



T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

**TÜRKİYE SEPIOLİTLERİN KAREKTERİSTİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Proje No: MMF2014BAP3

Bireysel Araştırma Projesi

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:

Prof. Dr. Oktay BAYAT

Mühendislik Mimarlık Fakültesi/Maden Mühendisliği Bölümü

Proje Araştırmacısı:

Arş. Gör. Zehra ALTINÇELEP

Mühendislik Mimarlık Fakültesi/Maden Mühendisliği Bölümü

Aralık 2015

ADANA

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı MMF2014BAP3 nolu proje ile destekleyen Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederiz.

ÖZET	I
ABSTRACT	II
1. GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Adsorpsiyon Özellikleri	5
2.2. Katalitik Özellikleri.....	5
2.3. Kolloidal Özellikleri.....	6
2.4. Altın ve Gümüşün Genel Özellikleri.....	7
2.5. Liçi.....	8
2.6. Adsorpsiyon.....	12
2.6.1. Katı Yüzeve Adsorpsiyon	12
2.6.2. Siyanür Liçinde Altın - Aktif Karbon Adsorpsiyon Mekanizması	12
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Karakterizasyon Deneyleri	15
3.2.1. XRD.....	15
3.2.2. SEM-TEM	15
3.2.3. Kimyasal Analiz	15
3.2.4. FTIR	16
3.2.5. Tane Boyut Analizi	16
3.2.6. Yüzey Alanı.....	16
3.3. Adsorbsiyon Deneyleri.....	16
3.3.1. Çinko Klorür.....	16
3.3.2. Altın-Siyanür	17
4. BULGULAR	18
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	31
KAYNAKLAR.....	32
EKLER.....	35

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1. Sepiyolit kristalinin şematik görünüşü (Balkan, 2006).	2
Şekil 2. Değişik başlangıç pH'larda kıvamlandırılan sepiyolit süspansiyonlarının pH-profilleri.....	7
Şekil 3. 25°C'de ve 10-3 M CN ⁻ konsantrasyonunda altın-su-siyanür-oksijen sistemi için Eh-pH diyagramı.....	9
Şekil 4. 25°C'de gümüş-su-siyanür sistemi için Eh-pH diyagramı.....	10
Şekil 5. Siyanür çözeltisinde altının çözünmesinde gerçekleşen katı-sıvı tepkimelerinin şematik gösterimi.....	10
Şekil 6. pH'ın fonksiyonu olarak siyanürün ve hidrojen siyanürün davranışı.....	11
Şekil 7. Yer bulduru haritası (Eskişehir, Türkiye).....	14
Şekil 8. Örneklerin XRD sonuçları.....	18
Şekil 9. Örneklerin SEM görüntüleri.....	19
Şekil 10. Örneklerin TEM görüntüleri A: SCN-2, B: SCN-3, C: SCN-4 ve D: SCN-5.	20
Şekil 11. Örneklerin FTIR görüntüleri.....	22
Şekil 12. Örneklerin tane boyutu dağılımları (yoğunluk).	23
Şekil 13. Örneklerin tane boyutu dağılımları (hacim).	24
Şekil 14. SCN-1 Numunesinin kümülatif E.A.-E.Ü. grafiği.....	25
Şekil 15. SCN-2 Numunesinin kümülatif E.A.-E.Ü. grafiği.....	25
Şekil 16. SCN-3 Numunesinin kümülatif E.A.-E.Ü. grafiği.....	26
Şekil 17. SCN-4 Numunesinin kümülatif E.A.-E.Ü. grafiği.....	26
Şekil 18. SCN-5 Numunesinin kümülatif E.A.-E.Ü. grafiği.....	26

TABLolar DİZİNİ

SAYFA

Tablo 1. Tabakalı Sepiyolit (Sanayi Sepiyoliti) Fiziksel Özellikleri	4
Tablo 2. Bazı Lületaş ve Sepiyolit Çeşitlerinin Kimyasal Bileşimleri.	4
Tablo 3. Sepiyolit numunelerinin lokasyonları.	14
Tablo 4. Örneklerin kimyasal analiz sonuçları.....	21
Tablo 5. Sepiyolit numunelerinin Porozite ve yoğunluk sonuçları.	27
Tablo 6. Çinko çözeltisi ile farklı pH'lardaki numunelerin adsorpsiyon verimleri	27
Tablo 7. Çinko çözeltisi ile farklı karıştırma sürelerindeki adsorpsiyon verimleri.....	28
Tablo 8. Altın siyanür çözeltisi ile Orbital Shaker'de farklı karıştırma sürelerindeki adsorpsiyon verimleri.	28
Tablo 9. Gümüş siyanür çözeltisi ile Orbital Shaker'de farklı karıştırma sürelerindeki adsorpsiyon verimleri.	29
Tablo 10. Farklı karıştırıcılarda 1 saat sürede elde edilen altın kazanım verimleri.	29
Tablo 11. Farklı karıştırıcılarda 1 saat sürede elde edilen gümüş kazanım verimleri.....	30
Tablo 12. Farklı karıştırıcılarda 1 saat sürede elde edilen altın geri kazanım verimleri.	30
Tablo 13. Farklı karıştırıcılarda 1 saat sürede elde edilen gümüş geri kazanım verimleri.....	30

ÖZET

Sepiyolit lifli, sulu bir magnezyum silikat olup, $\text{Si}_{12}\text{O}_{30}\text{Mg}_8(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_{48}\text{H}_2\text{O}$ yapısal formüle sahiptir (Santaren ve ark., 1996). Sepiyolit minerali, içerisindeki zeolitik su ve diğer molekülleri barındırabilecek boyutta kanallar içermektedir (Balcı, 1999). Sahip olduğu moleküler boyuttaki kanalları ve yüksek spesifik yüzey alanı sayesinde, uygulamaların birçoğunda adsorbant ve katalizör taşıyıcı olarak kullanılır. Ayrıca bu özellikler ısı ve/veya asit aktivasyonu ve mekanik etki ile değiştirilebilir (Sabah ve Çelik, 1999).

Adsorpsiyon işlemini daha etkin ve az maliyetli bir hale getirmek için bir çok araştırmacı ucuz ve yenilenebilir adsorbanlar bulmaya çalışmaktadır (Ho ve ark., 1999). Maliyeti azaltmak ve daha etkin olarak kullanım için sepiyolitlerin adsorpsiyon doğası anlaşılmalıdır.

Bu çalışmada, beş farklı Türk sepiyolitinin mineralojik, morfolojik fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Sepiyolitlerin mineral içeriği başlıca kuvars, dolomit ve feldispat ağırlıklı olarak X-Ray difraktometre ile belirlenmiştir. Üç sepiyolit numunesi, Yukarıdudaş, Körpe ve Kurtşeyh'den gelen düşük kalsiyum içeriği göstermiştir. Ancak, %26,84'lük yüksek kalsiyum içeriği Yenidoğan ve Karacaören bölgesinden alınan numunelerde belirlenmiştir. Bu kalsiyum yönünden zengin sepiyolit olarak değerlendirilebilmektedir. Tüm numunelerin boyut dağılımı sonuçlarına göre, ortalama tanecik boyutları 0,143 mm ile 0,180 mm arasında değişmektedir. SEM görüntüleri sonuçları ise lifli morfoloji göstermektedir. Ayrıca karakterizasyonu belirlenen sepiyolit örnekleri çözeltideki AuCN ve ZnCl_2 komplekslerinin adsorpsiyon uygulamasında kullanılmıştır. Ancak, her iki solüsyon içinde kayda değer bir adsorpsiyon miktarı gözlemlenmemiştir.

ABSTRACT

Sepiolite which is a fibrous, hydrated magnesium silicate mineral, unit cell formula is $\text{Si}_{12}\text{O}_{30}\text{Mg}_8(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_{48}\text{H}_2\text{O}$ (Santaren ve ark., 1996). Sepiolite mineral has channels in size to accommodate zeolitic water and other molecules (Balcı, 1999). Because of molecules size of the channels and high specific surface area, sepiolite is mostly used as an adsorbent and catalyst carrier in the applications. Also, this properties could be modified by thermal or/and acid activation and mechanical effect (Sabah ve Çelik, 1999).

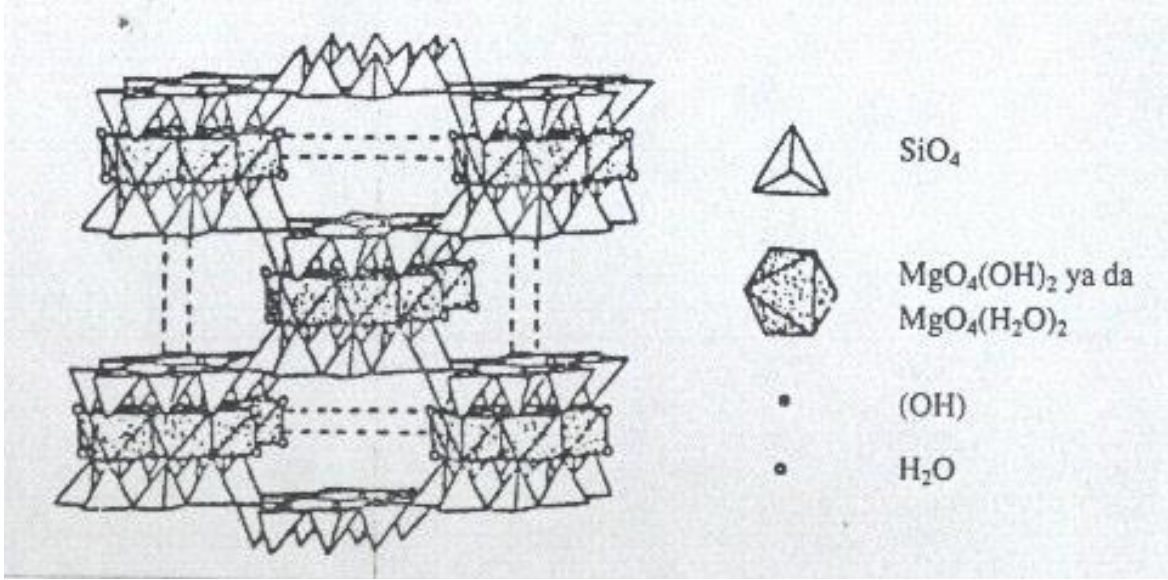
To achieve more efficient and less costly adsorption process, many researchers are investigated to find cheap and renewable adsorbents (Ho ve ark., 1999). For cost reduction and more efficient use, adsorption nature of sepiolites should be understood.

The mineralogical, morphological, physical and chemical properties of five different Turkish sepiolites were compared in this study. The mineral matter in the sepiolites, determined by means of X-ray diffraction, is dominated mainly by quartz, dolomite and feldspar. Three sepiolite samples which are Yukarıdudas, Korpe and Kurtseyh show low-calcium content. However, high CaO content, about 26.84%, is determined in the sample taken from Yenidogan and Karacaoren regions. This could be assessable as calcium rich sepiolite. Based on size distribution results of all the samples, average grain sizes varies between 0.143 mm and 0.180 mm. SEM images results show fibrous morphologies. Also, determined sepiolite samples used to adsorption applications in the solution of AuCN and ZnCl_2 complexes. However, it was not observed a significant adsorption either of the solution

1. GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM

Sepiyolitinin yapısı ilk olarak Nagy ve Bradley (1955) tarafından belirlenmiş olup sonrasında, daha doğru bir şekilde X-ışını toz kırımını verileri kullanılarak Brauner ve Preisinger (1956) tarafından saptanmıştır. Son olarak da 1977'de Rautureau ve Tchoubar tarafından seçilmiş olan elektron difraksiyon metodu kullanılarak belirlenmiştir (Grillet ve ark., 1988).

Sedimanter tabakalar halde çökelen sepiyolitler, genellikle toprağımsı, ince taneli ve kaygan görünümlüdür. Bu tip sepiyolitlerde, sepiyolit minerali, bileşimde %90'ı aşan oranlarda bulunur. Buna eşlik eden mineraller; genelde dolomit ve smektit grubu killeri ile manyezit, paligorskit ve detritik minerallerdir. Sepiyolit genellikle beyaz, krem, gri veya pembe renkli olabilmektedir; organik madde içeriğine bağlı olarak, Sivrihisar güneyi Neojen Havzasındaki bazı türlerde olduğu gibi, koyu kahverengi ve siyahımsı da olabilir. Tetrahedral ve oktahedral oksit tabakalarının istiflenmesi sonucu oluşan lifsi bir yapısı vardır ve lif boyunca devam eden kanal boşluklarına sahiptir. Ayrıca taban oksijen düzlemlerinden aşağı veya yukarı doğru yönelik şekilde düzenlenmiş Si-O tetrahedronları ile oktahedral (sekiz yüzlü) tabakalardan oluşan bir kristal yapısına sahiptir (Şekil 1). Burada, tepe oksijenleri aynı yönde olan tetrahedronlar, X-eksenine paralel olarak uzanan şeritleri oluştururken, zıt yönde olanları da oktahedral katyonlara bağlanarak lif doğrultusunda (X-ekseni boyunca) sürekli, dik doğrultuda (Y-ekseni boyunca) sınırlı boyutta 2:1 katmanlı yapı oluştururlar. Şeritler arasındaki dikdörtgen kanallarda, Ca ve Mg iyonları ile değişen miktarlarda zeolitik su bulunur. Yapı formülünde $(OH)_2$ olarak gösterilen su molekülleri ise şerit kenarlarındaki oktahedral Mg'a koordine olurlar (Balkan, 2006).



Şekil 1. Sepiyolit Kristalinin Şematik Görünüşü (Balkan, 2006).

Yapısal özellikleri ve kimyasal bileşimleri açısından sepiyolit iki kısımda sınıflandırılmaktadır. Bu ayırma işlemi elektro mikroskopik çalışmalar sonucu yapılmıştır. Buna göre 4-5 mikron uzunlukta 0,2 mikron kalınlıkta liflerden oluşan sepiyolit α -sepiyolit, daha az lifsel görünümlü pulcuklar şeklindeki tabakalı yapıya sahip sepiyolit β -sepiyolit olarak adlandırılır. Alfa sepiyolit katı, homojen olup kesicilerle işlenebilecek şekildedir. İşlenebilen bu çeşit sepiyolit lüle taşı olarak adlandırılmaktadır ve çeşitli süs eşyası yapımında kullanılmaktadır. β -sepiyolit ise magnezyum oksitin magnezyum hidrosilikata dönüşerek tabakalı bir şekilde çökmesi sonucu oluşur. β -sepiyolit aynı zamanda sepiyolitik kil olarak da adlandırılır. Alfa sepiyolit yarı kıymetli taş iken, beta sepiyolit sanayi madenidir. Kaygan görünümlü, ince taneli, toprağımsı bir yapıya sahip tabakalı sepiyolit, genellikle beyaz, krem, gri veya pembe renkli olabilmektedir. Organik madde içeriğine bağlı olarak koyu kahverengi ve siyahımsı da olabilirler. Sedimanter oluşumlu, uzun lif demetleri şeklinde bulunan β -sepiyolit (tabakalı sepiyolit) lif genişliği 100-300 Å ve kalınlığı 50-100 Å arasında değişebilmektedir. Günümüzde sanayi sepiyoliti olarak bilinen ve süs eşyası yapımına uygun olmayan β -sepiyolit, tabakalı bir sepiyolit türü olarak, oluşumu, bileşimi, özellikleri ve kullanım alanları itibarıyla α -sepiyolitten ayrılır. Bu tip sepiyolit türüne, daha çok Eskişehir-Sivrihisar ve Yunussemre, Çanakkale, Bursa, Kütahya ve Isparta yörelerinde rastlanmaktadır. Ülkemizde özellikle Eskişehir yöresine has bir sepiyolit türü olan lüle taşı, Konya-Yunak civarında bulunmaktadır. Lüle taşı suda yüzdüğü halde, sanayi sepiyoliti kolayca dağılır (Balkan, 2006).

Gözenekli bir yapıya sahip olan sepiyolit mikrapor çapı 15 Å, mezapor çapı 15-45 Å arasında değişmektedir. Sepiyolit yoğunluğu 2-2,5 g/cm³ arasındadır fakat gözenek miktarı çok fazla türlerde bu değer 1'in altına düşebilmektedir. Ülkemizde Eskişehir ve Konya yöresinde lületaşı yatakları uzun zamandan beri işletilmektedir. Akarsularla yıllarca taşınmış olan magnezitler yer altı sularının etkileriyle zamanla sepiyolite dönüşmüşlerdir. Taşınan bu manyezit parçaları lületaşının kalitesinde önemli rol oynamaktadır. Hidrotermal etkiler de oluşum sürecinde önemli paya sahiptirler (Sabah ve Çelik, 1999).

Bu çalışmada, Türk sepiyolitinin mineralojik, morfolojik fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Numunelere XRD, FTIR, XRF, TEM ve SEM analizleri yapılarak karakterize edilmiştir. Sepiyolitlerin karakterizasyon çalışmalarına ilaveten, çinko klorür ve altın siyanür çözeltilerinin sepiyolit üzerine tutulması üzerine çalışmalar yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Sepiyolit yüksek yüzey alanı, lifsi yapısı, porozitesi, kristal morfolojisi ve kompozisyonu, yüzey aktivitesi, düşük konsantrasyonlarda yüksek viskoziteli duraylı süspansiyonlar oluşturma gibi sıra dışı özellikleri mevcuttur (Sabah, 1998).

Sepiyolit düşük katyon değiştirme kapasitesi ve zincir tipi yapısı onun diğer tabakalı silikatlar gibi şişmesini önler (Alvarez, 1984). Sepiyolitlerin kendi aralarında gösterdikleri katyon değişim kapasitesi, lif boyut oranlarının (lif uzunluğu/lif genişliği) farklılığı ve içerdikleri safsızlıkların cinsi ve miktarına göre reolojik karakteristiklerinde değişim gözlenmektedir (Çınar, 2005; Simonton ve ark., 1988). Eğer sepiyoliti oluşturan lif demetleri suda bir mekanik karıştırıcı kullanılarak dağıtılırsa bunlar su içerisinde dağılarak viskoziteyi arttıran rastgele ağ yapıları oluşturacaklardır (Santaren, 1993). Bu lif demetleri ne kadar çok dağıtılırsa parçacık iç ve dış yüzeyleri üzerine daha fazla su adsorplanarak parçacıklar arasında daha fazla su tutulması ve viskozitenin artırılması mümkün olacaktır. Bu yapı tanecikler arasındaki silanol grupları arasındaki hidrojen bağı ve Van Der Waals güçleri gibi farklı güçler tarafından bir arada tutulmaktadır (Çınar, 2005; Santaren, 1993).

Sanayi sepiyolitinin fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmektedir. Tablo 2'de bazı lületaşı ve sepiyolit çeşitlerinin kimyasal bileşimi verilmektedir (Sabah ve Çelik, 1999).

Tablo 1. Tabakalı Sepiyolit (Sanayi Sepiyoliti) Fiziksel Özellikleri (Sabah ve Çelik, 1999).

YAPI	Lifsi, toprağımsı
GÖRÜNÜM	Kaygan
RENK	Beyaz, krem, kahverengi, gri veya pembe, açık sarı
LİF BOYUTLARI Uzunluk x Genişlik x Kalınlık	100 Å-3 ile 5 µm x 100-300 Å x 50-100 Å
GÖZENEK BOYUTLARI mikropor çapı mezopor yarıçapı	15 Å 15-45 Å
YOĞUNLUK	2-2,5 g/cm ³
SERTLİK (Mohs'a göre)	2-2,5
KIRILMA İNDEKSİ	1,50
KURUMA SICAKLIĞI	40°C

Tablo 2. Bazı Lületaş ve Sepiyolit Çeşitlerinin Kimyasal Bileşimleri.

Bileşim	Lületaş	Lületaş	Sedimanter sepiyolit (Sanayi sepiyoliti)					Hidrotermal Sepiyolit	Alüminyumlu Sepiyolit	Laflinit
(%)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
SiO ₂	52,90	54,02	53,70	55,97	60,60	52,05	52,50	57,00	52,43	50,80
MgO	25,89	23,13	23,31	22,81	22,45	23,74	21,31	10,10	15,08	16,18
Al ₂ O ₃	0,27	0,19	1,15	1,56	1,73	1,03	0,60	8,50	7,05	0,66
Na ₂ O	-	0,02	0,67	0,12	0,16	-	-	3,70	-	8,16
K ₂ O	-	0,02	0,61	0,27	0,58	-	-	1,20	-	-
Fe ₂ O ₃	0,36	0,51	0,64	0,77	0,62	0,04	2,99	2,50	2,24	1,05
FeO	-	-	0,02		-	0,01	0,70	-	2,40	1,51
MnO	-	-	-	0,02	-	-	-	0,20	-	-
TiO ₂	-	-	-		-	-	-	0,30	-	-
CaO	0,01	0,06	0,03	0,57	0,40	0,51	0,47	2,00	-	0,12
A.Z.	20,55	21,63	19,59	17,75	13,22	21,71	21,27	13,35	19,97	22,60

1.Eskişehir-Sepetçi; 2.Konya-Yunak; 3.Konya; 4.Eskişehir-Sivrihisar; 5.İspanya-Vallecas
6.Japonya-Kuzuu District; 7.Madagaskar; 8.Bolu-Kıbrısık; 9.Avustralya-Tintinara; 10.USA-Wyoming.

2.1. Adsorpsiyon Özellikleri

Zincir yapısına sahip mineralin kristal strüktüründe üç tür aktif absorpsiyon merkezi mevcuttur. Bunlar; (1) tetrahedral tabakalardaki oksijen iyonları, (2) yapısal zincirlerin kenarlarındaki magnezyum iyonlarına koordine olmuş su molekülleri, (3) lif eksenleri boyunca uzanan SiOH gruplarıdır. Genellikle su ve amonyum gibi polar moleküller ile nispeten daha az miktarda metil ve etil alkoller sepiyolit kanallarına girebilmesine karşın, polar olmayan gazlar ve organik bileşikler kanallara giremez. Isıtma işlemi mineralin absorpsiyon özelliğini azaltır, çünkü yapısal değişime bağlı olarak mikro gözenekler yıkılır (İrkeç ve ark., 1993). Sepiyolitte ortalama mikropor çapı 15 Å, mezoporların yarıçapı ise 15 ile 45 Å arasındadır. Teorik olarak sepiyolit için 400 m²/g dış yüzey ve 500 m²/g iç yüzey alanı saptanmıştır (Serna ve ark., 1979). Sepiyolit, genellikle su ve amonyum gibi polar moleküller ile polar olmayan bileşikler ve nispeten daha az miktarda metil ve etil alkoller adsorplayabilmektedir. Ancak, polar olmayan bileşiklerin adsorpsiyonu dış yüzeylerle sınırlı olup tutulan molekülün boyutuna ve şekline bağlıdır (Alvarez, 1984).

Sepiyolit yüksek adsorpsiyon özelliğinden dolayı bir adsorbent olarak başlıca kullanım alanları şunlardır:

- 1) Koku giderici olarak çiftlik ve ahırlarda, evcil hayvanlar ve ahır hayvanlarının atıklarının emilmesi ve koku giderilmesi için zeminlerde (pet-litter),
- 2) Tarım ve böcek ilaçları taşıyıcısı olarak,
- 3) Madeni esaslı yağlar, nebati yağlar ve parafinlerin rafinasyonunda,
- 4) Atık su arıtma sistemlerinde,
- 5) Karbonsuz kopya kağıtları ve sigara filtrelerinde,
- 6) Gastrointestinal sistemle ilgili ilaçlarda toksin ve bakteri emici formülasyonlarda,
- 7) Deterjan ve temizlik maddelerinde (Singer ve ark., 1984).

2.2. Katalitik Özellikleri

Büyük yüzey alanı, mekanik dayanım ve termal duyarlılığından dolayı son zamanlarda sepiyolit granülleri, katalizör taşıyıcı olarak simektit ve kaolin grubu minerallere tercih edilmektedir. Kil minerallerinin katalitik aktivitesi, bunların yüzey aktivitelerinin bir fonksiyonudur. Sepiyolit partiküllerinin yüzeyindeki Silanol (Si-OH) grupları, belli derecede

asit özelliğe sahiptir ve katalizör ya da reaksiyon merkezi olarak davranabilir. Bu gruplar, mineralin lif eksenini boyunca 5 Å ara ile sıralanmışlardır. Sepiyolit asitle muamelesi, adsorbe katyonların uzaklaştırılması ve yüzey alanında artışa yol açar, gözenek dağılımı ve kristallik derecesini etkiler (İrkeç ve ark., 1993).

Geniş yüzey alanı, mekanik dayanım ve termal duyarlılığından dolayı son zamanlarda sepiyolit granülleri katalizör taşıyıcı olarak smektit ve kaolin grubu minerallere tercih edilmektedir. Hidrojenasyon, denitrojenasyon, demetilizasyon, etanolden butadien ve metanolden hidrokarbon eldesi gibi birçok katalitik süreçte Co, Ni, Fe, Cu, Mo, W, Al, Mr'un katalitik destekleyicisi olarak sepiyolit kullanılmaktadır (Singer ve ark., 1984). Sepiyolit hem asidik hem de bazik merkeze sahip olması nedeniyle, asit-baz çift fonksiyonlu bir katalizördür (Çeşitli, 1985). Sepiyolit katalitik uygulamaları şunlardır:

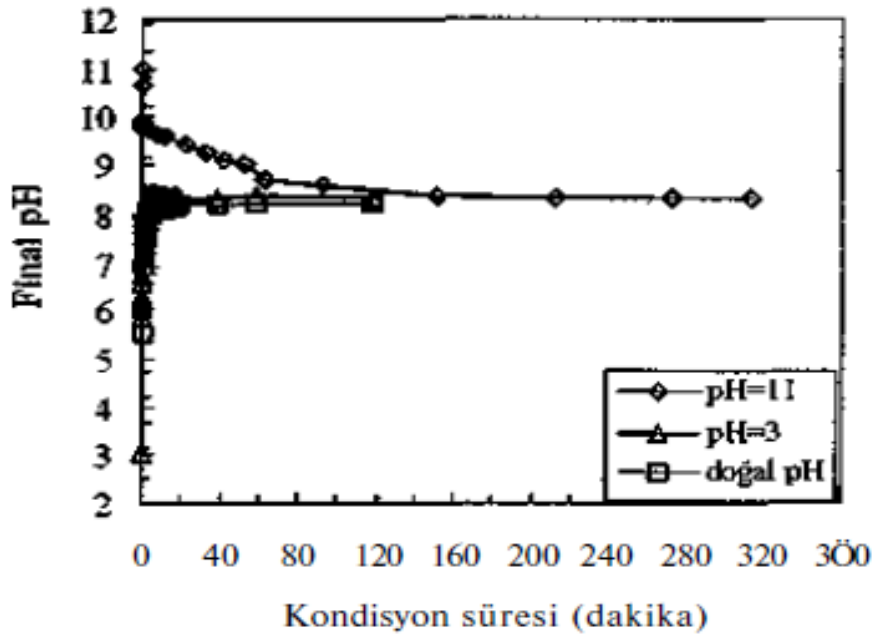
1. Olefinlerde doyum olmayan C=C bağlarının hidrojenasyonu,
2. Otomobil egzozları ve fabrika bacaları için katalitik seramik filtre imali,
3. Etanolden butadien üretimi,
4. Metanolden hidrokarbon üretimi,
5. Sıvı yakıtların hidrojenasyonu (Singer ve ark., 1984).

Günümüzde sepiyolit, yüksek yüzey alanı, lifli yapısı, porozitesi, kristal morfolojisi ve kompozisyonu, yüzey aktivitesi, düşük konsantrasyonlarda yüksek viskoziteli duyarlı süspansiyonlar oluşturması vs. gibi teknolojik uygulamalara baz teşkil eden sorptif, katalitik ve reolojik özelliklerden dolayı sayısız kullanım alanına sahiptir (Sabah ve Çelik, 1999). Kil minerallerinin katalitik aktivitesi, bunların yüzey aktivitelerinin bir fonksiyonudur. Heterojen katalizörlerin etkinlik, seçicilik, büyük yüzey alanı, mekanik sağlamlık ve termal dayanıklılık gibi önemli özellikleri, katalizör taşıyıcının gözenekli yapısı ile yakından ilgilidir. Bu ve buna benzer özelliklerinden dolayı sepiyolit minerali, son zamanlarda katalizör taşıyıcı olarak smektit ve kaolin grubu minerallere tercih edilmektedir.

2.3. Kolloidal Özellikleri

Sabah (1998) tarafından sepiyolit kolloidal davranışını belirleyebilmek için %10 kah oranındaki bir süspansiyonda doğal, asidik ve bazik pH'larda zamana bağlı olarak yapılan ölçümlerde, Sepiyolit kendi tabii denge pH'sına (pH=8,5) yaklaşık 18 dakikada ulaştığı, buna

karşılık başlangıç pH'sı 3'e ayarlanan sepiyolit süspansiyonunun 14 dakika içinde, başlangıç pH'sı 11'e ayarlanan süspansiyonun ise 3-5 saat içinde tabi denge pH'sına ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 2). Buradan sepiyolit süspansiyonlarının her ortamda pH=8,5 civarında tampon bir pH oluşturdıkları anlaşılmaktadır. Katı konsantrasyonuna bağlı olarak yapılan zeta potansiyel ölçümleri, sepiyolit düşük kah konsantrasyonlarında (2-4 mg/ml) negatif yük sergilediğini ve zeta potansiyelin $-15,4 \pm 2$ mV civarında sabit kaldığını göstermiştir. Bu durum, sepiyolit tuz tipi minerallerden çok kil gibi davrandığına işaret etmektedir. Yine beyaz ve kahverengi Türk sepiyolitleri ile pH'ya bağlı olarak yapılan zeta potansiyel ölçümlerinde, beyaz sepiyolit sifir yük noktası (syn) pH=4 civarındadır. (Sağlam, 1996), Kahverengi sepiyolit syn'si ise pH=5 civarında bulunmuş ve katyon değişiminden dolayı özellikle çok değerlikli iyonların (Ca^{+2} , Al^{+3} , Pb^{+2} , Co^{+2}) magnezyum ile yer değiştirerek yüzeyin yükünü belirlemede önemli rol oynadıkları tespit edilmiştir (Sabah, 1998).



Şekil 2. Değişik Başlangıç pH'larda Kıvamlandırılan Sepiyolit Süspansiyonlarının pH-Profilleri (Sabah, 1998).

2.4. Altın ve Gümüşün Genel Özellikleri

Element olarak, periyodik cetvelin 1B alt grubunda bulunan altının kimyasal sembolü, Au, atom numarası 79, atom ağırlığı 196,967, özgül ağırlığı 19,3, erime ısısı 1063°C 'dir. Altın; parlak, sarı, yumuşak ve işlenebilir bir metaldir. Yüksek korozyon direncine sahip altın

yanmaya, sülfürlenmeye ve oksitlenmeye karşı da dayanıklıdır. Aynı zamanda yüksek elektrik, ısı iletkenliğine ve iyonlaşma direncine sahiptir. Özelliklerini geliştirmek için diğer metallerle kolayca alaşım yapılabilir (Akçıl ve ark, 2006).

Gümüş, periyodik cetvelin birinci gurubuna dahil bir metal olup soy metallerdendir. Yer kabuğunda çok az bulunan gümüşün kimyasal sembolü (Ag), atom numarası 47, atom ağırlığı 107,880, yoğunluğu 10,50 g/cm³ ve erime ısısı 960°C'dir. Saf gümüş kolaylıkla paslanmaz, ancak atmosfere bırakıldığında parlaklığını kaybederek donuklaşır. Elektrik ve ısıyı çok iyi iletir (Greenwood ve Earnshaw, 1997).

2.5. Siyanür Liçi

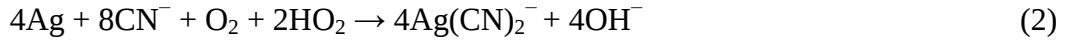
Siyanür liçi, cevherlerden altının kazanımında kullanılan en yaygın yöntemdir (Zhang, 2004). Dünyada 2000 yılı itibariyle altın ve gümüş kazanımı üzerine 875 işletme bulunmaktadır ve bu işletmelerden yaklaşık 500'ü önemli altın ve gümüş üreticisidir. Günümüzde altının %90'dan fazlası siyanür kullanılarak kazanılmaktadır (Mudder ve Botz, 2001, 2004; Akcil, 2006). Cevherin oluşum şekli, mineral içeriği ve mineral boyutuna bağlı olarak, altın ve gümüş içeren cevherlerin değerlendirilmesinde, genel olarak kimyasal çözündürme yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntem, katı fazdaki kıymetli metalin (altın, gümüş), seyreltik siyanür çözeltisinde O₂'nin varlığında çözündürülmesi ve çözeltiden tekrar kazanılması olarak tanımlanır. Yöntemin ana prensibi, oksijenin bulunduğu alkali ortamda (pH 10,5–11) altının siyanür ile bileşik oluşturarak katı fazdan çözelti fazına alınmasıdır. Böylece oluşan altın içerikli çözeltiye yüklü çözelti denir (Longsdon ve ark., 1999; Selengil, 2005).

Siyanür prosesinde altın, ortama verilen hava (O₂) ile Au⁺'ya oksitlenmekte ve serbest siyanürle kompleks oluşturarak, Au(CN)₂⁻ şeklinde çözünmektedir. Siyanür ile altının liçi için genel reaksiyon Tepkime 1'de ifade edilebilir (Zhang, 2004; Hilson ve Monhemius, 2006).

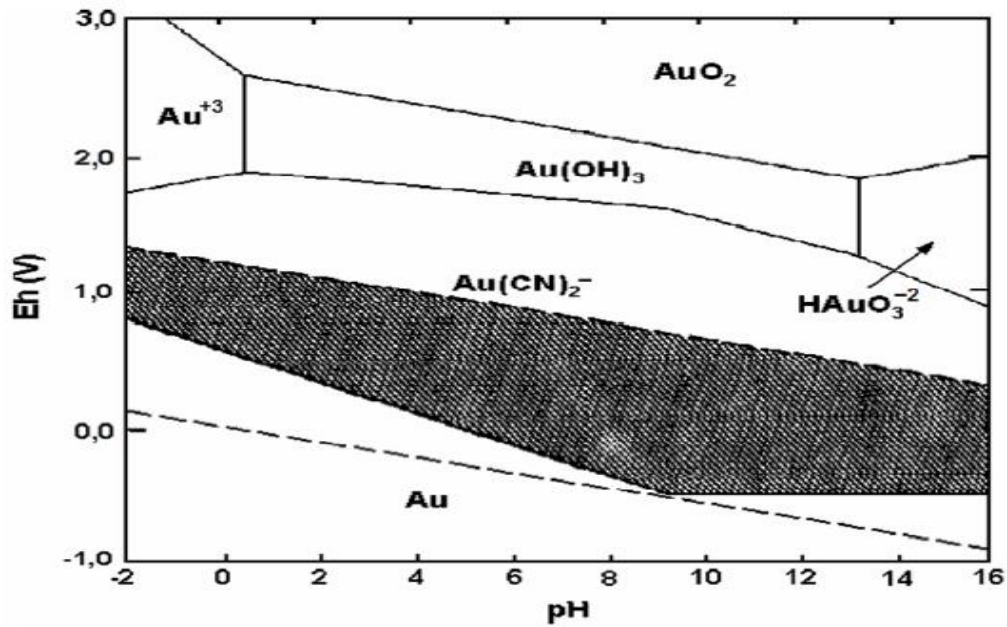


Altın cevherleri, bakır, gümüş ve nikel gibi, metal minerallerini de içermekte ve bu mineralleri oluşturan metaller siyanürle az ya da çok reaksiyona girerek altınla birlikte çözeltiye geçmektedir (Sayiner, 2012).

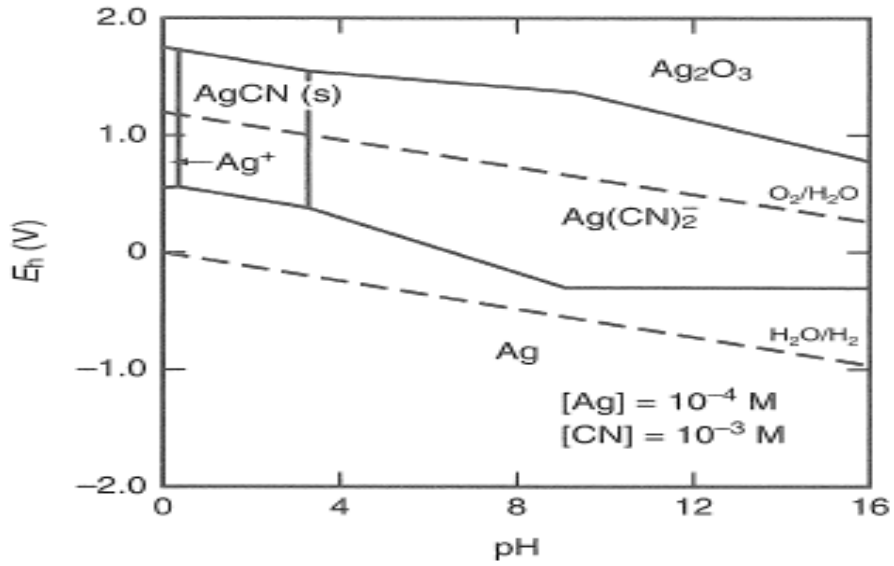
Altın ile birlikte ekonomik miktarlarda bulunabilen gümüş minerallerinin siyanür çözeltilerindeki davranışları önemlidir. Siyanür çözeltilerinde altına benzer bir davranış gösteren gümüşün çözünmesi Tepkime 2' de verilmektedir (Habashi, 1999).



Şekil 3'de 25°C'de ve 10^{-3} M CN^- konsantrasyonunda altın-su-siyanür-oksijen sistemi için Eh-pH diyagramı görülmektedir. Bu diyagramda gösterilmiş olan kesikli iki çizgi arası suyun kararlı olduğu bölgedir. Taralı alan, geniş bir pH aralığında siyanür çözeltilerinde altının $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ olarak kararlı olduğu bölgeyi göstermektedir. Şekil 4'de 25°C'de gümüş-su-siyanür sistemi için Eh-pH diyagramı görülmektedir (Marsden ve House, 2006).

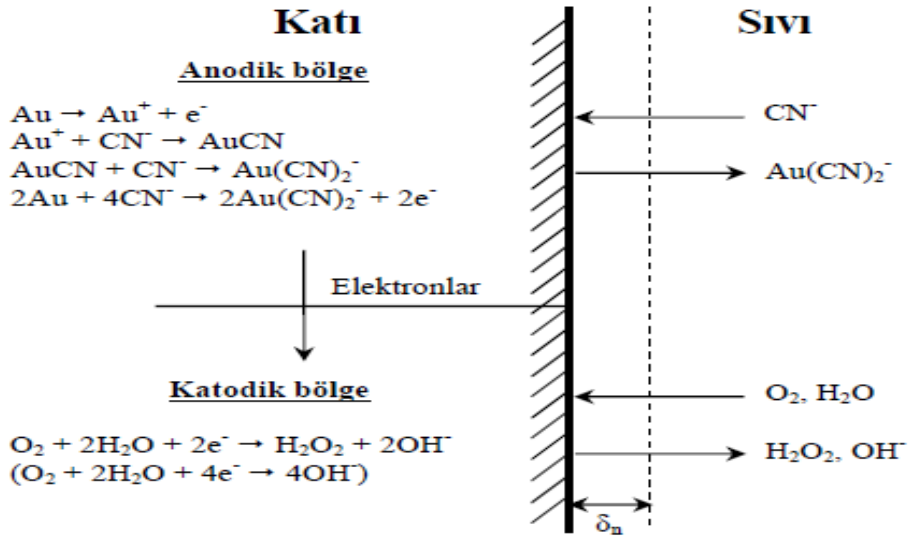


Şekil 3. 25°C'de ve 10^{-3} M CN^- Konsantrasyonunda Altın-Su-Siyanür-Oksijen Sistemi İçin Eh-pH Diyagramı (Hiskey ve Atluri, 1988).



Şekil 4. 25°C’de Gümüş-Su-Siyanür Sistemi İçin Eh-pH Diyagramı (Marsden ve House, 2006).

Siyanür çözeltisinde altının çözünmesinde gerçekleşen tepkimeler şematik olarak Şekil 5’de gösterilmiştir (Yannopoulos, 1991).



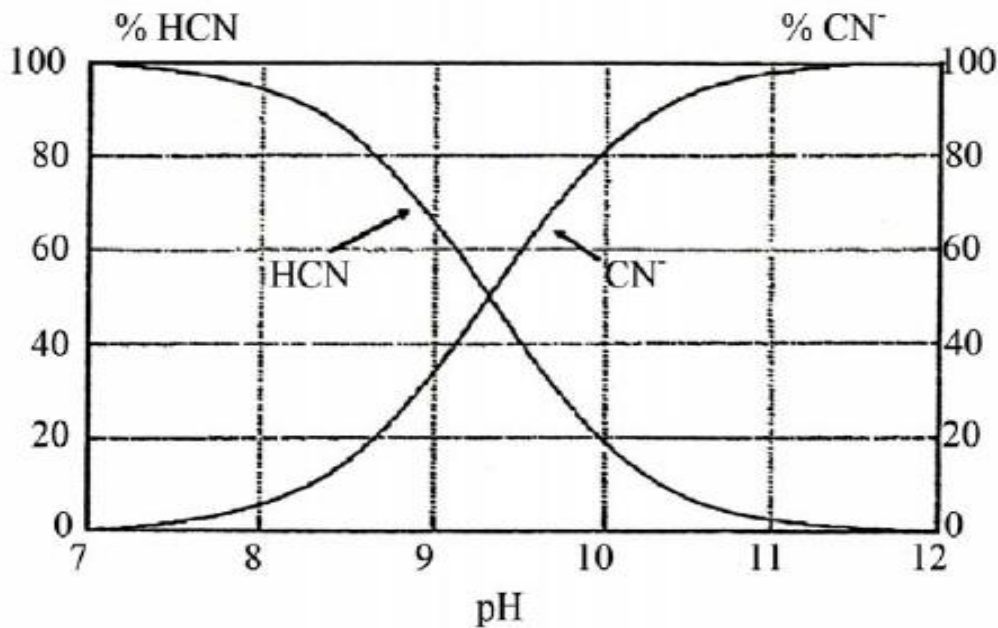
Şekil 5. Siyanür Çözeltisinde Altının Çözünmesinde Gerçekleşen Katı-Sıvı Tepkimelerinin Şematik gösterimi (Ling, 1994; Marsden ve House, 2006).

Altının siyanür çözeltisinde çözünmesi elektrokimyasal bir işlemdir. Siyanür prosesi, katotta oksijenin indirgenmesi ile altının anodik olarak çözünmesini içermektedir (Nicol, 1980).

Siyanür iyonu (CN^-), su içinde ortamın pH'ına bağlı olarak moleküler formda hidrojen siyanür (HCN) ve hidroksil (OH^-) iyonlarına hidroliz olmaktadır. Siyanür iyonlarının liç etkinliği ve HCN olarak buharlaşma yoluyla siyanür kaybı gibi iki önemli nedenden dolayı dikkatli pH kontrolü gerektiren liç sisteminde, pH'ın fonksiyonu olarak çözeltideki serbest siyanür ve hidrojen siyanür oranları Şekil 6'de gösterilmiştir.



Hidrojen siyanür oluşumu, bu gazın çok zehirli olmasından dolayı sakıncalıdır. Ayrıca liç için mevcut siyanürün miktarında da azalmaya neden olmaktadır. Hidrojen siyanür oluşumunu en aza indirmek için kireç veya kostik soda kullanılarak pH'ın 10,5 ile 11 arasında ayarlanması gerekmektedir. Genel olarak ucuz olmasından ve ayarlayıcı özelliğinden dolayı kireç kullanılmaktadır (La Brooy ve ark., 1994).



Şekil 6. pH'ın Fonksiyonu Olarak Siyanürün ve Hidrojen Siyanürün Davranışı (Mordoğan 1997; Mudder ve Botz, 2001).

2.6. Adsorpsiyon

2.6.1. Katı Yüzeye Adsorpsiyon

Katıyı bir arada tutan kuvvetler, iyon, atom, ya da moleküllerin çevresinde bir kuvvet alanı oluşturmakta ve bu kuvvet alanı katı yüzeyinde sınırlanmamakta; yüzeyden belli bir uzaklığa kadar boşluğa taşmaktadır. Katı yüzeyindeki, doyumluğa ve dengeye ulaşmamış bu kuvvet, yüzeye temas eden diğer maddeleri çekmektedir. Böylece katı bir yüzeye temas eden gaz ya da sıvının katı yüzeyindeki konsantrasyonu, dışa göre her zaman daha yüksek olmaktadır. Yüzeydeki bu konsantrasyon fazlalığını oluşturan prosese adsorpsiyon adı verilmektedir. Katı yüzeyindeki kuvvetler, gaz ya da sıvıların adsorpsiyonu ile kısmi olarak dengelenmektedir. Yüzeye tutunan (adsorbe olan) maddeye, adsorbat, adsorbe edene ise adsorbant adı verilmektedir (Özdemir, 2005).

2.6.2. Siyanür Liçinde Altın - Aktif Karbon Adsorpsiyon Mekanizması

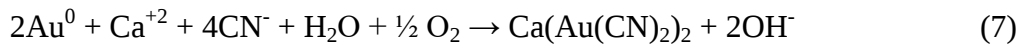
Siyanür liçi çözeltilerindeki Au(CN)_2^- 'nin aktif karbona adsorpsiyonunun, $\text{M}^{+n}(\text{Au(CN)}_2^-)_n$ bileşiğinin oluşmasıyla gerçekleştiği kabul edilmektedir. M^{+n} ; Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ ve K^+ gibi metal iyonlarını temsil etmektedir. M^{+n} toprak alkali olduğunda, alkali metallerinkinden daha kuvvetli adsorpsiyon sağlamaktadır. Buna göre, M^{+n} , kuvvetli adsorpsiyon sağlayandan zayıfa doğru aşağıdaki sırayı izlemektedir (Adams, 1990; McDougall ve ark., 1980):



Buna göre, Ca^{+2} , altının aktif karbona en kuvvetli adsorpsiyonunu sağlamaktadır. Siyanür liçi tesislerinde Na ya da K-siyanür ile birlikte, pH'ı yükseltmek için ilave edilen Ca(OH)_2 nedeniyle Ca^{+2} iyonunun liç çözeltilerinde bol miktarda bulunması, altının aktif karbona adsorplanmasında önem arz etmektedir. Ca^{+2} , altının adsorpsiyon kinetiğini ve kapasitesini arttırmaktadır. Liç çözeltisinde, Na ve K iyonları konsantrasyonları çözeltide Ca^{+2} konsantrasyonunun 3 katı kadar arttırılsa dahi Au-siyanür yüklenmesi artmamaktadır. Bu nedenle Na ve K iyonlarının, Au(CN)_2^- adsorpsiyonunda Ca kadar etkili olmadığı sonucuna varılmaktadır (Romero ve Sampaio, 1993; McDougall ve ark., 1980).

Ag iyonları, Au'nun adsorpsiyon verimini ve kinetiğini düşürmektedir. Çözeltilerdeki Ag iyonu konsantrasyonu arttıkça Au adsorpsiyon verimi düşmektedir. Bu düşme 200 ppm Ag konsantrasyonunda %20'leri bulmaktadır. Bu nedenle, altının yanında önemli oranda gümüş içeren cevherlere karbon adsorpsiyonu yöntemini uygulamak uygun olmamaktadır (Sayiner, 2012).

Literatüre göre Ca^{+2} iyonu, $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ ile iyonik $\text{Ca}(\text{Au}(\text{CN})_2^-)^+$ ve kovalent bağlı $\text{Ca}(\text{Au}(\text{CN})_2^-)_2$ komplekslerini oluşturarak adsorpsiyon sağlamaktadır (Davidson ve Sole, 2007). $\text{Ca}(\text{Au}(\text{CN})_2^-)_2$, 7 nolu reaksiyon denklemine göre oluşabilmektedir:



K-aurosianür, sentetik çözeltilerde yüksek çözünürlüğe sahip olurken (25°C'de 55-90 g/l) Na-aurosianür 25°C'de ancak 5-25 g/l çözünabilmektedir. Bu bileşiklerin çözünürlüğü sıcaklığa ve çözeltinin iyonik şiddetine bağlı olmaktadır. Çözünürlüğü düşük olan $\text{Ca}(\text{Au}(\text{CN})_2^-)_2$ kompleksinin aktif karbona adsorpsiyonu, iyonik $\text{Ca}(\text{Au}(\text{CN})_2^-)^+$ bileşiğine göre kuvvetle mümkün görünmektedir.

Tipik tesis çözeltilerinden altının elektrolitik kazanımının mümkün olmaması daha stabil kovalent bileşiklerin varlığına işaret etmektedir. Kalsiyum kompleksinin, potasyum ve Na-aurosianürlere göre düşük çözünürlüğü, $\text{Ca}(\text{Au}(\text{CN})_2^-)_2$ bileşiğinin aktif karbona seçimli olarak adsorbe olmasını açıklamaktadır (Woollacott ve ark., 1993; Jia ve ark., 1998).

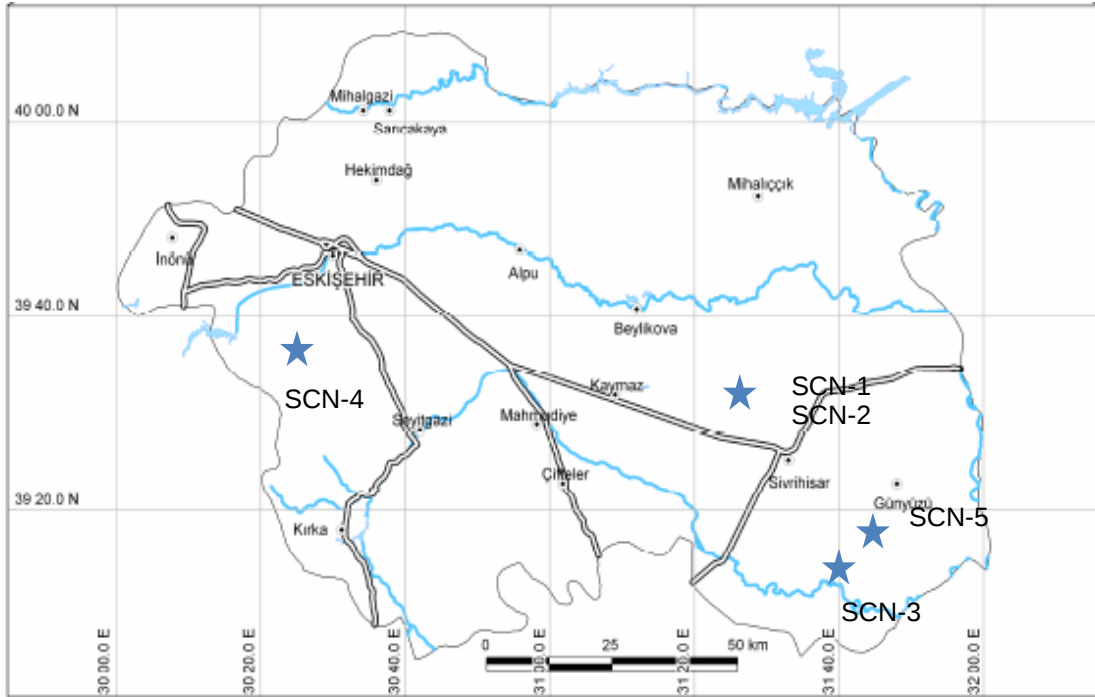
3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Deneyde 5 farklı sepiyolit numunesi kullanılmıştır. Numunelerin ikisi Sakarya mineral'den olmak üzere, Dolsen madencilik, Öz Maltaş madencilik ve Turan madencilikten temin edilmiştir. Numunelerin temin edildikleri firma ve lokasyonları, Tablo 3 ve Şekil 7'de verilmektedir.

Tablo 3. Sepiyolit Numunelerinin Lokasyonları.

Kod	Firma	Lokasyon
SCN-1	Sakarya Mineral	Eskişehir, Beylikova, Yukarı-dudaş
SCN-2	Sakarya Mineral	Eskişehir, Beylikova, Yukarı-dudaş
SCN-3	Dolsen Madencilik	Eskişehir, Sivrihisar, Yenidoğan-Karacaören
SCN-4	Öz Maltaş Madencilik	Eskişehir, Körpe
SCN-5	Turan Madencilik	Eskişehir, Sivrihisar, Kurtşeyh



Şekil 7. Yer Bulduru Haritası (Eskişehir, Türkiye).

Birinci ve ikinci numuneler Sakarya Mineralden gelmiştir. Bu numuneler SCN-1 ve SCN-2 olarak isimlendirilmiştir. Üçüncü numune Dolsen Madencilikten gelmiştir ve bu numune SCN-3 olarak isimlendirilmiştir. Dördüncü numune Öz Maltaş Madencilikten gelmiştir ve bu numune SCN-4 olarak isimlendirilmiştir. Beşinci numune ise Turan Madencilikten gelmiştir ve bu numune SCN-5 olarak isimlendirilmiştir.

3.2. Karakterizasyon Deneyleri

Karakterizasyon çalışmaları öncesinde, numuneler, kırılıp, öğütüldükten sonra yaş eleme ile 0,063 mm altına geçirilmiştir.

3.2.1. XRD

Mineralojik karakterizasyon testleri Shimadzu XRD-6000 model difraktometre cihazı ile Cu X-Işını tüpü ($\lambda = 1,5405$ Angstrom) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler Agatta öğütüldükten sonra, 2θ 2° - 70° arasında, $0,05^\circ/\text{dk}$ ganyometre hızında ölçüm yapılmıştır.

3.2.2. SEM-TEM

4 adet sepiyolit numunesinin (SCN-2, SCN-3, SCN-4 ve SCN-5) morfolojik ve dokusal ilişkisi Taramalı elektron mikroskobu kullanılarak belirlenmiştir. SEM gözlemleri, 20 kV'da çalışan JEOL JSM 6510LV model mikroskop kullanılarak yapılmıştır.

Etil alkol içinde süspansiyona alınan toz örnekler 30 dk süreyle ultrasonik temizleyicide karıştırıldıktan sonra, delikli karbon ızgara üzerine şırıngayla bir damla damlatılarak, en az bir gece süreyle kurutulduktan sonra, TEM çekimleri JEOL 2100F HRTEM model yüksek çözünürlüklü transmisyon elektron mikroskobu ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Kimyasal Analiz

100 μm altına öğütülen sepiyolit numuneleri, belirli bir basınç altında preslenmiş ve tablet haline getirilmiştir. Tablet haline getirilen numunenin kimyasal analizi standarda uygun şekilde Panalytical B. V. MiniPal model X-Işınım Floresans (XRF) ekipmanı ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. FTIR

FTIR analizleri ($450\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$) doğal sepiyolitlerin fonksiyonel gruplarını görmek için KBr pellet kullanılarak, Perkin Elmer Spektrum bir spektrofotometre ile oda sıcaklığında kaydedilmiştir.

3.2.5. Tane Boyut Analizi

Numunelerin tane iriliği dağılımı Malvern Zeta-sizer Nano ZS-3600 cihazında ölçülmüştür. Numuneler 0,25 M NaOH ve destile su içinde mekanik karıştırıcıda 15 dakika karıştırıldıktan sonra, bir miktar numune alınıp seyreltilmiş ve ultrasonik prop ünitesinde 20 şiddetinde 10 dakika karıştırılıp 1 μm elekten süzildükten sonra lazer tekniği ile çalışan Malvern Nanosizer zs-3600 cihazında numunelerin tane iriliği dağılımı ölçülmüştür.

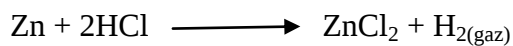
3.2.6. Yüzey Alanı

A NOVA 2200 E model yüzey analizi cihazı N_2 adsorpsiyon- desorpsiyon izotermeleri esas alınarak numunelerin özgül yüzey alanlarını belirlemek için kullanılmıştır. Tüm numuneler aynı şekilde ön işleme tabi tutulmuş ve analiz edilmiştir. 2,3 g ham numune manuel olarak havanda toz boyutuna getirildikten sonra 2 saat boyunca oda sıcaklığında gaz giderme işlemi uygulanmış ve sonrasında 4 saat 110°C 'de 2 $\mu\text{m Hg}$ 'lik indirgemiş basınçta işlem görmüştür. İzotermeler, önceden sabitlenmiş 40-points P/P0 tablodan ve izotermelerin tekrarlanabilirliği kontrol edilerek elde edilmiştir.

3.3. Adsorbsiyon Deneyleri

3.3.1. Çinko Klorür

Deneylerde kullanılmak üzere 1 normalite çinko çözeltisi hazırlanmıştır. Bu kapsamda, 65,4 gr çinko, 200 ml HCl asit ile karıştırılmış ve 1 normalite elde edebilmek için karışım saf su ile 1 L'ye tamamlanmıştır. Oluşturulan ZnCl_2 çözeltisinin pH'ı 1,58 olarak ölçülmüştür.



Çinko klorür ($ZnCl_2$) çözeltisinin tutulması çalışması sırasında, Deneylerde, tane boyutu $-300\mu m + 106\mu m$ olan SCN-4 numunesi litrede 10 gr olacak şekilde kullanılmıştır. Cam erlenlerde gerçekleştirilen deneylerde; 100 ml $ZnCl_2$ çözeltisine 1 gram sepiyolit (SCN-4) numunesi eklenmiştir. Deneyin pH'ını ayarlamak için çözeltiye NaOH eklenmiştir. Çözelti üç farklı pH değerine (6, 8 ve 11,6) ayarlanarak 1 saat Orbital Shaker çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Karıştırma işleminden sonra çözelti filtre kâğıtlarında süzülmüştür. Süzölmüş çözeltinin pH ölçümü pH metre ile gerçekleştirilerek, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (ASS) cihazı ile analiz gerçekleştirilmiştir.

3.3.2. Altın-Siyanür

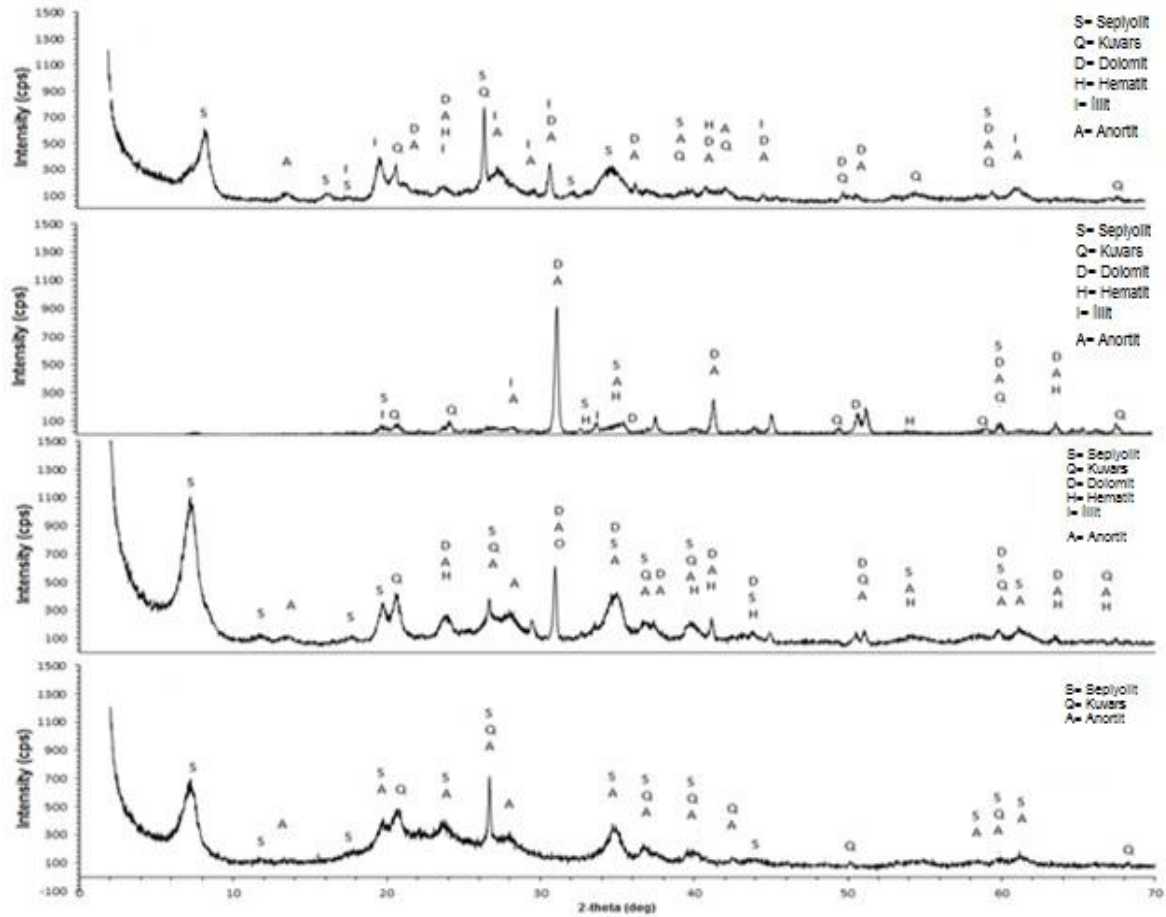
Altın-siyanür absorpsiyon deneylerinde; Gümüştaş Madencilik ve Ticaret A.Ş. firmasından temin edilen altın ve gümüş içeren yüklü siyanür çözeltisi deneylerde kullanılmıştır.

Altın siyanür kompleksinin tutunması çalışmaları sırasında kesikli sistem denemeleri, kapalı cam erlenlerde, hızı 0-360 dev/dk. arasında ayarlanabilen orbital shaker ve manyetik karıştırıcı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon için gerekli olan sürenin belirlenmesinde, Gümüştaş A.Ş.'den temin edilen altın-gümüş kompleks siyanür çözeltisi (yüklü çözelti), her bir deney için 250 ml alınarak, kapaklı erlenlerin içerisine konularak başlangıç pH ölçüldükten sonra, tane boyutu $-300 + 106$ mm olan sepiyolit numunesi (SCN-5) 2,5 gram olarak yüklü çözelti içerisine eklenmiştir. Daha sonra erlenlerin kapakları kapatılarak, orbital shaker çalkalayıcıya yerleştirilerek, 150 devir/dk hızda oda sıcaklığında ($20-22^{\circ}C$) çalkalanmaya başlanmıştır. Optimum temas süresini bulmak için, 0,30 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 ve 3,0 saat sürelerinde erlenler çalkalayıcıda yerleştirilmiştir. Her bir süre sonunda erlenlerin içerisinde çözelti, filtre edilmiştir. Süzölmüş çözeltinin pH ölçümü pH metre ile gerçekleştirilerek, altın, gümüş ve diğer metaller için ayrı ayrı Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (ASS) cihazı ile analiz edilmiştir. Tüm deneylerin başlangıç pH ve Altın ve Gümüş miktarları deneylere başlamadan orijinal numuneden örnek alınarak yapılmıştır. Manyetik karıştırıcıda aynı deneyler 225 devir/dk hızda ve 1 saat olarak yapılmıştır.

Desorpsiyon çalışması kapsamında, sepiyolit numuneleri üzerine adsorbe olan altın siyanür kompleksi aynı süre ve şartlarda orbital shaker ve manyetik karıştırıcıda saf su ile içerisinde desorpsiyon çalışmaları yapılmış ve deney sonuçları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (ASS) cihazı ile analiz edilmiştir.

4. BULGULAR

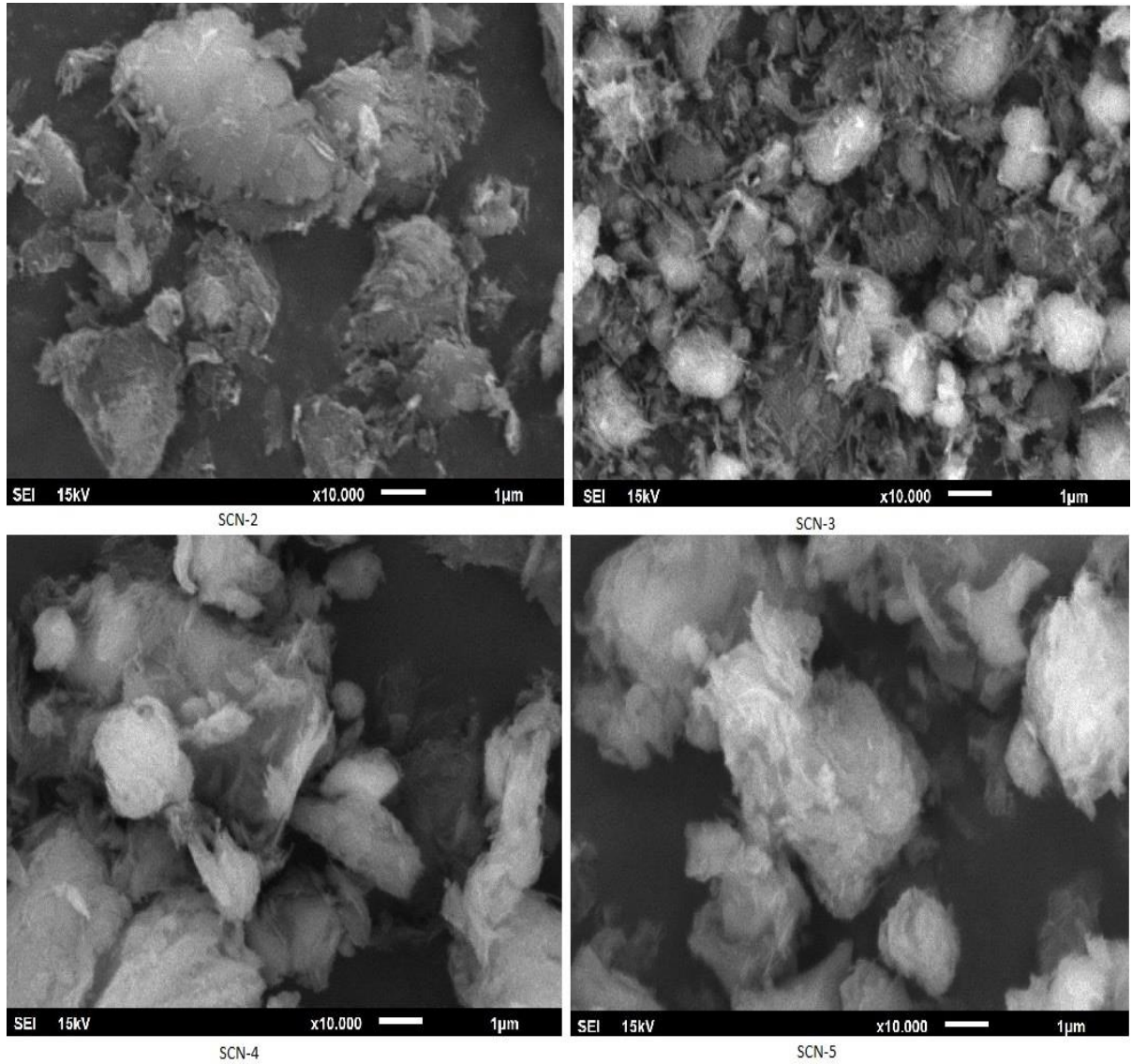
Örneklerin nerdeyse tamamının saf olduğu tespit edilmiştir. Şekil 8’de örneklerin XRD görüntüleri gösterilmektedir. Tüm örneklerde sepiyolit yansımaları görülmektedir. Ancak bu örneklerin daha detaylı bir çalışması, bize bazı farklılıkları ortaya koymak için olanak sağlayacaktır. SCN-2 örneğinin XRD analizinde sepiyolit ve kuvars ana bileşenleri, dolomit, feldspat, hematit ve illit ise iz elementleri olduğu tespit edilmiştir. SCN-4 örneğinde de benzer sonuçlar görülmektedir. Ana bileşenleri sepiyolit, dolomit ve kuvars, iz elementleri ise feldspat ve hematit olduğu görülmektedir. SCN-3 örneğinde ana bileşenler dolomit ve sepiyolit, iz elementler ise kuvars, feldspat, hematit ve illit olduğu görülmektedir. Kurtşeyh bölgesinden alınan SCN-5 örneğinde ise ana bileşenler sepiyolit ve kuvars, iz elementi ise feldspat olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, SCN-5 örneğinde hematit veya dolomit mineralleri gözlenmemiştir.



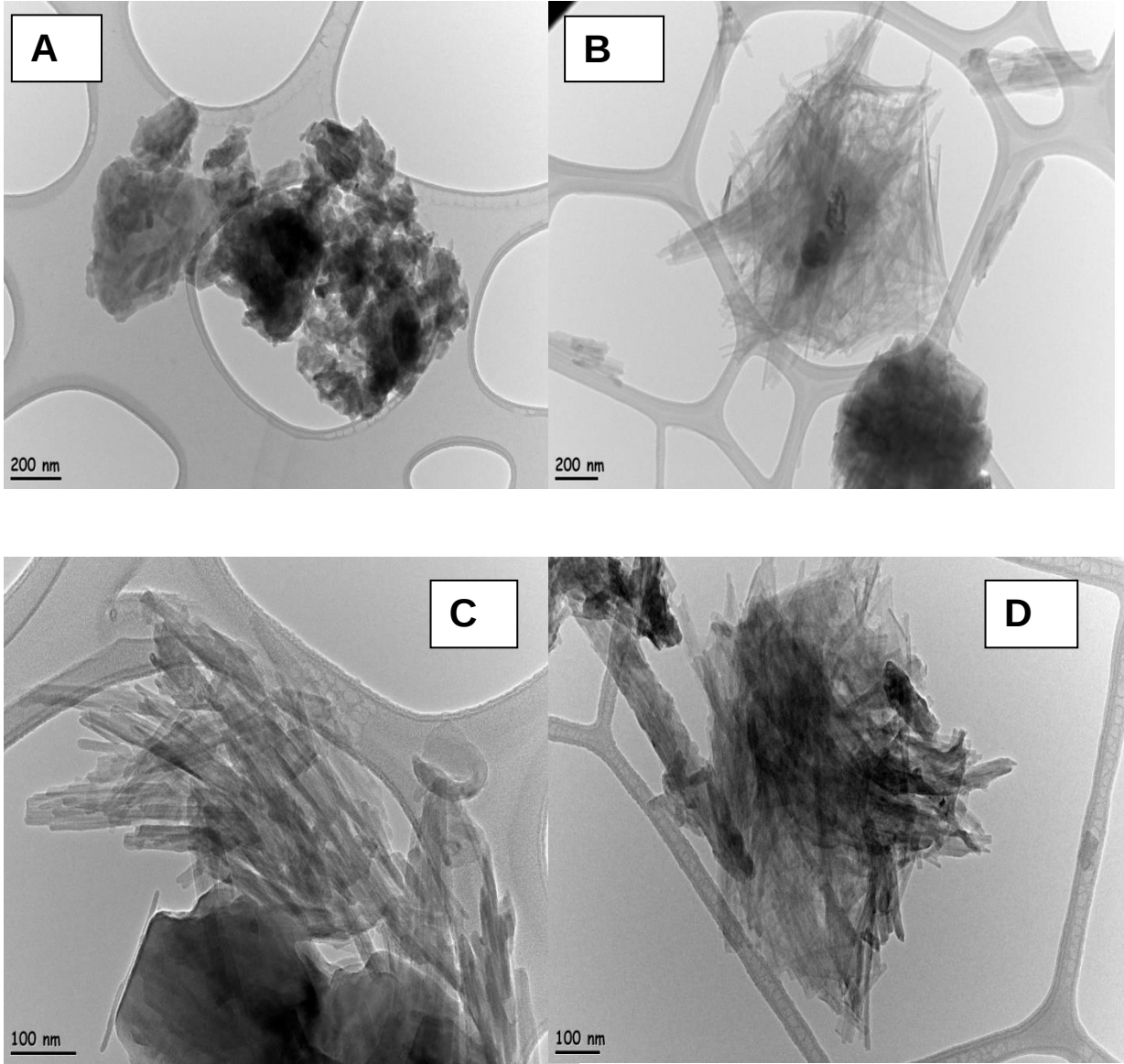
Şekil 8. Örneklerin XRD sonuçları.

Örneklerin SEM görüntüleri Şekil 9’da gösterilmektedir. Tüm görüntülerde lifli yapı görülmektedir. Örneklerin tümünde boyutları 5-10 mikron civarında lif demetleri gözlemlenmiştir (Şekil 9). Numunelerin SEM görüntülerinde önemli farklılıklar saptanmamıştır.

Dokusal özellikler taramalı elektron mikroskobu (TEM) tarafından belirlenmiştir ve tüm örnekler karakteristik lifli bir morfoloji sunduğu doğrulanmıştır (Şekil 10). Numuneler makroskobik ve kil sepiyolitlerin lif uzunluğuna bağlı olarak farklı bir şekilde sınıflandırılabilirler. Ancak, Lif enine kesitleri sonucuna göre tüm numuneler nanometre boyutundadır. Lifler yaklaşık 1 μm ’dan daha az uzunlukta olduğu görülmektedir (Şekil 10-B, C ve D). Ancak, SCN-2 örneğinde lifli yapı tespit edilmemiştir.



Şekil 9. Örneklerin SEM görüntüleri.



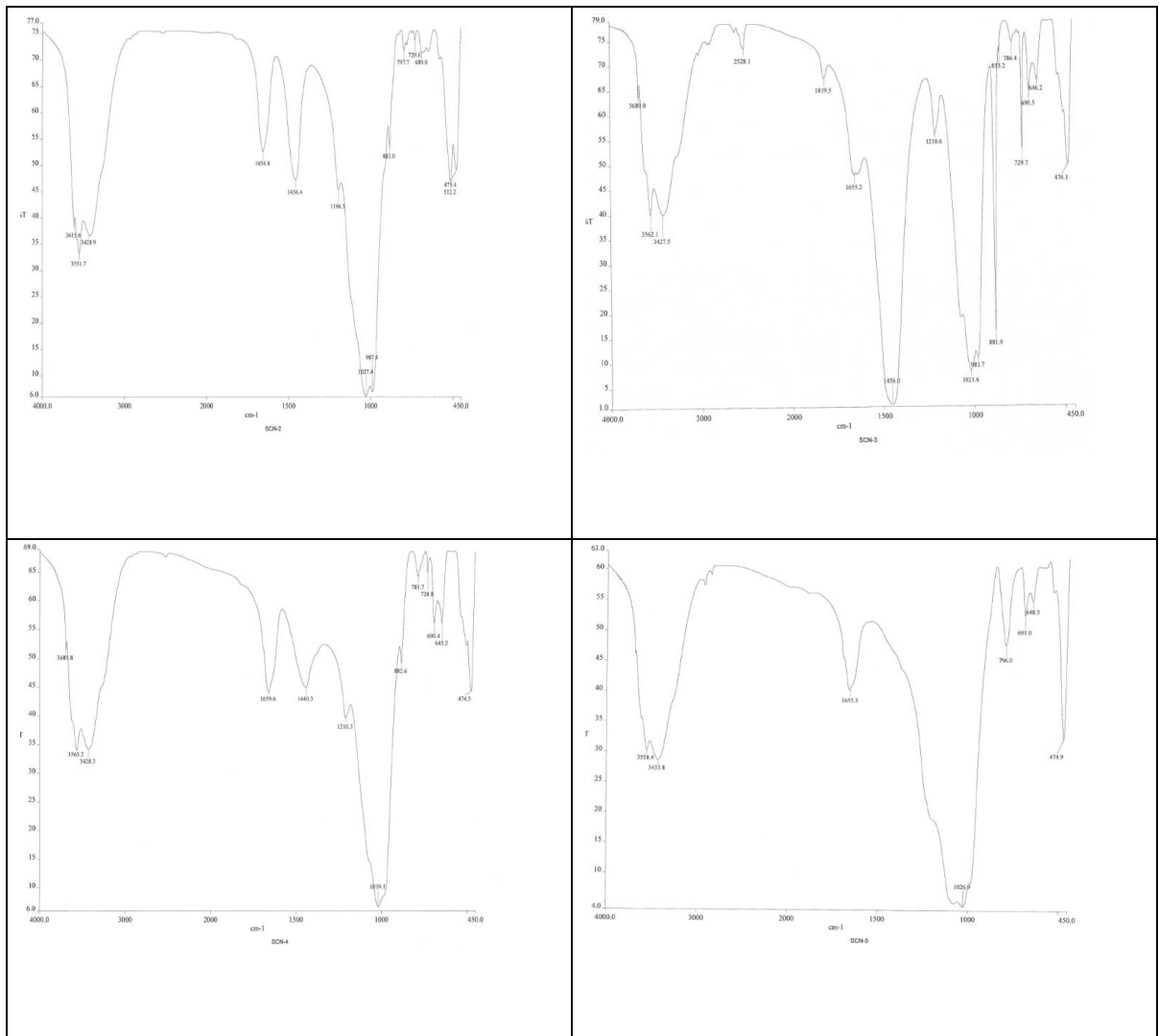
Şekil 10. Örneklerin TEM görüntüleri A: SCN-2, B: SCN-3, C: SCN-4 ve D: SCN-5.

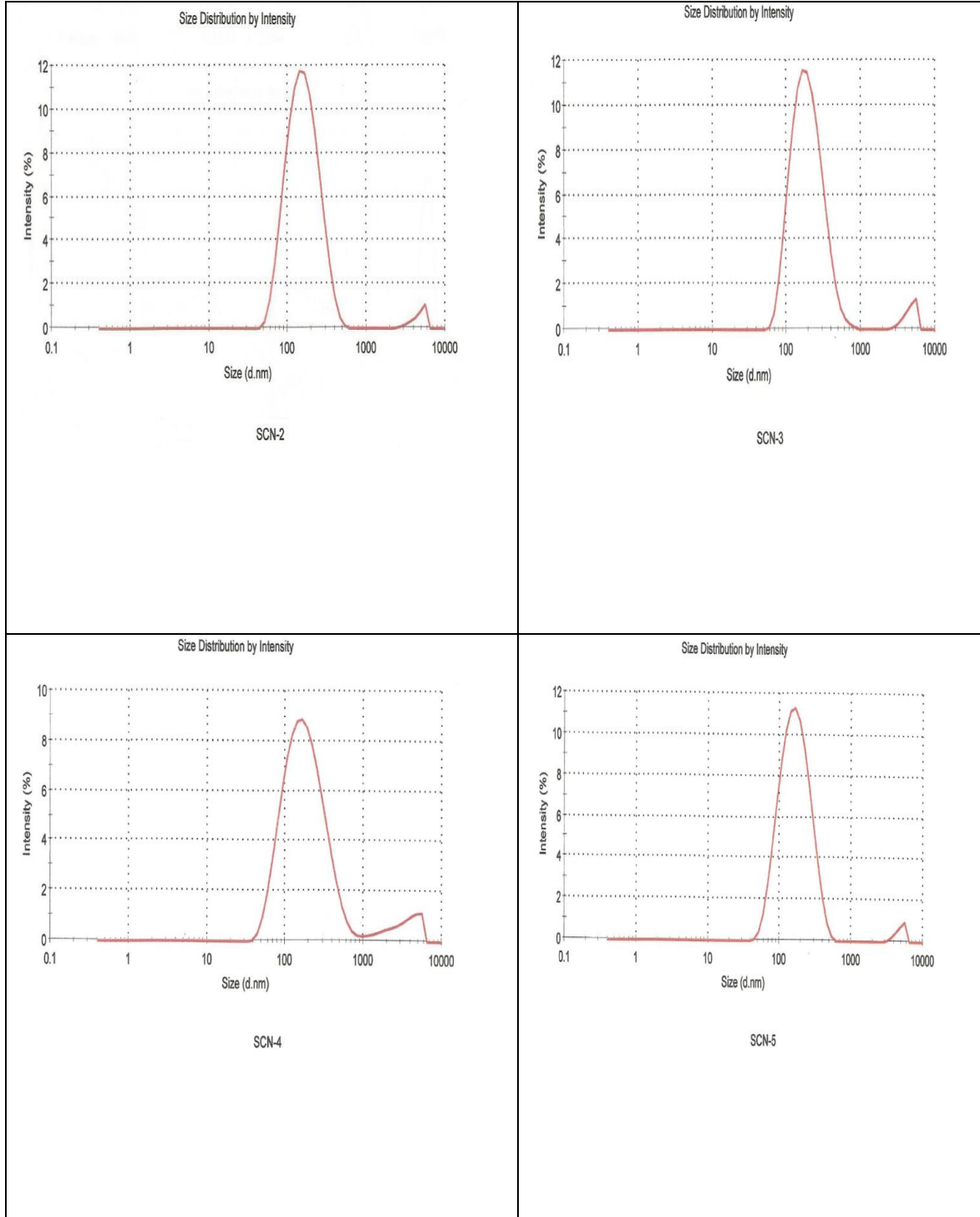
Sepiyolit örneklerinin kimyasal bileşimi Tablo 4’de gösterilmektedir. SCN-2 örneğinin kimyasal analizinde SiO_2 (%47,81), MgO (%10,90), CaO (%2,41), Al_2O_3 (%10,00) ve Fe_2O_3 (%4,86) olduğu tespit edilmiştir. SCN-3 örneğinin kimyasal analizinde SiO_2 (%24,90), MgO (%23,00) ve CaO (%14,70) olduğu tespit edilmiştir. SCN-4 örneğinin kimyasal analizinde SiO_2 (%44,41) , MgO (%19,90), CaO (%3,08) ve Fe_2O_3 (%1,90) olduğu tespit edilmiştir. SCN-5 örneğinde ise SiO_2 (%59,94), MgO (%12,20), Fe_2O_3 (%0,74) ve CaO (%0,38) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4. Örneklerin kimyasal analiz sonuçları.

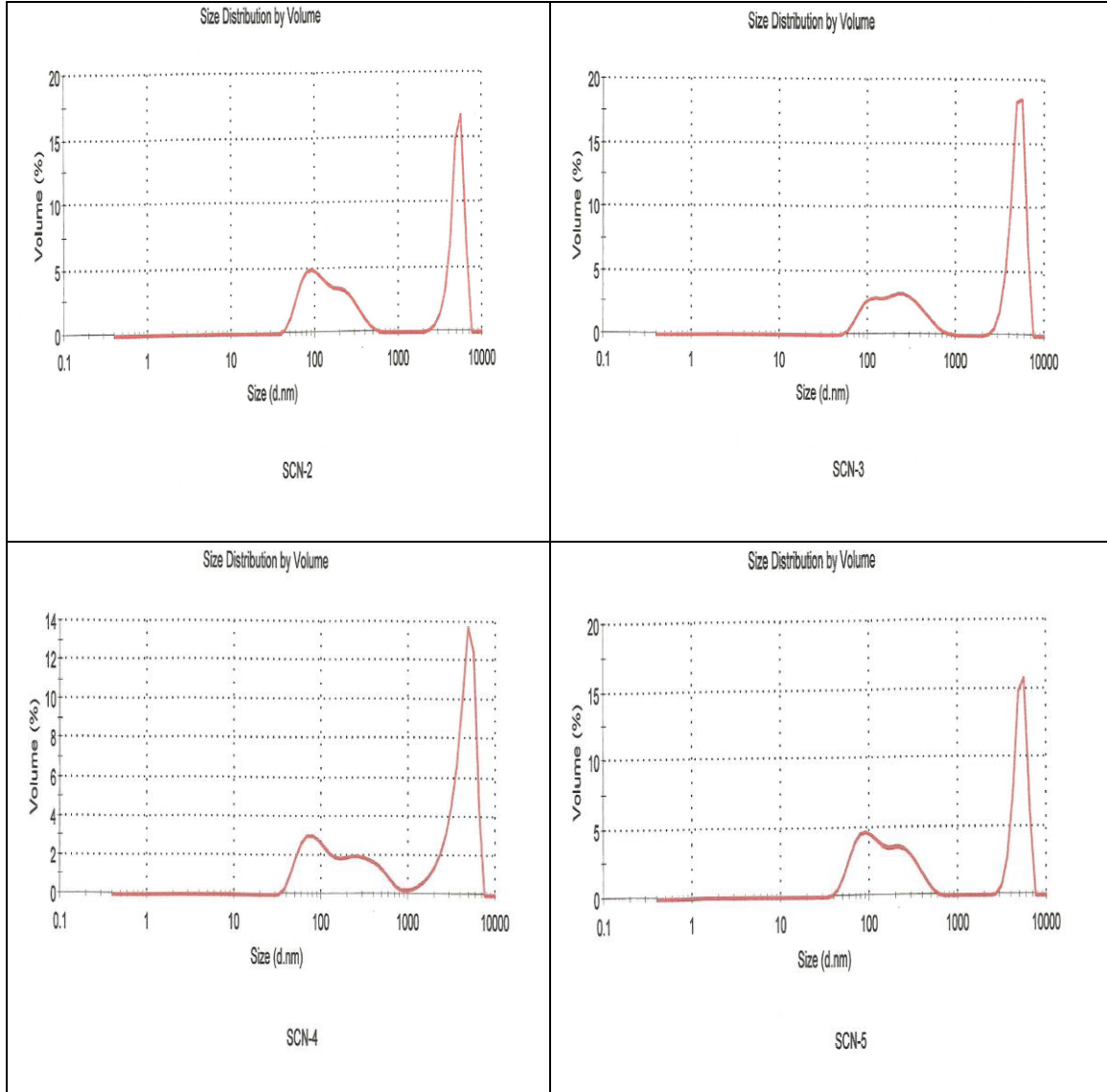
Örnek	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	P ₂ O ₅ (%)	SO ₃ (%)	NiO (%)	Rb ₂ O (%)	SrO (%)	ZnO (%)	Kızdırma Kaybı (%)
SCN-2	47,81	10,00	4,86	2,41	0,44	0,07	1,58	10,90	0,05	0,21	0,11	0,03	0,01	0,02	-	21,50
SCN-3	24,90	0,67	0,29	14,70	-	-	0,12	23,00	-	-	0,07	-	-	0,23	-	36,02
SCN-4	44,41	3,18	1,90	3,08	0,15	-	0,42	19,90	0,15	-	0,07	0,03	-	-	0,01	26,70
SCN-5	59,94	2,05	0,74	0,38	0,09	-	0,41	12,20	-	-	0,57	-	-	0,01	0,01	23,60

Örneklerin FTIR görüntüleri Şekil 11'de gösterilmektedir. Tüm örnekler nispeten benzer sonuçlar göstermektedir. 3689–3427 cm^{-1} 'deki Mg_3OH bandı sepiyolitın dış yüzeyindeki OH gerilimleri ve oktahedral levha içerisindeki OH gruplarının varlığının temsil etmektedir. Ancak, 3427-1819 ve 1659-1654 cm^{-1} arasındaki bantlarda, sırasıyla OH gerilimleri, kanallardaki zeolitik suyu ve oktahedral tabakadaki magnezyuma koordine olmuş suyu temsil etmektedir. 1456-1440 cm^{-1} 'deki bant hidroksil bükme titreşimini takip eden bağlı su varlığını temsil etmektedir. Si–O koordinasyon bantları 1210-1019 ve 987-981 cm^{-1} 'de tetrahedral katman içindeki Si–O–Si gruplarındaki Si–O'nun gerilimlerini temsil etmektedir.





Şekil. 12. Örneklerin tane boyutu dağılımları (yoğunluk).



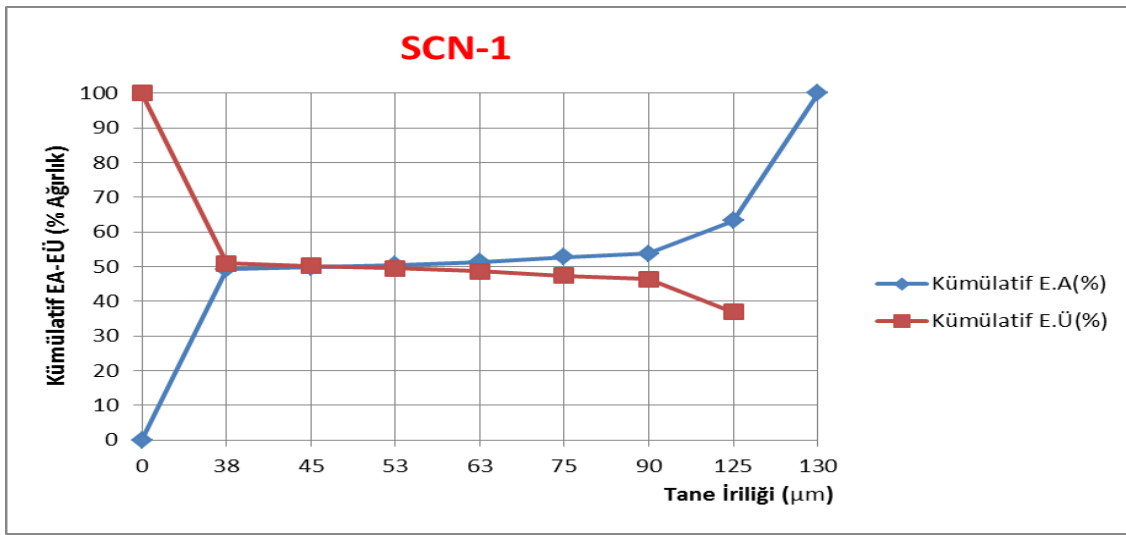
Şekil. 13. Örneklerin tane boyutu dağılımları (hacim).

Örneklerin ortalama tanecik boyutu SCN-2 için 0,143 μm , SCN-5 için 0,145 μm , SCN-4 için 0,159 μm ve SCN-3 için 0,180 μm olarak tespit edilmiştir.

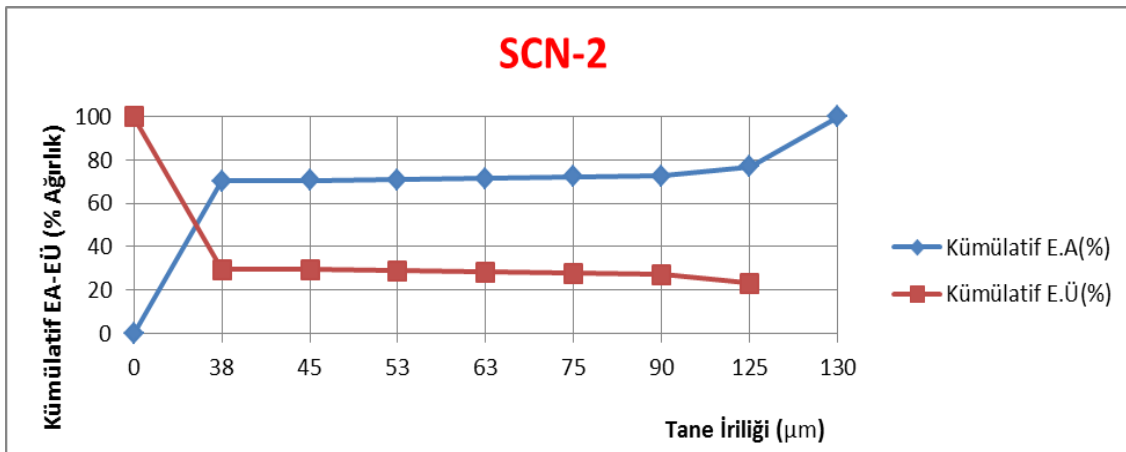
Bazı örneklerde, son derece düşük değerlerin bulunması yabancı maddelerin varlığına bağlı olmaksızın daha çok yapısal ve dokusal özelliklerinden ötürü olduğu tespit edilmiştir. İki tür mikro gözenek belirlenmiştir; bunlar yapısal mikro-gözenekler ve lifler arası mikro gözeneklerdir. Sepiyolitlerin yüzey alanı ve her bir sepiyolit porozitesi dokusal porozite, yapısal mikro-porozitenin toplamının sonucudur. Bunun bir sonucu olarak, her bir sepiyolit için farklı olan gözenek boyutlarında hiyerarşik bir dağılım vardır. Mikro gözenegın en düşük değeri, çok açık gözeneklerin varlığı ve daha az uzunluk ve daha fazla kapalı bir gözenekli

yapıya sahip olan yüksek yüzey alanlı sepiyolitler ile ilişkilidir. Bu çalışmada sepiyolit örneklerinin kristal yapıları, dokusal yapıları, gözeneklilikleri ve SSA gibi farklı özellikleri incelenmiştir. BET değerleri SCN-2 için $165,287 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$, SCN-3 için $102,725 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$, SCN-4 için $219,439 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$, SCN-5 için $129,928 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ tespit edilmiştir. Bu sonuçlar minerallerin yüzey özelliklerinde önemli bir fark olduğunu ortaya koymaktadır.

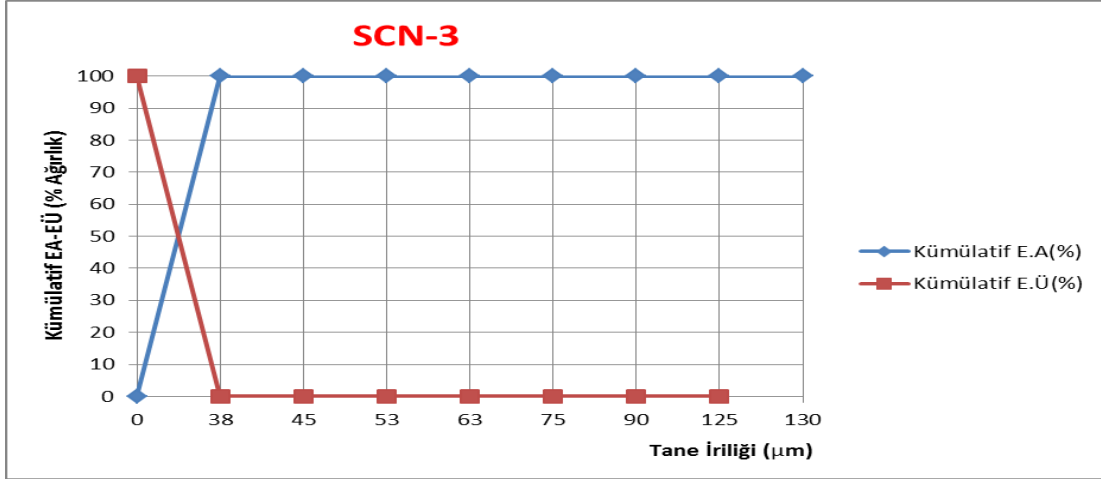
Sepiyolit numunelerinin elek analizi sonuç tabloları ayrıntılı olarak ekte verilmiştir. Her bir elek analizi sonucuna göre hazırlanan kümülatif elek altı ve elek üstü eğrileri aşağıda (Şekil 14-18) verilmiştir.



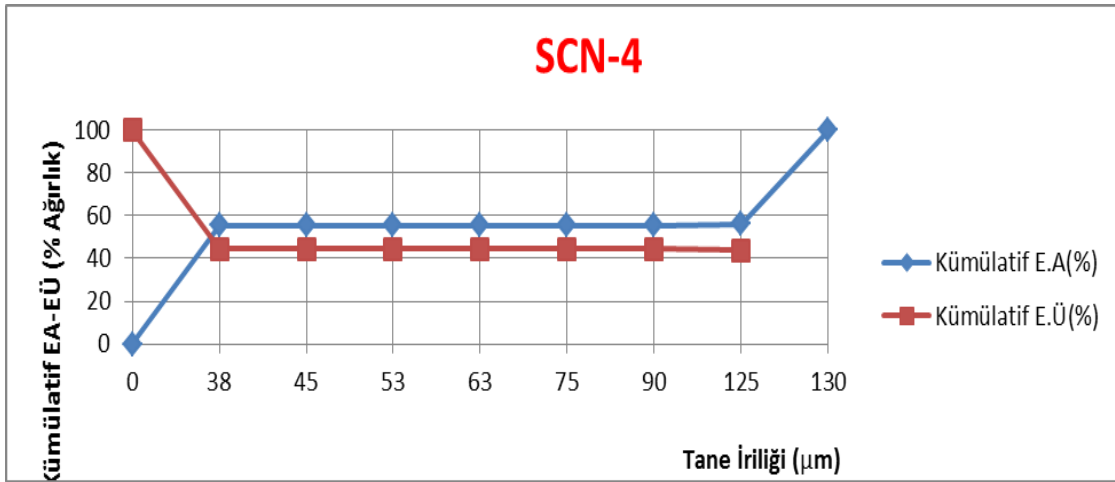
Şekil 14. SCN-1 Numunesinin kümülatif E.A.-E.Ü. grafiği.



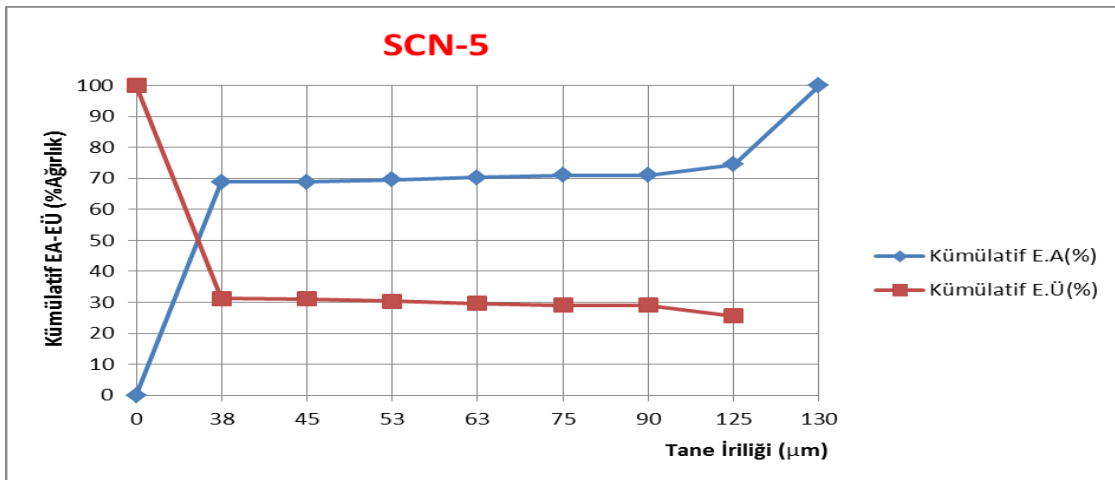
Şekil 15. SCN-2 Numunesinin kümülatif E.A.-E.Ü. grafiği.



Şekil 16. SCN-3 Numunesinin kümülatif E.A.-E.Ü. grafiği.



Şekil 17. SCN-4 Numunesinin kümülatif E.A.-E.Ü. grafiği.



Şekil 18. SCN-5 Numunesinin kümülatif E.A.-E.Ü. grafiği.

Sepiyolit numunelerinin yoğunlukları ve poroziteleri tesbit edilmiştir (Tablo 5). Yoğunluk sonuçlarına göre en yüksek yoğunluk 2,65 ile SCN-1, en düşük yoğunluklu malzememiz ise 2,11 ile SCN-5'tir.

Tablo 5. Sepiyolit numunelerinin porozite ve yoğunluk sonuçları.

Numune Kodu	d (g/cm ³)	Porozite (e)
SCN - 1	2,65	0,573
SCN - 2	2,30	0,754
SCN - 3	2,54	0,743
SCN - 4	2,19	0,657
SCN - 5	2,11	0,719

Çinko klorür (ZnCl₂) çözeltisi ile SCN-4 eklenerek yapılan adsorpsiyon deneyi sonucunda elde edilen atomik okuma sonuçları Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. Çinko çözeltisi ile farklı pH'lardaki numunelerin adsorpsiyon verimleri

pH	Çözeltideki Zn.	Çözeltide kalan Zn.	Sepiyolit üzerine geçen Zn.	Verim (%)
6	6,54	4,1400	2,4000	36,70
8	6,54	1,1468	5,3932	82,46
11,6	6,54	0,5246	6,0154	91,98

Çinko çözeltili adsorpsiyon deneyi sonuçlarına göre en iyi verim pH 11,6 da elde edilmiştir. Daha sonra çözelti pH'ları 11,6'ya ayarlanarak beş farklı sürede (30 dk, 60 dk, 90 dk, 120 dk ve 180 dk) karıştırılıp süzme işlemleri tamamlandıktan sonra atomik okumaları yapılmıştır. Bu sonuçlar Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Çinko çözeltisi ile farklı karıştırma sürelerindeki adsorpsiyon verimleri.

Süre	Çözeltideki Zn.	Çözeltide kalan Zn	Sepiyolit üzerine geçen Zn	Verim (%)
30 dk	3,27	1,1365	2,1335	65,24
60 dk	3,27	0,2630	3,0070	91,96
90 dk	3,27	0,1150	3,1550	96,48
120 dk	3,27	0,3105	2,9595	90,50
180 dk	3,27	0,4985	2,7515	84,14

Çinko çözeltili adsorpsiyon deneyi sonucunda en iyi verim pH 11,6 değerinde alınmıştır. pH 11,6 değerindeki verim %91,98 olarak belirlenmiştir. Çözeltilerin pH ları 11,6 ya ayarlanarak beş farklı sürede (30, 60, 90, 120, 180 dk) karıştırma işlemine alınmıştır. Karıştırma sonucuna göre en iyi verim %96,48 ile 90 dk olarak tespit edilmiştir.

Altın-gümüş içeren yüklü çözeltili Orbital Shaker ile yapılan adsorpsiyon deneyi sonuçları ekte verilmiştir. Bu sonuçlara göre altın kazanım verimlerinin olduğu tablo (Tablo 8) aşağıda verilmiştir. Tüm deneylerin başlangıç ve bitiş pH'ı 11,6 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Orbital Shaker'de en iyi verim %4,17 ile 150 dk olarak tespit edilmiştir.

Tablo 8. Altın siyanür çözeltisi ile Orbital Shaker'de farklı karıştırma sürelerindeki adsorpsiyon verimleri.

Süre	Çözeltideki Au.	Çözeltide kalan Au	Sepiyolit üzerine geçen Au	Verim (%)
30 dk	1,44	1,44	0,00	0,00
60 dk	1,44	1,40	0,04	2,78
90 dk	1,44	1,49	0,00	0,00
120 dk	1,44	1,40	0,04	2,78
150 dk	1,44	1,38	0,06	4,17
180 dk	1,44	1,41	0,03	2,08

Tablo 9'da gümüş kazanım verimleri görülmektedir. Bu sonuçlara göre Orbital Shaker'de en iyi verim %7,27 ile 150 dk olarak tespit edilmiştir.

Tablo 9. Gümüş siyanür çözeltisi ile Orbital Shaker’de farklı karıştırma sürelerindeki adsorpsiyon verimleri.

Süre	Çözeltideki Ag.	Çözeltide kalan Ag	Sepiyolit üzerine geçen Ag	Verim (%)
30 dk	25,05	24,00	1,05	4,19
60 dk	25,05	23,75	1,30	5,19
90 dk	25,05	23,53	1,52	6,07
120 dk	25,05	23,34	1,71	6,83
150 dk	25,05	23,23	1,82	7,27
180 dk	25,05	23,45	1,60	6,39

Altın-gümüş içeren yüklü çözelti manyetik karıştırıcı ile yapılan adsorpsiyon deneyi sonuçları ekte verilmiştir. Tüm manyetik karıştırıcı deneylerinde başlangıç ve bitişi pH’ı Orbital Shaker’de olduğu gibi 11,6 olarak bulunmuştur. 1 saat karıştırma süresinde altın kazanım verimlerinin Orbital Shaker ile manyetik karıştırıcı için tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hazırlanan altın adsorpsiyonu verimleri Tablo 10’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre 1 saat karıştırma süresinde en iyi verim manyetik karıştırıcı ile % 4,17 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 10. Farklı karıştırıcılarda 1 saat sürede elde edilen altın kazanım verimleri.

	Çözeltideki Au.	Çözeltide kalan Au	Sepiyolit üzerine geçen Au	Verim (%)
Orbital Shaker	1,44	1,40	0,04	2,78
Manyetik karıştırıcı	1,44	1,38	0,06	4,17

1 saat karıştırma süresinde altın kazanım verimlerinin Orbital Shaker ile manyetik karıştırıcı için tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hazırlanan gümüş adsorpsiyonu verimleri Tablo 11’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre 1 saat karıştırma süresinde en iyi verim manyetik karıştırıcı ile % 5,39 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 11. Farklı karıştırıcılarda 1 saat sürede elde edilen gümüş kazanım verimleri.

	Çözeltildeki Ag	Çözeltilde kalan Ag	Sepiyolit üzerine geçen Ag	Verim (%)
Orbital Shaker	25.05	23.75	1.3	5.19
Manyetik karıştırıcı	25.05	23.7	1.35	5.39

Altın-gümüş içeren yüklü çözeltili Orbital Shaker ve manyetik ayırıcı ile yapılan desorpsiyon deneyi sonuçları ekte verilmiştir. 1 saat desorpsiyon süresinde altın kazanım verimlerinin Orbital Shaker ile manyetik karıştırıcı için tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hazırlanan altın desorpsiyonu verimleri Tablo 12’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre 1 saat karıştırma süresinde en iyi desorpsiyon verimi Orbital Shaker ile %75 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 12. Farklı karıştırıcılarda 1 saat sürede elde edilen altın geri kazanım verimleri.

	Sepiyolit üzerindeki Au	Çözeltiye geçen Au	Verim (%)
Orbital Shaker	0,04	0,03	75,00
Manyetik karıştırıcı	0,06	0,03	50,00

Elde edilen sonuçlara göre hazırlanan gümüş desorpsiyonu verimleri Tablo 13’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre 1 saat karıştırma süresinde gümüş geri kazanımı gözlenememiştir.

Tablo 13. Farklı karıştırıcılarda 1 saat sürede elde edilen gümüş geri kazanım verimleri.

	Sepiyolit üzerindeki Ag	Çözeltiye geçen Ag	Verim (%)
Orbital Shaker	1,30	0,00	0,00
Manyetik karıştırıcı	1,35	0,00	0,00

5. TARTIşMA VE SONUÇ

Bu alışmada, Türkiye sepiyolitlerinin karakteristik özelliklerini belirleyebilmek için beş farklı sepiyolit rneği çalışıldı. Eskişehir civarındaki Beylikova, Yukarı-dudaş, Körpe ve Kurtşeyh bölgelerinden alınan SCN-1, SCN-2, SCN-4 ve SCN-5 rneklerinin XRD ve kimyasal analiz sonuçlarına göre ana bileşenlerinin kuvars olduğu belirlenmiştir. Yenidoğan ve Karacaören bölgesi yakınlarından alınan SCN-3 örneğinin ise ana bileşeni dolomit olarak belirlenmiştir. Tane boyutu dağılım sonuçlarına göre, ortalama tanecik boyutları 0,143 mm ile 0,180 mm arasında olduğu belirlenmiştir. Tüm SEM görüntüleri örneklerin lifli yapıları olduğunu göstermektedir. Türkiye'deki sepiyolitler geniş bir rezerve sahip olduğundan ötürü önemli bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyeli kullanabilmek için sepiyolit örneklerinin karakterize edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- ADAMS, M.D., (1990). The mechanism of adsorption of aurocyanide onto activated carbon 1. Relation between the effects of oxygen and ionic strength. Hydrometallurgy 25, s-s. 171 – 184.
- AKÇIL, A., ÇİFTÇİ, H., (2006). Metal kazanımında bakteriyel liç mekanizmaları. Madencilik.
- ALVAREZ, A., (1984). Sepiolite: Properties and Uses, Palygorskitesepiolite Occurrences, Genesis and Uses, Developments in Sedimentology, Elsevier, Amsterdam.
- BALCI, S., (1999). Effect of Heating and Acid Pre-Treatment on Pore Size Distribution of Sepiolite Clay Minerals.
- BALKAN, R., (2006). Bentonit, Kaolin ve Sepiyolitin Bazı Organik Molekülleri Absorplamasının İnfrared İncelemeleri, Yüksek lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- ÇETİŞLİ, H., (1985). Asetik Asit ile n-bütanolün Eskişehir Sepiyoliti Üzerine Esterleşmesi, A.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt II, sayı 1, Eskişehir, 109-117.
- ÇINAR, M., (2005). Sepiyolitin Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Su Bazlı Sepiyolit Üretimi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- DAVIDSON, R.J. ve SOLE, M.J., (2007). The Major Role Played by Calcium in Gold Plant Circuits. The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy.
- GREENWOOD, N. ve EARNSHAW, A., (1997). Chemistry of the Elements, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK., 1600 s.
- GRILLET, Y., CASESE, J.M., FRANÇOIS, M., ROUQUERAL, J. ve POIRER, J.E., (1988). Modification of The Porous Structure and Surface Area of Sepiolite Under Vacuum Thermal Treatment, Clays and Clays Minerals.
- HABASHI, F., (1999). A Textbook of Hydrometallurgy, Metallurgie Extractive Quebec.
- HILSON, G. ve MONHEMIUS, A.J., (2006). Alternatives to Cyanide in the Gold Mining Industry: What Prospects for the Future? Journal of Cleaner Production.
- HISKEY, J.B., ATLURI, V.P., (1988). Dissolution Chemistry of Gold and Silver in Different Lixiviants. Miner. Proc. Extra. Metall. Rev.
- HO, Y.S. ve MCKAY, G., (1999). Process Biochem.

- İRKEÇ, T. ve KIRKOĞLU, M., (1993). Ankara-Beypazarı-Uşakköy Yaylası Civarında Bulunan ÖİR-3726 (AR-39913) No.Lu Sepiyolit Ruhsat Sahasına ait Maden Jeolojisi Raporu, Ankara.
- JIA, F., STEELE, C.J., HAYWARD, I.P. ve THOMAS, K.M., (1998). Mechanism of Adsorption of Gold and Silver Species on Activated Carbon, Carbon cilt 36, No. 9, pp. 1299–1308.
- LA BROOY, S.R., LİNGE, H.G. ve WALKER, G.S., (1994). Review of gold Extraction From Ores. Minerals Engineering, 7 (10), 1213-1241.
- LING, P., (1994). A Kinetic Study of Gold Ore by Cyanidation. University of Toronto, Yüksek Lisans Tezi.
- LONGSDON, M.J., HAGELSTEİN, K., MUDDER, T.I., (1999). The Management of Cyanide in Gold Extraction. International Council on Metals and the Environment (ICME), ISBN 1-895720-27-3, 40s, Canada.
- MARSDEN, J., HOUSE, I., (2006). The Chemistry of Gold Extraction. Society for Mining Metallurgy & Exploration, 651s. Colorado, USA.
- MCDUGALL, G. J., HANCOCK, R. D., NİCOL, M. J., WELLİNGTON, O. L., ve COPPERTHWAITTE, R. G., (1980).The Mechanism of the Adsorption of Goldcyanide on Activated Carbon.Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy September, s-s 3.
- MORDOĞAN, H., (1997). Madencilikte Siyanürün Kullanımı, Kimyası ve Arıtım Yöntemleri, II. Ulusal Toksikoloji Kongresi Panel Notları, Antalya, 55-74.
- MUDDER, T., BOTZ, M., SMİTH, A., (2001). The Cyanide Compendium. London, England, United Kingdom: Mining Journal Books.
- MUDDER, T., BOTZ, M., (2004). Cyanide and Society: A Critical Review. European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection, 4 (1), 62-74.
- NİCHOL, M.J., (1980). Anodic Behavior of Gold, Part II. Oxidation in Alkaline Solutions. Gold Bulletin, 13, 105-111.
- ÖZDEMİR, Y., (2005). Katyonik Boyar Maddelerin Sepiyolit Yüzeyinde Adsorpsiyonu ve Adsorpsiyon Kinetiği. Balıkesir Üniversitesi FBE Kimya ABD Yüksek Lisans Tezi, p.p. 6-13, Ağustos, 2005 .
- ROMERO, A.ve SAMPAİO, C. H., (1993).Characterization of Activated Carbons for the Extractive Metallurgy of Gold – Altının Metalurjik Kazanımında Aktif Karbonun Kullanılması . Türkiye XML.

- SABAH, E., (1998). Çeşitli Amin Türleri Kullanılarak Sepiyolit AdSORPSİYON Mekanizmasının Açıklanması, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- SABAH, E. ve ÇELİK, M.S., (1999). 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Sepiyolit: Özellikleri ve Kullanım Alanları, izmir.
- SAĞLAM, H., (1996). Konya Helvacıbaşı Manyezit Cevherinin Flotasyonla Zenginleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 80 s.
- SANTAREN, J., (1993). Sepiolite: A Mineral Thickener and Rheology Additive, Modern Paint and Coatings, 98-72.
- SANTAREN, J., SANZ J., TORRES RUIZ, J. ve GONZALES LOPEZ, J.M., (1996). Clays Clay Miner.
- SAYINER, B., (2012). Siyanür Liçinde Altının Aktif Karbona Adsorpsiyonunda Çeşitli Metallerin Etkisinin Araştırılması Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Cevher Hazırlama Mühendisliği Anabilim Dalı.
- SELENGİL, U., (2005). Gümüşhane-Kaletaş Cevherinden Tüyoüre ile Altın Özütleme Yönteminin Araştırılması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 153s, Eskişehir.
- SERNA, C. ve VAN SCOYOC, G.E., (1979). Infared study of sepiolite and Palygorskite Surfaces, Proc. Int'l Clay Conf., (M.M. Mortland and V.C. Farmer, editors), Elsevier, Amsterdam, s. 197-206.
- SİMONTON, T.C. ve KOMARNENİROY, R., (1988). Gelling Properties of Sepiolite Versus Montmorillonite, Applied Clay Science, 3, 165-176.
- SİNGER, A. ve GALAN, E., (1984). Palygorskite-Sepiolite: Occurences, Genesis and Uses. Elsevier, s.352.
- WOOLLACOTT, L.C. ve DE GUZMAN, G. N., (1993). "The Isotherm Shift in Carbon-in-Pulp Adsorption Circuits" J. S. Afr. Inst. Min. Metall., vol. 93, no. 8.Aug. pp. 185-193.
- YANNOPOULOS, J.C., (1991). The Extractive Metallurgy of Gold. Chapman and Hall, London, England.
- ZHANG, S., (2004). Oxidation of Refractory Gold Concentrates and Simultaneous Dissolution of Gold in Aerated Alkaline Solutions, Murdoch University, Doktora Tezi, 333s, Western Australia.

EKLER

Ek 1. SCN-1 Numunesi Elek Analiz Sonuçları.

SCN-1				
Tane İriliği (mikron)	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	Kümülatif E.Ü (%)	Kümülatif E.A (%)
+125	30	36,85	36,85	100
-125+90	7,7	9,46	46,31	63,15
-90+75	0,8	0,98	47,29	53,69
-75+63	1,1	1,35	48,64	52,71
-63+53	0.7	0,86	49,50	51,36
-53+45	0.6	0,74	50,24	50,50
-45+38	0,5	0,61	50,85	49,76
-38	40	49,15	100	49,15
Toplam	81,4			

Ek 2. SCN-2 Numunesi Elek Analiz Sonuçları.

SCN-2				
Tane İriliği (mikron)	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	Kümülatif E.Ü(%)	Kümülatif E.A(%)
+125	18	23,05	23,05	100
-125+90	3,3	4,22	27,27	76,95
-90+75	0,4	0,51	27,78	72,73
-75+63	0,5	0,64	28,42	72,22
-63+53	0,5	0,64	29,06	71,58
-53+45	0,3	0,38	29,44	70,94
-45+38	0,1	0,13	29,57	70,56
-38	55	70,43	100	70,43
Toplam	78,1			

Ek 3. SCN-3 Numunesi Elek Analiz Sonuçları.

SCN-3				
Tane İriliği (mikron)	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	Kümülatif E.Ü (%)	Kümülatif E.A (%)
+125	0	0	0	100
-125+90	0	0	0	100
-90+75	0	0	0	100
-75+63	0	0	0	100
-63+53	0	0	0	100
-53+45	0	0	0	100
-45+38	0	0	0	100
-38	100	100	100	100
Toplam	100			

Ek 4. SCN-4 Numunesi Elek Analiz Sonuçları.

SCN-4				
Tane İriliği (mikron)	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	Kümülatif E.Ü(%)	Kümülatif E.A(%)
+125	40	43,76	43,76	100
-125+90	0,7	0,77	44,53	56,24
-90+75	0,1	0,11	44,64	55,47
-75+63	0	0	44,64	55,36
-63+53	0	0	44,64	55,36
-53+45	0	0	44,64	55,36
-45+38	0	0	44,64	55,36
-38	50,6	55,36	100	55,36
Toplam	91,4			

Ek 5. SCN-5 Numunesi Elek Analiz Sonuçları.

SCN-5				
Tane İriliği (mikron)	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	Kümülatif E.Ü(%)	Kümülatif E.A(%)
+125	22,3	25,57	25,57	100
-125+90	3	3,44	29,01	74,43
-90+75	0	0	29,01	70,99
-75+63	0,6	0,69	29,70	70,99
-63+53	0,6	0,69	30,39	73
-53+45	0,6	0,69	31,08	69,61
-45+38	0,1	0,11	31,19	68,92
-38	60	68,81	100	68,81
Toplam	87,2			

Ek 6. Altın-gümüş içeren yüklü çözeltili orbital shaker ile yapılan adsorpsiyon deneyi sonuçları.

	Au	Ag	Zn	Pb	Cu	Fe
Orjinal	1,44	25,05	623,5	1,30	214,0	0,90
30 dk	1,44	24,00	592,5	0,75	210,5	0,83
1 saat	1,40	23,75	582,7	0,76	209,5	0,83
1,5 saat	1,49	23,53	573,0	0,76	205,5	0,81
2 saat	1,40	23,34	568,7	0,67	205,5	0,77
2,5 saat	1,38	23,23	561,1	0,67	203,5	0,81
3 saat	1,41	23,45	566,9	0,71	207,0	0,84

Ek 7. Altın-gümüş içeren yüklü çözeltili manyetik karıştırıcı ile yapılan adsorpsiyon deneyi sonuçları.

	Au	Ag	Zn	Pb	Cu	Fe
1 saat	1,38	23,7	548,6	0,36	207,0	0,75

Ek 8. Altın-gümüş içeren yüklü çözeltili orbital shaker ile yapılan desorpsiyon deneyi sonuçları.

	Au	Ag	Zn	Pb	Cu	Fe
30 dk	0,03	0	0	0	0,05	0,08
1 saat	0,03	0	0	0	0,80	0,08
1,5 saat	0,03	0	0	0	0,01	0,08

Ek 9. Altın-gümüş içeren yüklü çözeltili manyetik karıştırıcı ile yapılan desorpsiyon deneyi sonuçları.

	Au	Ag	Zn	Pb	Cu	Fe
1 saat	0,03	0	0	0	0,23	0,32