



SIVI MEMBRANLARIN MEKANİZMASI VE UYGULAMA ALANLARI

Filiz Nuran ACAR*, Emine MALKOÇ**

*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 25240/Erzurum

**Atatürk Üniversitesi, Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü, 25240/Erzurum

Geliş Tarihi : 28.11.2000

ÖZET

Son yıllarda atıksuların arıtılmasının yanında, kaynakta atık maddeleri geri kazanma işlemleri üzerinde önemle durulmaya başlanmıştır. Özellikle batılı ülkelerde çevre koruma tedbirleri yoğunlaştırılarak ağır metaller gibi tehlikeli maddelerin geri kazanımında yarıgeçirgen membranların kullanılmasında önemli gelişmeler olmuştur. Ultrafiltrasyon, mikrofiltrasyon, elektrodializ gibi polimerik membran sistemlerle birlikte sıvı membranlar ile de atıksu arıtımı gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda sıvı membranlar hidrometalurjide metal iyonlarının ayrılmasında da kullanılmaktadır. Sıvı membranlar biyoteknolojide, medikal alanlarda, gaz ayırma işlemlerinde kullanım alanlarına sahiptir.

Anahtar Kelimeler : Atıksu arıtımı, Sıvı membranlar, Ayırma teknolojisi, Taşınım mekanizması

MECHANISM OF LIQUID MEMBRANES AND APPLICATIONS

SUMMARY

It has been considerably studied on the recycling of waste materials in the source besides of wastewater treatment in the last years. It has been important developments on the using of semiconductor membranes in the recycling of toxic materials such as heavy metals, intensifying the environment protection measures especially in the west countries. Wastewater treatment has been achieved with liquid membranes as it has been achieved with polymeric membrane systems such as ultrafiltration, microfiltration, electrodialysis. At the same time, liquid membranes are used for removal of metal ions in hydrometallurgy. Liquid membranes are also used in biotechnology, medical areas and gas separation process.

Key Words : Wastewater treatment, Liquid membranes, Separation technology, Transport mechanism

1. GİRİŞ

Dünyamız evsel atıksuların yanısıra sanayi devriminden sonra ve özellikle günümüzde endüstriyel faaliyetlerin hızlı artışı sonucu yoğun bir kirliliğe maruz kalmaktadır. Evsel atıksuların alıcı ortamlarda oluşturabileceği ekolojik sorunlar bu atıksuların arıtılmasıyla büyük oranlarda ortadan kalkmaktadır. Ancak endüstriyel atıksular tehlikeli boyutta çevre sorunları oluşturmaktadır.

Teknolojinin sürekli gelişmesiyle birlikte, yeni sentezlenen maddelerin çeşitliliği de gün geçtikçe artmaktadır. Üretimin çeşitli kademelerinde, çoğunlukla toksik içerikli olan katı, sıvı ve gaz atıklar oluşmaktadır. Evsel atıksulara ilaveten yüksek kirlilik konsantrasyonlarına sahip endüstriyel atıksuların alıcı ortamlara deşarjı çevre sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir.

Ağır metaller, biyolojik olarak zor parçalanan organik maddeler biyolojik arıtma kademelerinde

yüksek arıtma verimleriyle artılamamaktadırlar. Yeterince artılmadan alıcı ortama verilen sular, içme suyu kaynakları için büyük tehlike arz etmektedirler. Bu nedenle son yıllarda atık maddelerin geri kazanılmasını da hedefleyen yeni ileri arıtma teknolojileri geliştirilmeye ve uygulanmaya başlanmıştır.

Bu ileri arıtma yöntemlerinden biri de membran proseslerdir. Membranlar moleküler karışımların ayrılması için kullanılan ayırma prosesi olarak ifade edilebilirler. İki faz arasında seçicilik yapan bir ayıraç olarak da tanımlanabilirler (Winston and Sirkar, 1992).

Her bir membran prosesi özel bir ayırma işlemini gerçekleştirecek bir membranın kullanılmasıyla belirtilir. Membran; membran ile membrandan geçen bileşenler arasındaki fiziksel ve/veya kimyasal özelliklerden kaynaklanan farklılıklar nedeniyle bir bileşeni ötekilerden çok daha kolay bir şekilde membranın öteki tarafına aktarma özelliği gösteren bir yapıdır.

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 (Winston and Sirkar, 1992). Membran ya homojen yada heterojen yapıda olup; katı, sıvı ve gaz formda olabilir.

Gaz / Katı Membran / Gaz (Gaz ayırma)
Sıvı/Katı Membran / Gaz (Buhar) (Pervaporasyon)
Sıvı / Katı Membran / Karışabilir Sıvı (Dializ, Elektrodializ, Tersosmoz, Ultrafiltrasyon, Mikrofiltrasyon)

Sıvı membranlarda, diğer fazlar gaz veya sıvıdan oluşabilir.

Gaz / Sıvı Membran / Gaz
Gaz / Sıvı Membran / Sıvı
Sıvı / Sıvı Membran / Gaz
Sıvı / Sıvı Membran / Sıvı

Sıvı membranlar ilk defa 1968'de Li tarafından bulunmuştur (Winston and Sirkar, 1992; Schulz, 1988; Pautenbach and Albrecht, 1989). İlk ticari uygulamaları 1968 yılında Avusturya Lenzing'te atıksulardan çinko giderimi ve 1988'de Çin'de Nancung Plastic Factory'de fenol giderimidir.

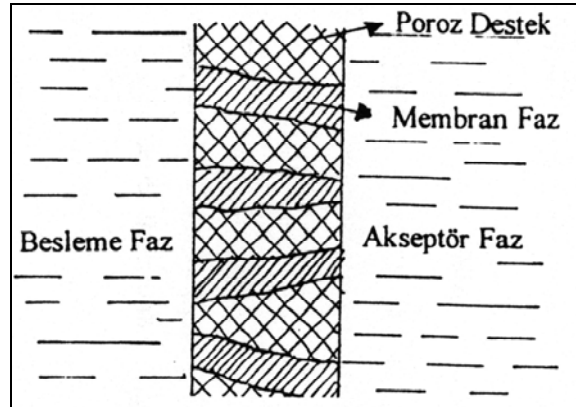
2. SIVI MEMBRAN TIPLERİ

Sıvı membranlar genel olarak iki gruba ayrılırlar.

- İmmobilize polimer destekli sıvı membranlar
- Emülsiyon tipi sıvı membranlar

2. 1. İmmobilize Polimer Destekli Sıvı Membranlar

Boşluklu bir membranın, boşluklarında sıvı filmin sabitlendiği membranlardır. Şekil 1'de gösterildiği gibi, destekli sıvı membranlar olarak da tanımlanan bu tip membranlar uygun bir organik çözücünün hidrofobik boşluklu bir membrana yerleştirilmesiyle hazırlanır (Noble and Way, 1987; Mulder, 1991). Boşluklu membran sıvı film için sadece destekleyici bir tabakadır (Mulder, 1991). Bu tip membranlar yüksek porozite, küçük boşluk çapı, ince tabaka, hidrofobik materyal, dayanıklı kimyasal polimer özelliklere sahip olmalıdır.



Şekil 1. İmmobilize polimer destekli membranlar

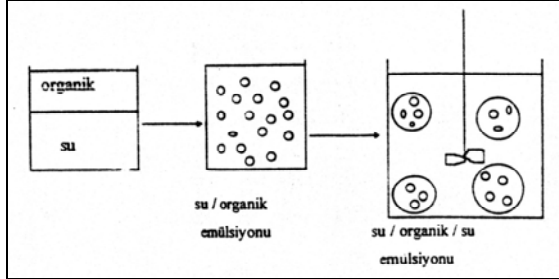
Polimerik membranların düz tabaka, hollow fiber gibi modülleri mevcuttur (Winston and Sirkar, 1992; Schulz, 1988). Atıksulardan Cu(II), Cr(VI), Hg(II) giderimi ve geri kazanımı Guha et al., (1997), polypropylen film desteği ile Co(II) taşınımı Chaudry et al., (1990), mikroporoz PVDF film desteğiyle Cu(II); Co(II), Ni(II), Zn(II) taşınım mekanizması Huang and Juang, (1988), Cr(III), Cr(VI) ve Cd(II) 'un geri kazanılmasında çözücülerin etkisi üzerine Molinari et al., (1989) çalışmaları yapmışlardır. Yine Cd(II) giderimi ve Zn (II) giderimi için sırasıyla polipropilen ve PDVI kullanılan sıvı membran çalışmaları mevcuttur (Saito, 1991; Huang and Juang, 1987).

2. 2. Emülsiyon Tipi Sıvı Membranlar

Emülsiyon sıvı membranlar Şekil 2'de gösterildiği gibi birbirleriyle karışmayan iki sıvının emülsiyon hale getirilmesi ve bu fazın üçüncü bir fazda (sürekli faz) dağıtılması suretiyle oluşturulurlar. Emülsiyon sıvı membranları oluşturan fazlar;

- Besleme fazı (donor = sürekli = atıksu = external)
- Rejenere faz (kabul = akseptör = stripping = internal)

Membran faz'dır.



Şekil 2. Emülsiyon sıvı membranlar

Besleme fazı giderilmesi veya ayrılması istenilen maddeleri içerir. Rejenere faz ise sürekli fazda bulunan giderilmesi istenen maddenin yapısına göre farklı reaktiflerin olduğu bir fazdır. Örneğin anyon giderilecekse bazik, katyon giderilecekse asidik karaktere sahip olmalıdır.

Burada genellikle sürekli faz ve kabul fazı birbiriyle karışabilen, membran faz bunlarla karışmayan yapıdadır. Emülsiyon ya su içinde organik, yada organik içinde sudur. Eğer sürekli faz su ise **su / organik / su** veya **organik / su** emülsiyon, sürekli faz organik ise **organik / su / organik** veya **su / organik** emülsiyonu sözkonusudur (Frankenfeld and Li, 1987).

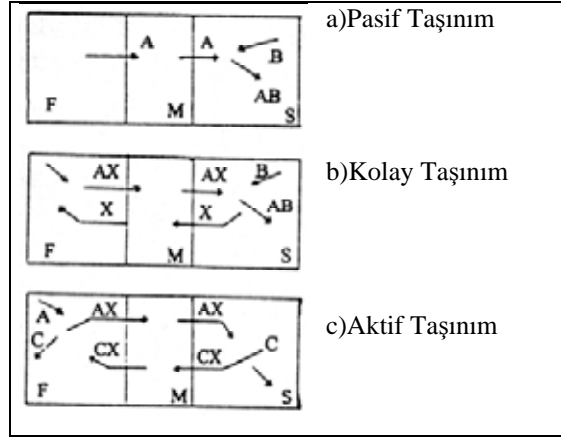
Emülsiyon sıvı membranlarla ilgili birçok çalışma vardır. Bu yöntemle, kromat iyonlarının geri kazanımı ve ekstraksiyonu (Izatt et al., 1983; Salazar et al., 1990; Salazar et al., 1991; Salazar et al., 1992), krom, civa, kadmiyum, bakır ve amonyak karışımından oluşan bu maddelerin giderilmesi (Kitagawa et al., 1977) incelenmiştir. Civa-potasyum, civa-kadmiyum, civa-stronsiyum, civa-gümüş, civa-kurşun karışımlarının giderimi (Izatt et al., 1986) ve çinko-kadmiyum-nikel karışımının ekstraksiyonu (Shiau and Jung, 1993) ile atıksulardan asetik asit giderilmiştir. Sodyum (Ma and Shi, 1987), kobalt ve nikel (Kakoi et al., 1995), bakır giderimi ve modellenmesi (Teramoto et al., 1983), krom (VI) ekstraksiyonu (Ma and Shi, 1987) için çalışmalar yapılmıştır.

3. TAŞINIM MEKANİZMASI

Komponentlerin sürekli fazdan difüze oldukları fazın kapasitesini arttırmak ve membran faz

içerisindeki kütle akışını maksimum hale getirmek için bazı literatürlerde iki (Chaudry et al., 1990; Uragami, 1992), bazı literatürlerde üç (Reusch and Cussler, 1973; Mulder, 1991; Uragami, 1992) çeşit taşınım mekanizması belirtilmektedir. Bu mekanizmalar;

Pasif taşınım,
Kolay taşınım,
Çift yönlü kolay taşınım şeklindedir.



Şekil 3. Taşınım mekanizmaları

3. 1. Pasif (Difüze) Taşınım

Bu mekanizmada taşıyıcı madde kullanılmaz. Şekil 3a'da görüldüğü gibi A maddesi karşı tarafa difüzyonla taşınır. Reaksiyon geri dönüşümsüzdür. $A+B = AB$ şeklinde bir reaksiyon oluşur. Difüze olan bileşenin rejenere fazdaki konsantrasyonunu minimuma indirmek için kullanılır. Bu durumda sürekli faz içerisindeki bileşen membran faz içerisinde çözünür ve çözülmüş halde membran boyunca difüze olarak rejenere faza girer. Rejenere faz içerisindeki reaktif ile reaksiyon sonucunda membranda çözünmeyen ve membrandan geriye difüze olamayan bir ürün oluşur. Bu suretle membran boyunca olan konsantrasyon gradiyenti korunur. Bu tip taşınım mekanizması fenoller, aminler yada antibiyotiklerin ayrılmasında kullanılır. Mesela, atıksulardan fenolün ayrılması işleminde rejenere fazı oluşturan NaOH, emülsiyon damlacıkları içerisinde reaktif olarak tutuklanır ve fenol ile reaksiyona girerek sodyum fenolat oluşur. Fenol organik tipi sıvı membran içinde çözünerek difüze olur. Ancak sodyum fenolat bu membranda çözünmez ve bu nedenle de artılmakta olan sulu faza geri dönemeyiz. Bu tip mekanizma fenol giderimi için daha detaylı olarak Şekil 4'de gösterilmiştir.

Taşıyıcı maddeler anyon değiştirici, katyon değiştirici ve bileşik yapıdaki taşıyıcılar olarak üç çeşitir.

Taşıyıcıların çeşitleri ve tipik taşıyıcı örnekleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Taşıyıcı Madde Tipleri

	Hareketli Taşıyıcı	Tipik Örnekler
Katyon Değiştirici Taşıyıcılar	Asidik ester fosfatlar	
	-Asidik monoester fosfat	Oktilfenilfosforik asit
	-Asidik diester fosfat	D2EHPA
	şelat maddeler	
	-Oksin	Kelex 100
	-β-diketon	LIX 54
	-Hidroksim	LIX 65, LIX 70
	-Dioksim	Dimetil glioksim
	-Sülfoamidoquiolin	LIX 34
	Digerleri	
-Karboksil asit	Monensin, Stearik asit	
-Sülfonik asit	Dinoylnaftilsülfonik asit	
Anyon Değiştirici Taşıyıcılar	Birincil aminler	Primene JTM
	İkincil aminler	Amberlite LA-1
	Üçüncül aminler	Alamin 336
	Quaternar amonyum tuzları	Aliquat 336
Bileşik Yapıdaki Taşıyıcılar	Nötral ester fosfatlar	
	-Nötral ester fosfat	Tribütilfosfat
	-Nötral ester fosfonat	Dibütilfosfat
	-Fosfinoksit	Trioktilfosfinoksit
	Eterler	
	-Taç eterler	18- crown – 6 dibenzo-18-crown-6 dicyclohexyl-24- crown-8

5. UYGULAMA ALANLARI

Sıvı membran tekniği çeşitli alanlarda uygulanabilmektedir (Schulz, 1988; Uragami, 1992).

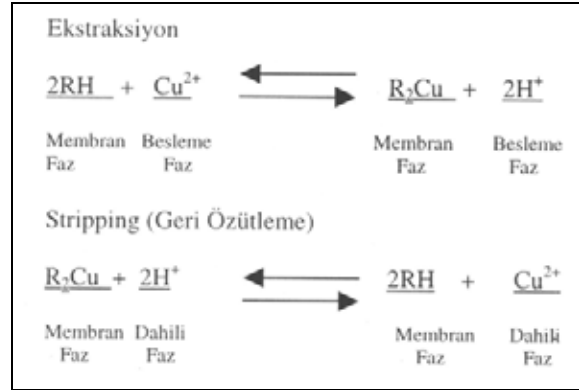
Bunlar;

- Hidrometalurji,
- Kimyasal endüstri atıksularının arıtımı,
- Gaz ayırma,
- Biyokimyasal ve biyomedikal uygulamalardır.

5. 1. Hidrometalurji Uygulamaları

Sıvı membranların hidrometalurjide kullanılması genellikle asit liç çözeltilisinden bakırın ayrılması üzerinedir. Uygun taşıyıcı maddeler kullanılarak bakır, ortamdan ekstrakte edilerek dahili fazda geri kazanılmış ve zenginleştirilmiş olur (Frankenfeld and Li, 1987).

Bakırın ekstraksiyonunun kimyası aşağıdaki gibidir:



Yapılan bir çalışmada laboratuvar şartlarında sentetik olarak hazırlanan konsantre sudan 10 dakikada bakırın % 99’u ekstrakte edilmiştir (Frankenfeld and Li, 1987).

Çalışmaya ait sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Sıvı Membranlar İle Sentetik Maden Ocağı Suyundan Bakırın Ekstraksiyonu

Çalışma Süresi (dk)	Besleme Fazı (g/l)	Dahili Faz(g/l)	Ekstraksiyon (%)
0	2.00	---	---
2	0.61	9.3	70
4	0.30	11.4	85
6	0.20	12.1	90
10	0.03	13.2	99

Fox ve Haywort yapmış oldukları çalışmalarda; sıvı membran tekniği ile fosforik asitli proseslerden uranyumu geri kazanmışlardır. Bu işlem için yaygın olarak kullanılan taşıyıcı maddeler D2EHPA ve trioktilfosfinoksit (TOPO) olup çözücü organik madde kerosendir (Frankenfeld and Li, 1987).

Fuller ve Li’nin çalışmasında, soğutma kulesi deşarj sularında üç ve altı değerlikli krom ve çinko ayrılmıştır. En iyi geri özütleme (stripping) reaktifi NaOH ile NaCl karışımı ve en uygun taşıyıcı da Aliquat 336 olarak bulunmuştur. Bu iyonların sıvı membranlarla giderimi Tablo 4’de verilmiştir (Frankenfeld and Li, 1987).

Tablo 4. Krom ve Çinko İçeren Soğutma Kulesi Deşarj Sularının Sıvı Membranlar İle Ayrılması

Besleme Akımındaki Metaller	Besleme Akımı (ppm)	Ürün (ppm)	
		Hedef ^a Edilen	Elde Edilen
Toplam Krom	18.65	0.25	0.030
Cr ⁶⁺	14.00	0.05	0.030
Zn	4.63	1.00	0.005
pH	6.50	6.0-9.0	11.3

^aEPA Standartları

5. 2. Kimyasal Endüstri Atıksularının Arıtımı

Kitagawa et al., (1977), endüstriyel atıksulardan sıvı membran proses ile NH_4^+ , Cr^{6+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} iyonlarının giderilmesine yönelik çalışma yapmışlardır. Çalışma kesikli ve iki aşamalı sürekli akışlı pilot sistemlerde gerçekleştirilmiştir. Kesikli deneylerde, NH_4^+ gideriminde rejenera fazda HCl ve H_2SO_4 çözeltileri kullanılmıştır. NH_4^+ konsantrasyonu 20 dakika çalışma süresinde 50 ppm'den 0.37 ppm'e düşmüştür. Yine kesikli çalışmalarda yaklaşık 10 dakika çalışma süresinde Cr^{6+} 'un 400 ppm'den, Hg^{2+} 'nın 1100 ppm'den, Cu^{2+} ve Cd^{2+} 'un 50 ppm'den 1 ppm'in altına düştüğü gözlenmiştir (Kitagawa et al., 1977).

İki aşamalı sürekli akışlı pilot tesis çalışmasında Cr^{6+} giderimine ait sonuçlar aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 5. İki Kademeli Pilot Tesiste Cr^{6+} 'nın Giderimi (Kitagawa et al., 1977)

Test No			
	1	2	3
Sıvı Membran Emülsiyon			
- Membran (A)			
- Rejenere faz solüsyonu(B)	%10 NaOH	%20 NaOH	%20 NaOH
- B / A	1/2	1/2	1/2
Akış Hızı ml /dk			
- Atıksu	300	300	300
- Emülsiyon	280	105	0,64
Arıtma Oranı	1 / 4,85	1 / 4,85	1 / 3,40
Karıştırma Hızı (rpm)			
	200	200	300
Cr^{6+} Konsantrasyonu(ppm)			
- Çıkış suyunda	1	1	1
- Emülsiyonda	35800	108000	182000

Viskoz atıksularda karıştırmalı ve akımla çalışan bir kolonda çinkonun ayrılması 228 kat bir zenginleştirme ile elde edilmiştir. Besleme akımındaki 200 ppm çinko, içteki dahili fazda 45600 ppm çinko derişimine tek bir kademede zenginleştirilmiştir (Frankenfeld and Li, 1987).

Atıksulardan birtakım anyon ve kationların giderilmeleri ile ilgili çalışmalarda taşınım mekanizmaları, kullanılan taşıyıcı madde ve dahili fazın özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tablo 6 Frankenfeld ve Li'nin konu ile ilgili derlemesinden alınmıştır.

Tablo 6. Sıvı Membranlar İle Atıksuların Temizlenmesi (Frankenfeld and Li, 1987)

Giderilen Madde	Taşınım Mekaniz	Taşıyıcı	Dahili Faz
Fenol ve asitler	Difüze	-----	Baz
Amonyak	Difüze	-----	Asit
Fosfat	Kolay taşınım	Aminler	Ca^{2+}
Kromat	Kolay taşınım	Aminler yada tuzlar	Asit yada Baz
Bakır	Kolay taşınım	LIX	Asit
Civa	Kolay taşınım	LIX	Asit
Kadmiyum	Kolay taşınım	LIX	EDTA
Nitrat ve Nitritler	Kolay taşınım	Aminler	Biyolojik

5. 3. Gaz Ayırma

Kolay taşınım mekanizması ile gaz ayırma işlemleri, sıvı membran tekniği ile gerçekleştirilebilmektedir. Azotun oksijenin ayrılması, doğal gazlardan H_2S giderimi, atık gazlardan NH_3 , NO_x , SO_2 giderimi uygulamalar arasındadır. Aynı zamanda organik karışımların ayrılması işlemleri de yapılabilmektedir. Örneğin, benzen / heksan gibi alifatik /aromatik hidrokarbonların ayrılması gerçekleştirilmektedir (Pautenbach, and Albrecht, 1989).

5. 4. Biyokimyasal ve Biyomedikal Uygulamalar

Sıvı membranlar özellikle biyokimyasal ve biyomedikal uygulamalar için uygundur. Hazırlanmasının kolay olması, uzun ömürlü olması ve düşük toksisite içermeleri bu yöntemin avantajları arasındadır.

Sıvı membranların kanın oksitlenmesinde, kronik üreminin tedavisinde, yüksek dozda alınan ilacın ilk tedavisinde kullanılabileceği de yapılan araştırmalar sonucu ortaya konmuştur. Rhodes ve arkadaşları yüksek dozda ilaç alımının ilk tedavisi için sıvı membranları kullanmışlardır (Frankenfeld and Li, 1987).

Sıvı membranlar bu amaç için kusturucu ilaçların kullanılması veya peritoneal diyaliz gibi kullanılan tekniklere karşı bazı potansiyel avantajlara sahiptir. Bu avantajlar sıvı membranların kolay hazırlanması ve uygulanması, potansiyel olarak istenilen sonucu iyi vermesi ve direnci düşük hastalarda kullanılabilmesi olarak sıralanabilir. Genel olarak kullanılan teknik, ilaçlar fenolün davranışından çok farklı olmayan organik asitler olduğu için, atıksulardan asitlerin ve fenollerin ayrılmasında kullanılan teknikle aynıdır. Yakalayıcı ajan varlığında ilaç yüksek miktarda uzaklaştırılabilmektedir.

Halwachs ve arkadaşları, sıvı membran sistemlerini karaciğerdeki kandan fenolik toksinlerin ayrılması için kullanmışlardır. Ayırma tekniği üridindifosfoglukuronik asit (UDPGA), üridindifosfoglukuronil-transferaz (UDPGT) ve enzimlerin sulu solüsyonundan meydana gelen, yakalayıcı ajan dışında atıksulardan fenolün ayrılmasıyla benzerdir (Frankenfeld and Li, 1987).

Davis, Asher ve Wallace'de son zamanlarda yapay kan hücreleri hazırlamak için sıvı membranlar model olarak kullanmışlardır (Frankenfeld and Li, 1987).

6. EKONOMİSİ

Sıvı membran prosesleri kolay uygulamaları ve düşük işletme maliyetlerinden dolayı ucuz ayırma teknikleri arasındadır. Enerji tüketimi düşüktür ve membran uygun seçildiği takdirde organik sıvı madde kaybı önemsenmeyecek kadar düşüktür. Hidrometalurjiden ilaç sanayine kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Sıvı membran prosesleri ekonomik ve teknik bakımdan diğer arıtma prosesleri ile karşılaştırıldığında daha avantajlıdır.

Tablo 7. Sıvı Membranların Ekonomik Karşılaştırması (Frankenfeld and Li, 1987)

Madde Giderimi ve Kazanımı	Maliyet	Sıvı Membran	Diğer Proses	
			Tipi	Maliyeti
Fenol Giderimi	\$/10 ⁴ gal	1.6	Biyolojik	1.6-2.6
Bakır Geri Kazanımı	Yatırım \$*10 ⁶	8.0	Solvent ekstraksiyonu	5.2
Uranyum Geri Kazanımı	Yatırım \$*10 ⁶	27.4	Solvent ekstraksiyonu	13.0
			Solvent ekstraksiyonu	28-33.4

Tablo 7'de bazı ayırma prosesleri ile sıvı membran proseslerin ekonomik açıdan karşılaştırılması verilmiştir (Frankenfeld and Li, 1987).

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sıvı membran sistemler çevreye duyarlı teknolojiler kapsamındadır. Çevreye duyarlı teknolojiler atık maddeleri yeniden kazanabilen, çevreyi daha az kirlüten, 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 rejenerasyonundan 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 yanısıra arıtmadan çıkacak çamur miktarının azaltılması, çıkış suyundaki kirlenici derişimleri açısından deşarj standartlarına uygun sonuçların elde edilmesi gibi avantajları mevcuttur. Klasik arıtma sistemlerinde temel amaç sudan istenmeyen maddelerin elemine etmektir. Bu yöntemlerde, kirlenici maddeler sadece sudan ayrılırken, başka formlarda yeni atıklar üretilmektedir. Mesela;

kimyasal çöktürme işlemlerinde atıksudaki askıda katı maddeler, fosfat, bazı ağır metaller gibi kirlenicilerin sudan uzaklaştırılmaları için kireç, alüminyum ve demir tuzları gibi koagülantlar ilave edilir. Bu işlem sonucunda kirleniciler sudan ayrılmış olur ancak çöktürde toplanan kirlenici madde ve koagülant karışımı bertaraf edilmesi gereken arıtma çamurlarıdır. İlave edilen koagülantlar ve ek bir arıtma ihtiyacının olması, örneğin çamur suyunun alınması gibi, fazla maliyeti de beraberinde getirmektedir.

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.

Ülkemizde henüz uygulamaları olmayan bu teknolojiler üzerinde üniversitelerde yapılan bilimsel çalışmalar mevcuttur.

Bu sistemler sadece atıksu arıtımında değil, günümüzde özellikle yüksek tenörlü cevherlerin azalması ve dolayısıyla daha karmaşık yapıdaki cevherleşmelerin pirometalurjik yöntemlerle eldesinde güçlükler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle son yıllarda araştırmacılar hidrometalurjik tekniklerle cevherlerdeki maddeleri ayırmaya yönelmişlerdir.

Sıvı membran prosesler sadece atıksu arıtımında değil metalurjiden, biyokimyasal ve medikal alanlara kadar geniş bir uygulama perspektifine sahip geliştirilmekte olan bir tekniktir.

6. KAYNAKLAR

- Chaudry, M. A., Malik, M. T., Ali, A. 1990. Transport of Co (II) Ions Through Di (2- ethylhexyl) Phosphoric Acid – CCl₄ Supported Liquid Membranes, Separation Science and Technology, 25, 11 and 12, 1161-1174
- Cussler, E. L., Rutherford, A., B Hown, A. 1989. On The Limits Of Facilitated Diffusion, Journal Of Membrane Science, (43), 149-164.
- Frankenfeld, J. W., Li, N. N. 1987. Handbook of Separation Process Technology, Editör R. W. Rousseau John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Guha, A. K., Yun, C. H., Basu, R., Sirkar, K. K., 1997. Heavy Metal Removal and Recovery By Contained Liquid Membran Permeator, AIChE Journal, 40, 1223-1237
- Huang, T. C., Juang, R. S. 1987. Transport of Zinc Through A Supported Liquid Membrane Using Di (2- ethylhexyl) Phosphoric Acid as a Mobile Carrier, Journal of Membrane Science, 31, 209-226.
- Huang, T. C., Juang, R. S. 1988. Rate and Mechanism of Divalent Metal Transport Through Supported Liquid Membrane Containing Di (2- ethylhexyl) Phosphoric Acid as a Mobile Carrier, J. Chem. Tech. Biotechnol., 42, 3-17.
- Izatt, R. M., Deardean, D. V., McBride, D. W., Oscarson, J. L., Lamb, J. D., Christensen, J. J. 1983. Metal Separations Using Emulsion Liquid Membranes, Separation Science and Technology, 18, 12 and 13, 1113-1129.
- Izatt, R. M., Jones, M. B., Lamb, J. D., Bradshaw, J. S., Christensen, J. J. 1986. Macrocyclic-Mediated Cation Transport From Binary Hg²⁺ - Mⁿ⁺ Mixtures In A 1 M HNO₃ – CHCl₃ – 1 M HNO₃ Liquid Membrane System, J. Of Membrane Science, 26, 241-256.
- Kakoi, T., Goto, T., Sugimoto, K., Nakashio, F. 1995. Separation of Cobalt and Nickel With Phenylphosphoric Acid Mono –4- tert- octylphenyl Ester by Liquid Surfactant Membranes, Separation Science and Technology, 30 (4), 637-657.
- Kitawaga, T., Nishikawa, Y., Frankenfeld, J. W., Li, N. N. 1977. Wastewater Treatment By Liquid Membrane Process, Environmental Science & Technology, 11 (6), 602-605.
- Ma, X. S., Shi, Y. J. 1987. Study of Operating Condition Affecting Mass Transfer Rate In Liquid Surfactant Membrane Process, Separation Science and Technology, 22, 2 and 8, 819-829
- Molinari, R., Drioli, E., Pantano, G. 1989. Stability and Effect of Diluents in Supported Liquid Membranes for Cr(III), Cr(VI) and Cd(II) Recovery, Separation Science and Technology, 24, 12 and 13, 1015-1032.
- Mulder, M. 1991. Basic Principles of Membrane Technology, Chapman and Hall.
- Noble, R. D., Way, J. D. 1987. Liquid Membranes: Theory and Applications, Acs Symp., Seri No: 347, American Chemical Society, Washington.
- Pautenbach, R., Albrecht, R. 1989. Membrane Processes, Translated by V. Cottrell, John Wiley, New York.
- Reusch, C. F., Cussler, E. L. 1973. Selective Membrane Transport, AIChE Journal, 19 (4), 736-741.
- Saito, T. 1991. Transport of Cadmium (II) Ion Through a Supported Liquid Membrane Containing a Bathocuproine, Separation Science and Technology, 26, 12, 1495-1506
- Salazar, E., Ortiz, M.I., Irabien, A. 1990. Recovery of Cr (VI) With Emulsion Liquid Membranes in Mechanically Stirred Contactors, Influence of Membrane Composition on The Yield Extraction, I. Chem. E. Syposium Series, 119, 279-288.
- Salazar, E., Ortiz, M. I., Irabien, A. 1991. Recovery of Cr (VI) With Emulsion Liquid Membranes In Mechanically Stirred Contactors, Chemistry For the Protection of the Environment, Editör L. Pawlowski, Pienum Press, New York.
- Salazar, E., Ortiz, M.I., Irabien, A. 1992. Membran Behavior in Chromate Recovery Using Emulsion Liquid Membranes, Solvent Extraction, Editör T. Sekine, Elsevier.

Schulz , G. 1988. Separation Techniques With Supported Liquid Membranes, Desalination, (68), 191-202.

Shiau, C.Y., Jung, S. W. 1993. Selective Extraction of Metal Ions Through Liquid Surfactant Membranes, J. Chem. Biotechnol., (56), 27-33.

Teramoto, M., Sakai, T., Yanagwa, K., Ohsuga, M., Miyake, Y. 1983. Modeling of the Permeation

of Copper Through Liquid Surfactant Membranes, Separation Science and Technology, 18 8, 735-764.

Uragami, T. 1992. Membran Science and Technology, Editör Y. Osad, T. Nakagawa, First Edition, Marcel Dekker Inc., New York.

Winston, H. W. S., Sirkar, K. K. 1992. Membran Handbook, Editör, H. W. S. Winston, K. K. Sirkar, First Edition, Chapman and Hall, USA.