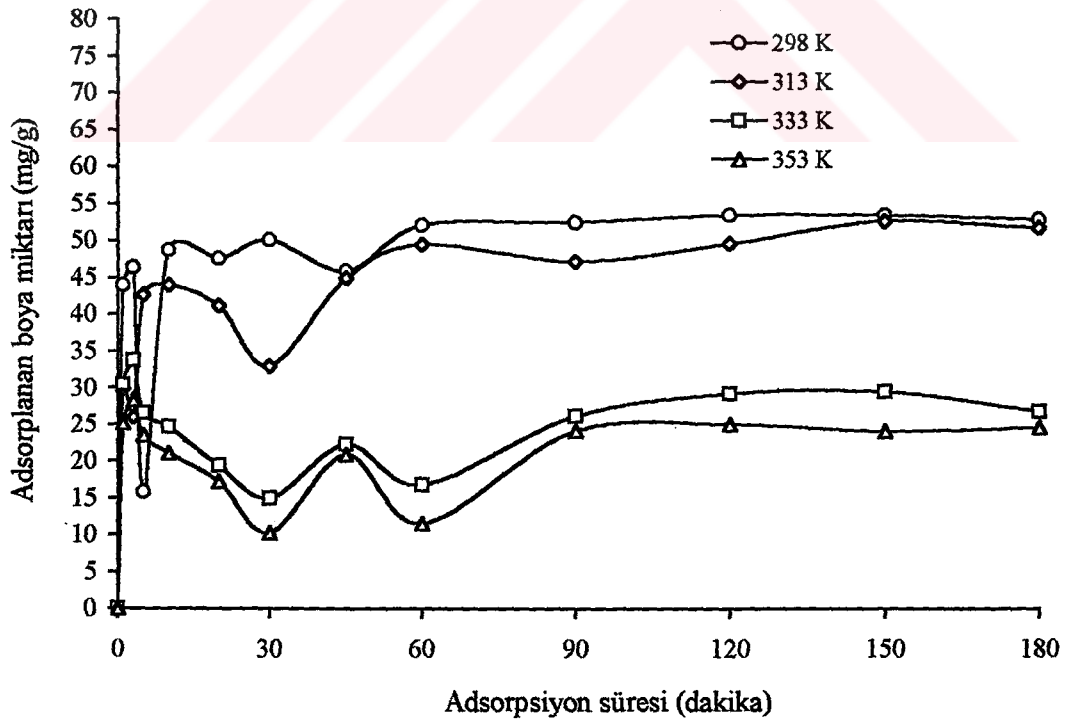
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)			
	298	313	333	353
1	55.2540	50.0165	42.0879	36.0124
3	52.9548	49.4561	43.6410	36.5420
5	55.8058	51.1265	41.9451	34.7612
10	50.6557	52.6512	43.0123	33.9541
20	56.7254	52.0198	45.1521	34.6540
30	56.7254	52.4598	43.5487	36.6161
45	57.7371	52.9871	46.9841	35.9809
60	55.8977	53.6001	45.0124	35.4510
90	58.1969	54.3124	44.9845	36.6510
120	57.2772	53.2124	45.1298	36.8790
150	60.9559	53.5647	46.5421	37.6587
180	59.5764	53.8541	46.8720	37.9554

Tablo 8.35. Sıcaklığın Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 90 μm , Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 600 RPM)

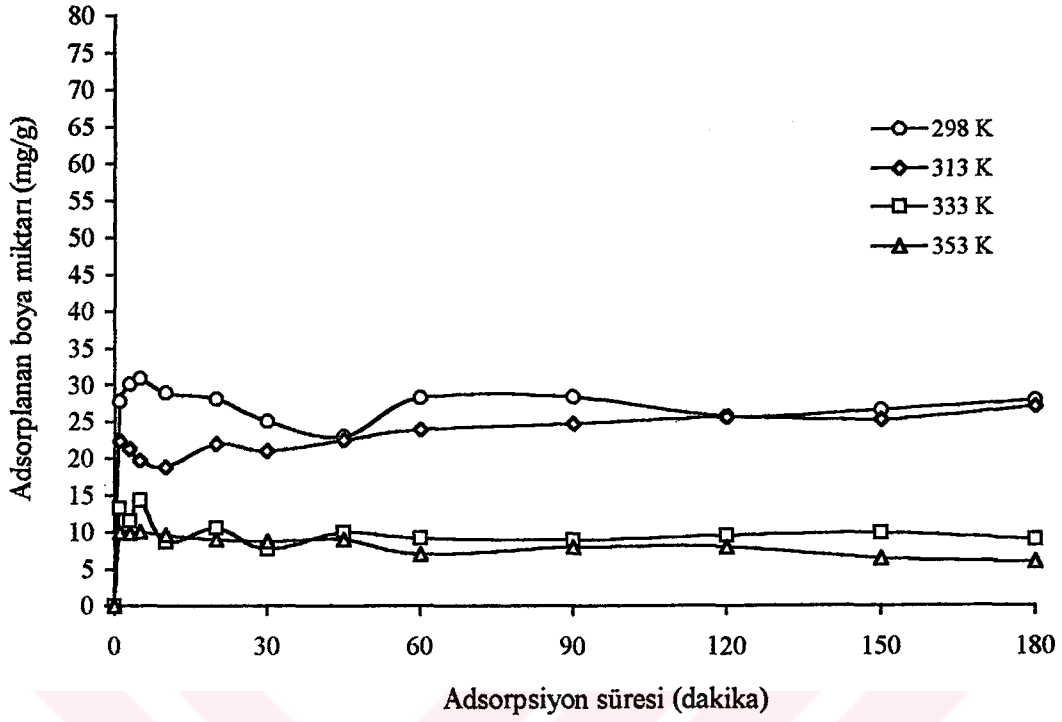
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)			
	298	313	333	353
1	59.4128	45.2187	39.5242	30.4512
3	60.1546	43.4210	35.4510	25.4512
5	59.6874	41.5640	36.5420	26.5480
10	57.5421	43.6978	37.6420	27.6541
20	58.4510	44.2101	37.6541	28.6540
30	60.6941	45.6897	38.6542	30.5421
45	62.3684	47.6510	38.9980	32.6541
60	63.4875	48.6541	39.5410	34.2153
90	65.4587	50.3210	40.5421	36.6541
120	66.2134	48.5401	41.6452	38.8787
150	67.5410	49.3152	42.6541	37.6540
180	66.5450	49.5521	43.6510	30.5421

Tablo 8.36. Sıcaklığın Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonuna etkisi (doz: 1g/100 mL, tanecik boyutu: 75 µm, Kar. süresi: 180 dak., Kons.: 100 mg/L, pH=3,5, 200 RPM)

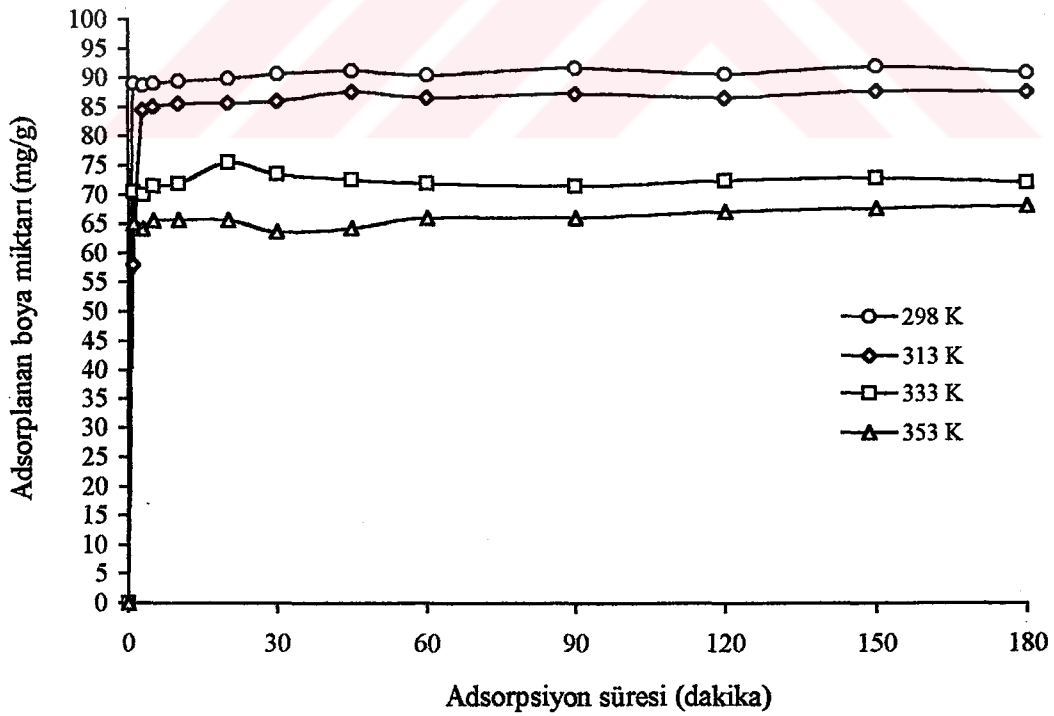
Adsorpsiyon süresi (dakika)	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Adsorplanan boya miktarı (mg/g)			
	298	313	333	353
1	38.5401	34.6540	30.5410	26.4512
3	36.1547	30.5412	24.6540	24.2154
5	38.1564	28.6420	27.5401	25.5412
10	40.1486	31.3540	31.1231	27.1245
20	41.2154	33.6540	32.5412	28.6401
30	40.5483	35.1206	33.2154	29.6541
45	44.5498	36.6540	32.5461	27.2164
60	45.1318	37.8911	31.5421	28.5421
90	47.4598	38.6641	32.6587	26.6879
120	48.1592	39.6410	33.6451	27.4598
150	49.5641	40.5410	34.1211	28.5461
180	49.8701	41.2231	34.2424	28.9541



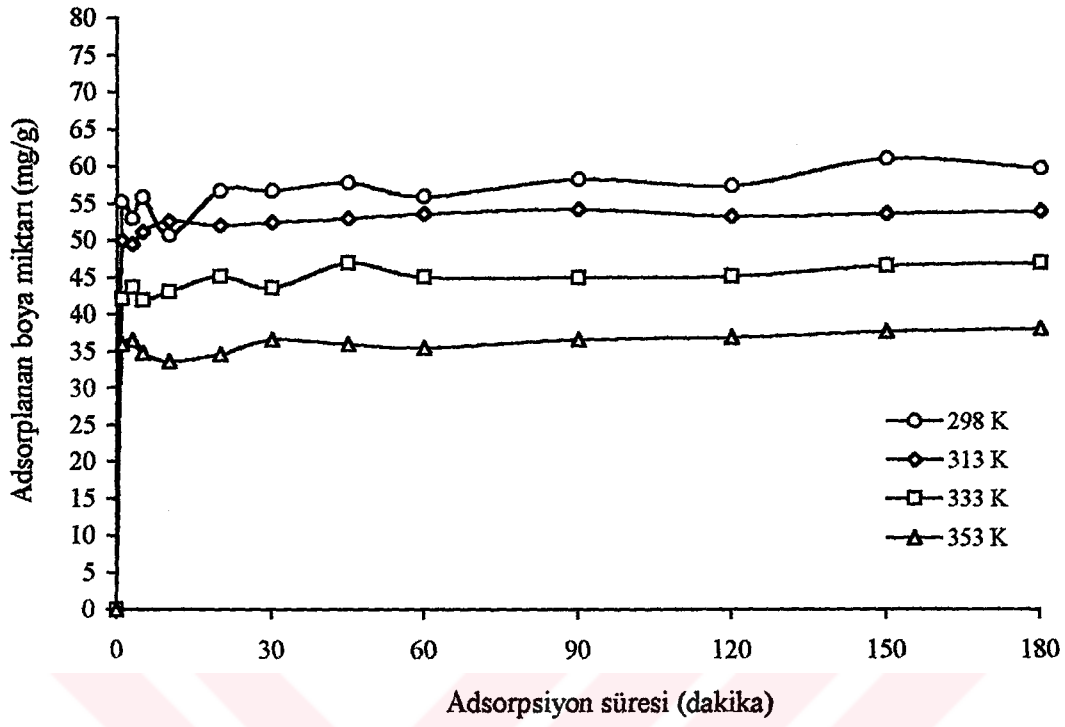
Şekil 8.31. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi



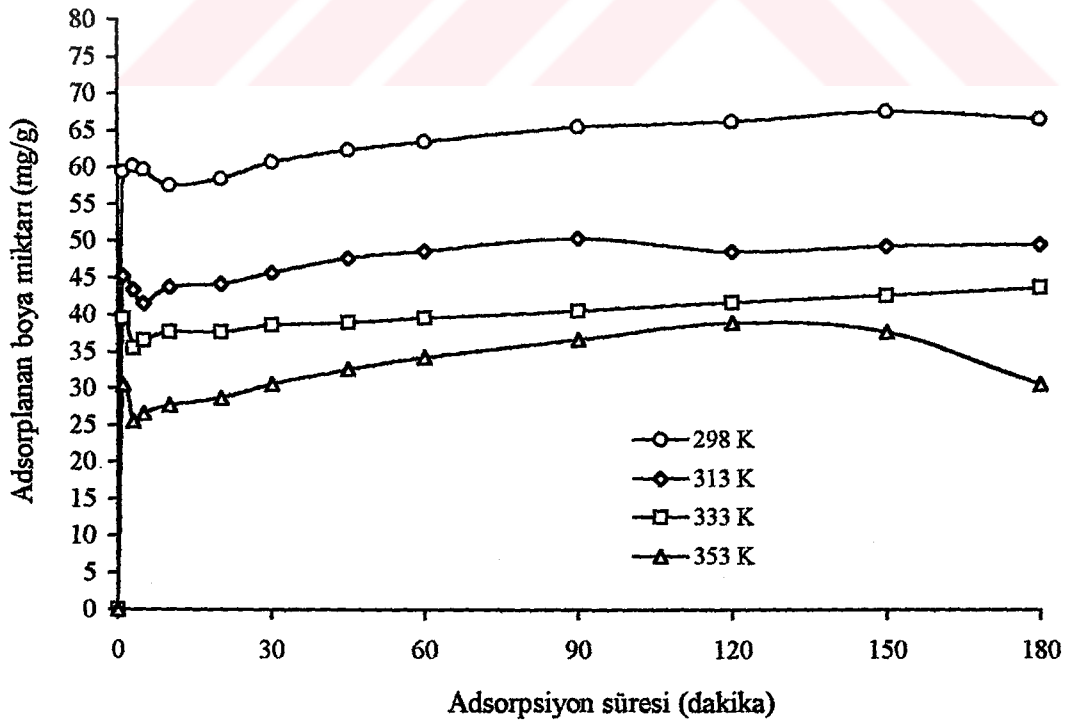
Şekil 8.32. Bentonit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi



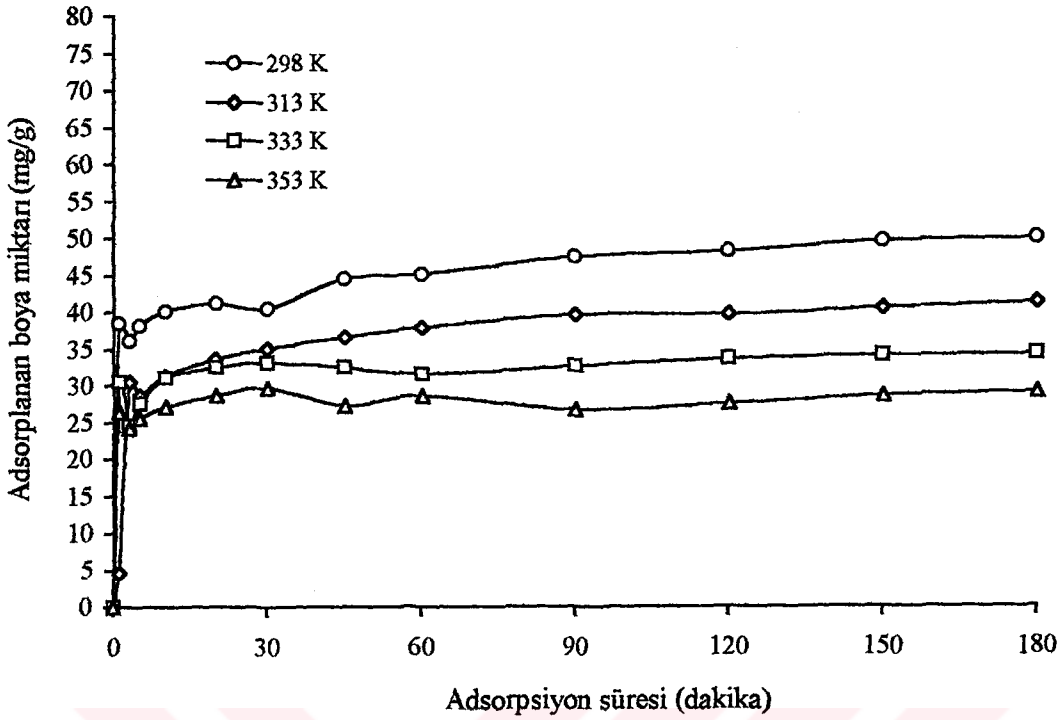
Şekil 8.33. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi



Şekil 8.34. Zeolit üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi



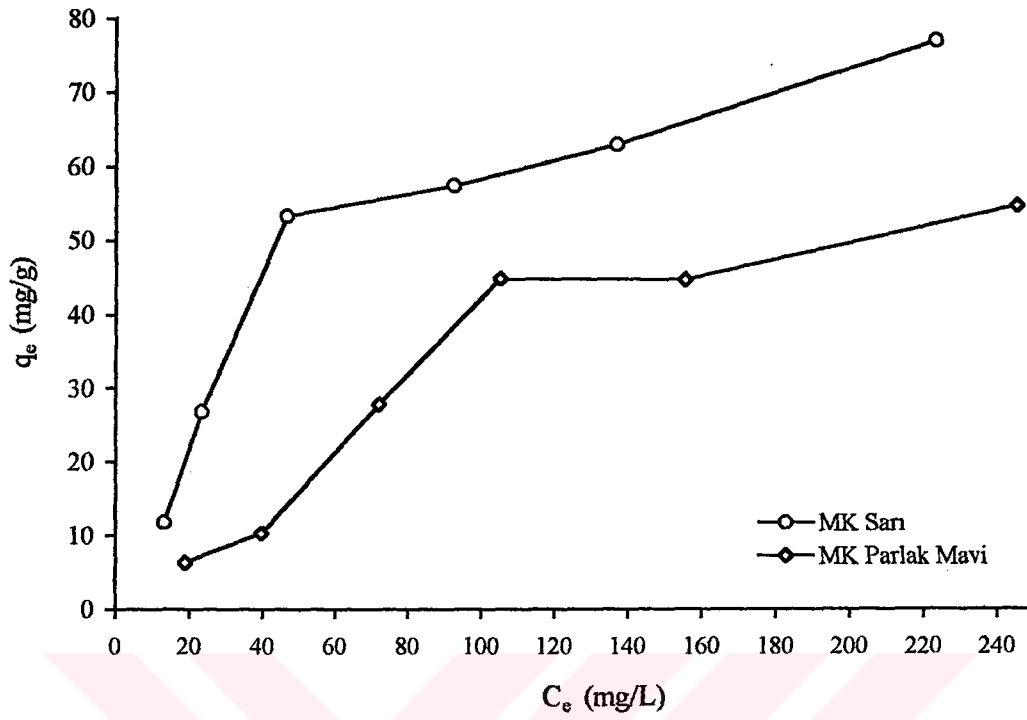
Şekil 8.35. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Sarı boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi



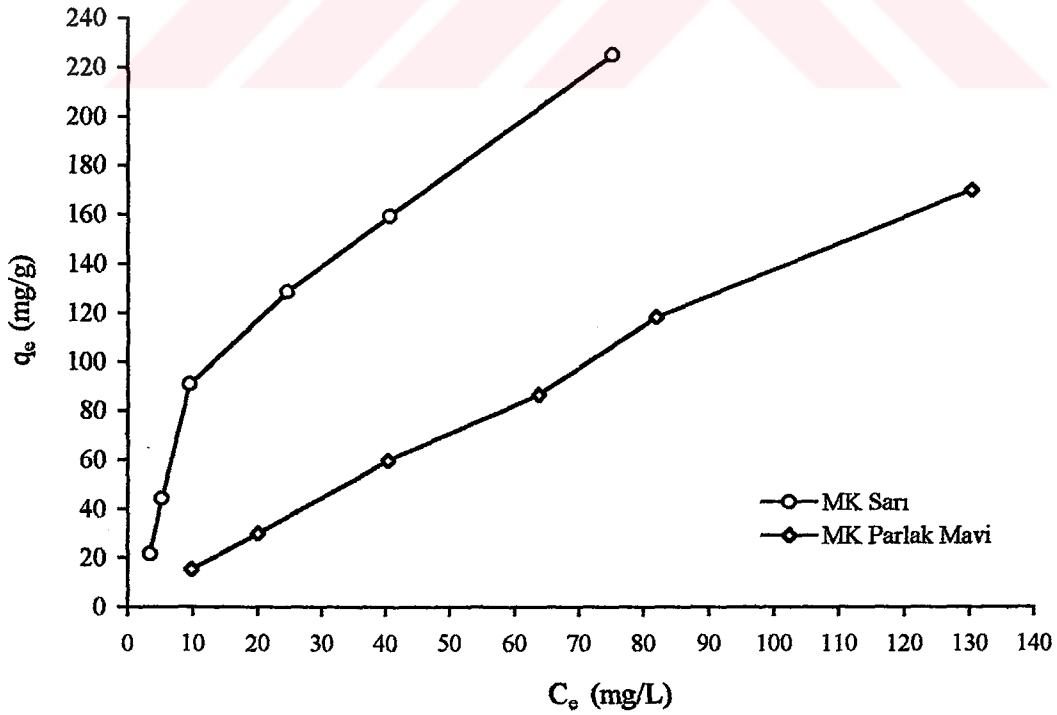
Şekil 8.36. Çam talaşı üzerinde, Metal Kompleks Parlak Mavi boyar maddesinin adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi

8.7. Adsorpsiyon İzotermeleri

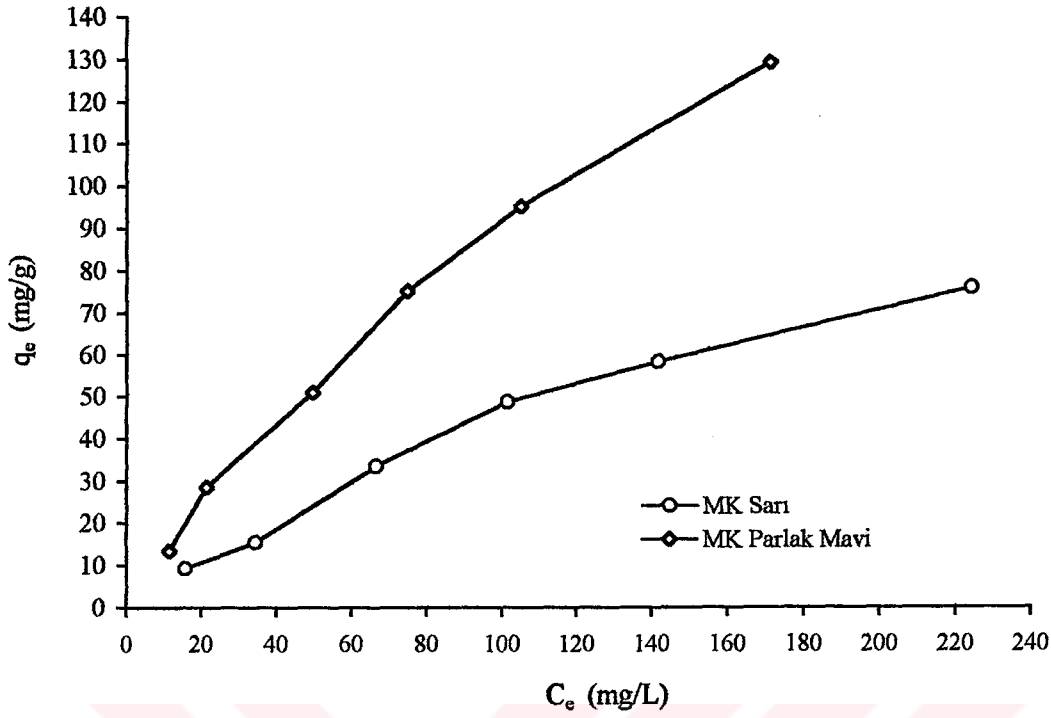
Bir adsorpsiyon sistemi dengede iken, boyanın adsorban ve çözelti arasındaki dağılımı, boya için adsorbanın kapasitesini belirlemede önemlidir [37]. Bu nedenle adsorpsiyon izotermeleri bentonit – metal kompleks, zeolit – metal kompleks ve çam talaşı – metal kompleks boya sistemleri için belirlenmiş ve Şekil 8.37-39 da verilmiştir. Şekil 8.37., 8.38. ve 8.39 sıra ile bentonit, zeolit ve çam talaşı üzerine adsorplanan 2 boyar maddenin doygunluk eğrilerini göstermektedir. Şekil 8.37.'de görüldüğü gibi MK Parlak Mavi için olan izoterm düşük C_e ve q_e değerleri için başlangıçta keskin bir artış gösterirken hemen hemen bütün eğrilerde sonunda bir düzleşme ulaşılmıştır ki, bu adsorbanın artık doyduğunu göstermektedir. Aynı durum Şekil 8.38. ve 8.39'da MK Sarı boyasının izoterm için de geçerlidir. İzotermelerin eğilmesindeki azalma, q_e deki küçük artış için C_e değerlerinin önemli ölçüde artmasından dolayı tek tabakalı olmaya yönelmiştir. Bu durum adsorpsiyon prosesinin sonunda elde edilebilir aktif bölgelerin azlığında ve/veya yüzey bölgelerinin boya molekülleriyle kısmen kaplanması nedeniyle artık adsorpsiyonun zorlaşmasından dolayıdır [38].



Şekil 8.37. Bentonit üzerinde metal kompleks boyaların adsorpsiyon izotermi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 60 dak.,)



Şekil 8.38. Zeolit üzerinde metal kompleks boyaların adsorpsiyon izotermi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 60 dak.,)



Şekil 8.39. Çam talaşı üzerinde metal kompleks boyaların adsorpsiyon izotermi (doz: 1g/100 mL, Kar. süresi: 60 dak.)

İzoterm verilerinin analizi, sonuçları doğru şekilde gösteren bir eşitlik geliştirmek için önemlidir [37]. Bu çalışma sonunda, sonuçların doğru ifade edimesine en iyi uyan Langmuir ve Freundlich izotermi kullanılmıştır. Langmuir izotermi yüzey düzleminde göç etmeyen adsorbat ile adsorpsiyon enerjileri uniform olan sınırlı sayıda adsorpsiyon bölgesi içeren bir yüzey üzerine adsorpsiyonun tek tabakalı olduğunu varsayar. Freundlich izotermi ise yüzeyin kaplanmasının bir fonksiyonu olarak Langmuir eşitliğindeki enerji teriminin değiştiğini ve böylece yüzey enerjisinin heterojen olduğunu varsayar [32].

Çözümlerden metal kompleks boyaların adsorpsiyonunun, yaygın olarak kullanılan adsorpsiyon izotermine uygunluğunun araştırılması için, kullanılan lineer Langmuir izotermi eşitlik (7) ve lineer Freundlich izotermi eşitlik (8) de gösterilmiştir.

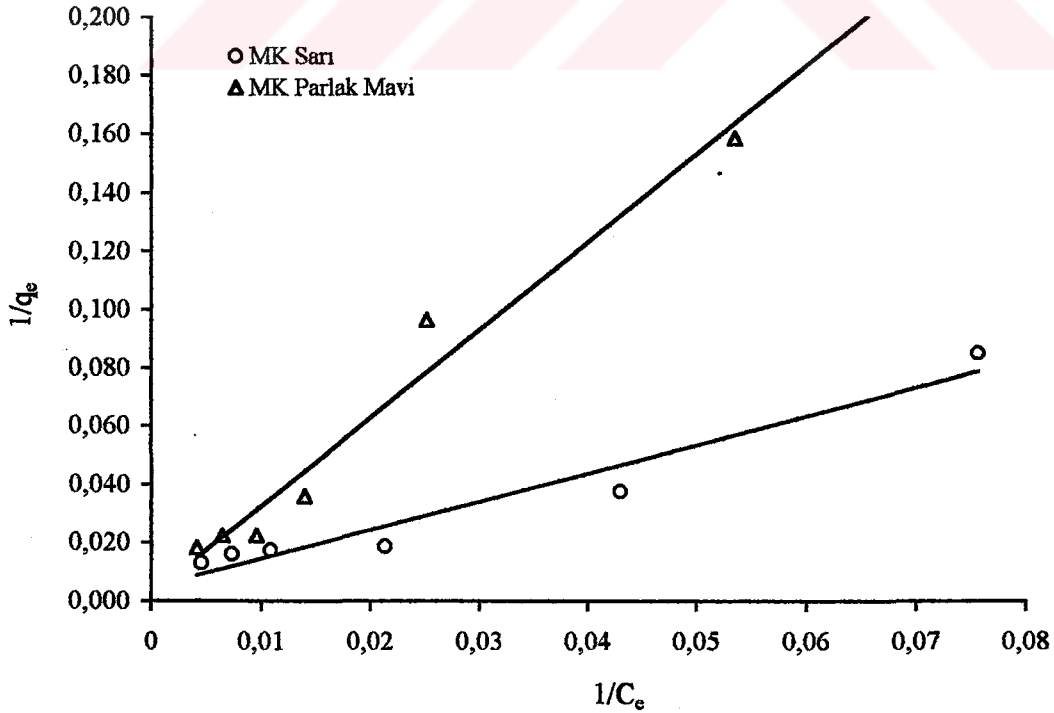
$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q} + \frac{1}{bQ} \cdot \frac{1}{C_e} \quad (7)$$

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (8)$$

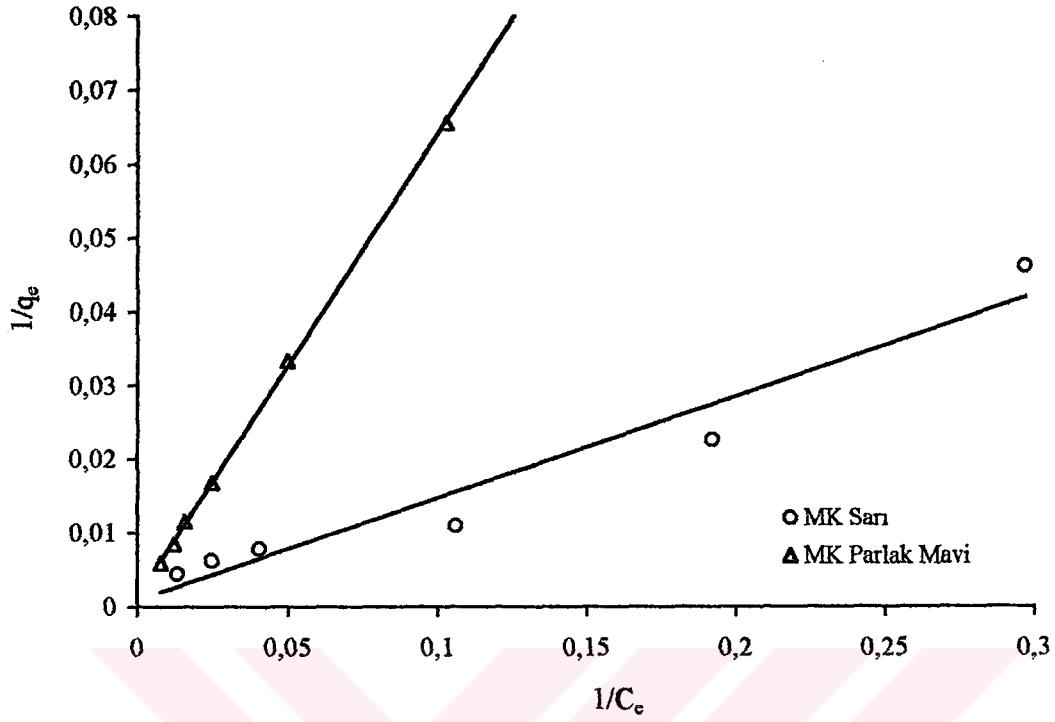
Burada q_e : adsorbanın birim ağırlığı başına adsorplanan boyanın miktarı, mg/g; C_e : adsorpsiyonda dengeye ulaşıldığında çözeltide kalan boyanın konsantrasyonu, mg/L; Q : yüzeyde oluşan tek tabaka tamamlandığında adsorbanın birim ağırlığında adsorplanan boyanın miktarı, mg/g; b : enerji ile ilişkili bir sabit veya net entalpi, L/mg; K_F ve n Freundlich sabitleridir.

Metal kompleks boyaların alunit ile adsorpsiyonuna ait verilerin lineer Langmuir izotermi Şekil 8.40-42 ve lineer Freundlich izotermi Şekil 8.43-45 lerde verilmiştir.

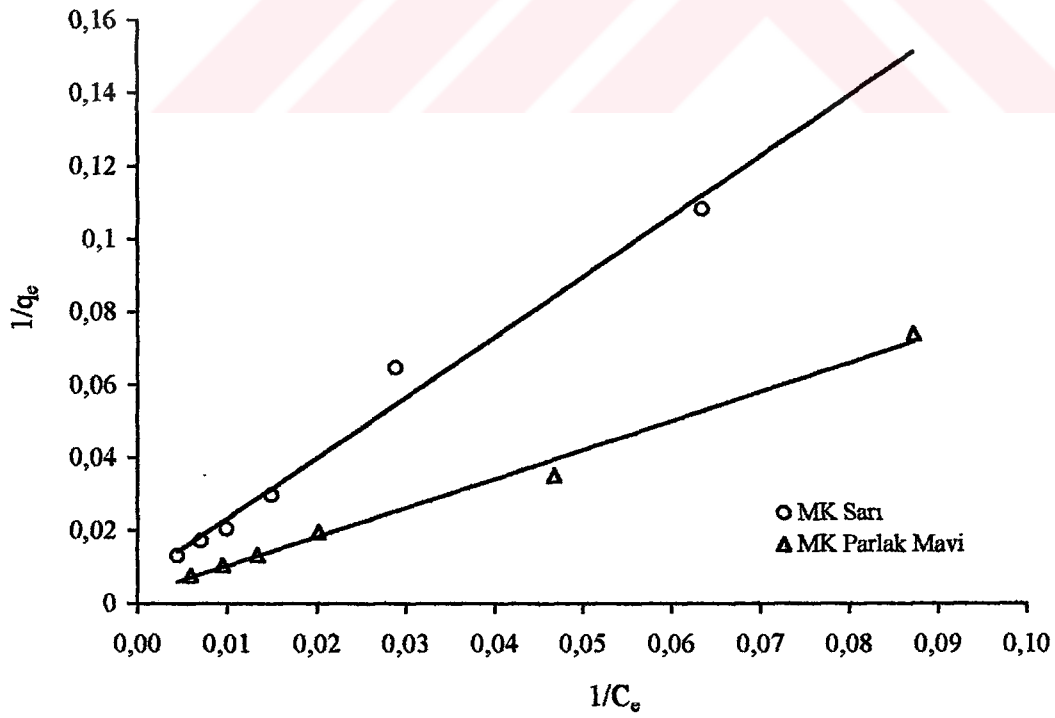
Adsorbanlar üzerine boyaların adsorpsiyonu için lineer izoterm modellerinin sabitleri Tablo 8.37-39 larda verilmiştir.



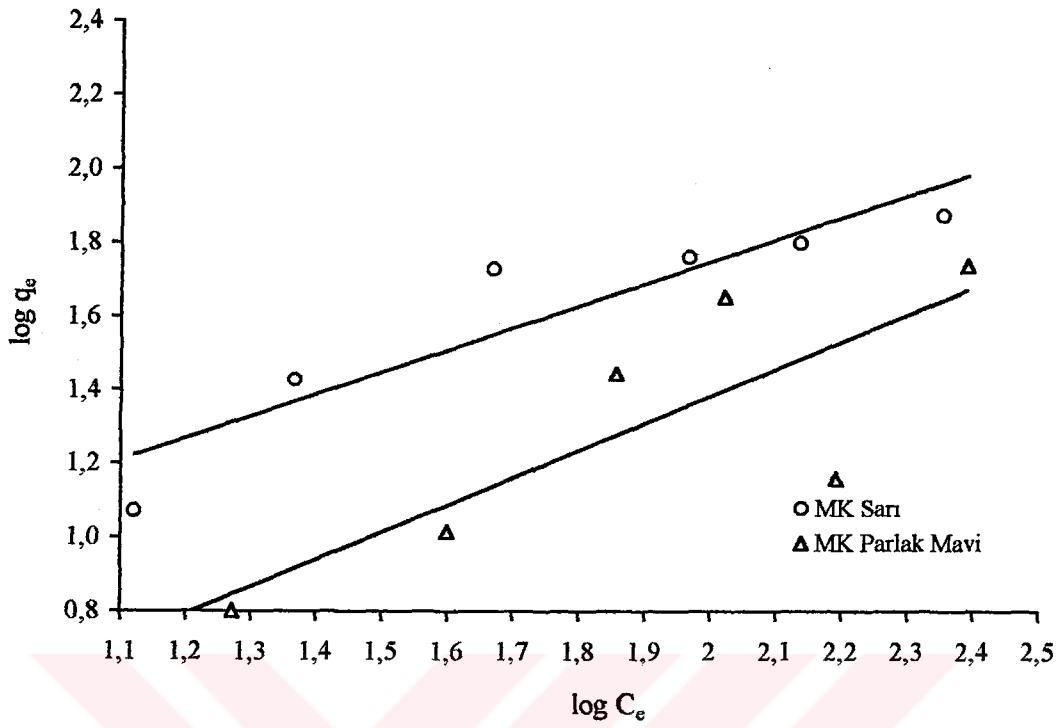
Şekil 8.40. Bentonit üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Langmuir izotermi



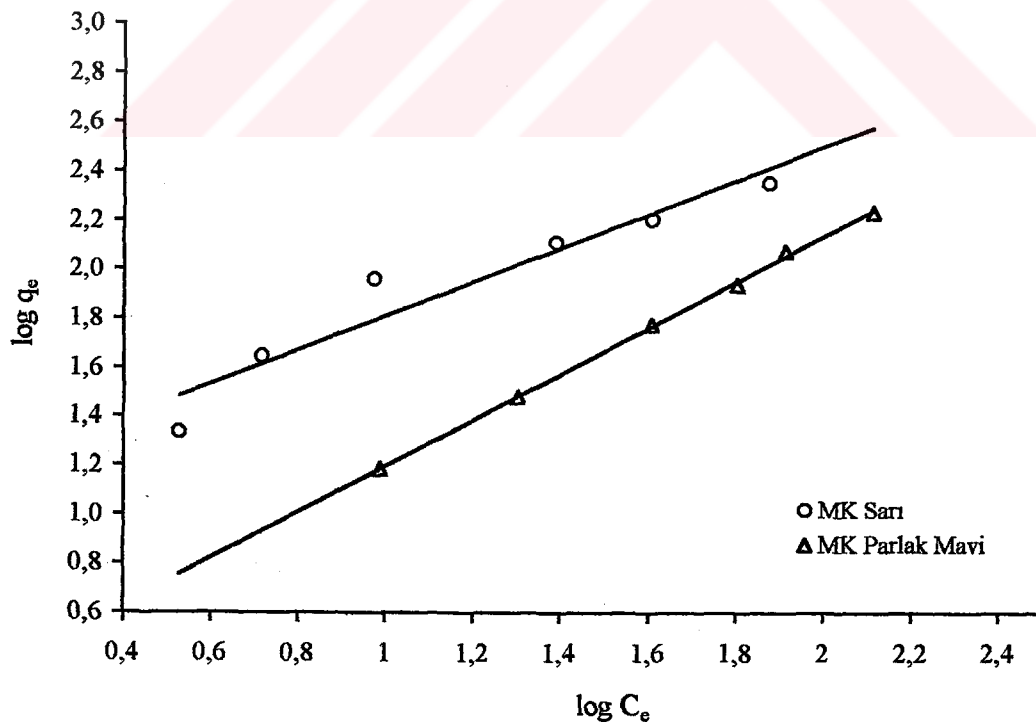
Şekil 8.41. Zeolit üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Langmuir izotermi



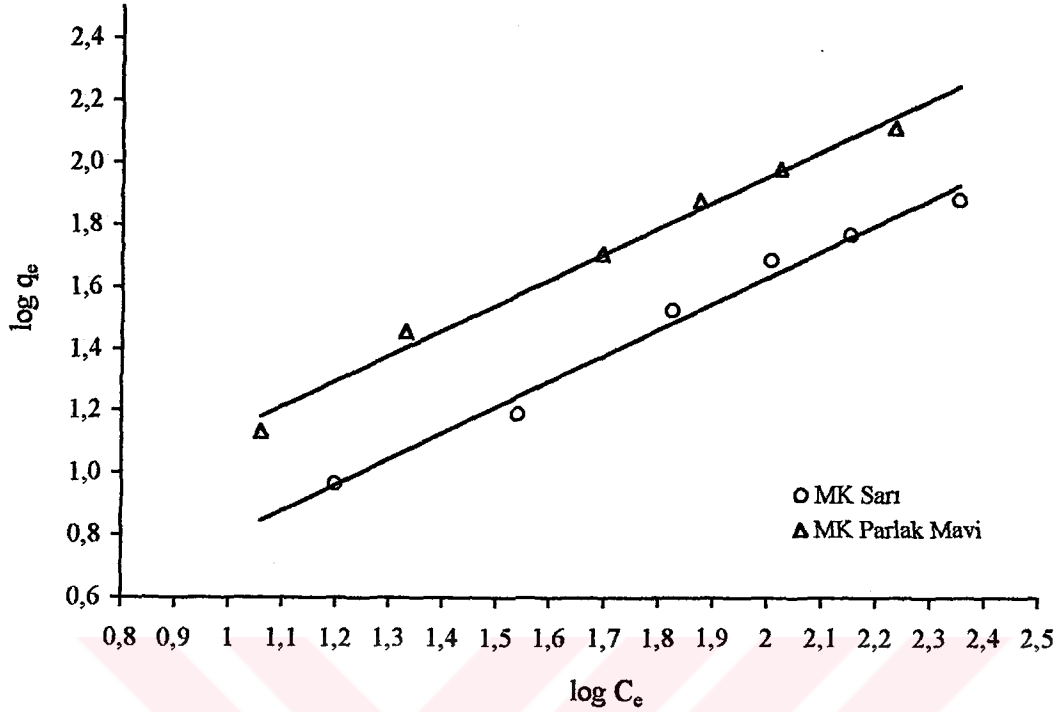
Şekil 8.42. Çam taşalı üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Langmuir izotermi



Şekil 8.43. Bentonit üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Freundlich izotermi



Şekil 8.44. Zeolit üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Freundlich izotermi



Şekil 8.45. Çam talaşı üzerine metal kompleks boyaların adsorpsiyonu için lineer Freundlich izotermi

Tablo 8.37 Bentonit adrobanı ile yapılan denemelerde Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

Boya	Langmuir sabitleri			Freundlich sabitleri		
	Q	b	r^2	K_F	n	r^2
MK Sarı	208.33	0.0049	0.9455	3.5539	1.6706	0.8552
MK P.Mavi	400	0.0008	0.9682	0.8080	1.3550	0.6553

Tablo 8.38 Zeolit adrobanı ile yapılan denemelerde Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

Boya	Langmuir sabitleri			Freundlich sabitleri		
	Q	b	r^2	K_F	n	r^2
MK Sarı	1111.11	0.0065	0.9440	13.1583	1.4524	0.9216
MK P.Mavi	769.23	0.0021	0.9995	1.8214	1.0682	0.9990

Tablo 8.39 Çam talaşı adrobanı ile yapılan denemelerde Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

Boya	Langmuir sabitleri			Freundlich sabitleri		
	Q	b	r^2	K_F	n	r^2
MK Sarı	147.06	0.0041	0.9812	0.9116	1.1965	0.9848
MK P.Mavi	400	0.0032	0.9914	2,0498	1,2174	0.9894

Adsorpsiyon kapasiteleri (Q) incelendiğinde, en iyi sonuçlar zeolit adsorbanında alındığı söylenebilir. MK Sarı boyasının adsorpsiyon kapasiteleri büyükten küçüğe doğru sıralandığında zeolit, bentonit ve çam talaşı şeklinde olur. MK Parlak Mavi boyası için ise, zeolit en yüksek adsorpsiyon kapasitesini vermiştir. Deneysel veriler sonucunda, çam talaşı ve bentonit aynı kapasitede görülmektedirler. Adsorpsiyon kapasitelerini için varmış olduğumuz sonuçlar her boya için belirlenen çalışma şartlarında en uygun adsorbanı belirlememizde yardımcı olacaktır. Regrasyon katsayısı (r^2) değerleri 1'e yaklaştıkça sonuçların doğruluğu artmaktadır.

Genel olarak lineer izoterm sabitleri incelendiğinde; adsorpsiyon prosesinin her iki adsorpsiyon modeline de uyduğu, ancak Langmuir izotermine daha iyi uyduğu görülmektedir.

8.8. Termodinamik Parametreler

Termodinamik parametreler, termodinamik denge sabitinin (K) değişiminden hesaplanır. Bu sabit yüzeyde bulunan boya konsantrasyonunun, çözeltideki denge konsantrasyonuna bölümü ile bulunur.

Standart serbest enerjideki değişim (ΔG) eşitlik (9) ve entalpi değişimi (ΔH) eşitlik (10) ile hesaplanabilir. Ayrıca negatif ΔH değerleri çok katlı adsorpsiyonun meydana geldiğinin göstergesidir [41].

$$\Delta G = -RT \ln K \quad (9)$$

$$\ln K = \frac{\Delta S}{R} - \frac{\Delta H}{RT} \quad (10)$$

Tablo 8.40. Bentonit ile yapılan denemelerde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki termodinamik denge sabitleri

Boya	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Termodinamik denge sabiti			
	298	313	333	353
MK Sarı	1.1436	1.1093	0.4160	0.3333
MK P.Mavi	0.3950	0.3697	0.1680	0.1126

Tablo 8.41. Zeolit ile yapılan denemelerde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki termodinamik denge sabitleri

Boya	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Termodinamik denge sabiti			
	298	313	333	353
MK Sarı	11.3388	7.0944	2.6821	2.1251
MK P.Mavi	1.5612	1.1670	0.8823	0.6117

Tablo 8.42. Çam talaşı ile yapılan denemelerde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki termodinamik denge sabitleri

Boya	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Termodinamik denge sabiti			
	298	313	333	353
MK Sarı	2.0808	1.0125	0.7747	0.6361
MK P.Mavi	0.9948	0.7014	0.5207	0.4073

Tablo 8.43. Bentonit üzerinde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki serbest enerjileri

Boya	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Serbest enerji değişimi (J/mol)			
	298	313	333	353
MK Sarı	-3.2829	-2.6656	-23.9785	-31.8421
MK P.Mavi	-22.7255	-25.5704	-4.5930	-63.2926

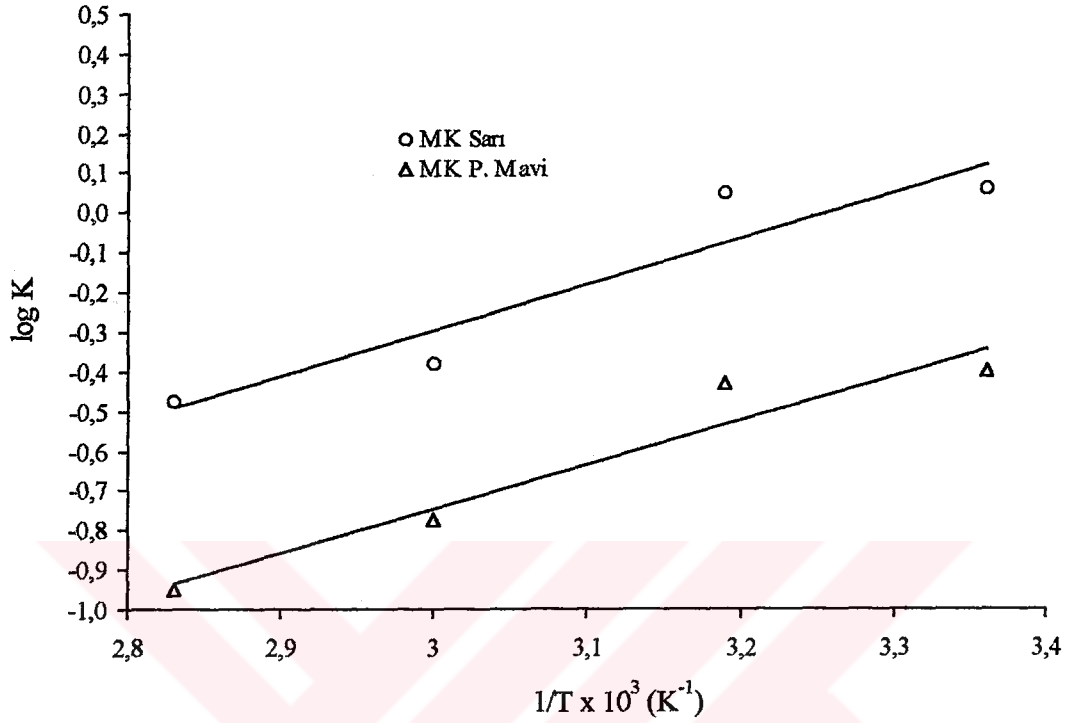
Tablo 8.44. Zeolit üzerinde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki serbest enerjileri

Boya	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Serbest enerji değişimi (J/mol)			
	298	313	333	353
MK Sarı	-59.4089	-50.3489	-26.9730	-21.8467
MK P.Mavi	-10.8984	-3.9686	-3.4235	-14.2447

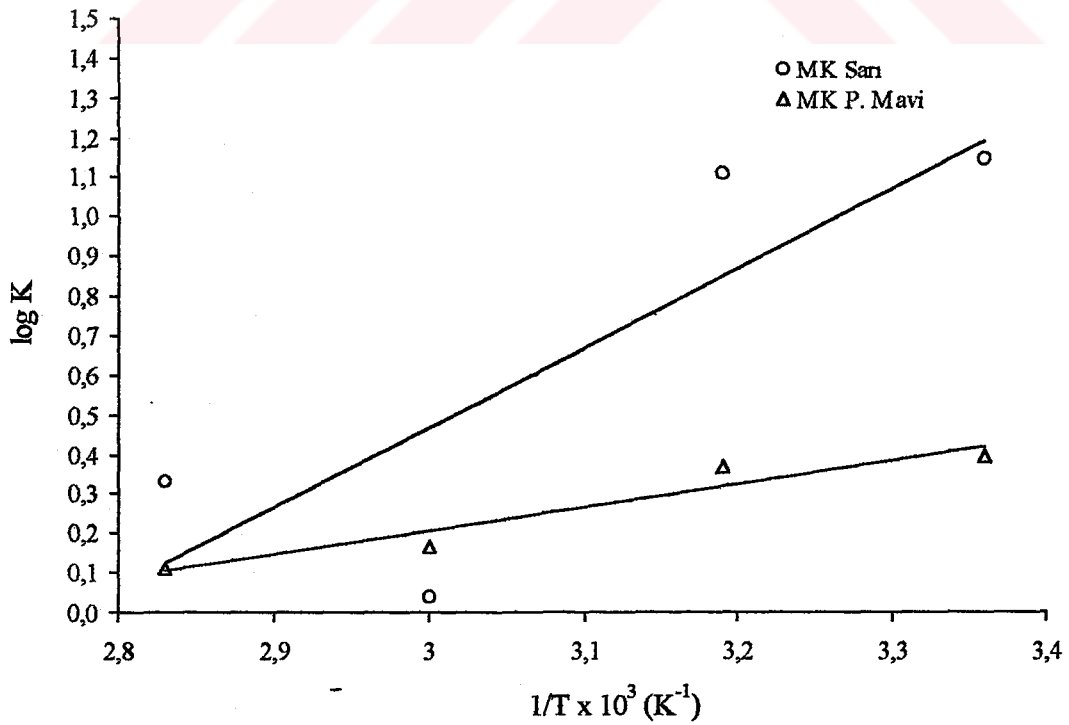
Tablo 8.45. Çam talaşı üzerinde, metal kompleks boyaların değişik sıcaklıklardaki serbest enerjileri

Boya	Adsorpsiyon ortamının sıcaklığı (K) / Serbest enerji değişimi (J/mol)			
	298	313	333	353
MK Sarı	-17.9274	-0.3192	-6.9792	-13.1111
MK P.Mavi	0.1276	9.1142	17.8411	26.0312

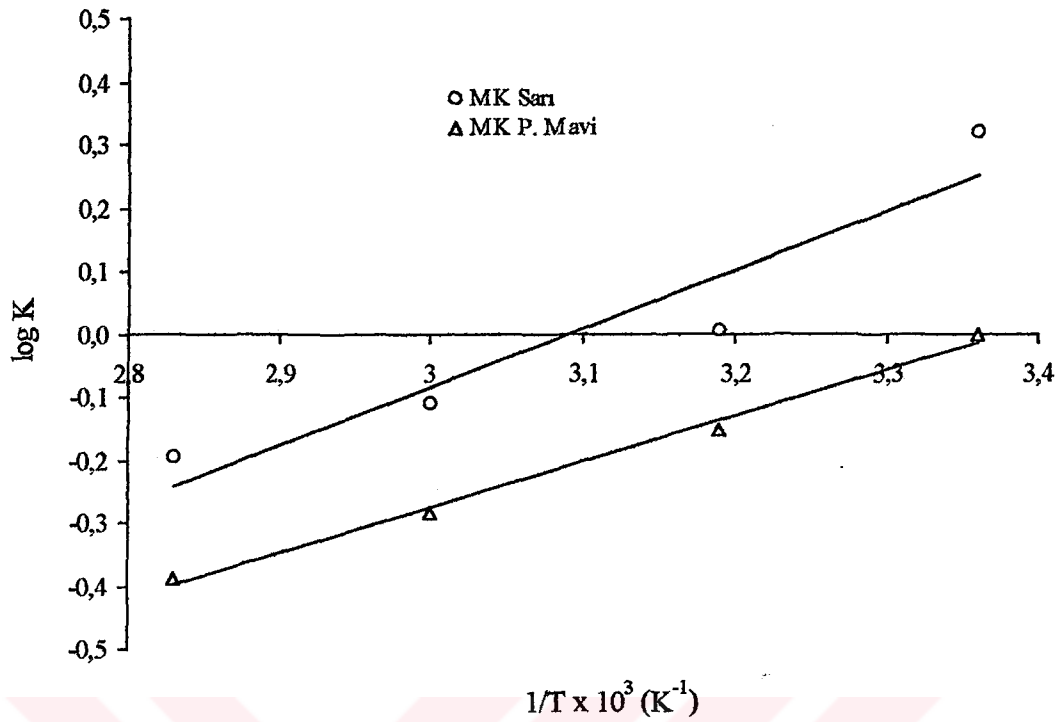
ΔG nin (-) olması yöntemin uygulanabilirliğini ve adsorpsiyonun kendiliğinden olduğunu göstermektedir [39].



Şekil 8.46. Metal kompleks boyaların Bentonit üzerindeki adsorpsiyonu için log K - 1/T grafiği



Şekil 8.47. Metal kompleks boyaların Zeolit üzerindeki adsorpsiyonu için log K - 1/T grafiği



Şekil 8.48. Metal kompleks boyaların Çam talaşı üzerindeki adsorpsiyonu için $\log K - 1/T$ grafiği

$1/T$ ye karşı $\log K$ grafiğinin eğiminden ΔH hesaplanır yapılan hesaplamalara göre bentonit üzerinde, MK sarı boyası için $\Delta H = -9.44 \text{ J/mol}$, MK parlak mavi için $\Delta H = -9.16 \text{ J/mol}$; zeolit üzerinde, MK sarı $\Delta H = -16.37 \text{ J/mol}$, MK parlak mavi $\Delta H = -4.87 \text{ J/mol}$, çam talaşı üzerinde, MK sarı $\Delta H = -7.63 \text{ J/mol}$, MK parlak mavi $\Delta H = -5.96 \text{ J/mol}$ olarak bulunmuştur. ΔH değerlerinin negatif olması olayın ekzotermik olduğunu gösterir [40]. Ayrıca negatif ΔH değerleri çok katlı adsorpsiyonun meydana geldiğinin göstergesidir [41].

BÖLÜM 9. SONUÇLAR

Metal kompleks boya grubu, tekstil boyama endüstrilerinde, özellikle yün elyafı boyamasında kullanılan boyaların en önemli gruplarından biridir. Bu çalışmamızda bentonit, zeolit ve çam talaşı adsorbanları üzerine MK sarı ve MK parlak mavi boyar maddelerinin adsorpsiyonu, adsorban tanecik boyutu, ortam pH'sı, deney sıvısı karıştırma hızı, adsorban kütlesi, başlangıç boya konsantrasyonu ve sıcaklıktır gibi parametreler değiştirilerek incelenmiş ve metal kompleks boyaların giderilmesinde bentonit, zeolit ve çam talaşının olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

a. Bentonit için her iki boya için 75-90 μm aralığındaki adsorban tane boyutu, en verimli aralık olarak gözlenmiş, daha yüksek ve daha düşük tanecik boyutlarında adsorbsiyon düşük değerlerde gözlenmiştir. Zeolit adsorbanı kullanıldığında, MK sarı boyası için en iyi verim 53 μm adsorban tanecik boyutları civarında gözlenmiş, MK parlak mavi için ise ≤ 53 μm dolaylarında yüksek olduğu gözlenmiştir. Çam talaşı adsorbanı kullanıldığında, MK sarı boyası için en iyi verim 90-150 μm adsorban tanecik boyutları civarında gözlenmiş, MK parlak mavi için ise 75-90 μm dolaylarında yüksek olduğu gözlenmiştir.

b. pH değişiminin boyar maddelerin adsorpsiyonunda büyük değişiklikler meydana getirdiği söylenebilir. Bentonit ile yapılan çalışmalarda MK sarı boyası için pH 7.5, MK parlak mavi için ise pH 5.5 daha uygun olduğu gözlenmiştir. Zeolit ve çam talaşı ile yapılan çalışmalarda her iki boya için de pH 3.5 olarak belirlenmiştir.

c. Karıştırma hızının KM Sarı ve MK Parlak Mavi boyar maddelerinin adsorpsiyonu üzerine bir fakedilebilir bir etkisi olduğu gözlenmiş, genel olarak düşük devir sayıları, adsorbsiyonu artırıcı etkide olduğu fark edilmiştir. Bentonit ile yapılan çalışmalarda, MK sarı için 200 RPM en verimli sonucun alındığı devirdir. MK parlak

mavi boyasının bentonitteki adsorbsiyona hiçbir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Zeolit üzerinde, MK sarı boyasının adsorbsiyonun 200 RPM dolaylarında, MK parlak mavi için 600 RPM dolaylarında daha iyi olduğu tesbit edilmiştir. Çam talaşı üzerinde, MK sarı boyasının adsorbsiyonun 600 RPM dolaylarında, MK parlak mavi için 200 RPM dolaylarında daha iyi olduğu tesbit edilmiştir.

d. 1 g dan fazla adsorban kütlesi artışının adsorpsiyon üzerine bir etkisi olmamıştır. 1 g adsorban yeterli boya giderimi sağladığından, 1g dan daha fazla adsorban kullanımı gereksizdir.

e. Başlangıç boya konsantrasyonunun artışıyla, adsorban kütlesi (1 g) sabit olmasına rağmen adsorplanan boya miktarında lineer bir artış görülmüştür. Bu durum kullandığımız adsorban kapasitesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

f. Çalışılan sıcaklık aralığında, adsorpsiyon tüm boya – adsorban karışımlarında düştüğü gözlenmektedir. Bu durum adsorpsiyonun ekzotermik olduğunu, bu yüzden sıcaklık artışıyla adsorpsiyonun düştüğünü göstermektedir.

Deneysel sonuçlar, Metal kompleks boyalar için en uygun adsorbanın; MK sarı için zeolit, bentonit ve çam talaşı, MK parlak mavi için ise zeolit, çam talaşı ve bentonit şeklinde olduğunu göstermektedir. Bentonitteki denemelerde iki boya için de 150 dakika yeterli olduğu; zeolitteki çalışmada her iki boya için de 180 dakikanın yeterli olduğu ve çam talaşındaki denemelerde ise her iki boya için de 180 dakikanın yeterli olduğu tesbit edilmiştir.

Sonuç olarak tekstil endüstrisi atıksularının arıtılmasında önemli bir problem olan metal kompleks boyaların giderilmesi için zeolit, bentonit ve çam talaşı olarak kullanılabilir.

Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri incelendiğinde, adsorpsiyon prosesinin her 2 adsorpsiyon modeline de uyduğu, ancak Langmuir modeline daha iyi uyduğu gözlenmiştir.

BÖLÜM 10. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Bu çalışmada bentonit, zeolit ve çam talaşı adsorbanları üzerine MK sarı ve MK parlak mavi boyar maddelerinin adsorpsiyonu çeşitli parametreler değiştirilerek incelenmiştir. Çalışmalara başlamadan önce yapılan ön çalışmalardan yararlanılarak farklı adsorbanlar arasından bentonit, zeolit ve çam talaşının her iki boya için de verimli bir adsorban olduğu görülmüştür. Bundan sonraki çalışmalarda bentonit,zeolit ve çam talaşının kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmalarda kullanılan bentonit, zeolit kırılıp öğütüldükten sonra, ASTM standart elekleri kullanılarak elenmiş ve değişik tanecik boyutlarında farklı fraksiyonlar elde edilmiştir. Çam talaşı ise 150-250 °C arasında kavrulup öğütüldükten sonra, ASTM standart elekleri kullanılarak elenmiş ve değişik tanecik boyutlarında farklı fraksiyonlar elde edilmiştir. Bentonitin genel formülü, $(Na,Ca)(Al,Mg)_6(Si_4O_{10})_3(OH)_6 \cdot n H_2O$; zeolitinin genel formülü, $(Na,K,Ca)_2-3Al_3(Al,Si)_2Si_{13}O_{36} \cdot 12H_2O$; çam talaşının bileşimi, % 42 selüloz, % 25 hemiselüloz, % 30 lignin ve % 3 pektin, nişasta, kül ve muhtelif maddeler şeklindedir.

Çalışmada MK sarı ve MK parlak mavi boyar maddeleri kullanılmıştır. Ticari saflıkta olduklarından ayrıca bir saflaştırma yapılmamıştır. Boya çözeltileri, 2 boyanın destile suda çözülmesiyle 100 mg/L konsantrasyonlarında hazırlanmıştır. Deneyler 100 mL boya çözeltisine 1 g adsorban ilavesiyle 250 mL lik beherlerde mekanik karıştırıcı ile yapılmıştır. Adsorpsiyon deneylerinin sonunda renk ölçümleri absorban modunda ve görünür bölgede işletilen bir UV spektrofotometre ile yapılmıştır. Ölçümler, her boya için maksimum absorbanın olduğu, MK sarı için 428 nm, MK parlak mavi için 584 nm dalga boylarında yapılmıştır.

Deneyler 6 parametre değiştirilerek yapılmıştır. Her bir deney süresi 3 saattir. Bentonitteki denemelerde iki boya için de 150 dakika yeterli olduğu; zeolitteki çalışmada her iki boya için de 180 dakikanın yeterli olduğu ve çam talaşındaki denemelerde ise her iki boya için de 180 dakikanın yeterli olduğu tesbit edilmiştir.

İlk olarak adsorban tanecik boyutunun adsorpsiyona etkisi ele alınmıştır. Burada bulduğumuz sonuca göre, hangi boya için adsorbanların tanecik boyutlarının ne olması gerektiği tartışılmıştır. Bentonit için her iki boya için 75-90 μm aralığındaki adsorban tane boyutu, zeolit adsorbanı kullanıldığında, MK sarı boyası için 53 μm adsorban tanecik boyutu, MK parlak mavi için ≤ 53 μm tanecik boyutu, çam talaşı adsorbanı kullanıldığında, MK sarı boyası için 90-150 μm adsorban tanecik boyutu, MK parlak mavi için ise 75-90 μm adsorban tanecik boyutu tesbit edilmiştir. Karıştırma hızı için çeşitli devir sayılarında denemeler yapılmış, sonuç olarak; bentonit ile yapılan çalışmalarda, MK sarı için 200 RPM, MK parlak mavi boyası için etkisiz olduğu; zeolit üzerinde, MK sarı için 200 RPM, MK parlak mavi için 600 RPM değerlerinin uygun olduğu; çam talaşı üzerinde, MK sarı boyası için 600 RPM, MK parlak mavi için 200 RPM değerlerinin uygun olduğu tesbit edilmiştir. Tüm boyalar için 3 adsorban ile de yapılan denemelerde, adsorban kütlesinin ise adsorpsiyon üzerinde bir etkisi olmadığı tesbit edilmiştir. 1 g dan fazla kullanılmasının adsorpsiyon verimini etkilememesi, 1 g'dan fazla bentonit, zeolit ve çam talaşı kullanılmasının gereksiz olacağını göstermiştir. Konsantrasyon etkisinin incelendiği deneylerde, adsorban kütlesi (1 g) sabit alınmıştır. Buna rağmen adsorpsiyon veriminde gayet iyi sonuçlar alınmıştır. Buradan çıkaracağımız sonuç 3 adsorbanın da kapasitesinin yüksek olduğu yönündedir. Sıcaklığın artışının tüm adsorbanlarda boyaların adsorpsiyonuna olumsuz bir etki yaptığı gözlenmiştir. Bu adsorpsiyonların ekzotermik olduğunu gösterir. Adsorpsiyon işlemleri uygulanırken sıcaklığın oda sıcaklığından yukarıya çekilmesine gerek yoktur.

Deneyler sonunda boya için adsorbanın kapasitesinin belirlenmesi amacıyla, adsorpsiyon izotermi bentonit-metal kompleks, zeolit-metal kompleks ve çam talaşı- metal kompleks boya sistemleri için belirlenmiş ve grafiği çizilmiştir (Bkz. Şekil 8.37, 8.38 ve 8.39.). Buradan bentonit, zeolit ve çam talaşı üzerine adsorplanan 2 boyar maddenin lineer Langmuir ve Freundlich izotermi çıkarılarak grafikleri çizilmiştir (Bkz. Şekil 8.40-8.45 arası). Bunun yanı sıra lineer izoterm modellerine ait sabitler bu grafiklerden hesaplanmış ve regresyon katsayıları ile birlikte verilmiştir (Bkz. Tablo 8.37, 8.38 ve 8.39). Regresyon katsayılarının 1'e oldukça yakın olması, deneysel verilerin adsorpsiyon izoterm modellerine çok iyi uyduğunu

göstermektedir. Genel olarak sabitler incelendiğinde, adsorpsiyon prosesinin her 2 adsorpsiyon modeline de uyduğu, ancak Langmuir izotermine daha iyi uyduğu görülmektedir.

Bu çalışma sonunda şunlar önerilebilir;

Yapılan deneylerin sonunda metal kompleks yapıdaki boyalar için zeolit, bentonit ve çam talaşının iyi birer adsorban olduğu gözlenmiştir. Kullanılan adsorbanın üretilmesinde kullanılacak olan bentonit, rezerv olarak Türkiye’de yaklaşık 370 milyon tondur. Zeolit cevheri ise, yaklaşık 500 milyon ton dolaylarındadır. Ülkemizde çok miktarda bulunan bentonit hakkında genel bir değerlendirme yapılabilmesi için farklı yöre ve tipteki bentonitler üzerine ayrı ayrı çalışmalar yapılması gerektiği açıktır.

Çalışmalarda kullanılan bentonit, çeşitli yöntemler kullanılarak aktive edilebilir. Bu yöntemlerden birisi de asit baz aktivasyonudur. Bentonitin gözenekli yapısı artırılarak bentonitin adsorpsiyon kabiliyeti artırılmış olur. Bundan sonra bentonitin boyar madde adsorpsiyonu üzerindeki etkisi araştırılabilir.

Yapılan çalışmada, bentonit, zeolit ve çam talaşının MK sarı ve MK parlak mavi boyar maddeleri için olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir. Yapılabilecek diğer deneylerde bentonit, zeolit ve çam talaşının başka boyar maddeleri gidermede etkisi incelenebilir.

Ayrıca bu deneyde kullanılan adsorbanın ne kadar etkili olduğunun daha iyi anlaşılması için bu deneylerin diğer adsorbanlarla yapılarak gözle görülür bir etkiye sahip olup olmadığı araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] LIN, S.H., "Adsorption of Disperse Dye by Powdered Activated Carbon", J. Chem. Tech. Biotechnol., 57, 387-391, 1993.
- [2] POTTS, V.J.P., McKAY, G. and HEALY, J.J., "The Removal of Acid Dye from Effluent Using Natural Adsorbents-Peat and Woods", Wat. Res., 10, 1061-1067, 1976.
- [3] ASFOUR, H.M., NASSAR, M.M., FADALI, O.A. and EL-GEUNDI, M.S., "Colour Removal from Textile Effluents Using Hardwood Sawdust as Adsorbent", J. Chem., Tech. Biotechnol., 35A, 28-35, 1985.
- [4] <http://abone.turk.net/tulumen/Bentonit.htm>
- [5] Maden Teknik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, <http://www.mta.gov.tr/madenler/bentonit/giris.asp>
- [6] <http://www.karakaya.com.tr/Tr/>
- [7] VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı, ÖİK Raporu
- [8] "Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Genel Endüstri Mineralleri II (mika, zeolit, lületaşı) Çalışma Grubu Raporu", <http://ekutup.dpt.gov.tr/>, Ankara, 2001
- [9] KOCAKUŞAK, S., SAVAŞCI, Ö.T., AYOK, T, Doğal Zeolitler ve Uygulama Alanları, Türkiye Bilimsel Ve Teknik Araştırma Kurumu, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, <http://www.mam.gov.tr/etkinlikler/kitap/onsoz.htm>, Nisan 2001.
- [10] DPT Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, "Diğer Endüstri Mineralleri", Cilt 19, Yayın No. DPT: 2421-OİK 480, Ankara, Mart 1996.
- [11] ESENLİ, F., ÖZPEKER, I., "Gördes Çevresinde Neojen Havzanın Zeolitik Diyajenezi ve Holandit Klinoptilolitlerin Mineralojisi", Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 8, 1-18.
- [12] GÖLTEKİN, A., "Bigadiç Tülü Ovası Zeolitlerin Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi", İTÜ, Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları, UYG-AK Merkezi, Proje No. 89, s. 112,

- [13] <http://www.lovett-pinetum.org/barkandwood.htm>.
- [14] 8.BYKP. Ormanlık ÖİK. Raporu, Ankara, DPT.,Ankara, 2001.
- [15] POTTS, V.J.P., McKAY, G. and HEALY, J.J., "The Removal of Acid Dye from Effluent Using Natural Adsorbents-Peat and Woods", *Wat. Res.*, 10, 1061-1067, 1976.
- [16] Meydan Larousse Büyük Lügat ve Ansiklopedi, Cilt 2, s. 527-529.
- [17] Türkiye Gazetesi Rehber Ansiklopedisi, Cilt 3, İhlas matbaacılık Gazetecilik ve Sağlık Hizmetleri A.Ş., s. 72-75.
- [18] Gelişim Hacettepe Alfabetik Genel Kültür Ansiklopedisi, Cilt 2, Le Ciure De Paris S.N.C. Biblio Club De France, Hachette et Cie Interpres Basın ve Yayıncılık, s. 587-589.
- [19] BAŞER, İ., "Tekstil Teknolojisi", Marmara Üniversitesi Yayın No: 634, Teknik Eğitim Fakültesi Yayın No: 13, İstanbul, 1988.
- [20] ÖZCAN, Y., "Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği", İ.Ü., 1978.
- [21] BIRD, C.L., "Theory and Practice of Wool Dyeing", *Soc. Of Dyers and Colourists*, 1963.
- [22] BOZDOĞAN, A., "Atıksulardaki Tekstil Boyar Maddeleri Renginin Devrettirilen Koagülant (CaO-MgCO₃) ile Giderilmesi", Doktora Tezi, İTÜ, İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1984.
- [23] COCKETT, S.R.,HILTON, K.A., "Dyeing of Cellulosic Fibres", Leonard Hill Books Limited, 1961.
- [24] ÖZGİRİN, M., "Boyar Madde Kimyası", Birinci Baskı, M.E. Basımevi, İstanbul, 1986.
- [25] TROTMAN, E.R., "Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres", Griffin, 1975.
- [26] GLASSTONE, S., LEWIS, D., "Elements of Physical Chemistry", Second Edition, London, 1960.
- [27] TEKER, M., "Adsorpsiyon ve Yüzey Kimyası", Yüksek Lisans Ders Notları, 2000.
- [28] GREGG, S.I. and SING, K.S.W., "Adsorption, Surface Area and Porosity", Academic Press, England, 1967.
- [29] BERKEM, A.R., BAYKUT, S. ve BERKEM, M.L., "Fizikokimya", İstanbul, 1994.

- [30] BERKEM, A.R. ve BAYKUT, S., "Fizikokimya", İ.Ü.Yayınları, İstanbul, 1980.
- [31] YILDIZ, S., "Fizikokimya", Konya, 1995.
- [32] RAMAKRISHNA, K.R. and VIRARAGHAVAN, T., "Dye Removal Using Low Cost Adsorbents", *Wat. Sci. Tech.*, 36(2-3), 189-196, 1997.
- [33] PANDAV, K.K., GÜR, P. and SING, V.N., "Coppers II Removal from Aqueous Solution by Fly Ash", *Wat. Res.* 19(7), 869-873, 1985.
- [34] TEKER, M., "Katı Maddelerde Adsorpsiyon Yoluyla Havanın Oksijeninin ve Azotunun Ayrılması", Doktora Tezi, Yıldız Üniversitesi, İstanbul, 1991.
- [35] SHENG, J. and LIN, H., "Adsorption of Disperse Dye by Various Adsorbents", *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 58, 159-163, 1993.
- [36] McKAY, G., EL-GEUNDI, M. And NASSAR, M.M. "External Mass Transport Processes During the Adsorption of Dyes onto Bagasse Pith", *Wat. Res.*, 22(12), 1527-1533, 1988.
- [37] McKAY, G., BLAIR, H.S., OTTERBURN, M.S. and AGA, J.A., "Earth and Fired Clay as Adsorbents for Dyestuff Adsorption", *Water, Air, and Soil Pollution*, 24, 307-322, 1985.
- [38] NASSAR, M.M. and EL-GEUNDI, M.S., "Comparative Cost of Colour Removal from Textile Effluents Using Natural Adsorbents", *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 50, 257-264, 1991.
- [39] MANJU, G.N., RAJI, C. and ANIRUDHAN, T.S., "Evaluation of Coconut Husk Carbon for the Removal of Arsenic from Water", *Wat. Res.*, 32(10), 3062-3070, 1998.
- [40] DESAI, M, DOGRA, A., VORA, S. BAHADUR, P. and RAM, R.N., "Adsorption of Some Acid Dyes from Aqueous Solution onto Neutral Alumina", *Indian J. Chem.*, 36A, 938-944, 1997.
- [41] JUANG, R.S., WU, F.C. and TSENG, R.L., "The Ability of Activated Clay for the Adsorption of Dyes from Aqueous Solutions", *Environ. Technol.*, 18, 525-531, 1997.
- [42] BAŞER, İnci, İNANICI, Yusuf, "Boyarmadde Kimyası", Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, 1990

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa CAN 1977 yılında Bolu / Gerede’de doğdu. İlkokulu Atatürk İlkokulunda, orta ve lise öğrenimini Sakarya İmam Hatip Lisesinde 1994 yılında tamamladı. Aynı yıl girdiği Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünü 1999 yılında bitirerek aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Aynı zamanda özel bir şirkette Web uygulamaları üzerine çalışmaktadır.

