



## Zeolitler ve Kullanım Alanları

Jale Gülen\*, Fatih Zorbay, Sabri Arslan

Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 34210, Davutpaşa-İstanbul

### Özet

Zeolitler alüminyum ve silis içeren minerallerin çeşitli reaksiyonları sonucu oluşmuştur. Son yıllarda kullanımı hızla artan zeolitler önemli endüstriyel hammaddeler arasındadırlar. İyon değişimi ve adsorpsiyon yapabilme özelliklerinin yanı sıra katalizör olarak da kullanılabilmeleri zeolitlerin değerini daha da arttırmaktadır. Zeolitler, enerji, tarım ve hayvancılık, madencilik ve metalurji, inşaat, deterjan, kâğıt sanayi, vs. gibi çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada zeolitlerin tanımı, oluşumu ve kullanım alanları açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Adsorban, Adsorpsiyon, Zeolit

## Zeolites and Usage Areas

### Abstract

Zeolites are formed via several reactions from the minerals that consist of aluminium and silica. Zeolites, which have a growing significance in recent days are one of important industrial raw materials. As well as being used as a catalyst, their ability to do ion exchange and adsorption make them even more valuable. Zeolites are used in several industries such as energy, agriculture and animal husbandry, mining and metallurgy, construction, detergent, paper, etc.

In this study, the definition, formation and usage areas of zeolites are explained.

**Keywords:** Adsorbent, Adsorption, Zeolite

## 1. Giriş

Zeolitler, yaygın kullanım alanlarının varlığı ve büyük pazar potansiyeline rağmen birçok pazar alanında daha yeni yeni kabul görmeye başlamıştır. Doğal zeolitlerin, tabiatta büyük rezervler halinde bulunup, işletilmesi diğer madenlere göre daha kolay ve ucuzdur. Buna rağmen doğal zeolitlerin istenilen saflık ve gözenek çaplarında olmamaları nedeni ile dünya pazarında tam yerini alamamıştır. Bu nedenle yapay zeolitlerin kullanım alanı daha geniştir.

Ülkemiz büyük rezerv potansiyeline sahip olmasına rağmen, tesbit edilen bölgelerin rezervleri, kullanım

alanları ve teknolojik özellikleri tam olarak araştırılmamıştır.

Yaşadığımız dünyada çok çeşitli kullanım alanları bulunan zeolitler sık sık gündeme gelmektedir. Bu nedenle Türkiye'nin bundan yararlanması için zeolit araştırmalarının hızlandırılması gerekmektedir (DPT 1996).

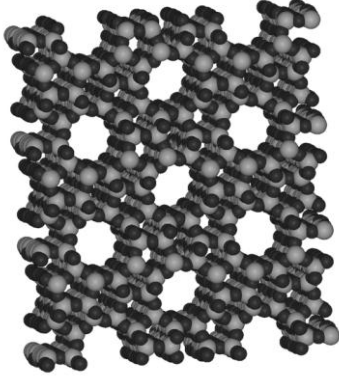
Bu makalede zeolitler hakkında genel bilgiler verilmekte ve bazı uygulama alanlarından bahsedilmektedir.

## 2. Zeolit Tanımı

Zeolitler kafes yapılarında alüminyum, silis ve oksijen, gözeneklerinde ise katyon ve su içeren mikro gözenekli kristal katılardır. Silis ve alüminyum atomları ortak oksijen atomu sayesinde

\*Sorumlu yazarın e-mail adresi: [gulenj@yildiz.edu.tr](mailto:gulenj@yildiz.edu.tr)

birbirlerine tetrahedral olarak bağlanmışlardır (Zeolyst International 2009).



**Şekil 1.** Mikro gözenekli yapısıyla zeolit molekülü (Vikipedi 2009).

"Zeolit" kelime olarak "kaynayan taş" anlamındadır. Isıtıldığında patlayarak dağılması nedeni ile bu isim verilmiştir.

Alkali ve toprak alkali metallerin kristal yapıya sahip sulu alümina silikatları olup çerçeve silikatlar grubundadır. Mineral türü olarak 1750'lerden bu yana bilinmekle beraber kristal yapıları, x-ışınları kırınımı, I.R. absorpsiyonu, nükleer manyetik rezonans, elektron spin rezonans gibi yöntemlerin geliştirilmesi sayesinde ancak 1930'larda çözümlenebilmiştir. İskelet yapılarındaki Si/Al oranlarındaki ve içerdikleri katyon cinsi ve miktarlarındaki bazı farklılıklara rağmen;



genel formülü ile ifade edilebilirler. Burada M<sup>+</sup> bir alkali katyon olup genellikle Na<sup>+</sup> veya K<sup>+</sup>, nadiren de Li<sup>+</sup> olur. M<sup>+2</sup> ise bir toprak alkali katyondur ve genellikle Mg<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup> nadiren de Ba<sup>+2</sup>, Sr<sup>+2</sup> olur (DPT 1996).

### 3. Zeolitlerin Oluşumu

Doğal zeolit yataklarının oluşumu, ortamlarına göre altı grupta toplanmıştır:

- Suyu tuzlu (kapalı) göllerde volkanik malzemenin birikip göl suyu ile reaksiyonu sonucu oluşan yataklar.
- Tatlı veya tuzlu açık göllerde volkanik malzemenin birikip göl suyu ile kimyasal reaksiyonu sonucu oluşan yataklar.
- Kıyıda veya derin denizel ortamda volkanik malzemenin birikip deniz suyu ile reaksiyonu sonucu oluşan yataklar.

d) Düşük ısılı gömülme metamorfizması sonucunda, Al-Si'lu sedimanter ya da volkanik malzemelerden oluşan zeolit yatakları.

e) Hidrotermal ya da sıcak kaynak sularının Al-Si'lu malzemeye etkisi sonucu, bu malzemenin bozulması sonucu oluşan yataklar.

f) Genellikle 2. zaman tortulları arasında görülen ve orijinlerinin volkanik olup olmadığının belirlenemediği, denizel veya gölsel ortamlarda oluşan zeolit yatakları (Köktürk 1995). Çizelge 1'de doğal zeolitlerin oluşumunda sıcaklığın etkisini göstermektedir.

**Çizelge 1.** Doğal zeolitlerin oluşumu. (Köktürk 1995).

Oluşum Tipi	sıcaklık (C°)	Cinsi
Derin Deniz Çökeltileri	4-50	Filipsit, Klinoptilonit, Analsim
Bozunma		Filipsit, Klinoptilonit, Şabazit, Erionit, Mordenit
Alkali ve Tuzlu Göller	20-50	Gismodin Fojasit, Gonaidit, Natrolit, Analsim
Süzülen Yeraltı Suları (bazık tefra)		Holandit
Süzülen Yeraltı Suları (asidik tefra)		Filipsit, Şabazit, Erionit, Mordenit, Tomsonit, Mesolit
Sığ Gömülme Diyajenizi (Düşük Isılı Hidrotermal)	25-100	Skolesit, Holandit, Stilbit
Deniz Gömülme Diyajenizi (Orta Isılı Hidrotermal)	100	Lamonit, Analsim
Düşük Metamorfizma	200	Warakit, Yugovaralit, Analsim
Primer Magmatik		Analsim

#### 3.1 Doğal Zeolitlerin Türkiye ve Dünyadaki Durumu

Dünya üretiminin yaklaşık % 60'ı Küba tarafından gerçekleştirilmektedir. Diğer önemli üreticiler Japonya, ABD, Güney Afrika, Macaristan, Bulgaristan ve İtalya'dır. Dünya zeolit tüketimi yılda 750 000 ton olup, bu tüketimin % 70'i deterjanlarda, % 10 katalizör ve adsorban üretiminde, % 8 desikant (nem çekici) üretiminde, % 12'de diğer alanlardadır (Köktürk, 1995). Türkiye'de Balıkesir, Bigadiç, Manisa, Gördes, Kütahya, İzmir, Bolu, Kapadokya gibi yörelerde zengin zeolit yatakları vardır (Çetinel

1993).

#### 4. Zeolitlerin Kullanım Alanları

Zeolitlerin başlıca fiziksel ve kimyasal özellikleri olan; iyon değişikliği yapabilme adsorbsiyon ve buna bağlı moleküler elek yapısı, silis içeriği, ayrıca tortul zeolitlerde açık renkli olma, hafiflik, küçük kristallerin gözenek yapısı zeolitlerin çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmalarına neden olmuştur. Son yıllarda önemli bir endüstriyel hammadde durumuna gelen doğal zeolitlerin bu özelliklerinden biri veya birinden fazlasının istediği kullanım alanları: kirlilik kontrolü, enerji, tarım-hayvancılık, maden-metalürji ve diğer alanlar olmak üzere 5 ana bölümde toplanabilir (DPT, 2001).

##### 4.1 Kirlilik Kontrolü

Zeolit mineralleri iyon değiştirme ve adsorbsiyon özellikleri nedeniyle kirlilik kontrolünde gittikçe artarak kullanılmaktadır. Bu amaçla sudaki radyoaktif atıkların tutulmasında, atık sularındaki metal iyonlarının ve azot bileşiklerinin tutulmasında, baca gazlarının adsorplanmasında, petrol sızıntılarının temizlenmesinde, çöp depolamada ve oksijen üretiminde zeolitler kullanılmaktadır.

##### 4.2 Enerji

Dünyanın gittikçe büyüyen enerji ihtiyacı; kömür ve petrol yanında nükleer ve güneş enerjisi gibi kullanılan ve aynı zamanda da geliştirilmekte olan değişik kaynaklardan karşılanmaya çalışılmaktadır. Bu kaynakların enerjiye dönüştürülmesi esnasında sentetik ve doğal zeolitlerden faydalanmaktadır. Enerji sektöründe zeolitler kömür gazlaştırmada azotoksit ve hidrokarbonların temizlenmesinde, doğal gaz saflaştırmada karbondioksitin uzaklaştırılmasında, güneş enerjisi üretiminde ısı değiştirici olarak ve petrol ürünleri üretiminde katalizör olarak kullanılmaktadır.

##### 4.3 Tarım ve Hayvancılık

Zeolitli tüfler, gübrelerin kötü kokusunu gidermek içeriğini kontrol etmek ve asit volkanik toprakların pH'nın yükseltilmesi amacıyla uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Doğal zeolitler gübreleme ve toprak hazırlanmasında gübre taşıyıcısı olarak, tarımsal mücadelede ilaç taşıyıcısı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca besicilikte hayvan yemi katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

##### 4.4 Madencilik ve Metalürji

Zeolitler madencilikte, maden yataklarının aranmasında ve metalürjide bazı ağır metallerin tutulmasında kullanılmaktadır.

##### 4.5 Diğer Kullanım Alanları

Yukarıda sayılan alanlar dışında zeolitlerin kağıt sektörü, inşaat sektörü, sağlık sektörü, deterjan sektörü gibi pek çok alanda kullanımı söz konusudur. Zeolitler kağıt üretiminde katkı maddesi olarak, inşaat sektöründe beton katkı maddesi olarak, sağlık sektöründe diş macunu ve ilaç üretiminde, deterjan sektöründe ise fosfatların yerine kullanılmaktadır (DPT 2001).

#### 5. Zeolit Adorban Olarak Kullanılması

##### 5.1 Doğal ve Modifiye Doğal Zeolitlerde Etilen Adsorpsiyonu

Erdoğan (2005)'nin yaptığı bir çalışmada Manisa Gördes, Bigadiç ve Sivas yörelerine ait doğal zeolitlerin ve iyonik formlarının oda sıcaklığında etilen adsorpsiyonları gravimetrik olarak incelenmiş ve kütle değişim grafikleri çizilmiştir. Gördes yöresine ait doğal zeolit hazırlanan altı ayrı iyonik formunun, aktif karbonun, potasyum permanganatın (KMnO<sub>4</sub>) ve söz konusu üç yöreye ait doğal zeolitlerin 2°C'de etilen adsorpsiyonu incelenmiş ve zamana bağlı olarak kapalı ortamdaki etilen konsantrasyonunun değişim miktarına ilişkin grafikler çizilmiştir. Ayrıca doğal zeolitlerin IR spektrumları çekilerek etilen adsorpsiyonu incelenmiştir.

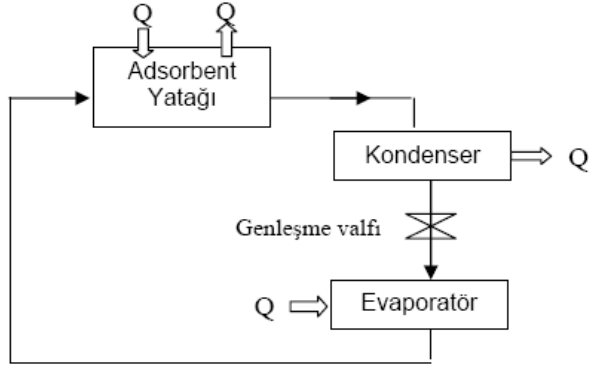
Yapılan deneyler sonucunda, Balıkesir (Bigadiç) yöresine ait doğal zeolit ve hazırlanan K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> iyonik formlarının etilen gazını diğer modifiye zeolitlere ve aktif karbona göre daha iyi adsorpladığı saptanmıştır (Erdoğan 2005).

##### 5.2 Adsorpsiyonlu Isı Pompaları

Adsorpsiyonlu ısı pompası çevrimleri ilk defa Faraday tarafından tanımlanmış (1848), ticari amaçlı soğutucu (veya ısı pompası) teşebbüsü ise 1920'de başlamıştır. Adsorpsiyonlu ısı pompasının çalışma prensibi tamamen adsorpsiyon olayına dayanmaktadır (Demir vd. 2005).

Adsorpsiyonlu ısı pompaları, adsorban, adsorban yatağı, kondenser, evaporatör, genişleme vanası ve adsorbattan oluşmaktadır (Şekil 2). Bu tip pompalar, basit çalışma prensibine sahip olup, termal enerji ile çalışmaktadır. Soğutma periyodunda evaporatörde bulunan adsorbat çevreden ısı çekerek

buharlaşmakta, adsorban yatağında kuru durumda bulunan adsorban tarafından adsorplanmaktadır. Yoğuşma sırasında ise, adsorban yatağına transfer edilen ısı ile adsorbat desorbe edilip, adsorban yatağını terk etmekte ve kondenserde çevreye ısı bırakarak yoğuşmaktadır. Kondenserde yoğuşan adsorbat daha sonra genleşme vanasından geçirilerek evaporatöre aktarılmaktadır (Demir vd. 2005).



Şekil 2. Adsorpsiyonlu ısı pompası. (Demir vd. 2005)

Adsorpsiyonlu ısı pompalarında adsorban olarak zeolitlerin kullanımları yaygındır. Ayrıca silikajel, aktif karbon gibi adsorbanlar da kullanılır. Çizelge 2'de yaygın olarak kullanılan bazı adsorban-adsorbat çiftleri karşılaştırılmaktadır.

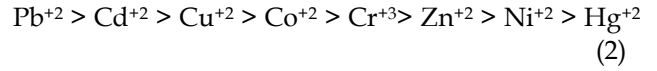
Çizelge 2. Adsorban-adsorbat çiftlerinin karşılaştırılması. (Demir vd. 2005)

Adsorban-Adsorbat çifti	Maksimum Adsorplama kapasitesi (kg/kg)	Adsorpsiyon Isısı (kJ/kg adsorbat)	Çalışma Sıcaklığı(°C)
Su-Zeolit 4A	0.22	4400	0-350
Su-Zeolit 13X	0.30	4400	0-350
Su-Mordenit	0.11	4000	0-250
Su-Silika Jel	0.37	2560	0-150
Metanol-Aktif Karbon	0.32	1400	(-20)-140

### 5.3 Ağır Metal İçeren Atık Su Arıtımında Zeolitler

Atık sulardan kirleticilerin uzaklaştırılmasında adsorpsiyon, yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Özellikle ağır metal gideriminde yüksek verimli olması bakımından tercih edilir bir konumdadır.

Zamzow ve Eichbaum, klinoptilolit kullanarak atık sulardan çeşitli ağır metallerin uzaklaştırılmasını incelemişlerdir. Bu çalışmada iyon değiştiriminin yükleme değerleri  $Pb^{+2}$  ve  $Cr^{+3}$  için sırasıyla 1.60 mg/g ve 0 olarak bulunmuştur. Çalışılan ağır metal serileri için seçicilik sırası aşağıdaki gibi tayin edilmiştir:



Klinoptilolit, kurşun ve kadmiyum giderimindeki etkinliğini göstermek amacıyla farklı çalışmalar da yapılmıştır. Klinoptilolit ile ağır metal gideriminde  $Pb^{+2}$  iyonu  $Cd^{+2}$  iyonuna göre daha fazla giderilmiştir. Adsorpsiyon işleminde sıcaklığın etkisi de incelenmiştir ve yüksek sıcaklıklarda metallerin daha etkin olarak giderildiği görülmüştür. Çünkü yüksek sıcaklık, zeolitlerin koordinasyon alanlarında, metal iyonlarının daha verimli tutulmasını aktive eder (Alyüz ve Veli 2005).

Zeolit, 75 ABD\$/ton pazar fiyatı ile düşük maliyetli adsorbanlar arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Doğal bir adsorban olan zeolit ile  $Pb^{+2}$  giderimi için 175 mg/g arıtım verimi elde edilirken,  $Cd^{+2}$  gideriminde de tatmin edici sonuçlar sağlanmıştır. Ayrıca pek çok ülkede geniş rezervlerinin bulunması teminini kolaylaştırdığından zeoliti tercih edilir bir konuma taşımaktadır (Alyüz ve Veli 2005).

### 5.4 Su Buharı-Uçucu Organik Madde Karışımlarının Gözenekli Ortamlarda Difüzyon ve Adsorpsiyonunun İncelenmesi

Kalender'in yaptığı çalışmada (Kalender 2003) suda çözünen (metanol ve aseton) ve suda çözünmeyen (benzen ve toluen) uçucu organik bileşiklerin gözenekli yapıya sahip olan toprak ve zeolitte ki dinamik davranışları tek pellet moment tekniği ile incelenmiştir. Bu amaçla bir taraflı tek pellet adsorpsiyon hücresi kullanılmış, dinamik tek pellet deneyleri toplam gözenekliliği 0.49 peletler kullanılarak 1 atm basınçta 30-70 °C sıcaklık aralığında yürütülmüştür.

Çalışılan izleyicilerin toprak ve zeolit peletlerindeki sıfırinci momentlerinin değerlendirilmesi ile tersinir adsorplandığı görülmüştür. İlk aşamada 30-70 °C sıcaklık aralığında yapılan kuru peletlerdeki deneylerde izleyicilerin adsorpsiyon denge sabiti ve etkin difüzyon katsayısı birinci mutlak ve ikinci merkezi momentlerin değerlendirilmesi ile hesaplanmıştır. Kullanılan her iki pelette de

izleyicilerin adsorpsiyon katsayıları sıcaklıkla azalmıştır. Adsorplanma derecesi toprakta metanol-aseton-benzen-toluen sırasında zeolitte ise metanol-toluen-benzen-aseton sırasında azalmaktadır. İzleyicilerin her iki peletteki etkin difüzyon katsayıları ise sıcaklıkla artmıştır. Deneysel çalışmaların ikinci kısmı toprak ve zeolit peletlerinin nemlendirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. 30 °C'da yapılan deneylerde relatif nem oranı arttıkça kullanılan izleyicilerin peletlerdeki adsorpsiyon denge sabitlerinde ve etkin difüzyon katsayılarında bir azalma görülmüştür. Bu azalmadan katı gözeneklerinde yoğunlaşan suyun izleyicilerin taşınım ve adsorpsiyonunu engellediği sonucuna varılmıştır. Bir uçucu organik bileşik (toluen) ile doyurulan pellette yapılan üçüncü kısım deneylerde ise pelet gözeneklerinde toluen miktarının artmasıyla metanol ve benzen adsorpsiyonunun azaldığı gözlenmiştir (Kalender 2003).

### 5.5 Zeolit Katkılı Polimerik Gaz Ayırma Membranları

Kimya endüstrisinde akışkan karışımlarını ayırmak için daha etkili yöntemlerin geliştirilmesi çabaları son yıllardaki enerji tüketimini azaltma eğilimi dolayısıyla daha da artmıştır. Çok büyük gelecek vaat eden yeni ayırma tekniklerinden biri polimerik membranlardan akışkanların seçimli geçişidir.

Oral vd. (2006) yaptığı bir çalışmada özellikleri belirli zeolitlerin polimer matrisine katılmasının çözünme difüzyon tipi polimerik membranlarda seçici adsorpsiyon ve difüzyon hızına etkileri araştırılmış ve zeolit katkı polimerik membranlarda gazların taşınım mekanizmaları incelenmiştir. Bu amaçla etkin gözenek çapları, gözenek geometrileri, Si/Al oranları ve hidrofilitik özellikleri farklı ve kanal yapıları bilinen zeolitlerin, kauçuksu bir polimer olan polidimetilsiloksan (PDMS) matrisine katılmasının gaz geçirgenliklerine olan etkileri incelenmiştir. Hazırlanan membranlar, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub> basit gazlarının yanı sıra zeolit ile etkileşime girmeyecek, zeolit tarafından adsorplanmayan ve polar olmayan değişik kinetik çaplardaki asal gazların (He, Ne, Ar ve Xe) kullanılmasıyla da karakterize edilmiş ve böylece moleküler elek mekanizmasının etkin olup olmadığı araştırılmıştır.

Sonuçlar hedeflenen bir uygulama için başarılı bir zeolit katkı membran tasarımında, sadece zeolit katkısının moleküler elek özelliğini değil, aynı zamanda adsorpsiyon ve kinetik ayırma özelliklerini de değerlendirmek gerekliliğini ve en önemli

unsurun zeolit ve polimer arasında yer alan ara yüzeyin tasarımı olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca bu çalışma ticari uygulamalarda, zeolit katkı polimerik membranların oldukça önemli bir potansiyele sahip olduğunu, ancak katkı membranların performansını belirlemede üst sınır doğrusuna yakın bir polimerin seçiminin de önemli olduğunu göstermektedir (Oral vd. 2006).

### 6. Sonuç

Doğal zeolitler, yaygın kullanım alanlarının varlığı ve büyük pazar potansiyeline rağmen birçok pazar alanında daha yeni yeni kabul görmeye başlamıştır.

Bugüne kadar, önemli rezerv potansiyeline sahip olan ülkemizde, yeterli düzeyde arama ve geliştirme çalışmaları yapılmamıştır. Tespit edilen madenlerin rezervlerinin, kullanım alanlarının ve teknolojik özelliklerinin araştırılması gereklidir.

Böylece doğal zeolit potansiyelimizin belirlenerek ülke ekonomisine katkı sağlamanın yanısıra, ülkemizde tarım ve hayvancılık ile ciddi boyutlarda insanlığı tehdit eden çevre kirliliğini önlemek amacıyla kullanılmasıyla da büyük yararlar sağlayacaktır.

### 7. Kaynaklar

- Alyüz B., Veli, S. 2005.** Ağır Metal İçeren Atık Su Arıtımında Kullanılan Düşük Maliyetli Adsorbanlar. Mühendislik ve Fen Bil. Derg., Sigma 2005/3.
- Çetinel, G. 1993.** Dünya'da ve Türkiye'de Zeolit. MTA Fizibilite Etüd Dairesi Maden Ekonomisi Birimi, 1-31, Ankara.
- Demir H., Mobedi, M., Ülkü, S. 2005.** Adsorpsiyonlu Isı Pompaları. VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, TESKON 2005, 23-26 Kasım, İZFAŞ-İzmir.
- DPT, 2001.** Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri II (Mika-Zeolit-Lületaş) Çalışma Grubu Raporu, DPT, Ankara
- DPT, 1996.** Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Diğer Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu Cilt 1, DPT, Ankara.
- Erdoğan, B. 2005.** Doğal ve Modifiye Doğal Zeolitlerde Etilen Adsorpsiyonu ve Bazı Uygulamalar", Yüksek Lisans Tezi, Fizik

Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi.

**Kalender, M. 2003.** Su Buharı-Uçucu Organik Madde Karışımlarının Gözenekli Ortamlarda Difüzyon Ve Adsorpsiyonunun İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi.

**Köktürk, U. 1995.** Zeolit Madenciliği ve Çevre Sağlığına Etkileri. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. Köse ve Kail (eds), 21-22 Nisan, DEU Üni., İzmir.

**Oral, Ç.A., Şenatalar, A.E., Ersolmaz, B.T. 2006.** Zeolit Katkılı Polimerik Gaz Ayırma Membranları. *İTÜ Derg. Seri D: Mühendislik*, 5(1):91-102.

**Wikipedi, 2009.** Zeolit [Internet], Available from <http://tr.wikipedia.org/wiki/Zeolit> [accessed at 08/2009].

**Zeolyst International, 2009.** Zeolite FAQ's [Internet], Available from <http://zeolyst.com/html/faq.asp>[access 08/2009].