

ETİ MADEN KIRKA BOR İŞLETMESİ ATIKLARININ YAPI ANALİZİ

Yunus ERDOĞAN¹, Ayşegül TÜRK BAYDIR²

¹Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kütahya, yerdogan@dumlupinar.edu.tr
²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, aturkbaydir@aku.edu.tr

ÖZET

Bor endüstri atıklarının en iyi şekilde değerlendirilmesi bu atıkların yapısının aydınlatılmasıyla mümkün olacaktır. Bu amaçla Eti Maden Kırka Bor İşletme Müdürlüğü açık ocak işletmesi ve konsantratör tesisleri atıklarını temsil edecek şekilde numuneler alınmıştır. Bu numuneler Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Bölümünde bulunan Rigaku Miniflex marka XRD cihazı ile analiz edilmiştir. Emet Eti Bor işletmelerinde bulunan Rigaku ZSX Primus markalı XRF cihazı ile yarı kantitatif analizi yapılmıştır. Tam kantitatif analiz PED-XRF cihazı Ankara Üniversitesinde yapılmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilerek uygun irdelemeler yapılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde KK8 numunesinin önemli miktarda rubidyum ve sezyum içerdiği tespit edilmiştir. Rubidyum ve sezyum elementinin ticari olarak az bulunan elementler olması ve önemli kullanım alanları bulunması nedeniyle bu tespit oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: *Bor, Boratığı, Dolomit, Tinkalkonit, Boraks, Potasyum Feldspat*

THE STRUCTURE ANALYSIS OF ETI MINE KIRKA BORON WORK WASTES

ABSTRACT

The best evaluation of Boron industrial wastes is possible by clarifying the structure of these wastes. For this purpose waste samples were taken to represent wastes of Eti Mine Kırka Boron Management open pit mine and concentrator institution. These samples were analyzed by Rigaku Miniflex brand XRD device which in Dumlupınar University Faculty of Engineering, Department of Ceramics. The semi-quantitative analysis was performed by Rigaku ZSX Primus brand XRF device which is in the Emet Eti Boron Works. Full quantitative analysis was performed by PED-XRF device at Ankara University. The proper examinations were made by the results of the analysis being evaluated. It is determined that KK8 sample contains significant amounts of Rubidium and Cesium when the results of the analysis were examined. This determination is very important due to that Rubidium and Cesium are commercially rare elements and they have got important areas of usage.

Keywords: *Boron, Boronwaste, Dolomite, Tinkalkonit, Borax, Potassium Feldspar*

1. GİRİŞ.

Uslu ve Arol, bor atığını kırmızı tuğla yapımında kullanmışlardır ve tuğla ağırlığının % 30'una kadar yapılan eklemede tuğlanın kalitesinin arttığı gözlenmiştir [1]. Boncukcuoğlu ve arkadaşları ise bor atıklarını portland çimentosu yapımında kullanarak çimentonun prizini hızlandırdığı ve binaları sağlamlaştırdığını görmüşlerdir [2]. Kurama ve arkadaşları kiremit yapımında boraks atığını kullanmışlar ve kiremitin özelliklerinin belirtilen parametrelerde iyileştirdiğini belirtmişlerdir[3]. Olgun ve arkadaşları uçucu kül ve boraks atığının duvar karosu özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Yanma büzülmesi yanma gücü su absorpsiyonu ve mikroyapı bu çalışmada incelenen özelliklerdir. Potasyum feldspatın yerine % 2-10 oranında kömür külü ve boraks atığı katılmıştır. Standart koşullara göre yanma gücünün arttığı gözlenmiştir[4]. Batar ve arkadaşları yaptığı çalışmada, katkı malzemesi olarak % 0-5 perlit, % 0-2,5 atık kâğıt, % 0-5 kalsinetinkal (boraks) ve % 3,5-17,7 atık kalsinetinkal kullanarak sıva malzemesi üretmiştir. Optimal karışım oranları % 3 perlit, % 1,5 atık kâğıt, % 7,1 atık kalsinetinkal olarak bulunmuştur. Üretilen malzemelerin mukavemet ve ısı geçirgenlik direnç deneyleri TS 825 ve TS 12808-3 standartlarına göre yapılmış ve mevcut sıva malzemeleri ile karşılaştırılmıştır. En iyi sonuçları veren karışım oranında üretilen malzemenin ısı iletkenlik değeri 0,17 W/m²K ve mukavemet değeri 61,44 kg/cm²'dir. Buna karşılık bu değerler sırasıyla TSE 825'te 0,13 W/m²K ve 24 kg/cm²'dir. Katkılı ürün, kontrol grubu (piyasadaki sıva malzemesi) ile karşılaştırıldığında ise ısı geçirgenlik direnci % 26, mukavemet değeri % 31 oranında artmıştır. Bu çalışma ile çevre dostu yeni sıva malzemesi geliştirilmiştir[5].Demir ve Orhan'ın yaptıkları çalışmada Kırka Boraks işletmesi bor atıkları pomza kumu ile belli oranlarda karıştırılarak plastik şekillendirme esaslarına uygun örnekler hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan kil hammaddesinin mineralojik ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Ön deneyler için örnekler üzerinde şekillendirme, kurutma ve pişirme testleri uygulanarak en uygun karışım oranı ve pişirme sıcaklığı belirlenmiştir. Deney örnekleri üzerinde kuruma küçülmesi, toplam küçülme, plastisite, ateş kaybı vb. fiziksel testler uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Pişmiş örnekler üzerinde basınç mukavemeti, su emme, birim hacim ağırlığı, porozite vb. deneyler uygulanmıştır. Sonuçta ağırlıkça belli oranlarda pomza kumu ile karışım yapılarak 900 °C'de pişirilmesi ile hafif ve gözenekli yapı blokları üretilebileceği belirlenmiştir[6].Targan ve arkadaşları yaptıkları çalışmada doğal puzolan olan Kula cürufu, bentonit ve bor minerallerinden kolemanit konsantratör atığının birlikte değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada söz konusu doğal puzolanlar ve atıklar çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Bu sayede çimento üretiminde enerji tasarrufu sağlanması ve atık maddelerin çevreye verebilecekleri olumsuz etkilerin giderilmesi de amaçlanmıştır. Kula cürufu-kolemanit konsantratör atığı ve bentonit-kolemanit konsantratör atığı varyasyonları (Kula cürufu ve bentonit'in kütlece % 5, 10, 15, 20, 25, 30'luk oranları) katkı maddesi olarak denenmiştir. Katkıların, çimento priz süresi, hacim genleşmesi, eğme dayanımı, basınç dayanımı gibi özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çimento karışımlarının fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Türk standartlarıyla uyum halindedir. Buna göre, bu çalışmada kullanılan katkılar çimento üretiminde kullanılabilir [7]. Karasu ve arkadaşları Etibor Kırka Boraks Tesislerinden alınan bor atıklarının belirli oranlarda duvar karosu bünye reçetesinde alternatif akışkanlaştırıcı olarak kullanımının son ürünün çeşitli özelliklerini nasıl etkileyeceğini araştırmış ve sonuçta da endüstriyel koşullarda ilgili reçetede herhangi bir probleme yol açmaksızın % 10'a kadar değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir [8].

Bor endüstri atıklarının iyi şekilde değerlendirilmesiyle hem atık durumunda bulunan bu potansiyel kaynaklar ülke ekonomisine kazandırılmış olacak hem de çevre kirliliği önlenmiş olacaktır. Bunun için bor atıklarının yapısının tanınması gerekmektedir. Bu çalışmada Eti Maden Kırka Bor İşletme Müdürlüğü açık ocak işletmesi ve konsantratör tesisleri atıklarını temsil edecek şekilde alınan numunelerin yapısını tespit etmek amacıyla analizleri yapılmıştır. Böylece atıkların yapısı daha iyi tanınacak ve atıkların kullanılmasında kolaylık sağlayacaktır. Bu amaçla alınan numunelerin XRD, TG/DTA ve XRF analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları birbirleriyle kıyaslanarak irdelemeler yapılmıştır.

1.2. Rubidyum

Rb metali gramla satılmakta ve birim fiyatları metalin saflığına göre değişir. 2001 yılında ABD’de yerel bir şirket 1 g % 99,8 saflıkta metal için 52 \$, 2011 yılında 1 g % 99,75 saflıkta metal için 72,1 \$ önermiştir [9]. Rubidyumun kullanım alanları:

1. ^{82}Rb ’den radyasyonla ayrışma ürünü ^{82}Sr pozitron emisyon tomografisinde kullanılabilir en uygun maddedir. Özellikle kalp içinde bölgesel kan akışının değerlendirilmesinde koroner arter hastalığı ve kalp (miyokard perfüzyon) tespitinde kullanılır. [10,11].
 2. Rb pazarını oluşturan özel camlar fiber optic telekomünikasyon sistemlerinde ve gece görüş aletlerinde kullanılır [11–13]. Bu tip camlara Rb_2CO_3 katkı maddesi olarak kullanılır, elektrik iletkenliğini düşürerek kararlılığı ve sürekliliği sağlar.
 3. Rb’un fotoemisyon özelliği, elektromagnetik radyasyonla etkilendiği zaman serbest electron yayan yüzeyi, rubidyumun 4-5-6’da verilen kullanım alanlarına imkan tanır.
 4. Rb-tellur fotoemissi ve yüzeyi içinde bulunduğu fotoelektrik hücrelerin çeşitli elektronik dedektör ve aktivasyon aletlerinin birleşiminde kullanılır.
 5. Bir Rb-Cs-Sb kaplaması radyasyon dedektör aletlerinde, medical araçlarda ve gece görüş aletlerinde kullanılan fotomultipler tüplerin fotokatotlarına yaygın bir şekilde uygulanır.
 6. Rb, ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren dönüştürücü elektrotların üzerinde kaplama olarak kullanılır. Rb iyonları elektrotlar arasındaki yükleri nötralleştirir ve böylece dönüştürücüye doğru electron akışını artırır. Aslında dönüştürücünün güç üretimini artırır. Tıp alanında Rb’un kullanım alanları aşağıda verilmiştir.
 7. Rb tuzları epilepsy tedavisi için sakinleştirici ve uyku ilacı olarak kullanılır.
 8. RbI bazen KI’un yerine kullanılarak tiroid bezi genişlemesinin tedavisinde kullanılır.
 9. Rb tuzları arsenikli ilaçların control edilmesinde antişok ajan olarak kullanılır.
 10. Radyoaktif Rb kan akışını izleyici olarak kullanılır.
- Rb’un diğer bazı uygulamaları aşağıda verilmiştir..
11. Rb vakum electron tüpleri içinde artık oksijenin tutucusu olarak kullanılır.
 12. Rb_2CO_3 sentetik fiber üretiminde kullanılır.
 13. Rb bazı organic reaksiyonlar için kokotalist olarak kullanılır.
 14. Radyoaktif ^{87}Rb ’nin ^{86}Sr ’ye ayrışması kayaların ve minerallerin yaşlarını hesaplamak için büyük ölçüde kullanılır.
 15. Bazen sezyumla birlikte birbirinin yerine kullanılabilen Rb yeni tip atomic saatlerin yapımında kullanılır [11, 14].
- Maksimum Rb içeren bazı potasyum minerallerinin Rb içerikleri microklin (feldspat) % 3; muskovit (mika) % 2,1; biyotit(mika) % 4,1 ve karnalit ve silvit% 0,2’dir [15].

Rb’un kimyasal ve fiziksel özellikleri sezyumla oldukça benzerdir ve bu iki element çoğunlukla birlikte kullanılır veya bazı uygulamalarda birbirinin yerine kullanılabilir. Çoğu kullanım alanlarında sezyum Rb’un yerine kolaylıkla kullanılabilir ve aynı zamanda ucuz olması nedeniyle Rb’a tercih edilir. Fakat Rubidyumun eşsiz olduğu ve sezyuma göre daha uygun olduğu kullanım alanları da vardır [16–18].

Dünyanın Rb kaynaklarıyla ilgili anlamlı tahminler yapılmamıştır fakat Kuzey Amerika yatakları birkaç yüzyıldır Rb üretimiyle dünya ihtiyaçları için buluşmuştur. 1985’de Kanada’da Bernic Lake yataklarındaki lepidolit ve polusit rezervlerinin tahminleri kullanılarak Kuzey Amerika’nın Rb rezervlerinin 2000 t olduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte Pakeogama Lake pegmatiti Ontorio potasyum feldspatının içinde %

0,97-1,2 aralığında değişen Rb değerlerine sahiptir. Elde edilebilir Rb'un çok küçük miktarlarının Afrika'da Namibiya ve Zambiya'da var olduğu bilinmektedir [11].

Şu iyi bilinmektedir ki Rubidyum ve sezyum kaynakları tüm dünyada sınırlıdır ve ihtiyaç arttıkça bu metallerin fiyatları da artmaktadır. Bu nedenle Rubidyum ve sezyum metali üzerine yapılan çalışmalar daha dikkat çekici olmaktadır[19]. Buda çalışmamızın sonuçlarını oldukça önemli kılmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Eti Maden Kırka Bor İşletme Müdürlüğü Açık Ocak İşletmesinden dokuz farklı bölgeden ve her bölgeden yaklaşık 15-20 kg temsili numuneler alınmıştır. Bu numuneler kil numuneleri, cevher, konsantretinkal ve fabrika atığıdır. Bu çalışmada kil numuneleri atık olarak değerlendirilmiştir. Numuneler tam olarak ifade edilen bölgeleri temsil edebilmesi için çok sayıda noktadan alınıp harmanlanarak oluşturulmuştur. Alınan her numuneden temsili 1 kg alınarak Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik ve Maden Mühendisliğinde bulunan Fritsch (100W-240W) ve Mortar Grinder Pulverisette2 (180W) halkalı değirmenler kullanılarak toz haline getirilmiştir. Islak olan numuneler ise etüvde kurutulduktan sonra halkalı değirmenlerde öğütülmüştür. Alınan numunelere kod verilerek analiz için hazır hale getirilmiştir. Numuneler üzerinde yapılan sınıflandırmalar sonucu (Tablo 1) oluşturulmuştur.

Analize hazır hale gelen numunelerin XRD analizleri Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Bölümünde bulunan RİGAKU MİNİFLEX marka XRD cihazı ile yapılmıştır. Emet Eti Bor işletmelerinde bulunan RİGAKU ZSX PRİMUS markalı XRF cihazı ile yarı kantitatif analizi yapılmıştır. Tam kantitatif PED-XR Fanalizi Ankara Üniversitesi'nde yapılmıştır.

Tablo1. Numunelerin kodları ve isimleri.

Kod	Numunelerin ismi	Kod	Numunelerin ismi
KK1	Montmorillonit (Kil Numunesi)	KK6	Az miktarda eser camsı cevher(Cevher)
KK2	Konsantre Tinkal(Cevher)	KK7	Tabakalı cevher (Cevher)
KK3	Bor türevleri ve çözme oluşu atığı (Fabrika Atığı)	KK8	Montmorillonit (Kil Numunesi)
KK4	Marn (Kil Numunesi)	KK9	KalsineTinkal Ürünü
KK5	Bileşik cevher(Cevher)		

3. BULGULAR

XRD analiz sonuçlarına göre ise numunelerin 4 farklı sınıfta olduğu görülmektedir. Numuneler XRD sonuçlarına göre sınıflandırılmış ve bu sınıflandırma (Tablo 2)'de verilmiştir.

Tablo2. XRD analiz sonuçlarına göre atıkların sınıflandırılması.

Numune kodu	Numune kimyasal formülü	Numune adı
KK1, KK3 ve KK4	CaMg (CO ₃)	Dolomit
KK2 ve KK9	Na ₂ B ₄ O ₇ .5H ₂ O	Tinkalkonit
KK5, KK6 ve KK7	Na ₂ B ₄ O ₅ (OH) ₄ .8H ₂ O	Boraks
KK8	KAlSi ₃ O ₈	Potasyum feldspat

Tablo 3. Ankara üniversitesi XRF sonuçları (µg/g)

Element µg/g	NUMUNELER								
	KK1	KK2	KK3	KK4	KK5	KK6	KK7	KK8	KK9
Rb	88,8	36,1	134,2	77,8	13,9	0,2	16,3	1148,0	14,0
Co	45,5	14,8	55,5	< 5,1	< 2,1	1,5	< 1,9	110,2	0,8
Ni	50,2	16,3	61,5	36,5	-1,8	1,7	1,2	128,1	0,4
Cu	54,9	17,8	67,5	41,2	-4,8	1,8	0,9	145,9	0,0
Zn	59,5	19,3	73,5	45,8	< 0,6	< 0,3	0,6	163,7	< 0,5
Mo	< 3,0	< 1,7	< 2,9	2,6	< 1,3	1,7	< 1,5	12,3	< 1,8
Ag	< 1,0	< 0,7	< 0,9	< 0,9	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 1,0	< 0,7
Cd	< 0,9	< 0,6	< 0,8	< 0,8	< 0,5	< 0,5	< 0,6	1,3	0,5
In	< 0,9	< 0,7	< 0,9	< 0,8	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,8	< 0,8
Sn	< 1,0	< 0,7	1,0	< 0,9	< 0,7	< 0,7	< 0,7	6,5	< 0,9
Sb	< 1,0	< 0,8	0,4	< 1,0	< 0,7	1,7	< 0,8	< 0,9	0,6
Te	< 1,4	< 1,2	< 1,4	< 1,3	< 1,0	< 1,0	3,2	< 1,3	1,7
I	4,3	2,6	< 2,4	2,6	2,0	4,7	< 1,9	< 2,4	< 2,5
Cs	425,4	113,6	372,2	283,4	54,5	10,8	57,1	625,1	52,3
Ba	47,3	22,2	53,5	33,4	11,9	12,6	15,5	110,7	9,4
La	< 7,7	< 7,3	10,4	9,1	9,9	20,9	12,2	9,6	20,0

Ankara üniversitesi XRF sonuçları incelendiğinde KK1, KK3 ve KK4'ün Mg içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir. KK2, KK5, KK6, KK7 ve KK9 numunelerinin ise Na içeriği yüksektir. KK8 numunesi incelendiğinde bu numunenin Al, Si ve K içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir (Tablo3). Ayrıca Tablo3'ten KK8 numunesinin rubidyum ve sezyum içeriklerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Buda önemli bir bulgudur.

Tablo4. Emet Eti bor XRF cihazı ile alınan sonuçlar.

	KK1	KK2	KK3	KK4	KK5	KK6	KK7	KK8	KK9
% B ₂ O ₃	3,34	38,8	10,8	0,77	45,7	56,2	45	8,75	54,1
% CaO	32,5	12	28,5	47,1	7,08	0,218	8,21	0,207	2,63
% MgO	28,1	9,41	20,5	27,5	9,7	0,54	4,36	2,58	1,8
% Na ₂ O	1,96	30,3	9,56	1,28	26,1	42,3	35,1	5,13	38,8
% K ₂ O	0,361	0,21	1,09	0,446	0,14	0,0109	0,0883	12,6	0,116
% Al ₂ O ₃	0,757	0,364	1,74	0,612	0,334	0,114	0,196	13,9	0,198
% SiO ₂	27,1	6,73	21,2	17,3	7,91	0,562	5,36	50	1,77
%Rb ₂ O	0,0214	0,0109	0,0312	0,0209	0,0041	-	0,0061	0,185	0,0020
%Cs ₂ O	0,100	-	0,145	0,0893	-	-	-	0,0838	-

Emet Eti bor XRF cihazı ile alınan analiz sonuçları incelendiğinde KK1, KK3 ve KK4'ün Ca ve Mg içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. KK2 ve KK9'un XRF sonuçlarında Na ve B₂O₃ içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. KK5, KK6 ve KK7 incelendiğinde bu maddelerin Na ve B₂O₃ içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir. KK8'in XRF sonuçları incelendiğinde bu maddenin K, Si ve Al içeriğinin yüksek olduğu gözlemlenmektedir (Tablo4). KK8 numunesinde göze çarpan diğer sonuç ise rubidyum ve sezyum elementlerinin yüksek oluşudur.

Tablo5. XRF cihazı ile yapılan analiz sonuçlarının rubidyum ve sezyum elementi için karşılaştırılması.

Kod	Numunelerin ismi	Emet Eti Bor XRF cihazı		Ankara üniversitesi XRF cihazı	
		Rb (µg/g)	Cs (µg/g)	Rb (µg/g)	Cs (µg/g)
KK1	Montmorillonit	195	943	88,8	425,4
KK2	Konsantre Tinkal	99,6	-	36,1	113,6
KK3	Bor türevleri ve çözme oluşu atığı	285,6	1370	134,2	372,2
KK4	Marn	191	842	77,8	283,4
KK5	Bileşik cevher	37,474	-	13,9	54,5
KK6	Az miktarda eser camsı cevher	68,55	-	0,2	10,8
KK7	Tabakalı cevher	55,75	-	16,3	57,1
KK8	Montmorillonit atığı	1690	790	1148	625,1
KK9	KalsinedTinkal	18,28	-	14	52,3

XRF sonuçları detaylı bir şekilde incelendiğinde KK8 numunesi önemli miktarda rubidyum ve sezyum içermekte ve buda çalışılmaya değer bir konu olarak görülmektedir. Analiz sonuçları da birbirine yakın olup buda analiz sonuçlarını doğrular niteliktedir.

4. SONUÇLAR

Eti Maden Kırka Bor İşletmesi'nden temin edilen numunelerin XRF analiz sonuçları incelendiğinde B₂O₃,MgO, Na₂O, CaO, K₂O, Al₂O₃ ve SiO₂ içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir. Eti Maden Kırka Bor İşletme Müdürlüğü Açık Ocak İşletmesinden temin edilen numuneler Dolomit, Tinkalkonit, Boraks ve

Potasyum Feldspat olarak sınıflandırılabilir. XRF analiz sonuçları ve XRD analiz sonuçları birbirleriyle uyum içindedir ve buda analiz sonuçlarının doğruluğunu gösterir niteliktedir.

Emet Eti Bor işletmelerinde bulunan XRF cihazı ile yapılan yarı kantitatif analiz sonuçları incelendiğinde KK8 numunesinde 1690($\mu\text{g/g}$) rubidyum, 790($\mu\text{g/g}$) sezyum elementi gözlenmektedir. KK1 numunesinin 943, KK3 numunesinin ise 1370($\mu\text{g/g}$) sezyum içerikleri dikkat çekmektedir.

Ankara üniversitesi XRF sonuçları incelendiğinde KK8 numunesinde 1148($\mu\text{g/g}$) rubidyum, 625,1($\mu\text{g/g}$) sezyum elementi gözlenmektedir. Yine bu sonuçlara göre KK1 ve KK3 numuneleri önemli miktarda sezyum içermektedir. Buna göre ilgili numuneler rubidyum ve sezyum kaynağı olarak kullanılabilir.

Potasyum feldspatın en büyük kullanım alanı seramik sanayiidir. Bunu porselen, vitrifiye, izolatör sır imalatı ve az da olsa emaye ve kaynak elektrotları izlemektedir [20]. Dolomit, fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak endüstride bir çok alanda kullanılır. Bunların en önemlileri cam ve soda, refrakter ve demir-çelik'tir [21]. Tinkalkonit ve boraks ise ticari öneme sahip bor mineralleridir.

Sonuç olarak bu numunelerin değerlendirilme alanları Dolomit, Tinkalkonit, Boraks ve Potasyum Feldspatın kullanıldığı alanlar olabilir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde bor atıklarının bu alanlarda kullanılması ile ilgili bir kısım çalışmaların yapıldığı bu çalışmalardan olumlu sonuçlar alındığı gözlenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] T. Uslu and A. I. Arol, "Use of boron waste as an additive in red bricks," *Waste Management*, vol. 24, no. 2, pp. 217–220, (2004).
- [2] R. Boncukcuoğlu, M. M. Kocakerim, V. Tosunoğlu, and M. T. Yılmaz, "Utilization of trommelsieve waste as an additive in Portlandcement production," *Cementand Concrete Research*, vol. 32, no. 1, pp. 35–39, (2002).
- [3] S. Kurama, A. Kara, and H. Kurama, "Investigation of borax waste behaviour in tile production" *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 27, no. 2–3, pp. 1715–1720, (2007).
- [4] A. Olgun, Y. Erdogan, Y. Ayhan, and B. Zeybek, "Development of ceramic tiles from coal fly ash and tincal ore waste," *Ceramics International*, vol. 31, no. 1, pp. 153–158, (2005).
- [5] T. Batar, N. S. Köksal, and Ş. E. Yersel, "Atık Bor, Atık Kâğıt ve Perlit Katkılı Sıva Malzemesinin Üretimi ve Karakterizasyonu," *Ekoloji*, pp. 45–53, (2009).
- [6] İ. Demir and M. Orhan, "Bor Atıklarının Yapı Malzemesi Üretiminde Değerlendirilmesi," *I. Uluslararası Bor Sempozyumu*, pp. 235–239, (2002).
- [7] Ş. Targan, Y. Erdoğan, A. Olgun, B. Zeybek, and V. Sevinç, "Kula Cürufu, Bentonit ve Kolemanit Atıklarının Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi," *I. Uluslararası Bor Sempozyumu*, pp. 259–266, 2002.

- [8] B. Karasu, G. Kaya, and H. Yurdakul, "Etibor Kırka Boraks İşletmesi konsantre ve türev atıklarının duvar karosu bünye özelliklerine etkisi," I. Uluslararası Bor Sempozyumu, pp. 224–228, (2002).
- [9] Reese, R. G. J., Rubidium, in Metal prices in the United States through 1998, U.S. Geological Survey, pp. 129-130, (1999).
- [10] K. Yoshinaga, B. J. W. Chow, K. Williams, L. Chen, R. A. De Kemp, L. Garrard, A. Lok-Tin Szeto, M. Aung, R. A. Davies, T. D. Ruddy, and R. S. B. Beanlands, "What is the Prognostic Value of Myocardial Perfusion Imaging Using Rubidium-82 Positron Emission Tomography?," Journal of the American College of Cardiology, vol. 48, no. 5, pp. 1029–1039, (2006).
- [11] W. C. Butterman and R. G. Reese, "Mineral Commodity Profiles Rubidium," U.S. Geological Survey Open-File Report 03-045, pp. 1–11, (2003).
- [12] J. J. Kennedy, "The alkali metal cesium and some of its salts," Chemical Reviews, vol. 23, no. 1, pp. 157–163, (1938).
- [13] V. Anan'ev, M. Miklin, N. Nelyubina, and M. Poroshina, "Optical spectra of UV-irradiated rubidium and caesium nitrate crystals," Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, vol. 162, no. 1, pp. 67–72, (2004).
- [14] F. Vecchio, V. Venkatraman, H. Shea, T. Maeder, and P. Ryser, "Dispensing and hermetic sealing Rb in a miniature reference cell for integrated atomic clocks," Procedia Engineering, vol. 5, no. 1, pp. 367–370, (2010).
- [15] J. J. Norton, "Lithium, cesium, and rubidium—The rare alkali metals," United States mineral resources: U.S. Geological Survey Professional Paper, vol. 820, pp. 365–378, (1973).
- [16] www.houstonlakemining.com, Rare metals and their applications," (2003).
- [17] L. C. Carrico and J. B. Hedrick, "Rubidium, in Mineral facts and problems: U.S. Bureau of Mines Bulletin," vol. 675, pp. 673–678, (1985).
- [18] F. S. Wagner, "Rubidium and rubidium compounds," Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, pp. 1–11, (2011).
- [19] R.-F. Cui, M.-C. Hu, L.-H. Jin, S.-N. Li, Y.-C. Jiang, and S.-P. Xia, "Activity coefficients of rubidium chloride and cesium chloride in methanol–water mixtures and a comparative study of Pitzer and Pitzer–Simonson–Clegg models (298.15K)," Fluid Phase Equilibria, vol. 251, no. 2, pp. 137–144, (2007).
- [20] M. Hızal, "Potasyum Feldspatların Dünü, Bugünü ve Yarını," 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, pp. 31–39, (1997).
- [21] II. Endüstriyel hammaddeler alt komisyonu, "(Refrakter Killer ve Şiferton–Manyezit–Dolomit–Olivin–Zirkon–Disten, Sillimanit, Andaluzit) Çalışma Grubu Raporu," Sekizinci beş yıllık Kalkınma Planı–Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu, (2001).