



DOĞAL ZEOLİTLERİN (KLİNOPTİLOLİT) SU YUMUŞATIMINDA KULLANIMI

Yurdanur SABAH*, Eyüp SABAH**, Ali BERKTAY***

*Kocatepe Anadolu Lisesi, Afyon

**Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Cevher Hazırlama Programı, Afyon

***Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya

Geliş Tarihi : 16.07.1998

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizde zengin rezervleri olduğu bilinen, Balıkesir-Bigadiç üst tuf birimi zeolitik tüfleri (klinoptilolit) ile su sertliğinin giderilme potansiyeli araştırılmış su kaynağı olarak, klorlama hariç herhangi bir ön arıtma işlemi uygulanmayan, sertlik derecesi yüksek, Selçuk Üniversitesi Kampüs kullanım suyu kullanılmıştır. Bunun için -0.85 + 0.60 mm fraksiyon aralığında zeolit numuneleri NaOH ile rejenere edilerek, iyon değişirme kolonundaki zeolitik yataktan sabit akış hızında geçen suyun zamana bağlı sertlik değişimi incelenmiştir. Rejenerasyon şartları bu şekilde optimize edildikten sonra zeolitik yatağa beslenen suyun akış hızının ve kolonda bırakılan su birikintisinin suyun sertliğinin giderilmesine etkisi de araştırılmıştır. Sonuç olarak; zeolit yataktan geçen suyun sertliği, en düşük değere, besleme suyu hızı 10 ml/dak tutularak ve 0.75M NaOH ile rejenere edilmiş zeolit kullanılarak değiştirilmiş ve bu şartlarda çalışılması durumunda, en yüksek içtme kapasitesine ulaşılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Doğal zeolit, Kullanım suyu, Su sertliği giderme, Rejenerasyon

USE OF NATURAL ZEOLITES (KLİNOPTİLOLİT) IN WATER SOFTENING PROCESS

ABSTRACT

In this work, the potential for the elimination of hardness of the water by using zeolitic tuff (klinoptilolit) obtained from the upper layer tuff of Balıkesir-Bigadiç, where the richest deposits are located in our country, has been investigated; as a means of water supply, daily usage water of campus, Selçuk University, was utilized to which none of the pre-refining process was applied apart from chloring. At first, zeolite samples of -0.85+0.60 mm were regenerated by NaOH and the change in the hardness of water passing through zeolitic bed in ion exchange column at a constant rate was observed. After optimizing the regeneration conditions in this way, the effect of the velocity of water fed into zeolitic bed and the water left in the column on the elimination of water hardness were also searched. As a result, the lowest value of water hardness was obtained by taking the water feeding rates at 10 ml/sec. and using zeolite regenerated with 0.75 M NaOH. Additionally, it was seen that the highest working capacity will be reached under these circumstances.

Key Words : Natural zeolite, Water for daily usage, Removal of hardness of the water, Regeneration

1. GİRİŞ

Alkali ve toprak alkali elementlerin kristal yapıya sahip sulu alüminyum silikatleri olarak bilinen zeolitler, iyon değişirme işlemlerinde yüksek seçicilik, asitli ortama dayanım, moleküler elek

özellikleri ve düşük kullanım maliyetleri ile günümüzde bir çok endüstriyel proseste yaygın olarak kullanılmaktadır.

Zeolitler, dünyada pet-litter (hayvan altlığı), kâğıt boya, diş macunu, deterjan sanayi, kirlilik kontrolü,

tarım ve enerji gibi pek çok sektörde kullanım alanı bulurken, geniş yataklara sahip olan ülkemizde, yeterince değerlendirilememekte ve doğal zeolitlerin (klinoptilolit) teknolojik kullanım alanlarına yönelik araştırmaların sayısı da oldukça sınırlı kalmaktadır.

Türkiye’de zeolit varlığı ilk defa Ataman ve Besene (1972) tarafından belirtildikten sonra, araştırmacılar zeolitlerin oluşumlarına etki eden parametreleri (Suner, 1991), mineralojik ve teknolojik özelliklerini (Göktekin, 1990 ve Köktürk, 1995) ortaya koymuştur. Zeolitli tüflerin ekonomik potansiyelleri ve bazı teknolojik özelliklerinin araştırılması, ilk olarak ETİBANK Kolomanit Çiğmesi adına Hacettepe Üniversitesi tarafından yapılmıştır (Kayabalı, 1995). Laboratuvar ölçeğinde yapılan araştırmalarda doğal zeolitlerin; atık suların amonyum iyonunun arıtımında (Ülkü, 1984) ve suların kirlenmesine neden olan bazı katyonların tutulmasında (Bürküt ve ark., 1997), çimento üretiminde katkı maddesi olarak (Demirel ve ark., 1989), atık sularındaki ağır metal iyonlarının (Kurama ve Kaya, 1995) ve Cs⁺, Sr⁺⁺ içeren radyoaktif atıkların arıtılmasında (Akyüz ve ark., 1991) iyon değiştirici olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır bunların dışında yapılan çalışmalarda ise doğal zeolitlerin oluşumu (Suner, 1991), mineralojisi (Göktekin, 1990 ve Köktürk, 1995), üretim teknolojisi, türleri, insan ve çevre sağlığına etkileri (Yücel ve Çulfaz, 1984; Köktürk, 1995) ve ıslanma ısıları ile katyon değiştirme kapasiteleri arasındaki bağıntı (Yörükoğulları ve ark., 1989) vs. incelenmiştir. Zeolitlerin mineralojik olarak incelenmesi ve sanayide kullanılabilirliklerinin araştırılması çerçevesinde MTA tarafından da bir proje yürütülmektedir (Kayabalı 1995).

Düzgün ve belirli açıklıkta gözenekli kristal yapıya sahip olan zeolitler, bu gözeneklere iyon

Tablo 1. Zeolit Kimyasal Analizi

Bileşim	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	A.Z
%-Miktar	63.00	11.75	1.05	3.65	6.50	0.45	3.62	9.02

Deneylerin tamamında -0.85+0.60 mm arası fraksiyonlarda zeolit numuneleri kullanılmıştır.

Deneylerde, sertliği giderilmek amacıyla, Selçuk Üniversitesi Alâeddin Keykubat Kampüsü’nde kullanılan ve klorlama hariç hiç bir arıtma işlemi uygulanmayan Kampüs kullanım suyu kullanılmıştır. Bu suyun genel kompozisyonu Tablo 2’de verilmiştir.

Deneylerde; sertlik tayini için Çelat madde olarak %99 saflıkta etilen diamin tetra asetik asit (EDTA), tampon ve indikatör çözeltisi hazırlamak amacıyla Merck kalite amonyum klorür+amonyak, eriyokrom

değişiminde belli büyüklüğe sahip katyonların girmesine izin vererek seçici olarak davranabilmektedirler (Sherman, 1978). Yine iyon değişimi yöntemi ile zeolitlerin gözeneklerinde bulunan katyonların türleri, sayıları ve konumları değiştirilerek zeolitlerin etkin gözenek hacminin artması sağlanabilmektedir (Breck, 1974).

Son yıllarda bu mineralin, suların sertliğinin giderilmesi ve atık suların temizlenmesinde kullanılması büyük bir önem arz etmektedir. Bu öneme binaen, doğal zeolitlerin yanında onlardan daha iyi arıtma yeteneğine sahip yapay zeolitlerin üretimine de gidilmektedir. Ancak, yapay zeolitler doğal zeolitlere oranla daha iyi iyon değiştirme kapasitesine sahip olmalarına rağmen, maliyetlerinin çok yüksek olması kullanım imkânlarını sınırlamakta, buna mukabil doğal zeolitlerin kullanımı her geçen gün daha da artmaktadır.

Bu çalışmada Balıkesir-Bigadiç bölgesi zeolitlerinin, Selçuk Üniversitesi Alâeddin Keykubat Kampüsü suyunun sertliğinin giderilmesinde, iyon değiştirici olarak kullanım imkânları araştırılmıştır ve bunun için gerekli olan çalışmalar iyon değiştirme kolonunda gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

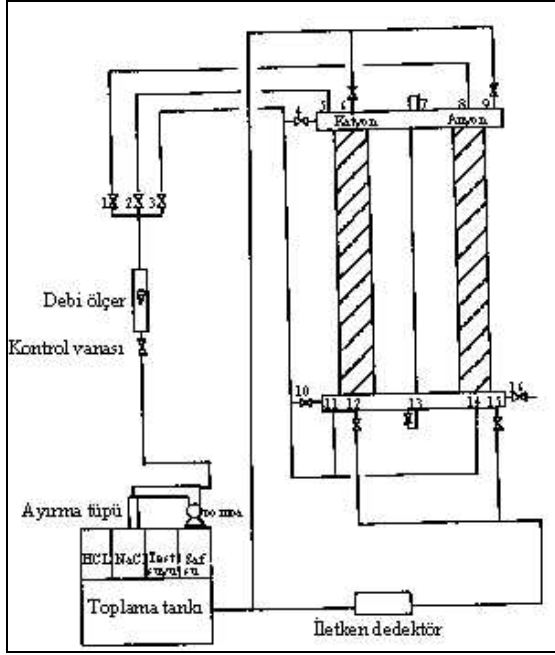
Deneylerde, iyon değiştirici olarak, ETİBANK Bigadiç Kolemanit Çiğmesine ait, tuf görünümüne sahip zeolit (klinoptilolit) numuneleri kullanılmıştır. Numunenin gravimetrik yöntemle belirlenen kimyasal analiz değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

black T ve amonyum purporat (mürekse), Ca⁺⁺ tayini için ise aktifleştirici olarak yine Merck kalite sodyum hidroksit (NaOH), sodyum klorür (NaCl) ve hidroklorik asit (HCl) kullanılmıştır.

Tablo 2. Kampüs Suyu Genel Kompozisyonu (Berktaş ve Tarlan 1995)

PARAMETRE	ORTALAMA DEĞER
Sıcaklık (° C)	17
pH	7-8
Sertlik (° F)	42.5
TKM (mg/L)	840
Alkanite (mg/L CaCO ₃)	250
Klorür (mg/L)	123
Organik madde (mg/L)	0.7

Sertlik giderme deneyleri, Çematik görünümü çekil 1'de verilen W9 tipi iyon değİirme kolonunda gerçekleştirilmiştir.



Çekil 1. Çyon değİirme kolonu

2. 2. Yöntem

Zeolitinin mineralojik bileşimini belirlemek için Philips 1050/25 SW marka XRD (X-Ray Difraction) cihazı ile yapılan mineralojik analizler sonucunda, kullanılan numunenin % 70-90 civarında klinoptilolit, % 1-5 Çabazit, % 0-1 hölandit, % 10-15 civarında kuvars ve opal, % 1-5 klorit-limonit ve ihmal edilebilecek oranda kil mineralleri içerdiği tespit edilmiştir.

Zeolit numuneleri deneylerde kullanılacak boyuta (-0.85 + 0.60 mm) ve standarda getirilmek için boyut küçültme ve ön hazırlık işlemlerinden geçirilmiştir bunun için numuneler; önce bilezikli değİirmende öğütülmüş klasifikasyon işlemini müteakip 105° C sıcaklıktaki etüvde 24 saat süreyle kurutulmaya bırakılmıştır.

Orijinal zeolit numunesinin iyon değİirme kapasitesini arttırmak amacıyla numune; asit, baz ve tuz ile aktive edilmiştir. Bu amaçla, 100 g zeolit, 1M HCl, 1M NaOH ve 1M NaCl çözeltisinde oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Bu işlemi müteakip asitlik ve bazlığı gidermek için numuneler saf su ile yıkanmış ve ince filtre (siyah band) kâğıdında filtre edilerek etüvde 105° C'de 24 saat süreyle kurutulmuştur. Kuruyan numuneler daha sonra desikatöre alınarak tedrici bir şekilde oda sıcaklığına ulaşması sağlanmıştır.

200 ml saf suya, orijinal numune ve asit, baz ve tuz ile aktive edilmiş numunelerden sırasıyla 2'er gram konulmuş ve oda sıcaklığında sürekli karıştırmalı reaktörde, bu parametrelerin -zamana bağlı olarak- suyun sertliğini gidermedeki etkisi incelenmiştir. Bunun için numunelerden belirli periyotlarda 20 ml alınmış santrifüjlelendikten sonra toplam sertlik ve Ca⁺⁺ sertliği test edilmiştir.

Çyon değİirme kolonunda yapılan sertlik giderme deneylerinde, iyon değİirme düzeneğinin kation değİirme kolonuna, değİik konsantrasyonlarda NaOH ile rejenere edilerek ön işlemden geçirilmiştir (yeniden kazanılmış zeolit numuneleri (70 g) yerleştirilmiştir. NaCl çözeltisi ile yapılan ön işlem testleri için en iyi operasyon şartları literatürden alınmıştır (Kurama ve Kaya 1995) ve böylelikle, iyon değİim kapasitesine etki eden tane boyutu, pH ve akış hızları tespit edilmiştir. -0.85 + 0.60 mm arası fraksiyonlarda yer alan zeolit numunesi, düşük akış hızlarında kolonda tıkanma meydana getirmediğinden optimum boyut grubu olarak seçilmiştir ve yatak yüksekliği de 30 cm alınmıştır. Kolonun üstündeki besleme tankında bulunan çeme suyu, kolondaki zeolit yatağına P85-393 tipi peristaltik pompa ile sabit akış hızında pompalanmıştır. Doğal zeolitinin suyun sertliğini gidermedeki etkisi, belirli zaman aralıklarında kolondan çıkan suyun toplam sertliğinin ve Ca⁺⁺ mg/L konsantrasyonlarının EDTA-titrimetrik yöntemle tayin edilmesiyle belirlenmiştir. Deney, toplam sertlik veya Ca⁺⁺ mg/L değerleri sabit kalana kadar sürdürülmüştür.

EDTA titrimetrik yöntemde, test edilecek sudan 10 ml alınır ve üzerine 1-2 ml tampon çözelti (67.5 g NH₄Cl 570 ml NH₃ çözülerek 1 litreye tamamlanmış) ilave edilir. Daha sonra spatülün ucu ile az miktarda eriyokrom black T indikatörü (1 g indikatör 10 g NaCl'de iyice ezilir) eklenip standart EDTA çözeltisi ile mavi renge ulaşmaya kadar titre edilir. Suda bulunan Ca⁺⁺ mg/L iyonları konsantrasyonunu tayininde ise, yine test edilecek sudan 10 ml alınır ve üzerine 1-2 ml NaOH'in tampon çözeltisi ilave edilir. Bu işlemi müteakip spatül ucu ile, dönüm noktasını belirleyen, mureksit indikatöründen eklenir. Standart EDTA çözeltisi ile, suyun rengi kırmızı renkten koyu pembe renge dönene kadar titre edilir.

Rejenere deneylerinde, iyon değİirme yeteneğini kaybetmiş zeoliti yeniden kazanıp kullanılabilir forma dönüştürmek için, kolondan çıkarılan doymuş (kullanılma özelliği kalmamış) zeolit, saf su ile yıkanmış ve 105° C'de etüvde kurutulmuştur. Desikatörde oda sıcaklığına ulaşan zeolit, 0.1M 200 ml NaOH çözeltisinde oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiş ve pH 8.5 oluncaya

kadar saf su ile yıkanarak siyah band filtre ile katı/sıvı ayırımı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra numune 105 °C'de kurularak tekrar kullanıma hazır hale getirilmiştir. Aynı işlemler 0.25, 0.5, 0.75 ve 1M NaOH çözeltileri ile zeolitın rejenere edilmesi işlemlerinde de tekrarlanmıştır.

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Orijinal numune, asit, baz ve tuz ile aktive edilmiş numuneler ile yapılan sertlik giderme deneylerinden elde edilen sonuçlar Tablo 3 ve 4'de gösterilmiştir.

Tablo 3. 2 gr Orijinal Zeolit ile Asit, Baz ve Tuz ile Aktive Edilmiş Zeolitın Toplam Sertlik Giderme Sonuçları

TOPLAM SERTLİK (° F)	
Zaman (saat)	0 1 2 3 4 5 6
Orijinal Numune	54 48 48 40 32 28 28
1M NaCl ile Aktive Edilmiş Numune	48 38 36 32 30 26 20
1M HCl ile Aktive Edilmiş Numune	48 44 42 38 30 30 30
1M NaOH ile Aktive Edilmiş Numune	48 30 20 16 16 14 10

Tablo 4. Orijinal Zeolit ile Asit, Baz ve Tuz ile Aktive Edilmiş Zeolitın Ca⁺⁺ Sertliği Giderme Sonuçları

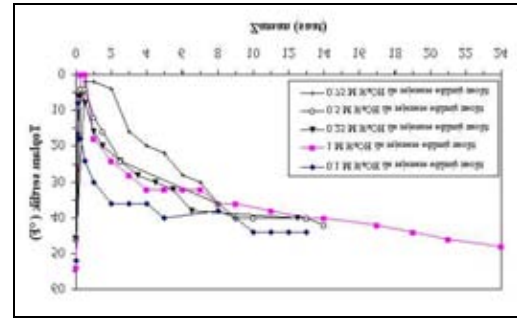
Ca ⁺⁺ SERTLİĞİ (mg/L)	
Zaman (saat)	0 1 2 3 4 5 6
Orijinal Numune	120 112 100 96 88 76 72
1M NaCl ile Aktive Edilmiş Numune	104 88 82 72 56 40 32
1M HCl ile Aktive Edilmiş Numune	104 104 96 72 56 48 48
1M NaOH ile Aktive Edilmiş Numune	104 40 24 24 16 16 8

NaOH'in zeolitın iyon değiştirme kapasitesine olumlu etkisi bulunduğu, NaOH ile rejenerasyon, sertlik giderme deneylerinde etkin bir parametre olarak alınmış ve kolonda değişik konsantrasyonlarda NaOH ile rejenere edilmiş zeolit yatağı kullanılmıştır. 10 ml/dak sabit besleme hızında 0.1, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1M NaOH ile rejenere edilmiş zeolit yatağından geçen suyun sertlik değerleri, şekil 2'de gösterilmiştir.

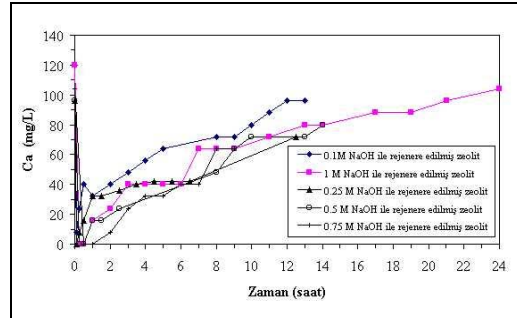
Şekilden de görüldüğü gibi suyun sertliği, prosesin ilk 15 dakikasında arzu edilen minimum seviyeye düşmüş bunu takip eden sürelerde ise yeniden yükselmiştir. Bu durum; rejenerasyonun % 100, yani tamamen tamamlanamamasından ve Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ tuzlarının yıkama ile tamamen yataktan atılamamasından kaynaklanmaktadır.

NaOH kuvvetli bir bazdır ve rejenerasyon işlemi esnasında, çözünürlüğü az olan Mg(OH)₂ tuzları ortamda bulunmaktadır. Süzme ve filtrasyon işlemi sırasında Mg(OH)₂ zeolitik yatağa kalmış ve yıkama ile dışarı atılamamıştır. 0.5 ve 1M NaOH ile

rejenere edilmiş zeolit numunelerinin kimyasal analiz sonuçları (Tablo 4 ve 5) bu durumu teyit etmektedir.



(a)



(b)

Şekil 2. Değişik konsantrasyonlarda NaOH ile rejenere edilmiş zeolitın suyun toplam (a) ve Ca⁺⁺ sertliğine etkisi (b)

Tablo 4. 0.5M NaOH ile Rejenere Edilmiş Zeolitın Kimyasal Analiz Sonuçları

Bileşim	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	A.Z
%-Miktar	57.26	10.98	0.80	0.20	15.81	14.65

Tablo 5. 1M NaOH ile Rejenere Edilmiş Zeolitın Kimyasal Analiz Sonuçları

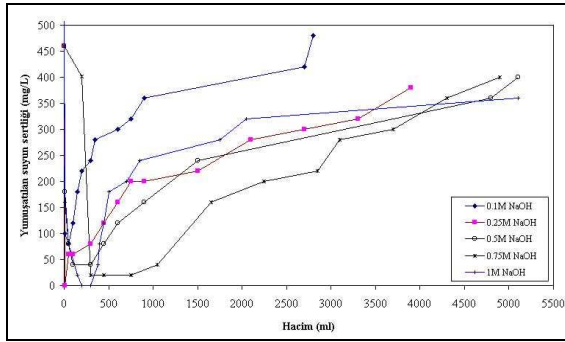
Bileşim	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	A.Z
%-Miktar	57.21	12.25	1.20	0.13	14.51	14.70

Orijinal zeolit % 6.5 Mg⁺⁺ içermektedir. Mg⁺⁺ oranının rejenerasyon işleminden sonra artması, yukarıda da bahsedildiği gibi, NaOH ile rejenerasyon öncesi ve sonrası yıkamadan ileri gelmektedir. Doğal zeolitlerin NaOH ile ön işleme tabi tutulması sonucu iyon değişim kapasitesinde bir artış olması yapıya, Na⁺ iyonlarının yerleşmesi nedeniyle. Murphy ve ark., (1978), Klieve ve Semmens (1980) ve Sirkecioğlu ve ark., (1992) gerçekleştirdikleri çalışmalarda, NaOH ile ön işlemde geçirilmiş klinoptilolit iyon değişim kapasitesinde artış olduğunu belirlemiştir. Hudec ve ark., (1988) ise, baz ile ön işlemde sonra doğal zeolitlerin iyon değişim kapasitesinin artmasını, doğal zeolit içeren tüflerde var olan kil, kalsit, kristobalit, feldspat vs. gibi minerallerden bazılarının baz çözeltileri ile işlemde sonra ortamdan uzaklaşmasına bağlamıştır. Bu yolla, gözenerlerde

bulunan ve değiştirilen iyonların gözeneklere difüzyonunu engelleyen bazı asidik safsızlıklar, ortamdan uzaklaştırılarak kapasite arttırılabilmektedir.

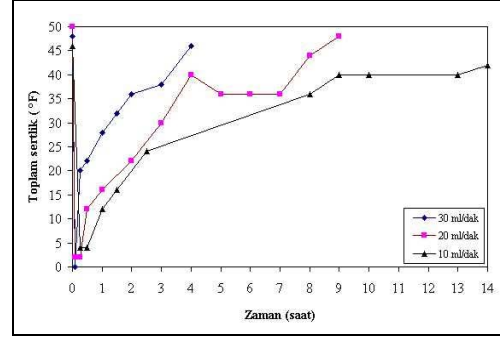
Suyun sertliğini gidermede, NaOH ile ön içemden geçirilmiş zeolit numunelerinin asit ve tuza oranla daha iyi sonuçlar vermesi bu sonuçların literatürde elde edilenlerle uyum içinde olduğunu göstermektedir.

NaOH ile rejenere edilmiş numune yatağının yumuşatma eğrisi, içetme kapasitesi ve alınan toplam sertlik miktarları şekil 3'de gösterilmiştir.

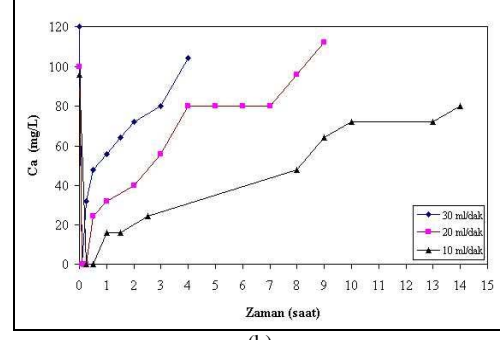


Şekil 3. NaOH ile rejenere edilmiş zeolit numunelerinin yumuşatma eğrileri

0.25 ve 0.1M NaOH ile rejenere edilmiş yataktan geçen suyun sertliği incelendiğinde, toplam sertlik ve içetme kapasitesinin minimum düzeyde olduğu görülmektedir. Bunun nedeni; iyon değiştirici kolonda, düşük konsantrasyonlarda NaOH ile rejenere edilmiş numunelerden geçen besleme suyunun akış hızının yüksek olmasıdır. Yine, yüksek konsantrasyonlarda NaOH ile rejenere edilmiş yataktan geçen suyun sertliği ve toplam hacmi incelendiğinde, 1M NaOH ile rejenerasyon içemide de içetme kapasitesi ve toplam yumuşatılan su hacmi oldukça düşük çıkmıştır. Bu durum, rejenerasyon içemide NaOH çözeltisi derişiminin yüksek olmasından ileri gelmektedir. Bütün bu veriler, 0.1, 0.25 ve 1M NaOH ile rejenere edilmiş zeolit numunelerinin suyun sertliğinin giderilmesinde iyon değiştirici yatak olarak kullanılmasının uygun olmadığını göstermiştir. Zira en iyi sonuç, 0.75M NaOH ile rejenere edilmiş zeolit numunesinden elde edilmiştir. 0.5M NaOH ile, 0.75M NaOH'e nazaran az; diğerlerine göre ise daha büyük içetme kapasitesine ulaşmıştır. 0.5M NaOH ile rejenere edilmiş numuneden daha yüksek verim elde edebilmek için yatak üzerinden geçen besleme suyunun akış hızları değiştirilmiş ve toplam sertliği etkisi Şekil 4'de gösterilmiştir.



(a)

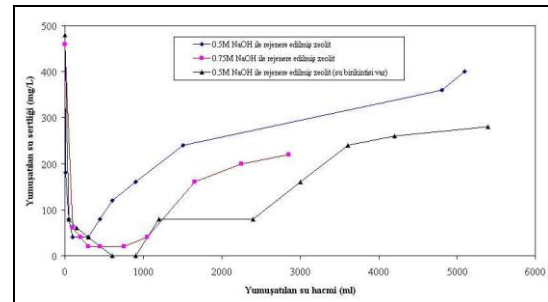


(b)

Şekil 4. Suyun besleme hızının toplam (a) ve Ca⁺⁺ sertliğine (b) etkisi

Şekilden de görüldüğü gibi, en yüksek iyon değiştirme yüzdesine düşük akış hızında (10 ml/dak) çalışıldığında ulaşılmıştır. 30 ml/dak. besleme hızı ile çalışıldığında zeolit yatağı çok kısa bir sürede sertlik iyonları ile doymuş hale gelmiştir.

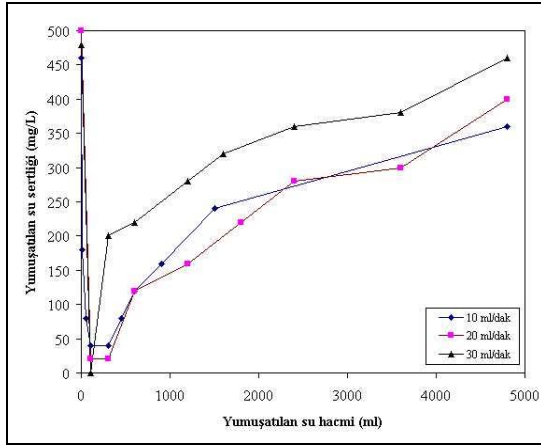
Yine 10ml/dak besleme suyu akış hızında, kolondaki yatak üzerinde bırakılan 1.5-2.0 cm su birikintisinin suyun sertliğinin giderilmesine etkisi incelenmiş ve kolonda bırakılan su birikintisinin, kolondan geçen suyun sertliğini oldukça ağı seviyelere çektiği ve buna bağlı olarak da içetme kapasitesini artırdığı belirlenmiştir. Bu durum, 0.5 ve 0.75M NaOH ile rejenere edilmiş zeolit numunesinden 10 ml/dak hızla geçirilen besleme suyunun yumuşatma eğrileri ile 0.5M NaOH ile rejenere edilmiş ve kolon üstünde su birikintisi bırakılan yataktan aynı hızda geçirilen suyun yumuşatma eğrisinin karşılaştırıldığı Şekil 5'de açıkça görülmektedir.



Şekil 5. Kolonda bırakılan su birikintisinin suyun sertliğinin giderilmesine etkisi

Kolon üzerindeki su birikintisinin suyun sertliğinin düşürülmesine olan olumlu etkisi, kolondaki zeolit yatağından geçen suyun zeolitler ile etkileşiminin daha iyi olmasından ileri gelmektedir. 0.75M NaOH ile rejenerasyon yerine 0.5M NaOH ile rejenere edilmiş zeolit ile oluşturulan yatak üzerinde su birikintisi bırakılarak yapılan yumuşatma sonucunda, daha olumlu sonuçlar alınmış ve böylelikle ekonomik ve yüksek bir işletme kapasitesi sağlanmıştır.

Besleme suyu hızının işletme kapasitesine etkisi şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. 0.5M NaOH ile rejenere edilmiş zeolit yataktan geçen besleme suyu hızının işletme kapasitesine etkisi

Şekilden de görüldüğü gibi, zeolitin pratik geçme noktası (break through), 10 ml/dak ve 20 ml/dak besleme hızlarında 600 ml'lik su hacmine tekabül etmektedir. 30 ml/dak'lık besleme hızında ise bu nokta çok düşük, yani yaklaşık 150 ml'dir. Buna göre, birbirine eşit pratik geçme noktasına sahip olan 10 ve 20 ml/dak'lık her iki besleme hızındaki yumuşatma verimi de yaklaşık olarak birbirine eşit (% 75) çıkmaktadır. Bu durum, kolondan geçen besleme suyu hızının 10 ml/dak olması halinde pratik geçme noktasına tekabül eden eşit hacimdeki suyun, 60 dakikalık bir süre içerisinde; 20 ml/dak olması halinde ise 30 dakikalık bir süre içerisinde eşit verimle (%75) yumuşatıldığını göstermektedir. Sonuç olarak 20 ml/dak besleme suyu hızı ile çalışılması durumunda yüksek bir işletme kapasitesine ulaşacağı ve ekonomik bir yumuşatma elde edileceği belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR

1 M HCl, NaOH ve NaCl ile ön işleme tabi tutulmuş numunelerle karıştırmalı reaktörde yapılan deneylerde NaOH ile aktive edilmiş zeolit numuneleri ile en iyi sonuç alınmış ve böylelikle suyun toplam

sertliği 48'den 10°F'e; Ca⁺⁺ sertliği ise 104'den 8 mg/L'ye düşürülmüştür.

Çyon değiştirme kolonunda 65 g zeolit yataktan geçirilen suyun sertliği, 15 dakikada %100 verimle 54°F'den 0°F düşürülmüştür.

Çyon değiştirme kolonunda, değişik konsantrasyonlarda NaOH ile rejenere edilmiş zeolit yatak kullanılması durumunda, rejenerasyon için gerekli olan optimum NaOH konsantrasyonunun 0.75M olduğu belirlenmiştir. Kolona yerleştirilen 0.5M NaOH ile rejenere edilmiş zeolit yatağın üzerinde su birikintisi bırakılması halinde ise daha yüksek bir işletme kapasitesi elde edilebileceği tespit edilmiştir.

10 ml/dak besleme suyu hızında elde edilen zeolitin pratik geçme noktası, 20 ml/dak besleme suyundan elde edilen pratik geçme noktasıyla (600 ml) aynı olmasına rağmen, eşit hacimde suyun yaklaşık eşit bir verimle daha kısa zamanda (30 dakika) yumuşatılması nedeniyle, optimum hız olan 20 ml/dak besleme suyu hızında çalışılması durumunda, yüksek bir işletme kapasitesi elde edilebileceği belirlenmiştir.

5. KAYNAKLAR

Ataman, G., Beseme, P. 1972. "Decouverro de l'analclime Sedimentaric en Anatolic du Nord-Ouest (Turquie): Mincralogie, Gencsc, Parogene" Chem. Geol. 9, 203-225.

Akyüz, T., Ergun, O.N., Akyüz, S. 1991. "Çankırı-Çorum Havzası, Uludağ Yöresi Tersiyer Zeolitlerinin Sezyum ve Stronsiyum Çyonlarını Soğurması", V. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Eskişehir, 227-231

Berktaş, A., Tarlan, E. 1995. "S.Ü. Kampüsü Kullanım Sularının Kalitesinin Belirlenmesi", Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, 2, Konya, 1-8.

Breck, D.W. 1974. "Zeolite Molecular Sieves", Wiley, New York, 771 p.

Bürküt, Y., Esenli, V., Çelenli, A. 1997. "Bigadiç Zeolitik Tüflerinin Bazı Katyonik Çyon Değiştirme Yetenekleri", Su ve Çevre Sempozyumu 97, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın No. 46, İstanbul, 199-204.

Demirel, H., Akasarı, B., Öztürk, H. 1989. "Zeolitin Çimento Üretiminde Kullanım Olanakları", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 11. Kongresi, Ankara, 321-332.

Göktekin, A. 1990. "Bigadiç Tülü Ovası Zeolitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması Projesi Kesin Raporu", G.T.Ü. Yer Bilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama-Araştırma Merkezi, İstanbul.

Hudec, P., Novansky, J., Samajova, E. and Madar, J. 1988. "A Method for the Modification of Slovak Natural Mordenite for Catalytic Purposes, Occurrence, Properties and Utilisation of Natural Zeolites", Akademiai Kiado, Budapest, 633-642.

Kayabalı, G. 1995. "Teknolojik Araştırma Projeleri", MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, MTA Genel Müdürlüğü, Ocak-Nisan, 38-39.

Kliver, J.R. and Semmens, H.J. 1980. "An Evaluation of Pretreated Natural Zeolites for ammonium Removal", Water Research, 14, 161-168.

Köktürk, U. 1995. "Zeolit Madenciligi ve Çevre Sağlığına Etkileri", Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 293-301.

Kurama, H., Kaya, M. 1995. "Doğal Klinoptilolitin Çyon Değişim Özellikleri, Pb⁺⁺, Cu⁺⁺, Cd⁺⁺, Hg⁺⁺/Na⁺⁺ Dengesi", Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 313-321.

Murphy, C. B., Hrycyk, O. and Gleason, W.T. 1978.

"Natural Zeolites: Novel Uses and Regeneration in Wastewater Treatment, Natural Zeolites. Occurrence, Properties and Uses", Pergamon Press, Oxford, 471-486.

Sirkecioğlu, A., Güray, G. ve Erdem-Genatalar, A. 1992. "Ön İşlemlerin Bigadiç Klinoptilolitinin NH₄⁺ Değişirme Kapasitesi Üzerindeki Etkisi", VIII. Kimya ve Kimya Mühendisliği Sempozyumu, Vol. 4, 97-100.

Suner, F. 1991. "Soda ve Zeolit Minerallerinin Oluşumu", ÇTÜ Dergisi, 49 (1), 1-5. İstanbul.

Sherman, J. D. 1978. "Ion Exchange Separation With Molecular Sieve Zeolites". AIChE Symp. Ser., (179), 74, 98-116.

Ülkü, S. 1984. "Application of Natural Zeolites in Water Treatment", Çevre Dergisi.

Yörükoğulları, E., Orhun, Ö., Ünel, O., Kayıkçı, N. 1989. "Doğal Zeolit ve Bazı Yöresel Killerin İslanma Isıları ve Katyon Değişim Kapasitelerinin Tayini", IV. Ulusal Kil Sempozyumu, Cumhuriyet Üniversitesi, Bildiriler, Sivas, 177-181.

Yücel, H., Çulfaz, A. 1984. "Doğal ve Yapay Zeolitlerin Kullanım Alanları", ODTÜ Uygulamalı Araştırmalar Dergisi Eki, 3 (10), 1-20. Ankara.