



*Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology*  
*Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 28, Sayı (Issue): 2, Mart/March-2012

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



## Bazı katyonların, silikatların (feldspat ve kuvars) yüzey özelliklerine etkisi

Selçuk Özgen\*, Emin Cafer ÇİLEK

*Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü, Ar-Ge Daire Başkanlığı, Ankara*  
*Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta*

**Anahtar  
 Kelimeler:**  
 Silikatlar,  
 Feldspat,  
 Kuvars,  
 Zeta Potansiyeli

### ÖZET

Bu çalışmada, bazı metal katyonların ( $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  ve  $K^+$ ) silikat minerallerinden feldspat ve kuvarın yüzey özelliklerine etkisi ve bu etkinin florür ( $F^-$ ) içeren ortamlarda nasıl değiştiği araştırılmıştır. Bunun için, bu metal katyonları içeren ortamlarda ve farklı pH'larda zeta potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. Zeta potansiyeli ölçümleri sonucunda tek değerlikli metal katyonların etkisinin düşük seviyede olduğu, çift değerlikli kalsiyum katyonunun bazik pH değerlerinde, üç değerlikli alüminyumun ise bütün pH değerlerinde mineral yüzeylerine absorblandığı ve yüzey işaretini ve yükünü değiştirdiği belirlenmiştir. Feldspat ve kuvars yüzeylerindeki bu etkiler karşılaştırıldığında, pH 2-3 arasında (HCl/HF) alüminyum katyonunun feldspat ve kuvarın yüzey özelliklerini farklı şekilde etkilediği ve küçük bir farklılık meydana getirdiği görülmüştür.

## Effects of some cations to the surface properties of silicates (feldspar and quartz)

**Keywords:**  
 Silicates,  
 Feldspar,  
 Quartz,  
 Zeta Potential

### ABSTRACT

In this study, influence of some metal cations ( $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  and  $K^+$ ) on surface properties of feldspar and quartz among silicate minerals, and how this influence changes in environments including fluoride ( $F^-$ ) have been investigated. Therefore, zeta potential measurements have been made in environments including these metal cations and in different pHs. As a result of zeta potential measurements, it has been identified that the effect of single-valued metal cations is at a low level, and that bivalence calcium cation is absorbed in basic pH values and trivalent aluminum is absorbed in all pH levels on mineral surfaces, and changes surface sign and charge. When these effects on feldspar and quartz surfaces are compared, it has been seen that aluminum cation between pH 2-3 (HCl/HF) affects feldspar and quartz surface properties in different ways and causes a slight difference.

\* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-posta: [ozgens@iki.gov.tr](mailto:ozgens@iki.gov.tr)

## 1. Giriş

Silikatlar, yeryüzünde en çok ve en yaygın bulunan minerallerdir. Yer kabuğunda, bilinen minerallerin %25'i, yaygın minerallerin de %40'ı silikat mineralleri grubuna girer. Bu mineraller, endüstride kullanım alanı bulabilen ve "Endüstriyel Hammadde" olarak adlandırılan, kilden kuvarsa kadar pek çok minerali içermektedir. Ülkemizde, yatağından çıkarıldığı gibi teknolojik değeri olan silikatlar az olduğundan ya da hiç bulunmadığından, büyük rezervlere sahip olduğumuz, içerisinde birçok silikat mineralini ve renk verici mineralleri bulunduran cevher yataklarının kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Bu tür cevher yataklarının büyük bir kısmı, ana mineral olarak kuvars ve feldspatları (Na, K, Ca, Mg, vs.) içerirken az miktarda da mika (biyotit ve muskovit), talk, kaolin ve metal (Fe-Ti) oksit bulundurmaktadır.

Silikatların zenginleştirilmesinde en çok uygulama alanı bulan mineral feldspat mineralidir. Feldspat cevheri içerisindeki renk verici içeriklerin (mika, talk, kaolin ve metal oksitler) uzaklaştırılmasında ya manyetik ayırma ya da flotasyon yöntemi kullanılırken, ince boyutlarda serbestleşen ve fiziksel açıdan birbirine benzeyen kuvars mineralinin uzaklaştırılmasında ise sadece flotasyon yöntemi kullanılmaktadır. Feldspatların flotasyon ile zenginleştirilmesinde ilk aşamada mikanın asidik pH'da (2,5-3,5) katyonik toplayıcılar ile uzaklaştırılması yer alırken bunu zayıf asidik pH'da (3-4) anyonik toplayıcılar ile demir-titan gibi demir oksitlerin flotasyonu takip eder. Son aşamada ise feldspatların kalitesini düşüren kuvarsin uzaklaştırılması yer alır. Feldspat-kuvars flotasyonunda en iyi seçicilik asidik pH'da (2,5-3,5) feldspatın hidroflorik asitle (HF) canlandırılarak katyonik toplayıcılar ile yüzdürülmesiyle sağlanmaktadır [1]. Ancak HF'nin yüksek maliyeti, aşırı korozifliği ve çevresel zararları nedeniyle uzun süredir HF kullanılmayan yeni yöntemler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaları kullanılan toplayıcı türüne bağlı olarak dört başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar katyonik toplayıcılar kullanılanlar [2-4], anyonik toplayıcı kullanılanlar [5], anyonik/katyonik toplayıcı karışımı kullananlar [3, 6-9] ve noniyonik toplayıcı karışımı kullananlardır [3, 5, 10]. Bu çalışmaların yanı sıra bazı metal katyonların feldspat-kuvars flotasyonuna etkisi araştırılmıştır. Bu konudaki ilk çalışmada kuvars, kurşun iyonlarının ilavesiyle canlandırılarak oleatlar ile yüzdürülmeye çalışılmıştır [11]. El-Salmawy ve diğ. [5, 12], bazı çok değerli metal katyonlarının varlığında sodyum dodesil sülfonat ile feldspat-kuvars flotasyonunu araştırmışlardır. Bu çalışmalarında yüksek pH'larda kuvarsin  $Ca^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  ve  $Sr^{2+}$  gibi toprak alkali metaller ile canlandırılabilirdiğini ve feldspatın aynı reaktiflere cevap vermediğini belirlemişlerdir. Kılavuz ve Gülsoy

[13, 14], feldspat-kuvars flotasyonuna metal tuzlarının ( $Al^{3+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  ve  $Sn^{2+}$ ) etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Bunun için doğal pH'da metal tuzları ve Na-Oleat ilavesi yapılarak zeta potansiyeli ölçümleri ve flotasyon deneyleri yapmışlardır. Sonuçta en yüksek feldspat tenörünü kurşun/Na-Oleat ilavesinde elde etmiş olmalarına rağmen, HF/amin kullanarak yaptıkları flotasyonla elde ettikleri tenör ve verimi yakalayamamışlardır. Metal iyonları ile yapılan çalışmalara genel olarak bakılacak olursa, bu çalışmalar ya doğal pH'larda yapılmış ya da doğrudan flotasyon üzerine etkisini belirlemeye yönelik çalışmalardır [15].

Bu çalışmanın amacı, bazı metal katyonların ( $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^{+}$  ve  $K^{+}$ ) silikat minerallerinden olan feldspat ve kuvars mineralinin yüzeyini farklı pH'larda nasıl etkilediğinin ve flor iyonu içeren ortamlarda bu etkinin nasıl değiştiğinin belirlenmesidir. Bu amaçla, bu metal katyonlarını içeren ortamlarda feldspat ve kuvars minerallerinin zeta potansiyeli ölçümleri yapılmış ve metal katyonların bu minerallerin yüzey özelliklerini nasıl etkilediği belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

Deneysel çalışmalarda, Matel Hammadde San. ve Tic. A.Ş.'den temin edilen feldspat ile kuvars minerali kullanılmıştır. Akredite Acme Analytical (Kanada) laboratuvarlarında yaptırılan numunelere ait kimyasal analiz değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Feldspat ve kuvars minerallerinin kimyasal analiz sonuçları

Bileşenler	Mineraller	
	Feldspat (%)	Kuvars (%)
SiO <sub>2</sub>	68,39	99,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,43	0,45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,04	<0,04
MgO	0,03	0,01
CaO	0,20	0,03
Alkali (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)	13,68	0,05
TiO <sub>2</sub>	<0,01	0,03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0,01	0,01
MnO	<0,01	<0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,001	0,002
Kızdırma Kaybı	0,2	0,2

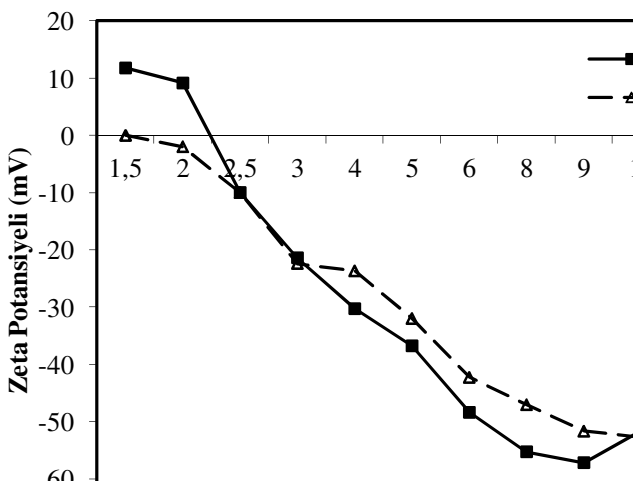
Zeta potansiyeli ölçümleri için feldspat ve kuvars mineralleri 38 µm tane boyutuna öğütülerek sınıflandırılmıştır. Zeta potansiyeli ölçümlerinde GFL Marka saf su cihazından üretilen ve iletkenliği 2,3 µmhos/cm olan saf su kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan inorganik tuzlardan NaCl ve KCl %99,5, CaCl<sub>2</sub> %90 ve AlCl<sub>3</sub> %97 saflıktadır.

Zeta potansiyeli ölçümleri, mikro işlem donanımlı mikroeletroforez yöntemi ile çalışan Zeta Meter 3.0+ cihazında gerçekleştirilmiştir. Zeta Meter 3.0 cihazı ile yapılan zeta potansiyeli ölçümleri, pH'a ve çeşitli iyon konsantrasyonuna bağlı olarak, feldspat ve kuvars minerallerinin 1 g/L şeklinde hazırlanmış süspansiyonlarının 5 dakikalık kondüsyonlama süresinden sonra yapılmıştır. Zeta potansiyeli ölçümleri sırasındaki pH değişimleri "WTW 720" marka pH metre cihazı ile süspansiyonun kondüsyonlama işlemi ise "Yellow Line" marka manyetik karıştırıcı kullanılarak yapılmıştır. pH ayarlayıcı olarak isteğe göre %1'lik HF/HCl asit veya 1 N NaOH kullanılmıştır. Zeta potansiyeli ölçümleri boyunca hazırlanan süspansiyonun sürekli pH ölçümleri yapılmış ve süspansiyon sıcaklığı oda sıcaklığında (22-27 °C) sabit tutulmuştur. Hazırlanan süspansiyondan alınan yaklaşık 20 mL'lik numune pleksiglasdan imal edilmiş hücreye konularak ortalama 10 ölçüm yapılmış ve cihaz tarafından belirlenen ortalama değer ve standart sapma kaydedilmiştir. Standart sapmanın %2'nin üzerinde olması durumunda ölçümler tekrarlanmıştır. Bu şekilde minerallerin pH'a ve metal katyonlarına bağlı zeta potansiyeli değerleri belirlenmiştir.

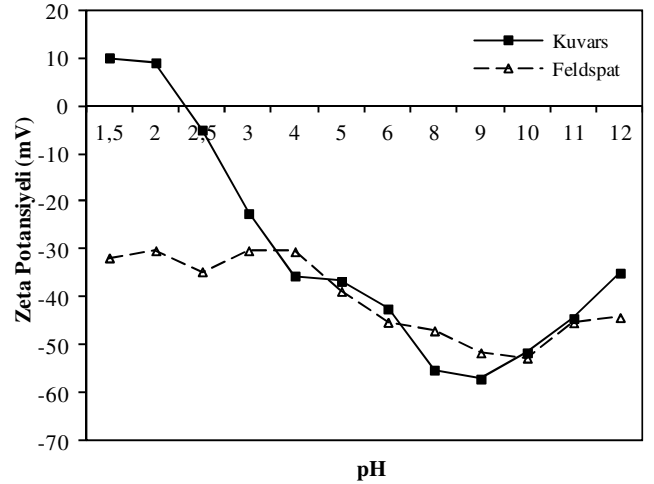
### 3. Sonuçların değerlendirilmesi

#### 3.1. pH'nın feldspat ve kuvarın zeta potansiyeline etkisi

Feldspat ve kuvars minerallerinin HCl/NaOH ile yapılmış zeta potansiyeli ölçümleri Şekil 1'de, HF/NaOH ile yapılmış zeta potansiyeli ölçümleri ise Şekil 2'de görülmektedir.



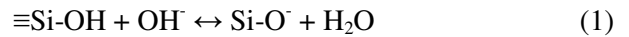
Şekil 1. HCl/NaOH ile pH'a bağlı zeta potansiyeli ölçümleri.



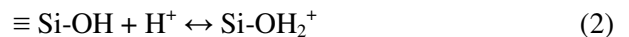
Şekil 2. HF/NaOH ile pH'a bağlı zeta potansiyeli ölçümleri.

Şekil 1'den de görüldüğü gibi, HCl varlığında feldspatın sıfır yük noktası pH 1,75 iken, kuvarın sıfır yük noktası pH 2,25 olarak belirlenmiştir. HF varlığında ise feldspatın yüzey elektrik yükü, bütün pH değerlerinde negatif ölçülmüş, kuvarın sıfır yük noktası pH 2,3 olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Her iki şekilden de görüldüğü gibi ortamdaki hidrojen iyonu konsantrasyonu arttığında mineral yüzeyine  $H_3O^+$  iyonları adsorblanmakta ve yüzey yükünün negatifliği azalmaktadır. pH arttıkça ortamdaki  $OH^-$  iyonlarının konsantrasyonu artmakta ve mineral yüzeyindeki  $H_3O^+$  iyonlarının çözünmesini sağlamaktadır. Bu sayede yüzey yükü negatifliği artmaktadır.

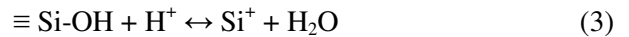
Feldspat ve kuvars yüzeyleri negatif ve pozitif yüklü siterlerden oluşmaktadır. Feldspatın yüzeyindeki pozitif yükler,  $Na^+$  ve  $K^+$  iyonlarının mevcudiyeti nedeniyle, negatif yüklü yüzeyler ise polar silonal (Si-OH) ve nonpolar siloksen (Si-O-Si) nedeni ile oluşmaktadır. pH artışına bağlı olarak feldspat yüzeylerin negatif yüzey elektrik yükü kazanması ve bu yükün mutlak değerinin pH artışına bağlı olarak artması silisile asit (Si-O<sup>-</sup>) artışı ile izah edilebilir. Şöyleki;



Bunun tersine, pH'nın azalmasıyla feldspat yüzeylerinden pozitif yükler azalmakta, yani negatif yüklerin mutlak değeri hızla düşmektedir. Şöyleki;



yada,

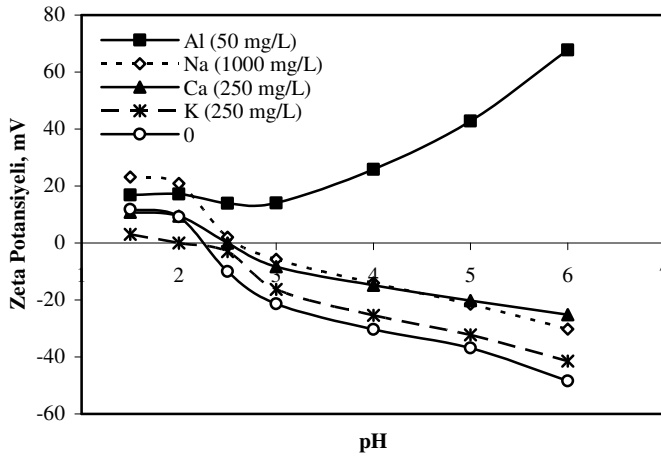


olarak izah edilebilir [16].

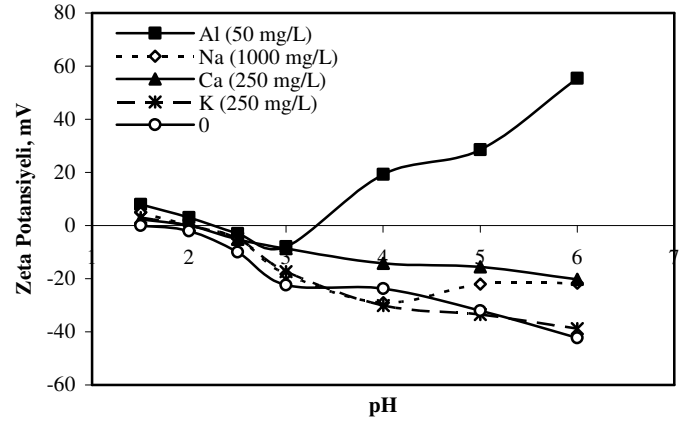
HCl ile yapılan zeta potansiyeli ölçümleri karşılaştırılacak olursa kuvars minerali için herhangi bir farklılık gözlemlenmemiştir. Şekil 2'den de görüldüğü gibi feldspat mineralinin yüzey yükü çok düşük pH'larda bile negatif işaretli kalmakta ve sıfır yük noktası okunamamaktadır. Bunun nedeni, feldspat yüzeyinde bulunan Al-OH bağlarındaki OH<sup>-</sup> iyonu ile F<sup>-</sup> iyonunun yer değiştirerek çözünürlüğü daha az olan bir bileşik oluşturmalarıdır [17]. Bu durum Cl<sup>-</sup> iyonu bulunan ortamlarda gözlemlenmemiştir. Çünkü Cl<sup>-</sup> iyonunun elektronegatifliği florür iyonuna göre daha düşük olmasının yanında iyon çapı florür iyonuna göre daha büyük olmasıdır. Böylece Cl<sup>-</sup> iyonları, OH<sup>-</sup> iyonları ile yer değiştiremeyerek mineral yüzeyine H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> iyonlarının adsorblanmasını kolaylaştırmakta ve yüzey potansiyelinin işaret değiştirmesine neden olmaktadır.

### 3.2. Bazı katyonların feldspat ve kuvarsin zeta potansiyeline etkisi

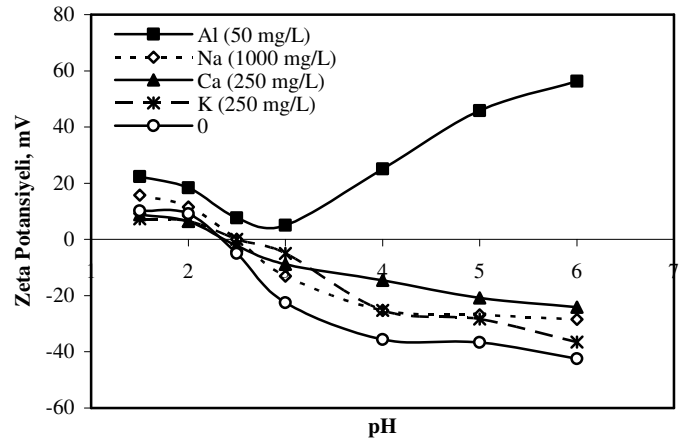
Minerallerin yüzey yüklerinin belirlenmesinde süspansiyonun pH'ı kadar ortamda bulunan iyonların ve bu iyonların konsantrasyonunun da etkisi büyüktür. Bu yüzden minerallerden çözünerek ortama geçebilecek ve/veya dışarıdan ortama ilave edilecek iyonların, feldspat ve kuvars minerallerinin zeta potansiyeline etkisinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bölümde Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> ve Al<sup>3+</sup> gibi tek ve çok değerlikli iyonların, feldspat ve kuvars minerallerinin zeta potansiyeline etkisi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.



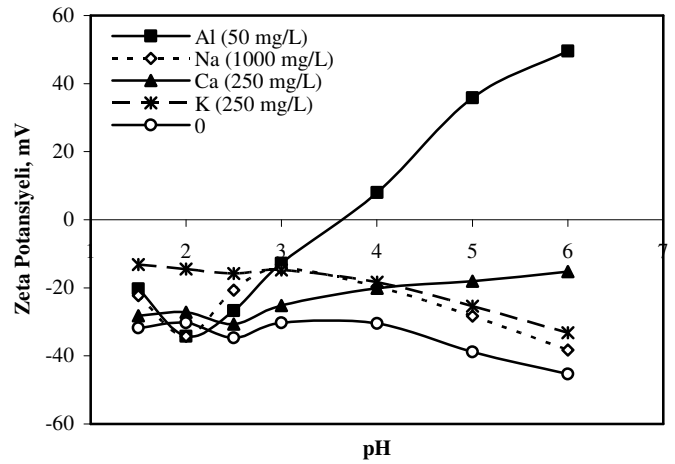
Şekil 3. HCl ile hazırlanmış süspansiyonda bulunan katyonların kuvarsin zeta potansiyeline etkisi.



Şekil 4. HCl ile hazırlanmış süspansiyonda bulunan katyonların feldspatın zeta potansiyeline etkisi.



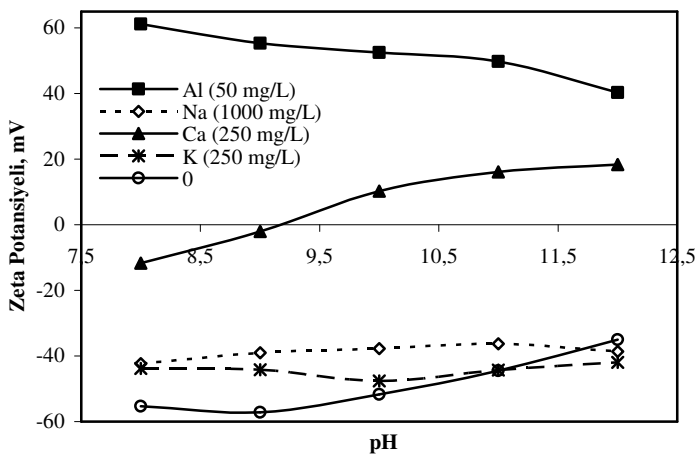
Şekil 5. HF ile hazırlanmış süspansiyonda bulunan katyonların kuvarsin zeta potansiyeline etkisi.



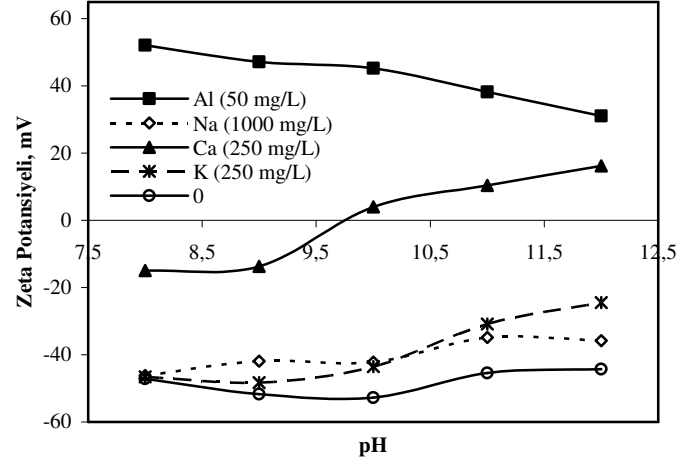
Şekil 6. HF ile hazırlanmış süspansiyonda bulunan katyonların feldspatın zeta potansiyeline etkisi.

Görüldüğü gibi, tek ve çift değerlikli katyonların ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ve  $\text{Ca}^{2+}$ ) her iki mineralin zeta potansiyeline etkisi düşük seviyededir. Özellikle iyon değiştirme yeteneğine sahip olmayan ve çok düşük iyon değiştirme özelliği gösteren minerallerde  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ve  $\text{Ca}^{2+}$  gibi tek ve çift değerlikli katyonların elektriksel çift tabakayı bastırdıkları yani yüzey yükünün mutlak değerini azalttıkları literatürden bilinmektedir. Üç değerlikli katyon ( $\text{Al}^{3+}$ ) ise bu iki mineralin zeta potansiyelinin değerini ve işaretini çok daha düşük konsantrasyon ile değiştirmiştir. Tek ve çift değerlikli katyonların tersine  $\text{Al}^{3+}$  feldspat ve kuvars minerallerinin yüzey yüklerinin değerini ve işaretini özellikle pH artışıyla birlikte değiştirmesi, ortamdaki  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$  bileşikleri varlığına atfedilebilir. Nitekim NaOH ile yapılan deneylerde, yani bazik şartlarda  $\text{Al}^{3+}$  iyonunun her iki mineralin yüzey elektrik yükünün işaretini ve mutlak değerini önemli ölçüde değiştirmesi ve ölçülen yüksek pozitif yükler bunu doğrular mahiyettedir. Artan pH ile birlikte ortamda  $\text{Ca-OH}^+$  mevcudiyeti ve buna bağlı olarak her iki mineralin yüzey elektrik yükünün artması ve pozitif yük sergilemesi (Şekil 7-8) bunun bir başka şekli olarak gösterilebilir.

Bu iyonların feldspat ve kuvars minerallerine HCl ve HF ortamlarındaki etkileri karşılaştırılacak olursa her iki ortamda da etki mekanizmasının değişmediği görülmektedir. Ancak HCl kullanılan ortamda feldspat ve kuvars mineralleri karşılaştırılacak olursa pH 2-3 arasında küçük de olsa yüzey yükü farklılıklarının meydana geldiği görülmektedir. Böylece feldspat ve kuvarın zeta potansiyellerinde gözlenebilen küçük farklılık oluştuğu ve kullanılan iyonların farklı konsantrasyonlarında bu farkın değişebileceği öngörülmektedir.



Şekil 7. NaOH ile hazırlanmış süspansiyonda bulunan katyonların kuvarın zeta potansiyeline etkisi.



Şekil 8. NaOH ile hazırlanmış süspansiyonda bulunan katyonların feldspatın zeta potansiyeline etkisi.

#### 4. Sonuçlar

Zeta potansiyeli ölçümleri sonucunda silikat minerallerini en iyi şekilde temsil eden feldspat ve kuvars minerallerinin sıfır yük noktaları sırasıyla HCl ile hazırlanmış süspansiyonlarda pH 1,75 ve 2,25 bulunmuştur. HF ile hazırlanmış süspansiyonlarda ise feldspatın sıfır yük noktası belirlenemezken kuvarın pH 2,3 olarak belirlenmiştir.

Bazı metal katyonlarının etkisini belirlemek için yapılan zeta potansiyeli ölçümlerinde tek ve çift değerlikli katyonların asidik pH'da HCl ve HF ile hazırlanmış süspansiyonlarda feldspat ve kuvars mineralinin zeta potansiyeline çok büyük etki etmediği belirlenmiştir. Üç değerlikli  $\text{Al}^{3+}$  katyonu ise çok düşük konsantrasyonlarda bile minerallerin yüzey işaretlerini değiştirdiği görülmüştür. Ayrıca flor iyonu içermeyen HCl ile hazırlanmış pH 2-3 arasında özellikle  $\text{Al}^{3+}$  iyonunun feldspat ve kuvars minerallerinin yüzeylerinde küçük farklılıklar oluşturduğu görülmüştür. Bazik ortamda ise  $\text{Ca}^{2+}$  katyonunun feldspat ve kuvars minerallerinin yüzeylerine etkisinin arttığı gözlenmiştir.

#### Kaynaklar

1. Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., Upgrading Titanium Bearing Na-Feldspar by Flotation Using Sulphonates, Succinamate and Soaps of Vegetable Oils, Min. Eng., 12, 1363-1374, 1997.
2. Malghan, S. G., Mining Engineering, Elsevier, 33, s 1616, 1981.
3. El-Salmavy, M. S., Nakahiro, Y., Wakamatsu T., New Reagent Systems in Flotation Separation of Quartz from Feldspar, XIX. International Mineral

- Processing Congress, San Francisco, 285-289, 1995.
4. Sousa, A.B., Amarante, M.A., Letie, M.M., 1997, Processing a Feldspar Ore by Flotation Using HF or H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as pH Regulators, XX. International Mineral Processing Congress, Aachen, 637-644, 1997.
  5. El-Salmavy, M. S., Nakahiro, Y., Wakamatsu T., The Role of Alkaline Earth Cations in Flotation Separation of Quartz from Feldspar, Min. Eng., 6 (12), 1231-1243, 1993.
  6. Hanumantha, R. K., Forsberg, K. S. E., Flotation of Mica Minerals and Selectivity Between Muscovite and Biotite While Using Mixed Anionic and Cationic Collectors, XVIII. International Mineral Processing Congress, 834-844, 23-28 May, 1993.
  7. Liu, Y., Gong, H., Qui, J., Zhang, K., A New Flotation Technique for Feldspar-Quartz Separation, XVIII. International Mineral Processing Congress, Sydney, 857-862, 23-28 May, 1993.
  8. Shehu, N., Spaziani, E., Separation of Feldspar from Quartz Using Edta as Modifier, Min. Eng., 12 (11), 1393-1397, 1999.
  9. Özkan, Ş.G., Kurşun, İ., İpekoğlu, B., Trakya Bölgesi Kuvars Kumlarından Feldspat Uzaklaştırılması için Yeni Bir Flotasyon Yaklaşımı, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 279-282, 18-19 Ekim, 2001.
  10. El-Salmavy, M. S., Nakahiro, Y., Wakamatsu T., 1993b, The Role of Surface Silanol Groups in Flotation Separation of Quartz from Feldspar Using Nonionic Surfactants; XVIII. International Mineral Processing Congress, Sydney, 845-849, 23-28 May, 1993.
  11. Iverson, H.G., Separation of Feldspar from Quartz, Eng. and Min. J., 133, 227-229, 1932.
  12. El-Salmavy, M. S., Nakahiro, Y., Wakamatsu T., Activation of Quartz and Feldspar with Metal Ions in Flotation, IV. Int. Min. Proc. Sym., Antalya, 179-188, 1992.
  13. Kılavuz, F. Ş., Gülsoy, Ö. Y., The Effects of Metal Ions on the Selectivity of Feldspar-Quartz Separation; Min. Proc. Verge 21<sup>st</sup> Century, Rotterdam, 225-229, 2000.
  14. Gülsoy, Ö. Y., Kılavuz, Ö.Ş., Potasyum Feldspat Kuvars Flotasyonunda Toplayıcı Olarak Metal Tuzları ile Birlikte Na-Oleat Kullanımı; Mad. Der., 22-34, 2002.
  15. Özgen, S., Silikatların Flotasyonunda Mineral Özelliklerinin Flotasyon Başarısında Etkisi; Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yük. Lis. Tezi, Isparta, 2006.
  16. Prasanphan, S., Nuntiya, A., Elektrokinetic Properties of Kaolins, Sodium Feldspar and Quartz; Chiang Mai. J. Sci., 33(2), 183-190, 2006.
  17. Zadorozhnaya, F.I., Effect of Fluoride Ions on the Selectivity of the Flotation of Aluminosilicates and Quartz; Soversh. Technol. Obagashch. Miner. Syr'ya. 17-26, 1977.