



Afşin-Elbistan Linyit Havzası Killerinin Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Seramikte Kullanılabilirliği

Physico-Chemical Properties of Afşin-Elbistan Lignite Basin Clays and Their Usability in Ceramics

Esra BAKIR¹ Orcid: 0000-0001-6180-7009

Tamer RIZAOĞLU^{1,2} Orcid: 0000-0002-4883-0842

¹KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği ABD, Kahramanmaraş

²KSÜ, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

Geliş (received): 12/12/2023

Kabul (Accepted): 28/12/2023

ÖZ

Bu çalışmada Türkiye'nin en büyük linyit sahası olan Afşin-Elbistan Linyit havzası Kışlaköy Açık ocağı kömürü üst seviyelerindeki kil tabakalarının seramik sektöründe kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır. Killerin fiziko-kimyasal karakteristiklerinin belirlenmesi için XRF (X-Ray Fluorescence), XRD (X-Ray Diffraction), mukavemet, renk, kıvam limitleri, çekme dayanımı ve su emme (porozite) analizleri yapılmıştır. Killer Alüminyum silikat hidrat ana yapısında olup Fe₂O₃ değerinin normalden yüksek (%7.233) olduğu ortaya konulmuştur. Kilin içerisinde ince yapraksı profillit katmanları tespit edilmiştir. Diferansiyal Termal Analiz (DTA) sonuçlarına göre 63 mikron altında ve montmorillonit bileşimli killerin oluşumunda gerçekleşme sıcaklıkları yaklaşık 136°C, 524°C ve 939°C' olan ve dehidratasyon, kristal su kaybı ve faz dönüşümlerini işaret eden 3 endotermik reaksiyon meydana geldiği düşünülmektedir. Killerin toplam küçülme değeri %2.81 ve boyutu 106.9 mm olarak ölçülmüştür. Su emme oranı % 0.85, pH değeri 7.9, viskozitesi 100 cc/sn, Litre ağırlığı 1320 g/L kuru mukavemeti 29.6 kg/cm² olarak ölçülmüştür. Tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde AEL (Afşin-Elbistan Linyit Havzası) killerinin safsızlıkları giderildiğinde seramikte kullanılabilmesi kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Afşin-Elbistan, Kömür, Linyit, Kil, Seramik

Tamer RIZAOĞLU

tamer@ksu.edu.tr

ABSTRACT

In this study, the potential of the clay layers in the upper levels of Kışlaköy Open Pit coal in Afşin-Elbistan Lignite Basin, the largest lignite field of Turkey, to be used in the ceramic industry was investigated. XRF (X-Ray Fluorescence), XRD (X-Ray Diffraction), strength, colour, viscosity limits, tensile strength and water absorption (porosity) analyses were performed to determine the physico-chemical characteristics of the clays. Clays have aluminium silicate hydrate main structure and Fe_2O_3 value is higher than normal (7.233%). Thin leafy profillite layers were detected in the clay. According to the results of Differential Thermal Analysis (DTA), it is thought that 3 endothermic reactions occurred in the formation of clays below 63 microns and with montmorillonite composition, with temperatures of approximately 136°C, 524°C and 939°C, indicating dehydration, crystal water loss and phase transformations. The total shrinkage value of the clays was 2.81% and the size was measured as 106.9 mm. Water absorption rate was 0.85%, pH value was 7.9, viscosity was 100 cc/sec, litre weight was 1320 g/L and dry strength was 29.6 kg/cm². When all the data are evaluated together, it is concluded that AEL (Afşin-Elbistan Lignite Basin) clays can be used in ceramics when impurities are removed.

Keywords: Afşin-Elbistan, Coal, Lignite, Clay, Ceramic

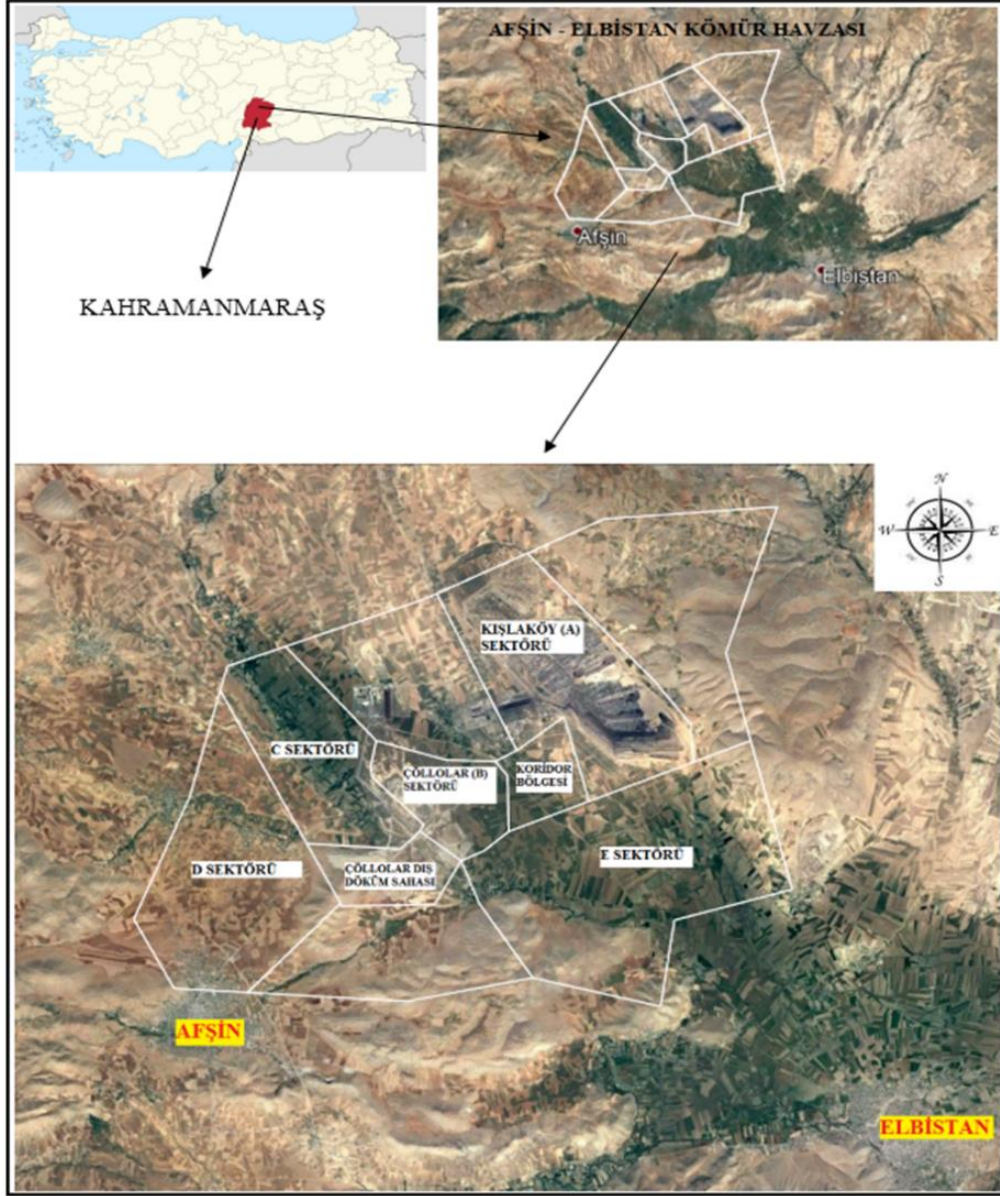
1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca insan yaşamını kolaylaştıracak malzemelerin elde edilmesinde genellikle doğal malzemeler kullanılmıştır. İlk metal kullanımından sonra çeşitli mineraller ile (feldispat, kuvars vs) kil karışımının o günün koşullarına göre yüksek sayılabilecek sıcaklıklara kadar ısıtılıp soğutulmasıyla elde edilen seramikler Neolitik çağdan itibaren insanların hayatında hep var olmuştur. Bu dönemden öncesinde de insanoğlu seramik teknolojisi olmamasına rağmen seramiğin hammaddelerinden en önemlisi olan kilin özelliklerini biliyordu (Ünal ve Hasekioğlu., 2023)

Seramik, polimer, sondaj, petrol, gıda, kağıt, ilaç vb. birçok sektörün temel hammadde girdisini oluşturan killerin gerek nitelikleri gerekse de nicelikleri bakımından bahsedilen alanlarda kullanılmaya uygun olup olmadığı önemlidir. Bahsedilen farklı alanlarda kullanıldığından dolayı, kil mineralleri talebi ve üretimi devamlı artmakta olan endüstriyel hammaddeler içerisinde en önde gelmektedir. Bu sebeple farklı yapı ve özelliklere sahip olan killerin, sistematik olarak araştırılması gerekmektedir. Mineral kompozisyonu, yapı ve kimyasal bileşim gibi parametreler killerin endüstriyel olarak kullanılabilirliğini ortaya koymada oldukça önemlidir (Lambe, 1958). Bundan dolayı endüstriyel hammadde ihtiyacını karşılayabilecek her bir kil yatağının karakteristik özelliklerinin ortaya konularak değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Son yıllarda başta jeokimyasal ve minerolojik incelemeler olmak üzere seramik hammaddesi olabilecek minerallerin ve killerin jeolojik özelliklerini ve fiziksel karakteristiklerini irdeleyerek ele alan birçok bilimsel çalışma bulunmaktadır (Burst., 1991; Semiz, 2018; Mirdalı ve ark., 2019; Kuruoğlu ve ark., 2022; Çelik ve Kapur., 2019; Kızılkaya ve ark., 2016; M'Barek-Jemaı ve ark., 2017; Kuşçu ve Yıldız.,2016; Deniz ve ark., 2021; Güllü ve Bilgilioğlu, 2023). Kömür havzalarının oluşumu süreçlerinde de kil oluşumlarına sıklıkla rastlanmaktadır. Özellikle kömür seviyelerinde aratabakalar halinde bulunan veya kömür seviyelerinin üstünde yer alan killerin de endüstriyel hammadde olarak kullanılabilme olanakları birçok bilimsel çalışmaya konu olmuştur (Türkmenođlu ve Yavuz-Işık., 2008; Oikonomopoulos ve ark., 2015; Jordán ve ark., 2015). Bu çalışmada Afşin-Elbistan Linyitleri Kışlaköy açık işletmesinde döner kepçeli ekskavatörlerin örtü tabakası dekapajı yaptığı alanlarda yüzleklerine rastlanan killerin fiziko-kimyasal karakteristikleri araştırılmış ve bölgede yüzeyleyen killerin seramik hammaddesi olarak kullanıma uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Afşin-Elbistan linyit havzası Kahramanmaraş ili kuzeyinde yer almakta olup linyit havzası kendi içerisinde beř alt sektöre ayrılmıştır (Şekil 1). Linyit üretim süreçleri döner kepçeli ekskavatörler vasıtasıyla belirtilen sektörler içerisinde kömür üretimi, üst seviyelerin dekapajı ve bu işlemlerden elde edilen materyallerin ilgili alanlara sevkini sağlayan bant yolları ile gerçekleştirilmektedir. Afşin-Elbistan Linyitleri Kışlaköy havzasında kömür üstü killeri kömür tabakaları ile ardalanmalı olarak yer almakta olup yer yer killerin yer yer de kömür seviyelerinin baskın olduğu gözlenmektedir (Şekil 2).

Afşin-Elbistan linyit sahasının genel stratigrafik istifi Şekil 3'de verilmiştir. En altta Neojen yaşlı turkuaz renkte taban kili, gıdya, linyit horizonu ve kireçtaşlarından oluşan birim üst

seviyelere doğru Pliyosen yaşlı gölsel çökellerle devam edip yamaç molozu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlarla son bulmaktadır. Afşin-Elbistan havzasındaki kömür horizonları içerisinde bulunan kömür katmanlarına paralel çok yüksek plastisiteli çok zayıf mukavemetli kil şeritleri bulunmaktadır (Akbulut ve ark.,2008) (Şekil 3).



Şekil 1. Havzanın ve çalışma alanının yer bulduru haritası (Baykara,2019).

Figure 1. Location map of the basin and study area (Baykara, 2019).



Şekil 2. Afşin-Elbistan linyit havzası Kışlaköy açık işletmesinden kil ve kömür seviyelerinin görünümü

Figure 2. View of clay and coal layers from the Kışlaköy open pit in the Afşin-Elbistan lignite basin

2. MATERYALVE METOD

Materyal

Bu çalışma kapsamında seramik hammaddesi olarak kullanılabilirliği araştırılan kil numuneleri Afşin-Elbistan linyitleri Kışlaköy Açık işletmesinde linyit düzeylerinin üst seviyelerinden yer yer kömür ile ara tabakalı olarak bulunan kil seviyelerinden derlenmiştir (Şekil 3). Kil örnekleri döner kepçeli ekskavatörlerin kazdığı şevlerde ve aynalardaki yüzleklerden kürek ve kazma yardımıyla alınmış olup bu işlem esnasında killerin görsel kıvamları su ile yoğrularak tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Metod

Araziden derlenen numuneler laboratuvarda kırma-eleme işlemleri ile boyutlandırılmıştır. Daha sonra killerin karakteristik özelliklerini ortaya koymak üzere elek analizi, kuru pişme ve toplu küçülme testi, su emme, kıvam limitleri, şişme, pH, pişme rengi, akışkanlık (viskozite), litre ağırlığı, mukavemet ve siyah çekirdek oluşumu (black core) testleri ile birlikte killerin karakterizasyonunu yapmak üzere X- Işınları Difraktometre (XRD), X-Ray Floresans (XRF) yöntemleri uygulanmıştır. Kil numuneleri içerisinde yer alan minerallerin sıcaklık ile

davranışlarının tespiti için Diferansiyel Termal Analizi (DTA) yapılmıştır. Killerin morfolojik özelliklerinin ortaya konulabilmesi amacıyla ise Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) analizi yapılmıştır. Numunenin elementel kompozisyonu için SEM-EDX analizi yapılmıştır.

SİSTEM	SERİ	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	ORTAM
TERSİYER	KUVARTERNER	2-10		SİLTİ KURLU ÇAKIL	AKARSU
		10-15		LEHİM: Kırmızımsı kahve-açık yeşil renkli, yer yer karbonat yumrulu (kaliçi) içerikli az çakıllı kil. Birim içerisinde yer yer kumtaşı mercekleri yer alır.	
		5		AÇIK YEŞİL RENKLİ KİL	
	PLİYOSEN	GÖL	4		KİREÇTAŞI / MAVİ KİL
			5		BEJ GİDYA : Açık kahve-bej renkli bol fosilli killi silt.
			50-60		GRİ GİDYA : Gri-açık kahverenkli, orta-kalın tabakalı, bol fosilli, yer yer linyit bantlı kil.
			50-110		LİNYİT HORIZONU : Birim, Siyah-açık kahve renkli, ince-orta tabakalı, orta sertlikte olup, yer yer siyah renkli plastik kil, tabana yakın yerlerde ise yer yer yeşil renkli orta plastik kil bantlıdır. Birim içinde bol gri gidya bantı ve yer yer bej gidya bantları yer almaktadır.
			100-125		TURKUVAZ RENKLİ KİL (Taban Kili) Yeşilimsi mavi renkli, yer yer karbonat yumrulu orta plastik kil. Birimin tabanına doğru çakıl ihtiva etmekte olup, havza kenarında birim tamamen çakıllı kil konumundadır.
			~60		KİLLİ KURLU ÇAKIL : Kırmızımsı kahve-açık kahve renkli kil, sarımsı kahve renkli az pekişmiş, kumtaşı ve killi kumlu çakıltaşı.

Şekil 3. Kışlaköy sahası stratigrafik kesiti (Akbulut ve ark., 2008)

Figure 3. Stratigraphic section of the Kışlaköy area (Akbulut et al., 2008)

X-Ray Difraktometre (XRD) Analizi

Kil numunesi içerisinde yer alan minerallerin tespiti için X-Ray Difraktometre (XRD) analizi Erciyes Üniversitesi Teknolojik Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM)'da Bruker AXS D8 advance model cihazda yapılmış olup, elde edilen sonuçlar, High Score Plus yazılımı ile değerlendirilmiştir. Numuneler analiz öncesinde 100°C'de 24 saat etüvde kurutulmaya bırakılmış ve topraklanmanın önüne geçmek amacıyla havanda ğtlerek boyutları kltlmştir.

X-Ray Floresans (XRF) Analizi

Kil içerisinde yer alan oksitlerin belirlenmesi için X-Ray Floresans (XRF) analizi Erciyes Üniversitesi Teknolojik Araştırma ve Uygulama Merkezin (TAUM)' da PANalytical Axios Advanced cihazında gerçekleştirilmiştir. Wroxi standart seti ile kil numunesinin ana element oksitlerinin analizi yapılmıştır.

Diferansiyel Termal Analiz (DTA)

Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM) 'da PERKIN ELMER marka DIAMOND model cihazla yapılmıştır. Sıcaklık veya zaman artışına bağlı olarak deneye tabi tutulan kil numunesinin referansla arasındaki sıcaklık farkını aynı anda ölçen bir cihazla ölçüm yapılmıştır.

Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM, SEM-EDX) Analizi

Kilin morfolojik ve elementel karakterizasyonları için Erciyes Üniversitesi Teknolojik Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM)'da (Leo 440 Computer Controlled Digital) cihazında Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDX) ile belirlenmiştir. Partikllerdeki topraklanmanın görüntü alınmasına engel olmaması için analiz öncesinde %96 saflıkta etanol içerisinde 30 dakika sonikasyon işlemi uygulanmış ve kurutulmaya bırakılmış ve İridyum pskrtlmştir.

Elek Analizi

Kil numunelerine elek analizi yapılarak kil boyutu tespit edilmiştir. Farklı açıklıklardaki eleklerden geçirilen numuneler, titreşimli eleme makinesinde en üstten su verilerek süzme işlemi uygulanmış ve titreşim altında cihazın en altındaki elekten berrak su gelinceye kadar cihazın çalışması devam ettirilmiştir.

Toplam Küçülme Deneyi

İnceleme alanından derlenen killerin kuru, pişme ve toplam küçülme deneyleri Kütahya Güral Porselen fabrikasında yaptırılmıştır. Kuruma ve pişme işlemleri ile killerde küçülme değerleri hesaplanmış ve her iki küçülme değerinin toplamı ise killerin seramik alanında kullanılabilmesi için önemli bir parametre olan toplam küçülme değeri elde edilmiştir.

Su Emme Deneyi

Bu deneyde kil numunesinden elde edilmiş şekillendirilmiş parçalar normal pişme sıcaklığı koşullarında pişirilmiştir ve soğutulan numune tartılmış ve 12 saat suda bekletildikten sonra tekrar tartılarak su emme oranı tespit edilmiştir.

Kıvam Limitleri Deneyi

Afşin -Elbistan Linyitleri kömür üstü killerinin Atterberg kıvam limitleri testleri 6 adet örnek üzerinde uygulanarak Likit Limit (WL) ve Plastik Limit (WP) değerleri elde edilmiştir.

Killerin Şişme Analizi

Killerin düşük sıcaklık değerlerinde bünyesinde tuttuğu fiziksel su miktarı kilin fiziksel ve kimyasal özelliklerini denetleyen en önemli parametrelerden biridir. Killerin şişme potansiyelini belirleyen standart bir deney olmayıp plastik limiti limiti yüksek olan killerin şişme potansiyellerinin de yüksek olduğu düşünülmektedir (Akbulut ve ark., 2009).

Killerin pH Analizi

Bu standartta kilin 1 mol/l KCl veya 0.01 mol/l CaCl₂ çözeltisinde hazırlanmış 1:5(v/v)'lik süspansiyonun pH değeri cam elektrot kullanılarak ölçülmüştür.

Pişme Rengi

İnceleme alanından derlenen numunelerin pişme rengi testleri Kütahya Güral Porselen fabrikası laboratuvarında yaptırılmış olup pişme rengi ölçümü pişirilen numunenin renginin standart numune ile kıyaslanması prensibi ile çalışan renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Akışkanlık (Viskozite)

Akış viskozimetresi kullanılarak daha önceden hazırlanmış farklı su muhtevalarındaki karışımların belirlenen akış zaman dilimi, su ölçüsüne bağlı olarak belirtilir. Bununla beraber deney için kullanılan fordcup'un akma delik çapının bilinmesi gerekir.

Litre Ağırlığı

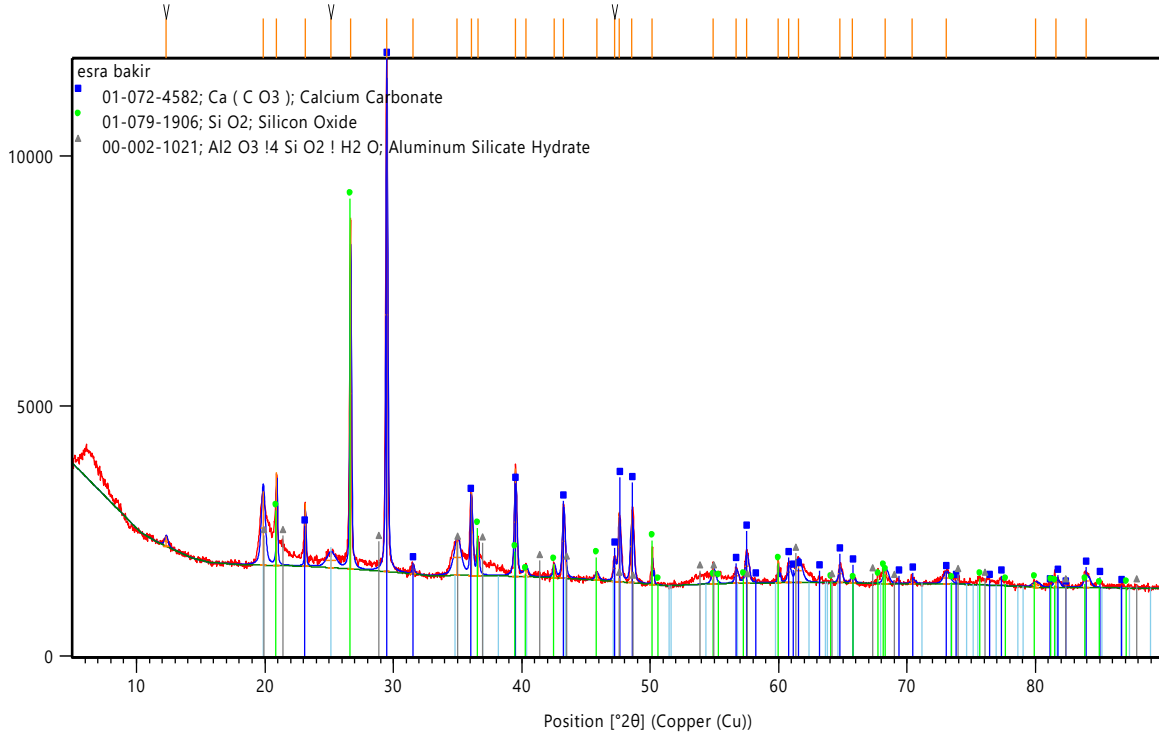
Kil numunelerinin süspansiyon içerisinde bulunan katı-sıvı oranının dolaylı olarak bulunması deneyidir. Deney sonucunda diğer bir anlamda yoğunluk ölçümü olan süspansiyonun ağırlığı tespit edilmiştir.

Mukavemet Ölçümleri

İnceleme alanından derlenen killerin mukavemet testleri Kütahya Güral Porselen fabrikası laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Numuneler mukavemet ölçüm cihazına yerleştirilmiş ve mesnetler arasındaki mesafe ölçülmüştür. Numune kırılıncaya kadar kuvvet uygulanmış ve numune kırıldığı andaki kuvvet not edilmiştir. Bu kuvvet kullanılarak kırılma mukavemeti hesaplaması yapılmıştır.

Siyah Çekirdek Oluşumu (Black core)

Killerin Siyah çekirdek oluşumu testleri de Kütahya Güral Porselen Fabrikası laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Bu analiz kömürden oluşan safsızlıkların tamamen yanıp yanmadığını tespit için yapılmaktadır.



Şekil 4. Kil numunesinin XRD analizi

Figure 4. XRD analysis of the clay sample

3. BULGULAR

XRD Analizinde elde edilen mineral içerikleri Şekil 4'te Rietvelt analiz yöntemi ile kildeki mineral dağılımları Çizelge 1'de verilmektedir. Analiz sonucunda kil numunelerinin baskın olarak CaCO_3 ve SiO_2 bileşimine sahip olduğu tespit edilirken, alüminyum silika hidrat yapısında olduğu ortaya konulmuştur.

Çizelge 1. XRD analizi sonucuna göre kil numunesinin Rietveld analiz yöntemi dağılımları

Table 1. Rietveld analysis method distributions of the clay sample according to the XRD analysis results

Ref.Kodu	Değer	Bileşik Adı	İndis.[°2θ]	Ölçek Fakt.	Kimyasal Formülü
01-072-4582	71	Kalsiyum Karbonat	0.000	0.927	Ca (CO ₃)
01-079-1906	60	Silisyum Oksit	0.000	0.618	SiO ₂
00-002-1021	17	Alüminyum Silikat Hidrat	0.000	0.055	Al ₂ O ₃ 4SiO ₂ H ₂ O

X-Ray Floresans (XRF) analizinde elde edilen sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. Ateşte kayıp değeri organik madde miktarı ile doğru orantılı olup kil numunesi içerisinde potansiyel kömür kalıntısına işaret etmektedir. XRD sonuçları ile paralel olacak şekilde yüksek SiO₂, CaO ve Al₂O₃ değerleri de dikkat çekmektedir. Seramik hammaddesi olarak kullanılabilen killerde istenen Fe₂O₃ değerinin %1’den az olması istenmektedir. İnceleme alanından derlenen killerin Fe₂O₃ oranının belirtilen limit değere göre oldukça fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 2)

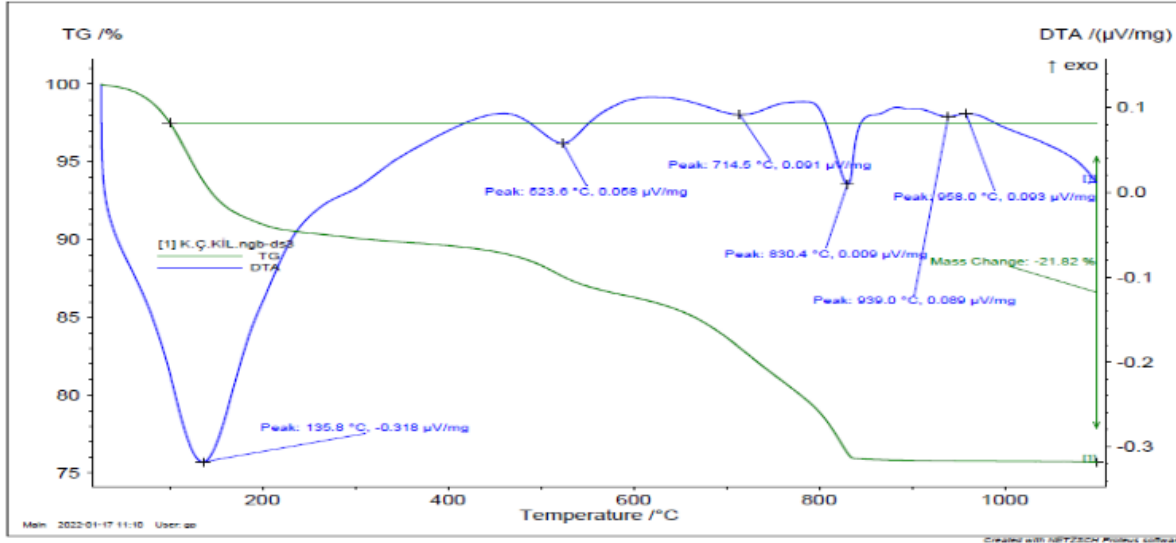
Çizelge 2. Kil numunesinin kimyasal analizi

Table 2. Chemical analysis of the clay sample

Oksitler									
Hammadde	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	A.K.*
AEL- K.Ü Kili	39.39	13.52	7.233	0.0027	1.012	15.79	0.0812	0.733	20.02

*A.K: Ateşte Kayıp

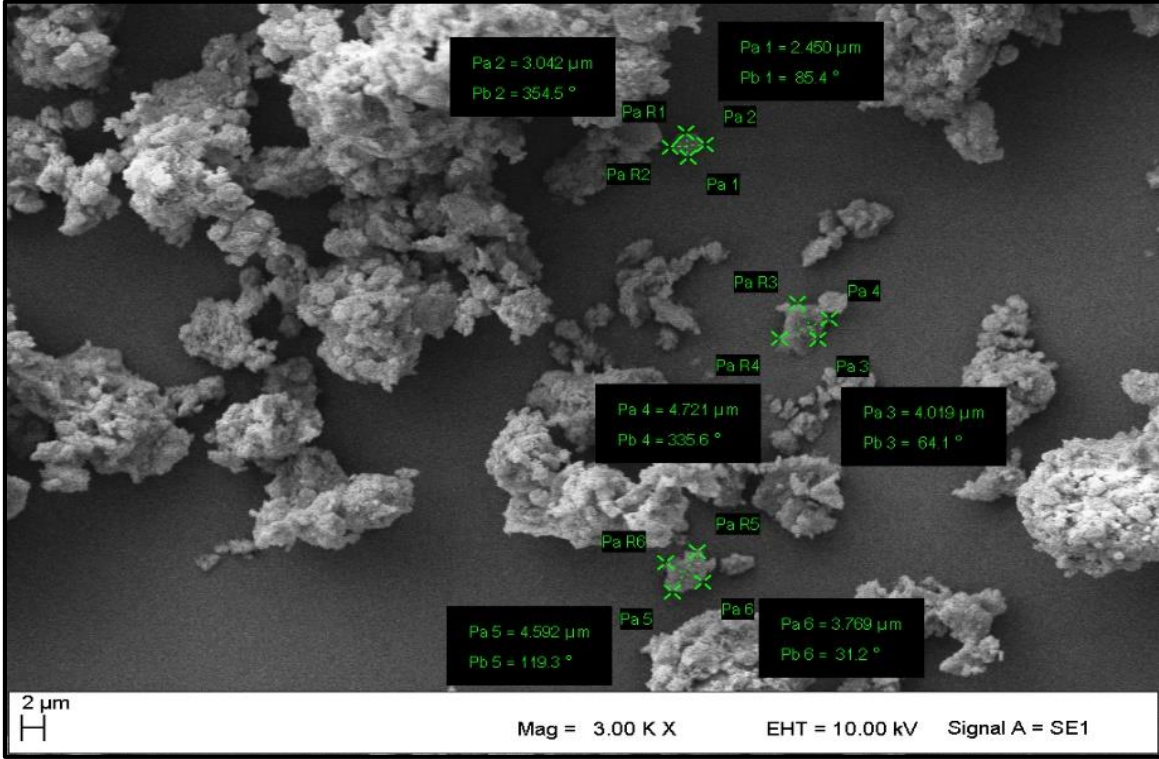
DTA analize göre montmorillonit bileşimli killerin oluşumunda gerçekleşme sıcaklıkları yaklaşık 136°C, 524°C ve 939°C’ olan ve dehidratasyon, kristal su kaybı ve faz dönüşümlerini işaret eden 3 endotermik reaksiyon meydana gelmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Kil numunesinin diferansiyel termik analizi (DTA) ile faz dönüşümleri

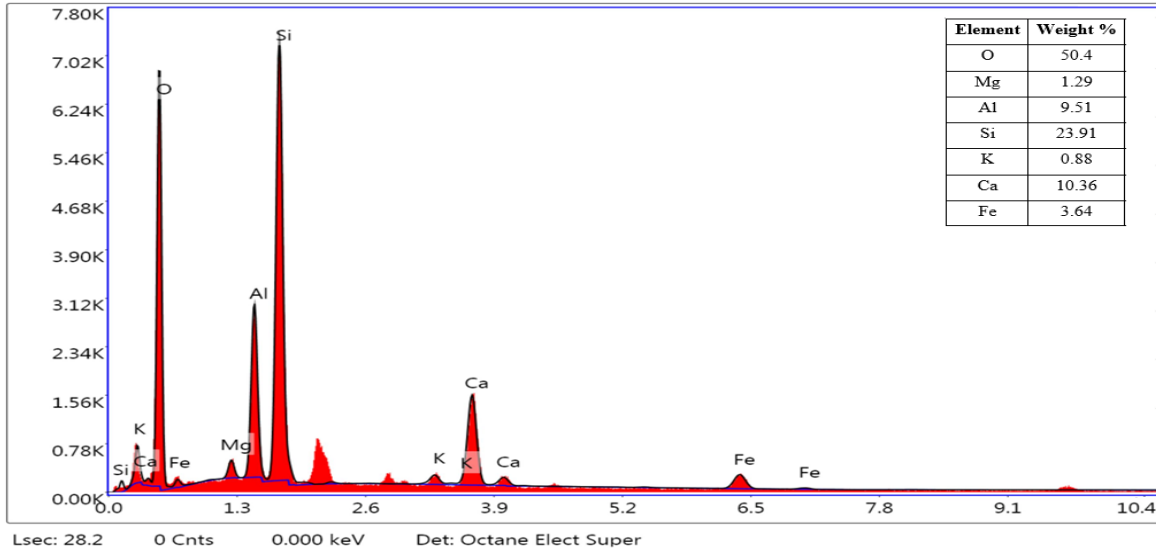
Figure 5. Phase transformations of the clay sample using differential thermal analysis (DTA)

Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM, SEM-EDX) Analizinde Farklı mikron seviyelerinde bulunan kil partiküllerinin ortalama değer olarak 4 mikron seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6’da kil numunesinin analiz görüntüsü, Şekil 7’de SEM-EDX analiz sonucu verilmiştir. Ağırlıkça yaklaşık %24 oranında Si, %11 Ca, %10 Al içermekte olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. Kil numunesinin SEM analizi

Figure 6. SEM analysis of the clay sample



Şekil 7. Kil numunesin SEM-EDX elemental Analizi

Figure 7. SEM-EDX elemental analysis of the clay sample

Elekl analizi işlemi sonunda 63 mikronluk elekten %0.9 luk kil boyutu malzeme geçmiş, kil boyutunun 63 mikronun altında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Afşin-Elbistan Linyit Havzası Kömür Üstü Killerinin Elek Analizi Sonuçları

Table 3. Sieve Analysis Results of Overburden Clays in the Afşin-Elbistan Lignite Basin

Elek Açıklığı (mm)	Kalan Ağırlık	Geçen Ağırlık	% P Geçen	Toplam Malzeme
8 mm	0	1100	100	1100
4 mm	49	1051	95.54	
1,18 mm	295	756	68.72	
0,600 mm	229	527	47.9	
0,425 mm	115	412	37.45	
0,250 mm	104	308	28	
0,106 mm	208	100	9.09	
0,063 (63 mikron)	90	10	0.9	
Pan	10	0	0	
Toplam	1100			

Çalışma sahası killere seramik hammaddesi olarak kullanılması düşünülen killer için önemli bir parametre olan Toplam küçülme deneyi uygulanmış olup AEL kömür üstü kil numunesinin toplam küçülme değeri %2.81 olarak bulunmuştur

İnceleme alanında yer alan kömür üstü killerde ortalama su emme değeri % 0.85 olarak belirlenmiş olup limit değeri aşılmıştır.

Afşin -Elbistan Linyitleri kömür üstü killerinin kıvam limitleri testleri 6 adet örnek üzerinde uygulanmış olup likit limit değeri ortalama 63.91 olarak hesaplanmıştır. Likit limit değeri 50 veya yüksek olan anorganik killer yüksek plastisiteli kil grubundadır. Plastik limit değerlerinin de ortalama 47.6 arasında olduğu tespit edilmiştir.

İnceleme alanından derlenen killer üzerinde yapılan şişme analizinde kendi ağırlıklarının 4 katı şişme potansiyeline sahip oldukları tespit edilmiş olup bu durum plastik limitin yüksek olması ile ilişkili görülmektedir.

İnceleme alanından derlenen killerin pH değeri 7.9 olarak ölçülmüştür.

Afşin-Elbistan Linyit sahası kömür üstü killerin pişme rengi bünyesinde bulunan yüksek demir konsantrasyonundan dolayı koyu sarı renktedir. Elde edilen L, a, b parametreleri ise sırasıyla Beyazlık, Kırmızılık ve Sarılık şeklinde renkleri ifade etmektedir. Analiz sonucunda L değeri 51.07, a değeri 4.7 ve b değeri de 24.29 olarak ölçülmüştür.

İnceleme alanında yer alan kömür üstü killerin viskozitesi 100 cc/ sn olarak ölçülmüştür. Viskozite yoğunlukla beraber değerlendirildiğinde seramik türlerine göre farklı reolojik özelliklerde hammadde gerekliliği ortaya çıkmaktadır. İnceleme alanı killerin yoğunluk ölçümü yapılarak litre ağırlığı 1320 g/L olarak belirlenmiştir.

Mukavemet Ölçümleri

AEL kömür üstü kil numunesinin kuru mukavemet değeri 29.6 kg/cm² olarak elde edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Kil numunesinin kuru mukavemet deneyi

Figure 8. Dry strength test of the clay sample

Pişme sonrası mukavemet tespiti işleminde inceleme alanından derlenen numuneler kurutulularak ürün pişirim sıcaklık değerinde pişirilmesinin ardından mukavemet ölçüm cihazında testi yapılmıştır. AEL kömür üstü kil numunesinin pişme sonrası mukavemet değeri 223.6 kg/cm²

olarak tespit edilmiştir. Kil numunesine uygulanan pres basınç değeri 400 kg/cm^2 'dir. Bu analizde 5 numune teste tabi tutulup elde edilen sonuçların ortalama değeri alınarak mukavemet değeri bulunmuştur.



Şekil 9. Kil numunesinin pişme sonrası mukavemet ölçümü.

Figure 9. Strength measurement of the clay sample after firing.

4. TARTIŞMA

XRF ile yapılan Majör oksit analizleri değerlendirildiğinde Afşin Elbistan kili içerisinde SiO_2 (%39.39), CaO (%15.79) ve Al_2O_3 (%13.52) oranlarının diğer oksitlere göre yüksek olduğu ve XRF sonucunun diğer analitik tekniklerden SEM-EDX ile kıyaslandığında bir tutarlılığın olduğu görülmektedir. XRF analizinde Ateşte Kayıp değerinin yüksek çıkması (%20.02) kömür üstü killerin çevresindeki kömürle jenetik bir ilişkisinin olduğu ve organik bileşen (kömür, talaş, fosil, vb) içerebileceğine işaret etmektedir. Ateşte kaybın bir diğer

nedeni de yine kömürün kimyasal kompozisyonunda karbonatın olmasıdır. Ayrıca Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM) analizi sonucunda partikül boyutlarının 4 mikron altı olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma sahası killerde siyah çekirdek oluşumu gözlenmemiştir. Killerin bünyelerindeki organik madde miktarındaki artışın ortaya çıkardığı önemli problemlerden birisi de seramik ürünlerdeki siyah çekirdek oluşumu olayıdır. Yetersiz oksidasyondan dolayı organik materyallerin tamamıyla yanmaması bu tür olumsuz durumların temel kaynağıdır. Bölgede bulunan killerde organik madde miktarının çok olmasına rağmen kil ürünlerinde siyah çekirdek oluşumunun görülmemesi bölge killerinin seramik bünyelerde kullanılabilme potansiyeli açısından olumlu bir sonuçtur.

Araştırma bölgesinden derlenen kil örneklerinin su emme değerinin düşük olduğu (%0.85) tespit edilmiş ve kuru mukavemet değeri 29.6 kg/cm^2 pişme sonrası mukavemet değeri ise 223.6 kg/cm^2 olarak ölçülmüştür. Geleneksel seramikler arasında yer alan porselen karolar, mükemmel teknik özelliklere ve düşük su emme oranına sahip ürünlerdir. Seramik ürünler için bu değer <0.5 olması gerekmektedir (Gültekin,2019).

Seramik killerde Fe_2O_3 (Demir Oksit) oranı %1'den daha az, diğer amaçlar için kullanılacak kil türlerinde ise %3'ten daha az olması istenmektedir. İnceleme alanı killerde yapılan analizler sonucunda Fe_2O_3 değeri çok yüksek (%7.233) değer elde edilmiş olup bu durumun da öncelikle pişme rengini olumsuz etkilediği ve koyulaştırdığı ortaya konulmuştur. Pişme rengi testi sonucuna göre beyazlık olması gerekenden çok düşük çıkmıştır ve bu durumda çalışma alanı killerinin seramik üretiminde kullanılması bakımından olumsuz bir nokta olarak değerlendirilmektedir.

AEL kömür üstü kilinin viskozitesi 100 cc/sn ve Ph değeri de 7.9 olarak ölçülmüştür. kıvam limitleri testlerine göre killerin likit limit değeri $60 <$ olup bu değer 50 veya üzerinde olduğu anorganik killer yüksek plastisiteli kil grubuna dahil olmaktadır. Plastik limit değeri de 47.6 olarak ölçülmüştür. Killerin şişme potansiyeli kendi ağırlığının 4 katı olup plastik limitlerinin yüksek olması bu durumun bir nedeni olarak ortaya çıkmaktadır.

Çalışma sahasından derlenen kil numunelerinin toplam küçülme değeri % 2.81 olarak ölçülmüştür. Bu durum pişme sıcaklığının düşük olmasına bağlı olup sonuçta pişme küçülmesi değeri düşük olunca toplam küçülme değerini de küçültmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Afşin-Elbistan Linyitleri Kışlaköy Açık İşletmesi sahasında yer alan kömür seviyelerinin üst kesimlerindeki killer üzerinde yapılmış olan temel karakterizasyon analizleri ayrı ayrı ya da birbirleri ile korele edilerek değerlendirildiğinde sonuç olarak çalışma konusunu oluşturan killerin mevcut haliyle seramik hammaddesi olarak kullanımı için tam manasıyla uygun olmadığı, bir takım iyileştirmeler yapılarak ve safsızlıkları giderilerek kullanılabilceği. Ayrıca diğer sektörlerde kullanımı için de mevcut analitik verilerle uygun görülse bile her bir farklı alan için ayrıca detaylı tetkiklerin yapılması önerilmektedir. Yapılan analizlerde ön plana çıkan en önemli negatif unsur olarak çok yüksek Fe_2O_3 oranı görülmektedir. Bu bağlamda kilin tek başına kullanılması tavsiye edilmemektedir. Ancak kil içerisinde bulunan Fe_2O_3 miktarının separatörler ile ayrılması ya da çeşitli oranlarda daha düşük demir oksit içeriklerine sahip killerle karıştırılarak kilin ekonomiye kazandırılmasının uygun olduğu düşünülmektedir. Seramik sektörü haricinde demir oksit değerinin yüksek olmasının pozitif bir unsur olduğu tuğla, kiremit üretiminde kullanılabilme olanakları mevcut olup, içerisinde demir oksit bulunmasından dolayı tuğla ve kiremitte rengi için, çimento üretiminde ise diğer materyallerle karıştırılarak zenginleştirilip kullanılması önerilmektedir.

6. TEŞEKKÜR

Çalışma Esra BAKIR'ın Yüksek Lisans Tezinden (Bakır,2022) üretilmiş olup Yazarlar araştırmayı 2020/6-8YLS numaralı proje kapsamında destekleyen, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimine teşekkür ederler. Yazarlar ayrıca makalenin son halini almasında değerli eleştiri ve önerileriyle destek olan hakemlere de teşekkür ederler.

7. KAYNAKLAR

- Akbulut,İ., Aksoy,T., Ölmez,T., Çağlan,D., Onak,A., Çam,İ., Sezer,S., Çevik,M., Çalışkan, V., Yurtseven,N., Sülükçü,S., 2008. Afşin Elbistan Kışlaköy Açık Kömür İşletmesi 2. Kısım 1. Bölüm Şev Stabilitesi Çalışması. MTA Genel Müdürlüğü Fizibilite Etüdlere Dairesi Başkanlığı Jeoteknik Araştırmalar Koordinatörlüğü, Ankara.
- Akbulut,İ., Aksoy,T., Ölmez,T., Çağlan,D., Onak,A., Çam,İ., Sezer,S., Çevik,M., Çalışkan, V., Yurtseven,N., Arıcı,N., 2009. Afşin Elbistan Kışlaköy Açık Kömür İşletmesi 2. Kısım 2. Ve 3. Bölüm Şev Stabilitesi Çalışması. MTA Genel Müdürlüğü Fizibilite Etüdlere Dairesi Başkanlığı Jeoteknik Araştırmalar Koordinatörlüğü, Ankara.
- Bakır, E., 2022. Afşin-Elbistan Linyit Havzası Kömür Üstü Killerinin Seramik Hammaddesi Olarak Kullanılabilirliği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 59s, Yayınlanmamış.
- Baykara, T., 2019. Çelikler Holding Afşin Elbistan Elektrik Üretim ve Tic.A. Ş Aylık Faaliyet Raporu, Nisan 2019 Yayınlanmamış Rapor.
- Burst, J. F.,1991. The application of clay minerals in ceramics. Applied Clay Science, 5(5-6), 421-443.
- Çelik, A., Kapur, S., 2019. Adıyaman bölgesi kil yataklarının farklı pişirim sıcaklıkları sonrası renk değişimleri. Adıyaman Dergisi, 7(2), 99-115.
- Deniz, K., Kadioğlu, Y. K., Koralay, T., Güllü, B., 2021. The distribution of elements in the alteration of feldspatic minerals. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 166(166), 167-188.
- Güllü, B., ve Bilgilioğlu, H., 2023. Sarıcakaya (Eskişehir) Granitoidindeki Pegmatitlerin Kökeni ve Endüstriyel Hammadde Potansiyeli. Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 5(2), 371-382. <https://doi.org/10.46387/bjesr.1347030>
- Gültekin, E.E., 2019. Porselen Karoların Su Emme, Açık Ve Toplam Gözenek Miktarlarına Sinterleme Sıcaklığı Ve Isıtma Hızının Etkilerinin Deney Tasarımı Yöntemiyle

İncelenmesi, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, (2019), 538-548, ISSN: 2564-6605 doi: 10.28948/ngumuh.517180

Jordán, M. M., Meseguer, S., Pardo, F., & Montero, M. A., 2015. Properties and possible ceramic uses of clays from lignite mine spoils of NW Spain. *Applied Clay Science*, 118, 158-161.

Kızılkaya, N., Onal, M., Depci, T., Yücel, A., 2016. Usability of Malatya pyrophyllite in the traditional ceramic industry. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 44, No. 5, p. 052007). IOP Publishing.

Kuruoğlu, M., Taşkın, N., Özkan, İ., 2022. Saipier Kilinin Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi ve Seramik Sektöründe Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *MT Bilimsel*, (22), 83-98.

Kuşcu, M., Yıldız, A., 2016. The mineralogy, geochemistry, and suitability for ceramic applications of Akharım (Afyonkarahisar, W Turkey) kaolinitic clay. *Arabian Journal of Geosciences*, 9, 1-17.

Lambe, T. W., 1958. "The Structure of Compacted Clay", *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, Vol. 84, No. SM2, pp. 1654-1 to 1655-35

M'Barek-Jemaï, M. B., Sdiri, A., Salah, I. B., Aissa, L. B., Bouaziz, S., Duplay, J., 2017. Geological and technological characterization of the Late Jurassic-Early Cretaceous clay deposits (Jebel Ammar, northeastern Tunisia) for ceramic industry. *Journal of African Earth Sciences*, 129, 282-290.

Mirdalı, N. K., Daday, M., Daday, M. T., 2019. Kil İçeriği Yüksek Aslantaş Baraj Gölü Çökelti Malzemesinin Seramik Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(1), 245-254.

Oikonomopoulos, I. K., Perraki, M., Tougiannidis, N., Perraki, T., Kasper, H. U., Gurk, M., 2015. Clays from Neogene Achlada lignite deposits in Florina basin (Western Macedonia, N. Greece): A prospective resource for the ceramics industry. *Applied Clay Science*, 103, 1-9.

Semiz, B., 2018. Pamukkale (Denizli) bölgesi killilerinin karakteristik özellikleri ve seramik sektöründe kullanılabilirlikleri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(6), 1237-1244.

Türkmenoğlu, A. G., Yavuz-Işık, N.,2008. Mineralogy, chemistry and potential utilization of clays from coal deposits in the Kütahya province, Western Turkey. Applied Clay Science, 42(1-2), 63-73.

Ünal, S., Hasekiöğlu, U., 2023. İlk Tür Neolitik Çömlekçilikten Günümüze Üç Boyutlu Yazıcılarla Seramik Üretimi. Motif Academy Journal of Folklore, 16(42), 821-835.