



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

s-TRİAZİN SCHİFF BAZI İLE MEMBRAN HAZIRLANMASI VE METAL TAŞIMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Lütfiye TAYLAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Anabilim Dalı

Ocak-2015
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Lütfiye TAYLAK

Ocak-2015

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

s-TRİAZİN SCHİFF BAZI İLE MEMBRAN HAZIRLANMASI VE METAL TAŞIMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Lütfiye TAYLAK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Gülşin ARSLAN

2015, 78 Sayfa

Jüri
Doç.Dr. Gülşin ARSLAN
Doç.Dr. Mustafa KARAMAN
Doç.Dr. Ziya Erdem KOÇ

Bu çalışmada, polimer içeren membranların (PIM) hazırlanması ve metallerin seçimli taşınmasında kullanılması amaçlanmıştır. Tez kapsamında sentezlenmiş 2-Vinil-4,6-N,N'-Bis(2,4-dihidroksi benziliden)-1,3,5-triazin bileşiği ile PIM'lar hazırlandı. Atomik güç mikroskobu (AFM), taramalı elektron mikroskobu (SEM), infread spektroskopi (FT-IR) ve yüzey temas açılarının belirlenmesi ile elde edilen PIM'ların yüzey karakterizasyonları yapılmıştır. Hazırlanan membranların analitik amaçlarla kullanılıp kullanılamayacağı ve çevre kirliliği açısından büyük önem taşıyan Cd(II) iyonuna seçimli olup olmadığının araştırılmasında; besleme fazındaki Cd(II) konsantrasyonu, besleme fazı pH'sı, alıcı faz türü ve konsantrasyonunun etkisini incelemek üzere taşıma denemeleri yapılmıştır. Ayrıca toksik bazı metallere karşı seçiciliği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Membran, Metal Taşıma, Schiff Bazı, s-Triazin.

ABSTRACT

MS THESIS

MEMBRANE PREPARATION with s-TRIAZINE SCHIFF BASE and ITS USAGE for TRANSPORT of METAL

Lütfiye TAYLAK

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CHEMISTRY

Advisor: Assoc.Prof.Dr. Gülşin ARSLAN

2015, 78 Pages

Jury
Assoc.Prof.Dr. Gülşin ARSLAN
Assoc.Prof.Dr. Mustafa KARAMAN
Assoc.Prof.Dr. Ziya Erdem KOÇ

In this study, it was aimed to prepare polymer inclusion membranes (PIM) and to use them in the selective transport of metals. Within the scope of this thesis, PIMs were prepared by synthesized 2-Vinyl-4,6-N,N'-Bis(2,4-dihydroxy benzylidene)-1,3,5-triazine compound. Surface characterization of PIMs was carried out by determination of atomic force microscopy (AFM), scanning electron microscopy (SEM), infrared spectroscopy (FTIR) and surface contact angles. In the research for whether the prepared membranes will be used for the aim of analytical studies or not and whether they are selective for Cd(II) ions which are important in terms of environmental pollution or not, transport experiments was carried out to investigate the effect of the concentration of Cd(II) in feed phase, pH of feed, type and concentration of receiving phase. Its selectivity against other toxic metal ions was determined.

Keywords: Membrane, Metal Transport, Schiff Base, s-Triazine.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım boyunca, danışmanlığımı üstlenen, çalışmamın her aşamasında yol gösterici olan ve emeğini esirgemeyen Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyokimya Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç.Dr. Gülşin ARSLAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tezimdeki s-triazin Schiff bazı türevini sentezleyen Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç.Dr.Ziya Erdem KOÇ'a ve Yüksek Lisans Öğrencisi Remziye Beyza ARSLAN'a, PIM'ları hazırlamada ve karakterizasyonunda yardımlarını esirgemeyen Uzman İlker AKIN'a , ayrıca membranların karakterize edilmesi işlemlerinde yardımlarını esirgemeyen Uzman Dr. Mustafa TOPKAFA'ya ve Yüksek Lisans öğrenimim boyunca bana her zaman manevi destek olan ve tez çalışmalarımda emeği geçen arkadaşım Büşra Ebru ATAOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmaya desteklerinden dolayı Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP); 14201019 nolu proje ile desteklediğinden dolayı teşekkür ederim.

Beni yetiştiren, hayatsal sürecimde maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Lütfiye TAYLAK
KONYA-2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Ağır Metal 3
1.1.1. Kadmiyum ve Özellikleri 4
1.1.2. Kadmiyumun Kullanım Alanları 5
1.1.3. Kadmiyumun Zararlı Etkileri 5
1.2. Membranlar 6
1.2.1. Sıvı Membranlar 9
1.2.1.1. Hacimli sıvı membranlar 12
1.2.1.2. Emülsiyon sıvı membranlar 13
1.2.1.3. Destekli sıvı membranlar 14
1.2.1.4. Sıvı membran sistemlerinde transport mekanizmaları 16
1.2.1.5. Sıvı membran sistemlerinde kullanılan organik çözücünün seçimi 21
1.2.1.6. Sıvı membran proseslerinde kullanılan taşıyıcının seçimi 22
1.2.1.7. Polimer içerikli membran (PIM) 23
1.3. s-Triazinler ve Genel Özellikleri 24
1.3.1. s-Triazin (1,3,5-triazin) Türevleri 25
1.3.2. s-Triazinler'in Sınıflandırılması 26

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **30**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **38**

3.1. Kullanılan Cihazlar 38
3.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler 38
3.3.Metal Çözeltilerin Hazırlanması 39
3.4. PIM'ların Hazırlanması 40
3.5. Membran Karakterizasyonu 40
3.6. Taşıma Çalışmaları 41

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **43**

4.1. PIM'ların Hazırlanması 43
4.2. PIM'lar İçin Yüzey Karakterizasyonu 43
4.3. Taşıma Çalışmaları 48
4.4. Cd(II) Taşınımı İçin PIM'ların Kullanımı 49
4.4.1. Besleme Çözeltisi Cd(II) Konsantrasyonunun Taşımaya Etkisi 49

4.4.2. Besleme Çözeltisi pH'sının Cd(II) Taşımasına Etkisi 51
4.4.3. Alıcı Çözeltisi HCl Konsantrasyonunun Taşımaya Etkisi 53
4.4.4. Alıcı Çözeltisi Türünün Taşımaya Etkisi 54
4.4.5. Cu(II), Ni(II), Zn(II) ve Cr (III) Taşınmasına Etkisi 54

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 56

5.1. Sonuçlar 56
5.2. Öneriler 56

KAYNAKLAR 57

ÖZGEÇMİŞ 69

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

P:	Geçirgenlik katsayısı
J:	Akış hızı
RF:	Geri kazanma faktörü

Kısaltmalar

BLM:	Hacimli Sıvı Membranlar
SLM:	Destekli Sıvı Membranlar
ELM:	Emülsiyon Sıvı Membranlar
PIM:	Polimer İçeren Membranlar
VDAT:	2-vinil-4,6- diamino - 1,3,5-triazin
VDAT 2,4:	(2-Vinil-4,6-N,N'-Bis(2,4-dihidroksi benziliden)-1,3,5-triazin)
AFM:	Atomik Kuvvet Mikroskobu
SEM:	Taramalı Elektron Mikroskobu
AAS:	Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
ED:	Elektrodiyaliz
PVC:	Poli (vinil klorür)
CTA:	Selüloz triasetat

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının giderek tükenmesi ve mevcut su kaynaklarının kullanılamayacak duruma gelmesi, su temini konusunu ön plana çıkarmaktadır. Özellikle, su gibi doğal bir kaynağın geriye dönülemeyecek bir şekilde tüketilmesine engel olmak için bekleyecek zamanın olmaması, insanoğlunu bu kaynakları koruyacak ve kurtaracak teknolojileri kullanmaya ve geliştirmeye mecbur kılmaktadır (Can, 2002; Kaya, 2007). Bu durum atık sulardaki kirletici oranlarının standartlara uygun hale getirildikten sonra çevreye bırakılması gerektiğini göstermektedir. Endüstriyel gelişimin artması ile metaller hava, su ve toprakta birikmeye başlamıştır. Metaller, yeryüzü sularının yanında bitki ve hayvan toplulukları üzerinde de zararlı bir etkiye sahiptir. Atık sulardan ağır metal iyonu uzaklaştırılması teknolojik araştırmaların başında gelir (Hatay, 2006).

Atıksulardan değerli metallerin giderimi ve aynı zamanda geri kazanımı hedeflendiğinde en verimli teknolojilerden bir tanesi membran ayırma prosesleridir. (Sugita, 1989; Chai ve ark., 1997; Benito ve Ruiz, 2001; Eliceche ve ark., 2002; Rodriguez ve ark., 2002; Köseoğlu, 2005).

Membran sistemleri, destilasyon, adsorpsiyon, ekstraksiyon gibi geleneksel ayırma tekniklerine alternatif olarak ayırma teknolojisinde önemli bir yer edinmiştir. Geleneksel ayırma teknikleriyle yarışabilen veya onlarla birlikte kullanılabilen membran sistemleri, genellikle düşük enerji gerektiren ayırma yöntemleridirler. Geleneksel ayırma işlemlerine göre; yüksek seçicilik, modülerlik gibi avantajları vardır (Usanmaz, 2007). Günümüzde membran teknolojisi ayırmalarda oldukça fazla uygulama alanı bulmakta ve uygulama kolaylığı bakımından tercih edilmektedir. Özellikle su arıtmada ve ayırma işlemlerinde uygulanmaktadır (Alkan, 2006).

Son yıllarda, membran tabanlı işlemler birçok sanayi için değerli bir teknoloji olarak oldukça dikkat çekmiştir. Ancak, membran filtrasyon ve elektrodiyalizde dahil olmak üzere diğer tüm membran sektörlerinde son piyasa canlılığına rağmen, sıvı membranların pratik uygulamaları büyük ölçüde sınırlıdır. Bunlar, bulk sıvı membranlar (BLM), emülsiyon sıvı membranlar (ELM) ve destekli sıvı membranları (SLM) içerir. Emülsiyon kırılması ELM'ler ile ilgili temel sorun iken BLM'ler düşük arayüzey yüzey alanlarına ve kütle transfer hızlarına sahiptir. SLM'ler ile ilişkili önemli bir dezavantaj zayıf kararlılıktır (Sastre ve ark., 1998; Gyves ve Miguel, 1999).

Bununla birlikte, hidrometalurji, biyoteknoloji ve endüstriyel atık suların arıtılmasında son yirmi yıl içinde çok sayıda küçük organik bileşiklerin ekstraksiyonunun yanı sıra metal iyonu geri kazanımı için gerekli ihtiyaçlar göz önüne alındığında, önemli bilimsel çabalar, sıvı membranları anlamak (Yang ve Fane, 1997) ve kararlılığını geliştirmek (Yang ve ark., 2000) için harcanmıştır. Bu konuya bağlı bilimsel araştırmaların sayısı giderek artmaktadır (Sastre ve ark., 1998). Böyle özel çalışmalar, yaygın olarak polimer içerikli membranlar (PIM) şeklinde adlandırılan sıvı membranların bir değişik tipinde sonuçlanmıştır (Schow ve ark., 1996).

PIM'lar, ince, esnek ve kararlı bir film oluşturmak üzere, selüloz triasetat (CTA) ya da poli (vinil klorür) (PVC) gibi bir baz polimer, bir plastikleştirici, bir ekstraktant içeren bir çözeltinin dökümü ile oluşturulmuştur. PIM'lar mükemmel bir kararlılık ve çok yönlülük sergilerken SLM'lerin avantajlarının çoğunu da muhafaza ederler. Genellikle PIM'larda karşılaşılan düşük difüzyon katsayıları, geleneksel SLM muadili ile karşılaştırıldığında çok daha ince membran oluşturarak, bunu kolayca telafi edilebilir. Pek çok durumda PIM'lar, SLM'lerden daha yüksek akılarla bildirilmiştir (Schow ve ark., 1996; Kim ve ark., 2000; Kim ve ark., 2001). SLM'lerin aksine, PIM'ların hazırlanmasında membran ektraksiyon prosesi sırasında ihmal edilebilir bir taşıyıcı madde kaybı olabilir (Schow ve ark., 1996; Tayeb ve ark., 2005, Kim ve ark., 2000; Kim ve ark., 2001). Buna ek olarak, taşıyıcı reaktifinin miktarı büyük ölçüde azaltılabilir, bu nedenle daha pahalı ekstraktantlar kullanma imkanı oluşur. Bu hiç şüphesiz PIM'lar için geniş bir uygulama yelpazesi oluşturacaktır. Özellikle membran ömrü açısından sıvı membranların diğer türlerine göre PIM'ların üstün performansı göz önüne alındığında, yakın gelecekte PIM'ların pratik endüstriyel uygulamalarının gerçekleşeceği tahmin edilmiştir (Nghiem ve ark., 2006).

Heterosiklik bileşiklerde oksijen (O), azot (N) ve kükürt (S) gibi hetero atomlardan biri veya birkaçı halkadaki karbon (C) ile yer değiştirmiş olarak bulunur. s-Triazinler de bu gruba dahildir (Fessenden ve Fessenden, 1990). s-Triazinler bir benzen halkasındaki üç karbonla, azot atomlarının yer değiştirmesi sonucu oluşan heterosiklik bileşiklerdir. Aromatik halka adlandırması göz önüne alındığında bu molekül 1,3,5-triazin olarak adlandırılır. Bu bileşikler simetrik yapıda oldukları için kısaca s-triazin denilmektedir (Çelikbilek, 2011).

Schiff bazları genellikle geçiş metalleri ile çok kararlı kompleks oluşturma kabiliyetine sahip olan bir, iki ya da çok dişli ligand olarak davranırlar (Bukhari, 2002). Elde edilen komplekslerinin tersinir olarak oksijen bağlamaları (Lu ve ark., 2003),

olefinlerin hidrojenlenmesindeki katalitik aktivite göstermeleri (Olie ve Olive, 1984), bazı toksin metallerle kompleks oluşturmaları, elektrokimyasal elektron transferi (Rahaman ve ark., 2005) ve fotokromik özellikleri (Kunkely ve Vogler, 2001) bulunması nedeniyle pek çok alanda çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca bu tür bileşikler epoksitlerin asimetrik halka açma ve hidroksilleme, olefinlerin epoksidasyonu, laktit polimerizasyonu dahil geçiş-metal katalizli reaksiyonların geniş bir alanın da aktif katalizörler olarak kullanılmaktadır (Habibi ve ark., 2006; Katsuki, 2004).

1.1. Ağır Metal

Ağır metalin tanımı daha çok çevresel problemler olduğunda ortaya çıkmakta ve 'nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal' olarak tarif edilmektedir. Gerçekte ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 $g.cm^{-3}$'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu grubun içine kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal girmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2007). Bunların bir kısmı, bitki ve hayvanlar için mikrobesin (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni) maddesi olabilmekte, izin verilebilir sınırı aşmadığı sürece toksik olmamaktadırlar (Yıldız, 2004).

Yüzyıllar boyunca insanlar ağır metallerin etkilerini bilmeden takı, silah, su borusu vb. çeşitli amaçlar için kullanmışlardır. Sanayileşme ile birlikte ağır metal içeren kömürlerin yakılmaya başlanması ile endüstri bölgelerinde ve her geçen gün artan trafik yoğunluğuna maruz kalan dünyamız ve ülkemizde birçok kirleticiyle beraber ağır metallerin de çevredeki miktarlarının artması sonucunda ağır metal kirliliği aşırı boyutlara ulaşmıştır. Bu maddeler, sadece organizmalarda birikmekle kalmayıp, aynı zamanda gıda zincirlerini dolaşarak ekosistemlerde tehlikeli yoğunluklarda uzun süre kalabilirler. Ağır metallerin doğada yayınımları göz önüne alındığında, metallerin yayılmasına ve ekosistemde zarar vermesine daha çok insanın neden olduğu görüşü hakimdir. Sürekli ve kullanıma bağlı kirlenme, çevrede oldukça fazla ağır metal içeriğine ve yoğunluğuna neden olmaktadır (Okcu ve ark., 2009).

Atmosferdeki değişik gaz ve parçacıkların fazlalığı, fabrika bacalarından çıkan hava kirleticiler ve atıkları toprak ve bitki verimliliğine olumsuz etkide bulunmaktadır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında endüstri gelişimine bağlı olarak ortaya çıkan ve artarak devam eden hava ve ağır metal kirliliği günümüzde bütün canlıları tehdit eder hale gelmiştir (Zheljazkov ve Nielsen, 1996).

1.1.1. Kadmiyum ve Özellikleri

Kadmiyum (Cd) periyodik cetvelin II B grubunda yer alan, gümüş beyazı renkte metal elementtir. Eskiden, Thebai yakınlarındaki Yunan sitesi olan Kadmeia'daki (adı da buradan gelir) çinko oksitten (kalamin) elde edilen kadmiyumu 1808'de Pontin buldu ve 1817'de F. Stromeyer (1776-1835) hazırladı. Kadmiyum maden filizlerinde, çoğunlukla çinkoyla birlikte bulunur; bu nedenle çinko metalürjisinin bir yan ürünü sayılabilir. Kadmiyumun kimyasal özellikleri, daha az indirgen olduğu çinkonunkilere çok yakındır. Kadmiyum, telleşebilen, dövülgen, parlak beyaz bir metaldir. Çift değerliklidir (Gelişim Hachette, 1993).

Kadmiyumun bazı temel özellikleri ve fiziksel özellikleri Çizelge1.1'de, genel görünümü Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Kadmiyum kristali

Çizelge 1.1. Kadmiyumun bazı temel özellikleri ve fiziksel özellikleri

Temel özellikleri	
İsim, Sembol ve Atom Numarası	Kadmiyum, $_{48}$Cd
Element Serisi	Geçiş Metalleri
Grup, periyot, blok	12, 5, d
Atom ağırlığı	112,40 g.mol^{-1}
Elektron dizilimi	[Kr] 4d^{10}5s^{2}
Enerji seviyesi başına elektronlar	2, 8, 18, 18, 2
Fiziksel Özellikleri	
Maddenin hali	Katı
Yoğunluk	8,65 g.cm^{-3}
Ergime noktası	321,07 °C
Kaynama noktası	767 °C

1.1.2. Kadmiyumun Kullanım Alanları

Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle deniz koşullarına dayanımı nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılır. Kadmiyum empürüte olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkar (Kahvecioğlu ve ark., 2007).

Kadmiyum sülfür açık sarıdır; boyamada, kauçuk üretiminde (kadmiyum sarısı) ve görünür ışınlara duyarlı fotoiletken hücrelerde kullanılır. Kadmiyum sülfat, mikropkırıcı ve göz damlası olarak yararlıdır. Kadmiyum iyodür fotoğrafçılıkta, plakaları duyarlılaştırmaya yarar (Gelişim Hachette, 1993). Kadmiyum oksit, katalizör olarak kaplama banyosunda ve saflığı çok yüksek olan kadmiyumun elde edilmesinde kullanılır. Kadmiyum nitrat $Cd(NO_3)_2$ camlara kırmızımsı sarı renk verir. Kadmiyum ayrıca nükleer reaktörlerde kontrol çubuğu olarak kullanılır (http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/kadmiyum).

1.1.3. Kadmiyumun Zararlı Etkileri

Ağır metallerden biri olan kadmiyum, günümüzde çeşitli kullanım alanlarıyla ve çevre kirliliğindeki önemli rolü ile gündeme gelmiş oldukça toksik bir metaldir (Okcu ve ark., 2009). Önemli bir kirletici olmasının nedeni çok düşük dozlarda bile toksik olması ve biyolojik yarı ömrünün uzun olmasıdır (Goyer, 1991; Lyons ve ark., 1996).

İnsan yaşamını etkileyen en önemli Cd kaynakları sigara dumanı (1 adet sigara 1-2 μg Cd içerir), rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, gübre kullanımı ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır (Aydoğdu ve ark., 2007).

Dünya sağlık örgütü'nün bildirdiğine göre haftalık 0.4-0.5 mg (60 kg'lık insan için) tolere edilebilir olarak kabul edilmektedir. Vücuda alınan kadmiyumun %3-8'i özellikle ciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Bu miktar Cd tüm vücutta bulunan miktarın yaklaşık %50'si kadardır. Kadmiyumun biyolojik yarılanma ömrünün insanlarda uzun olması sonucunda (19-38 yıl), ciğer ve böbreklerdeki kadmiyum miktarı yaşa bağlı olarak artmaktadır. Bu nedenle yüksek Cd'dan kaynaklanan böbrek rahatsızlıkları genellikle elli yaşın üzerindeki insanlarda görülmektedir (Özbek ve ark.,

1995). Bitkiler aracılığıyla insan ve hayvan besin zincirine ulaşmasının yanı sıra solunum yoluyla vücuda alınan Cd, sürekli baş ağrıları, baş dönmesi, mide bulantısı, kusma, uykusuzluk, astım, kemik erimesi gibi hastalıklara yol açmaktadır (Öktüren Asri ve ark., 2007)

Kronik Cd zehirlenmesinde ortaya çıkan en önemli etki akciğer ve prostat kanseridir. Kemik erimesi, kansızlık, diş dökülmesi ve koku duyumunun yitirilmesi önemli etkilerindendir (Yağmur ve ark., 2003).

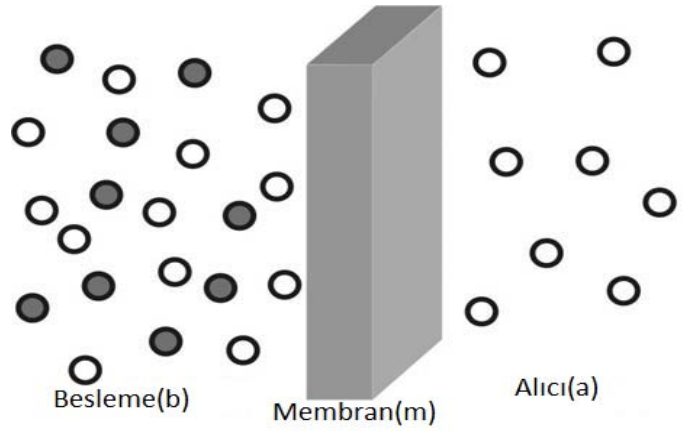
1.2. Membranlar

Farklı fazların birbirinden ayrılması amacıyla değişik filtrasyon teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır. Filtrasyon bir akışkan sistemden boyut farkına dayanarak iki veya daha fazla bileşenin ayrılması olarak tanımlanır. Geleneksel olarak filtrasyon sıvı ve gaz akışkan içinde karışmayan katı parçacıkların ayrılması amacıyla kullanılır. Membran filtrasyon ise bu uygulamayı sıvı içinde çözünen katıların ve gaz karışımlarının ayrılmasını da kapsayan daha ileri bir aşamaya taşır (Çeliktaş, 2007).

Membranlar, kendine bir sürücü kuvvet uygulandığında fiziksel ve kimyasal özelliklerin bir fonksiyonu olarak çözelti içindeki bazı türleri ayırma yeteneğine sahip ince bir film tabakasıdır (Wehiua, 2003).

Membranları, bazı molekül veya iyonların geçişine müsaade eden yarı geçirgen zar olarak da tanımlayabiliriz. Membranlar bazı molekül veya iyonların geçişini kısıtlamazken, bazılarının geçişini kısıtlayarak moleküler ayırımı gerçekleştirir (Coşkun, 2009).

Membran sistemleri, destilasyon, adsorpsiyon, ekstraksiyon gibi geleneksel ayırma tekniklerine alternatif olarak ayırma teknolojisinde önemli bir yer edinmiştir. Geleneksel ayırma teknikleriyle yarışabilen veya onlarla birlikte kullanılabilen membran sistemleri, genellikle düşük enerji gerektiren ayırma yöntemleridirler. Geleneksel ayırma işlemlerine göre; yüksek seçicilik, modülerlik gibi avantajları vardır. Bütün membran sistemlerinin temelinde ayırma aracı olarak bir membran kullanılır. Kullanılan membranın kalınlığı mikron seviyesinden birkaç milimetreye kadar değişebilir. Ayırma işlemi membranın hem kimyasal, hem de fiziksel yapısıyla belirlenmekte olup basınç, derişim, elektriksel potansiyel ve sıcaklık farkının biri veya bir kaçıyla oluşturulan itici kuvvetle gerçekleşmektedir (Usanmaz, 2007).



Şekil 1.2. Membranların genel şematik bir gösterimi (Saf, 2010)

Bir membran prosesinde iki fazı fiziksel olarak ayıran üçüncü bir faz olan membrana ihtiyaç vardır (Şekil 1.2.). Yani membran, iki faz arasında bir arafazdır. Bir membran prosesinde iki faz arasına yerleştirilen membran fazı, bu iki faz arasındaki kütle değişimini kontrol eder. Bir membran ayırma prosesindeki fazlar karışımlardır. Bu sebeple ayırma prosesinde karışımdaki bileşenlerden birisinin diğerine tercihen değişimine izin verilir, yani membran diğer bileşenlere karşı seçici davranır. Bu yüzden bir faz bileşenlerden birisi bakımından zenginleşirken diğer fazda ise hızla azalır. Bu açıklamalar kapsamında membran prosesi; bir bileşenin membran tarafından ayrılan bir fazdan diğer faza seçici ve kontrollü olarak taşınması şeklinde tanımlanabilir (Kitiş ve ark., 2009).

Membran kullanımının genel olarak saflaştırma, deriştirme ve fraksiyonlara ayırma gibi 3 farklı amacı vardır ve sanayide birçok kullanım alanına sahiptir.

- Deriştirme işlemiyle düşük derişimli çözeltiden çözücü uzaklaştırılarak istenen çözeltinin derişimi arttırılır.

- Saflaştırma işlemiyle bileşendeki safsızlıklar uzaklaştırılır.

- Fraksiyonlara ayırma işlemiyle karışım iki yada daha fazla istenen bileşenlerine ayrılır (Kaya, 2007).

Membran teknolojisinin diğer ayırma işlemlerine göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

- Enerji tasarrufu sağlanır.

- Geleneksel ayırma araçlarıyla birlikte hibrid prosesler oluşturabilirler.

- Ayırma işleminde süreklilik vardır.

- Maliyeti gün geçtikçe düşmektedir.

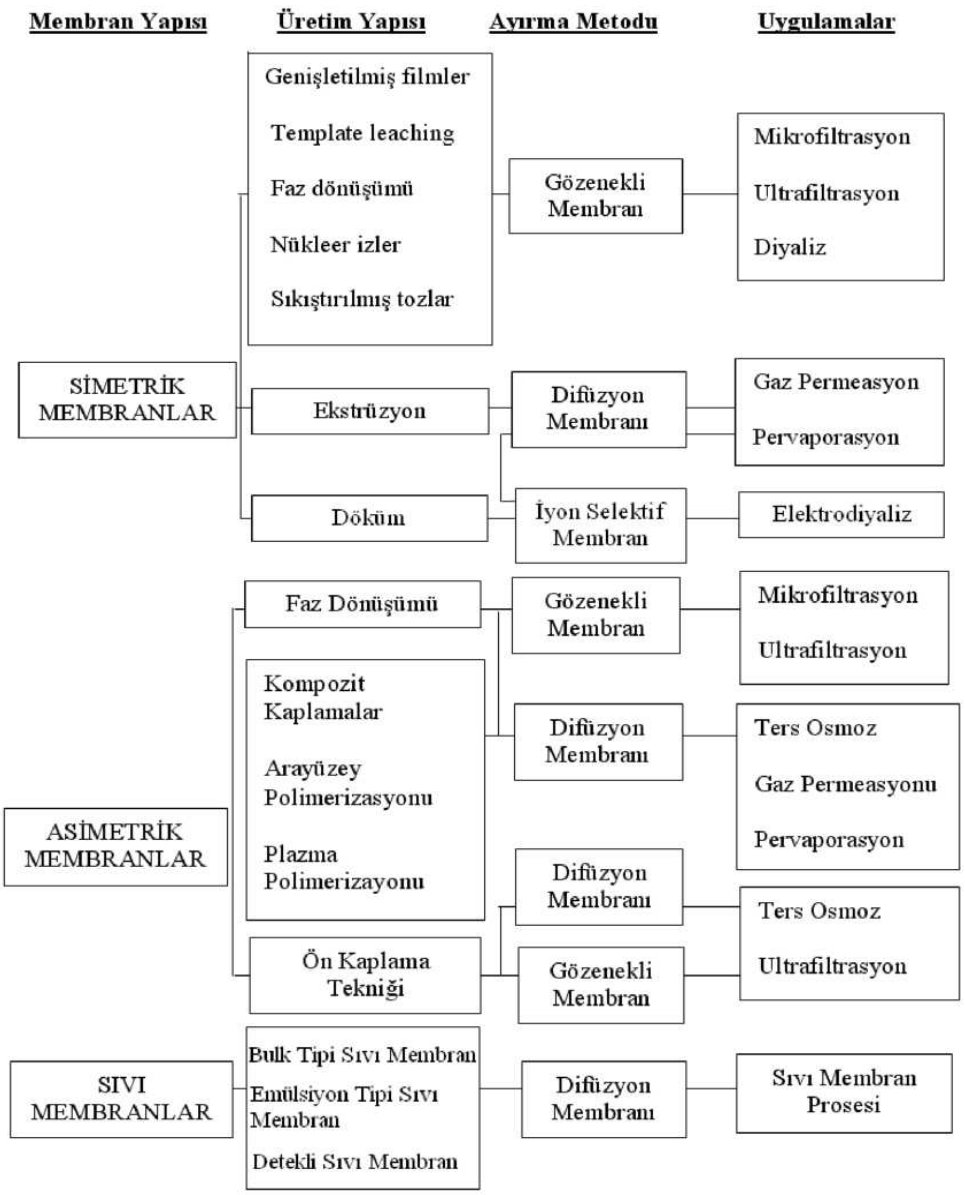
- Kullanılan ekipmanların basitliği ve işletim kolaylığı vardır (Salt ve Dinçer, 2006).

Ancak bazı durumlarda membran teknolojisinin dezavantajları da olabilmektedir. Bunlar;

- Membran yüzeyinde birikim olması,
- Membranların kısa ömürlü olmaları,
- Düşük seçicilik göstermesi olarak sıralanabilir (Kaya, 2007).

Günümüzde membran teknolojisi ayırmalarda oldukça fazla uygulama alanı bulmakta ve uygulama kolaylığı bakımından tercih edilmektedir. Özellikle su arıtmada ve ayırma işlemlerinde uygulanmaktadır. Membran proseslerinin kullanıldığı başlıca endüstri alanları şunlardır: Kimya sanayi, eczacılık, petrol endüstrisi, hidrometalurji, elektrodializ, çevre, gıda teknolojisi, pervaporasyon, ekstraksiyon, dializ, ultrafiltrasyon, genetik, tekstil ve elektronik endüstrisi gibi alanlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır (Alkan, 2006).

Şekil 1.3.'de membran yapısı, membranların üretim ve ayırma metodu ile uygulamaları verilmiştir. Buna göre simetrik, asimetrik ve sıvı membranların hangi yöntemlerle imal edildiği, ayırma metodunda kullanılan membranın cinsi ve hangi membran prosesinde uygulanabilirliğinin olduğu görülmektedir (Sürücü, 2008).



Şekil 1.3. Membran çeşitleri ve ayrıma yöntemleri (Sürücü, 2008)

1.2.1. Sıvı Membranlar

Sıvı membranlar üzerine ilk araştırmalar Nernst ve Riesefelt tarafından 1902 yılında yayınlanmıştır. Onlardan önce Rosano sıvı membranlar üzerinde iyon aktarımını araştırmıştır. 1968'de Li, SMP (sıvı membran prosesi)'ni kalitatif olarak formüle etmiştir (Kırdı, 2012). İlk ticari uygulamaları 1968 yılında Avusturya Lenzing'te atıksulardan çinko giderimi ve 1988'de Çin'de Nancung Plastic Factory'de fenol giderimidir (Acar ve Malkoç, 2002).

Eğer bir membran, iki faz arasında yarı geçirgen bir bariyer olarak görülüyorsa, karışmaz nitelikteki bir sıvı da iki sıvı veya gaz faz arasında bir membran olarak görev yapabilir (Noble ve Way, 1986). Dolayısıyla "Sıvı Membran" iki faz arasında yer alan ve bu fazlarla karışmaz nitelikte olan sıvıdır (Franken, 1996; Kralj ve Brecevic L., 1998; Breembroek ve ark., 2000; Urtiaga ve ark., 2000; Gürel ve Büyükgüngör, 2006).

Sıvı membranlarda, diğer fazlar gaz veya sıvıdan oluşabilir (Acar ve Malkoç, 2002).

Gaz / Sıvı Membran / Gaz

Gaz / Sıvı Membran / Sıvı

Sıvı / Sıvı Membran / Gaz

Sıvı / Sıvı Membran / Sıvı

Sıvı membranlar, son yıllarda özel kimyasal reaksiyonlarla yeni, seçici ve kararlı ayırma sistemleri geliştirmek amacıyla, önemle üzerinde çalışılan konular arasındadır. Sıvı membran proseslerinin esası şöyle açıklanabilir; iki homojen ve birbiri içinde tamamen karışabilen sıvıların (alıcı: (A) ve besleme: (B) çözeltileri), üçüncü bir sıvı ile ayrılmasıdır. Bu ayırıcı sıvı, diğer iki sıvı içinde çözünmeyen ve karışmayan bir sıvı olup membran fazı (M) oluşturur.

Uygun termodinamik koşullarda besleme fazla organik faz arasında bir ara yüzey (B/M) oluşur. Bu ara yüzeyden bazı bileşenler besleme fazından membran faz içerisine transfer olur. Aynı zamanda membranın diğer tarafında ikinci bir organik faz ve alıcı faz ara yüzeyi (M/A) oluşur. Bu ara yüzeyde ise ilk taşınımının tersi olmaktadır. Yani B/M ara yüzeyinde besleme fazından organik faza geçen bileşenin, M/A ara yüzeyinde organik fazdan alıcı faza geçerek burada birikmesi sağlanmaktadır.

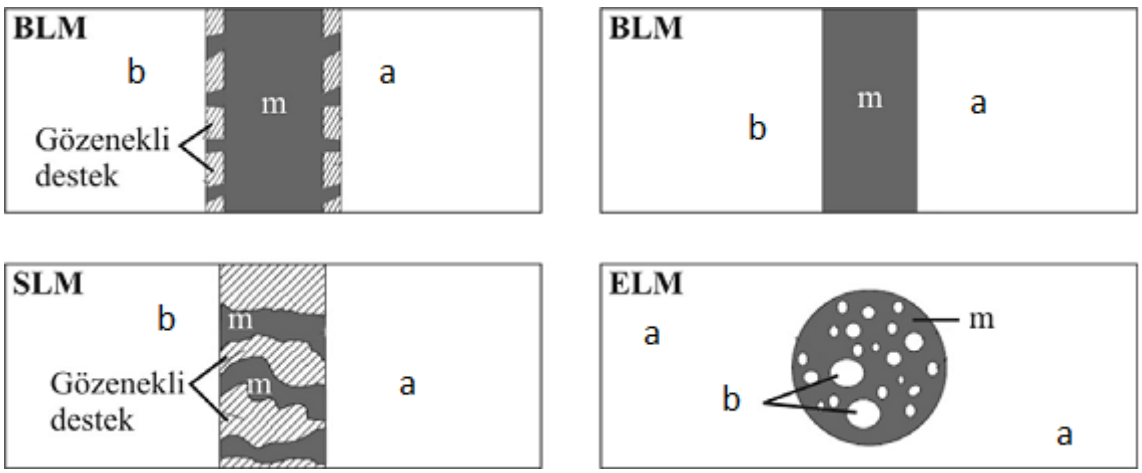
Sıvı membran prosesinde, sistemin bütün bileşenlerinin optimal duruma getirilmesi (alıcı ve besleme faz türleri ve derişimleri, sıcaklık, karıştırma hızları, taşıyıcı türü ve derişimi, pH gibi) madde taşınımında yüksek seçicilik seviyesine ulaşılmasını sağlar (Kırdı, 2012).

Membran olarak kullanılan organik sıvı, çözünmeyen, bozunmayan ve zararsız olmalıdır. Bu amaçla özel taşıyıcılar sentezlenmesi uygun olacaktır. Sıvı membran sistemleri özellikle; hidrokarbonların ayrılmasında, alkali ve toprak alkali metallerin ayrılmasında, eser elementler ve radyoaktif maddelerin tutulmasında, değerli metallerin kazanılmasında, toksik maddelerin giderilmesinde, biyoteknolojide ve tıbbi uygulamalarda kullanılabilir (Sürücü, 2008).

Sıvı membran sistemleri, atık su arıtımında, kimya mühendisliğinde, hidrometalurjide, biyoteknolojik ve biyomedikal uygulamalarda kullanım alanı bulmaktadırlar (Bartsch ve Way, 1995; Naim ve Monir, 2002; Pal ve ark., 2002).

Sıvı membran proseslerin potansiyel avantajları arasında; yüksek ayırma faktörleri (Chrisstoffels ve ark., 1995), katı membranlara göre daha yüksek kütle alanları (Ulbrich ve ark., 1991), çok yüksek seçicilik (Franken, 1996), düşük konsantrasyondan yüksek konsantrasyona ayırma ve zenginleştirme (Breembroek ve ark., 2000; Tutkun ve Kumbasar, 1992), pahalı ekstrakte edicilerin kullanılabilmesi (Teresa ve ark., 1993), yüksek besleme/çözücü hacim oranları (Tutkun ve Kumbasar, 1992), askıda katı madde içeren çözeltilerin işlenebilmesi (Hayworth ve ark., 1983), ölçeklendirme kolaylığı (Tutkun ve Kumbasar., 1992), düşük yatırım ve işletme maliyeti (Draxler ve ark., 1988; Ho ve Sirkar, 1992) sayılabilir (Gürel ve Büyükgüngör, 2006).

Yapılarına göre sıvı membranlar Şekil 1.7.'de gösterildiği gibi BLM, SLM ve ELM olarak üç gruba ayrılmaktadırlar. Bazı kaynaklarda polimer içerikli membran, jel membran ve delikli lif destekli (HF-SLM) membranların bu gruplamaya dahil edildiği görülmektedir. Ancak ilk ikisi destekli sıvı membranın, üçüncüsü de hacimli sıvı membranın kısmen değiştirilmiş şekli olduğundan ayrı bir gruplamaya ihtiyaç duyulmamıştır (Saf, 2010).

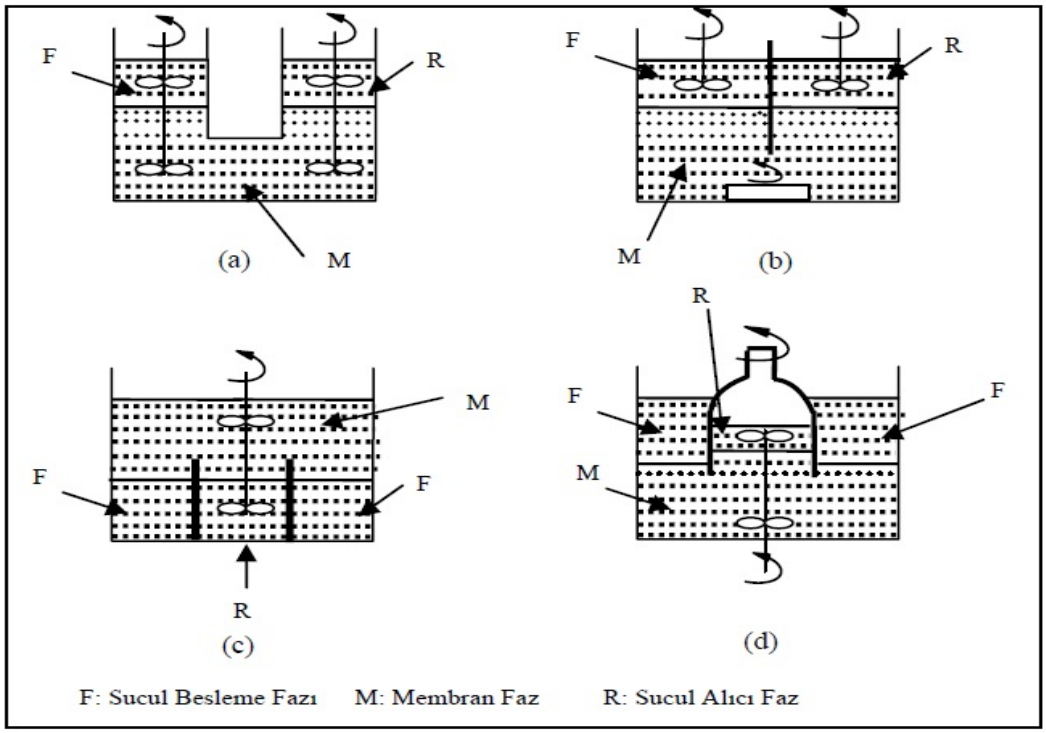


Şekil 1.7. Yapılarına göre membranlar (b: besleme fazı, a: alıcı faz, m: membran) (Saf, 2010)

1.2.1.1. Hacimli sıvı membranlar

Hacimli sıvı membranlar, donör ve akseptör fazları ile bunları ayıran organik membran fazdan oluşmaktadırlar. Sıvı membranlar ekstraksiyon ve geri ekstraksiyon işlemlerini tek kademede gerçekleştirebilmektedir (Draxler ve ark., 1988; Ho ve Poddar, 2001; Chakraborty ve ark., 2003).

Hacimli sıvı membran çalışmalarında farklı düzenekler kullanılmıştır. Bunların tasarlanmasında ana faktör dönör, akseptör ve membran fazlarının yoğunluklarıdır. En basit kütle transfer hücresi Schulman köprüsü olarak isimlendirilir (Şekil 1.4.a) (Izatt ve ark., 1986). Bu sistemlerde membran fazını içeren ortak bir bölüm ve sıvıların karışmasını önleyen bir bariyerle birbirinden ayrılmış donör ve akseptör faz çözeltileri bulunmaktadır. Membran fazı diğer iki sıvıyla temas halindedir ve bunların arasındaki transportu sağlar. Donör ve akseptör fazların karışmasını engelleyecek bir hızda belirli bir faz veya bütün fazlar karıştırılır (Usanmaz, 2007).



Şekil 1.4. Kütle transferi (difüzyon) hücreleri: (a) U-tüpü (Schulmann köprüsü); (b) Düz düşey ayırma duvarlı; (c) Deney şişesi içinde deney şişesi tipi (d) Döner iç silindirli (Sahoo ve Dutta, 2002).

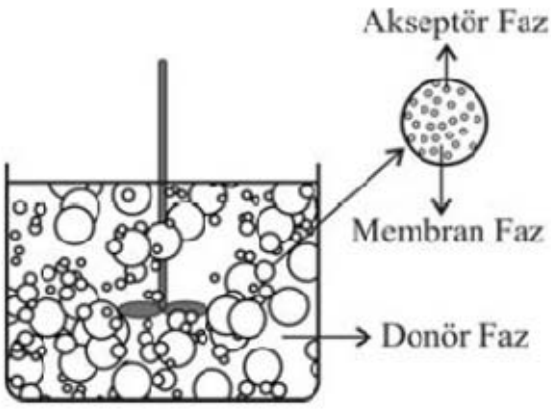
Bu sistemler basit ve ucuz olması, kolay kontrol edilmesi nedeniyle laboratuvar çalışmalarında tercih edilmektedir. Bununla birlikte düşük arayüzeye sahip olması nedeniyle düşük transport hızına sahiptirler. Bu sistemlerde arayüzey alanının

artırılması, membran kalınlığının azaltılması ve karıştırılmayla transport hızı artırılabilir. Böylece çözünmüş madde konsantrasyonunda homojenlik sağlanır ve arayüz tabakaların kalınlığı en aza indirgenmiş olur (Kırdı, 2012).

1.2.1.2. Emülsiyon sıvı membranlar

1968 yılında Norman Li tarafından keşfedilen emülsiyon sıvı membran ayırma sistemi üç fazdan oluşan bir sistemdir. Bu fazlar dış, membran ve iç fazlardır (Wan ve Zhang, 2002). Dış faz (donör faz) ekstrakte edilecek olan çözünmüş maddeyi içermektedir. Membran faz fiziksel olarak dış ve iç fazları ayırmakta olup emülsiyon kararlılığını korumak için bir yüzey aktif madde içermektedir (Devulapalli ve Jones, 1999). İç faz ise akseptör fazı oluşturmaktadır.

Emülsiyon sıvı membran sistemleri gerçekte çoklu emülsiyonlar olup, su-yağ- su ve yağ-su-yağ şeklinde tasarlanabilmektedirler. Su-yağ-su sisteminde iki fazı ayıran yağ fazı sıvı membran görevini üstlenirken yağ-su-yağ sisteminde ise iki yağ fazını ayıran su fazı membran görevini üstlenmektedir. Su-yağ-su çoklu emülsiyonunda, yağ kürecikleri küçük su küreciklerini içermektedir ve yağ kürecikleri kendi başlarına sürekli su fazında dağılmaktadırlar. Yağ-su-yağ çoklu emülsiyonları diğer taraftan büyük su kürecikleri içinde tutulmuş küçük yağ küreciklerinden ibaret olup sürekli bir yağ fazında dağılmaktadırlar (Bandyopadhyaya ve ark., 1998; Lizon ve Ortiz, 2000).



Şekil 1.5. Emülsiyon sıvı membran sistemi

Emülsiyon sıvı membran sisteminin avantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür;

a. Ekstraksiyon için büyük spesifik yüzey alanı (10^6 m^2/m^3) (Shere ve Cheung, 1988; Kasaini ve ark., 1998)

b. Çok hızlı ekstraksiyon (El-Said ve ark., 2003)

c. Düşük konsantrasyonlu akışlardan çözünmüş maddelerin hızlı ve verimli bir şekilde geri kazanımı (Ohtake ve ark., 1987)

d. Düşük ilk yatırım ve işletme maliyetleri (Li ve ark., 1997)

e. Membranın inceliği ve dolayısıyla kısa difüzyon mesafeleri (Ohtake ve ark., 1987)

ELM sistemleri tüm avantajlarına karşın bir takım dezavantajlara da sahiptirler. Bu dezavantajlar;

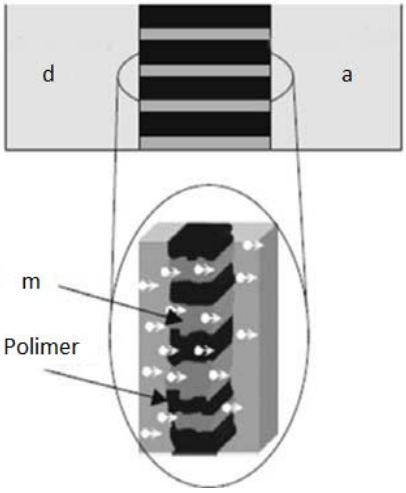
a. Membranın kırılması

b. Membranın şişmesi

Özellikle yapılmış çalışmalarda membran stabilitesinin tam olarak sağlanamamasından ve kullanılan membran maddelerinin özelliklerinden dolayı bir miktar organik maddenin arıtılmakta olan atık suya kaçtığı ve bu suretle atık sudaki organik madde yükünü arttırdığı bulunmuştur. Bu durum ELM sistemlerinin kullanımı için büyük bir dezavantajdır (Turan ve ark., 2004).

1.2.1.3. Destekli sıvı membranlar

Mikro gözenekli polimer veya inorganik destek maddelerinin gözeneklerine membran fazı oluşturan ve içerisinde taşıyıcı bulunan sıvının kapiler kuvvetler ile emdirilmesiyle (veya sabitlenmesiyle) elde edilen membranlar destekli sıvı membranlar olarak tanımlanır. Sabitlenmiş sıvı, membran fazı oluşturur ve mikro gözenekli film ise membran faz için destek maddesi olarak görev yapar. Membran fazın emdirilmiş olduğu polimer destek maddesi besleme ve alıcı fazlar arasına yerleştirilerek, bu fazların birbirine karışması önlenmiş olur (Şekil 1.6.).



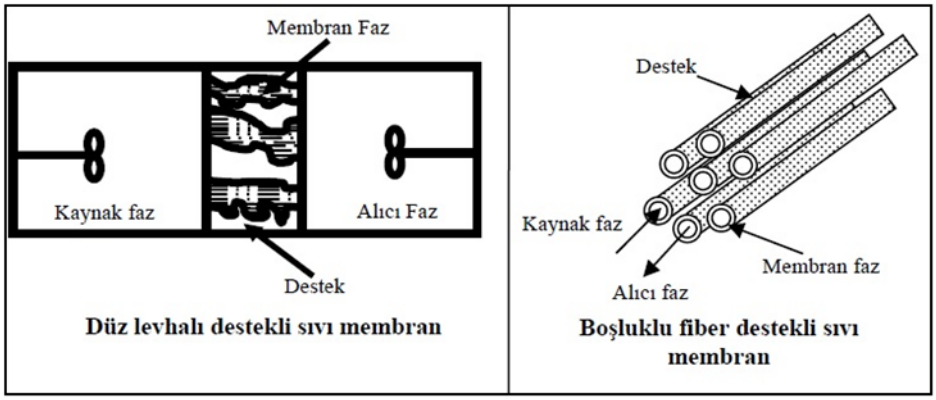
Şekil 1.6. Destekli sıvı membranın şematik gösterimi (Saf, 2010; Kislik, 2010)

Diğer bütün membran proseslerinde olduğu gibi SLM proseslerinde de membran, transport ve ayırma verimliliğinde anahtar rol oynamaktadır. Geçirgenlik hızı ve ayırma verimliliği SLM'nin yapısında kullanılan destek maddesine, destek maddesinin gözenek şekli ve büyüklüğüne, taşıyıcıyı içeren sıvının türüne, membranın kararlılığına ve mekaniksel kararlılığına bağlıdır. Bu yüzden sıvı membran fazın sabitlenmesi amacıyla çeşitli polimerik ve inorganik mikro gözenekli destek maddeleri kullanılmıştır.

Metaller, metal oksitler ve zeolitler günümüzde halen inorganik membran destek maddeleri olarak oldukça önemli bir yere sahip olmalarına rağmen SLM'nin verimliliğini artırmak için yeni polimer madde arayışı devam etmektedir. İnorganik membranların genel avantajı mekaniksel kararlılığı, sıcak ortamdaki kararlılığı, kimyasal direnç ve sterilize olabilme özellikleridir. İnorganik destek maddelerinin bu avantajlara sahip olmalarına rağmen SLM yapımı için bu membranların kullanımı ile ilgili çok fazla yayın bulunmamaktadır.

SLM'lerin avantajları az miktarda organik çözücü ve taşıyıcının kullanılması, bir basamakta kütle transferinin gerçekleşmesi, yüksek ayırma faktörüne ulaşılabilmesi, ayırma boyunca ekstrakte olan tür ve türlerin ayrılması ve düşük ayırma maliyetine sahip olmasıdır. Bununla birlikte SLM'lerin uygulamalarını kısıtlayan bazı problemler vardır. Esas problem destek maddesi içindeki sıvı membranın kararsızlığıdır. Yani, transport işlemi boyunca membran faz bileşenlerinin membrandan uzaklaşması olayıdır. Ancak uygun polimerik destek maddesinin seçimi, membran faz olarak kullanılan organik çözücü ve membran faz bileşenleri bu kararsızlığı önemli derecede azaltabilmektedir (Kırdı, 2012).

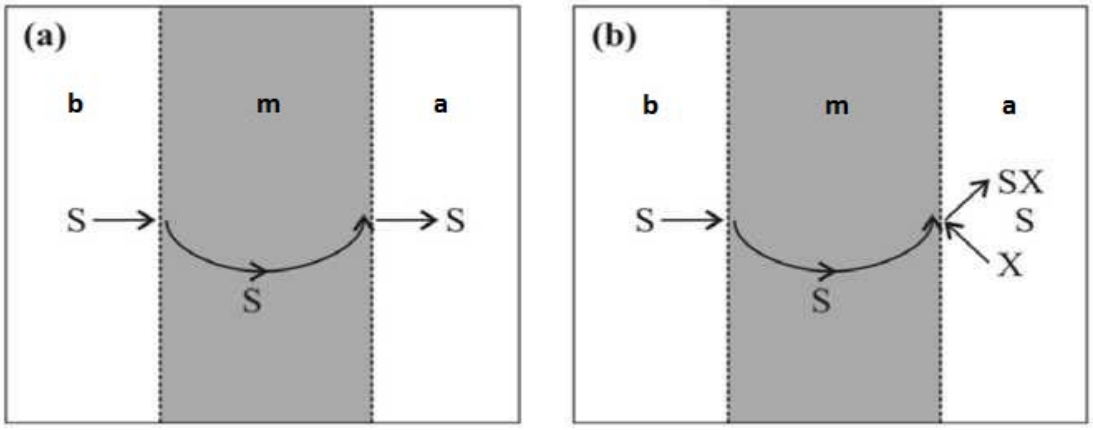
Destekli sıvı membranların sıklıkla kullanılan iki düzeneği bulunmaktadır. Bunlar; düz levhalı destekli sıvı membranlar ve boşluklu fiber destekli sıvı membranlardır (Peterson ve Lamb, 1995). Bu membran düzeneklerinin basit gösterimleri Şekil 1.7.'de verilmiştir.



Şekil 1.7. Farklı SLM sistemlerinin şematik gösterimi (Chrisstoffels ve ark., 1995).

1.2.1.4. Sıvı membran sistemlerinde transport mekanizmaları

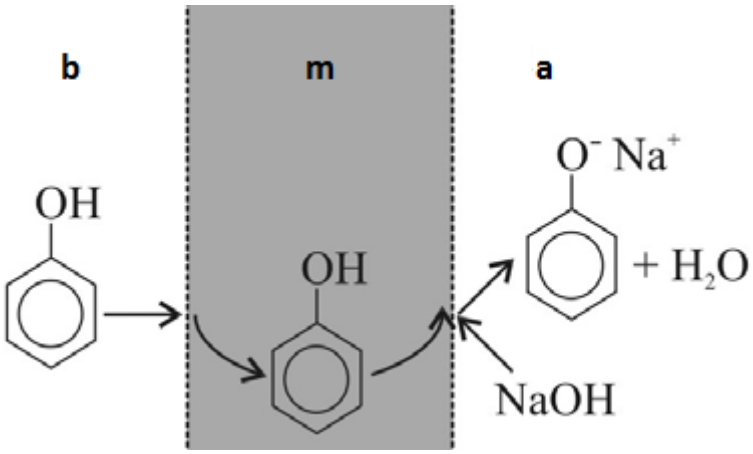
Basit transport: Basit transportta organik membran faz taşıyıcı içermez. Bu nedenle basit transportta herhangi bir türün transportunun gerçekleşmesi için organik çözücüde çözünebilmesi gerekmektedir. Aksi halde transport gerçekleşmez. Basit transport, Şekil 1.8.'de görüldüğü gibi iki şekilde gerçekleşebilir. Şekil 1.8.(a)'da transport olan S maddesi, membrandaki çözünürlüğünün bir sonucu olarak besleme fazdan (b) membran faza (m) ekstrakte olur ve buradan da alıcı faza (a) geri ekstrakte olur. Başlangıçta S maddesinin alıcı fazdaki konsantrasyonu sıfırken, daha sonra giderek bu değer artar. Membranın her iki tarafındaki konsantrasyonlar dengelenene kadar transport devam eder. Transport işleminin en basit hali olan bu mekanizma maddelerin geri kazanımına veya konsantre edilmesine izin vermemektedir.



Şekil 1.8. (a) Basit transport ve (b) Alıcı fazda kimyasal reaksiyonla gerçekleşen basit transport

Şekil 1.8.(b)'de, transport olan S maddesi, membrandaki çözünürlük farkından dolayı besleme fazdan membran faza ekstrakte olur ve membrandan da X maddesini içeren alıcı faza geri ekstrakte olur. S molekülü alıcı fazdaki X maddesi ile tersinmez bir şekilde birleşir ve oluşan SX membran fazda çözünmez. Bu mekanizmada S çözünmüş maddesi konsantrasyon gradyanına karşılık besleme fazdan alıcı faza transport edilmiş olur. Şekil 1.8.(a)'daki proses, membranın her iki tarafındaki konsantrasyonlar dengelenene kadar devam ederken Şekil 1.8.(b)'de prosesdeki mekanizmaya göre denge söz konusu değildir. Dolayısıyla maddelerin geri kazanımı veya konsantre edilmesi gerçekleştirilebilir.

Bu mekanizma ile zayıf organik asitler veya bazlar, fenoller, aminler, antibiyotikler ve bunun gibi maddeler transfer edilebilir ve zenginleştirilebilir . Bu tür transporta atık sulardan fenolün uzaklaştırılması örneği verilebilir (Şekil 1.9.). Konsantrasyon gradyanından dolayı fenol membran faz boyunca difüze olur ve NaOH içeren alıcı faza geçer. Burada NaOH ile tepkimeye girerek sodyum fenolatı oluşturur. Oluşan sodyum fenolat bileşikleri membran fazda çözünmediğinden sadece alıcı faz içerisinde bulunur. Bu transport olayındaki yürütücü kuvvet besleme ve alıcı fazları arasındaki fenol konsantrasyonu farkıdır (Kırdı, 2012).

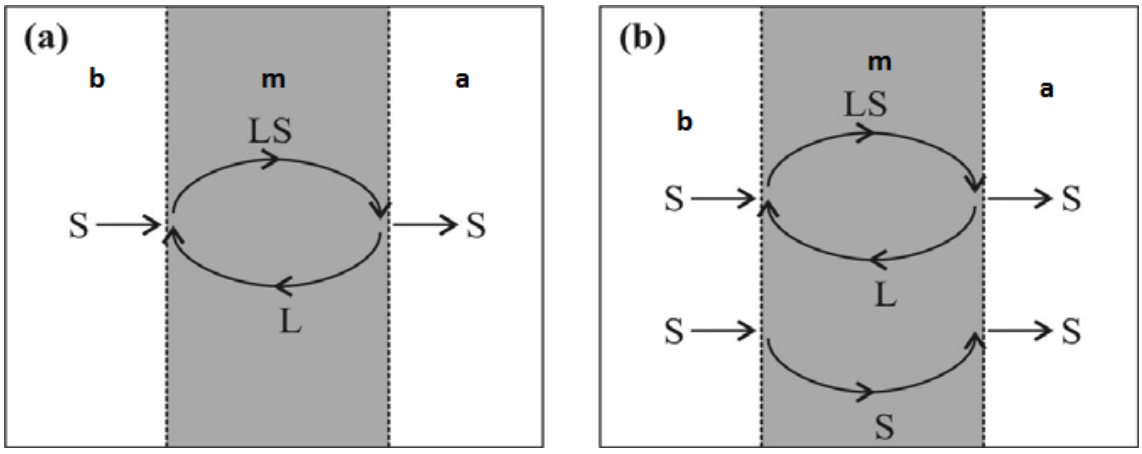


Şekil 1.9. Atık sulardan Fenolün uzaklaştırılması (Saf, 2010)

Kolaylaştırılmış transport*:* Kolaylaştırılmış transport terimi genellikle taşıyıcı maddeyi içeren sıvı membranlar için kullanılmaktadır. Bir S türünün transportunu kolaylaştırmak için bu maddeyle uygun kararlılıkta (geri dönüşümlü) etkileşen bir taşıyıcı (L), organik faza eklenir. Taşıyıcı madde taşınmak istenen madde ile seçici ve aynı zamanda hem madde akısını hem de seçiciliği iyileştirmek için geri dönüşümlü bir reaksiyon verir.

Basit transportta S türünün sıvı membranda çözünmesi şartı varken, kolaylaştırılmış transportta böyle bir şart yoktur. Kolaylaştırılmış transportta sıvı membranda S türünün çözünmemesine ve çözünmesine bağlı olarak iki mekanizma verilebilir. S türü sıvı membranda çözünmüyor ise transport sadece taşıyıcı vasıtasıyla gerçekleşir (Şekil 1.10.(a)). S türü sıvı membranda çözünüyor ise transport hem taşıyıcılı hem de taşıyıcısız olarak gerçekleşir (Şekil 1.10.(b)).

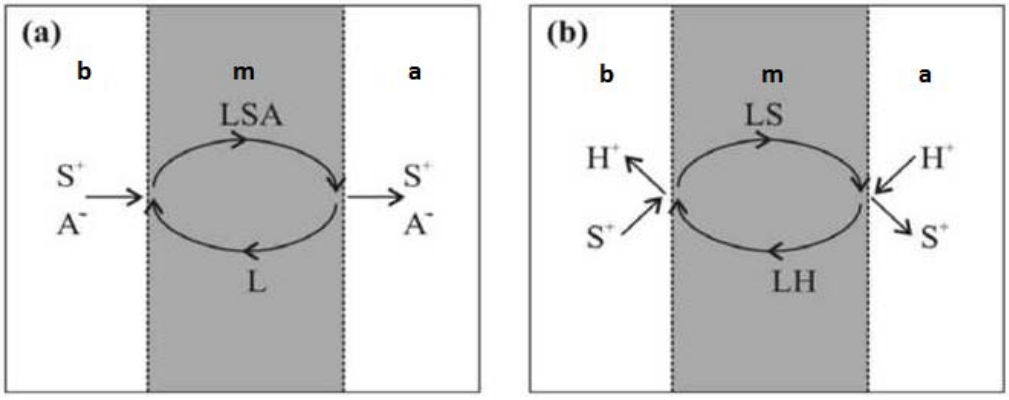
Taşıyıcı madde b/m arayüzeyinde taşınacak tür ile etkileşime girer ve taşınacak türün alıcı faz tarafına bırakılmasını sağlamak için membran boyunca difüzlenir. Taşınacak tür m/a arayüzeyinde alıcı faza bırakılır ve taşıyıcı besleme faz tarafına geri difüze olur. Böylece taşıyıcı, besleme fazdaki bir bileşenin alıcı faza seçimli olarak transportu için gidiş-geliş yapan bir madde olarak davranır. S türü sıvı membranda çözünüyor ise bu mekanizma ile birlikte basit transport mekanizmasına göre de transport işlemi gerçekleşir (Şekil 1.10.(b)). Yani, iki mekanizma aynı anda meydana gelir (Kırdı, 2012).



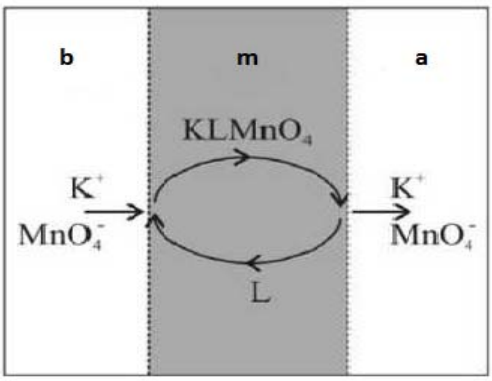
Şekil 1.10. Kolaylaştırılmış transport; (a) S türü membranda çözünmüyor ise (b) S türü membranda çözünüyor ise (Saf, 2010; Hassoune ve ark., 2006)

Eşleşmiş transport: Bir türün transportu diğer türün de transportuna bağlı ise buna eşleşmiş transport denir. Eşleşmiş transport türlerin aynı veya farklı yönde hareket edip etmediklerine göre eşleşmiş aynı yönlü transport ve eşleşmiş zıt yönlü transport olarak adlandırılmıştır.

Şekil 1.11.(a)'da gösterilen eşleşmiş aynı yönlü transport mekanizmasında besleme fazda bulunan türün zıt yüklü başka bir tür ile birlikte eş zamanlı olarak alıcı faza transportu gerçekleşir. Tersiyer aminler ile dikromatın ve krown eterlerle alkali metal iyonlarının transportu eşleşmiş aynı yönlü transport mekanizmasına göre gerçekleşmektedir. Taşıyıcı olarak 18-krown-6 eter ile $KMnO_4$'ün transportu Şekil 1.11.'deki mekanizmaya göre gerçekleşmektedir.

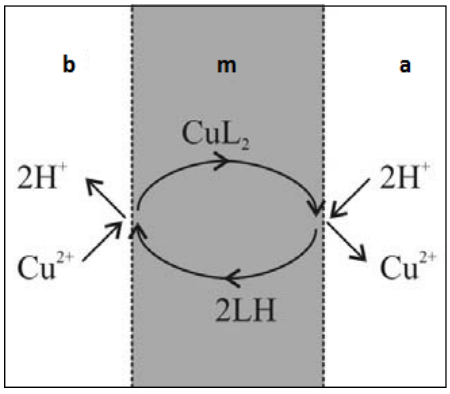


Şekil 1.11. Eşleşmiş transport; (a) aynı yönlü ve (b) zıt yönlü



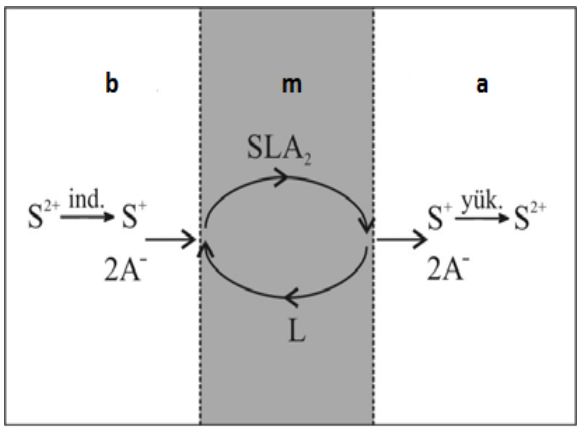
Şekil 1.12. $KMnO_4$'ün 18-krown-6 eter ile transportu (Saf, 2010; Yoshihiro ve ark., 2003)

Şekil 1.11.(b)'deki eşleşmiş zıt yönlü transport mekanizmasına göre, taşıyıcı taşınacak tür ile b/m ara yüzeyinde etkileşime girer ve taşınacak türün alıcı faz tarafına bırakılmasını sağlamak için membran boyunca difüzlenir. Taşınacak tür m/a ara yüzeyinde alıcı faza bırakılırken, alıcı fazdaki farklı bir türü alarak geri b/m ara yüzeyine difüzlenir. Böylece bir tür besleme fazdan alıcı faza transport olurken, diğer tür alıcı fazdan besleme faza transport olur. Bu şekilde gerçekleşen transporta LIX 860-I (HL) gibi asidik taşıyıcılar kullanılarak endüstriyel atıklardan bakırın uzaklaştırılması örneği verilebilir (Şekil 1.13). Şekil 1.13.'de gösterildiği gibi Cu(II) iyonu HL ligandı ile b/m ara yüzeyinde reaksiyona girerek CuL_2 kompleksini oluştururken, besleme faza 2 adet proton bırakılır. Oluşan CuL_2 kompleksi membran faz boyunca difüzlenerek m/a ara yüzeyine geldiği zaman kompleks bozunarak, Cu(II) iyonları ile asidik alıcı fazdaki protonlar yer değiştirir. Sonra da ligand b/m ara yüzeyine geri difüzlenir. Böylece Cu(II) iyonları besleme fazdan alıcı faza transport olurken, H^+ iyonları alıcı fazdan besleme faza transport olur. Bunun sonucunda besleme ve alıcı ara yüzeyleri arasında oluşan bakır kompleksi konsantrasyonlarının farkı yüksek difüzyon hızı oluşmasını sağlar (Kırdı, 2012).



Şekil 1.13. Cu(II) iyonlarının LIX860-I ile transportu

Aktif transport: Şekil 1.14.'de gösterilen aktif transport yükseltgenme indirgenme, katalitik reaksiyonlar ve membran ara yüzeylerinde gerçekleşen biyokimyasal dönüşümler ile meydana gelir. Bu transportta başka türler taşınmadığı için oldukça seçicidir. Aktif transportta sıvı membranda gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar çoğunlukla tersinmezdir. Örnek olarak, bakırın transportunda taşıyıcı olarak tiyoeter ve pikrat anyonların transportunda taşıyıcı olarak ferrosenin kullanılması verilebilir (Kislik, 2010).



Şekil 1.14. Aktif transport (Saf, 2010; Kislik, 2010)

1.2.1.5. Sıvı membran sistemlerinde kullanılan organik çözücünün seçimi

Sıvı membran sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olan organik çözücünün (membran sıvısı) seçimi sistemin çalışması ve verimi açısından çok önemlidir. Seçilecek olan membran sıvısının; sulu fazdaki çözünürlüğü mümkün olduğu kadar düşük olmalıdır, hem taşıyıcı hem de taşıyıcı kompleksi için yeterli çözücülükte olmalıdır, maliyeti düşük olmalıdır, geri kazanılabilir olmalıdır ve çalışma sıcaklığında

buharlaşması istenmeyen bir özelliktir. Düşük toksisitede ve yüksek alevlenme sıcaklığına sahip olmalıdır (Boyadzhiev ve Lazarova, 1995; Mulder, 1991).

Diğer önemli bir faktör de organik sıvının viskozitesidir. Birçok çalışmada sıvı fazın viskozitesinin taşıyıcı ve taşıyıcı kompleksinin varlığında arttığı gözlenmiştir (Izatt ve ark 1984, 1986). Taşıyıcı derişiminin artması durumunda viskozite artacağından difüzyon katsayısı küçülür (Usanmaz, 2007).

Organik fazın kararlılığı, membran fazın jel hale getirilmesiyle arttırılabilir. Böylece sıvı film daha az genişleme özelliğine sahip olur. Bir sıvı ile karıştırıldığında difüzyon sabiti, bir jel yapısında daha az olmasına rağmen tabakanın kararlılığını arttırır. Ayrıca seçilen membran solventinin dielektrik sabiti, yoğunluğu, polarlığı, yapısal farklılıklar veya karbon zincirinin uzunluğu taşınım verimliliğini ve taşınım kararlılığını etkileyen önemli unsurlardandır. Membran meteryalinin sulu faza geçerek hem membranın verimini azaltması hem de arıtımı yapılan sulu faza zarar vermesi mümkündür. Bu yüzden membran solventinin suda çözünürlüğü çok düşük olmalıdır. Aynı zamanda kullanılan taşıyıcı için iyi bir çözücü olmalı, ancak taşıyıcı ile kimyasal bir tepkimeye girmemelidir (Sürücü, 2008).

1.2.1.6. Sıvı membran proseslerinde kullanılan taşıyıcının seçimi

Taşıyıcı maddeler, membranda çözünmeyen transport olacak maddelerle kompleks oluşturarak bu maddeleri çözünür hale getirmek ve membran içindeki transportlarını hızlandırmak için membran çözücüsüne eklenmesi gereken maddelerdir (Skelland ve Meng, 1999).

Taşıyıcının seçimi uygun yapılırsa, bir madde için çok yüksek seçicilikler elde edilebilir. İstenilen bir ayırma için uygun bir taşıyıcının seçilmesi ayırma proseslerine özgü bir çok faktöre bağlıdır. Bu faktörler, yapılmış olan bazı modelleme çalışmalarının yardımıyla tahmin edilebilir.

Ayrıca sistemdeki fizikokimyasal şartlar ve taşıyıcının yapısıyla (bağlı fonksiyonel grupların tipi, bağlanma durumu, zincir yapısı ve kompleks oluştururken yaptığı bağ türleri gibi) ilgili bazı özellikler belirleyici olabilir. Seçiciliği arttırmak için yeni taşıyıcıların geliştirilmesi de mümkündür (Sürücü, 2008).

Taşıyıcı madde kullanımındaki faydalar şu şekildedir:

- Yüksek akı mümkündür. Difüzyon katsayısının artışı ile birlikte taşıyıcının taşıma kapasitesi artar.

- Çok seçici bir ayırma mümkündür.
- İyonlar konsantre olabilir ve çift yönlü taşınım gerçekleşebilir (Mulder, 1991).

1.2.1.7. Polimer içerikli membran (PIM)

PIM'lar, ince, esnek ve kararlı bir film oluşturmak üzere, selüloz triasetat (CTA) ya da poli (vinil klorür) (PVC) gibi bir baz polimer, bir plastikleştirici, bir ekstraktant içeren bir çözeltinin kalıba dökümü ile oluşturulmuştur. Genellikle polimer içerikli membran olarak adlandırılmasının yanında polimer sıvı, jelleşmiş sıvı, polimerik plastik ve çözücü polimerik membranlar gibi farklı isimlerle de ifade edilebilir (Nghiem ve ark., 2006).

Geçmişten günümüze uygulanan membran sistemlerinde maksimum kararlılıkta ve seçicilikte membranlar elde edilmek istenmiştir. Bunun için de yüksek kararlılık ve seçiciliğe sahip olan PIM geliştirilmiş ve birçok çalışmada kullanılmıştır (Nghiem ve ark., 2006). PIM çeşitli kimyasal sensörlerde, iyonların kolaylaştırılmış transportuna dayalı ayırma işlemlerinde (Arous ve ark., 2004), inorganik katyon ve anyonlar ile nötral ve yüklü metal komplekslerin ve organik anyonların ayrılmasında kullanılmıştır. Polimer içerikli membranlar şu özelliklere sahiptir;

1. Yüksek seçicilik ve kararlılığa sahiptirler (Gardner ve ark., 2004).
2. SLM'ye göre membran ekstraksiyon prosesi boyunca taşıyıcı kaybı önemsenmeyecek kadar azdır (Tayeb ve ark., 2005).
3. Bu membranlar plastikleşmiş polimer destek maddesi içerisinde taşıyıcının fiziksel olarak sabitlenmesiyle hazırlanır ve özellikleri plastikleştirici, taşıyıcı ve destek maddesinin uygun seçimi ile ayarlanabilir. Bu yüzden bu membranlar özel uygulamalar için özel olarak hazırlanabilir (Sodaye ve ark., 2007).
4. Polimer içerikli membranlar çoğunlukla pahalı, oldukça uçucu ve kolay alev alabilen özellikteki çözücülerin aşırı miktarda kullanıldığı geleneksel çözücü ekstraksiyonuna alternatif sağlamaktadır (Nghiem ve ark., 2006). Ayrıca, PIM'da hem ekstraksiyon hem de geri ekstraksiyon eş zamanlı olarak gerçekleşmektedir. Bu işlem seçiciliği ve ayırma oranını arttırmaktadır ve endüstriyel ayırma proseslerinin karışıklığını azaltmaktadır.
5. PIM'ın mekaniksel özellikleri filtrasyon membranlarınkine benzerdir. Bu da filtrasyon membranları ile gerçekleştirilmiş teknolojik ilerlemelerin PIM içinde

geniş ölçekli pratik uygulamalarda kullanılabileceği anlamına gelmektedir (Nghiem ve ark., 2006).

Sonuç olarak, PIM temelli sistemler uygulama kolaylığı, zararlı kimyasalların minimum kullanımı ve istenilen seçicilik ve ayırma etkinliğini sağlamak için membran bileşiminin ayarlayabilmesi gibi birçok avantaja sahiptirler. PIM polimer destek maddesi, taşıyıcı ve plastikleştiriciden oluşur. Bu bileşimin organik bir çözücüde çözülerek kalıba dökülmesiyle homojen ve ince bir film şeklinde membran elde edilir. PIM'in özelliği bu bileşenlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Arslan ve ark., 2009; Tor ve ark., 2009; Saf, 2010).

1.3. s-Triazinler ve Genel Özellikleri

s-Triazinler, bir benzen halkasındaki üç karbonla N atomunun yer değiştirmesi sonucu oluşan molekülün adlandırılması ile ortaya çıkmıştır (Şekil 1.15). s-Triazinlere, aromatik halka numaralandırılması göz önüne alındığında 1,3,5-triazinde denir.



Şekil 1.15. IUPAC ismi: 1,3,5 triazin (http://en.wikipedia.org/wiki/1,3,5-Triazine)

Çizelge.1.2.. 1,3,5 Triazin molekülünün özellikleri (http://en.wikipedia.org/wiki/1,3,5-Triazine).

Moleküler formülü	$C_3H_3N_3$
Molar kütle	81.08 g/mol
Görünüm	Beyaz kristal katı
Erime noktası	81 - 83 °C (178 - 181 °F; 354 - 356 K)
Moleküler şekli	Düzlemsel
Dipol moment	Sıfır

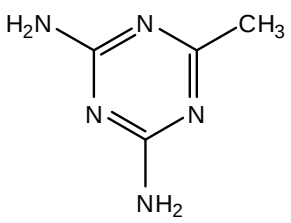
Triazin HCN'nin trimerizasyonundan meydana gelmiştir. Fonksiyonel grupları olarak genellikle klor, amin ve hidroksil grupları içermektedir. Triazin bileşiklerinin büyük çoğunluğu hafif bazik özellik göstermektedir. Ayrıca mükemmel termal ve elektriksel özelliklere sahiptir (Çelikbilek, 2011) (Çizelge 1.2).

Halkadaki azot atomlarının serbest elektron çiftleri su molekülleri ile hidrojen bağları oluşturma eğilimindedir ve bu yüzden triazin halkası hidrofiliktir. Diğer taraftan, 4 ve 6 pozisyonlarındaki alkil amino grup zincirleri hidrofobiktir. Triazin halkasının hem hidrofilik hem de hidrofobik fonksiyonel gruplara sahip olmasından dolayı, triazinler deterjanlar ve fosfolipitler tarafından da çözülebilir. Sulu sistemlerin pH değeri triazin çözeltisinin pKa değerine yaklaştığında, triazinlerin protonlanması ve çözünürlüğü hızlı bir şekilde artmaktadır (LeBaron ve ark., 2008).

1,3,5-Triazin, diğer bir adıyla s-triazin türevleri günümüzde ilaç sanayinden plastik sanayisine kadar bir çok alanda kullanılmaktadır. s-Triazin türevlerinden melamin, endüstride önemli bir hammaddedir. s-Triazinlerin bir çok kullanım alanlarının olmasından dolayı bu konuda araştırmalar hızlı bir şekilde devam etmektedir. s-Triazin türevleri geçiş metalleri ile kompleks vermesinden dolayı koordinasyon kimyasında ve biyoinorganik kimyada ayrı bir konuma sahiptir (Çelikbilek, 2011).

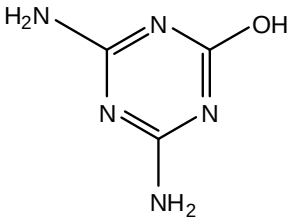
1.3.1. s-Triazin (1,3,5-triazin) Türevleri

Guanamidler diamino-s-triazinlerdendir. Bilinen sentezlerinden birisi guanidin tuzlarının ısıtılması ile olur. Guanidin asetat, asetoguanamini verir. Guanamindeki amino gruplarının biri yada ikisi de OH ile yer değiştirilebilir. Guanaminler, rezinlerin oluşumundan bileşimin parçası gibi geniş suretle kullanılırlar (Şekil 1.16).



asetoguanamid

2-metil-4,6-diamino-s-triazin



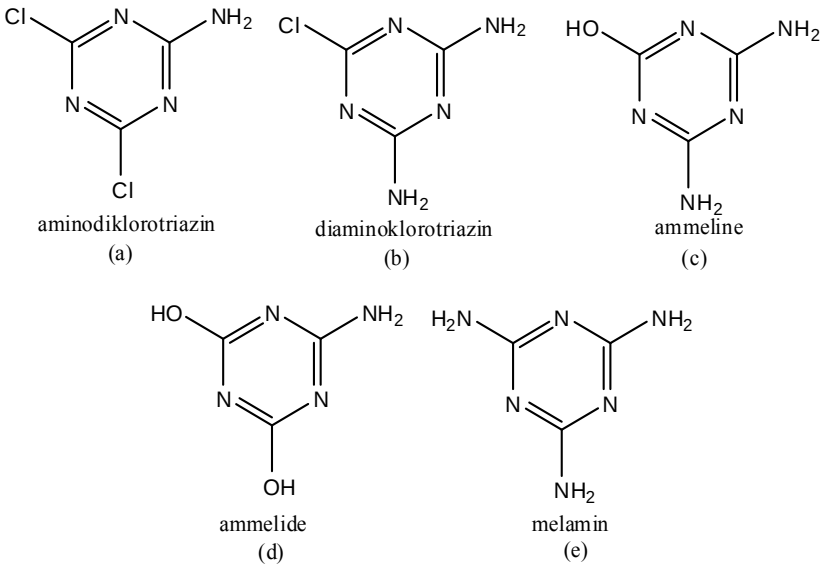
guanid

2-hidroksi-4,6-diamino-s-triazin

Şekil 1.16. s-Triazin türevlerinin Guanamin Yapıları

Trisübstitüe s-triazinler genellikle siyanürik klorojenin polimerik formuna dönüştüğü siyanürik klorürden oluşurlar. Siyanürik klorürdeki 3 klor atomunun reaktiflikleri farklı oranlardadır, bu yüzden triazinin 1, 2 veya 3 klor atomunun da aynı veya farklı radikallerle yer değiştirmesi mümkündür. Bilinen örnekleri

aminodiklorotriazin (Şekil 1.17.a) ve diamino klorotriazindir (Şekil 1.17.b). Buna uygun olarak diaminohidroksi (Şekil 1.17.c) ve aminodihidroksi (Şekil 1.17.d.) türevleride karşımıza sık çıkar. Ammeline, ammelide ve melamin (Şekil 1.17.e.) bilinenleridir.

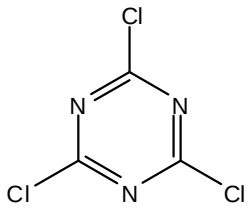


Şekil 1.17. s-Triazin türevleri

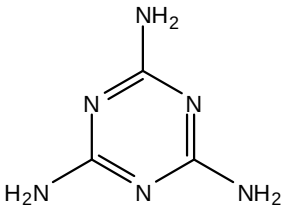
s-Triazin'in bir diğer ilginç türevi bir patlayıcı olan cyclotrimethylenetrinitramine (hexahydro-2, 4, 6-trinitro-s-triazin, Cyclonit, RDX). Hexamethylenetetramin ve %95-100'lük nitrik asit ile hazırlanır (Gerdan, 2006; Çelikbilek, 2011).

1.3.2. s-Triazinler'in Sınıflandırılması

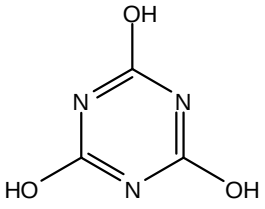
s-Triazinler 2,4,6-trisübstitüe-1,3,5-triazin olarak adlandırılırlar. Bilinen en önemli triazinler Şekil 1.18.' de gösterilmiştir.



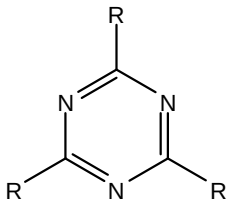
Siyanür klorür
2,4,6-trikloro-1,3,5-triazin
(Trikloro-s-triazin)



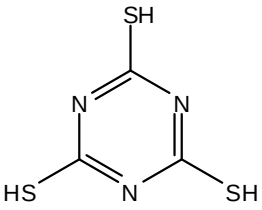
Melamin
2,4,6-trikloro-1,3,5-triazin
(Triamino-s-triazin)



Siyanürik asit
2,4,6,-trihidroksi-1,3,5-triazin
(Trihidroksi-s-triazin)



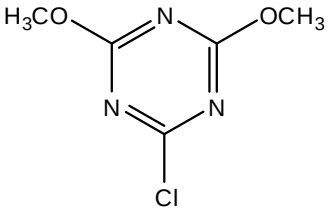
Trialkil siyanürat
2,4,6-trialkil-1,3,5-triazin
(2,4,6-trialkil-s-triazin)



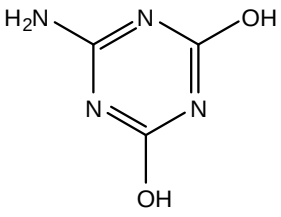
Trimerkapto siyanürat
2,4,6-trimerkapto-1,3,5-triazin
(2,4,6-trimerkapto-s-triazin)

Şekil 1.18. Siyanürik adlandırmaya örnekler

Fakat her bileşik adlandırılırken siyanürik adlandırma yapılamaz. Bunun sebebi ise; bu bileşiklerin farklı fonksiyonel grup içermesinden kaynaklanmaktadır. Tek bir grup farklı olabileceği gibi bütün gruplar da birbirinden farklı olabilir. Bunlara örnek olarak Şekil 1.19.' daki yapılar gösterilebilir.



4-kloro-2,6-dimetoksi-s-triazin

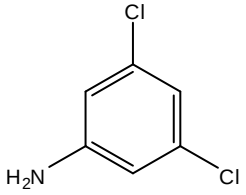


2,4-dihidroksi-6-amino-s-triazin

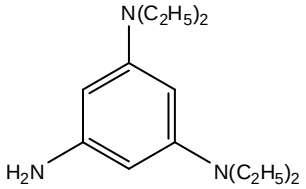
Şekil 1.19. Farklı fonksiyonel gruplu s-triazin molekülleri

s-Triazinlerin elementel analiz, IR ve ^{1}H-NMR spektrum sonuçlarına göre dört seri oluşturulabilir. Bunları bu şekilde gruplandırabiliriz (Çelikbilek, 2011) (Şekil 1.20).

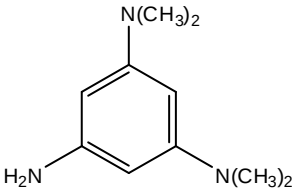
I.Seri: Monoamino-sübstitüye-s-triazinler



2-amino-4,6-dikloro-s-triazin

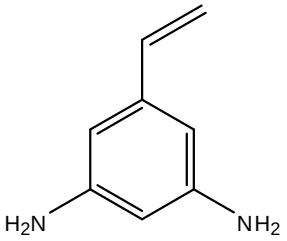


2-amino-4,6-bis(dietilamino)-s-triazin

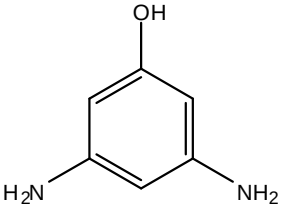


2-amino-4,6-bis(dimetilamino)-s-triazin

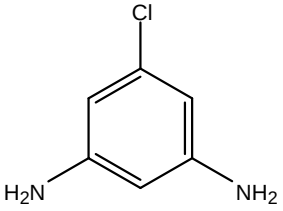
II.Seri: Diamino-sübstitüye-s-triazinler



6-vinil-2,4-diamino-s-triazin

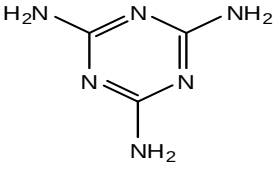


6-hidroksi-2,4-diamino-s-triazin

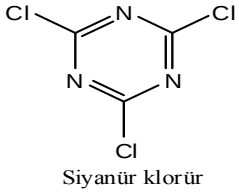


6-kloro-2,4-diamino-s-triazin

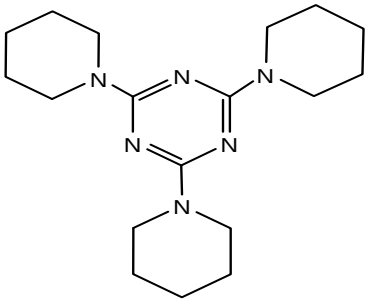
III. Seri: Simetrik-sübstitüye-s-triazinler



Melamin

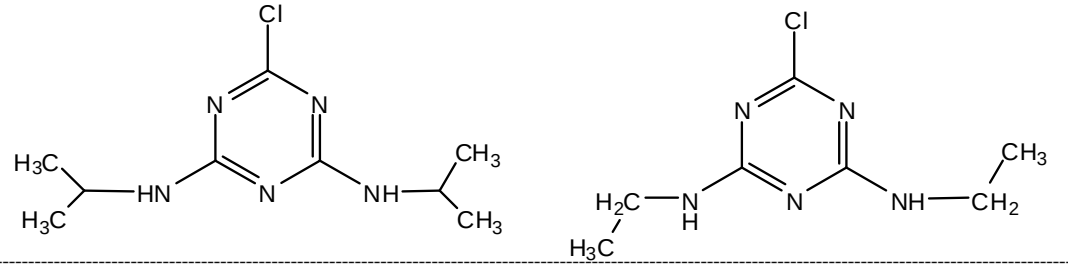


Siyanür klorür



2,4,6-Tripiperidin-1,3,5-triazin

IV.Seri: Asimetrik-sübstitüye-s-triazinler



Şekil 1.20. s-Triazin moleküllerinin sınıflandırmaları

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Ağır metallerin çevreye yayınımında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da bitki, hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar (Okcu ve ark., 2009).

Ağır metallerin toksisite derecesi; metalin konsantrasyonuna, bulunuş formuna (metal, iyon, organik bileşik vs), fertlere, türlere, etki süresine, bulunduğu yere vb. gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Okcu ve ark., 2009).

Cd, yüksek derecedeki toksik etkisi (Faroon ve ark., 1994), çevredeki geniş yayılımı (Cinier ve ark., 1999) ve düşük düzeylerde bile organizmalara olumsuz etkileri (Cope ve ark., 1994) nedeniyle çevresel çalışmalarda yaygın olarak kullanılan toksik bir ağır metaldir. Cd endüstriyel aktiviteler (boya sanayisi, plastikler ve akümülatör üretiminde) (Drastichova ve ark., 2004), madencilik ve uygulamaları ve pestisid olarak tarımsal kullanımına bağlı olarak (Chowdhury ve ark., 2004) antropojenik kaynaklardan su ortamlarına karışmaktadır (Fırat, 2007).

Sulu ortamlardan ağır metal uzaklaştırılmasının genel olarak iki ana nedeni bulunmaktadır. Bunlardan birincisi toksitenin azaltılması, diğeri ise ekonomik değeri olan metallerin geri kazanılmasıdır (Akmil, 1999). Sularda ağır metal kirliliğinin azaltılması için kullanılan arıtma prosesleri, membran proseslerin yanı sıra, kimyasal çöktürme, elektrodepozisyon, çözücü ekstraksiyonu, iyon değiştirme, aktif karbon adsorpsiyonu ve biyolojik metotlardır (Banerjee ve ark., 2003).

Ağır metal içeren atıksuların arıtılmasında kimyasal çökeltim kullanıldığında; yüksek kimyasal doz gereksinimi, giderilen ağır metallerin direkt olarak tekrar kullanılmasının mümkün olmaması ve yüksek miktarda kimyasal ve ağır metal içeren, uzaklaştırılması gereken çamur ortaya çıkması gibi dezavantajlar bulunmaktadır (Ahn ve ark., 1999).

Atık sular içindeki ağır metal giderim metotlarından biride iyon değiştirme metodudur. İyon değiştirme çözeltideki bir iyonun reçinede bulunan başka bir iyonla yer değiştirmesi ilkesine dayanan işlemdir. İyon değiştiriciler çözeltiden iyonları alıp eşdeğer miktarda diğer iyonları çözeltiye veren katı maddelerdir (Zeki, 2012). İyon değiştiricilerin yatırım ve işletme maliyetleri oldukça yüksektir. Bu nedenle büyük hacimler için uygulanması güçtür. İyon değiştirme yöntemi bir ayırma prosesi olarak

oldukça anlamlı ve etkili olabilir ancak yüksek konsantrasyonlarda kirlilik barındıran endüstriyel atıksuların arıtımında uygulanabilirliği oldukça düşüktür. Bu yöntem endüstriyel atıksuların arıtımı amacıyla uygulandığında, iyon değiştirici kolonları çok kısa sürede doygunluğa ulaşır ve rejenere edilmesi veya değiştirilmesi gerekir (Duranoğlu, 2012).

Söz konusu arıtma alternatifleri içerisinde adsorpsiyon prosesi, ağır metallerin düşük seviyelere kadar gideriminde düşük maliyetli ve etkili bir proses olarak kullanılmaktadır (Banerjee ve ark., 2003; Arslan, 2004; Pehlivan ve Arslan, 2007; 2008). Ancak adsorpsiyon yavaş bir proses olup prosesin etkinliği denge ile sınırlıdır. Ayrıca, sorbentin yeterince rejenere edilememesi halinde; sorbentin bertarafıda problem oluşturmaktadır (Purkait ve ark., 2004).

Elektrodiyaliz prosesi, elektrolit çözeltilerindeki elektrotlar ile doğru akım kullanılarak diyaliz hızını arttırmak amacıyla geliştirilmiş iyon seçici membranların kullanıldığı bir ayırma prosesidir. ED'de iyonlar elektriksel itici kuvvetin etkisiyle çözeltilerden ve membranlardan aktarılırlar (Baker, 2004; Paul ve Sikdar, 1998). Yüksek seçiciliğine rağmen bu metot büyük ölçeklerde kullanımının sınırlı olması ve diğer metotlardan daha pahalı olmasından dolayı daha az tercih edilmektedir (Eisenmann, 1979).

Son yıllarda metal işleme/kaplama gibi çesitli endüstrilerden kaynaklanan atıksulardan değerli metal geri kazanımında ve arıtılan suyun üretimde geri kullanımında membran proseslerinin uygulanması hızlı bir artış göstermektedir. Uygulamalara paralel olarak bu konuda yapılan araştırmalar da çoğalmaktadır (Sugita, 1989; Chai ve ark., 1997; Benito ve Ruiz, 2001; Eliceche ve ark., 2002; Rodriguez ve ark., 2002; Köseoğlu 2005). Çesitli metalleri içeren atıksularla yapılan çalısmalarda, membran proseslerinin değerli metalleri büyük bir oranda geri kazandırdığı ve elde edilen yüksek kalitede arıtılmış suyun (debi olarak giriş atıksunun %75-95'i) üretim prosesinde yeniden kullanılabileceği tespit edilmiştir (Benito ve Ruiz, 2001). Wong ve ark. (2002), nanofiltrasyon modülleri ile işletme koşullarına bağlı olarak %65-99 arasında ağır metal iyonu ve metal kompleksleri giderimini gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri temiz su ise atıksuyu aldıkları metal kaplama tesisinde tekrar proses suyu olarak kullanılabilecek kalitededir (Köseoğlu, 2005).

Membranlar, kendine bir sürücü kuvvet uygulandığında fiziksel ve kimyasal özelliklerin bir fonksiyonu olarak çözelti içindeki bazı türleri ayırma yeteneğine sahip ince bir film tabakasıdır (Wehiua, 2003). Membran faz, boşluksuz katı yada mikroporoz

veya makroporoz katılar ile sıvı yada gaz bir akışkanın kombinasyonundan oluşabilir ve diğer fazlar arasındaki kütle değişimini kontrol eder (Ho ve Sirkar, 1992). Membran ya homojen yada heterojen yapıda olup; katı, sıvı ve gaz formda olabilir (Acar ve Malkoç, 2002).

Membran imalatındaki temel amaç, uygun mekanik kuvvete sahip ve yüksek seçicilik derecesiyle yüksek süzüntü sağlayabilen bir materyal üretmektir. Yüksek dereceli seçiciliğe, küçük gözeneklere sahip bir membran kullanımıyla ulaşılabilir ve bu yüzden, bu tür membranlarda düşük geçirgenlik görülür. Geçirgenlik gözenekliğinin artışıyla artmaktadır (Stephenson ve ark., 2000).

Sıvı membran sistemler çevreye duyarlı teknolojiler kapsamındadır. Çevreye duyarlı teknolojiler atık maddeleri yeniden kazanabilen, çevreyi daha az kirleten, tüm kaynakları daha sürdürülebilir şekilde kullanan teknolojilerdir. Çevreye duyarlı teknolojilerin yatırım maliyeti yüksek olsa da ekonomik ömür dikkate alındığında bu teknolojilerin daha ekonomik olduğu görülmektedir. Bu ekonomik avantaj özellikle membranın sürekli olarak rejenere olmasından kaynaklanmaktadır. Sistemin stabilitesi korunduğunda membran uzun süreler kullanılabilir. Bu durumda sıvı membran prosesi, hem ekonomik hem de metal iyonlarının geri kazanılması açısından değerlendirildiğinde ümit vadeden bir tekniktir. Sıvı membranlarda, geri kazanma işleminin gerçekleştirilmesinde maddenin tekrar kullanılmasından sağlanacak ekonomik tasarrufun yanı sıra arıtımdan çıkacak çamur miktarının azaltılması, çıkış suyundaki kirletici derişimleri açısından deşarj standartlarına uygun sonuçların elde edilmesi gibi avantajları mevcuttur (Acar ve Malkoç, 2002).

Klasik arıtma yöntemlerinin dışında ultrafiltrasyon, mikrofiltrasyon gibi polimerik membran sistemler de son yıllarda gündemde olan çevreye duyarlı teknolojilerdir. Ancak bu sistemler de kararlılık çok iyi olmasına rağmen seçicilik ve akının düşüklüğü en önemli iki dezavantajıdır. Sıvı membran proseslerde madde kaybının çok düşük olması, ortamdan istenmeyen maddeyi ayırma ve aynı zamanda bir başka fazda geri kazanma işleminin tek kademede gerçekleştirilmesi, yüksek akı ile maddelerin kolay taşınımı, seçiciliğin yüksek olması diğer üstünlükleri arasındadır. Belirtilen bu özelliklerinden dolayı, sıvı membranlarda polimerik membranlara göre daha etkin bir ayırma gerçekleştirilir. Aynı zamanda özel ayırma isteklerine göre membranın uygun bir şekilde hazırlanabilirliği sistemin kolaylıkları arasındadır. Sıvı membran prosesler sadece atıksu arıtımında değil metalurjiden, biyokimyasal ve

medikal alanlara kadar geniş bir uygulama perspektifine sahip geliştirilmekte olan bir tekniktir. (Acar ve Malkoç, 2002)

Sıvı membranlar, yığın sıvı membranlar (Bulk Liquid Membran, BLM), destekli sıvı membranlar (Supported Liquid Membrane, SLM), emülsiyon sıvı membranlar (Emulsion Liquid Membrane, ELM), polimer içeren membranlar (Polymer Inclusion Membrane, PIM) ve aktive edilmiş kompozit membranlar (Activated Composite Membrane, ACM) olarak tasarlanabilmektedir (Ersöz, 2007).

Genellikle, yığın sıvı membran ile yapılan çalışmalar yalnızca laboratuvar ölçeğinde gerçekleşmektedir (Ersöz, 2007). Bu tür membranlar, alkali metal iyonlarının taşınmasında yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen (Izatt ve ark., 1984; Izatt ve ark., 1986), diğer metal iyonlarının ayrılmasında veya geri kazanımında daha az kullanılmışlardır. Sıvı membranlar, özellikle mikro gözeneklerinde çözücü ile birlikte bir taşıyıcı molekül içeren destekli sıvı membranlar ile yapılan ayırma veya taşıma işlemlerinde karşılaşılan en önemli problem, taşıma işlemi sırasında destek membranın yapısından çözücü ile birlikte taşıyıcının kaybolması yani destekli sıvı membranların kararlılığının oldukça az olmasıdır. Bu problemi çözmek amacıyla, son yıllarda taşıyıcı molekülün bir polimer matriksinin bünyesine yerleştirilmesiyle elde edilen polimer içeren membranlar (PIM) kullanılmaya başlanmıştır. PIM'ların taşıma işleminde kullanımı destekli sıvı membranlara kıyasla uzun süre kararlı halde kalması, taşımayı yüksek seçicilikte hızlı bir şekilde sağlaması, kullanım ve hazırlama kolaylığına sahip olması gibi avantajları vardır. Bu membranlar, bir plastikleştirici ve organik taşıyıcının polimer matriksi içinde homojen bir şekilde dağıtılmasıyla hazırlanmaktadır. PIM'lar, metal iyonlarının ve küçük organik bileşiklerinin taşınmasında kullanılmıştır (Ersöz, 2007; Tor ve ark., 2009).

Baz polimerleri membranlara mekanik mukavemet sağlamada önemli bir rol oynar (Gardner ve ark., 2004). Bir PIM iskeleti oluşturan polimerler termoplastiktirler (Billmeyer, 1984). PIM'larda transport, esas olarak taşıyıcı madde ile gerçekleştirilmektedir; taşıyıcı, bir kompleksleştirici madde veya bir iyon değiştiricidir. Metal iyonu ile taşıyıcı arasında oluşan kompleks veya iyon çifti membranda çözülmüş haldedir ve membran boyunca metal iyonu taşınmasını kolaylaştırır. Ticari olarak temin edilebilen birçok sayıda plastikleştirici olsa da, çok azı PIM uygulamaları için test edilmiştir. Bunların arasında, 2-nitrofenil oktil eter (2-NPOE) ve 2-nitrofenil pentil eter (2-NPPE) şu anda mevcut başarılı PIM çalışmaların çoğunda kullanılmaktadır (Nghiem ve ark., 2006).

Schiff bazları genellikle geçiş metalleri ile çok kararlı kompleks oluşturma kabiliyetine sahip olan bir, iki ya da çok dişli ligand olarak davranırlar (Bukhari, 2002). Elde edilen komplekslerinin tersinir olarak oksijen bağlamaları (Lu ve ark., 2003), olefinlerin hidrojenlenmesindeki katalitik aktivite göstermeleri (Olie ve Olive, 1984), bazı toksin metallerle kompleks oluşturmaları, elektrokimyasal elektron transferi (Rahaman ve ark., 2005) ve fotokromik özellikleri (Kunkely ve Vogler, 2001) bulunması nedeniyle pek çok alanda çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca bu tür bileşikler epoksitlerin asimetrik halka açma ve hidroksilleme, olefinlerin epoksidasyonu, laktit polimerizasyonu dahil geçiş-metal katalizli reaksiyonların geniş bir alanın da aktif katalizörler olarak kullanılmaktadır (Habibi ve ark., 2006; Katsuki, 2004).

Schiff bazlarının ve biyolojik olarak aktif komplekslerinin dioksijen taşıyıcı, katalizör, biyolojik makromoleküllerde model sistemler, kanser önleyici radyofarmasötik etkilerinde ve koordinasyon kimyasında şelat ligandlar olarak kullanıldığı bilinmektedir (Unaleroglu ve ark., 2001; Blower, 1998). Schiff bazları ile oluşan Cu(II) ve Zn(II) metal kompleksleri özellikle mononükleer ve dinükleer komplekslerinin böceklerde SOD (Superoxide Dismutase) enziminin aktif alanında kullanıldığı bilinmektedir (Vanco ve ark., 2004; Li ve ark., 2006). Bu bileşikler biyolojik aktivite, antibakteriyel, antifungal ve antikanser aktiflik göstermelerinden dolayı biyolojik, klinik, farmokolojik ve analitik bakımdan çok önemlidir (İsmail ve ark., 1997; Garnovskii ve ark., 1993; Costamagna ve ark., 1992; Yıldız ve ark., 1998; Desai ve ark., 2001; Al-Allaf ve ark., 2003; Temel ve ark., 2004; Mashaly ve ark., 2004; Çelikbilek, 2011).

C=N grubunun en karakteristik özelliklerinden birisi metallerle kompleks teşkil etmesidir. Bu grubun bir diğer özelliği de metal iyonlarıyla kararlı kompleks teşkil edecek kadar yeterli bazlığa sahip olmamasından dolayıdır. Bu nedenle kararlı kompleksler teşkil edebilmek için molekülde kolayca hidrojen atomu verebilecek bir ilave grubun bulunmasına ihtiyaç vardır. Bu tercihen bir hidroksil grubu olmalıdır, öyle ki metal atomu ile beş veya altılı şelat halkası meydana getirsin. Metal iyonları karbonil bileşiğinin primer aminlerle kondense olarak yaptığı bileşiklerle etkileşerek reaktantları bir kompleks teşkil edecek şekilde bir araya getirirler (Yıldırım Uçan, 2002).

Doğal bileşikler ve ilaçların çoğu heterosiklik halkalar içerir, bunun için organik ve inorganik kimya alanında yapılan bilimsel çalışmaların önemli bir bölümünü heterosiklik bileşiklerle ilgili olanlar teşkil eder. Heterosiklik bileşiklerde oksijen (O), azot (N) ve kükürt (S) gibi hetero atomlardan biri veya birkaçı halkadaki karbon (C) ile

yer değiştirmiş olarak bulunur. s-Triazinler de bu gruba dahildir (Fessenden ve Fessenden, 1990).

1,3,5-Triazin, diğer bir adıyla s-triazin hakkında uzun yıllar pek çok çalışmalar yapılmıştır ve bu çalışmalar günümüzde giderek artan bir ilgi ile devam etmektedir. Çalışmalar sonucunda çok çeşitli 1,3,5-triazin türevlerinin elde edildiği ve elde edilen türevlerin endüstride geniş bir kullanım alanına sahip oldukları literatürlerde belirtilmektedir (Gamez ve ark., 2002). Ayrıca son yıllarda s-triazin türevlerinin antitümör, antiviral etkilerinin ortaya çıkmasıyla farmakolojik alanında da önemli bir yere sahip oldukları belirlenmiştir (Koç ve ark., 2010; Simmonds ve ark., 1997).

Birçok triazin türevi biyolojik aktiviteye sahiptirler ve özellikle herbisid olarak geliştirilirler. Ziraat de 2,4-dioksohekzahidro-1,3,5-triazin bileşiği bitkiler için antivirüs maddesi olarak kullanılmaktadır. Klorlanmış triazinler zararlı otların kontrolleri için sıkça kullanılan herbisiddirler. Triazin türevlerinin kullanıldığı en önemli dallardan biri de kanser tedavisidir (Gerdan, 2006).

Lyapchenko ve ark. (2004) yılında kompleks formdaki bir dizi s-triazin herbisitlerinin (prometryn, ametryn, terbutryn ve simazin) metal katyonlarıyla teorik hesaplamaları ve elektrospray ionization (ESI) mass spektrometri ile moleküler yapıları hakkında çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarla herbisitlerin, metal katyonlarıyla kararlı kompleks formda olduklarını göstermişlerdir.

Madrakian ve ark. (2006), yaptıkları bir çalışmada 2,4,6-trimorfolino-1,3,5-triazin kullanılarak modifiye ettikleri yeni silika jeli, doğal sulardan gümüş iyonunun ayrılması, önderişikleştirilmesi ve AAS ile belirlenmesi için kullandılar. Bu yeni bağlı silika jel, sulu çözeltilerden gümüş iyonunun katı-faz ekstraksiyonu (SPE) için etkili bir sorbent olarak kullanılmıştır. Birlikte bulunduğu yabancı iyonlar, pH 3.5 te gümüşün ayrılması ve belirlenmesine engel olmamış, böylece gümüş iyonları tamamen kolon üzerinde adsorplanmıştır. Yöntemin doğruluğu, musluk ve kaynak suyu örnekleri kullanılarak tahmin edilmiştir.

Madrakian ve ark. (2010), Co, Ni, Cd ve Zn'nun eser miktarlarının belirlenmesi için eş zamanlı bir katı faz önderişikleştirme metodu geliştirmişlerdir. Metod, bir kolon içinde naftalin-2,4,6 trimorpholino-1,3,5-triazin adsorbenti tarafından metal katyonlarını tutmaya dayanmaktadır. Adsorbe edilen metaller daha sonra hidroklorik asit ile kolondan elüt edilmiştir ve Co, Ni, Cd ve Zn alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir. Metod başarılı bir şekilde metalerin önderişiklendirilmesi ve belirlenmesi için uygulanmıştır. Yöntem musluk suyu, kaynak

suyu, elma yaprakları, multi-vitamin tabletleri ve B12 vitamini örneklerinde Ni, Co, Zn ve Cd tayini için uygulanmıştır.

Yang ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada Schiff baz kullanarak, yüksek verimlerde (% 90 kadar) yüksek düzeyde çapraz bağlanmış gözenekli aminal ağlarını, mikrodalga ışıması kullanılarak hazırlamışlardır. Bu maddeler aynı zamanda diğer iyonlar (Cd^{+2}, Ni^{+2}, Zn^{+2}, Cu^{+2}, Co^{+2}, Ca^{+2}, Mn^{+2} ve Mg^{+2}) üzerinde Hg^{+2} ya karşı mükemmel bir seçicilik sergilemiştir. Tüm N-ihtiva eden gruplar (triazin halkası, birincil amin ve ikincil amin) ile birlikte polimer martiksi üzerinde S-ihtiva-eden gruplar yüzey kompleksleşme mekanizması vasıtasıyla Hg adsorpsiyonundan sorumlu olabileceğini FT-IR, Raman ve XPS spektrumlarıyla yapılan çalışmalar göstermiştir. Adsorpsiyon kinetik ve izoterm çalışmaları bu polimerler tarafından Hg^{+2} gideriminin son derece hızlı ve yüksek verimli olduğunu kanıtlamıştır. Hg adsorpsiyon testleri ilk defa, konuk yapıya hasar vermeden SNW (Schiff base networks) polimerlerinin güçlü asidik sulardan çok etkili ve seçici olarak Hg^{+2}'nın temizlenebilirliğini göstermiştir.

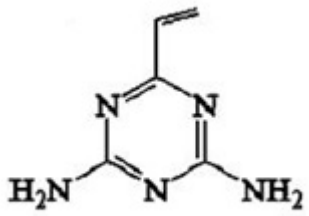
Han (2013), yaptığı bir çalışmada TFC (ince film kompozit) membranların hazırlanması için arayüzey polimerizasyonundan yararlandı. Kompozit membranın ısı direncini ve klor direncini artırmak için, ilk defa triazin halka yapısıyla melamin ara yüzey polimerizasyonun monomeri olarak kullanıldı. Farklı fabrikasyon parametreleri, poli(melamin / TMC) kompozit membranın performansını artırmak için çalışmıştır. Hazırlanan kompozit membran, aynı şartlarda hazırlanan poli(piperazin amid/TMC) NF membran ile karşılaştırıldığında mükemmel ısı direnci ve klor direnci göstermiştir.

Son zamanlarda pek çok araştırmacı PVDAT ve birkaç s-triazin türevleriyle zirai kimyada ilaç sistemlerinde iyi bilinen bir bileşiği sentezlemiştir. PVDAT ve diğer bir türevi olan VDAT materyal kimyasında DNA moleküllerinin yapılarında ve özellikle biyolojik sistemlerde etkili olan moleküllerdir. Bunlara genel olarak 4,6-diamino triazin ve timidin adı verilen bileşikler kovalent bağlarının yanında H bağlarıyla etkilidirler. VDAT içeren bileşikler morfolojide monolayer kaplamalarda kullanılmaktadır. Son yıllarda ise biyoçip materyaller olarak önem kazanmıştır. Özellikle VDAT yapısı ultraince polimer film biyolojik materyallerin kaplanmasında önem kazanmıştır. Diğer taraftan organik moleküller sentez olarak monomoleküler düzenlemelerle kontrollü reaksiyonlar gerçekleştirilmiştir. Ancak bu kontrollü moleküllerin düzenlenmesi zor olduğu için homopolimer paket sistemlerden olan PVDAT amorf polimer yapılar oluşturarak reaksiyonun gerçekleşmesini kolaylaştırmıştır. Daha sonra yapılan çalışmalarda katı hal kimyasında ve organize film formal yapılarda kopolimer içeren

hidrojen ve flor zincirli yapılara örnek verilmiştir. Bu yapılar arasındaki çapraz bağlar Van der Walls etkileşimleriyle kristal zincirleri meydana getirdiğinden dolayı monolayer olarak kullanılması önem kazanmıştır (Fujimori ve ark., 2009).

2,4-Diamino s-triazin grup içeren polimer yapıları katı film özellikleri ile özellikle iyon yapılarının seçiciliğinden dolayı kullanım alanları artmaktadır. Termal özellikleri ve mekanik termal davranışları yüksek sıcaklıklarda VDAT'ın homopolimerleri kopolimerleşerek çeşitli pozisyonlarda oktodesilarilatlar meydana getirilmektedir (Shibasaki ve ark., 1996).

VDAT kopolimeri hidrojel sıcaklığa duyarlı özelliklerinden dolayı çok çalışılmaktadır (Şekil 2.1). Molekül içi hidrojen bağları içeren VDAT bileşikleri yığın yapılar meydana getirebildiği için mekanik gerilimlere ve hidrojel yapılara karşı direnişlidir. Bu da DNA adsorpsiyonundaki yüzey çalışmalarında kullanılmaktadır (Tang ve ark., 2011).



Şekil 2.1. VDAT (2-vinil-4,6- diamino - 1,3,5-triazin) yapısı

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kullanılan Cihazlar

Tez çalışması süresince kullanılan cihazlar ve kullanım amaçları Çizelge 3.1.' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan cihazlar ve kullanım amacı

Adı / Modeli	Kullanım Amacı
Contra AA 300 alevli atomik absorpsiyon spektrometresi / Analytik Jena	Metallerin tayin edilmesi amacıyla kullanılmıştır.
Manyetik karıştırıcı/WiseStir	Çözelti hazırlama ve pH ayarlama sırasında karıştırma amaçlı kullanılmıştır.
pH metre / Thermo Orion 420A+ marka cam elektrot	Deneylerde kullanılan çözeltilerin pH ölçümleri için kullanılmıştır.
Deiyonize ultra-saf su cihazı / Elga	Saf su elde etmek için kullanılmıştır.
Analitik terazi / ANT marka	Tartımlar 0,0001 g duyarlıktaki analitik terazide yapılmıştır.
Mikropipet / Brand marka	100-1000 µL ve 10-100 µL ayarlanabilen mikropipetler, çözelti hazırlama ve aktarma işlemlerinde kullanılmıştır.
Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) / ZEISS EVO-LS10 (ZEISS)	SEM ile membranların yüzey yapıları görüntülenmiştir.
Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) / Park Systems Model Park XE7	AFM ile membranların yüzey yapıları görüntülenmiştir.
Infread Spektroskopi / Perkin Elmer 100 FT-IR, ATR	FT-IR ile membranların yüzey yapıları belirlenmiştir.
Yüzey temas açısı / Krüss FM40Mk2 Easy Drop	Membranların hidrofilik bir yüzeye sahip olup olmadıkları su ile temas açılarının ölçülmesi ile tespit edilmiştir.
Liyofilizatör / Labronco	Membranları kurutmak amacıyla kullanılmıştır.

3.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

PIM yapımında ve çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan kimyasal maddeler Çizelge 3.2.' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Kullanılan Kimyasal Maddeler	Temin Edildiği Firma	Saflık Derecesi
Potasyum klorür (KCl)	Merck	Pure
Sodyum hidroksit (NaOH)	Merck	Pellets pure
Selüloz triasetat (CTA)	Merck	Pure
2-nitrofenil oktil eter ($C_{11}H_{15}NO_3$)	Fluka	Selectophore
Hidroklorik asit (HCl)	Merck	%37
Çinko nitrat tetrahidrat ($Zn((NO_3)_2.4\ H_2O$)	Merck	Pure
Kadmiyum nitrat tetrahidrat ($Cd(NO_3)_2.4\ H_2O$)	Sigma-Aldrich	Pure
Bakır (II) nitrat trihidrat ($Cu(NO_3)_2.3H_2O$)	Merck	Pure
Nikel nitrat hekzahidrat ($Ni(NO_3)_2.6H_2O$)	Merck	Pure
Krom (III) nitrat nanohidrat ($Cr(NO_3)_3.\ 9H_2O$)	Merck	Pure
Diklormetan (CH_2Cl_2)	Merck	Pure
Dimetilsülfoksit $(CH_3)_2SO$	Merck	%99

3.3.Metal Çözeltilerin Hazırlanması

Taşıma denemelerinde kullanılmak üzere metal iyonunun çeşitli konsantrasyonlarında çözeltileri hazırlanmış ve bu çözeltilerden bilinen miktarlarda metal iyonu içeren numuneler hazırlanmıştır. Kullanılan Cd(II) stok çözeltisi derişimi 1.10^{-3} M olacak şekilde hazırlanmıştır. Katılardan gerekli miktarlarda alınıp az miktar suda çözüldükten sonra son hacim 1000 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler kullanılıncaya kadar +4ºC'de buzdolabında saklanmıştır. Ara stok çözeltileri, bu stok çözeltilerden hazırlanarak elde edilmiştir.

3.4. PIM'ların Hazırlanması

PIM (Polimer İçeren Membran)'lar, bir plastikleştirici ve organik taşıyıcının polimer matriksi içinde homojen bir şekilde dağıtılmasıyla hazırlanmaktadır. VDAT 2,4'ün (2-Vinil-4,6-N,N'-Bis(2,4-dihidroksi benziliden)-1,3,5-triazin) sellüloz triasetat (CTA) polimer tabakasının içinde homojen şekilde çözülmesi ile PIM'lar hazırlanmaktadır (Kebiche-Senhadji ve ark., 2008; Tor ve ark., 2009; Yılmaz ve ark., 2011).

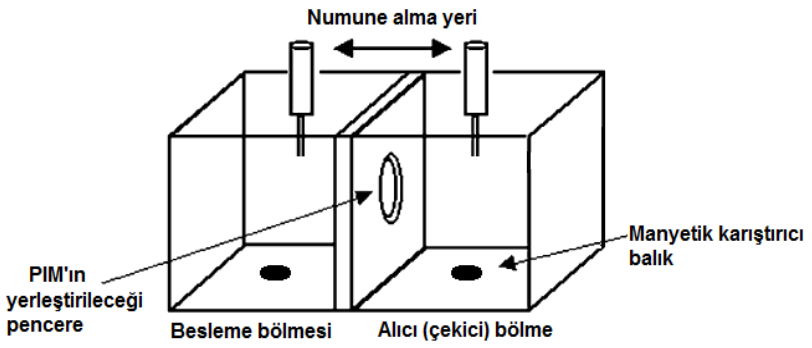
1 g sellüloz triasetat (CTA) 100 mL diklorometan ile oda sıcaklığında çözündü. 0,15 g taşıyıcı s-triazin 25 mL dimetilsülfoksitte (DMSO) homojen bir çözelti elde edinceye kadar karıştırıldıktan sonra 1500 µL 2-nitrofeniloktileter (2-NPOE) ilave edildi. Elde edilen karışım sellüloz triasetat (CTA) – diklorometan çözeltisine ilave edildi ve homojen bir çözelti elde edilinceye kadar karıştırıldı. 5 mm'lik petri kaplarına 10'ar mL'lik pipetlerle dökülerek, çözücünün buharlaşması için 5-6 gün bekletildi. Hazırlanan membranlar -50ºC de 1 saat liyofilize edilmiştir. Su içinde bırakılarak membran yüzeyindeki kalabilecek atık çözücü temizlenir (Tor ve ark., 2009; Yılmaz ve ark., 2011).

3.5. Membran Karakterizasyonu

Hazırlanan PIM'ların yüzey karakterizasyonları FTIR, AFM, SEM kullanılarak ve yüzey temas açılarının ölçümü yapılarak gerçekleştirilmiştir. AFM ile membranların yüzey morfolojileri, Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Park Systems Model Park XE7 cihazı ile tapping modda 2 kHz tarama hızında silikon nitril uçlar ile incelendi. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ZEISS EVO/ LS10 model cihaz ile membranların yüzey morfolojisi belirlendi. PIM yüzeylerinin Infraread Spektroskopisi ölçümleri, Perkin Elmer 100 FT-IR, ATR cihaz kullanılarak elde edildi. Elde edilen membranların hidrofilik bir yüzeye sahip olup olmadıkları su ile temas açılarının ölçülmesi ile tespit edildi. Hazırlanan membranların temas açıları mikro-damla metodu kullanılarak 2 µL'lik su damlası, 10 µL'lik şırınga yardımı ile membran yüzeyine bırakılmış ve temas açısı Krüss FM40Mk2 Easy Drop model cihazı ile belirlenmiştir.

3.6. Taşıma Çalışmaları

Daha önceki taşıma çalışmalarında kullanılan literatüre göre planlanan düzenek, PIM için (Arslan ve ark., 2009a, 2009b; Tor ve ark., 2009; Yılmaz ve ark., 2011) Şekil 3.1.'deki gibi Cd(II) taşıma deneylerinde kullanılmıştır. Düzenek 40 mL kapasiteli teflondan imal edilen birbirinden ayrılabilir-takılabilir iki bölmeden oluşmaktadır. Bölmelerden bir tanesi Cd(II) çözeltisinin bulunacağı besleme bölmesi, diğeri ise Cd(II)'yi membran yapısından çekecek çözeltinin (alıcı çözeltisi: metal taşımalarında genellikle HCl kullanılmaktadır) bulunduğu çekici yada alıcı faz bölmesidir. Düzenekte, besleme ve alıcı bölmeler arasına PIM'ın yerleştirileceği bir pencere bulunmaktadır. Hazırlanan membranların çapıda dikkate alınarak, pencerenin çapının ≈3 cm olması planlanmıştır. Membran uygun contalar yardımıyla iki bölme arasına yerleştirildikten sonra vidalar yardımıyla besleme ve alıcı bölmeleri birbirine tutturulmuş ve bu şekilde sızdırma olmaması sağlanmıştır. Düzenekte, her iki bölmenin üzerinde, numune alımı ve pH ölçüm yeri bulunmaktadır. Düzenek manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilerek, deneylerde hem besleme çözeltisinin hem de alıcı çözeltisinin homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır. PIM için; taşıma denemelerinde hem besleme çözeltisi hem de alıcı çözelti 200 rpm sabit hızda karıştırılmıştır. Her 1 saatte hem besleme hem de alıcı çözeltilerinden 2 mL'lik numuneler alınarak 10 mL'lik balon jojelerde distile su ile 10 mL ye tamamlanmıştır ve Contr AA 300 model (Analytik jena) atomik absorpsiyon spektrometresinde ölçümler yapılmıştır. Diğer metallerin taşımaya etkisini incelemek için yapılan denemeler, Cu(II), Ni(II), Zn(II) ve Cr(III) gibi metallere karşı seçimli tayinleri aynı AAS sisteminde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Taşıma deneylerinde kullanılan teflon düzenek

Geçirgenlik katsayısı (*P*), incelenen parametrelerin (Cd(II) konsantrasyonu ve HCl konsantrasyonu) taşıma üzerine olan etkisini belirlemek için hesaplanacaktır (Danesi 1984).

$$P = \frac{dC}{C} \cdot \frac{1}{dt} \cdot \frac{V}{A} \qquad (1.a)$$

Eşitlik (1.a)'in integrali alınarak Eşitlik (1.b) elde edilmiştir.

$$\ln \frac{C_o}{C_t} = \frac{A}{V} \cdot P \cdot t \qquad (1.b)$$

Burada, *P*, geçirgenlik katsayısı (m/s), C_o ve C_t başlangıçta ve *t* anında besleme çözeltisindeki Cd(II) konsantrasyonu, *A* membran yüzey alanı (cm^2), *V* ise çözelti hacmi (mL)'dir.

Besleme çözeltisi türlerine bağlı olarak katyonlar için geri kazanım faktörü (RF), aşağıdaki eşitlik (2) ye göre hesaplanmıştır (Sionkowski ve Wodzki, 1995).

$$RF = \left(1 - \frac{C_0 - C_t}{C_0}\right) \times 100 \qquad (2)$$

Bu eşitlikte, ct; herhangi bir t anında alıcı çözeltide bulunan katyon derişimini, co; besleme çözeltisinde bulunan katyonun başlangıç derişimini ifade etmektedir.

Katyonların akış değerleri (J), alıcı fazdaki metal iyonu konsantrasyonunun zamana bağlı olarak değişimini ifade eden grafiğin eğiminden hareketle, aşağıdaki eşitlik (3) e göre hesaplanmıştır (Çengeloğlu ve ark., 2001; Çeliktaş, 2007).

$$J = [V/A] \, . \, [dC/dt]t\text{-}0 \qquad (3)$$

Bu eşitlikte *V*, alıcı çözeltinin hacmi, *A* ise membranın etkin alanıdır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. PIM'ların Hazırlanması

Şekil 4.1.'de hazırlanan PIM'ın ve daha sonrasında liyofilize edilmiş PIM'ın genel bir görüntüsü verilmiştir.



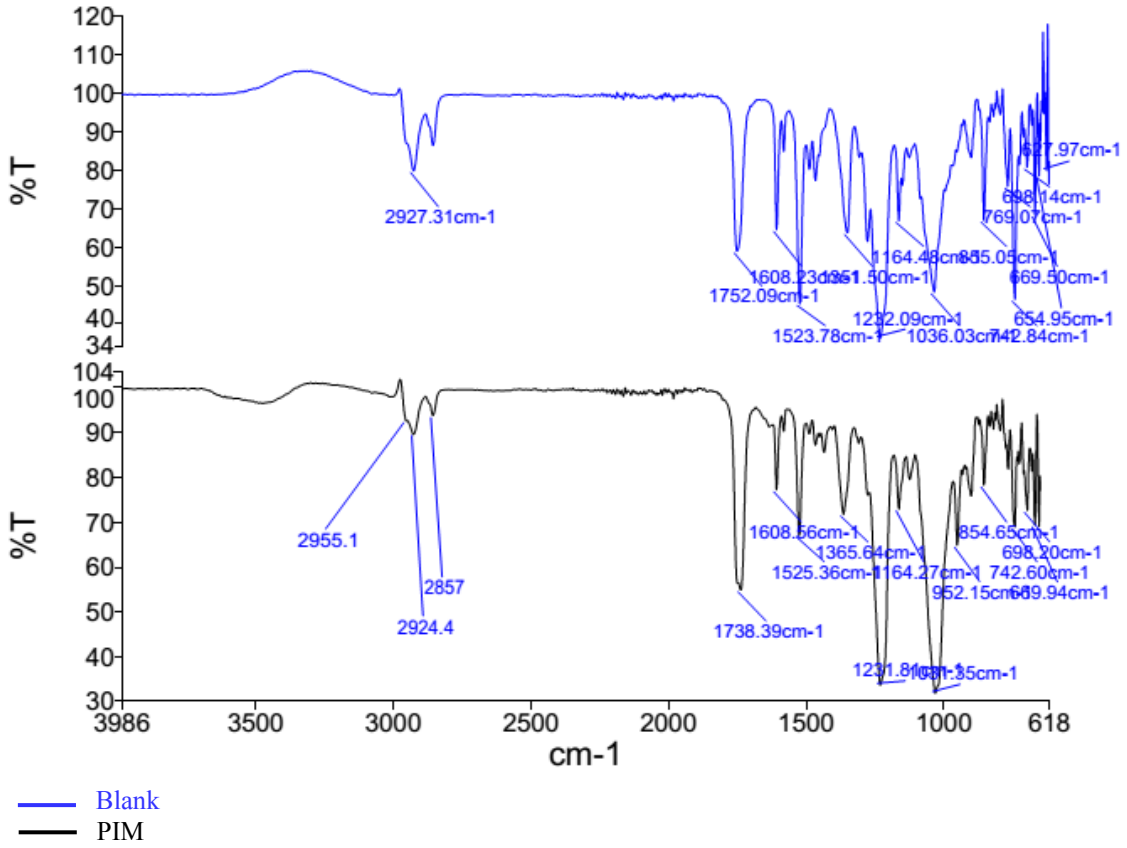
Şekil 4.1. Hazırlanan PIM'ların genel görüntüsü

4.2. PIM'lar İçin Yüzey Karakterizasyonu

Hazırlanan PIM'ların yüzey karakterizasyonları FT-IR, SEM ve AFM kullanılarak ve yüzey temas açılarının ölçümü yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Blank membranın (taşıyıcı içermeyen) ve s-triazin taşıyıcısı içeren PIM'ın FT-IR spektrumları benzer yapılar içerdiği için benzer görünümlüdür (Şekil 4.2.). Blank membrana ait FT-IR spektrumunda 1752 cm^{-1} C=O grubuna ait titreşim piki görülmektedir. 1232 cm^{-1} ve 1036 cm^{-1}'deki bantlar C-O tekli bağların gerilmesine ait piklerdir. 2855 cm^{-1} ve 2927 cm^{-1} C-H bağlarına ait bantlar, 1351 ve 1523 cm^{-1} sırasıyla C-N ve NO_2 gruplarına ait bantlardır.

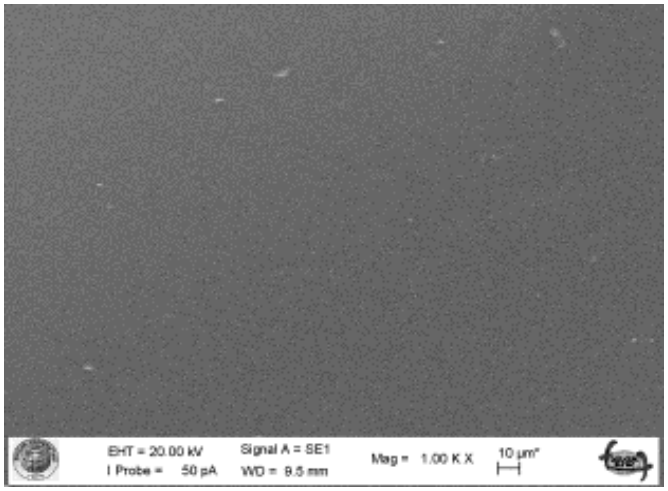
s-Triazinin Schiff bazı türevi ile hazırlanan PIM'ın FT-IR spektrumu incelendiğinde; 3466 cm^{-1} O-H grubuna ait titreşim piki görülmektedir. 1738 cm^{-1}'deki bant C=N Schiff bazı piki, 1525 cm^{-1}'deki bant ise C=N triazin pikine aittir.



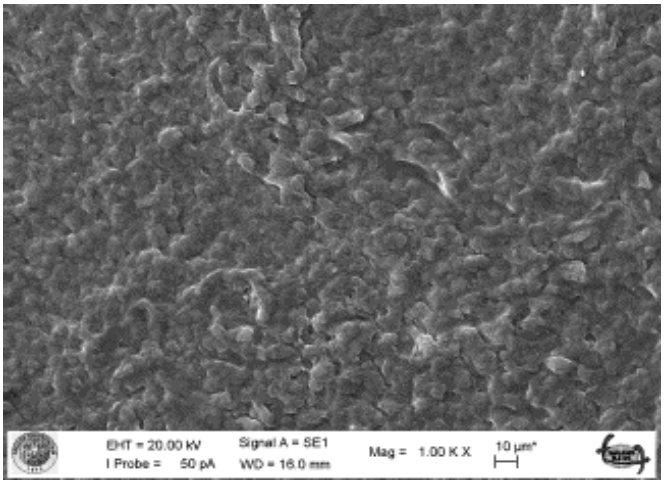
Şekil 4.2. Blank membran ve s-triazinin Schiff bazı türevi ile hazırlanan PIM yüzeylerine ait FT-IR spektrumları

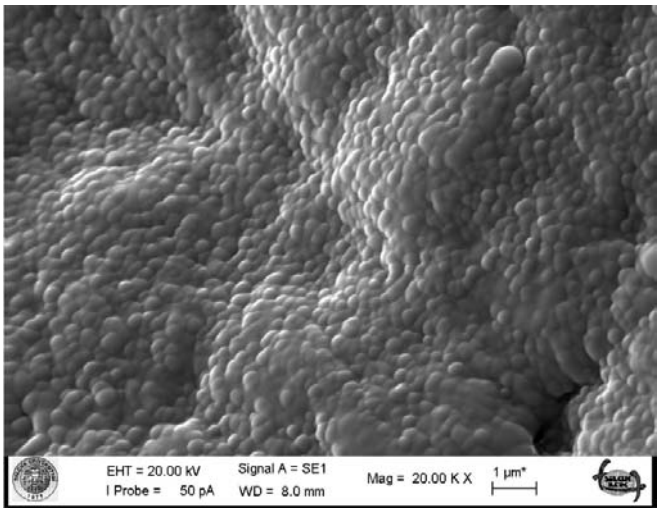
Hazırlanan blank membranın yüzey yapısına ait SEM görüntüsü Şekil 4.3.'te ; hazırlanan s-triazinin Schiff bazı türevini içeren PIM'ın yüzey yapısına ait SEM görüntüsü ise Şekil 4.4.'de verilmiştir.

Blank membranın yüzeyindeki boşlukların s-triazinin Schiff bazı türevi ile kaplanması sonucu dolduğu ve PIM'ların daha kompakt bir yüzeye sahip olduğu SEM görüntülerinden anlaşılmaktadır (Şekil 4.4.).



Şekil 4.3. Blank membrana ait SEM görüntüsü



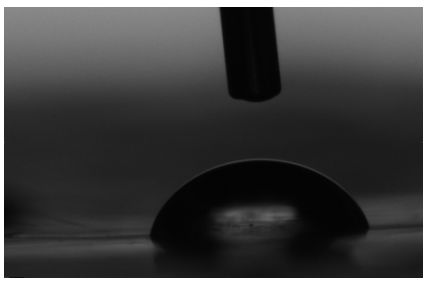
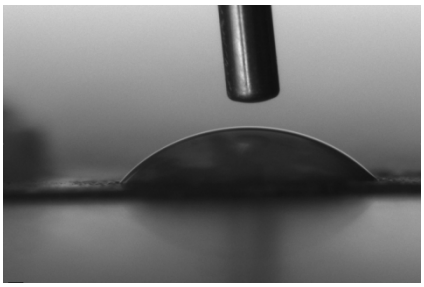


Şekil 4.4. s-triazinin Schiff bazı türevi ile hazırlanan PIM yüzeyine ait SEM görüntüsü

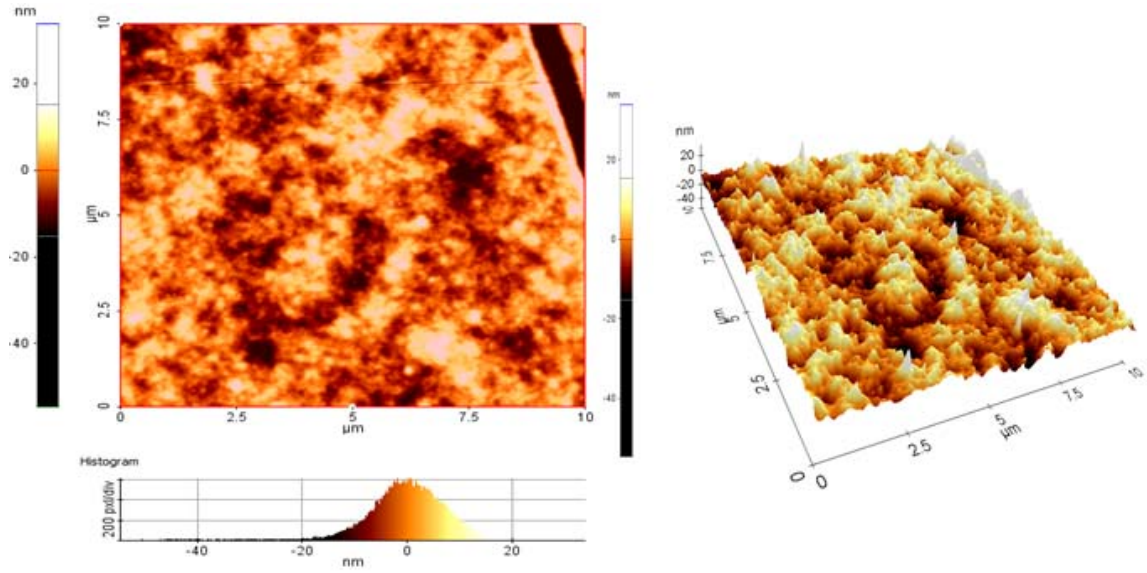
Elde edilen membranların hidrofilik bir yüzeye sahip olup olmadıkları su ile temas açılarının ölçülmesi ile tespit edilmiştir (Yılmaz ve ark., 2011; Tor ve ark., 2009). Yüzey temas açıları ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1.'den de görüleceği gibi, s-triazinin Schiff bazı türevi içermeyen blank membranın yüzey temas açısı s-triazinin Schiff bazı türevi içeren membrana göre daha büyüktür, yani yüzey daha hidrofilik bir yapıya kavuşmaktadır. Elde edilen bu sonuç literatürle uyum içindedir (Gumi ve ark., 2000; Tor ve ark., 2009; Yılmaz ve ark., 2011).

Çizelge 4.1. Blank ve s-triazinin Schiff bazı türevi ile hazırlanan PIM'ın yüzey temas açısı ve ölçüm görüntüleri

Membran	Blank	VDAT 2,4 PIM
Yüzey temas açısı (^{o}), (n= 3)	76.9±0.1	47.7±0,7
Ölçüm görüntüleri		

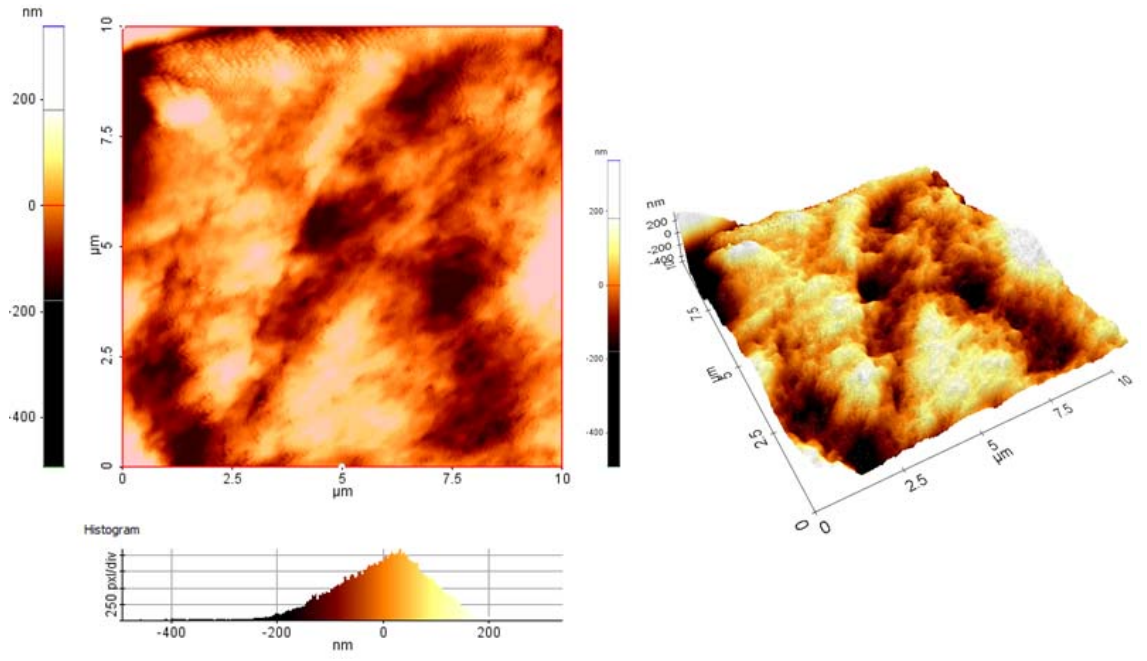
Hazırlanan blank membranın yüzey yapılarına ait AFM görüntüsü Şekil 4.5. , hazırlanan PIM'ın yüzey yapısına ait AFM görüntüsü ise Şekil 4.6.'da verilmiştir. Blank membrana göre s-triazinin Schiff bazı türevi içeren PIM'ın yüzeyindeki boşlukların dolduğu, yüzeylerdeki ortalama kabartı (roughness) yüksekliklerinin artmasından da anlaşılmaktadır (Şekil 4.6). Bu değerler, blank membran için ortalama 3,179 nm iken s-triazinin Schiff bazı türevi ile hazırlanan PIM için ortalama 68,752 nm olarak tespit edilmiştir.



Statistics

Line	Min(nm)	Max(nm)	Mid(nm)	Mean(nm)	Rpv(nm)	Rq(nm)	Ra(nm)	Rz(nm)	Rsk	Rku
Red	-4.398	3.179	-0.609	0.000	7.577	1.549	1.215	5.522	0.656	3.163

Şekil 4.5. Blank membranın yüzeyine ait AFM görüntüsü



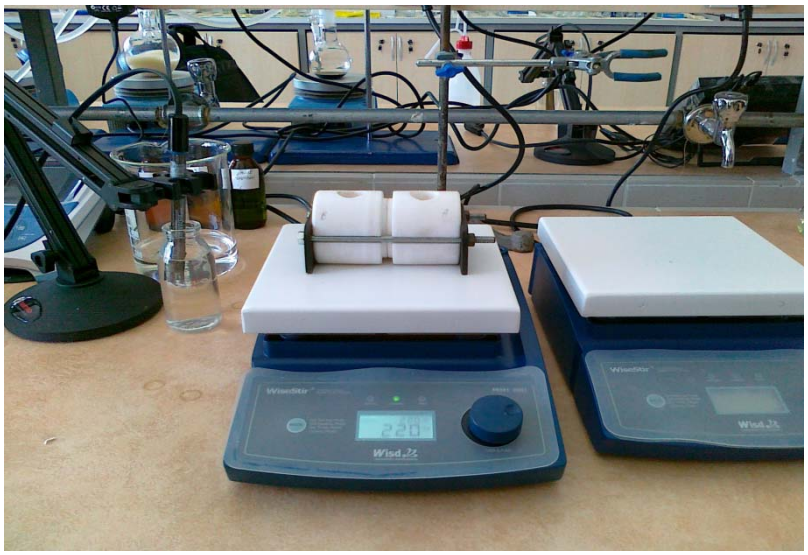
Statistics

Line	Min(nm)	Max(nm)	Mid(nm)	Mean(nm)	Rpv(nm)	Rq(nm)	Ra(nm)	Rz(nm)	Rsk	Rku
Red	-84.304	68.752	-7.776	0.000	153.056	42.365	36.547	121.562	0.391	2.015

Şekil 4.6. s-Triazinin Schiff bazı türevi ile hazırlanan PIM yüzeylerine ait AFM görüntüleri

4.3. Taşıma Çalışmaları

Cd(II) taşıma deneylerinde kullanılan düzeneklerin Şekil 4.7.'de genel bir görüntüsü verilmiştir. Düzenek manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilerek, deneylerde hem besleme çözeltisinin hem de alıcı çözeltisinin homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır.

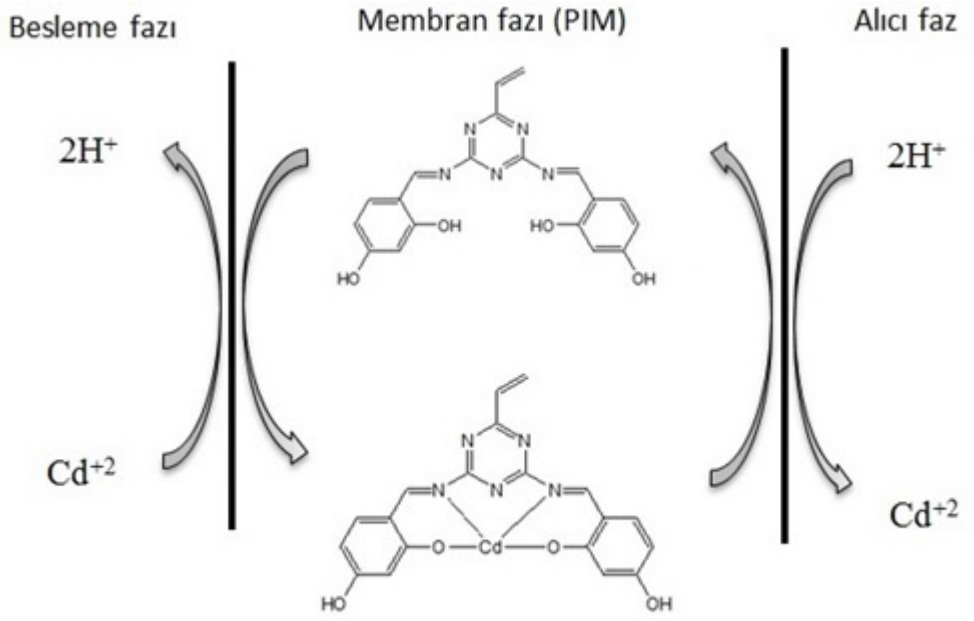


Şekil 4.7. Taşıma deneylerinde kullanılan teflon düzenek

Taşıma denemelerinden belli zaman aralıklarında hem besleme hem de alıcı çözeltilerden belli hacimlerde numuneler alınarak ve Sürekli Işın Kaynaklı Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (Continum Source Atomik Absorption Spektroscopi) (Contr AA 300, Analytik Jena) ile metal ölçümleri yapılmıştır. Diğer metallerin taşımaya etkisini incelemek için yapılan denemeler, Cu(II), Ni(II), Zn(II) ve Cr (III) gibi metallere karşı seçimli tayinleri yine aynı AAS sisteminde gerçekleştirilmiştir. Tüm taşıma çalışmaları oda sıcaklığında yapılmıştır.

Hazırlanan membranların Cd(II)'yi taşıma mekanizması genel olarak Şekil 4.8.'de gösterilmiştir. Taşıma mekanizması başlıca üç aşamadan oluşmaktadır; (*i*) besleme çözeltisi membran ara yüzeyinde Cd(II) – s triazinin Schiff bazı türevi kompleks oluşumu, (*ii*) Cd(II) – s triazinin Schiff bazı türevi kompleksinin membran içinde difüzyonu ve (*iii*) kompleksin membran-alıcı çözelti ara yüzeyinde bozulması (de-kompleks oluşumu) ve Cd(II)'nin alıcı faza geçmesidir.

Tarif edilen taşıma mekanizması, "kolaylaştırılmış taşıma (facilitated transport)" olarak adlandırılmaktadır. Taşımada yürütücü kuvvet genel olarak besleme ve alıcı çözeltilerindeki H_3O^+ konsantrasyonu farkıdır (Gherrou ve ark., 2002; Gardner ve ark., 2006; Tor ve ark., 2009; Alpoğuz ve ark., 2010; Yılmaz ve ark., 2011).

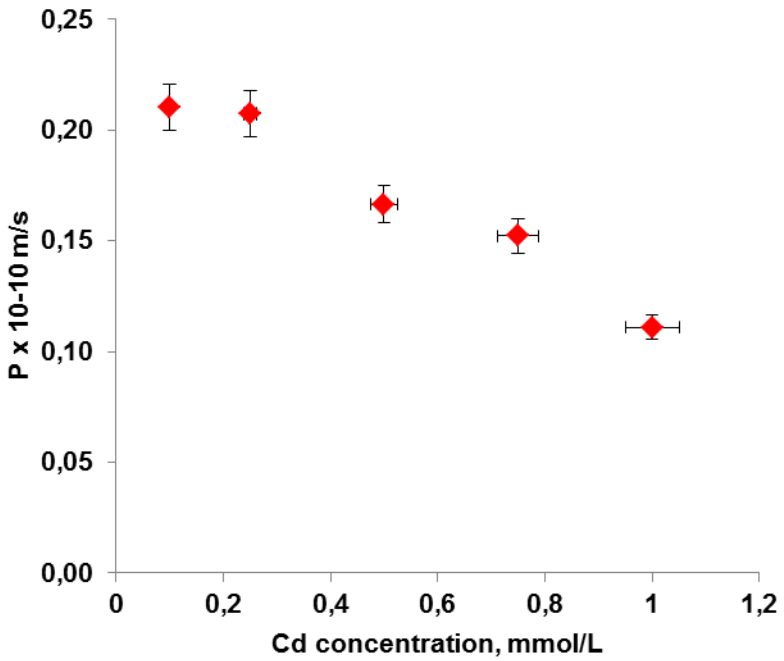


Şekil 4.8. Cd(II)'nin s-triazinin Schiff bazı türevi içeren PIM ile taşıma mekanizması

4.4. Cd(II) Taşınımı İçin PIM'ların Kullanımı

4.4.1. Besleme Çözeltisi Cd(II) Konsantrasyonunun Taşımaya Etkisi

Besleme çözeltisindeki Cd(II) konsantrasyonunun taşımaya olan etkisini incelemek için sırasıyla $1{,}0.10^{-3}$ M; $7{,}5.10^{-4}$ M; $5{,}0.10^{-4}$ M; $2{,}5.10^{-4}$ M ve $1{,}0.10^{-4}$ M Cd(II) besleme çözeltisi olarak alınmış ve taşıma denemeleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.9.'da gösterilmiştir. Besleme çözeltisindeki Cd(II) konsantrasyonu arttıkça membran arayüzeyinde VDAT 2,4-Cd kompleksi oluşacağı için PIM'ın geçirgenliğinin azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Cd(II) konsantrasyonunun geçirgenlik üzerine etkisi (0,5 M HCl alıcı çözeltisi; besleme ve alıcı çözeltisinin iyonik şiddeti 0,1 M KCl ile ayarlanmıştır).

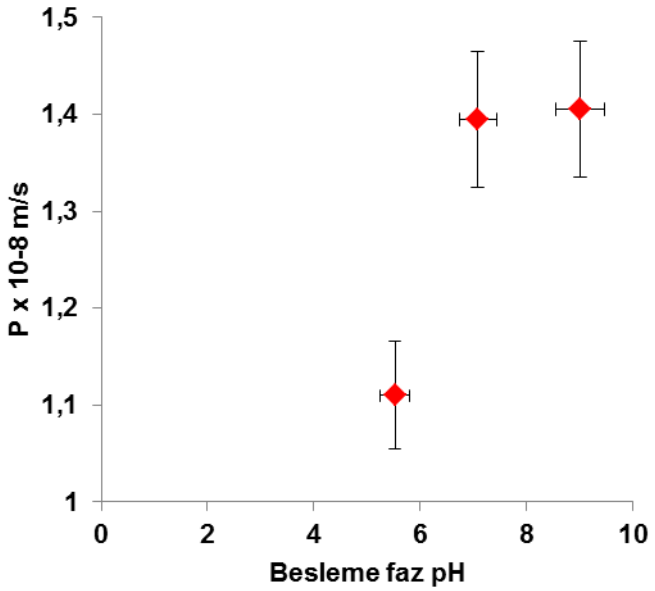
Çizelge 4.2.'de s-Triazinin Schiff bazı türevini içeren PIM ile Cd(II) konsantrasyon çalışmasından 26 saat sonra elde edilen Cd(II)'nin geri kazanma faktörleri ve akı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.2.s-Triazinin Schiff bazı türevini içeren PIM ile Cd(II) taşıması için % geri kazanım (RF) ve akı (J) değerleri

Alıcı çözeltisi HCl konsantrasyonu	Besleme çözeltisi pH	Besleme çözeltisi Cd^{+2} konsantrasyonu	(%) mmol/L	Akı $J\times10^{-10}$ ($mol.cm^{-2}.s^{-1}$)
0,5 M	5,32	$1,0.10^{-4}$ M	77,50	2,10
	5,30	$2,5.10^{-4}$ M	69,02	5,18
	5,73	$5,0.10^{-4}$ M	55,71	8,33
	5,58	$7,5.10^{-4}$ M	51,66	11,41
	5,53	$1,0.10^{-3}$ M	38,12	11,10

4.4.2. Besleme Çözeltisi pH'sının Cd(II) Taşımasına Etkisi

Besleme çözeltisi pH'sının Cd(II) taşımasına etkisini incelemek amacıyla pH değerleri 5,53; 7,09; 9,02'ye ayarlanarak taşıma denemeleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Besleme çözeltisi pH'sının geçirgenlik üzerine etkisi (Besleme $1{,}0.10^{-3}$ M Cd(II); 0,5 M HCl alıcı çözeltisi; besleme ve alıcı çözeltilerinin 0,1 M KCl ile iyonik şiddet ayarlanmıştır.)

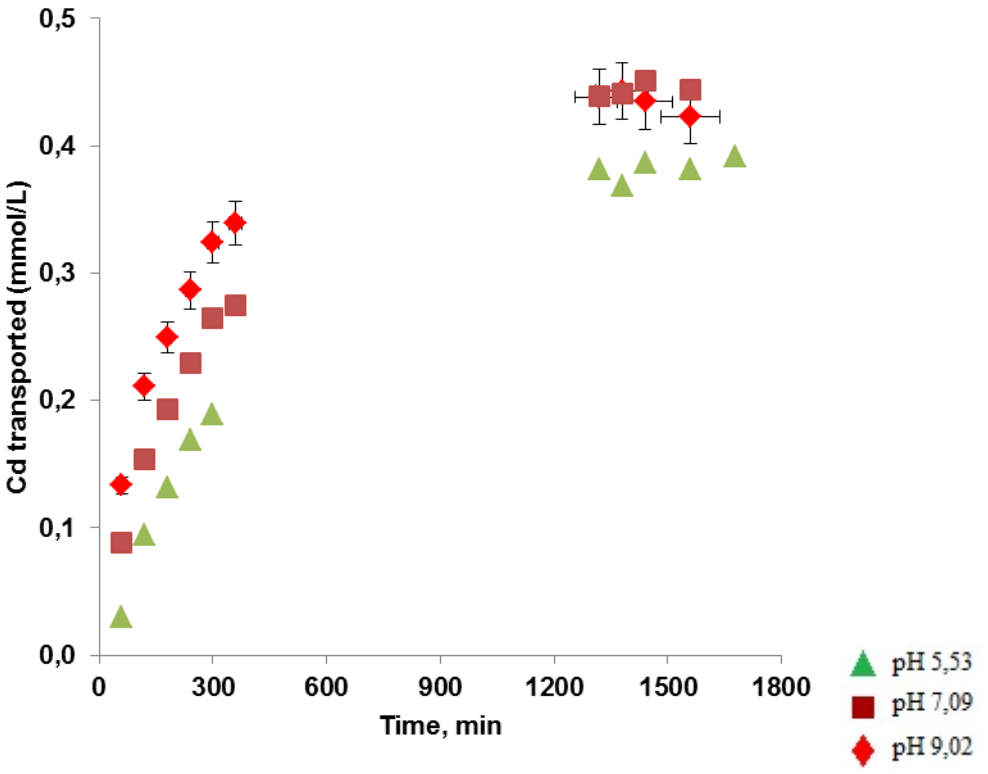
Şekil 4.10.'dan da görüleceği gibi besleme çözeltisi pH'sının artmasıyla geçirgenlik artmış ve pH 9,02'de maksimum değere ulaşmıştır. Besleme fazında H^+ iyonu konsantrasyonu azaldıkça; besleme ve alıcı faz (0,5 M HCl) arasındaki H^+ iyonu konsantrasyonu farkı artacağından taşıma artmıştır.

Çizelge 4.3.'de s-triazinin Schiff bazı türevini içeren PIM ile besleme çözeltisi pH çalışmasından 26 saat sonra elde edilen Cd(II)'nin geri kazanma faktörleri ve akı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.3. s-triazinin Schiff bazı türevini içeren PIM ile Cd(II) taşıması için % geri kazanım (RF) ve akı (J) değerleri

Alıcı çözeltisi HCl konsantrasyonu	Besleme çözeltisi konsantrasyonu	Besleme çözeltisi pH	(%) mmol/L	Akı $J\times10^{-10}$ $(mol.cm^{-2}.s^{-1})$
0,5 M	$1,0.10^{-3}$	5,53	38,12	11,10
		7,09	44,36	13,95
		9,02	42,29	14,05

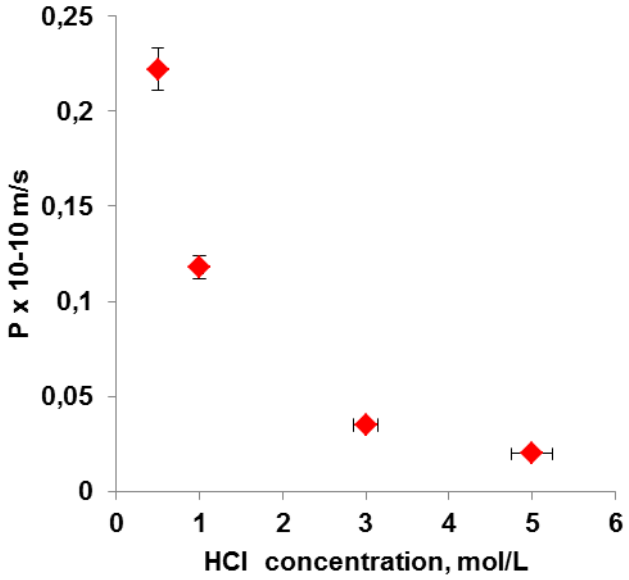
Şekil 4.11.'de besleme çözeltisinin farklı pH'larında Cd(II) taşımasının zamana göre grafiği verilmiştir. Grafikte farklı pH'larda yapılan çalışmalarda membranların bir süre sonra dengeye geldiği görülmektedir.



Şekil 4.11. Besleme çözeltisi pH'sının zamana göre Cd(II) transportu (Besleme $1,0.10^{-3}$ M Cd(II); 0,5 M HCl alıcı çözeltisi; besleme ve alıcı çözeltilerinin 0,1 M KCl ile iyonik şiddet ayarlanmıştır)

4.4.3. Alıcı Çözeltisi HCl Konsantrasyonunun Taşımaya Etkisi

Alıcı çözeltisindeki HCl konsantrasyonunun taşımaya olan etkisini incelemek için sırasıyla 0,5 M HCl; 1 M HCl; 3 M HCl ve 5 M HCl alıcı çözeltisi olarak alınmış ve taşıma denemeleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.12.'de gösterilmiştir. Alıcı fazdaki H^+ iyonu konsantrasyonu arttıkça Cd^{+2} iyonu için geçirgenliğin azaldığı görülmektedir. PIM içindeki VDAT 2,4 yüksek asit konsantrasyonunda çözündüğü için alıcı fazdaki H^+ iyonu konsantrasyonu arttıkça taşıma azalmıştır.



Şekil 4.12. Alıcı çözeltisi (HCl) konsantrasyonunun geçirgenlik üzerine etkisi, (Besleme çözeltisi konsantrasyonu $1{,}0.10^{-3}$ M Cd(II); besleme çözeltisi pH 5,53; besleme ve alıcının iyonik şiddeti 0,1 M KCl ile ayarlanmıştır).

Çizelge 4.4.'de s-Triazinin Schiff bazı türevini içeren PIM ile alıcı çözeltisi HCl konsantrasyonu çalışmasından 26 saat sonra elde edilen Cd(II)'nin geri kazanma faktörleri ve akı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.4. s-Triazinin Schiff bazı türevini içeren PIM ile Cd(II) taşıması için % geri kazanım (RF) ve akı (J) değerleri

Besleme çözeltisi Cd^{+2} konsantrasyonu	Besleme çözeltisi pH	Alıcı çözeltisi HCl konsantrasyonu	(%) mmol/L	Akı $J\times10^{-10}$ $(mol.cm^{-2}.s^{-1})$
$1,0.10^{-3}$ M	5,53	0,5 M	38,12	11,10
		1 M	37,58	11,80
		3 M	35,10	10,44
		5 M	33,05	9,87

4.4.4. Alıcı Çözeltisi Türünün Taşımaya Etkisi

Taşıma deneylerinde alıcı türü olarak 0,5 M HCl ve 0,5 M NaOH kullanılmıştır. Besleme çözeltisi olarak $1,0.10^{-3}$ M Cd(II) çözeltisi, alıcı çözeltisi olarak 0,5 M NaOH kullanıldığında besleme çözeltisi için Cd(II) taşımasının olmadığı tespit edilmiştir.

4.4.5. Cu(II), Ni(II), Zn(II) ve Cr (III) Taşınmasına Etkisi

Cu(II), Ni(II), Zn(II) ve Cr(III)'ün Cd(II) taşımasına etkisini incelemek amacıyla hazırlanan $1,0.10^{-3}$ M Cu(II), Ni(II), Zn(II) ve Cr(III) çözeltileri besleme çözeltisi olarak ilave edilmiştir. Yani besleme çözeltileri olarak $1,0.10^{-3}$ M Cu(II)- Cd(II); $1,0.10^{-3}$ M Ni(II)- Cd(II); $1,0.10^{-3}$ M Zn(II)- Cd(II); $1,0.10^{-3}$ M Cr (III)- Cd(II) çözeltileri çalışılmıştır. Alıcı çözeltisi olarak 0,5 M HCl çözeltisi kullanılmıştır. Taşıma deneylerinde 26 saat sonra alınan numunelerde yapılan ölçümlerin geri kazanma faktörleri Çizelge 4.5.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. s-triazinin Schiff bazı türevini içeren PIM ile diğer iyonların ve Cd(II) taşıması için % geri kazanım (RF) değerleri

%	Cd^{+2}	Cu^{+2}	Cd^{+2}	Ni^{+2}	Cd^{+2}	Zn^{+2}	Cd^{+2}	Cr^{+3}
mmol/L	23,10	24,32	20,58	32,70	18,62	29,39	26,83	39,55

Çizelge 4.5.'de görüldüğü gibi karışım halindeki besleme çözeltisi için diğer iyonların Cd(II) taşınmasına bir engel taşıdığı tespit edilmemiştir. Fakat eklenen metal iyonları ile Cd(II) iyonunun geri kazanım (RF) değerinin azaldığı bulunmuştur. İyon yarıçapı sıralaması Cr(III) < Ni(II) < Cu(II) < Zn(II) < Cd (II) şeklinde sıralıdır (Marcus, 1985), buna göre yapılan çalışmada taşınımın, iyon yarıçaplarıyla hemen hemen uyumlu olduğu görülmektedir. Bu da hazırlanan VDAT 2,4 PIM'ın Cd^{+2} iyonu için seçimli olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çalışmada s-triazinin Schiff bazı türevini içeren membranların hazırlanmasında taşıyıcı olarak kullanılması amaçlanmış ve Doç.Dr. Ziya Erdem KOÇ ve Yüksek Lisans Öğrencisi Remziye Beyza ARSLAN tarafından sentezlenen s-triazinin Schiff bazı türevinden membranlar hazırlamaya çalışılmıştır.

s-triazinin Schiff bazı türevi kullanılarak hazırlanan PIM ile Cd(II) taşıması çalışmalarından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

i. Cd(II) ve s-triazinin Schiff bazı türevi arasındaki reaksiyon 1:1 oranında gerçekleşmektedir.

ii. Besleme çözeltisi Cd(II) konsantrasyonu attıkça membran arayüzeyinde metal-taşıyıcı kompleksi doygunluğa ulaşacağı için geçirgenlik azalmıştır. Maksimum Cd(II) taşıması için besleme çözeltisi Cd(II) konsantrasyonu $1{,}0.10^{-3}$ M'dır.

iii. Alıcı çözeltisinin konsantrasyonu arttıkça taşıma azalmaktadır ve maksimum taşıma için alıcı çözeltisi (HCl) konsantrasyonu 0,5 M'dır.

iv. Maksimum Cd(II) taşıması besleme çözeltisi pH'sının 9,02 olduğu durumda elde edilmiştir. Besleme çözeltisi pH'sı arttıkça Cd(II) taşıması artmıştır.

v. Cd(II)'nin taşınmasında ilave edilen Cu(II), Ni(II), Zn(II) ve Cr(III) iyonları Cd(II) nin geçirgenliğini azalttığı diğer metallerde ise yaklaşık aynı oranda taşımanın olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Öneriler

Son yıllarda gelişen teknoloji ve artan nüfusla birlikte ortaya çıkan kirliliğin yanı sıra doğal kaynaklarında hızlı bir şekilde sarf edilmesi gelecekte ortaya çıkabilecek çevre problemleridir. Bu yüzden hem ekonomik açıdan uygun olan hem de mevcut kaynakların tükenmesine imkan vermeyecek sistemlerin geliştirilmesi gereklidir. Membranlar günümüzde saflaştırma, konsantre hale getirme ve fraksiyonlara ayırma gibi üç farklı amaç için sanayi ve arıtma teknolojilerinin bir çok kolunda yaygın bir kullanıma sahiptirler. Bu çalışmada, s-triazinin Schiff bazı türevi ile hazırlanan PIM'lar sentetik hazırlanan su ortamından Cd(II) uzaklaştırılması için yeni bir alternatif membran olarak hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

Acar, F.N., Malkoç, E., 2002, Sıvı Membranların Mekanizması ve Uygulama Alanları, *Journal Of Engineering Sciences*, 2: 255-263, erişim adresi: kutuphane.pamukkale.edu.tr/dokuman/d000998.pdf, [Ziyaret Tarihi: Kasım 2014].

Ahn, K.H., Song, K.G., Cha, H.Y., Yeom, I.T., 1999, Removal of Ions in Nickel Electroplating Rinse Water Using Low-Pressure Nanofiltration, *Desalination*, 122:77-84.

Akmil, C.,1999, Yüzey aktif madde dispersiyonlarının aktif karbon adsorpsiyonu ile desteklenmiş çapraz akış mikrofiltrasyonu, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.

Al-Allaf, T.A.K., Rashan, W.J., Stelzner, A., Powel, D.R., 2003,Organition (IV) complexes with various donor ligands and their cytotoxicity against tumour cell lines. Part(I): R_2SnCl_2 with Schiff bases; unusual C=N bond cleavage of the bases and X-ray structures of the ionic products formed, *Appl. Organomet. Chem.,*17(12), 891-897.

Alkan, E., 2006, İyon Değiştirici Membranlar Kullanarak Sudaki Florür İyonunun Uzaklaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Isparta.

Alpoğuz, H.K., Kaya, A., Tabakci, B., Yilmaz, A., 2010, Facilitated Transport of Cr (VI) through a Bulk Liquid membrane Containing *p-Tert*-Butylcalix[4]arene Amine Derivative as a Carrier, *Separation Science and Technology*, 45, 1121-1129.

Arous, O., Kerdjoudj, H., Seta, P., 2004,Comparison of carrier-facilitated silver (I) and copper (II) ions transport mechanisms in a supported liquid membrane and in a plasticized cellulose triacetate membrane, *Journal of Membrane Science*, 241 (2),177–185.

Arslan, G., 2004, Bazı Polimerik Sorbentlerin Toksik Metaller ile Sorpsiyon, İyon Değiştirme ve Şelatlaşma Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Arslan, G., Tor, A., Muslu, H., Özmen, M., Akın, İ., Çengeloğlu, Y., Ersöz, M., 2009b, Facilitated transport of Cr(VI) through a novel activated composite membrane containing Cyanex 923 as a carrier, *Journal of Membrane Science*, 337, 224-231.

Aydoğdu, N., Erbaş, H., Kaymak, K., 2007, Taurin, Melatonin ve N-Asetilsisteinin Kadmiyuma Bağlı Akciğer Hasarındaki Antioksidan Etkileri, *Trakya Üni. Tıp Fak. Dergisi*, 24(1):43-48.

Baker, R.W., 2004, Membrane Technology and Applications, Second Edition, John Wiley Sons, Ltd., England.

Blower, P.J., 1998, Small coordination complexes as radiopharmaceuticals for cancer targeting, *Transition Metal Chemistry*, 23, 109–116.

Bandyopadhyaya, R., Bhowal, A., Datta, S., Sanyal, S.K., 1998, A New Model of Batch Extraction in Emulsion Liquid Membrane: Simulation Of Globule-Globule Interaction And Leakage, *Chemical Engineering Science*, 53, 15, 2799-2807.

Banerjee, S.S., Jayaram, R.V., Joshi, M.V., 2003, Removal of nickel (II) and zinc (II) from wastewater using fly ash and impregnated fly ash, *Sep. Sci. Technol*., 38(5), 1015–1032.

Bartsch, R.A., Way, J.D.,1995, Preface, *209th National Meeting of the American Chemical Society*, California, USA, 9-10.

Benito, Y., Ruiz, M.L., 2001, Reverse Osmosis Applied to Metal Finishing Wastewater, *Desalination*, 142:229-234.

Billmeyer, F.W., 1984, Textbook of Polymer Science, 3rd ed., Wiley, New York.

Boyadzhiev, L., Lazarova, Z., 1995, Liquid Membranes (Liquid Pertraction), Membrane Separations Technology, Principles and Applications, Edited by R.D. Noble and S.A. Stern, Elsevier Science, 283-352.

Breembroek, G.R.M., Witkamp, G.J., 2000, Van Rosmalen GM. Design and Testing of An Emulsion Liquid Membrane Pilot Plant, *Separation Science and Technology*, 35(10), 1539-1571.

Bukhari, I.H., 2002, Preparation, Characterization and biological evaluation of Schiff-base metal complexes of some drug substances, Doktora tezi, *Bahauddin Zakeriya Üniv*., Pakistan.

Can, M., vd., 2002, Deniz Suyundan Tatlı Su Eldesinin Teknik ve Ekonomik Analizi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt7, Sayı 1.

Chai, X., Chen, G., Yue, P.L., Mi, Y., 1997, Pilot Scale Membrane Separation of Electroplating Wastewater by Reverse Osmosis, *J. of Membrane Science*, 123:235-242.

Chakraborty, M., Bhattacharya, C., Datta, S., 2003, Studies on the Applicability of Artificial Neural Network (ANN) in Emulsion Liquid Membranes, *Journal of Membrane Science*, 220, 155-164.

Chowdhury, M.J., Pane, E.F. , Wood, C.M., 2004, Physiologycal Effects of Dietary Cadmium Acclimation and Waterborne Cadmium Change in Rainbow Trout: Respiratory, Ionoregulatory, and Stres Parameters, *Comp, Biochem. Physiol.*, C., 139, 163–173.

Chrisstoffels, L.A.J., Jong, F., Reinhoudt, D.N., 1995, Mechanistic Studies of Carrier Mediated Transport through Supported Liquid Membranes, *209th National Meeting of the American Chemical Society*, California, USA, April, 18-55.

Cinier, C.C., Ramel, M.P., Faure, R., Garın, D. and Bouvet, Y., 1999, Kinetics of Cadmium Accumulation and Elimination in Carp Cyprinus carpio Tissues, *Comp. Biochem. Physiol*., 122, 345–352.

Cope, W.G., Wiener. J., Steingraeber, M. T. and Atchison, G. J., 1994, Cadmium, Metal-Binding Proteins and Growth in Bluegill (Lepomis macrochirrus) Exposed to Contamined Sediments from the Upper Mississippi River Basin, *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences*, 51, 1356–1367.

Costamagna, J., Vargas, J., Latorre, R., Alvarado, A., Mena, G., 1992, Coordination compounds of copper, nickel and iron with Schiff bases derived from hydroxynaphthaldehydes and salicylaldehydes, *Coordination Chemistry Reviews*, 119, 67-88.

Coşkun, K., 2009, Kimyasal ve Elektrokimyasal Yöntemlerle İletken Polimerlerin Sentezi ve Membran Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*Isparta.

Çelikbilek, Ş.,2011, s-Triazin Merkezli Schıff Bazlarının Sentezi ve Bazı Metal Komplekslerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Çeliktaş, A., 2007, Ayırmada kompozit membranların kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 10-15.

Çengeloğlu, Y., E. Kır, M. Ersöz, 2001, Recovery and Concentration of Al(III), Fe(III), Ti(IV), and Na(I) from Red Mud, *J. Colloid. Interf. Sci*., 244(2), 342-346.

Danesi, P.R., 1984, Separation of metal species by supported liquid membranes, S*eparation Science and Technology*, 19, 857-894.

Desai, S.B., Desai, P.B., Desai, K.R., 2001, Synthesis of some schiff bases, thioazolidines and azetidinones derived from 2,6-diaminobenzo[1,2-d:4,5-d']bisthiazole and their anticancer activities, Heterocycle Communications, 1, 83-90.

Devulapalli, R., Jones, F., 1999, Separation of Aniline from Aqueous Solutions Using Emulsion Liquid Membranes, *Journal of Hazardous Materials*, B70, 157-170.

Drastichova, J., Svobodova, Z., Luscova, V. and Machova, J., 2004, Effect of Cadmium on Hematological Indices of Common Carp (Cyprinus carpio), *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 72, 725–732.

Draxler, J., Fürst, W., Marr, R., 1988, Separation of Metal Species by Emulsion Liquid Membranes, *Journal of Membrane Science*, 38, 281-293.

Duranoğlu, D., 2012, Sulfate Removal From Wastewater By Chemical Precipitation Method, *Journal of Engineering and Natural Sciences,* 39-55

Eisenmann, J.L., 1979, Membrane processes for metal recovery from electroplating rinse water, Proceedings, *2nd Conf. on Advanced Pollution Control for the Metal Finishing Industry*, Cincinnati, Ohio, EPA-600/8-79-014.

El-Said, N., El-Sheref, E., Borai, E., 2003, Modeling of Transport of Cs (137) by Emulsion Liquid Membrane (18C6) in Xylene Promoted by Ephedrine Hydrochloride in Stripping Phase, *Journal of Membrane Science*, 211, 183-191.

Eliceche, A.M., Corvalan, S.M., Ortiz, I., 2002, Continuous Operation of Membrane Processes for the Treatment of Industrial Effluents, *Computers and Chemical Engineering*, 26:555-561.

Ersöz, M., 2007, Transport of mercury through liquid membranes containing calixarene carriers, *Advances in Colloid and Interface Science*, 134-135, 96-104.

Faroon, O.M., Wıllıams, M. and O'Connor, R., 1994, A Review of the Carcinogenicity of Chical most Frequently Found at National Priorites List Sites, *Toxicology Industrial Health*, 10: 203–230.

Fessenden, J.R. and Fessenden, J.S., 1990, Organik Kimya, Tercüme Uyar, T., *Gazi Üniversitesi*, Ankara.

Fırat, Ö., 2007, Oreochromis niloticus'ta Metal (Zn, Cd) ve Metal Karışımının (Zn+Cd) Kan Dokusunda Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.

Franken, T., 1996, Liquid Membranes- Academic Exercise or Industrial Separation Process, *Membrane Technology*, 85, 6-10.

Fujimori, A., Sato, N., Kanai, K., Ouchi, Y. and Seki, K., 2009, "Control of Arrangement for s-Triazine Group in Comb Copolymers by the Langmiur-Blodgett Method and Its Structural Estimation by NEXAFS Spectroscopy", *25th Anniversary Langmiur*, 25, 1112-1121.

Gamez, P., Hoog, D.P., Dressen W.L. and Reedijk, J., 2002, "New Polydenta and Plynucleating N-donor Ligands from Amines and 2,4,6-Trichloro-1,3,5-triazine", Tetrahedron Letters, 43, 6783.

Gardner, J.S., Walker, J.O., Lamb, J.D., 2004, Permeability and durability effects of cellulose polymer variation in polymer inclusion membranes, *Journal of Membrane Science*, 229 (1/2), 87–93.

Gardner, Joseph S., Peterson, Quinn P., Walker, Jedediah O., Jensen, Bryce D., Adhikary, Bibhutosh, Harrison, Roger G., Lamb, John D., 2006, Anion transport through polymer inclusion membranes facilitated by transition metal containing carriers, *Journal of Membrane Science*, 277(1-2), 165-176.

Gelişim Hachette,1993, *Alfabetik Genel Kültür Ansiklopedisi*, Cilt 6, 2066.

Gerdan, G., 2006, Bazı Dikloro-s-Triazin Reaktif Boyarmaddelerinin Sentezi ve Yapılarının Aydınlatılması, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Adana.

Garnovskii, A.D., Nivorozhkin, A.L. and Minkin,V.I. ,1993, *Coord. Chem. Rew.*,126**,** 1-69.

Gherrou, A., Akretche, D.E., Kerdjoudj, H., Molinari, R., Drioli, E.,2002, Facilitated transport of copper from solutions obtained by elution of cuprocyanide complexes by means of acidic thiourea, *Separation Science and Technology*, 37, 1833-1849.

Goyer, R. A., 1991, Toxic effects of metals. In: Caserett and Doull's Toxicology, *The Basic Science of Poisons (Eds. Amdur M. O., Doull, J., Klaassen, C. D.) Pergamon Press*, New York, 1032.

Gumi, T., Oleinikova, M., Palet, C., Valiente, M., Muñoz, M., 2000, Facilitated transport of lead(II) and cadmium(II) through novel activated composite membranes containing di-(2-ethyl-hexyl)phosphoric acid as carrier, *Anal. Chim. Acta,* 408, 65-74.

Gürel, L.,Büyükgüngör, H., 2006, Liquid membranes in advanced treatment, *Sigma, Journal of Engineering and Natural Sciences*, 2, 30-44.

Gyves, J. de, San Miguel, E.R. de,1999, Metal ion separations by supported liquid membranes, *Ind. Eng. Chem. Res*., 38 (6), 2182–2202.

Habibi, M.H., Montazerozohori, M., Lalegani, A., Harrington, R.W. and Clegg, W., 2006, *J. Fluorine Chem*., 127(6), 769-773.

Hassoune, H., Rhlalou, T., Frouji, M.A., Chappey, C., Verchère, J.F., 2006, Application of supported liquid membranes containing methyl cholate in cyclohexane for the carrier-mediated transport of sugars, *Desalination*, 189, 31-42.

Han, R.,2013, Formation and characterization of (melamine–TMC) based thin film composite NF membranes for improved thermal and chlorine resistances, *Journal of Membrane Science*, 425-426, 176–181.

Hatay, İ., 2006, Bazı Organik Maddelerin İnorganik Destekler Üzerine İmmobilizasyonu Ve Adsorban Olarak Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/kadmiyum, [Ziyaret Tarihi:Kasım 2014].

http://en.wikipedia.org/wiki/1,3,5-Triazine, [Ziyaret Tarihi:Kasım 2014].

Hayworth, H.C, Ho, W.S., Burns, W.A. et.al., 1983, Extraction of Uranium from Wet Process Phosphoric Acid by Liquid Membranes, *Separation Science and Technology*, 18(6), 493- 521.

Ho, W.S.W., Poddar, T.K., 2001, New Membrane Technology for Removal and Recovery of Chromium from Wastewaters, *Environmental Progress*, 20,44-52.

Ho, W.S.W., Sirkar, K.K., 1992, Membrane Handbook, Van Nostrand Reinhold, New York, 976s.

Izatt, R.M., LindH, G.C., Bruening, R.L., Bradshaw, J.S., Lamb, J.D. Christensen, J.J., 1986, Design of Cation Selectivity into Liquid Membrane Systems Using Macrocyclic Carriers, *Pure&Appl. Chem.*, 58, No.11, 1453-1460.

Izatt, R.M., Haws, R.M., Lamb, J.D., Dearden, D.V., Brown, P.R., McBride D.W., Christensen, J.J., 1984, Facilitated Transport From Ternary Cation Mixtures Through Water-Chloroform-Water Membrane Systems Containing Macrocycle Ligands, *Journal of Membrane Science*, 20, 273-284.

Izatt, R.M., Clark, G.A., Bradshaw J.S., Lamb J.D., Christensen J.J., 1986, Separation and Purification Methods,15, 21-72.

Ismail, Z.K., El-Dissouky, A. and Shehada, A.Z.,1997, Spectroscopic and magnetic studies on some Copper (II) complexes of antipyrine Schiff base derivatives *Polyhedron*, 16(17), 2909-2916.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven A. and Timur S., 2007, Metallerin Çevresel Etkileri –I, erişim adresi: www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf, [Ziyaret Tarihi: 13.05.2007]

Kasaini, H., Nakashio, F., Goto, M., 1998, Application of Emulsion Liquid Membranes to Recover Cobalt Ions from a Dual-Component Sulphate Solution Containing Nickel Ions, *Journal of Membrane Science*, 146, 159-168.

Katsuki, T., 2004, Unique asymmetric catalysis of cis-beta metal complexes of salen and its related Schiff-base ligands, *Chem. Soc. Rev*., 33, 437–444.

Kaya, A., 2007, Ağır metallerin sulu çözeltilerden polimer membranlar ve polimer adsorplayıcılar kullanılarak ayrılması, Yüksek Lisans Tezi, *Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Afyon.

Kebiche-Senhadji, O., Mansouri, L., Tingry, S., Seta, P., Benamor, M., 2008, Facilitated Cd(II) transport across CTA polymer inclusion membrane using anion (Aliquat 336) and cation (DE2HPA) metal carriers, *J. Membr. Sci*. 310, 438–445.

Kırdı, İ., 2012, Farklı Metotlar Kullanarak Kaliks[4]Aren ile Membran Hazırlanması ve Cr(VI)'nın Atık Sulardan Uzaklaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Kim, J.S., Kim, S.K., Cho, M.H., Lee, S.H., Kim, J.Y., Kwon, S.-G., Lee, E.- H., 2001, Permeation of silver ion through polymeric CTA membrane containing acyclic polyether bearing amide and amine end-group, *Bull. Kor. Chem. Soc.*, 22 (10), 1076–1080.

Kim, J.S., Kim, S.K., Ko, J.W., Kim, E.T.,Yu, S.H., Cho, M.H., Kwon, S.G., Lee, E.H., 2000, Selective transport of cesium ion in polymeric CTA membrane containing calixcrown ethers, *Talanta*, 52 (6), 1143–1148

Kislik, V.S. ed., 2010, Liquid membranes, Principles & Application in Chemical Separations & Wastewater Treatment, *Elsevier*, The Netherlands.

Kitiş, M., Yiğit, N.Ö., Köseoğlu H. ve Bekaroğlu Ş.Ş., 2009, T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı Çevre Görevlisi Eğitimi Ders Notları.

Koç, Z.E., Bingöl, A., Saf, O.,Torlak, E., Coşkun, A., 2010, Synthesis of novel tripodal-benzimidazole from 2,4,6-tris(p-formylphenoxy)-1,3,5-triazine: Structural, electrochemical and antimicrobial studies, *Journal of Hazardous Materials*, 183, 251-255.

Köseoğlu, H., 2005, Hibrit Siyanürleme ve Yüksek Basınçlı Membran Prosesiyle Madencilik Atıksularından Gümüs Geri Kazanımı-Sentetik Su Deneyleri, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.

Kralj D., Brecevic L., 1998, Precipitation of Some Slightly Soluble Salts Using Emulsion Liquid Membranes, *Croatica Chemica Acta*, 71(4), 1049-1060.

Kunkely, H. ve Vogler, A.,2001, Photochemistry of N,N-bis(3,5-di-tert-butyl salicylidene)-1,2-diaminocyclohexane and its Co(II) complex in cloroform, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 138, 51-54.

LeBaron, H.M., McFarland, J.E., Burnside, O.C., 2008, The Triazine Herbicides: A Milestone in the Development of Weed Control Technology, The Triazine Herbicides, *Elsevier*, New York, 276-277.

Li, Y., Yang, Z., Wang, B., 2006, Synthesis, characterization and the antioxidative activity of zinc(II), copper(II) and nickel(II) Schiff-base complexes, *Transition Metal Chemistry*, *31*, 598-.602.

Li, Q., Liu, Q., Li, K. et.al., 1997, Separation Study of Cadmium through an Emulsion Liquid Membrane, *Talanta*, 44, 657-662.

Lizon, T.G., Ortiz, E.S.P., 2000, Drop Sizes in Liquid Membrane Dispersions, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 39, 5020-5028.

Lu, X.X., Qin, S.Y., Zhou, Z.Y. ve Yam, V.W.W., 2003, Synthesis, structure, and ion-binding studies of cobalt(II) complexes with aza-crown substituted salicylaldimine Shciff base ligand, *İnorganica Chimica Acta*, 346(25), 49-56.

Lyapchenco, N.,Eitner, K., Schrocder, G., Brzezinski, B.,2004, The complexes of some s-triazine herbicides with metal cations studied by ESI mass spectrometry and theoretical calculations, *Journal of Molecular Structure*, 690,45-51.

Lyons-Alcantara, M., Tarazona, J.V. and Mothersill, C., 1996, The differential effect of cadmium exposure on the growth and survival of primary and established cells from fish and mammals, *Cell Biol. and Toxicol*, 12, 29-38.

Madrakian, T., Zolfigol, M.A., Aboulghazi, F., 2010, Preconcentration of Co, Ni, Cd and Zn on naphthalene–2,4,6-trimorpholino-1,3,5-triazin adsorbent and flame atomic absorption determination, *J. Serb. Chem. Soc.*, 75 (5), 669–679.

Madrakian, T., Afkhami, A., Zolfigol, M.A., Solgi, M.,2006, Separation, preconcentration and determination of silver ion from water samples using silica gel modified with 2,4,6-trimorpholino-1,3,5-triazin, *Journal of Hazardous Materials*, B128, 67–72.

Marcus, Y., 1985, Ion Solvation, John Wiley and Sons Ltd., A Wiley-Interscience Publication, Great Britain.

Mashaly, M., Abd-El Wahab, Z.H., Faheim, A.A., 2004, Mixed-ligand complexes of a Schiff base, 8-hydroxyquinoline and oxalic acid with Cu(II), Ni(II), Zn(II), and Fe(III) ions: Pyrolytic products and biological activities, Synthesis and reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry, 34, 233-268.

Mulder, M., 1991, Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 357.

Naim, M.M., Monir, A.A., 2002, Desalination Using Supported Liquid Membranes, *Desalination*, 153, 361-369.

Nghiem, L.D., Mornane, P., Potter, I.D., Perera, J.M., Cattrall, R.W., Kolev, S.D., 2006, Review-Extraction and transport of metal ions and small organic compounds using polymer inclusion membranes (PIMs), *Journal of Membrane Science*, 281, 7-41.

Noble, R.D., Way, J.D., 1986, Liquid Membrane Technology, An Overview, *8th Rocky Mountain Regional Meeting of the American Chemical Society*, Denver, Colorado, USA, June, 1-26.

Ohtake, T., Hano, T., Takagi, K., 1987, Effects of Viscosity on Drop Diameter of W/O Emulsion Dispersed in a Stirred Tank, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 20, 5, 443-447.

Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M., Pehluvan M., 2009, Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri, *Alınteri Zirai Bilimler Dergisi*, 14-26.

Olie, G.H. ve Olive, S., 1984, The chemistry of the catalyzes hydrogenation of carbon monoxide, Springer, Berlin, 152.

Öktüren Asri, F., Sönmez, S., Çıtak, S.,2007, Kadmiyumun Çevre Ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, Antalya, erişim adresi: derim.com.tr/article/view/5000017056/5000016938, [Ziyaret Tarihi: Aralık 2014].

Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M ve Kaptan, H., 1995, Toprak Bilimi, *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın*, No: 73, Ders Kitapları Yayın, No:16, Adana.

Pal, P., Datta, S., Bhattacharya, P., 2002, Multi-Enzyme Immobilization in Eco-Friendly Emulsion Liquid Membrane Reactor- A New Approach to Membrane Formulation, *Separation and Purification Technology*, 27, 145-154.

Paul, D., Sikdar, S.K., 1998, Clean Production with Membrane Technology, Clean Products and Processes, 1, 39–48.

Pehlivan, E., Arslan, G., 2007, Removal of metal ions using lignite in aqueous solution—Low cost biosorbents, *Fuel Processing Technology*, 88, 99–106.

Peterson, R.T., Lamb, J.D., 1995, Rational Design of Liquid Membrane Separation Systems, *209th National Meeting of the American Chemical Society, California*, USA, April, 57-74.

Purkait, M.K., DasGupta, S., De, S., 2004, Removal of dye from wastewater using micellar-enhanced ultrafiltration and recovery of surfactant, *Sep. Purif. Technol*., 37, 81–92.

Rahaman, S.H., Choowdhury, H., Bose, D., Ghosh, R., Chen-Hsing, G., Barindra Kumar Ghosh, H., 2005, Synthesis, Structure and properties of mononuclear Cobalt (II) and Cobalt (III) pseudohalide complexes containing, *Polyhedron*, 24:1755-1763.

Rodriguez, P.M., Samper, E., Varo, G.P., Prats, R.D., 2002, Analysis of the Variation in the Permeate Flux and of the Efficiency of the Recovery of Mercury by Polyelectrolyte Enhanced Ultrafiltration (PE-UF), *Desalination*, 151:247-251.

Saf, A. Ö., 2010, Kromat İyonlarının Transportunun Tiyadiazin Türevi İçeren Polimer İçerikli Membranlar ile İncelenmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 4-42.

Sahoo, G.C., Dutta, N.N., 2002, Perspectives in Liquid Membrane Extraction of Cephalosporin Antibiotics, *Advances in Biochemical Engineering/ Biotechnology*, 75, 209-242.

Salt, Y., Dinçer, S., 2006, An Option For Special Separation Operations: Membrane Processes, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, İstanbul.

Sastre, A.M., Kumar, A., Shukla, J.P., Singh, R.K., 1998, Improved techniques in liquid membrane separations: an overview, *Sep. Purif. Meth*. 27 (2), 213–298.

Schow, A.J., Peterson, R.T., Lamb, J.D., 1996, Polymer inclusion membranes containing macrocyclic carriers for use in cation separations*, J. Membr. Sci.*, 111 (2), 291–295.

Shere, A.J., Cheung, H.M., 1988, Effect of Preparation Parameters on Leakage in Liquid Surfactant Membrane Systems, *Separation Science and Technology*, 23, 687-701.

Shibasaki, Y., Horie, R., Takahashi, T. and Ichimura, Y., 1996, "Thermoanalytical studies on the comb-like polymers containing diamino-s-triazine groups", *View Journal Information*, 283, 425-431.

Simmonds, R.J., Bagga, K., Dua, G., and Williams, G., 1997, "Synthesis of glycosides in which the aglycon is an N-(Hydroxymethyl)amino-1,3,5-triazine derivative", *Glycoconjugate Journal*, 14, 519-521.

Sionkowski, G. and Wodzki, R., 1995. Recovery and Concentration of Metal Ions I. Donnan Dialysis, *Sep. Sci. Tech*., 30(5), 805-820.

Skelland, A.H.P. and Meng, X., 1999, Non-newtonian conversion solves problems of stability, permeability and swelling in emulsion liquid membranes, *Journal of Membrane Science*, 158, 1-15.

Sodaye, S., Suresh, G., Pandey, A.K., Goswami, A., 2007, Determination and theoretical evaluation of selectivity coefficients of monovalent anions in anionexchange polymer inclusion membrane, *Journal of Membrane Science*, 295, 108–113.

Stephenson, T., Simon, J., Jefferson, B., Brindle, K., 2000, Membrane Bioreactors for Wastewter Treatmen, *IWA Publishing*, London, England.

Sugita, N., 1989, Process and Apparatus for Recovery of Precious Metal Compound, US Patent 4880511.

Sürücü, A., 2008, Sulu Çözeltilerden Destekli Sıvı Membranlarla Kobalt ve Nikel'in Ayrılması, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 27-53.

Tang, L.,Yang. Y., Bai, T., ., Liu, W., 2011, Robust MeO2MA/vinyl-4,6-diamino-1,3,5-triazine copolymer hydrogels-mediated reverse gene transfection and thermo-induced cell detachment, *Biomaterials*, 32, 1943-1949.

Tayeb, R., Fontas, C., Dhahbi, M., Tingry, S., Seta, P., 2005, Cd(II) transport across supported liquid membranes (SLM) and polymeric plasticized membranes (PPM) mediated by Lasalocid A, *Separation and Purification Technology*, 42 (2), 189–193.

Teresa, M., Reis, A., Carvalho, J.M.R., 1993, Recovery of Zinc from An Industrial Effluent by Emulsion Liquid Membranes, *Journal of Membrane Science*, 84, 201-211.

Temel, H., Taskin, T., Sekerci, M., 2004, Spectral and antifungal studies of transition metal complexes of N,N'-ethylenebis(salicylideneimine), *Russian Journal of Inorganic Chemstry*, 49, 347-351.

Tor, A., Arslan, G., Muslu, H.,, Çeliktaş, A., Çengeloğlu, Y., Ersöz, M., 2009, Facilitated transport of Cr(III) through polymer inclusion membrane with di(2-ethylhexyl)phosphoric acid (DEHPA), *Journal of Membrane Scienc*, 329, 169-174.

Turan, N.A., Gürel, L., Altaş, L., Büyükgüngör, H., 2004, Emülsiyon Sıvı Membran Sistemi Organik Faz Bileşenlerinin Su Arıtımında KOİ Yüküne Etkisinin İncelenmesi, *9. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, İstanbul, 553-558.

Tutkun, O., Kumbasar, R.A., 1992, Metal İyonlarının Sıvı Membranlarla Ayrılması ve Zenginleştirilmesi, *Türk Devletleri Arasında I. İlmi İşbirliği Konferansı*, Lefkoşe, KKTC, 577-587.

Ulbrich, M., Marr, R., Draxler, J., 1991, Selective Separation of Organic Solutes by Aqueous Liquid Surfactant Membranes, *Journal of Membrane Science*, 59, 189-203.

Urtiaga, A.M., Alonso, A., Ortiz, I. et.al., 2000, Comparison of Liquid Membrane Processes for the Removal of Cadmium from Wet Phosphoric Acid, *Journal of Membrane Science,* 164, 229-240.

Usanmaz, E., 2007, p-Tert-Butil Kaliks[4]Aren Türevi İle Sıvı Membranda Bazı Metal İyonların Transport Kinetiğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Unaleroglu, C., Temelli, B. ve Hokelek, T. , 2001,Conformational and structural analysis of N-N-bis(4-methoxybenzylidene)ethylenediamine, *J. Mol. Struct*., 570, 91–95.

Vanco, J., Svajlenova, O., Racanska, E., Muselik, J., Valentova, J., 2004, Antiradical activity of different copper(II) Schiff base complexes and their effect on alloxan-induced diabetes, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 18*, 155-161.

Yağmur, B., Hakerlerler, H ve Kılınç, R., 2003, Gübreler ve İnsan Sağlığı, *Çiftçi Dergisi*, sayı:2.

Yang, X.J., Fane, A.G.,1997, Effect of membrane preparation on the lifetime of supported liquid membranes, *J. Membr. Sci.*, 133 (2), 269–273.

Yang, X.J., Fane, A.G., Bi, J., Griesser, H.J., 2000, Stabilization of supported liquid membranes by plasma polymerization surface coating, *J. Membr. Sci.*, 168 (1/2), 29–37.

Yang, G., Han, H., Du, C., Luo, Z., Wang, Y., 2010, Facile synthesis of melamine based porous polymer networks and their application for removal of aqueous mercury ions, *Polymer* ,51, 6193-6202.

Yıldırım Uçan, S., 2002, İmino oksimli Schiff bazlarının sentezi ve geçiş metal komplekslerinin sentezi, Doktora Tezi, *Niğde Üniversitesi*, 5-30.

Yildiz, M., Kilic, Z., Hokelek, T., 1998, Intramolecular hydrogen bonding and tautomerism in Schiff bases. Part 1. Structure of 1,8-di[N-2-oxyphenyl-salicylidene]-3,6-dioxaoctane, *Journal of Molecular Structure* 441, 1-10.

Yıldız, N., 2004, Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller, ZT-531, Yüksek Lisans Ders Notları, Erzurum.

Yılmaz, A., 2011, Dietilditiyokarbamet ile membran hazırlama ve metal taşıma için kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Yoshihiro, K., Usami, J., Katsuta, S., Takeda, Y., 2003, Solvent extraction of permanganates (Na, K) by 18-crown-6 ether from water into 1,2-dichloroethane: elucidation of an extraction equilibrium based on component equilibria, *Talanta*, 59, 1213-1218.

Zeki, Ö., 2012, Dimetil Tereftalat Üretim Endüstrisi Atıksularından Asetik Asitin İyon Değiştirme Yöntemiyle Gideriminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.

Zheljazkov, V.D. and Nielsen, N.E., 1996, Effect of Heavy Metals on Peppermint and Commint, *Plant and Soil*, 178 (1): 59-66.

Wan, Y., Zhang, X., 2002, Swelling Determination of W/O/W Emulsion Liquid Membranes, *Journal of Membrane Science*, 196, 185-201.

Wehiua, P., 2003, Study on The Effect of Multiple Factors on RO and NF Membranes Performance and Rejection Efficiency, Thesis of Doctorate.

Wong, F.S., Qin, J.J., Wai, M.N., Lim, A.L., Adiga, M., 2002, A Pilot Study on a Membrane Process for the Treatment and Recycling of Spent Final Rinse Water from Electrolysis Plating, *Separation and Purification Technology*, 29:41-51.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Lütfiye TAYLAK
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Sarayönü 13.01.1989
Telefon : 05374920903
Faks :
e-mail : lutfiye.taylak@gmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	Selçuklu Lisesi, Selçuklu, Konya	2006
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Selçuklu,Konya	2012
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Selçuklu, Konya	Devam ediyor
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Taylak, L., Arslan, R.B., Arslaner, C., Koç, Z.E.,Arslan, G., "s- Triazin Schiff Bazı Membran Hazırlanması ve Cd (II) İyon Taşıma için Kullanılması", 7. Ulusal Analitik Kimya Kongresi, **poster sunum**, 01-05.09.2014, P138, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.