

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İMİN GRUPLARI TAŞIYAN FENOKSİ SÜBSTİTÜE SİKLOTRİFOSFAZEN
TÜREVLERİ İLE AĞIR METAL İYONLARI GİDERİMİ**

Tuba ERDOĞAN

KİMYA ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2014**

Doç. Dr. Ali İhsan ÖZTÜRK danışmanlığında Tuba ERDOĞAN'ın hazırladığı “İmin Grupları Taşıyan Fenoksi Sübstitüe Siklotrifosfazen Türevleri ile Ağır Metal İyonları Giderimi” konulu çalışma 05/12/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Doç. Dr. Ali İhsan ÖZTÜRK

Üye : Prof. Dr. Hasan TÜRKMEN

Üye : Doç. Dr. Fatih ASLAN

Bu Tezin Kimya Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüzün Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 12102

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafları kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Halofosfazenler ile Fenollerin Tepkime Mekanizması.....	4
2.2. Formil Taşıyan Fenollerle Halofosfazenlerin Tepkimleri.....	5
2.3. İmin Taşıyan Organofosfazenler.....	7
2.4. Adsorpsiyon ve adsorpsiyon türleri.....	8
2.4.1. Adsorpsiyon Tipleri.....	9
2.4.1.1. Fiziksel adsorpsiyon.....	9
2.4.1.2. Kimyasal adsorpsiyon.....	9
2.4.1.3. İyonik adsorpsiyon.....	10
2.4.2. Adsorpsiyona Etki Eden Parametreler.....	10
2.4.3. Adsorplayıcı (Adsorbent) Çeşitleri ve Özellikleri.....	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	14
3.1. Materyal.....	14
3.1.1. Kullanılan Çözücüler ve Kimyasal Maddeler.....	14
3.1.2. Kullanılan Cihazlar.....	14
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Zamana bağlı olarak adsorpsiyon işlemleri.....	14
3.2.2. İyonların farklı konsantrasyonlarında adsorpsiyon işlemleri.....	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	16
4.1. Hekza[4-{(4-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(A1) bileşiğine ait adsorpsiyon sonuçlarının değerlendirilmesi.....	16
4.2. Hekza[4-{(2-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(A2) bileşiğine ait adsorpsiyon sonuçlarının değerlendirilmesi.....	17
4.3. Hekza[2-{(4-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(A3) bileşiğine ait adsorpsiyon sonuçlarının değerlendirilmesi.....	19
4.4. Hekza[2-{(2-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(A4) bileşiğine ait adsorpsiyon sonuçlarının değerlendirilmesi.....	20
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	22
KAYNAKLAR.....	24
ÖZGEÇMİŞ.....	26

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İMİN GRUPLARI TAŞIYAN FENOKSİ SÜBSTİTÜE SİKLOTRİFOSFAZEN TÜREVLERİ İLE AĞIR METAL İYONLARI GİDERİMİ

Tuba ERDOĞAN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali İhsan ÖZTÜRK
Yıl: 2014, Sayfa: 27

Hekza[4-{{(4-hidroksi-fenilimino)metil}}fenoksi]siklotrifosfazenin(A1), hekza[4-{{(4-hidroksi-fenilimino)metil}}fenoksi]siklotrifosfazenin(A2), hekza[2-{{(2-hidroksi-fenilimino)metil}}fenoksi]siklotrifosfazenin(A3) ve hekza[4-{{(2-hidroksi-fenilimino)metil}}fenoksi]siklotrifosfazenin(A4) bileşikleri hekza(4-formil-fenoksi)siklotrifosfazen ve hekza(2-formil-fenoksi)siklotrifosfazen ile 4-aminofenol ve 2-aminofenolün tepkimelerinden elde edildi. İmin taşıyan organofosfazenlerin Mn, Fe, Cu ve Zn iyonlarının sulu çözeltilerinde adasorpsiyonu işlemi zamana ve metal iyonların başlangıç konsantrasyonuna bağlı olarak gerçekleştirildi. Bileşiklerin hepsi seçilen metal iyonlarını adsorpladı. Bileşiklerin hepsi adsoplayabileceği metal iyonlarının tamamını ilk 10 dakika içinde adsorpladı. Metal iyonlarının başlangıç konsantrasyonunun artmasıyla bileşiklerin adsorpladığı metal iyonu miktarı arttı. Bileşiklerin kimyasal yapıları farklı olmasına rağmen adsorpladıkları metal miktarı yaklaşık aynı oldu. Bileşiklerin en az adsorpladığı metal Zn iyonu oldu.

ANAHTAR KELİMELER: Fosfazen, siklotrifosfazen, organofosfazen, heksaklorosiklotrifosfazen, imin, adsorpsiyon

BSTRACT

MSc Thesis

REMOVAL OF HEAVY METAL IONS WITH PHENOXY SUBSTITUTED CYCLOTRIPHOSPHAZENE DERIVATIVES BEARING IMINE

Tuba ERDOĞAN

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemistry

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali İhsan ÖZTÜRK
Year: 2014, Page: 27

Hxa[4-(4-hydroxy-fenylimino)methyl]phenoxy]cyclotriposphazene(**A1**), Hxa[4-(2-hydroxy-fenylimino)methyl]phenoxy]cyclotriposphazene(**A2**), Hxa[2-(4-hydroxy-fenylimino)methyl]phenoxy]cyclotriposphazene(**A3**) and Hxa[2-(2-hydroxy-fenylimino)methyl]phenoxy]cyclotriposphazene(**A4**) were derived from the reactions of hexa(4-formyl-phenoxy)cyclotriposphazene and hexa(2-formyl-phenoxy)cyclotriposphazene with 4-aminophenol and 2-aminophenol. Adsorption process in an aqueous solution of Cu, Fe, Cu and Zn ions of the organophosphazenes bearing imine groups were performed depending on the initial concentration of metal ions and time. All of the compounds were adsorbed to the selected metal ions. All of the compounds which can be adsorbed metal ions were adsorbed in the first 10 minutes. when the initial concentration of metal ions increases, the amount of metal ions adsorbed of organophosphazene with imine groups increased. Although the chemical structure of the compounds are different, the amount of adsorbed metal was about the same. Zinc ion was adsorbed at least by organophosphazenes.

KEY WORDS: Phosphazene, Cyclotriposphazenes, Organophosphazene, Hexachlorocyclotriposphazene, imine, Adsorption

TEŐEKKÖR

Tez alıŐmamn gerçekleŐtirilmesinin her safhasında yardımlarını esirgemeyen sayın öğretim üyesi Doç. Dr. Ali İhsan ÖZTÖRK'e ve bilgilerinden istifade ettiğim Kimya Bölümü öğretim üyelerine teŐekkÖr ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Fosfazen türlerinin genel yapısı.....	1
Şekil 2.1. Halofosfazen ile sodyum fenolatların tepkimesinden organofosfazen sentezi ...	4
Şekil 2.2. Halofosfazen ile fenolün baz varlığındaki tepkimesinden organofosfazen sentezi.....	5
Şekil 2.3. Hekza(4-formil-fenoksi)siklotrifosfazenin sentezi.....	6
Şekil 2.4. Hekza(4-formil-2-metoksifenoksi)siklotrifosfazen bileşiğinin sentezi.....	6
Şekil 2.5. Hekza(4-formil-fenoksi)siklotrifosfazenin sodyum 4-formil-fenolattan sentezi.	7
Şekil 2.6. Hekza(2-formil-fenoksi)siklotrifosfazenin sentezi	7

ÇİZELGELER DİZİNİ

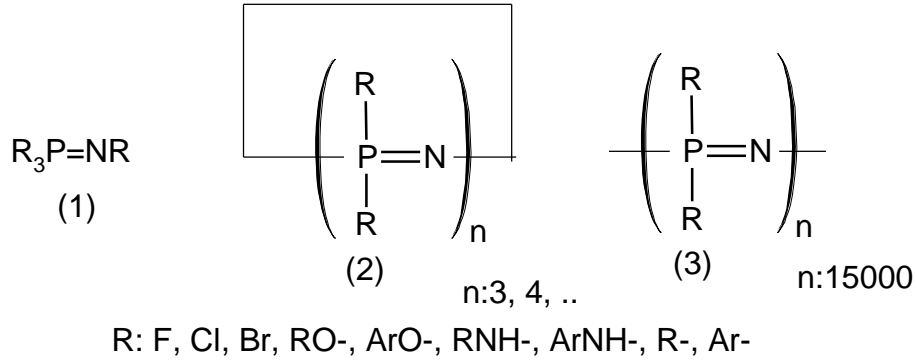
	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 4.1. A1 bileşiğın zamana göre metal iyonlarının adsorpsiyon sonuçları.....	17
Çizelge 4.2. A1 bileşiğın metal iyonlarının konsatrasyonuna göre adsorpsiyon sonuçları..	17
Çizelge4.3. A2 bileşiğın zamana göre metal iyonlarının adsorpsiyon sonuçları.....	18
Çizelge 4.4. A2 bileşiğın metal iyonlarının konsatrasyonuna göre adsorpsiyon sonuçları..	19
Çizelge 4.5. A3 bileşiğın zamana göre metal iyonlarının adsorpsiyon sonuçları.....	20
Çizelge 4.6. A3 bileşiğın metal iyonlarının konsatrasyonuna göre adsorpsiyon sonuçları..	20
Çizelge 4.7. A4 bileşiğın zamana göre metal iyonlarının adsorpsiyon sonuçları.....	21
Çizelge 4.8. A4 bileşiğın metal iyonlarının konsatrasyonuna göre adsorpsiyon sonuçları..	22

SİMGELER DİZİNİ

mg miligram
L Litre

1. GİRİŞ

Anorganik ve organik kimya arasında yer alan fosfazenler aynı grup (VA) azot ve fosfor atomlarının oluşturduğu $R_3P=N-R$ (R: halojen, alkoksi, amino, alkil ve aril) yapısındaki bileşiklere denir (Allcock, 1972). Lineer(1), halkalı(2) ve poli(3) olmak üzere üç farklı fosfazen bileşik grubu vardır(Şekil 1.1). Lineer fosfazenlerde üç fosfor atomuna üç yan grup bağlanırken, halkalı ve poli fosfazenlerde her fosfor atomuna iki yan grup bağlanmaktadır. Bu yan gruplar halojenler, çok çeşitli organik veya organometalik bileşikler olabilmektedir (Allen, 1994).



Şekil 1.1. Fosfazen türlerinin genel yapısı

Fosfazen türlerinde $[-N=PR_2-]$ 'nin tekrarlanma sayısı farklıdır. Lineerlerde tekrarlayan birim sayının bir ile altı arasında olduğu yapılar bilinmektedir. Halkalı yapılarda ise bu sayı 40 kadar olan oluşabileceği belirtilmiştir (Allen, 1994). Tekrarlayan birimin 15000 olduğu bileşikler polifosfazenlerdir. Lineer fosfazenler açık ortamda hemen bozunan ve en az çalışma yapılan bileşik türüdür. Sentezi, izolasyonu ve çalışması genellikle zor olan bileşiklerdir. Fakat az da olsa çalışma yapılmıştır (Aslan ve ark., 2003; Öztürk ve ark., 2003). En çok bilinen ve ticari olarak mevcut halkalı trimer $[(NPCl_2)_3]$ ve tetramer $[(NPCl_2)_4]$ fosfazenler organik çözücülerde çözünebilen ve açık havada bozunmayan beyaz kristal katılardır. Polifosfazenler atmosferik oksijen ve neme karşı kararlı, elastomerik ve termoplastik yapılardır (Allcock, 1972).

Fosfazen kimyasına giriş, Liebnig ve Wöhler NH_4Cl ile PCl_5 arasındaki reaksiyonda yapısını aydınlatamadıkları ve az miktarda ürün elde ettikleri yıl olan 1834'te başlamaktadır. 1864'te Gladstone ve Holmes bileşiğinin $(\text{NPCl}_3)_2$ formülünde olduğunu, 1895 yılında da Stokes halkalı yapı olduğunu bulmuştur. Bu yıllardan günümüze kadar fosfazen kimyası üzerinde detaylı olarak araştırmalar yapılmıştır. Tarihsel olarak, fosfazen kimyasındaki gelişmeler üç döneme ayrılır (Allcock ve ark., 1987). 1800 den 1940 kadar olan ilk dönemde, halofosfazenlerin sentezi ve hidroliz reaksiyonları geliştirilmiştir. 1950 de başlayan ve 1970 li yılların öncesine kadar devam eden ikinci dönemde, halkalı fosfazenlerin organik gruplarla reaksiyonları incelenmiştir. Bu çalışmaların çoğu $(\text{NPCl}_2)_3$ ve $(\text{NPCl}_2)_4$ gibi klorosiklofosfazenlerin basit alkoksitler, ariloksitler, primer veya sekonder aminler gibi organik bileşiklerle nükleofilik yer değiştirme reaksiyonları etrafında olmuştur. Üçüncü dönem olan 1970 ten bugüne kadar ki zamanda, NMR spektroskopisi ve X-ışını difraksiyonuyla fosfazenlerin yapısı detaylı olarak incelemesi, yüksek molekül ağırlıklı polimer kimyasının gelişimi ve fosfazenlerin organometalik kimyasının incelenmesi yapıldığı dönemdir. Özellikle son yıllarda kullanım alanına uygun polifosfazen sentezi üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Tıpta, yanmayı geciktiren veya önleyen malzeme yapımında ve mikrolitografi gibi geniş uygulama alanları olan polifosfazenler üzerine çalışmaların odaklanmasına neden olmaktadır. Çünkü polifosfazenler; katı halde modern teknolojiye yaygın kullanılan fiberler, filmler, camlar ve elastomerler oluşturur, makromoleküler biyomedikal maddeler, kemoterapetik ajanlar, enzimler veya geçiş metal katalizörlerin immobilizasyon taşıyıcıları olarak, katı elektrotlar ve elektronik kondüktör olarak işlev yapabilmektedir (Allcock ve ark., 1987).

Yan grupta halojenlerin (F, Cl, Br) olduğu halofosfazenlerin fosfor halojen bağı aktif olduğundan organik gruplarla nükleofilik yer değiştirme reaksiyonlarıyla ($\text{S}_{\text{N}}1$ veya $\text{S}_{\text{N}}2$) organofosfazenler sentezlenmektedir. Alkoller, fenoller, aminler (primer veya sekonder), tiyoller, organometalikler, karboksilikasitler ve amidler gibi organik gruplarla fosfazenlerin reaksiyonları incelenmiştir. Bu reaksiyonlardan en fazla çalışma yapılan organik gruplar alkoller, fenoller ve aminlerdir. Karboksilik asitlerle ve amidlerle reaksiyonlarda istenilen sübstitüe fosfazen bileşikler elde edilememiştir.

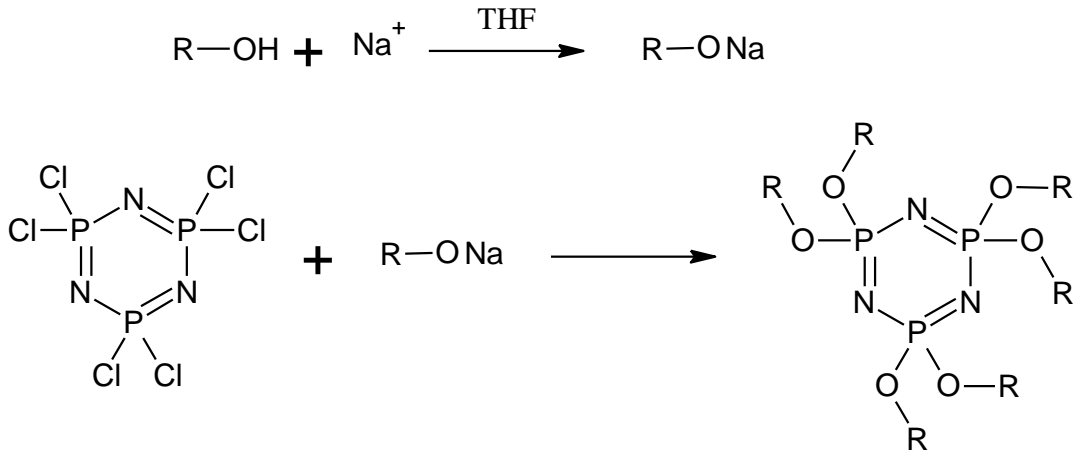
Bu çalışmada, hekza(4-formil-fenoksi)siklotrifosfazen ve hekza(2-formil-fenoksi)siklotrifosfazen ile 4-aminofenol ve 2-aminofenolden bileşiklerinden türetilen hekza[4-{(4-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(**A1**), hekza[4-{(2-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(**A2**), hekza[2-{(4-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(**A3**) ve hekza[4-{(2-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(**A4**) bileşiklerin bazı ağır metal içeren sulu çözeltilerdeki adsorpsiyonları inceledik. İmin taşıyan organofosfazenlerin ağır metal adsorpsiyonu yaptığı analiz sonuçlarından anlaşıldı.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Halofosfazenler ile organik nükleofillerin tepkimelerinden organofosfazenler sentezlenmektedir. Bugüne kadar 10.000 üzerinde halkalı ve lineer farklı organofosfazen sentezlendiği tahmin edilmektedir. Bu organofosfazenler içerisinde formil, imin ve oksim gibi gruplar taşıyan organofosfazenlerin sayısı oldukça azdır. Çalışma konumuz olan formil ve imin taşıyan yeni organofosfazen türevleri oda sıcaklığında ve oda atmosferinde gerçekleştirildi.

2.1. Halofosfazenler ile Fenollerin Tepkime Mekanizması

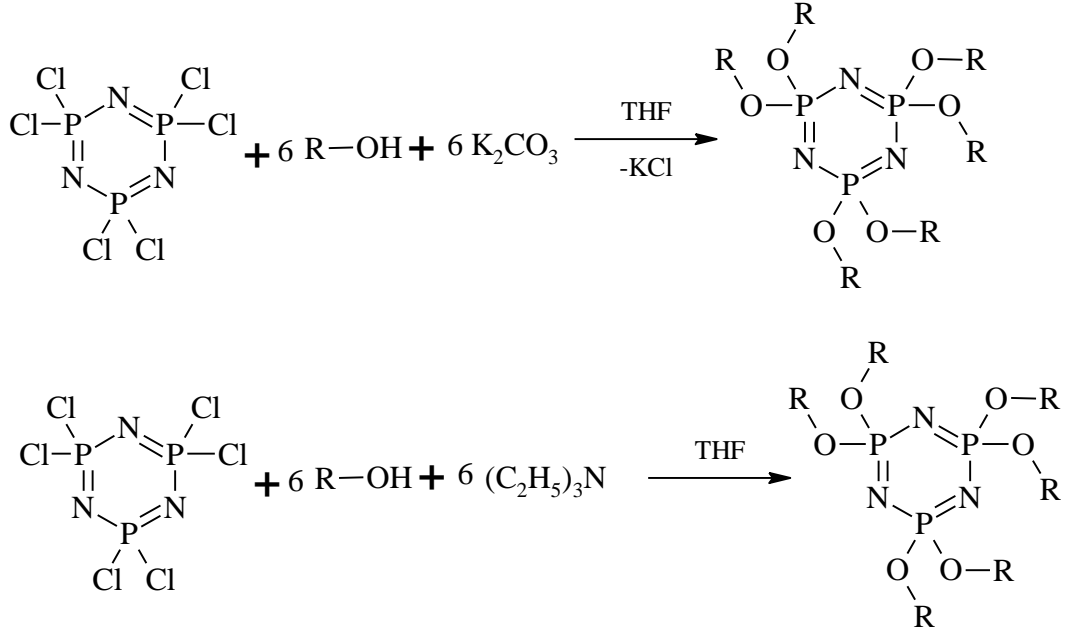
Halofosfazenler ile fenollerin tepkimesi iki metotta biriyle gerçekleştirilmektedir. Birinci metotta, önce fenolün metalik sodyumla tuzu hazırlanır ve daha sonra halofosfazenle tepkimesi gerçekleştirilir. Bu tepkime neticesinde organofosfazen ve NaCl oluşmaktadır. Yer değiştirmede fenolat nükleofilik olarak davranmaktadır.



Şekil 2.1. Halofosfazen ile sodyum fenolatların tepkimesinden organofosfazen sentezi

İkinci metotta, halofosfazen ile fenolün tepkimesi 1A grubunun karbonatları veya trietilamin gibi bazlardan birinin varlığında gerçekleştirilir. Kullanılan bazın tepkimede oluşan HCl tutmak için görev yaptığı belirtilmektedir. Bu metot birinci metoda göre daha basittir. Çünkü birinci metotta fenolün tuzunun hazırlanması

gerekmekte ve fenol tuzları havayla bozunma özelliğine sahip olduğundan tepkimenin havasız ortamda gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

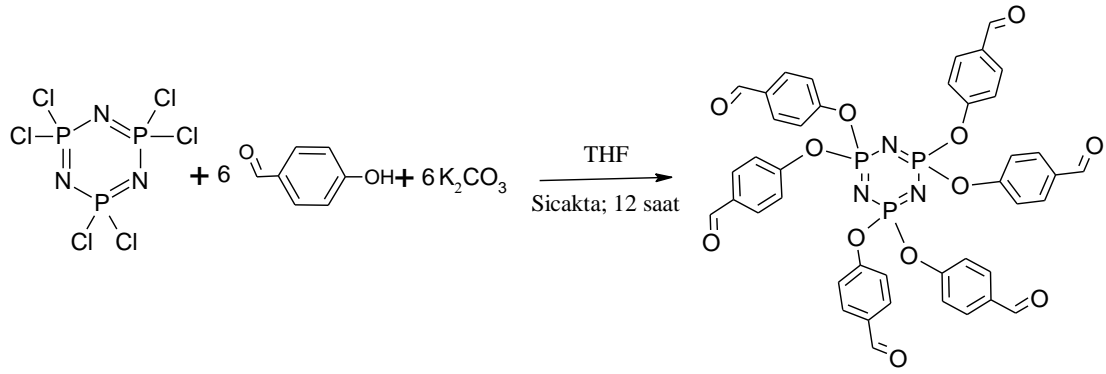


Şekil 2.2. Halofosfazen ile fenolün baz varlığındaki tepkimesinden organofosfazen sentezi

2.2. Formil Taşıyan Fenollerle Halofosfazenlerin Tepkimleri

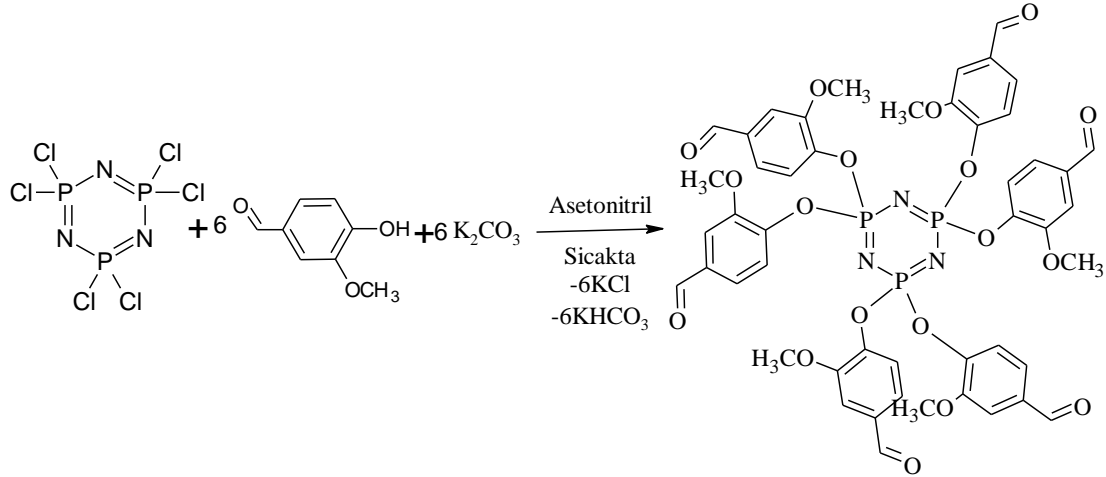
Formil taşıyan organofosfazenler heksaklorosiklotrifosfazen ile 4-hidroksibenzaldehit, 2-hidroksibenzaldehit, sodyum 4-formil-3-metoksifenolat, 4-hidroksi-3-metoksibenzaldehit, 2-hidroksi-4-metoksibenzaldehit, 5-bromo-2-formilbenzaldehyt ve 5-klor-2-formilbenzaldehydin tepkimelerinden formil taşıyan organofosfazenler türetilmiştir. Bu çalışmalarda her iki metot da kullanılmıştır. Fakat daha fazla ikinci metot kullanılmıştır. Bu çalışmalarda tepkimelerin tamamı havasız ortamda gerçekleştirilmiştir.

Carriedo ve arkadaşları heksaklorosiklotrifosfazen ile 4-hidroksibenzaldehidin THF çözücüsünde K₂CO₃ varlığında sıcağıdaki tepkimeden %91 verimle heksa(4-formil-fenoksi)siklotrifosfazen elde etmişlerdir (Carriedo ve ark., 1996) (Şekil 2.3).



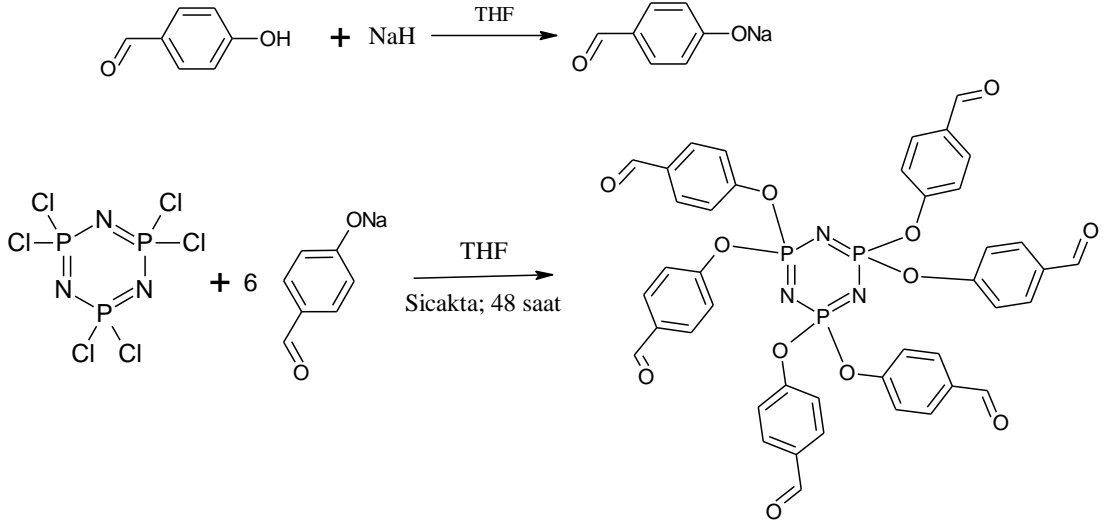
Şekil 2.3. Hekza(4-formil-fenoksi)siklotrifosfazenin sentezi

Tümer ve arkadaşları hezoklorosiklotrifosfazen ile 4-hidroksi-3-metoksibenzaldehidin asetonitril çözücüsünde K_2CO_3 varlığında 48 saatlik sıcakta tepkimeden %74 verimle hekza(4-formil-2-metoksifenoksi)siklotrifosfazen elde etmişlerdir(Tümer ve ark., 2008).



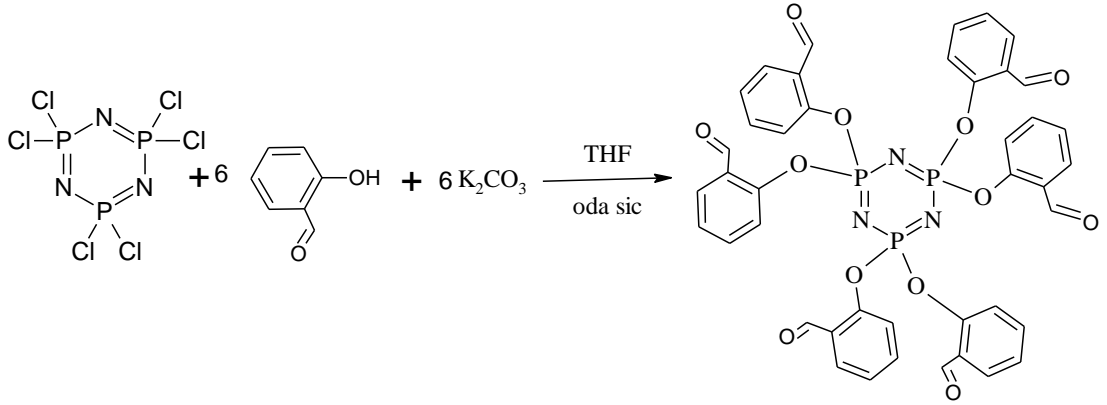
Şekil 2.4. Hekza(4-formil-2-metoksifenoksi)siklotrifosfazen bileşiğinin sentezi

Yuan ve arkadaşları, hekza(4-formil-fenoksi)siklotrifosfazen bileşiğini hezoklorosiklotrifosfazen ile sodyum 4-formilfenolatın THF de sıcakta 48 saat süren tepkimesinden %88 verimle elde etmişlerdir(Yuan ve ark., 2005). Bu tepkimede havasız ortamda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.5. Hekza(4-formil-fenoksi)siklotrifosfazenin sodyum 4-formil-fenolattan sentezi

Aslan ve arkadaşları hezaklorosiklotrifosfazen ile 2-hidroksibenzaldehidin K_2CO_3 varlığında oda sıcaklığındaki tepkimesinden hekza(2-formil-fenoksi)siklotrifosfazen bileşiği %71 verimle türetilmiştir (Aslan ve ark., 2008).



Şekil 2.6. Hekza(2-formil-fenoksi)siklotrifosfazenin sentezi

Öztürk ve arkadaşları hezaklorosiklotrifosfazen ile 5-klor-salisilaldehit ve 5-brom-salisilaldehidin tepkimelerinden hekza(4-kloro-2-formil-fenoksi)siklotrifosfazen ve hekza(4-kbromo-2-formil-fenoksi)siklotrifosfazen bileşiklerini türetmişlerdir (Öztürk ve ark., 2012)

2.3. İmin Taşıyan Organofosfazenler

İminler, aminler ile aldehit ve ketonların asit katalizörlüğündeki tepkimesinden türetilmektedir. Bu tür bileşiklere Schiff tarafından ilk olarak

sentezlendiğinden Schiff bazı olarak da adlandırılmaktadır. Aromatik aldehit ve aromatik aminlerden türetilen imin bileşikleri daha kararlıdır.

Formil taşıyan organofosfazen ile primer aminlerin tepkimelerinden imin taşıyan organofosfazenlerin sentezi ile ilgili az sayıda olsa da çalışma vardır. Yapılan çalışmalarda, formil taşıyan organofosfazen olarak hekza(4-formil-fenoksi)siklotrifosfazen, hekza(2-formil-fenoksi)siklotrifosfazen, hekza(4-bromo-2-formil-fenoksi)siklotrifosfazen, hekza(4-kloro-2-formil-fenoksi)siklotrifosfazen, hekza(4-amino-3-metil-fenoksi)siklotrifosfazen, 1-{2-[1,3-di(oksitetraetilenoksi)-3,5,5-tri(2-formil-feniloksi)siklotrifosfazen]oksietilamino}antraquinon ve 1,3-oksitetraetiloksi-1,3,5,5-tetra(2-formil-fenoksi)siklotrifosfazen kullanılmıştır (Aslan ve ark., 2008; Öztürk ve ark., 2012).

2.4. Adsorpsiyon ve adsorpsiyon türleri

Atom, iyon ya da moleküllerin bir katı yüzeyinde tutulmasına adsorpsiyon, tutunan taneciklerin yüzeyden ayrılmasına desorpsiyon, katıya adsorplayıcı (adsorbent), katı yüzeyinde tutunan maddeye ise adsorplanan (adsorban) adı verilir. Adsorpsiyonun hızı ve miktarı adsorplayıcı yüzeyinin bir fonksiyonudur. Bunun için, aktif karbon gibi kütlesine oranla yüzey alanı büyük olan maddeler kullanılır. Gazların adsorpsiyonu sırasında basınç yükselirse, adsorplayıcı daha fazla miktarda madde adsorplayabilir. Çözeltilerin adsorpsiyonu için de benzer durum geçerlidir. Çözeltinin adsorpsiyonu, sıcaklık, adsorplanacak maddenin doğasına ve çözeltideki derişimine bağlıdır (Karaman, 2010).

Gazların ve sıvıların (çözeltideki) adsorpsiyonunda, üç ardışık hız basamağı vardır. Birincisi, adsorplanan maddenin adsorplayıcının dış yüzeyine bir film olarak taşınımı (Film difüzyonu), ikincisi ise adsorplayıcı gözenekleri içindeki yayınımdır (Gözenek difüzyonu). Son basamakta ise, adsorplanacak maddenin adsorplayıcı gözenek yüzeyine tutunması gerçekleşir. Genellikle son basamak çok hızlıdır. Sıvıların adsorpsiyonunda, adsorpsiyon katı maddenin çözünene karşı ilgisinden kaynaklanır. Bu yüzey olayı, çözünenin adsorplayıcıya elektriksel çekiminden, Van

der Waals kuvvetleri ya da kimyasal yapıdan kaynaklanmaktadır (Karaman, 2010; Savcı, 2010).

2.4.1. Adsorpsiyon Tipleri

Adsorplanan moleküller ile adsorplayıcı yüzey arasındaki çekim kuvvetlerinin türüne bağlı olarak üç farklı adsorpsiyon tipi bulunmaktadır (Karaman, 2010; Savcı, 2010).

2.4.1.1. Fiziksel adsorpsiyon

Fiziksel adsorpsiyon, katı yüzey ile adsorplanan madde molekülleri arasındaki fiziksel çekim kuvvetleri sonucu oluşan adsorpsiyon şeklidir. Fiziksel adsorpsiyonda adsorplanan moleküllerini adsorplayıcı yüzeyine bağlayan kuvvetler, zayıf Van der Waals kuvvetleridir. Çekim kuvvetleri zayıf olduğu için desorpsiyon daha kolay ve hızlıdır. Fiziksel adsorpsiyon genellikle düşük sıcaklıkta gözlenir ve bağlı olarak düşük enerjili bir adsorpsiyon ile karakterize edilir. Fiziksel adsorpsiyon tersinir olup, proses çok çabuktur. Sıcaklık arttıkça fiziksel adsorpsiyon genellikle azalmaktadır. Bu tür adsorpsiyonda adsorplanmış tabaka birden fazla molekül kalınlığında (çok tabaka) da olabilir.

2.4.1.2. Kimyasal adsorpsiyon

Kimyasal adsorpsiyon, adsorplanan molekülleri ile adsorplayıcı yüzey molekülleri ya da atomları arasındaki kimyasal bağdan ileri gelir. Bu tür adsorpsiyonda kimyasal etkileşim söz konusu olduğu için daha güç desorpsiyon olur. Kimyasal olarak adsorplanmış moleküller ara yüzeyde serbest olarak hareket edemezler. Bu tür adsorpsiyonda adsorplanan, adsorplayıcı üzerindeki aktif merkezlerle kuvvetli bağlar oluşturur. Adsorplayıcı ve adsorplanan arasındaki bağ, kimyasal tepkimelerde olduğu gibi sıcaklık artışıyla daha da kuvvetlenir.

2.4.1.3. İyonik adsorpsiyon

İyonik adsorpsiyon, adsorplanan ve adsorplayıcı arasındaki elektrostatik çekim kuvvetlerinin etkisi ile iyonların yüzeydeki yüklü bölgelere tutunması olayıdır. Burada adsorplayıcı ve adsorplanan maddenin zıt elektrik yüklerine sahip olması ve yüzeylerin birbirini çekmesi önemlidir. Elektrik yükü fazla olan ve küçük çaplı iyonlar daha iyi adsorplanırlar. Adsorpsiyon işlemini yukarıda özetlenen adsorpsiyon çeşitlerinden biri ile açıklamak zordur. Birçok durumda fiziksel ve kimyasal aktivasyon birlikte olur. Bu nedenle bir adsorpsiyon olayında fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonu ayırt etmek kolay değildir. Bazı maddeler düşük sıcaklıklarda fiziksel, yüksek sıcaklıklarda ise kimyasal olarak adsorplanabilirler. Birçok adsorpsiyon olayında farklı adsorpsiyon türleri birlikte veya ardarda görülebilmektedir

2.4.2. Adsorpsiyona Etki Eden Parametreler

Adsorpsiyon prosesini etkileyen önemli parametrelerden bazıları aşağıda özetlenmiştir (Karaman, 2010; Savcı, 2010).

Yüzey alanı: Adsorpsiyon bir yüzey olayıdır. Dolayısıyla spesifik yüzey alanıyla orantılıdır. Spesifik yüzey alanı, toplam yüzey alanının adsorpsiyona uygun olan kısmı şeklinde tanımlanır. Adsorplayıcının tanecik boyutunun küçük, yüzey alanının geniş ve gözenekli yapıda olması genel olarak adsorpsiyonu artırır. Ayrıca yüzeyde bulunan fonksiyonel gruplar da adsorplayıcının adsorplama davranışını etkileyen önemli faktörlerdendir.

Adsorplayıcı ile adsorplanan maddenin cinsi ve özellikleri: Sıvılarda çözünen maddenin çözünürlüğü, adsorpsiyon dengesi için kontrol edici bir faktördür. Genel olarak, çözünen maddenin adsorpsiyon hızı ile, sıvı fazdaki çözünürlüğü arasında ters bir ilişki vardır. Suda çözünebilen (hidrofilik) bir madde, suda az çözünen (hidrofobik) maddeye göre daha az adsorplanır. Molekül büyüklüğü de adsorpsiyonu etkilemektedir. Adsorplayıcının gözenek büyüklüğüne en uygun büyüklükte olan molekül daha iyi adsorplanır.

Ortamın pH'ı: Adsorpsiyon olayında çözeltinin pH değeri önemli bir kontrol parametresidir. H⁺ ve OH⁻ iyonlarının kuvvetli adsorplanmalarından dolayı diğer iyonların adsorpsiyonu çözeltinin pH değerinden etkilenir. Genel olarak, maddelerin nötral olduğu pH değerinde adsorpsiyon hızı artar. Ortamda fazlaca hidrojen veya 10 hidroksil iyonu bulunursa bu iyonlar adsorplanan madde iyonları ile yüzeye tutunma yarışına girerler. Bu da yüzeyin adsorplanan madde molekülleri ile daha az kaplanmasına yani daha az adsorpsiyona neden olabilir.

Sıcaklık: Adsorpsiyon tepkimeleri genellikle ekzotermik yani ortama ısı aktaran tepkimelerdir. Bu nedenle, genellikle sıcaklık azaldıkça adsorpsiyon artar. Ancak reaksiyon endotermik yani ortamdaki ısı alan bir reaksiyonsa, adsorpsiyon sıcaklığın artması ile artacaktır. Sıcaklıktaki küçük değişimler ise adsorpsiyon prosesini önemli ölçüde etkilemez.

2.4.3. Adsorplayıcı (Adsorbent) Çeşitleri ve Özellikleri

Su arıtımında adsorpsiyon teknikleri için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Silikajel, füller toprağı, gözenek boyutları büyük reçineler; bazik gözenek boyutları büyük iyon değiştirici reçineler, aktif silika ve aktif karbon en çok bilinen adsorban maddelerdir (Karaman, 2010; Savcı, 2010).

Füller toprağı (magnezyum alüminyum silikat); petrol fraksiyonlarının, bitkisel ve hayvansal yağların arıtılmasında kullanılmaktadır. Kilin ısıtılması ve kurutulmasından gözenekli bir yapı oluşmaktadır.

Boksit (Hidratlaşmış Al₂O₃); petrol fraksiyonlarının süzülmesinde, özellikle gazların dehidratasyonunda kullanılmaktadır. Hidrate alüminanın doğal olarak oluşan formunda sıcaklığın 230 0C'den 815 0C'ye çıkartılmasıyla adsorpsiyon kapasitesi artmaktadır. Ayrıca petrol ürünlerinin ve kurutma gazlarının renk gideriminde kullanılmaktadır.

Aktifleştirilmiş killere; bentonit ve diğer killerdir. Asitle (H_2SO_4 veya HCl) ile aktifleştirilmedikleri zaman adsorptive özellikleri yoktur. H_2SO_4 veya HCl ile aktifleştirildikten sonra yıkanır, kurutulur ve ince toz halinde bir yapı kazanarak özellikle petrol ürünlerinin renk gideriminde kullanılır.

Alümina; sert bir yapıya sahiptir. Aktifleştirilen Hidrate Alüminyum Oksitinin, yapısındaki nemin ısıtılarak uzaklaştırılması ile oluşmaktadır. Gözenekli yapıları ürünü granüler veya toz halinde kullanılmaktadır.

Kemik kömürü; 600-900 $^{\circ}C$ 'de kurutulmuş kömürden elde edilmektedir. Şekerin arıtılmasında, çözeltilerden külün giderilmesinde kullanılmaktadır. Renk gidericiler; organik veya anorganik maddelerin giderilmesinde, saflaştırılmasında, şeker, bitkisel ve hayvansal yağların saflaştırılmasında kullanılmaktadır.

Gaz adsorban karbon; hindistan cevizi kabukları, meyve kabukları, kömür, linyit ve odunun karbonizasyonu ile elde edilmektedir. Sıcak hava veya alum ile işleme tabi tutularak kısmi oksidasyon prosesi ile aktifleştirilmek zorundadır. Granül veya pelet formunda kullanılmaktadır. Gaz karışımlarından çözücü buharlarının geri kazanımı, endüstriyel kokuların, CO_2 ve diğer endüstriyel gazların giderilmesinde, gaz maskelerinde ve hidrokarbonların fraksiyonlandırılmasında kullanılmaktadır.

Moleküler aktif karbon; özel olarak yapılmaktadır. 5-5,5 A0'luk (A0=10-10m) açık gözenekli yapıdadır. Bu gözenekler parafin hidrokarbonları geçirebilir fakat büyük molekül çaplı izoparafinleri geçirmemektedir. Asetilen bileşenleri, alkoller, organik asitler, ketonlar, aldehidleri ayırmada kullanılmaktadır. Sentetik polimerik adsorbanlar (reçineler); 0,5 mm çapında gözenekli küresel taneciklerdir. Her bir tanecik 10-4 mm çapındaki mikro küreciklerin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır.

Silikajel; sodyum silikat çözeltisinin asitle işlenmesi ile çöktürülen jelden elde edilen çok gözenekli, sert ve granüler bir maddedir. Hava ve diğer gazların dehidratasyonunda, hidrokarbonların fraksiyonlanmasında kullanılmaktadır.

Moleküler elekler; gözenekli, sentetik zeolit kristalleri, gümüş alümina silikatlarıdır. Uniform gözeneklidirler ve diğer adsorbanlardan farklıdır. Farklı zeolitler, 3-10 Å por boyutuna sahiptirler.

Zeolitler, kurutma, hidrokarbonların ayrılması ve bir çok uygulamalarda kullanılmaktadır. Aktifleştirilmiş karbon; odun, meyve kabukları ve kömürün termal bozundurulması ile elde edilen mikrokristalin yapısında bir maddedir. Ortalama gözenek çapı, 10-60 Å yüzey alanı 300-1200 m² /g'dır. Organik maddelerin adsorpsiyonunda kullanılmaktadır.

Bir adsorplayıcının endüstriyel proseslerde kullanılabilmesi için; Kolay bulunabilmesi, Ucuz olması, Tekrar kullanılabilir olması, Kimyasal tepkimelere girmemesi, Birim kütle başına geniş yüzey alanına sahip olması, Adsorpsiyonu istenen sıvılara ve gazlara karşı adsorpsiyon kapasitesinin yüksek olması, Ayrılması istenen maddeye karşı seçicilik göstermesi gerekmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kullanılan Çözücüler ve Kimyasal Maddeler

Bileşiklerin sentezinde ve saflaştırılmasında THF, asetonitril, etil alkol, diklorometan, aseton ve dietil eter çözücülerini kullanıldı. Bütün tepkimeler oda sıcaklığında ve oda atmosferinde gerçekleştirildi.

Adsorban olarak kullanılan hekza[4-{(4-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(A1), hekza[4-{(2-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(A2), hekza[2-{(4-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(A3) ve hekza[4-{(2-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin (A4) bileşiklerini literatürde belirtildiği yöntemle sentezledi (Aslan, 2010).

3.1.2. Kullanılan Cihazlar

Daha önce sentezlenen organofosfazen bileşiklerini yeniden sentezinde elde ettiğimiz bileşiklerini analizi FTIR-ATR ile yapıldı.

3.2. Yöntem

3.2.1. Zamana bağlı olarak adsorpsiyon işlemleri

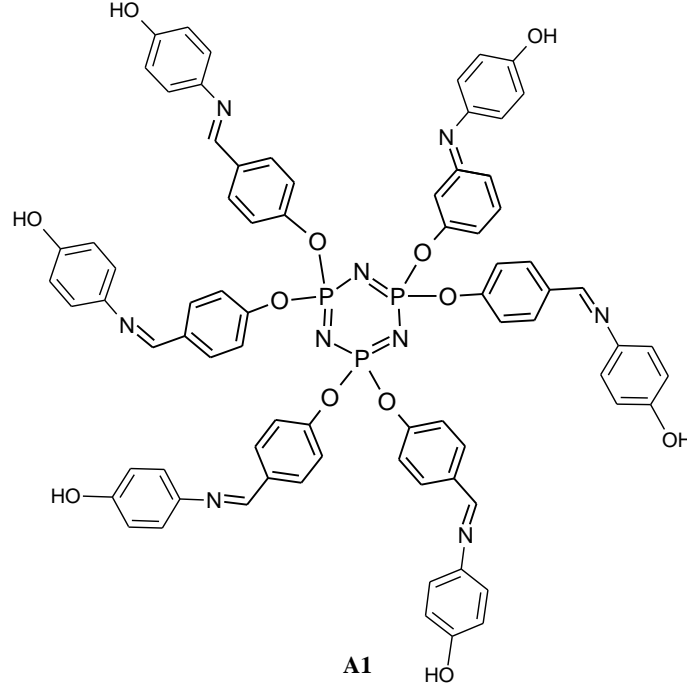
25 mg adsorbant 1,2,3 ve 4 batch reaktörlerinde içinde 100 er mg/L konsantrasyonunda ve 50 mL hacminde Zn, Fe, Mn ve Cu içeren çözeltiler eklenmiş ve adsorpsiyon testine tabi tutulmuştur. 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 180 ve 240 dakikalarda adsorpsiyon işlemleri gerçekleştirildi. Bu süreler sonunda çözeltideki metal iyonlarının konsantrasyonu AAS ile tayin edildi. Elde edilen değerler araştırma bulguları ve tartışma bölümünde verildi.

3.2.2. İyonların farklı konsantrasyonlarında adsorpsiyon işlemleri

25 mg Adsorbant 50, 100, 200, 300, 400 ve 500 mg/L konsantrasyonlardaki 50 mL lik ağır metal çözeltileri ile karıştırıldı. Adsorplanmayan çözeltideki iyonların konsantrasyonu AAS ile belirlendi. Elde edilen değerler araştırma bulguları ve tartışma bölümünde verildi.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Hekza[4-{(4-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(A1) bileşiğine ait adsorpsiyon sonuçlarının değerlendirilmesi



A1 bileşiğinin 25 mg Cu, Fe, Mn ve Zn iyonları içeren 100 mg/L 50 mL sulu çözeltisinde 5., 10., 15., 30., 60., 90., 120., 180. ve 240 dakikalık sürelerde etkileştirildi (Tablo 4.1). Bu süreler sonunda çözeltideki iyonların konsantasyonu tayin edildi. Analiz sonuçları adsorplanmayan iyonların miktarını göstermektedir ve analiz sonuçları Talo 4.1 de verilmiştir. **A1** bileşiği başlangıç konsantrasyonları 100 mg/L olan Cu, Fe, Mn ve Zn metal iyonlarıyla etkileştirildikten sonra bütün iyonların çözeltilerdeki konsantrasyonlarının azaldığı anlaşıldı. **A1** bileşiği ilk 10 dakikada adsorplayabileceği metal iyonları adsorpladığı görüldü. Daha sonraki zamanlarda çözeltideki metal iyonların konsantrasyonu sabit olduğundan **A1** bileşiğinin bu süreden sonra adsorpsiyon yapmadığı anlaşıldı. En fazla Fe iyonu adsorplar iken az Zn iyonu adsorplamıştır.

Çizelge 4.1. A1 bileşiğın zamana göre metal iyonlarının adsorpsiyon sonuçları

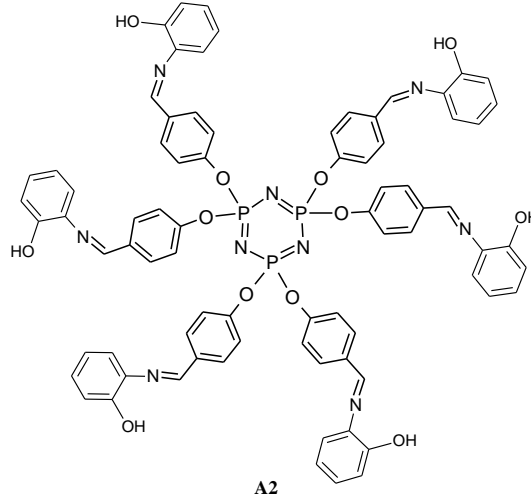
Süre dakika	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
5	24,720	22,685	25,805	38,700
10	10,034	9,278	10,350	18,268
15	5,057	4,782	5,149	5,964
30	5,148	4,843	5,190	5,890
60	5,139	4,967	5,208	5,851
90	5,188	4,641	5,245	6,302
120	5,175	4,800	5,250	6,007
180	5,101	4,721	5,259	8,775
240	5,027	4,695	5,299	5,940

A1 bileşiğının metal iyonlarının farklı konsantrasyonlarındaki çözeltilerinde adsorpsiyon işlemi gerçekleştirildi. Adsorpsiyon işleminden sonra çözeltideki iyonların konsantrasyonları Tablo 4.2 de verildi. A1 bileşiği iyonların başlangıç konsantrasyonları arttıkça adsorplanan metal iyonların miktarında artmıştır. 50 ppm başlangıç konsantrasyonunda metal iyonlarının %33 adsorplanır iken 200 ppm ve üzerindeki başlangıç konsantrasyonlarında metal iyonlarının %50 adsorplanmıştır.

Çizelge 4.2. A1 bileşiğın metal iyonlarının konsantrasyonuna göre adsorpsiyon sonuçları

ppm	Cu	Fe	Mn	Zn
50	33,273	35,267	34,867	36,133
100	64,400	65,867	63,533	68,500
200	94,900	131,100	123,500	134,733
300	124,467	164,733	161,100	177,700
400	187,967	248,500	238,800	263,767
500	226,100	307,700	292,700	334,333

4.2. Hekza[4-{(2-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(A2) bileşiğine ait adsorpsiyon sonuçlarının değerlendirilmesi



A2 bileşiğinin 25 mg Cu, Fe, Mn ve Zn iyonları içeren 100 mg/L 50 mL sulu çözeltisinde 5., 10., 15., 30., 60., 90., 120., 180. ve 240 dakikalık sürelerde etkileştirildi (Tablo 4.3). Bu süreler sonunda **A2** bileşiğinin bu iyonları absorpladığı analiz sonuçlarından anlaşıldı. **A2** bileşiği ilk 10 dakikadan sonra adsorpsiyon yapmamıştır. İlk 10 dakikada bileşiğin absorplayabileceği metal iyonları absorplamıştır. En fazla Cu adsorplar iken en az Zn adsorplamıştır.

Çizelge4.3. **A2** bileşiğin zamana göre metal iyonlarının adsorpsiyon sonuçları

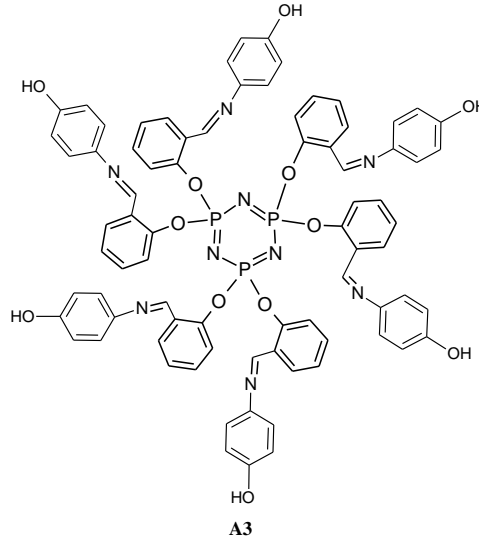
Süre dakika	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
5	23,960	25,150	26,845	32,210
10	10,374	9,842	10,776	11,742
15	5,113	4,832	5,180	5,580
30	5,214	4,956	5,355	5,809
60	5,218	4,979	5,407	5,824
90	5,066	4,717	5,236	5,604
120	5,215	4,831	5,321	5,735
180	5,134	4,894	5,371	5,981
240	5,099	4,764	5,334	5,690

A2 bileşiği farklı konsantrasyonlardaki metal iyonları çözeltisi ile adsorpsiyon işlemine tabi tutuldu ve sonuçlar Tablo 4.4 de verildi. Bu adsorpsiyon işlemleri sonucundan en fazla Cu adsorplandığı en az da Zn adsorplandığı anlaşıldı. Metal iyonlarının konsantrasyonu arttıkça adsorplanan metal iyonlarının konsantrasyonunda artmıştır.

Çizelge 4.4. A2 bileşiğin metal iyonlarının konsatrasyonuna göre adsorpsiyon sonuçları

ppm	Cu	Fe	Mn	Zn
50	39,033	43,967	41,967	45,133
100	58,700	64,467	62,567	66,267
200	88,667	117,700	115,567	128,500
300	129,167	174,967	169,500	196,000
400	182,067	251,700	239,933	281,000
500	212,467	290,833	276,600	318,067

4.3. Hekza[2-{(4-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin(A3) bileşiğine ait adsorpsiyon sonuçlarının değerlendirilmesi



A3 bileşiğinin 25 mg Cu, Fe, Mn ve Zn iyonları içeren 100 mg/L 50 mL sulu çözeltisinde 5., 10., 15., 30., 60., 90., 120., 180. ve 240 dakikalık sürelerde etkileştirildi (Tablo 4.5). Bu süreler sonunda çözeltideki iyonların konsantasyonu tayin edildi. A3 bileşiğinin seçilen metal iyonlarını adsoprladığı anlaşıldı. Adsorpsiyonun ilk 10 dakikada tamamlandığı ve bu süreden sonra adsorpsiyonun gerçekleşmediği anlaşıldı. En fazla Fe adsorplar iken en az Zn adsoplamıştır.

Çizelge 4.5. A3 bileşiğın zamana göre metal iyonlarının adsorpsiyon sonuçları

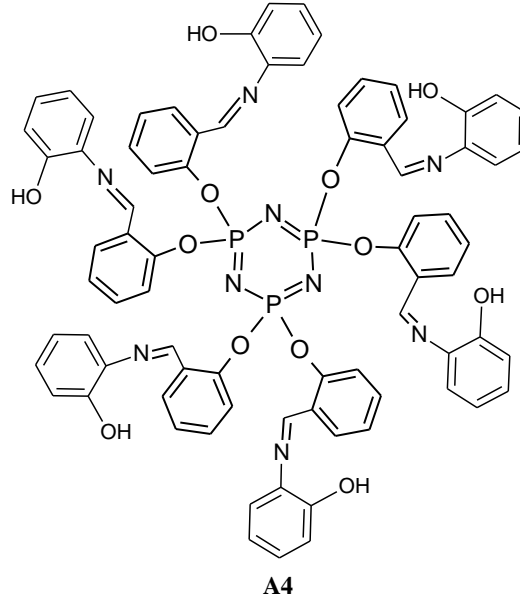
Süre dakika	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
5	25,435	24,750	26,550	30,140
10	10,282	9,804	10,568	11,286
15	5,084	4,893	5,376	-
30	5,146	5,018	5,355	5,848
60	5,143	4,795	5,382	5,714
90	5,035	4,614	5,376	6,615
120	4,666	4,990	5,344	8,985
180	5,064	4,914	5,344	6,732
240	5,128	5,027	5,505	5,952

A3 bileşiğı farklı konsantrasyonlardaki metal iyonları ile adsorpsiyon işlemi uygulandı ve adsorplanmadan kalan iyonların miktarı Tablo 4.6 da verildi. Bileşik adsorpsiyonu metal iyonun konsantrasyonun artması ile arttığı görüldü. Başlangıç konsantrasyonu 100 ppm ve üzerinde olduğunda bileşik metal iyonun başlangıç miktarının %50 sini adsoplamıştır.

Çizelge 4.6. A3 bileşiğın metal iyonlarının konsantrasyonuna göre adsorpsiyon sonuçları

ppm	Cu	Fe	Mn	Zn
50	32,120	36,967	36,667	39,733
100	52,833	61,533	59,667	63,967
200	101,667	140,867	134,033	149,700
300	138,400	192,767	186,533	209,867
400	175,733	246,867	235,467	267,933
500	226,167	310,267	298,800	349,333

4.4. Hekza[4-{(2-hidroksi-fenilimino)metil}fenoksi]siklotrifosfazenin (A4) bileşiğine ait adsorpsiyon sonuçlarının değerlendirmesi



A4 bileşiğinin 25 mg Cu, Fe, Mn ve Zn iyonları içeren 100 mg/L 50 mL sulu çözeltisinde 5., 10., 15., 30., 60., 90., 120., 180. ve 240 dakikalık sürelerde etkileştirildi. Bu süreler sonunda çözeltideki iyonların konsantasyonu tayin edildi (Tablo 4.7). **A4** seçilen iyonları adsorplayabildiği kadar adsorpladığı ve adsorpsiyonun 10 dakikalık sürede tamamlandığı görüldü. 10 dakikalık süreden sonra iyonların konsantrasyonu çözeltide sabit kaldı.

Çizelge 4.7. **A4** bileşiğin zamana göre metal iyonlarının adsorpsiyon sonuçları

Süre dakika	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
5	26,230	25,215	26,945	29,450
10	10,426	9,886	10,732	15,952
15	5,038	4,782	5,266	6,352
30	4,958	4,752	5,327	5,368
60	5,163	4,849	5,327	5,503
90	5,101	4,829	5,391	5,932
120	5,125	4,825	5,363	5,620
180	5,055	4,849	5,326	5,545
240	5,140	4,831	5,402	6,434

Bileşik ile metal iyonlarının farklı konsantrasyonlarındaki çözeltileriyle etkileştirildi ve adsorpsiyon sonucunda elde edilen iyonları konsantrasyonları Tablo 4.8 de verildi. Bileşiğin adsorpladığı metal iyonu konsantrasyonu metal iyonun başlangıç konsantrasyonunun artmasıyla artmıştır. Başlangıç konsantrasyonu 100 ppm

ve üzerinde olduğunda bileşiğin adsopladığı metal iyonu miktarı başlangıç metalin %50 oranındadır.

Çizelge 4.8. A4 bileşiğin metal iyonlarının konsatrasyonuna göre adsorpsiyon sonuçları

ppm	Cu	Fe	Mn	Zn
50	27,563	35,067	34,200	37,633
100	57,267	70,400	67,833	75,867
200	86,267	117,200	114,900	124,200
300	150,700	216,333	207,500	235,000
400	178,867	248,567	238,733	266,333
500	222,200	306,800	293,467	329,467

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Adsorban olarak kullandığımız imin taşıyan organosiklotrifosfazen olan hekza[4-{{(4-hidroksi-fenilimino)metil}}fenoksi]siklotrifosfazenin(A1), hekza[4-{{(2-hidroksi-fenilimino)metil}}fenoksi]siklotrifosfazenin(A2), hekza[2-{{(4-hidroksi-fenilimino)metil}}fenoksi]siklotrifosfazenin(A3) ve hekza[4-{{(2-hidroksi-fenilimino)metil}}fenoksi]siklotrifosfazenin (A4) bileşikleri hekza(4-formil-fenoksi)siklotrifosfazen ve hekza(2-formil-fenoksi)siklotrifosfazen 4-aminofenol ve 2-aminofenolden türetilmiştir. Bu bileşiklerin kimyasal yapısı birbirlerinden farklıdır.

Adsorbanlar seçilen metal iyonlarının hepsini adsopladığı kadar adsorplamıştır. Yani bütün metal iyonları için adsopsiyon vardır.

Bileşiklerin metal iyonlarının adsorpsiyonu zamana ve metal iyonların başlangıç konsantrasyonuna göre incelendi. Seçilen zamanlar 5, 10, 15,30, 50, 90, 120, 180 ve 240 dakikadır. Metal iyonlarının başlangıç konsantrasyonları 50, 100, 200, 300, 400 ve 500 ppm dir. Her iki çalışmada da adsorbanlar 25 mg kullanıldı. Analizler adsopsiyon sonrasında çözeltide kalan metal iyonlarına aittir.

Bütün bileşikler ilk 10 dakikada adsoplayabileceği metal iyonlarının adsorplamıştır. Bu süreden sonra adsopsiyon gerçekleşmediği metal iyonlarının konsantrasyonun sabit olmasından anlaşıldı. Bütün bileşiklerin adsopladığı en az metal iyonu Zn dır. Fakat bileşiklerin adsopladığı metal iyonlarının miktarları arasında 2 veya daha fazla kat farkı yoktur.

Metal iyonlarının başlangıç konsantrasyonu farklı olduğunda bileşiklerin adsopladığı metal miktarı da farklı olmuştur. Metal iyonun başlangıç konsantrasyonu arttıkça bileşiklerin adsopladığı metal miktarının oranı da artmıştır. Bileşiklerin miktarı hepsinde aynı olduğu halde adsopsiyon miktarı artmaktadır. O halde adsoplanan metal miktarı metalin başlangıç konsantrasyonuna da bağlıdır.

Çalışmada kullandığımız imin taşıyan organofosfazenler metal iyonlarını sulu ortamda adsorplamaktadır. Organofosfazenin adsopsiyonda çok fazla etkili

olmamıştır. Çünkü adsorpladıkları metal miktarı oranında 2 veya daha fazla fark bulunmamaktadır. Bu bileşiklerin metal iyonlarının giderilmesinde kullanılabileceği anlaşıldı.

KAYNAKLAR

- ALLCOCK, H. R., 1972. Phosphorus-Nirtogen Compounds. Academic Press, London, 498p.
- ALLCOCK, H. R., DESORCIE, J. L., and RIDING, G. H., 1987. The organometallic Chemistry of Phosphazenes. Polyhedron, 2:119-157.
- ALLEN, C. W., 1994. Linear, cyclic and polymeric phosphazenes, Coordination Chemistry Reviews, 130:137-173.
- ASLAN, F., DEMIRPENCE, Z., TATSIZ, R., TURKMEN, H., ÖZTURK, A.İ., ARSLAN, M. 2008. The Synthesis, Characterization and Photophysical Properties of Some New Cyclotriphosphazene Derivatives Bearing Schiff Base, Z Anorg Allg Chem 634, 1140-1144.
- ASLAN, F., ÖZTURK, A. İ., ARSLAN, M., 2003. The Reaction of *N*-Dichlorophosphoryl-*P*-trichlorophosphazene with Alkyl Grignard Reagents, Heteroatom Chemistry Volume 14, Number 2, 138-143.
- ASLAN, F., ÖZTURK, A. İ., ÖKKEŞ, Y., ARSLAN, M., MUTLU, İ. H., 2010. "Karbonil Taşıyan Fenoksi Süstitüe Siklotrifosfazenden Yeni Schiff Bazı Türevlerinin Sentezi, Karakterizasyonu, Biyolojik Aktiviteleri, İletkenlik Ve Floresans Özelliklerinin İncelenmesi" 107T407 nolu TÜBİTAK projesi.
- CARRIEDO, G.A., CATUXO, L.F., ALONSO, F.J.G., ELİPE, P.G., GONZALEZ, P.A., SANCHEZ, G. J., 1996. On The Synthesis of Functionalized Cyclic and Polymeric Aryloxyphosphazenes From Phenols, Appl. Polym. Sci. 59, 1879-1885.
- CIL, E., ARSLAN, M., GORGULU, A.O., 2006. Synthesis and Characterization of Benzyl and Benzoyl Substituted Oxime-Phosphazene, Polyhedron, 25, 3526-3532.
- FANTIN, G., FOGAGNOLO, M., GLERIA, M., MEDICI, A., MINTO, F., PEDRINI, P., 1996. Cylophosphazene Containing Acetyl(Aspirin) Substituents, Tetrahedron, 52, 9535-9540.
- GOTTLIEB, H. E., KOTLYAR, V., NUDELMAN, A., 1997. NMR Chemical Shifts of Common Laboratory Solvent as Trace Inties, J. Org. Chem., 62, 7512-7515.
- KARAMAN, İ., Soma Linyitinin Fiziksel Aktivasyonu Ve Aktiflenmiş Ürüne Boyarmadde Adsorpsiyonu, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- OZTURK, A. İ., ASLAN, F., CIL, E., ARSLAN, M., KILIC, A., 2003. The Synthesis And Characterization Of Cycloalkoxy-Linear Phosphazenes, Phosphorus, Sulfur, and Silicon, 178:2097–2105.
- OZTURK, A. İ., ASLAN, F., YILMAZ, Ö., ALĞIN M., ARSLAN, M., MUTLU, H. I., 2013. Synthesis, Characterization, and Spectroscopic Properties of Hexa(4-Bromo-2-Formyl-Phenoxy)Cyclotriphosphazene and Hexa(4-Chloro-2-Formyl-Phenoxy)Cyclotriphosphazene and Fully Substituted Cyclotriphosphazene Derivatives Bearing a Schiff Base at Room Temperature, Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements, 188:5, 585-595,
- TÜMER, Y., BATI, H., ÇALIŞKAN, N., YÜKSEKTEPE, Ç., BÜYÜKGÜNGÖR, O., 2008. Synthesis, Crystal Structure and Characterization of Hexakis[2-methoxy-4-formylphenoxy]cyclotriphosphazene, Z. Anorg Allg Chem., 634, 597-599.

YUAN, W., ZHU, L., HUANG, X., ZHENG, S., TANG, X., 2005. Synthesis, Characterization and Degradation of Hexa-Armed Star-Shaped Poly(L-lactide)s and Poly(D,L-Lactide)s Initiated With Hydroxyl-terminated Cyclotriphosphazene, *Polymer Degradation and Stability*, 87, 503-509.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Tuba ERDOĞAN
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi :KONYA – 30.05.1979
Telefon :05064078897
e-Mail :tuba.erdogan@iskur.gov.tr

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:Mersin Tevfik Sırrı Gür Lisesi, Merkez, Mersin	1996
Üniversite	:Niğde Üniversitesi, Merkez, Niğde	2001
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi, Merkez, Şanlıurfa	2015

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2006-2011	Milli Eğitim Müdürlüğü	Öğretmen
2012	Türkiye İş Kurumu	İş ve Meslek Danışmanı

UZMANLIK ALANI

Anorganik Kimya