

Doğu Anadolu Bölgesi'nin seramik hammaddeleri potansiyeli

Abdullah Mete ÖZGÜNER¹

Öz

Bitlis-Pötürge Masifinde bulunan %16-38 Al_2O_3 ve %0,2-0,4 ($Fe_2O_3+TiO_2$) tenörlü ve toplam 20 milyon ton görünür rezervli seramik, refrakter, sır hammaddesi pirofillit yatakları, Bitlis Masifi'nde bulunan %16-38 Al_2O_3 ve %0,6-6 ($Fe_2O_3+TiO_2$) tenörlü ve toplam 3 milyon ton görünür rezervli kaolinize disten yatakları, ortalama % 9,5 (Na_2O+K_2O) ve %1'in altında ($Fe_2O_3+TiO_2$) tenörlü Muş ili Kızılağaç beldesi ve Bingöl ili Genç ilçesi Avnik-Yayla köylerindeki metagranitlerden oluşan feldispat yatakları, büyük rezervli ve %95-99 SiO_2 tenörlü civar kuvarsit yatakları, Tatvan ve kuzeyindeki açık işletilebilir perlit, pomza, trakit, kaolinize riyolit seramik katkı maddeleri yatakları, büyük rezervli Erzurum ili Tortum ilçesi, Bingöl ili Haziran köyü, Van ili Çaldıran ilçesi seramik katkı diyatomit ve Sivas Hafik Virancık köyü talk yatakları, seramik sır ve pigment hammaddesi barit, pirofillit, olivin, zeolit yatakları, sır çekilerek karo-fayans üretilen büyük rezervli çimento kili, marn ve kırmızı kil rezervleri, Elazığ ve Erzincan ofiyolit ve dunitlerindeki refrakter hammaddeleri manyezit ve olivin yatakları, Doğu Anadolu Bölgesi'nin seramik ve refrakter hammadde potansiyelini oluşturur. Doğu Anadolu'da 20 farklı alternatif volkanit yatağından ve özellikle trakit yataklarından alınan örneklerin ortalama (Na_2O+K_2O) oranları % 9-10,5 arasındadır. Bu nedenle Muş ili Kızılağaç beldesi, Bingöl ili Avnik köyü metagranitlerinin ve hidrotermal alterasyona uğramış Solhan Formasyonu kaolinize riyolitik tüflerinin, Malatya Hekimhan ilçesi kuzeyinde Pliyosen andezitik piroklastikleri içerisindeki geniş yayımlı hidrotermal kaolinlerin detay jeolojik etüdü önem kazanmaktadır. Volkanitler, şistler, granitler üzerinde uyumsuz olarak yer alan Pliyosen Zırnak Formasyonu'nun ve diğer kömüraltı muhtemel seramik kil yataklarının, beyaz mikalı gnays ve şistlerin hidrotermal alterasyonu ile oluşan kaolin, illit, pirofillit yataklarının prospeksiyonları kil potansiyelini artıracaktır. Ar-Ge çalışmaları; perlit, pomza, riyolitik tuf ve mikrogranitlerin %30 oranına kadar seramik katkı maddesi olarak kullanılmasının mümkün ve ekonomik olduğunu göstermektedir. İyi tasarlanmış proses makinelerinin ülkemizde imal edilmesi sayesinde ithal makine-ekipmanlarının kullanımıyla fizibil olmayan pek çok seramik

hammaddesi zenginleştirme ve endüstriyel üretim projesi fizibil hale gelecektir. Doğu Anadolu'daki seramik hammaddeleri prospeksiyon ve fizibilite çalışmalarının tamamlanıp endüstrilerin kurulması mümkündür.

1. Giriş

Ülkemizde cam ve seramik sanayisinin gelişmesiyle birlikte kullanılan hammaddelerin tüketimi de büyük ölçüde artmıştır. Kalitenin korunup alternatif hammaddelerin kullanılması ile birim üretim maliyetinin düşürülmesi, hammaddenin sürdürülebilirliği, seramik ve cam üretim sektöründe rekabet edilebilir olmanın önemli araçlarıdır. Sektörde kil ithalatı yapılmaktadır. Türkiye'de seramik hammadde sıkıntısı olmamakla beraber, hammaddelerin zenginleştirilmesi ve inovasyon reçetelerinin seramik fabrikalarında uygulanması konusunda eksiklikler vardır. Ülke standartlarına ve uluslararası standartlara uyum sağlayan ürün kalite sisteminin geliştirilmesi, yurt içi seramik kullanım alanlarının genişletilmesi, rakip ülkelerin sanayileri ve ürün yapılarındaki gelişmelerin izlenip katma değeri yüksek ürün ve üretim tiplerinin belirlenmesi, proses makine imalatının yurt içinde gerçekleşmesi, nakliyat masrafları göz önüne alınarak fabrika lokasyonlarının seçilmesi, aynı maden ocağında bulunan farklı hammaddelerin israf edilmeden birlikte çıkarılıp başarılı bir şekilde pazarlanması, zengin olan mineral kaynaklarımızın etkin kullanımının sağlanması açısından büyük öneme sahiptir.

Türkiye'nin sanayi ve ekonomisinde önemli bir yere sahip olan seramik sektörünün Dünya piyasasında söz sahibi olabilmesi için rekabetçi fiyatlara ve dolayısıyla düşük maliyetlere ihtiyacı vardır. Seramik üretiminde kullanılan hammaddelerin seçiminin maliyetleri düşürmedeki önemi büyüktür (Çakıcı, 2014). Seramik üretiminde hammadde seçimi, reçete tasarımı, bileşenlerin değiştirilmesi veya modifiye edilmesinde her bir bileşenin karışımında oynadığı rol önemlidir. Ürünün sıvı ve hamurunu oluşturan bileşim, ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, rekabet ortamında ürün kalitesinden ödün verilmeksizin hammadde maliyetlerini düşürmek oldukça zordur (Özcan, 2002). Seramik karo üretiminde hammaddelere, kullanılan donanım ve teknolojiye bağlı olarak üretim sürecini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Amaçlanan ürünün istenilen yoğunluk ve mukavemete ulaşması,

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

her aşamada yapılacak uygun düzenlemelerle mümkündür. Seramik karoların kalite kontrolünde su emme, mukavemet ölçümü ve seramik yoğunluk testleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Öztürk ve Eren, 2013).

Son 100 yıl öncesine kadar endüstride kullanılmayan dünit, perlit, pomza, mikrogranit, nefelinli siyenit, altere beyaz mikaşist, trakit, riyolit, bazalt gibi litolojiler, Ar-Ge ve teknolojik çalışmalar ile seramik sanayine kazandırılmıştır. Söz konusu çalışmalar, bulunan endüstriyel hammaddelerden katma değeri çok daha yüksek ürünler elde edilmesini sağlayan yöntemlerin geliştirilmesini de sağlamıştır. Doğal tenörü endüstride direkt olarak kullanılabilir değerde olan hammaddelerin azalması nedeniyle bu yatakların zenginleştirilip ekonomiye kazandırılmasına, Ar-Ge ve teknolojik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi seramik hammadde potansiyelini ortaya çıkarmak için mevcut seramik Ar-Ge çalışmalarından yararlanmak zorunluluğu söz konusudur.

Bayraktar vd. (1999)'ne göre; Türkiye'de seramik ve cam sanayilerinin hızla gelişmesine ve Dünya'da önemli yerlere gelmesine karşın, bu sektörlerin kullandığı hammaddelerin işlenmesinde maalesef aynı gelişme gözlenmemiştir. Ancak, cam ve seramik sektörlerinin kaliteli hammadde talebi giderek artmakta ve yurt içi hammaddelerin prosesten geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Zenginleştirme prosesleri konusunda bazı üniversitemizde ve şirketlerde yeterli düzeyde bilgi birikimi mevcuttur. Dolayısıyla proses tasarımı konusunda hiçbir ciddi sıkıntı söz konusu değildir. Yerli proses makineleri imalatı ise gerekenden daha ileri düzeydedir. Ülkemizde üretilen proses makinelerinin fiyatı, Batı'da üretilen eşdeğerlerine göre asgari %50 oranında daha ucuz olup, performans ve ömür açısından karşılaştırıldığında aradaki nitelik farkı, fiyat farkını dengeleyecek düzeyde değildir. Ülkemizde üretilen proses makine ekipmanlarının uluslararası standartlarda olduğuna dair en büyük kanıt, son yıllarda giderek artan ihracat ve bazı Batılı ülke firmalarına yapılan fason işlerdir. İyi tasarlanmış proses makinelerinin ülkemizde imal edilmesi sayesinde ithal makine-ekipmanla fizibil olmayan pek çok seramik hammadde zenginleştirme ve endüstriyel üretim projeleri fizibil hale dönüşmüştür.

Makalenin amacı, Doğu Anadolu Bölgesi'nin çeşitli seramik, refrakter ve cam hammadde potansiyeline sahip olduğunu, söz konusu endüstrilerin kurulmasının mümkün olduğunu ve

bu amaçla çalışmalar yapılmasının gerekliliğini vurgulamaktır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde bol bulunan ve açık olarak işletilebilen pomza, perlit ve trakitik, andezitik, riyolitik tüflerin ve mikro-granitlerin, alkali granitlerin seramikte %30 oranına kadar katkı maddesi olarak kullanımı olumlu olup ekonomik Ar-Ge sonuçları alınmıştır (Akkurt, 2001; Özcan, 2002; Aksay, 2005; Sayarer, 2006; Kara vd., 2009; Kayacı vd., 2009; Civan, 2011; Ceylan, 2019; Kayacı vd., 2020; Bozkurt vd., 2021; Kayacı, 2021). Seramik kil ve hammadde darboğazının aşılmasında, Doğu Anadolu Bitlis-Pötürge masifindeki pirofillit, kaolin ve kaolinize disten rezervlerinin, feldispat hammaddesi olarak Muş ili Kızılağaç beldesi ve Bingöl ili Avnik-Yayla köyleri metagranit yataklarının, perlit, pomza ve volkanitlerin katkı maddesi olarak direkt kullanılması ve hidrotermal alterasyona uğramış riyolitik tüflerin ve beyaz mikaşistlerin oluşturduğu kaolin, illit yataklarının ve Zırnak Formasyonu kömüraltı muhtemel kil yataklarının prospeksiyon ve fizibilite çalışmaları önem kazanmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde birçok vilayette büyük ölçekli çimento kili ve tuğla-kiremit toprağı rezervleri bulunmuştur. Çimento klinkeri, marn, kırmızı kil ve tuğla-kiremit toprağı hamurundan yapılan karo-fayanslara sır çekilerek uygun fiyatlarda piyasada tutunabilme imkanı vardır. Ar-Ge çalışmalarında yurtiçi imkanlarına göre yöntemler seçilmesi önemlidir. Hammadde rezervinin varlığı, reçeteye uygunluğu, öğütme, işletme, nakliyat masrafları, alternatif seramik hammadde yatağının seçiminde önem kazanmaktadır.

2. Doğu Anadolu Bölgesi Kil Yatakları

Seramik sanayinde kil, ıslandığı zaman plastiklik gösteren, kurduğu zaman küçülen, yüksek sıcaklıklarda pişirildiği zaman sertleşen, bağlayıcı ve şekil verici özelliği ile büyük oranda kullanılan bir hammadDEDİR ve halen bir kısmı yurt dışından ithal edilmektedir. Türkiye metamorfik masiflerinde beyaz mikaşistlerin hidrotermal alterasyonu ile oluşan kaolin-illit yatakları, henüz seramik sanayinde kullanılmamaktadır. Halbuki Çelik (2010); Kayacı vd. (2020)'nin gerçekleştirdiği Ar-Ge çalışmaları; hidrotermal alterasyona uğramış beyaz mikaşistlerin, seramik materyallerin gücünü, sertliğini ve termal şok direncini artırdığını, su emme oranlarını azalttığını, ateş kaybını sabit tuttuğunu, koyu renkli yer ve duvar karosu olarak kullanılan seramik kütlelerini ağırttığını ve porselen, yer-duvar karosu üretiminde farklı oranlarda kullanılabilirliğini göstermiştir.

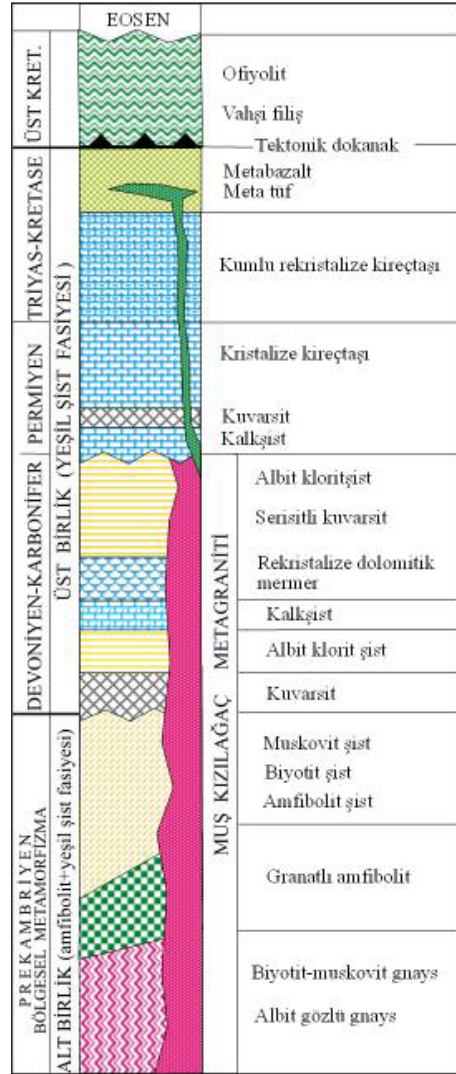
2.1. Bitlis Masifi Gnays ve Beyaz Mikaşistlerinde Bulunan Kaolinize Disten, Pirofillit ve Kaolin-İllit Yatakları

Bitlis Masifi'nin Prekambriyen yaşlı alt birliği, çeşitli gnays, amfibolit ve şistlerden oluşan üç esas litolojiden meydana gelmektedir. Üst Paleozoyik – Üst Kretase yaşlı üst birlik ise, Üst Kretase ofiyolit tektonik bindirmesi dokanağına kadar mikaşist, klorit şist, metakuvarsit, kalkışist ve mermerlerden oluşmaktadır. Alt birlik hem amfibolit, hem yeşilşist fasiyesinde metamorfizmaya uğrarken, üst birlik yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Beyaz mikaşistlerin anakayacı felsik tüfler, kıltaşları ve kil çimentolu fedispatik kumtaşlarıdır (Şekil 1) (Yılmaz, 1975; Helvacı ve Griffin, 1983; Göncüoğlu, 1984; Çağlayan vd., 1984; Akay vd., 1988; Genç, 1990; Şengün, 1993). Devoniyen-Karbonifer yaşlı Muş ili Kızılağaç beldesi lökograditleri ve diğer granit sokulumlarıyla kesilmiş Bitlis Masifi alt birlik gnayslarında ve tüm Bitlis Masifi muskovit şistlerinde gerçekleştirilecek olan seramik kili prospeksiyonuyla, yeni potansiyel kaolinit, illit, pirofillit ve kaolinize disten yataklarının keşfedileceği öngörülmektedir (Şekil 1, 2).

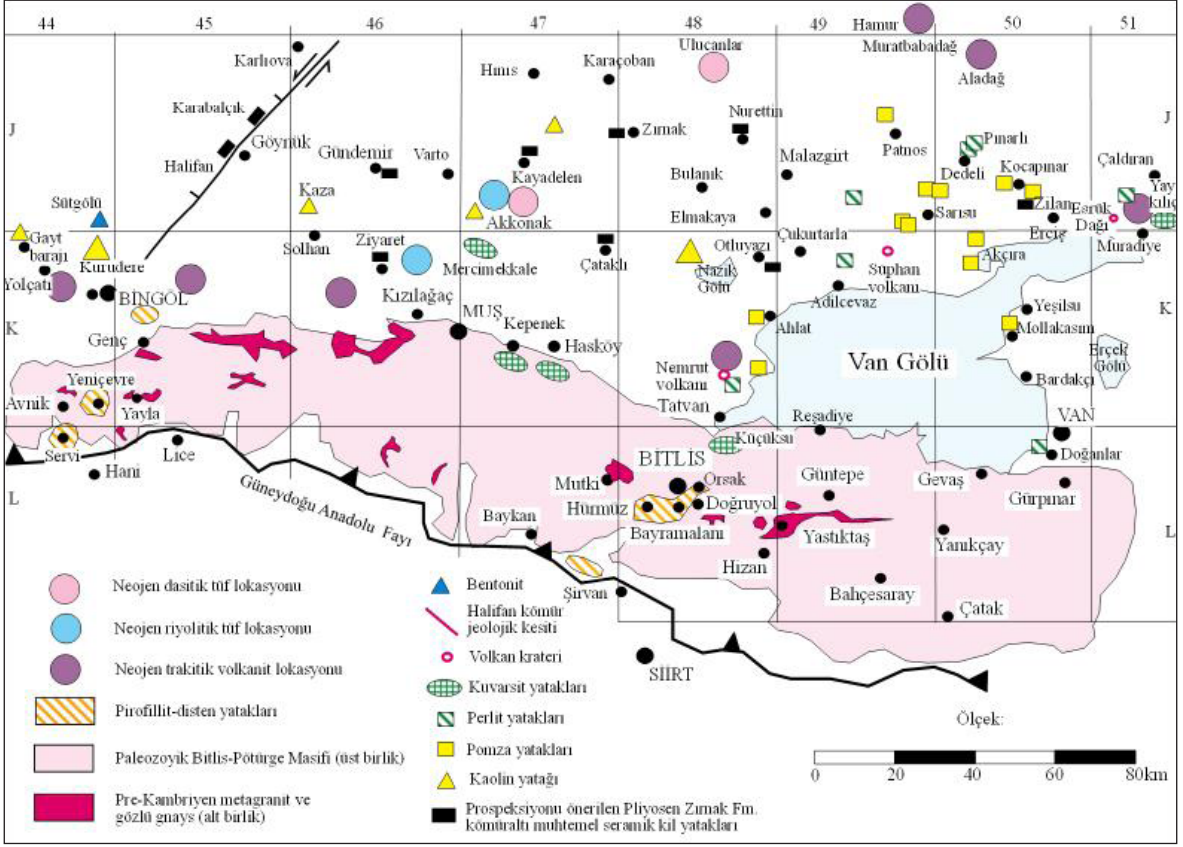
Seyhan (1979, 1984); Türkbileği ve Tekin (1986); Yenigün ve Şener (1988); Demirhan vd. (1991)'ne göre; Bitlis Masifi alt birliğinde bulunan Bitlis ili Arzıvık ve Bayramalanı köyleri civarında 1,43 milyon ton toplam ve 667.800 ton görünür kaolinize disten (kyanit) rezervi vardır. Bayramalanı'nda kalınlıkları 7-20 m arasında değişim göstermektedir. Düşük kaliteli pembe renkli yatakların Al_2O_3 oranı % 20 ve yüksek kaliteli beyaz-mavi renkli disten yataklarının Al_2O_3 oranı %40 olup $Fe_2O_3 + TiO_2$ toplam oranı %0,5'in altındadır. Bitlis ili Hürmüz köyü disten-kaolin yataklarının ortalama kimyasal analizi; %52 SiO_2 , %42 Al_2O_3 , %0,39 Fe_2O_3 , %0,36 CaO , %4,8 AZ ve %35 SK olup toplam 1 milyon ton rezerve sahiptir. Bitlis ili Hürmüz Ağaçköprü köyleri sahası %40 Al_2O_3 ve %10-70 disten oranıyla 481.000 ton seramik ve refrakter hammaddesi rezervine sahiptir. Bitlis ili Orsak-Zinir köyleri sahasında ise %24,52-26,7 Al_2O_3 tenörlü toplam 300.000 ton kaolinize disten tespit edilmiştir. Bitlis Şetek köyündeki yatak %32 Al_2O_3 ve %25-41 kaolinize disten tenörlü 438.750 ton (görünür+muhtemel) rezerve sahiptir (Şekil 3a). Disten oranları % 15-70 arasında değişim göstermektedir. ABD'de ortalama %20 disten içeren kuvarsitlerden üretim yapıldığı için söz konusu yatakların işletilmesi ekonomiktir.

Seyhan (1984); Önenç (1984); Demirhan (1990)'a göre, Bingöl ili Genç ilçesi Halveliyan köyü sahasında ekonomik olabilecek 5 kaolinize disten

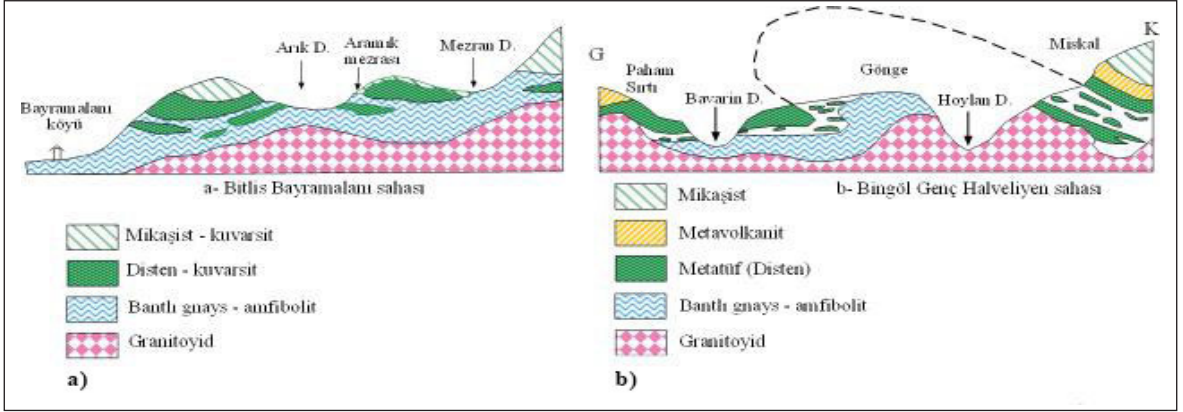
mostrasının kalınlıkları 2-8 m arasında değişim göstermektedir. Bingöl ili Genç ilçesi Halveliyan kaolinize disten yatağı muhtemel 140.000 ton rezerve ve % 26 Al_2O_3 tenörüne sahiptir. Safalan mevkiinde ise kaolinize disten yataklarının jeolojik rezervi 540.000 ton olup kimyasal analizleri Al_2O_3 %20-32, SiO_2 % 45-65, Fe_2O_3 % 0,6-6 arasındadır. Kaolinize disten yataklarının bünyesinde %30-40 oranında kaolin bulunmaktadır (Şekil 3b). Disten, Al_2O_3 oranı yüksekliğinden kaynaklanan refrakter özelliğe sahiptir. Disten, kalsine edilirken %17 oranında hacimce genişleme gösterir, seramik hamurunun pişmesi sırasında hacim küçülmesinin büyük oranda gözlemlendiği durumlarda kullanımı uygundur. Alt metamorfik birliğinde Paleozoyik öncesi bölgesel metamorfizma ile oluşan distenler, daha sonra geçirdikleri yeşil şist fasiyesi metamorfizmasıyla kaolinize distenlere ve pirofillitlere dönüşmüştür.



Şekil 1- Bitlis Masifi'nin kuzey bölümünün genel stratigrafik istifi (Akay vd., 1988).



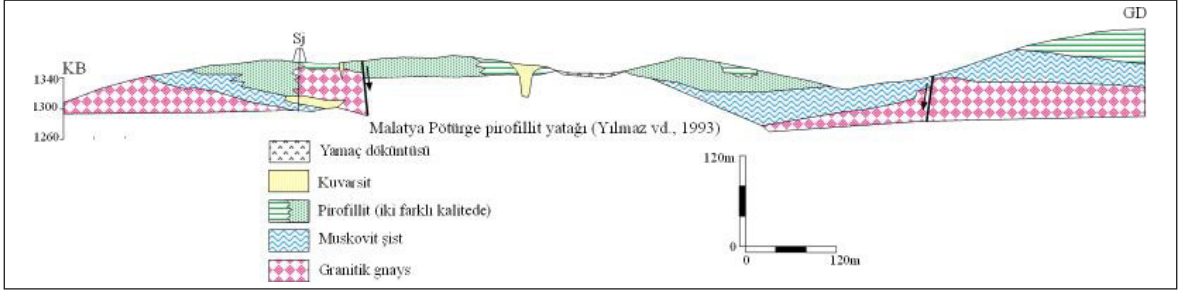
Şekil 2- Doğu Anadolu Bölgesi seramik hammadde yataklarının yerlerini gösteren şematik harita.



Şekil 3- a,b) Bitlis Bayramalanı ve Bingöl Genç Halveliyen disten yataklarının şematik kesitleri (Seyhan, 1984).

Yılmaz vd. (1993), Malatya ili Pötürge ilçesi pirofillit yataklarının sondajlı etüdünde toplam 6 milyon ton görünür pirofillit rezervi, 2,26 milyon ton seramik refrakter hammaddesi rezervi, 2,5 milyon ton yer karosu ve çimento hammaddesi rezervi tespit etmişlerdir. Pirofillit ile kuvarsit ve muskovit şistler arasında sıkı birliktelik gözlenir. Hidrotermal kökene işaret eden mineraller de saptanmıştır (Şekil 4). DPT Raporu (2001a), Bitlis Masifi gözlü gnays ve beyaz mikaşitlerinin özellikle granit sokulumları

civarında, çoğunlukla ezik zonlarda kaolinit ve serisit yataklarına ve makaslama zonlarında kuvarsit filonlarıyla beraber pirofillit yataklarına rastlandığını belirtmektedir. Pirofillitli zonlar, muskovit şist ve gnayslar içerisinde bulunur ve kuvarsitlerle yanıl, düşey geçişler gözlenir. Kuvarsitler, makaslama zonlarını izleyen çeşitli boyutlardaki mercekle halinde yüzeylenir. Kuvarsit mercekleri de pirofillitli zonların saptanmasında önemli bir kılavuzdur (Şekil 4).



Şekil 4- Malatya Pötürge Ar 43321 no.lu ruhsat sahası pirofillit yataklarının jeoloji kesiti (Yılmaz vd., 1993).

Uygun ve Solakoğlu (2002)'na göre, Malatya ili Pötürge ilçesinin güneyinde yaklaşık 15 km uzunluğundaki bir kuşakta 25 adet pirofillit zuhuru saptanmış olup 10 adet ocak açılarak işletilmektedir. Pötürge Masifi'nde saptanan toplam görünür pirofillit rezervleri 20 milyon ton olup 5 tip pirofillit cevheri tanımlanmıştır (Çizelge 1). Bitlis Masifi'nde ise toplam 3 milyon ton civarında kaolinize disten rezervi tespit edilmiştir.

Çizelge 1- Pötürge Masifi'nde 5 tip pirofillit cevherinin tipik kimyasal analiz sonuçları (Uygun ve Solakoğlu, 2002).

	Tip A (Yüksek alüminah)	Tip B (Düşük silisli)	Tip C (Yüksek silisli)	Tip D (Serisitli)	Tip E (Düşük alkali)
SiO ₂	54,5	64,4	74,9	77,7	75,8
Al ₂ O ₃	37,9	25,6	17,4	15,6	16,2
Fe ₂ O ₃	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
K ₂ O	0,5	0,9	1,1	2,8	0,3
Na ₂ O	0,1	0,3	0,6	0,1	0,1
SO ₃	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6
TiO ₂	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6

Erdem vd. (2004); Kızılkaya (2011)'nın Bitlis-Pötürge Masifi pirofillit mineralinin Ar-Ge çalışmalarında, düşük sertliği nedeniyle, hammadde hazırlamada enerji ve zaman tasarrufu sağladığı gibi seramikte döküm ve dolayısıyla üretim hızını önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir. Pirofillitin düşük maliyeti nedeniyle, seramikte kullanıldığında üretim maliyetini düşüreceği hesaplanmıştır. Pirofillitin kendine has beyaz pişme rengine sahip ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması nedeniyle, termal genişleme katsayısını kontrol etmek şartıyla, seramik sırda zirkon ve alümina yerine kullanılabilirliği belirtilmiştir. Japonya'da pirofillit, cam elyaf sanayinde çok önemli tüketime sahiptir. Pirofillitin, direkt olarak beyaz çimento sanayine satılması yerine belirli bir prosesten geçirilip, katma değeri yüksek ürünler elde edilmesi önerilmektedir.

Marn ve kırmızı killerin seramikte karofayans üretiminde kullanıldığı bilinmektedir. Dondi (2003)'ye göre marnlı killer, yer karosu üretiminde yavaş çift pişirim ile %100 oranında, hızlı çift pişirim ile %70-80 oranında ve duvar karosu üretiminde sadece yavaş çift pişirim ile %100 oranında kullanılmaktadır. Kırmızı şeyller ise, yer karosu üretiminde yavaş çift pişirim ile %20-30 oranında ve duvar karosu üretiminde yavaş tek pişirim ile %100 oranında kullanılmaktadır. Rakhila vd. (2018)'ne göre; %50 oranına kadar çimento kilinkeri katkısı ile kırmızı kil matriks kullanılarak seramik üretiminin mümkün olduğu ispatlanmıştır. Çimento klinkeri katkı oranı artırdıkça seramik karosunun kuruyup küçülme değerlerinin ve su emme, porozite değerlerinin azaldığı görülmüştür. 1100 °C'de pişen bu seramik karışımının mekanik gücü 20-45 MPa arasındadır. Gux ve Ling (2024); uygun mineralojik, kimyasal ve ergitici oksit bileşimine sahip kırmızı killerin, iyi kurduğunu ve 950-1000 °C'de sinterleştiğini ve seramik proses kontrolleriyle beraber duvar, çatı karoları ve tuğla üretiminde hammadde olarak kullanılabilirliklerini belirtir. Olumlu teknolojik koşullara sahip çimento klinkeri, marn ve kırmızı kil hamurundan yapılan karo-fayanslarına sır çekilerek uygun fiyatlarda piyasaya sürüldükleri ve piyasada talep gördükleri tespit etmiştir. MTA Genel Müdürlüğü, Doğu Anadolu Bölgesi'nde birçok vilayette büyük ölçekli çimento kili ve kırmızı tuğla-kiremit kili rezervleri tespit etmiştir. Bitlis ili Adilcevaz ilçesi sahasında muhtemel 30 milyon ton çimento kili rezervi, Muş ili civarında (görünür+muhtemel) 17,5 milyon ton çimento kili rezervi, Bingöl ili Alikirek köyü sahasında 2,7 milyon ton orta kalite çimento kili rezervi hesaplanmıştır.

Diğer kullanım alanlarının yanında seramik katkı maddesi olarak da kullanılabilen talk minerali yatakları, Sivas ili Hafik ilçesi Virancık köyü sahasında (%61.70 SiO₂, %31.5 MgO, %0.45 Fe₂O₃) tenörü ve 47 milyon ton toplam rezervi ile, Sivas İli Zara ilçesi Örencik köyünde toplam 194.606 ton toplam rezervi ile yer almaktadır (MTA illere göre maden kaynakları). Talk minerali; seramiklerde, pişirme

sıcaklıklarını düşürür, büzülmeyle azaltır ve termal şok direncini artırır, üretim maliyetini azaltır (Meykimya, 2023).

Bitlis Masifinin güney eteklerinde mikaşistlerin ayrışıp taşınmasıyla birikmiş kırmızı Pliyosen yaşlı Şelmo Formasyonu göl tortulları bünyesinde tuğla kiremit toprağı yatakları bulunmaktadır. Bunlar 900 °C'de açık kiremit renkli pürüzsüz pişen, sertliği oldukça yüksek (4 Mohs) ve toplam pişme küçülmesi %5,81–8,87 arasında olan tuğla hammaddesi özellikli killerdir. Tuğla kiremit killeri, Siirt, Kurtalan, Beşiri doğusunda, Ramandağ ve Hasankeyf-Gündüz arasında yer alan yörelerde Germik Formasyonu'nun en üst seviyelerini oluşturur (Özgüner vd., 2004a). Muş ili Alican köyü Avak sahasında orta-iyi kaliteli 21.870.000 ton (görünür+muhtemel) tuğla-kiremit kili rezervi, Van ili Gevaş-Aladüz sahasında 30 milyon ton jeolojik rezervli, Erzurum, Ilıca, Aşkale ve Pasinler ilçelerindeki sahalarda iyi kalite 15 milyon ton, Malatya ili civarında iyi kalite 70-80 milyon ton, Tunceli ili Mazgirt-Akpazar sahasında orta-iyi kaliteli muhtemel 24 milyon ton, Erzincan ili Tercan ilçesi sahasında iyi kaliteli muhtemel 1 milyon ton tuğla-kiremit kili rezervleri bulunmuştur (MTA illere göre maden kaynakları). Söz konusu kil rezervleri, Doğu Anadolu'nun seramik hammadde potansiyeline katkı sağlamaktadır.

2.2. Doğu Anadolu Bölgesi Neojen Volkanitleri İçerisinde Yer Alan Hidrotermal Kaolin Yatakları

MTA'nın prospeksiyon çalışmaları sonucunda, K48 paftasında yer alan Nazik Gölü'nün kuzeyinde ve batısında volkanitlerin hidrotermal alterasyonu ile oluşan kaolin ve kaolinize tüf yatakları bulunmuştur. Üzerindeki örtü nedeniyle bu kaolinlerin kalınlıkları tespit edilememekle birlikte oldukça geniş yayılıma sahiptirler. Bulanık köyünden Nazik gölüne giden yol üzerinde volkanitlerin alterasyon zonlarından iki örnek alınmış ve bu örneklerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2, 3'te verilmiştir. Kaolinlerin Fe_2O_3 yüzdeleri çok yüksek olduğu için zenginleştirme yapılmadan seramikte kullanılamazlar. Bu bölge,

seramikte kullanılabilecek kaolin yataklanması yönünden değerlendirilmelidir (Kıral ve Tulukçu, 2008) (Şekil 2).

Çizelge 2-3- K48 paftası Nazik Gölü KB'sındaki kaolinize tüflerin kimyasal analiz sonuçları (Kıral ve Tulukçu, 2008).

Çizelge no.	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	Na_2O	K_2O
2	%20	%55,7	%8,5	%1,1	%4,7	%1,2
3	%22	%52,4	%9,9	%0,7		%2,0

J39 paftasında, Malatya ili Hekimhan ilçesinin kuzeyinde yer alan Pliyosen yaşlı andezitik piroklastiklerin içerisinde hidrotermal kaolin yatakları geniş yayılımlar sunmaktadır. Kaolinlerin fayans yapımında kullanılabileceği tespit edilmiş olup detay etütleri gereklidir (Kıral ve Atalay, 2005).

Bingöl ili Kurudere Topalan Mahallesi Gayt çayı vadisi boyunca fay zonunda hidrotermal kaolin cevherleşmesi gelişmiştir (K44-b1-b2 paftaları). Trakiandezitik tüfler içerisinde 1-1,5 m kalınlıkta ve 45-50 m ile 750-900 m boyutlarında kaolin mercekleri bulunmaktadır. Kaolinlerin bir kısmı alunitlidir. Kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir. Toplam 60.000 ton jeolojik kaolinit rezervinin varlığı saptanmıştır. Alunitli ve demir oranı yüksek kaolinitlerin kimyasal analiz sonuçları çizelgede yer almamaktadır (Kutay, 1976) (Şekil 2).

J46-d4 paftası Muş ili Varto ilçesi Kaza mevkiinde yer alan 5-6 m kalınlıktaki, 500 m uzanımlı, demir oksit içerikli ve kirlili beyaz renkli kaolinize tüften alınan örneğin kimyasal analiz sonucu Çizelge 5'te verilmiştir. X-ray analizi neticesinde; kaolin, simektit, analsim, illit ve feldispat, kuvars içerdiği saptanmıştır, detay jeolojik etüdü yapılabilir. J47-d4 paftasında yer alan Akkonak köyü'nün 1,5 km kuzeybatısında kaolinize olmuş riyolitik tüfler bulunmaktadır (Kıral ve Tulukçu, 2009a) (Şekil 2).

Çizelge 4- Bingöl Topalan Mahallesi Gayt vadisi kaolin yataklarının kimyasal analiz sonuçları (Kutay, 1976).

Hafriyatlar	Y10	Y12	Y14	Y17	Y18a	Y19	Y23	Y24
SiO_2 %	71,97	71,86	68,75	62,55	78,29	75,23	69,91	79,09
Al_2O_3 %	16,02	17,90	20,55	23,36	13,87	15,66	18,06	11,98
$Fe_2O_3+TiO_2$ %	2,18	0,70	0,90	1,29	0,58	1,29	0,99	0,97
SO_3 %	0,44	0,97	0,35	1,42	0,03	0,02	0,46	0,30
A.Z. %	5,65	5,45	0,35	5,96	2,41	3,44	1,67	2,03

Çizelge 5- J46-d4 paftasında yer alan Muş ili Varto ilçesi Kaza kaolinize tüflerinin kimyasal analiz sonucu (Kıral ve Tulukçu, 2009a).

Çizelge no.	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅
5	%20,5	%53,6	%9,9	%1,3	%4,7

Endüstriyel hammaddeler prospeksiyonu çalışmalarında; J44-c3 paftasında yer alan Sütgözü civarında 500 m²'lik alanda yer alan 5 m kalınlığındaki bentonitik kil mostrasından alınan örneğin teknolojik analizi neticesinde, aktifleştirildikten sonra ağartma toprağı olarak kullanılabilceğı saptanmıştır (Kıral ve Tulukçu, 2008) (Şekil 2). J47 paftasında geniş yayılım sunan Solhan Formasyonu volkanitlerinin alterasyon ürünlerinin ve Zırnak Formasyonu tüflerinin teknolojik analizleri neticesinde, çimento sanayinde tras olarak kullanılabilcekleri saptanmıştır. X-ray analizlerinde simektit, illit, analsim, feldispat, opal-CT, kuvars mineralleri tespit edilmiştir (Kıral ve Tulukçu, 2009b).

2.3. Doğu Anadolu Bölgesi'nin Seramik Dolgu Maddesi Olarak Kullanılan Diyatomit Yatakları

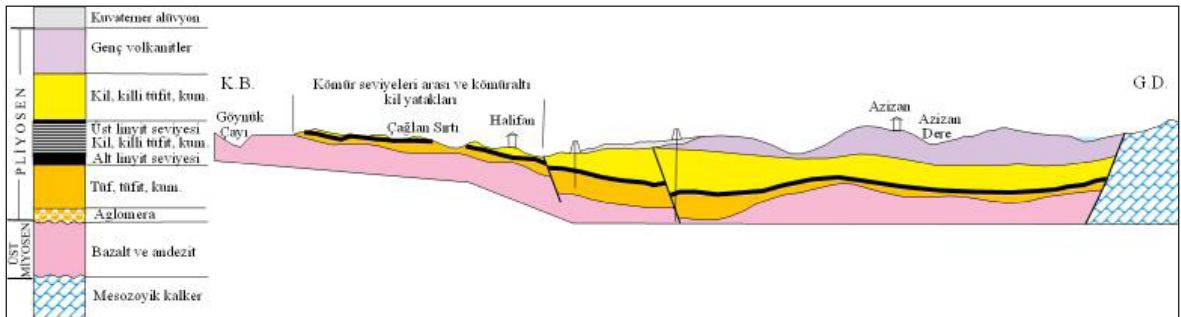
Kil gibi yumuşak, ince taneli olan diyatomit, seramik sanayinde bazı reçetelerde %5-10 oranında dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yüksek silika oranlı ham diyatomit, çini karolara %18 oranında ilave edilerek karoların pişme mukavemetinin 2,3 kat arttığı ve birim hacim ağırlığının %7,2 oranında azaldığı laboratuvar çalışmalarıyla ispatlanmıştır (Tatar vd., 2004). H47 paftasında yer alan Erzurum ili Tortum ilçesi Taşbaşı köyü civarında orta-iyi kalitede toplam 50 milyon ton muhtemel ve 64,5 milyon ton mümkün diyatomit yatağı rezervi bulunmuştur (MTA illere göre maden kaynakları). Van ili Çaldıran ilçesi Babacan, Devetaş köyleri civarında bulunan diyatomit yatakları da seramik sanayinde dolgu maddesi olarak kullanılabilir (Yenigün ve Şener, 1988). Bingöl ili merkez Haziran köyü civarında %90 SiO₂

tenörlü 4 milyon ton muhtemel rezervli diyatomit yatağı bulunmuştur. Dereköy mevkiindeki diyatomit yatağı küçük çaplı işletmelerce çalıştırılmaktadır (Fırat Kalkınma Ajansı, 2011).

2.4. Doğu Anadolu Bölgesi Pliyosen Zırnak Formasyonu ve Diğer Kömür altı Muhtemel Seramik Kil Yatakları

Bitlis Masifi'nin kuzeyinde yaygın olarak bulunan Pliyosen yaşlı Zırnak Formasyonu açık linyit ocakları kömür altı kil yatakları (Şekil 2) sığ bataklık gölü çökelidir. Daha önceki yıllarda yapılan MTA sondajlarında değişik kalınlıklarda toplam 13 linyit damarı merceğı kesilmiştir. Zırnak Formasyonu altında uyumsuz olarak çeşitli Miyosen volkanitleri yer almaktadır. Sığ Pliyosen linyit havzasının transgresyonu boyunca bölgede göreceli bir aşınma olmuş ve buna bağılı olarak göl havzası, volkanitlerin ve mika şistlerin kırıntılı tortullarıyla beslenmiştir. Erzurum ili Hınıs ilçesi Zırnak ve Mişkan köylerindeki kömür yatakları, Bulanık ilçesi Elmakaya köyü, Malazgirt ilçesi Nurettin köyü, Muş ili Ziyaret köyü ve Varto ilçesi Kayadelen köyü linyit ocakları (Şekil 2), Zırnak Formasyonu bünyesinde yer almaktadır ve kil-silikat mineral oranları yüksektir (Selvi, 1977; Şengüler ve Toprak, 1991). Van'ın Erciş ilçesi, Zilan ve Gürpınar ilçesi Şahmanis köyü ve Muş ilinin Ziyaret köyü linyit yataklarından açık işletme yöntemi ile üretim yapılmaktadır (Erbilen ve Şahin, 2015) (Şekil 2).

Bingöl'ün kuzeydoğusunda Karlıova ilçesi Halifan köyü kuzeyindeki Çağlan Sırtı yamaçlarında andezit-bazalt volkanitlerini üzerleyen Pliyosen yaşlı iki linyit seviyesinin altında ve arasında kil, killi tüfit, kum, çakıl aralanmaları mostra vermektedir. Karlıova ilçesi Karabalçık köyünde açık linyit işletmesi vardır (Şekil 2, 5) ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin Afşin-Elbistan'dan sonraki en önemli linyit havzasıdır (Kösebalaban vd., 2005).



Şekil 5- Bingöl ili ve Karlıova ilçesi arasında yer alan Halifan linyit sahasının jeolojik kesiti (Şentürk, 1968; Kösebalaban, 2005).

İstanbul ili Şile ilçesi ve Bilecik ili Söğüt ilçesi büyük seramik kil yataklarında görüldüğü gibi, Miyosen Solhan volkanitleri ve temel Paleozoyik şist ve granitoidleri üzerine uyumsuz olarak gelen Pliyosen Zırnak Formasyonu kömüraltı kil seviyelerinin kaolin, illit ve simektit yatakları içermesi muhtemeldir. Pliyosen'de çalkantısız, durgun linyit tortul ortamlarında volkanoklastit, magmatit kırıntıları feldispatlarının zayıf asidik ortamda kaolinite, bazik ortamda simektite ve şistlerin mikalarının ise illite dönüşerek seramik kil yataklarının oluşması mümkündür. Yerüstü ocaklarında bulunacak seramik özellikli killerin, linyit ile beraber mekanik işletme alt yapısına sahip oldukları düşünülürse, Zırnak Formasyonu dahil Doğu Anadolu'nun diğer tüm yerüstü ocakları kömüraltı killeri prospeksiyon çalışmalarına ağırlık verilmesinin önemi daha da iyi anlaşılmaktadır.

3. Doğu Anadolu Bölgesi Feldispat Yatakları

Ar-Ge çalışmaları, alkalin granit, mikro granit, gözlü gnays ve arenaların öğütüldükten sonra seramikte doğrudan katkı maddesi ve/veya feldispat olarak kullanılabilirliğini göstermektedir. Öğütülmüş mikrogranit veya granit malzemesi ilaveli bünyelerin oldukça hızlı ve erken sinterleşmeye başladıkları ve seramik bünyenin ilave bir dayanım kazandığı, su emmenin azaldığı belirtilmiştir. Öğütülmüş granitin seramik bünyeye ilavesi ile reçete maliyetinin % 20-30 civarında düştüğü görülmüştür (Akkurt, 2001; Kayacı vd., 2009). Bitlis Masifi'nde altere granit kumu (arena) yatakları granitlerin etrafında bulunmaktadır ve işletilmeleri için delme patlatma masrafı gerekmediği gibi, öğütme masrafı da azdır, arazide yerinde basit yıkama ve eleme yöntemiyle kil, karbonat ve yumuşak mafik mineral fraksiyonu atılarak üçüncü sınıf feldispat (Çizelge 6) ürünü elde edilebilmektedir (Bayraktar vd., 2003; Yılmaz vd., 2005).

3.1. Bitlis Masifi Alt Birlik Gözlü Gnaysını Kesen Muş İli Kızılağaç Beldesi Metagranit Kökenli Feldispat Yatağı

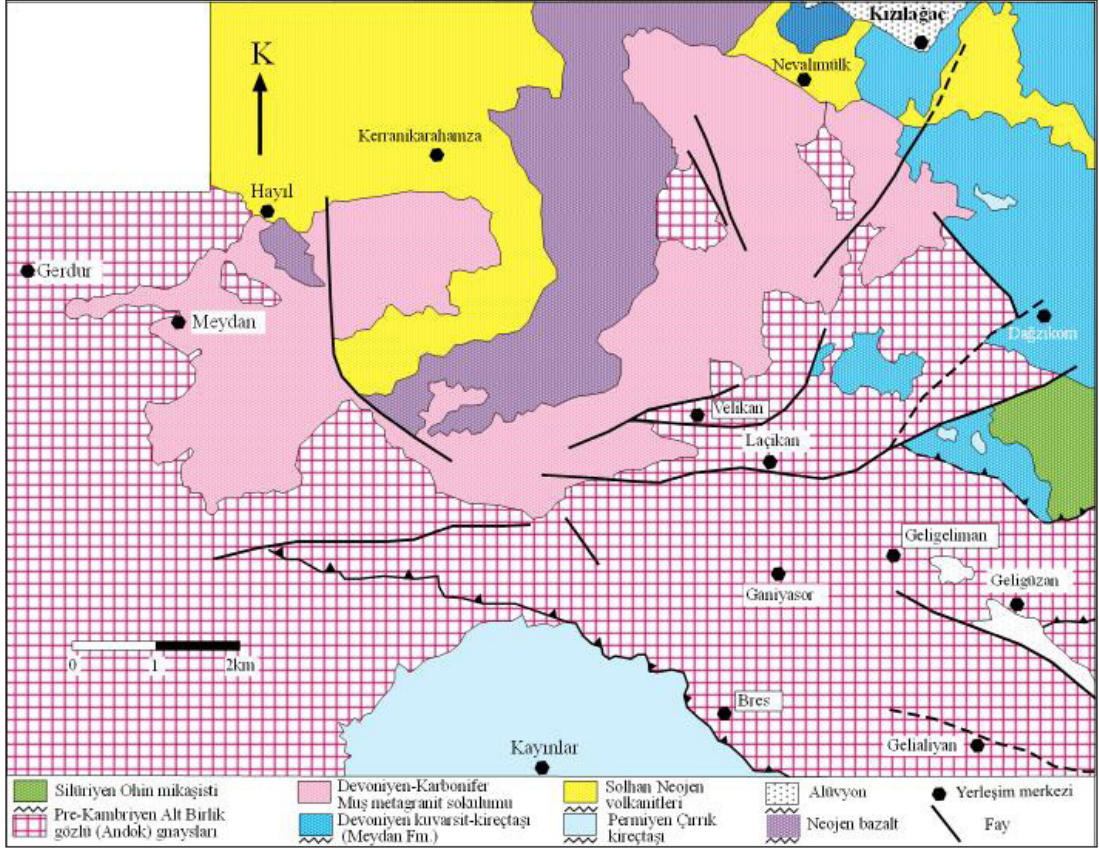
Göncüoğlu (1984)'na göre, Muş-Kızılağaç çevresinde bulunan metagranit sokulumları yaklaşık 250 km²'lik yayılım ile Bitlis metamorfite içeriisindeki en büyük asidik magmatit kitleyi oluşturmaktadırlar (Şekil 6). Muş Kızılağaç metagraniti makroskopik olarak orta taneli, az belirgin foliyasyonlu ve açık renklidir. Uçuk pembe renkli K-feldispat porfiroblastlarının boyutları yerel olarak 1cm'yi aşar. İnce kesitte milonitik doku ve yeniden kristallenme belirgindir. Paleozoyik metamorfiklerini kesen Muş graniti ve bunun batısını, güneyini, doğusunu çevreleyen Andok gözlü gnayslarındaki apolit dayakları ve alkali feldispat yoğunlaşması, bu granit sokulumuyla ilişkilidir. Göncüoğlu (1984)'nın, Muş-Kızılağaç metagranitlerinden aldığı 4 adet örneğin ortalama kimyasal bileşimi Çizelge 7'de verilmiştir. Doğal örneklerin ortalama demir ve titan oksit oranları toplamının %1'den küçük olması seramikte feldispat hammaddesi olarak direkt kullanımlarına imkan vermektedir.

3.2. Bitlis Masifi Bingöl İli Avnik Köyü Alt Birliğinin Yayla Köyü Metagranitinden Oluşan Feldispat Yatakları

Temel Avnik Yayla granitoid sokulumu esas olarak kuvars, albit ve K-feldispattan oluşmaktadır. Porfiritik ve granoblastik mikroyapılara sahiptir. Orta bölümünde granitik yapı sergilemekle beraber kenar bölümlerinde güçlü foliyasyondan etkilenmiştir. Alınan 5 örneğin ortalama kimyasal analiz bileşimi Çizelge 8'de verilmiştir (Helvacı ve Griffin, 1983). Ayrıca, Bingöl ili Genç ilçesinin güneyindeki fay zonlarında merccekler şeklinde apolit damarlarına rastlanır (Okut vd., 1980). Doğal örneklerin demir ve titan oksit ortalamasının toplam oranının %1'den küçük olması ve ortalama toplam (Na₂O+K₂O)

Çizelge 6- Seramik sektörü feldispat TS 11325 standartlarının kimyasal bileşimleri.

Feldispat kimyası (%)	1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf
(Na ₂ O+K ₂ O)	10,0	9,00	8,00
K ₂ O	9,00	7,00	---
Na ₂ O	3,00	3,50	---
Fe ₂ O ₃	0,10	0,20	0,50
TiO ₂	0,15	0,30	0,40
(CaO + MgO)	1,00	1,20	1,60
(TiO ₂ +CaO+MgO)	1,15	1,50	2,00



Şekil 6- Alt birlik gözlü gnays-şistlerini kesen Muş ili Kızılağaç beldesi lökogramitlerinin jeoloji haritası (Göncüoğlu, 1984).

Çizelge 7- Muş ili Kızılağaç beldesi metagranitlerine ait 4 adet örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları (Göncüoğlu, 1984).

Çizelge no.	Alınan örnek yeri	Litoloji	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Na ₂ O+ K ₂ O %
7	Muş Kızılağaç	metagranit	77,12	0,05	12,52	0,92	0,05	0,14	4,20	5,21	9,41

Çizelge 8- Bingöl ili Avnik köyü altbirliği Yayla metagranitine ait 5 örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları (Helvacı ve Griffin, 1983).

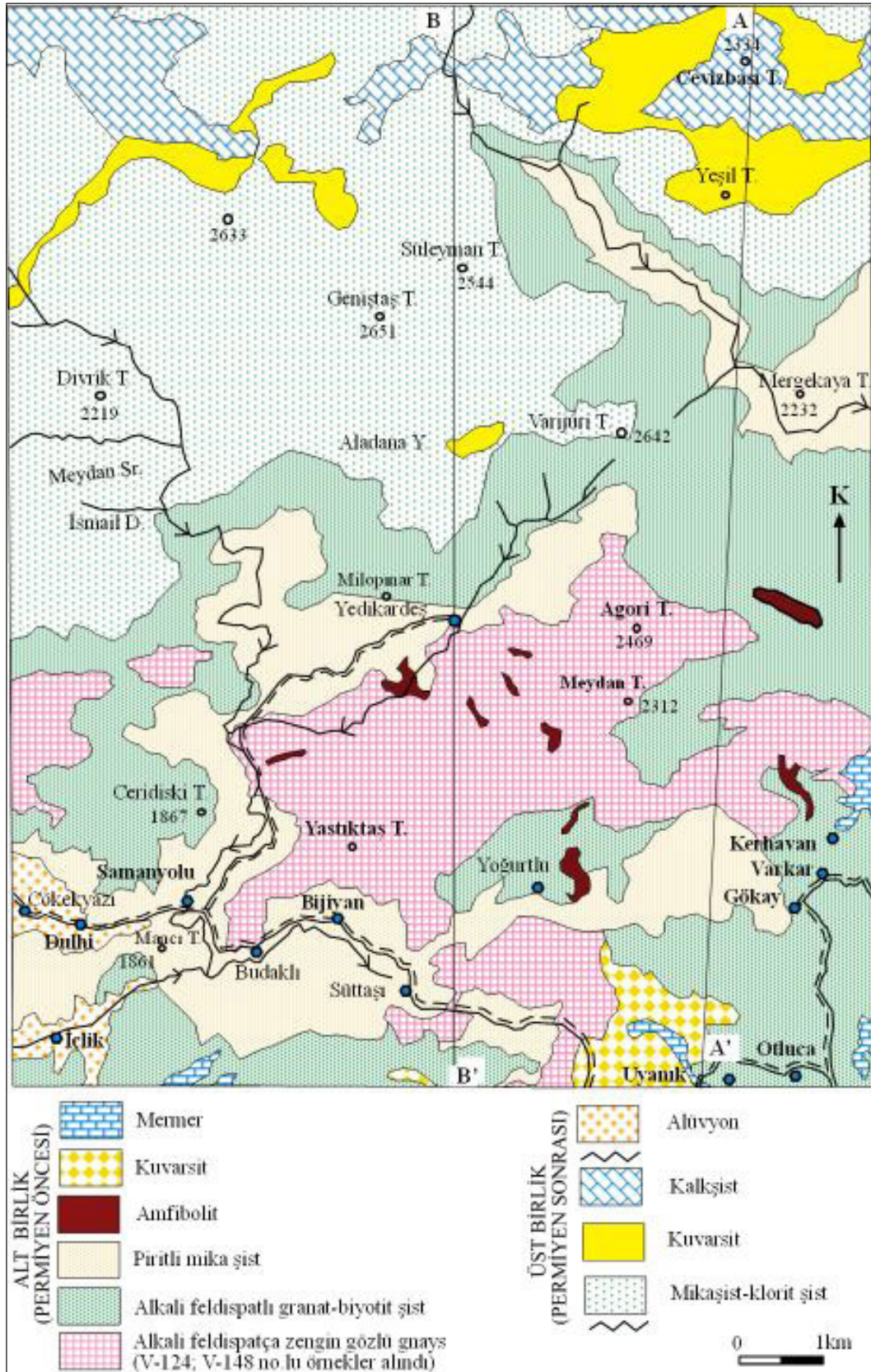
Çizelge no.	Alınan örnek yeri	Litoloji	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Na ₂ O+ K ₂ O %
8	Bingöl Avnik	Granit	74,18	0,11	14,14	0,52	0,15	0,21	4,54	4,96	9,5

oranının %9,5 olması seramikte feldispat hammaddesi olarak direkt kullanımını mümkün kılar. Söz konusu feldispat hammaddesi yataklarının jeolojik etütlerinin, teknolojik analizlerinin ve rezerv değerlendirilmelerinin yapılması gereklidir.

3.3. Bitlis Yastıktaş ve Doğruyol Gözlü Gnays Aplit Daykları ve Metagranitlerden Oluşan Feldispat Yatakları

Genç (1990)'e göre, Bitlis ili Hizan ilçesi kuzeyindeki, Çökekyazı-Gökay yöreleri arasındaki

Yastıktaş metagranit sokulumları (Şekil 7, 8), yüksek alkalin feldispat içerikli ve tipik pembemsi gri renkli olup iyi gelişmemiş çizgisel yapıya sahiptir. Yatakların mostra alanları büyük olmamakla beraber yer altına doğru genişlemeleri ile birlikte büyük rezervlerin oluşumu söz konusu olabilir (Şekil 8). Ortoklas ve kuvars minerallerinin her biri, kayaç hacminin %35'ten daha fazlasını oluşturmaktadır. Alt birlik Yastıktaş gözlü gnaysından alınan 2 adet örneğin ortalama kimyasal analiz sonucu Çizelge 9'da verilmiştir.



Şekil 7- Bitlis ili Hizan ilçesi Yastıktaş metagranitlerinin, gözlü gnaysların, şistlerin ve kuvarsitlerin yereldiği jeoloji haritası (Genç, 1990).

Çizelge 9- Bitlis "altbirlik" Yastıktaş gözlü gnaysından alınan 2 adet örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları (Genç, 1990).

Çizelge no.	Alınan örnek yeri	Litoloji	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Na ₂ O+ K ₂ O %
9	Bitlis Yastıktaş	Gözlü gnays	73,75	12,10	2,15	0,19	0,69	1,65	4,68	4,50	9,18

Oyan ve Tolluoğlu (2005), Yolcular köyü alt metamorfik birliği içinde (Şekil 2) görülen lökograditik kayaların feldispat kaynağı olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Özellikle amfibolit ve biyotit gnayslarla düzensiz sınır ilişkilerine sahip olan bu kayaların, çoğunlukla alterasyona uğradığı gözlenmiştir. Yolcular lökograditik birimlerinin, mineralojik bileşim olarak kuvars ve feldispat minerallerince zengin olup, özellikle feldispat minerallerinin albit-oligoklas bileşimindeki plajiyoklas serisi minerallerinden oluştuğu saptanmıştır. Na₂O içerikleri %7-8, Fe₂O₃ içerikleri %0,6-0,7 ve TiO₂ içerikleri %0,2-0,3 arasında değişim göstermektedir.

Bu veriler lökograditik kayaların sodyum feldispatça zengin olduğunu göstermektedir. Alınan örnekler, yaş manyetik ayırma ve flotasyon deneylerine tabi tutulmuştur. Granitik bileşimli lökograditik kayalardan Na₂O içeriği %11,3, Al₂O₃ içeriği %21,6 ve ağırlık verimi %96,6 olan konsantre üretilmiş ve konsantrenin istenmeyen TiO₂ ve Fe₂O₃ içerikleri sırasıyla %0,05 ve %0,12'ye kadar düşürülmüştür. Deneysel çalışmalar flotasyonla endüstrinin talebine uygun feldispat konsantresi üretilebileceğini ortaya koymuştur.

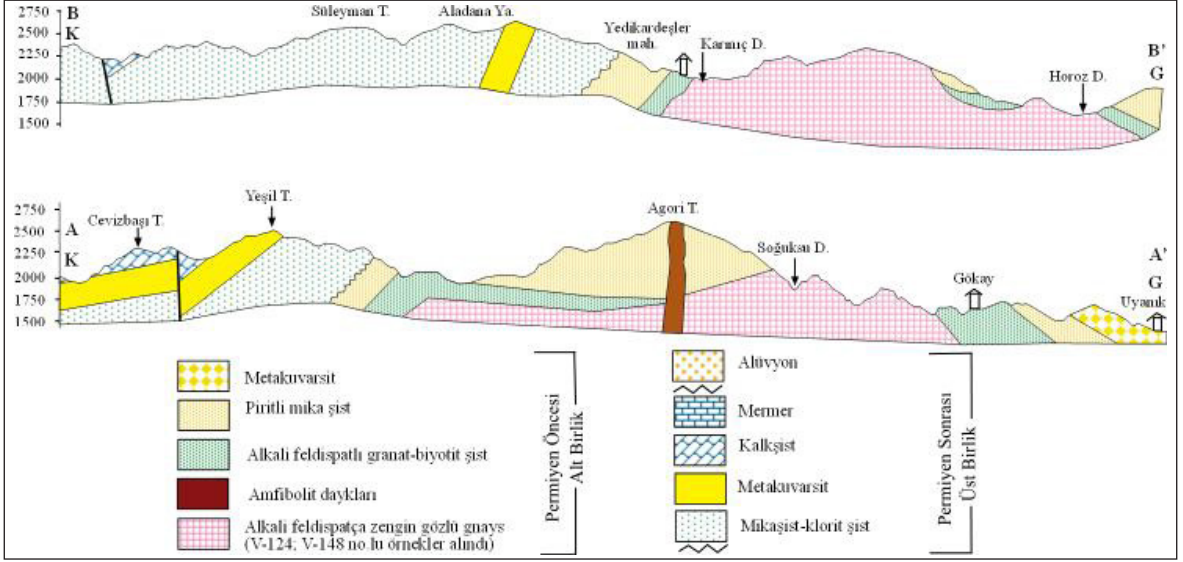
Oyan ve Özdemir (2012)'e göre, Bitlis alt birlik metamorfikleri amfibolit, metagranit, paragnays şist ve migmatit seviyelerinden oluşmakta olup kalınlıkları 3 m ile 10 m arasında değişen aplit-pegmatit daykalarıyla kesilmektedir. Bitlis Masifi Hizan granitoidlerinin (Şekil 7, 8) ve pegmatit dayklarının kimyasal analiz verileri, K-feldispat bakımından zengin olduklarını gösterse de, yüksek SiO₂ ve Fe₂O₃ içeriklerinden dolayı endüstride kullanılabilmesi için zenginleştirilmeleri gerekmektedir. Hizan gözlü gnaysları içerisinde bulunan aplit daykaları üzerinde gerçekleştirilen manyetik ayırma ve flotasyon deneyleri esnasında, K₂O içeriği %8,5'e, toplam alkali oranı %11,8'e, Al₂O₃ içeriği %18,1'e çıkarılmış ve SiO₂ içeriği %67,05'e, Fe₂O₃ içeriği ise %0,1'e düşürülmüştür. Bu veriler, zenginleştirme deneyleriyle pegmatit dayklarının seramik ve cam endüstrileri için kullanılabilirlik uygunluğa (K₂O >%8, Fe₂O₃ <%0,1'den küçük, TiO₂ <%0,1) ulaştırılabileceğini göstermiştir.

Ayrıca, prospeksiyon çalışmalarında, J48-b3 paftasında üst birlik Paleozoik şistleri içerisinde kalınlıkları 4-10 m arasında değişen tabakalı dayk görünümlü feldispat yatakları saptanmıştır (Kıral ve Tulukçu, 2008).

3.4. Doğu Anadolu'nun Alternatif Feldispat Kaynaklarını ve Seramik Katkı Maddelerini Oluşturan Trakitik Volkanitler

Bozkurt vd. (2006), yer karosu formülasyonuna ergitici ajan (flux) olarak % 20 oranında trakit ilave edilmesiyle olumlu teknolojik özelliklerin elde edildiğini ispatlamışlardır. Akkurt (2001), Sayarer (2006), Kara vd. (2009), Çelik ve Denizhan (2016), trakitlerin alternatif seramik katkı maddesi ve yüksek doğal feldispat kaynağı olarak kullanılabilirliğini teknolojik çalışmalarıyla kanıtlamışlardır.

Pearce vd. (1990)'ne göre, Doğu Anadolu'da Neojen'de trakitik piroklastik volkanizma yaygındır. En yüksek potasyumlu kayalar şonitik özellikli trakitlerdir. Alkalen örneklerde Na₂O - 2 > K₂O olup örnekler sodik karakterlidir. En alkalen bileşimli örneklerin tamamı yüksek oranda (%31,82 - %48,65 arası) albit ve (%7,8 - 28,37 arası) sanidin içermektedir. Na₂O ve K₂O oranları, SiO₂ oranının artmasıyla birlikte zayıf pozitif yönlene gösterir. Pearce vd. (1990)'nin, Muş ilinin kuzeybatısında mostra veren Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Solhan Formasyonu trakitik volkanitlerinden aldıkları örneğin kimyasal analiz sonucu Çizelge 10'da, Van Esrük dağı trakit volkanitinden aldıkları örneğin kimyasal analiz sonucu Çizelge 11'de, Ağrı ili Tendürek dağı trakitik-andezitlerinden aldıkları iki örneğin ortalama kimyasal analiz sonucu Çizelge 12'de ve Ağrı ili Aladağ (Muratbaşı Dağı) trakitlerinden aldıkları iki örneğin ortalama kimyasal analiz sonucu Çizelge 13'te verilmiştir. Kürüm vd. (2019)'nin, Bingöl ili Yolçatı trakitlerinden aldıkları örneğin kimyasal analiz sonucu Çizelge 14'te verilmiştir. Özdemir vd. (2006)'nin, Bitlis ili Nemrut volkanı trakitik volkanitlerinden (Şekil 2) aldıkları 12 adet örneğin ortalama kimyasal analiz sonucu Çizelge 15'te ve Bozkurt vd. (2021)'nin, Van ili Ahlat ignimbritlerinden aldığı 2 adet örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları Çizelge 16'da verilmiştir.



Şekil 8- Bitlis ili Hizan ilçesi kuzeyindeki alkali feldispatça zengin metagranit, gözlü gnays ve mika-klorit şist, metakvarisit yataklarından geçen jeolojik kesitler. Kesit güzergahları, Şekil 7'deki haritada gösterilmiştir (Genç, 1990).

Çizelge 10-16- Doğu Anadolu trakitik volkanitlerinin ortalama kimyasal analiz sonuçları ve toplam alkali oranı.

Çiz. no.	Alınan örnek yeri	Litoloji	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	A.K. %	Na ₂ O+K ₂ O %
10	Muş Solhan	Trakit	66,2	0,5	18,0	2,54	0,00	2,01	5,52	4,32	1,11	9,84
11	Van Esrükdag	Trakit	66,9	0,7	16,4	2,83	0,26	1,61	5,64	4,8	0,55	10,44
12	Ağrı Tendürek	Traki-Andezit	57,9	1,27	17,98	6,23	1,51	3,60	6,54	3,70	0,33	10,24
13	Ağrı Aladağ	Trakit	67,05	0,65	16,25	2,97	0,37	1,51	4,98	5,09	1,52	10,07
14	Bingöl Yolçatı	Trakit	67,18	0,46	13,9	5,16	0,13	0,48	5,68	4,80	1,6	10,48
15	Bitlis Nemrut V.	Trakit	65,65	0,49	14,80	5,59	0,24	1,36	5,65	4,81	1,17	10,46
16	Van Ahlat	İgnimbirit	62,58	0,43	15,67	4,91	0,39	1,82	5,49	4,80	---	10,29

Ağrı ili Hamur ilçesi batısındaki Üst Miyosen piroklastikleri, alkali trakit ve alkali riyolit olarak adlandırılmış olup peralkalen özelliktedir (Türkecan vd.,1993) ve feldispat kaynağı olarak araştırılabilir (Şekil 2).

3.5. Malatya İli Hekimhan İlçesi Kuluncak Köyü Siyenit Sokulumunun Oluşturduğu Feldispat Yatakları

Malatya Hekimhan ilçesi Hasançelebi beldesi karayolu batısında mostra veren Kuluncak köyü siyenitinin kimyasal analiz sonucu (Na₂O+K₂O) %12,1, Fe₂O₃ %4, TiO₂ %0,5 olarak tespit edilmiştir (Kıral ve Atalay, 2005). Siyenitin teknolojik analizleri yapılarak seramik katkı maddesi olarak kullanılabilme imkanları araştırılabilir.

4. Doğu Anadolu Bölgesi Seramik Katkı Maddelerini Oluşturan Perlit, Pomza ve Riyolitik Tuf Yatakları

Seramik katkı maddeleri olarak perlit, pomza ve volkanitlerin kullanımı üzerine yapılan Ar-Ge çalışmaları sonucunda; seramik ürünlerin pişme küçülmesi ve ateş kaybı değerlerinin azaldığı, su emme oranlarının ve ürün maliyetlerinin düştüğü, daha düşük sıcaklıkta, daha iyi fiziksel, mekanik özellikler ve ürün mukavemeti kazandıkları ve seramik hamuruna %30 oranında katılabilecekleri ve yer karolarında, sofrta takımı reçetelerinde ergitici katkı maddesi olarak kullanılacakları ortaya konulmuştur. Perlit içeren sinterleşmiş kütlelerin düşük termal genişleme değerli olması ve Na-feldispat içeriği, perlitli porselen eşyanın önemli bir hammaddesi yapmaktadır.

Riyolit, ticari seramik formülasyonunda albite alternatif olarak kullanılabilmesi ve alkali bazaltın, seramik bünyelerde alternatif bir alkali kaynağı olabileceği tespit edilmiştir (Özcan, 2002; Aksay, 2005; Sayarer, 2006; Kara vd., 2009; Civan, 2011; Töre ve Civan, 2015; Ceylan, 2019; Kayacı, 2021).

Doğu Anadolu pomza ve perlit yataklarının, hafif ve ısı yalıtımlı inşaat malzemesi üretiminde ve tarımda toprak ıslahında kullanılmasının yanı sıra, seramik endüstrisinde kullanılmasıyla katma değeri yüksek yeni ürünler elde edilebilir. Pomza ve perlitin yüzeyde mostra vermesi ve kalın tortul tabakalar oluşturması, basit madencilik yöntemleriyle işletilebilme kolaylığı sağlar. Gevşek çimentolu pomza ve perlitlerin öğütme işlemleri, feldispat kaynağı diğer litolojilerin öğütme işlemlerine göre daha ekonomiktir. Örtülü olmadığı için işletilmesi kolay, kalitelidir ve büyük rezervli pomza ve perlit yataklarına yakın konumda kurulabilecek seramik endüstrisinin rekabet gücünü artıracaktır. Doğu Anadolu'nun Pliyo-Kuvaterner yaşlı pomza rezervleri, Tatvan-Kıyadüzü, Bitlis-Ahlat, Van-Erciş-Kocapınar, Van-Adilcevaz, Van-Koçköprü, Erzurum-Pasinler, Kars-Sarıkamış, Kars-Digor, Ağrı-Iğdır-Patnos'da bulunur. Doğu Anadolu perlit rezervleri, Kars-Sarıkamış (Sevindi, 2003), Bitlis-Tatvan-Harmantepe-Kadıköy, Bitlis-Tatvan-Adilcevaz-Oduncular-Göltepe-Sivritepe, Van-Erciş, Erzurum-Pasinler ve Erzincan-Mollaköy'de bulunur (Şekil 2). Ülkemizde bulunan toplam pomza ve perlit rezervlerinin % 50'den fazlası Bitlis ve Van illeri sınırında yer almaktadır (DPT, 2001b).

Kılıçer (2017)'in, Tatvan Ahlat pomza yatağından aldığı 5 adet örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları Çizelge 17'de, Bozkurt vd. (2021)'nin, Bitlis yöresi pomza yatağından aldığı örneklerin ortalama kimyasal analiz sonuçları Çizelge 18'de, Kılıçer (2017)'in, Van ili Erciş ilçesindeki Meydan perlit yatağından aldığı 2 adet örneğin ortalama

kimyasal analiz sonucu Çizelge 19'da, Ceylan (2019)'ın, Erzurum ili Pasinler ilçesi perlit yatağından aldığı örneklerin ortalama kimyasal analiz sonuçları Çizelge 20'de, Kopar ve Polat (2020)'in, Erzincan ilindeki Mollaköy perlit yatağından aldığı 7 adet örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları Çizelge 21'de verilmiştir. Perlitlerin Fe_2O_3 oranları yaklaşık %1,5 civarında olup pomzaların Fe_2O_3 oranlarına göre düşüktür.

Pearce vd. (1990)'nin, Bingöl riyolitlerinden aldığı 2 örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları Çizelge 22'de ve Muş riyolitlerinden aldığı 2 örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 23'de verilmiştir. Kırıl ve Tulukçu (2009a)'nın, K46-b1 paftası Muş ili Gaziyan köyündeki riyolitik tüflerden aldığı 3 örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları Çizelge 24'de verilmiş olup 1150° C ve 1300°C'de renkli pişme göstermiş ve Muş ili Kalecik köyünde bulunan (K46-b2 paftası), 50 m kalınlığa 550 m uzunluğa sahip olan riyolitik tüf mostrasından aldıkları diğer bir örneğin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 25'de verilmiştir. Özdemir ve Güleç (2013)'in, Süphan Dağı riyolitinden aldığı 3 adet örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları Çizelge 26'da verilmiştir. Çizelge 22-26' da görüldüğü gibi Doğu Anadolu riyolitlerinin ortalama toplam (Na_2O+K_2O) oranları yaklaşık %9-9,5 arasında olup ortalama toplam $(Fe_2O_3+TiO_2)$ oranları yaklaşık %1-2 arasında değişmektedir.

Ayrıca, prospeksiyon çalışmalarıyla J48-b1 paftasında Erzurum ili Karaçoban ilçesi Ulucanlar mahallesi Kezo mevkiinde mostra verdiği tespit edilen 50-70 m kalınlığındaki, beyaz renkli dasitik tüfler seramik katkı maddesi olarak etüt edilebilir. Benzer dasitik tüfler J47-d3 paftasında da mostra vermektedir (Kırıl ve Tulukçu, 2009a) (Şekil 2).

Çizelge 17-21- Doğu Anadolu'daki perlit ve pomza yataklarının ortalama kimyasal analiz sonuçları.

Çiz. no.	Alınan örnek yeri	Litoloji	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	A.K. %	Na ₂ O+K ₂ O %
17	Tatvan Ahlat	Pomza	67,38	0,24	11,25	6,07	0,40	0,40	5,09	4,57	4,11	9,66
18	Bitlis	Pomza	70,00	---	14,00	2,50	0,60	0,90	5,0	4,0	3,00	9,00
19	Van Erciş Meydan	Perlit	69,18	0,15	14,97	1,84	0,09	0,45	4,5	4,22	5,07	8,72
20	Erzurum Pasinler	Perlit	72,7	---	12,4	1,73	0,17	0,46	4,12	4,85	3,35	8,97
21	Erzincan Mollaköy	Perlit	73,51	0,02	13,05	1,49	0,02	0,79	4,00	4,5	2,6	8,5

Çizelge 22-26 - Doğu Anadolu riyolitik tüf ve riyolit yataklarının ortalama kimyasal analiz sonuçları.

Çiz. no.	Alınan örnek yeri	Litoloji	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	A.K. %	Na ₂ O+K ₂ O %
22	Bingöl	Riyolit	70,9	0,36	15,1	2,21	0,23	1,51	4,82	4,58	1,2	9,4
23	Muş	Riyolit	72,05	0,26	14,49	2,27	0,11	1,21	4,65	4,1	0,74	8,75
24	Muş Gaziyanan	Riyolitik tüf	73,73	---	13,7	1,17	---	---	5,6	3,9	---	9,5
25	Muş Kalecik	Riyolitik tüf	74,8	---	13,0	1,7	---	---	5,9	3,6	---	9,5
26	Süphandağ	Riyolit	76,4	0,04	13,92	1,0	0,03	0,58	4,32	4,71	---	9,03

5. Doğu Anadolu Bölgesi'nin Seramik, Cam, Yutong Hammaddeleri Olan Kuvarsit Yatakları

Bayraktar (2010)'a göre, saf kuvars kumu, camın ana hammaddesidir ve cam bünyesinde iskelet görevi görmektedir. Cam üretimi esnasında viskoziteyi artırır ve camın opaklaşmasını önler. %98 SiO₂'den yüksek tenöre sahip kuvars kumu, cam karışımında %52-65 oranında kullanılır, cama dayanıklılık kazandırır. Kuvars, seramik yapının kuruma küçülmesini azaltır, seramiğin plastikliğini düzenlemeye yardımcı olur ve pişme sırasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışını sağlar. Kuvars taneleri içinde mineral kapanımları istenmez. Soda (Na₂CO₃) katkısı, camın ergime sıcaklığı derecesini azaltmak amacıyla kullanılır. Kireç (CaCO₃) katkısı ise kimyasal dayanıklılığını artırır, camın daha iyi kalitede olmasını sağlar. Camın maksimum %0,1 Fe₂O₃ içermesi gerekir. Cam hamurundaki feldispat, esas olarak alümina kaynağını oluşturmaktadır ve Al₂O₃ oranı ise %0,2-1,6 arası miktarda kabul edilebilir. Camın çarpmalara, eğilmelere ve termal şoklara karşı direncini artırarak ömrünü uzatır. Kuvars kumunun tane iriliği, cam karışımının ergime hızını tayin eder ve optimum 0,1-0,5 mm tane boyu aralığı kullanılır.

Bitlis Masifi kuvarsit prospeksiyonu çalışmaları esnasında birçok yeni kuvarsit yatağının bulunacağı bir gerçektir. Bitlis Masifi kuvarsit yataklarının rezervleri tahmin edilenden çok daha fazladır. Özgüner vd. (2003)'ne göre, Van ili Çaldıran ilçesi Yaykılıç köyü kuvarsit yatakları, Paleozoyik metamorfileri içerisinde 5 km²'lik bir alanı kapsayan dört tepe yükseltisinde mostra vermektedir (Şekil 2). Kuvarsit seviyelerini içeren istif üç bölüme ayrılmaktadır. Alt bölümde granatlı koyu gri şistler, 15 m-40 m kalınlıkları arasında birkaç kuvarsit seviyesini içermektedir. Orta bölüm; yaklaşık 70 m kalınlığındaki yekpare kuvarsit seviyesini

oluşturmaktadır. Üst bölüm; toplam 100 m kalınlık içerisinde 1-15 m arasındaki kalınlıklarda rezerve dahil edilmeyen kuvarsit tabakalarıyla granatlı şist ara tabakalarının ardalanmalarından oluşmaktadır. Orta bölümde yer alan 70 m kalınlığındaki kuvarsit seviyesinden alınan bir örneğin SiO₂ oranı %99,3 olup, kuvarsitin seramik ve cam sanayiinde kullanımının uygun olduğunu göstermektedir (Çizelge 27). Mostra veren bu seviyenin toplam jeolojik rezervi 15 milyon tondur. 6 milyon ton rezervli 40 m kalınlığa sahip alt kuvarsit seviyesindeki mostra örneklerinin ortalama SiO₂ yüzdeleri %98'in üzerindedir (Çizelge 28). Bu kuvarsit rezervlerinden alınan örneklerin kullanım alanları, teknolojik analizlerle tayin edilebilmektedir. Yüzeyle görülen kaliteli kuvarsit mostralarının toplam görünür rezervi yaklaşık 21 milyon tondur. Kuvarsit seviyelerinin görünür hacimleri hesaplanmış olmakla beraber oluk örnekleri alınmadığı için halen daha jeolojik rezerv niteliğindedirler.

Özgüner vd. (2004b)'nin, prospeksiyon çalışmasında buldukları diğer kuvarsit yatakları, Bitlis ili Tatvan ilçesi Küçükso köyü, Nil Mahallesi, Germav Tepe ve Pirtasor Sırtı mevkiilerinde yer almaktadır (Şekil 2). Toplam 1 km²'lik alan içinde mostra veren bu 3 adet kuvarsit filonu yaklaşık KKB-GGD yönlüdür. Her üç filondan alınan birer adet örneğin ortalama kimyasal analiz sonuçları Çizelge 29'da verilmiştir. Kuvarsit filonları, içerisinde buldukları şistlere göre daha serttir. Erozyon, kuvarsitlerin üzerlerindeki yumuşak şist örtüsünü sıyrarak filonları açığa çıkarmıştır. Bu 3 kuvarsit yatağının toplam jeolojik rezervinin 20 milyon ton olduğu hesaplanmıştır. Hesaplanan rezerv, sadece mostra veren görünür bölümlerin hacmidir. Sert olan kuvarsit filonlarından tüm kütleyi temsil edecek oluk örnekleri alınamamıştır. Tatvan kuvarsit rezervlerinin kullanım alanları, teknolojik analizlerle tayin edilebilir. Kuvarsit yatakları, Tatvan tren istasyonuna 13 km'lik bir asfalt yol mesafesinde yer almaktadır.

Kıral ve Tulukçu (2009b), MTA “Endüstriyel Hammadde Prospeksiyon Projesi” kapsamında ve Hasköy-Büvetli sahalarındaki şistler içerisinde kuvarsit yatakları tespit etmiştir (Şekil 2). Muş ili merkez Kepenek sahasında seramik sanayinde kullanıma elverişli toplam 86 milyon ton görünür rezerve sahip kuvarsit yatağı ve Muş ili Hasköy Büvetli sahasında da seramik ve refrakter sanayinde kullanıma uygun nitelikte 16 milyon ton görünür kuvarsit rezervi bulunmuştur. Muş ilindeki Kepenek kuvarsitlerinin teknolojik analizleri neticesinde kuru manyetik ayırmayla %96,6 tenörlü SiO_2 konsantrisi elde edilmiş ve Fe_2O_3 oranı %0,36 değerinden %0,11'e düşürülmüştür (Çizelge 30). Flotasyonla zenginleştirme çalışmaları, kuvarsit kalitesini daha fazla iyileştiremediği için ruhsat sahasındaki kuvarsitlerin seramik sanayine uygun özellikte olduğu, cam sanayi için uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Bitlis ili Mutki ilçesi Ilıcak Mahallesi mevkiinde toplam 31 milyon ton görünür kuvarsit rezervi saptanmış olup üstte beyaz kuvarsitler, altta ise gri kuvarsitler diye ikiye ayrılmaktadır. Beyaz kuvarsitlerin teknolojik analizleri, seramik sanayinde kullanılabilir nitelikte olduklarını belirtmektedir.

Alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarının değer aralıkları, Çizelge 31'de verilmiştir (Kıral ve Tulukçu, 2009c).

Genç (1990)'e göre, Bitlis ili Hizan ilçesi Yastıktaş metagranitlerinin kuzeyinde, üst metamorfik birlik içerisinde metakuvarsitler mostra vermektedir. Kuvarsitler harita sahası dışında doğuya ve batıya devam etmekte olup Yastıktaş feldispatlarıyla beraber işletilebilir yakınlıktadır (Şekil 7, 8). Göncüoğlu ve Turan (1985)'a göre, Muş ili Kızılağaç beldesindeki metagranitlerin doğusunda mostra veren Devoniyen yaşlı Meydan Formasyonu'nun bir bölümü kuvarsitlerden oluşmaktadır (Şekil 6). Söz konusu metakuvarsitlerin, jeolojik etüdünün ve teknolojik analizlerinin yapıp kullanım alanlarının belirlenmesinde yarar vardır. Kıral ve Tulukçu (2008), prospeksiyon çalışmaları esnasında, K47-a1 paftasında yer alan Mercimekkale köyünün kuzeyindeki Oligosen yaşlı Yazla Formasyonu içerisinde 10-15 m kalınlığında 500 m uzunluğunda kuvars kumu mostrası bulmuştur. Kimyasal analiz sonuçları; %69,5 SiO_2 , %15,8 Al_2O_3 , %2,7 Fe_2O_3 olarak tespit edilmiştir. Bu kuvarların yıkılarak seramikte kullanılabilme potansiyelleri araştırılmalıdır.

Çizelge 27-29- Van ili Yaykılıç Mahallesi ve Bitlis ili Küçüküsu köyleri kuvarsit yatakları ortalama kimyasal analiz sonuçları (Özgüner vd., 2003, 2004b).

Çiz. no.	Örnek yeri	Litoloji	SiO_2 %	TiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	MgO %	CaO %	Na_2O %	K_2O %	A.K. %
27	Van Yaykılıç	Kuvarsit 70m kalın	99,3	0,1	0,2	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1	---
28	Van Yaykılıç	Kuvarsit 40m kalın	98,85	0,15	0,45	0,02	0,1	0,1	0,1	0,1	---
29	Bitlis Küçüküsu	Kuvarsit	95,73	0,20	1,7	0,46	0,13	0,10	0,10	1,03	0,07

Çizelge 30- Muş ilindeki Kepenek kuvarsit yataklarının ortalama kimyasal analiz sonuçları (Kıral ve Tulukçu, 2009b).

Çiz. no.	Örnek yeri	Litoloji	SiO_2 %	TiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	MgO %	CaO %	Na_2O %	K_2O %	A.K. %
30	Muş Kepenek	Kuvarsit	96,13	0,1	2,06	0,36	0,1	0,13	<0,01	0,84	0,15

Çizelge 31- Bitlis ili Mutki ilçesindeki kuvarsit yatağının kimyasal analiz sonuçlarının değer aralıkları (Kıral ve Tulukçu, 2009c).

Çiz. no.	Örnek yeri	Litoloji	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %	Na_2O %	K_2O %
31	Bitlis Mutki	Kuvarsit	88,86 – 93,34	1,8 - 4	0,56 - 0,73	0,08 - 0,4	1,1 - 2,3	0,09 - 0,2

6. Doğu Anadolu Bölgesi'nin Refrakter Hammaddesi, Seramik Katkı Maddesi Olivin, Manyezit Yatakları

Olivin, forsterit (Mg_2SiO_4) ve fayalin (Fe_2SiO_4) içermektedir. Ticari olivinler, ortalama %85 oranında forsterit içermektedir. Forsteritin ergime sıcaklığı 1890 °C, fayalinin ergime sıcaklığı ise 1250 °C'dir. Forsterit, başta demir-çelik sanayinde yüksek fırınlarda ergitici, cüruf düzenleyici olarak, seramik sanayinde sinterleşme derecesini düşürücü, seramik sır yapımında zirkona alternatif olarak ve birçok refrakter malzeme yapımında kullanılmaktadır. Olivin, döküm endüstrisinde termal şoka mukavemet göstermektedir, şekillendirilmesi daha kolaydır, kuru kırılma dayanımı daha fazladır, silikoz tehlikesi yoktur, yeniden kullanımı kolaydır. Olivinin doğal olarak refrakter özellik göstermesinden dolayı kalsinasyonuna gerek duyulmamaktadır. Olivin, ısıtıldığında büyük hacimsel değişikliğe uğramıyorsa, doğal halde refrakter tuğla gibi kesilerek demir-çelik fırınlarının içine dökülebilir ve öğütülüp tuğla harcı olarak da kullanılabilir. Altere olivin hacimsel değişikliğe uğrar. Olivinin refrakter olarak dünyadaki tüketim oranı %75'tir. Olivinin yaklaşık %15'i özel döküm kumu olarak pirinç, alüminyum, magnezyum ve manganez çeliği dökümlerinde döküm kalıpları yapımlarında kullanılmaktadır (MTA olivin).

Sivri ve Köseoğlu (2023), olivin kumu ve kil kullanarak yarı yaş presleme yöntemiyle refrakter tuğla üretmişlerdir. Üretilen tuğlalar farklı sıcaklıklarda sinterleşmiş ve sinterleşme için en uygun sıcaklığın 1350°C olduğu tespit edilmiştir. Refrakter tuğlaların mekanik dayanımları, su emme değerleri tespit edilmiş ve elde edilen malzemeye en yakın ticari ürünün forsterit tuğla olduğu tespit edilmiştir.

Olivin, orijinal olarak ultrabazik kökenli mağmanın diferansiyasyonu sonucunda ilk kristalleşen mineraldir. Ultrabazik kayalar içerisinde olivin ve krom yatakları, en fazla dünitler içerisinde bulunur. Teorik olarak dünit içerisindeki olivin miktarı % 95-99 arasında tahmin edilmektedir. Krom yatakları ve ocaklarının bulunduğu alanlardaki ve yakın çevresindeki dünit kütleleri, olivin aramalarında birinci derecede hedef yataklardır. Dünitler genel olarak kütleler halinde, bazen de harzburjitler içerisinde dayklar halinde bulunur. Ticari olivin yatakları, alterasyon geçirmemiş ve çok taze kristalin görünümlü olmalıdır. Türkiye'nin krom potansiyeli açısından Guleman (Elazığ) bölgesinden sonra ikinci öncelikli Erzincan ili Kop Dağı krom cevherleşmesi, ofiyolitler içinde bulunmaktadır. Doğu Anadolu'da

1950'li yıllardan bu yana her iki ocakta krom işletilmektedir ve akraba olivin yataklarının varlığı söz konusudur. Olivinin refrakter ve seramik sanayinde kullanımı için her iki açık krom işletmesinde krom ile beraber olivin üretim projelerinin de hazırlanması ve kromla beraber olivin üretiminin de gerçekleştirilmesi ile Doğu Anadolu'nun müstakbel refrakter ve seramik endüstrisine önemli olivin hammadde katkısı sağlanabilir.

Manyezit, seramik ve refrakter endüstrisinde az bir deformasyon ile yüksek ergitici (flux) yateneğine sahiptir. Üretilen manyezit cevherinin %90'dan fazlası, kostik kalsine manyezit ve sinter manyezite dönüştürülerek bazik refrakter tuğla yapımında ve refrakter seramik katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (MTA manyezit).

Manyezit, ofiyolitler içerisinde stokvork ve filon yapıları halinde bulunmaktadır. Erzincan ili Çayırılı ilçesi ofiyolitleri içerisinde 4.875.729 ton (görünür+muhtemel) sedimanter manyezit yatağı rezervi tespit edilmiştir. Bunun dışında Erzincan ili Refahiye ilçesi Yukarı Yeniköy sahasında %44,83 MgO içerikli 223.950 ton (görünür+muhtemel) manyezit rezervi tespit edilmiştir. Bölgedeki manyezit yatakları geçmişte zaman zaman işletilmiştir (MTA illere göre maden kaynakları). Söz konusu manyezit yatakları, Doğu Anadolu'da refrakter hammaddesi ve seramik sanayi katkı maddesi olarak kullanılabilir.

7. Doğu Anadolu Bölgesi'nin Seramik Sır ve Pigment Yatakları

Seramiklerin sırlanmasıyla piyasa değerleri ve albenileri artar, sıvı geçirmezler, kimyasallara ve basınçlara karşı daha dayanıklı özellik kazanırlar. Demirci ve Özel (2015), barit cevherinin seramik sır ve cam pigmenti üretiminde hammadde olarak kullanılabileceğini ispatlamışlardır. Sentezlenen $BaSO_4$ tozuna Cr_2O_3 ilavesiyle beyaz ve yeşil renkli seramik sır, cam pigmentleri üretilmiştir. Muş ilinin yakın güneyinde yer alan % 94 tenörlü barit yatağı toplam 685.000 ton görünür rezerviyle cam ve seramik endüstrisinde sır pigmenti olarak ve boya-kimya sanayinde dolgu malzemesi olarak kullanılabilme imkanına sahiptir (Çizelge 32-34, Şekil 2). Muş barit cevheri, halen sondaj çamurunda kullanılmak üzere ihraç edilmektedir. Muş ilindeki barit yatağı, katma değeri yüksek seramik pigmenti üretiminde kullanılabilir.

Turan ve Acartürk (2022) tarafından, olivin mineralinin seramik sırlarında kullanım imkanları araştırılmıştır. Olivin, seramik sır reçetelerine %10-50-80 oranlarında ilave edilerek kullanılmıştır.

Çizelge 32-34 - Muş ilindeki barit yatağının lokasyonu ve rezerv özellikleri (MTA illere göre maden kaynakları).

Çiz No.	Bulunduğu yer	Tenör % BaSO ₄	Kullanım alanı	Rezerv ton (muhtemel + mümkün)	Rezerv ton (görünür)
32	Muş merkez Bilir köyü	94	Seramik pigmenti Sondaj çamuru	1.530.000	500.000
33	Muş merkez Kasar köyü	94	Seramik pigmenti Sondaj çamuru	250.000	48.000
34	Muş merkez Kızılkilise köyü	94	Seramik pigmenti Sondaj çamuru	700.000	137.000

Albit, ortoklas, petalit, kalsine boraks, kolemanit ve borik asit gibi temel hammaddelerden oluşan alkali, alkali-borlu ve borlu sırlar hazırlanmıştır. Hazırlanan sır karışımları 1150°C'de pişirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, en fazla %50 oranında olivin katkısı ile hatasız sırlar elde edilmiştir. Sırın olgunlaştığı, parlak bir yüzeye sahip olduğu, doku ve renk çeşitliliği sağladığı görülmüştür. Seramik sır üretiminde olivin ve bor minerali kullanılabilir.

Erdem vd. (2004)'nin; Kızılkaya (2011)'nin Bitlis-Pötürge masifi pirofillit mineralinden seramik sır üretimi konusunda yaptıkları Ar-Ge çalışmaları, pirofillitin kendine has beyaz pişme rengine sahip ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı olduğunu ve termal genleşme katsayısını kontrol etmek şartıyla seramik sırda zirkon ve alümina yerine kullanılabileceğini göstermiştir.

Laboratuvar çalışmalarında; zeolitik mineral yapısına demirin yerleşmesi ile hazırlanan örneklerin kalsine edilmesiyle seramik sırda renk değerleri değişmektedir. Pigmentlerin transparan sır içerisindeki renk davranışlarının belirlenmesi amacıyla transparan sır içine %3 oranında zeolit ilave edilmiştir. Duvar karosu pişirim fırınında 1175 °C'de pişirilen örneklerin sırda en iyi renk değerlerini verdiği belirlenmiştir (Taşcı vd., 2014). Diğer kullanımları yanında, %3 oranında seramik sır katkı maddesi olarak da kullanılabilen zeolit mineralinin, Sivas ili Yıldızeli ilçesi Eşmebaşı ve Pazarcık köyleri sahalarında %75-95 tenörlü 2,25 milyon ton zeolit rezervi tespit edilmiştir (MTA illere göre maden kaynakları).

8. Sonuç ve Öneriler

- Malatya ili, Pötürge ilçesi'nin 4 km güneyindeki Taşmış (Babik) çevresinde yer alan 20 milyon ton görünür rezervli pirofillit yatakları, MTA Genel Müdürlüğü tarafından bulunmuş olup bu yatakların bir kısmı beyaz çimento üretiminde kullanılmaktadır. Pirofillit yatakları, muskovit gnays ve

şistler içinde bulunmaktadır ve kuvarsitlerle yanal, düşey geçişler göstermektedir. Bitlis Masifi alt metamorfik birliğinde Paleozoyik öncesi bölgesel metamorfizma ile oluşan disten (kyanit) mineralleşmesi, daha sonra geçirdiği yeşilşist fasiyesi metamorfizması ve hidrotermal alterasyon ile pirofillite ve kaolinite dönüşmüştür (Yılmaz vd., 1993 Uygun ve Solakoğlu, 2002). Seramik sanayinde kullanılabilir toplam 3 milyon ton görünür kaolinize disten rezervi, Bitlis ili Hürmüz-Bayramalan-Orsak köyleri, Bingöl ili Genç-Yeniçevre-Servi köyleri ve Siirt ili Şirvan-Baykan köyleri civarında bulunmaktadır (Seyhan, 1979, 1984; Önenç, 1984; Yenigün ve Şener, 1988; Demirhan, 1990). Pirofillit cevheri üzerindeki Ar-Ge çalışmaları; pirofillitin kendine has beyaz pişme rengine sahip ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı seramik ve refrakter hammaddesi olduğunu göstermiştir. Pirofillit, düşük sertliği ve arazide mostra vermesi nedeniyle, hammadde hazırlamada enerji ve zaman tasarrufu sağlar, seramikte döküm ve dolayısıyla üretim hızını önemli ölçüde artırır. Pirofillitin düşük maliyeti nedeniyle, seramikte kullanıldığında üretim maliyetini düşüreceği saptanmıştır. Pirofillit cevherinin direkt olarak çimento sanayisine satılması yerine belirli bir prosten geçirilip, katma değeri yüksek ürünler elde edilmesinde kullanılması ülke ekonomisi için faydalıdır. Japonya'da pirofillit, cam elyaf sanayinde çok önemli tüketime sahiptir (Erdem vd., 2004; Kızılkaya, 2011). Pirofillit gibi yumuşak ve kaygan olan talk minerali; seramiklerde, pişirme sıcaklıklarını düşürür, büzülmeyi azaltır ve termal şok direncini artırır, üretim maliyetini azaltır (Meykimya, 2023). Diğer kullanım alanlarının yanında seramik katkı maddesi olarak da kullanılan talk minerali yatağı (%61.70 SiO₂, %31.5 MgO, %0.45 Fe₂O₃) tenörü ve 47 milyon ton toplam

- rezervi ile Sivas ili Hafik ilçesi Virancık köyü sahasında yer almaktadır (MTA illere göre maden kaynakları).
- b) Perlit, pomza ve volkanitlere yönelik Ar-Ge çalışmaları ve teknolojik analiz sonuçları; seramik endüstrisinde %30 oranına kadar katkı maddesi olarak kullanılabilirliklerini ve ürün maliyetini %20 oranında düşürdüklerini göstermiştir (Özcan, 2002; Aksay, 2005; Sayarer, 2006; Kara vd., 2009; Civan, 2011; Töre ve Civan, 2015; Ceylan, 2019; Kayacı, 2021). Ülkemizde bulunan toplam pomza ve perlit rezervlerinin %50'den fazlası Doğu Anadolu illerinin sınırlarında yer almaktadır. Doğu Anadolu'nun Plio-Kuvaterner yaşlı pomza ve perlitlerinin yüzeyde mostra vermesi ve kalın tortul tabakalar oluşturması, basit madencilik yöntemleriyle işletilebilirliği ve işletme maliyetlerinin azalmasını sağlar.
- c) Ortalama Fe_2O_3 oranları %1'in altında ve (Na_2O+K_2O) oranları % 9,5 olan Muş ili Kızılağaç beldesi ve Bingöl ili Avnik köyü metagranitlerinin (Çizelge 7, 8), feldispat katkı maddesi olarak seramikte doğrudan kullanımları mümkündür. Bu büyük rezervli feldispat kaynağı yataklarının jeoloji ve fizibilite etüdlerinin yapılması gereklidir. Doğu Anadolu'da toplam 1000 m kalınlıktaki Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Solhan volkanit Formasyonu içerisinde alternatif feldispat ve seramik katkı maddesi yataklarını oluşturan trakitik piroklastikler yaygındır. Trakititik volkanitlerinden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarının ortalamaları; (Na_2O+K_2O) oranlarının %9,84-10,48 arasında, Al_2O_3 oranlarının %14-18 arasında ve Fe_2O_3 oranlarının %2,5-6,2 arasında olduklarını gösterir (Çizelge 10 - 16).
- d) Bitlis Masifinde SiO_2 tenörleri %95-99 arasında değişen ve toplam görünür rezervleri milyonlarca ton olan, seramik sanayinde kullanılabilir birkaç kuvarsit yatağı bulunmuştur (Çizelge 27-31). Muş ili, Kızılağaç beldesindeki feldispat kaynağı metagranitlerin doğusunda mostra veren Devoniyen yaşlı Meydan Formasyonu'nun bir bölümü kuvarsitlerden oluşur (Şekil 6) (Göncüoğlu, 1984). Bitlis ili Hizan ilçesi kuzeyindeki Yastıktaş metagranitlerinin kuzeyinde metakuvarsitler mostra vermektedir. Bu kuvarsitler harita sahası dışında doğuya ve batıya yayılım göstermekte olup Yastıktaş feldispatlarıyla beraber işletilebilir yakınlıktadır (Şekil 7, 8) (Genç, 1990). Söz konusu metakuvarsitlerin jeolojik etüdü yapılabilir.
- e) Seramiklerin sırlanmasıyla piyasa değerleri ve albenileri artar, sır sayesinde sıvı geçirmezler, kimyasallara ve basınca karşı daha dayanıklı özellik kazanırlar. Olivin mineralinin seramik sırlarında kullanım imkanları araştırılmış ve olivin en fazla %50 oranına kadar katkısı ve 1150 °C'de pişirilmesi ile sıranın olgunlaştığı, parlak bir yüzeye sahip olduğu, doku ve renk çeşitliliğinin sağlandığı görülmüştür. Seramik sır üretiminde olivin ve bor minerali beraber kullanılabilir (Turan ve Acartürk, 2022; Sivri ve Köseoğlu, 2023). Bitlis-Pötürge masifindeki pirofillit minerallerinin seramik Ar-Ge çalışmaları kapsamında, termal genleşme katsayısını kontrol etmek şartıyla pirofillitin, seramik sırda zirkon ve alümina yerine kullanılabilmesi belirtilmiştir (Erdem vd., 2004; Kızılkaya, 2011). Barit cevherinin, seramik sır ve cam pigmenti üretiminde hammadde olarak kullanılabilmesi ispatlanmıştır. Sentezlenen $BaSO_4$ tozuna Cr_2O_3 ilavesiyle beyaz ve yeşil renkli seramik sır, cam pigmentleri üretilmiştir (Demirci ve Özel, 2015). Muş ilinin yakın güneyinde yer alan %94 tenörlü barit yatağı 685.000 ton görünür rezerve sahiptir (Şekil 2). Ar-Ge çalışmalarında pigmentlerin transparan sır içerisindeki renk davranışlarının belirlenmesi amacıyla transparan sır içine %3 oranında zeolit ilave edilmiştir. Duvar karosu pişirim fırınında 1175 °C'de pişirilen örneklerin sırda en iyi renk değerlerini verdiği belirlenmiştir (Taşcı vd., 2014). Sivas ili Yıldızeli ilçesi Eşmebaşı ve Pazarcık köyleri sahaslarında %75-95 tenörlü 2,25 milyon ton zeolit rezervi tespit edilmiştir (MTA illere göre maden kaynakları).
- f) Marn ve kırmızı killi, seramikte karofayans üretiminde üzerlerine sır çekilip kullanılabilir. Dondi (2003)'ye göre marnlı killi, yer karosu üretiminde yavaş çift pişirim ile %100 oranında, hızlı çift pişirim ile %70-80 oranında ve duvar karosu üretiminde sadece yavaş çift pişirim ile %100 oranında kullanılmaktadır. Kırmızı şeyller ise, yer karosu üretiminde yavaş çift pişirim ile %20-30 oranında ve duvar karosu üretiminde yavaş tek pişirim ile %100 oranında kullanılmaktadır.

- Rakhila vd. (2018), %50 oranına kadar çimento kilinkeri ile beraber kırmızı kil matriks kullanılarak seramik karosu üretiminin mümkün olduğunu ispatlamışlardır. Çimento klinkeri katkı oranı artırıldıkça seramik karosu kuruma küçülmesi değerlerinin ve su emme, porozite değerlerinin azaldığı görülmüştür. 1100 °C'de pişen bu seramik karışımının mekanik gücü 20-45 MPa arasındadır. MTA Genel Müdürlüğü, Doğu Anadolu'nun birçok ilinde çimento sanayinde kullanılan milyonlarca ton marn, kırmızı şeyl ve tuğla kiremit kili bulmuştur. Seramik sanayi, gerektiğinde bu tip killeri de kullanabilmektedir.
- g) MTA prospeksiyon çalışmalarında, K48 paftasında Nazik Gölü'nün kuzeyinde ve batısında riyolitik tüflerin hidrotermal alterasyonu ile oluşan geniş yayımlı kaolin ve kaolinize tüf yatakları bulunmuştur. Kaolin yataklanması açısından değerlendirilmelidir (Kıral ve Tulukçu, 2008). J39 paftasında, Malatya ili Hekimhan ilçesinin kuzeyinde Pliyosen andezitik piroklastikleri içerisinde, hidrotermal kaolin yatakları geniş yayılım göstermektedir. Kaolinlerin fayans yapımında kullanılabilmesi belirlenmiş olup detay etüt çalışmalarının yapılması gereklidir (Kıral ve Atalay, 2005). J46-d4 paftasında yer alan, Muş ili Varto ilçesi Kaza mevkiinde tespit edilen 5-6 m kalınlığa sahip, 500 m uzanımlı, demir oksit içeren kaolinlerin ve kirli beyaz renkli kaolinize tüflerin X-ray etüdü neticesinde kaolin, simektit, analsim, illit, feldispat ve kuvars içerdikleri saptanmıştır. J47-d4 paftasında yer alan Akkonak köyünün 1,5 km kuzey batısında kaolinize olmuş riyolitik tüfler bulunmaktadır (Kıral ve Tulukçu, 2009a) (Şekil 2). Söz konusu sahalarda kaolin yataklarının detay jeolojik etüdü yapılmalıdır.
- h) Seramik sanayinde büyük oranda kullanılan hammadde kildir ve bu kilin bir kısmı yurt dışından ithal edilmektedir. Ar-Ge laboratuvar çalışmaları; Paleozoik metamorfite içerisindeki hidrotermal alterasyona uğramış beyaz mikaşistlerin, seramik duvar ve yer karolarının renklerini beyazlattıklarını ve duvar, yer karoları, porselen üretiminde kil olarak farklı oranlarda kullanılacaklarını göstermiştir (Çelik, 2010; Kayacı vd., 2020). Granitlerle kesilmiş Bitlis-Pötürge masifi beyaz gnays ve mikaşistlerinde pirofillitle beraber yeni potansiyel kaolinit, kaolinize disten ve seramik hamurunu beyazlatan serizitik, illitik kil yataklarının bulunabileceği öngörülmektedir.
- i) Muş ili Kızılağaç beldesi feldispat kaynağı metagranitlerin, Muş ili Kepenek köyü kuvarsit yataklarının, Bingöl ili Genç ilçesi Halveliyan kaolinize distenlerinin, Muş ili Bilir köyündeki barit yataklarının, Muş ili Gaziyan ve Kalecik köylerindeki renkli pişen riyolitik tüf yataklarının ve Bitlis ili perlit-pomza yataklarının birbirlerine yakınlığı göz önüne alındığında, Muş ili Ziyaret köyü açık linyit işletmesi kömür altı kil yatağının teknolojik analizi ve rezerv araştırması, yörede seramik sanayi hammadde kümelenmesinin tamamlanması açısından büyük öneme sahiptir. Doğu Anadolu kömüraltı seramik kil yataklarının varlığı ise, seramik hammadde kümelenmelerinin belirlenmesini sağlar. Doğu Anadolu Zırnak Formasyonu linyit yatakları toplam 13 farklı merceksi damar seviyesinden oluşmaktadır ve volkanitlerin, şistlerin, granitlerin üzerinde uyumsuz olarak yer alan Pliyosen tortul çanakları içerisindeki tüfitler, killer, siltler ve kumtaşları ile ardalanmalı olarak bulunur (Şengüler ve Toprak, 1991). Pliyosen volkan küllerinin, çalkantısız, durgun, zayıf asidik sığ göl tortul ortamında çökelp diyajenez geçirmesiyle feldispatların kaolinite, simektite ve taban mika şistlerinin ise illite dönüşmesiyle kömüraltı seramik kil yatakları tortullaşabilir. Kömür açık işletmelerinin alt yapısı, kömüraltı killerin işletilmesini de kolaylaştırır. Zırnak Formasyonu dahil Doğu Anadolu'nun diğer tüm yerüstü ocakları kömüraltı killerin prospeksiyon çalışmaları, bölgenin seramik endüstrisi kil ihtiyacının karşılanması açısından önemli bir adımdır.
- j) Malatya ili Pötürge ilçesinde görünür 20 milyon ton pirofillit rezervi, Malatya ili civarında ise iyi kalite 70-80 milyon ton tuğla-kiremit kili rezervi vardır (MTA illere göre maden kaynakları). Kıral ve Atalay (2005), prospeksiyon çalışmaları sürecinde; Malatya Hasançelebi karayolu batısında toplam alkali oranı %12,1 olan feldispat kaynağı, Kuluncak şiyenit masifi ve Hekimhan ilçesi kuzeyindeki Pliyosen andezitik piroklastikleri içerisinde geniş yayımlı hidrotermal kaolin yataklarının fayans yapımında kullanılabilmesini tespit etmişler ve detay jeoloji etüdünün gerektiğini belirtmişlerdir. Malatya ili civarındaki sözkonusu yataklar, seramik-refrakter sanayi hammadde kümelenmesini oluşturmaktadır.

k) Olivin işlem görmeden doğadan elde edildiği için refrakter özellik gösterir, kalsinasyona gerek kalmaz. Ergime sıcaklığı 1890 °C olduğu için önemli bir refrakter malzemedir. Olivin, tuğla gibi kesilerek demir-çelik fırınlarının içine dōşenebilir ve tuğla harcı olarak da kullanılabilir. Olivin kumu, başta demir-çelik sanayinde yüksek fırınlarda ergitici, cüruf düzenleyici, sinterleşme derecesini düşürücü olarak kullanılır. Olivinin refrakter olarak dünya tüketimindeki payı %75'dir. Olivinin yaklaşık %15'i özel döküm kumu olarak döküm kalıbı yapımlarında kullanılmaktadır (MTA Olivin). Doğu Anadolu'da Guleman (Elazığ) ve Erzincan Kop dağı krom işletmelerinde dunitler içerisinde olivin yataklarının varlığı söz konusudur. Olivinin refrakter ve seramik sanayinde kullanımı için her iki krom işletmesinde, krom ile beraber olivin üretim projelerinin de hazırlanmasıyla ve olivin üretimiyle birlikte Doğu Anadolu Bölgesi refrakter sanayiye katkıda bulunulabilir. Manyezit, seramik ve refrakter endüstrisinde yüksek ergitici yeteneğe sahiptir. Ofiyolitler içinde stokvork ve filon yapıları halinde bulunur. Erzincan ili Çayırılı ilçesi ofiyolitleri içerisinde 4.8 milyon ton sedimenter manyezit yatağı rezervi ve Erzincan ili Refahiye ilçesi Yukarı Yeniköy sahasında %44,83 MgO içerikli 223.950 ton manyezit rezervi tespit edilmiştir. Söz konusu manyezit yatakları geçmişte zaman zaman işletilmiştir (MTA illere göre maden kaynakları). Manyezit, Doğu Anadolu'daki refrakter sanayi için önemli hammadde kaynağıdır.

l) Türkiye'de seramik hammadde sıkıntısı olmamakla beraber, hammaddelerin zenginleştirilmesi, inovasyon reçetelerinin seramik fabrikalarında uygulanması konusunda eksiklikler vardır. Bayraktar vd. (1999)'ne göre; zenginleştirme prosesleri konusunda bazı üniversitelerimizde ve şirketlerde yeterli düzeyde bilgi birikimi mevcuttur. Dolayısıyla proses tasarımı konusunda hiçbir ciddi sıkıntı söz konusu değildir. Yerli proses makinelerinin imalatı ise tahmin edilenden daha ileri düzeydedir. Ülkemizde üretilen proses makinelerinin fiyatları, Batı'da üretilen eşdeğerlerine göre asgari %50 oranında daha ucuz olup, performans ve ömür açısından karşılaştırıldığında aradaki nitelik farkı, fiyat farkını dengeleyecek düzeyde değildir. Ülkemizde üretilen proses makine ekipmanlarının uluslararası standartlarda

olduğuna en büyük kanıt, son yıllarda giderek artan ihracat ve bazı Batı firmalarına yapılan fason işlerdir. İyi tasarlanmış proses makinelerinin ülkemizde imal edilmesi sayesinde ithal makine-ekipmanlarıyla birlikte fizibil olmayan pek çok seramik hammadde zenginleştirme ve endüstriyel üretim projeleri fizibil hale gelmiştir.

Katkı Belirtme

Yararlandığım tüm kaynakların yazarlarına şükranlarımı arz ederim.

Değinilen Belgeler

- Akay, E., Göncüoğlu, M. C., Turhan, N. 1988. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Muş-H33 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Akkurt, İ. 2001. Çanakkale civarındaki alkali hammaddelerin seramik yer karosu üretiminde kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 107, İstanbul.
- Aksay, E. K. 2005. İzmir-Menderes yöresi pomza cevherinin kullanımına yönelik teknolojik özelliklerin araştırılması. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 278, İzmir.
- Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö. Y., Ekmekçi, Z., Can, M. 1999. Temel seramik ve cam hammaddelerimizdeki (feldispat, kuvars ve kaolin) kalite sorunları ve çözüm önerileri. Seramik Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 22-33, İzmir.
- Bayraktar, İ., Özcan, Y., Gülsoy, N., Metin, C. E., Caner, O. 2003. Granitik Kayalardan Feldispat Üretimi. Seramik Semineri. Türkiye Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, No.78, Ankara.
- Bayraktar, S. 2010. Çatalca (İstanbul) Batısı Kuvarsit ve Kuvars Kumu Yataklarının Jeokimyasal, Mineralojik İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 96, İstanbul.
- Bozkurt, V., Kara, A., Üçbaş, Y., Kayacı, K. 2006. Possible use of trachyte as a flux in floor tile production. Industrial Ceramics, 26 (2), 87-94.
- Ceylan, B. T. 2019. Erzurum yöresinde çıkartılan pomza ve perlitin seramik sanayiinde kullanılabilirliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, 154, Erzurum.

- Civan, L. 2011. Pomzanın sır bileşeni olarak kullanımı ve incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, 103, Eskişehir.
- Çağlayan, M. A., İnal, R. N., Şengün, M., Yurtsever, A. 1984. Structural setting of Bitlis massive: International Symposium of the geology of the Taurus belt, MTA Special Publication, 245-254.
- Çakıcı, R. İ. 2014. Seramik üretiminde alternatif hammaddelerin kullanılma olanaklarının araştırılması ve maliyet azaltma çalışmalarının yapılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, 82, İstanbul .
- Çelik, H. 2010. Technological characterisation and industrial application of two Turkish clays for the ceramic industry. Applied Clay Science, 50 (2), 245-254.
- Çelik, M.Y., Denizhan, T. 2016. Kınık-Dinar (Afyonkarahisar) traktitlerinin K-feldispat potansiyelinin incelenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri ve Mühendislik Dergisi, 16, 747-758.
- Demirci, S., Özel, E. 2015. Türkiye’de üretilen barit cevherinin baryum içeren pigmentlerin üretiminde değerlendirilmesi. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik 16 (3), 327-338.
- Demirhan, M. 1990. Bingöl Genç Yeniçevre (Halveliyen) köyü AR-25516, ÖİR-2078 ruhsat no.lu disten sahası maden jeolojisi raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 8966, Ankara (yayımlanmamış).
- Demirhan, M., Kapkaç, F., Bahçeli, A.1991. Bitlis merkez Arzıvik ve Bayramalanı köyleri AR-28496, ÖİR-2554 ruhsat no.lu disten sahasının maden jeolojisi raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 9270, Ankara (yayımlanmamış).
- Dondi, M. 2003. Technological and compositional requirements of clay materials for ceramic tiles. In: Domínguez, E. A., Mas, G. R., Cravero, F. (Eds.), Proceedings of the 12th International Clay Conference, Elsevier, Bahía Blanca, Argentina, pp. 23-30.
- DPT 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı. Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu, 2001a. Endüstriyel hammaddeler alt komisyonu toprak sanayi hammaddeleri (seramik killeri, kaolin, feldispat, pirofillit, vollastonit, talk) çalışma raporu, 204.
- DPT 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı. Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu, 2001b. Endüstriyel hammaddeler alt komisyonu toprak sanayi hammaddeleri (pomza, perlit, vermikülit, filopit, genleşen killer) çalışma raporu, 73.
- Erbilen, S. Ü., Şahin, G. 2015. Enerji coğrafyası kapsamında Türkiye’de linyit. Doğu Coğrafya Dergisi, 33, 135-159.
- Erdem, A., Gürsu, S., Karaoğlu, B. 2004. Pötürge yöresi pirofillitinin zenginleştirilmesi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Fırat Kalkınma Ajansı, 2011. Bingöl ili madencilik potansiyeli profili. Ticaret ve Sanayi Odası Fırat Kalkınma Ajansı Destek Programı, 30, Bingöl.
- Genç, S. 1990. Bitlis masifi, Çökekyazı-Gökay (Hizan, Bitlis) yöresi metamorfitlelerinin petrografisi, metamorfizması ve kökeni. Türkiye Jeoloji Bülteni 33, 1-14.
- Göncüoğlu, M.C. 1984. Muş-Kızılağaç metagranitinin başkalaşımı ve yaşı. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 99 (100), 72-83.
- Göncüoğlu, M. C., Turan, N. 1985. Bitlis metamorfik kuşağı orta bölümünün temel jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7707, Ankara (yayımlanmamış).
- Gux, X., Ling, Y. 2024. Characterization and properties of Chinese red clay for use as ceramic and construction materials, Science Progress, 107 (1), 1-17.
- Helvacı, C., Griffin, W.L. 1983. Metamorphic feldspatisation of metavolcanics and granitoids, Avnik area, Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrography, 83(3), 309-319.
- Kara, A., Kayacı, K., Küçüker, A.S., Bozkurt, V., Üçbaş, Y., Özdamar, S. 2009. Use of rhyolite as a flux in porcelain stoneware production. Industrial Ceramics, 29 (2), 71-81.
- Kayacı, K. 2021. The use of perlite as flux in the production of porcelain stoneware tiles. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, Elsevier 60 (5), 283-290.
- Kayacı, K., Genç, Ş. C., Yıldırım, Y., Keskin, A. 2020. In-situ kaolinitic raw materials within the quartz-sericite / muscovite schists of Doğanhisar (Konya, Central Türkiye): its mineralogical and technological characteristics with the possible use in ceramic tile industry. Conference, Qualicer, 20. Castellon, Espana.
- Kayacı, K., Genç, Ş.C., Uzun, M. 2009. Alternatif bir ergitici olarak ince mikrogranit malzemesinin porselen karo üretiminde kullanımı. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9 (3), 117-123.
- Kılıçer, A. 2017. Van Gölü havzasındaki pomza ve perlit madenlerinin ekonomik jeolojisi. Doktora Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, 154, Van.
- Kıral, N., Atalay, Z. 2005. Sivas-Malatya-Kayseri yöresinin EHM olanakları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 10724, Ankara (yayımlanmamış).

- Kıral, N., Tulukçu, A. 2008. Güney Doğu Anadolu Bölgesinin (Siirt-Batman-Bitlis-Diyarbakır-Bingöl-Urfa-Adıyaman-Muş-Mardin) EHM prospeksiyon raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11045, Ankara (yayımlanmamış).
- Kıral, N., Tulukcu, A. 2009a. Muş (Varto-Bulanık), Kars yörelerinin EHM prospeksiyon raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11143, Ankara (yayımlanmamış).
- Kıral, N., Tulukcu, A. 2009b. Muş Hasköy Bütetli civarındaki AR-200805338 numaralı kuvarsit ruhsat sahasının maden jeolojisi raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11217, Ankara (yayımlanmamış).
- Kıral, N., Tulukcu, A. 2009c. Bitlis Mutki Ilıcak Mah. AR-200805605 No.lu kuvarsit ruhsat sahasının maden jeolojisi raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11216, Ankara (yayımlanmamış).
- Kızılkaya, N. 2011. Pirofillitin seramik bünyelerde kullanım özelliklerinin araştırılması ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, 118, Malatya.
- Kopar, İ., Polat, P. 2020. Molla Tepe (Mollaköy-Erzincan) perlitik volkan konisinin jeolojik-jeomorfolojik özellikleri ve Molla Tepe perlitinin endüstriyel madde olarak değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 24 (3), 1529-1554.
- Kösebalaban, A., Ergüder, İ., Doğan, M. 2005. Bingöl Karlhova-Derince (Halifan) havzası linyit potansiyeli ve değerlendirilebilirliği. TMMOB Maden Mühendisleri Odası. Doğu ve Güneydoğu Anadolu maden kaynaklarının değerlendirilmesi sempozyumu, 21-23 Nisan, 25-32, Diyarba kır.
- Kutay, A. 1976. Bingöl Gayt Barajı civarı hidrotermal kaolin yatağı. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 5654, Ankara (yayımlanmamış).
- Kürüm, S., Baykara, T., Sar, A. 2019. Yolçatı köyü (Bingöl) çevresinde yüzeylenen Solhan volkanitlerinin petrografisi ve ana oksit jeokimyası. Elazığ Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi 31 (1), 79-89.
- MTA illere göre maden kaynakları, 2023: <https://www.mta.gov.tr/bilgi-merkezi/il-maden-potansiyelleri>
- MTA Olivin, 2023: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/olivin>.
- MTA Manyezit, 2023: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/manyezit>.
- Meykimya, 2023 <https://meykimya.com> > Bilgi > Dolgular
- Okut, M., Ayhan, C., Önemli, Ö. F. 1980. Bingöl ili seramik hammaddeleri prospeksiyon raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 13077, Ankara (yayımlanmamış).
- Oyan, V., Özdemir, Y. 2012. Yolcular metamorfitlelerinde (Bitlis Masifi) K-feldspatça zengin aplit dayklarının K-feldspat kaynağı olarak kullanılabilirliği. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 17 (2), 57-63.
- Oyan, V., Tolluoğlu, A. Ü. 2005. Bitlis Masifi'nde (Yolcular metamorfiti) Na-feldspat bakımından zengin lökograditik kayaçlar: Feldspat kaynağı olarak bir potansiyel. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi 26 (3), 1-11.
- Önenç, İ. 1984. Bingöl Genç ilçesi Halveliyen köyü Safalan mevkii kaolinize disten ve barit yataklanmaları ön araştırma raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7551, Ankara (yayımlanmamış).
- Özcan, Ö. 2002. Stoneware bünye ve sır kompozisyonlarında alternatif hammadde kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi, 78, Eskişehir.
- Özdemir, Y., Güleç, N. 2013. Geological and geochemical evolution of the Quaternary Suphan stratovolcano. Eastern Anatolia, Turkey: Evidence for the Lithosphere-Asthenosphere interaction in the post-collisional volcanism. Journal of Petrology 55 (1), 37-62.
- Özdemir, Y., Karaoğlu, Ö., Tolluoğlu, A. Ü., Güleç, N. 2006. Volcano-stratigraphy and petrogenesis of the Nemrut stratovolcano (East Anatolian High Plateau): the most recent post-collisional volcanism in Turkey. Chemical Geology 226 (3-4), 189-211.
- Özgüner, A. M., Gündüz, M., Sertel, N., Deniz, N., Ceran, F. M. 2003. Van-Çaldıran-Yaykılıç Köyü yöresi kuvarsit yatakları jeolojik etüdü. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11931, Ankara (yayımlanmamış).
- Özgüner, A. M., Korkmaz, E., Şener, S., Sertel, N. 2004a. Batman ve civarı tuğla kiremit toprağı yataklarının jeolojik etüdü, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 3034, Ankara (yayımlanmamış).
- Özgüner, A. M., Şener, S., Korkmaz, E., Gündüz, M., Deniz, N. 2004b. Bitlis-Tatvan-Küçüksu-Nil Mahallesi kuvarsit yatağı jeolojik etüdü .Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11932, Ankara (yayımlanmamış)
- Öztürk, Z. B., Eren, E. 2013. Pomza ilaveli duvar karolarının ultrasonik karakterizasyonunun faktöriyel tasarımı ile incelenmesi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi 2 (2), 135-145.

- Pearce, J. A., Bender, J. F., De Long, S. E., Kidd, W. S. F., Low, P. J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, Y. G. 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 44, 190-227.
- Rakhila, Y., Ezzahi, A., Elmchaouri, A., Mestari, A. 2018. Synthesis and characterization of a red clay based new composite ceramic material, *Advances in Materials Physics and Chemistry*, Vol.8, No.7.
- Sayarer, G. 2006. Seramik yer karosu bünyesinde bazaltın alternatif bir hammadde olarak kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Osman Gazi Üniversitesi, 43, Eskişehir.
- Selvi B. 1977. Erzurum Hınıs Zırnak kömür havzası sondajlı rezerv raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 6379, Ankara (yayımlanmamış).
- Sevindi, C. 2003. Kars ili perlit yataklarının ekonomik önemi ve değerlendirilme olanakları. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 3 (30), 169-186.
- Seyhan, İ. 1979. Bitlis Masifi Hürmüz Boğazı distenkaolin yatakları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 6680, Ankara (yayımlanmamış).
- Seyhan, İ. 1984. Bitlis Masifi Bayramalanı ve Halveliyen disten yatakları prospeksiyon raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7427, Ankara (yayımlanmamış).
- Sivri, K., Köseoğlu, K. 2023. Olivin esaslı refrakter tuğlanın karakterizasyonu. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 13 (4), 790-809.
- Şengüler, İ., Toprak, S. 1991. Varto, Hınıs, Bulanık, Malazgirt yöresi linyitlerinin petrografik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 34, 15-22.
- Şengün, M. 1993. Bitlis Masifinin metamorfizması ve örtü çekirdek ilişkisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 115, 1-13.
- Şentürk, İ. 1968. Bingöl Karlhova ilçesi Halifan (Derinçay) köyü civarındaki kömürlü sahanın jeolojik raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 4091, Ankara (yayımlanmamış).
- Taşcı, E., Coşkun, N. D., Pekkan, K., Uz, V. 2014. Doğal zeolitlerin seramik pigment olarak kullanılabilirliği. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14, OZ5734, 213-218.
- Tatar, İ., Ediz, N., Bentli, İ. 2004. Diyatomit katkılı çini karo bünye üretimi. 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14 Mayıs, 2004. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, İzmir, 313-317.
- Töre, İ., Civan, L. 2015. Evaluation of pumice in glaze compositions for ceramics. *International Journal of Scientific and Technological Research* 1 (3), 22-30.
- TS, 11325. Seramik Sektörü Feldispat Sınıfları Standartlarının Kimyasal Bileşimleri. Cam ve Seramikler Endüstrisi Seramikler Standartları, Türk Standartları Enstitüsü.
- Turan, B., Acartürk, B. 2022. Olivin mineralinin seramik sınırlarında kullanım olanaklarının araştırılması ve uygulamaları. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22, 055704, 1157-1167.
- Türkbileği, H., Tekin, A. 1986. Bitlis civarı (Hürmüz-Orsak-Zinir köyleri) disten sahasının ön etüt raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7854, Ankara (yayımlanmamış).
- Türkecan, A., Dönmez, M., Mutlu, G., Özgür, İ. B., Sevin, D. 1993. Patnos, Tutak ve Hamur yöresinin (Doğu Anadolu) Tersiyer volkanizması. A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu (2-5 Eylül 1991) Bildirileri 335-340, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Uygun, A., Solakoğlu, E. 2002. Pötürge (Malatya) masifindeki pirofillit yataklarının jeolojisi ve kökeni. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 123, 13 - 19.
- Yenigün, K., Şener, S. 1988. Doğu Anadolu (Ağrı, Bitlis, Erzurum, Kars, Van) EHM kaynaklarının araştırılması, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 9560, Ankara (yayımlanmamış).
- Yılmaz, Ç., Kar, Y., Yılmaz, A.O., Demir, C. 2005. Altere Granitlerin Zenginleştirilmesi. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, 21-23 Nisan 2005, 53-58, Diyarbakır.
- Yılmaz, H., Aras, A., Ağrılı, H. 1993. Taşmış-Pötürge (Malatya) pirofillit yatağı maden jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 9598, Ankara (yayımlanmamış).
- Yılmaz, O. 1975. Cacas bölgesi (Bitlis Masifi) kayaçlarının petrografik ve stratigrafik incelemesi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18 (1), 33-41.