



Ankara Kalesi Sur Yapı Taşlarının Kaynağı

Origin of Ankara Castle Rampart Building Stones

Kıymet DENİZ

Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM), Ankara, Türkiye
Assist Prof., Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering and Earth Sciences Application and Research Center, Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-3208-1354
kdeniz@eng.ankara.edu.tr

Yusuf Kağan KADIOĞLU

Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM), Ankara, Türkiye
Prof., Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering and Earth Sciences Application and Research Center, Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-7894-2220
kadi@ankara.edu.tr

DOI: 10.5505/jas.2022.65807

Öz

Tarihî yapılarda kullanılan doğal yapı malzemelerinin tanımlanmaları, kaynak yerlerinin ve alındıkları taş ocaklarının belirlenmesi, kùltür varlıklarının korunması ve restorasyon çalışmaları için oldukça önemlidir. Çalışmada, Ankara ilinin en önemli tarihî yapılarından biri olan Ankara Kalesi'nin sur yapı taşlarının tanımlanması ve alındıkları ocak yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla kale, sur duvarı ve taban kayaları ile olası taş ocaklarından örnekleme yapılmış ve tüm örnekler mineralojik, petrografik ve jeokimyasal olarak karşılaştırılarak incelenmiştir. Ankara'nın Altındağ ilçesinde yer alan Ankara Kalesi, iç kale ve dış kaleden oluşmaktadır. Ankara Kalesi temel olarak düşey yönde eklem gösteren ve sur taşları ile aynı bileşim özelliği gösteren andezit bileşimindeki kaya üzerine inşa edilmiştir. Sur duvarlarının bazı bölümlerinde tuğla ve kireçtaşı da kullanılmıştır. Sur taşlarının ana malzemesi andezit, pembe renkli porfiroafanitik dokuya sahiptir ve lokal olarak kullanılan yer yer farklı doku özellikleri gösteren kireçtaşı ise kristalize ve biyosparitik karakterdedir. Andezitler mikroskop altında hiyalopilitik porfirik dokulu olup başlıca plajiyoklaz, amfibol, biyotit, kuvars, ± piroksen ve opak mineraller içermektedir. Ayrıca incelenen andezit örneklerinde, killeşme, kloritleşme ve opaklaşma türü bozunmalar tespit edilmiştir. Kuvars andezit bileşimindeki bu kayaların yüksek K¹lu-kalkalkalen bileşiminde oldukları jeokimyasal yolla ortaya konulmuştur. Ankara Kalesi'nin surlarının inşasında kullanılan taşların kökenlerini belirlemek için Kale ve Ankara çevresindeki farklı lokasyonlardan andezit örnekleri alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Sur andezit örneklerinin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal olarak en çok Yenidoğan Tepesi'nde bulunan yedi adet eski taş ocağından alınan andezit örnekleri ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Ankara Kalesi, Sur taşları, Kuvars andezit, Yenidoğan taş ocakları, Restorasyon, Doğalyapı malzemeleri, Tarihî yapılar, Ankara



Abstract

In order to properly protect and restore cultural assets, it is important to correctly identify the natural materials used in historical buildings and determine the origin of these materials and the quarries they were taken from. This study therefore examines the rampart building stones of Ankara Castle, which is one of the most important historical buildings in the city, and determines the locations of the quarries used in its construction. In the study, samples were taken from the castle, rampart walls and the rocks in the castle's foundation. The samples were then compared mineralogically, petrographically and geochemically with other samples taken from quarries where the stones may possibly have originated from. Ankara Castle, which is located in the Altındağ district of Ankara, is comprised of an inner and an outer castle. The castle was basically built on vertically articulated andesite rock and has the same composition as the rampart stones. Brick and limestone were also used in certain parts of the rampart walls. The rampart stones are mainly composed of pink porphyroafanitic textured andesites, but also contain locally crystallized and biosparitic limestone. Andesites are seen to have a hyaloplitic porphyritic texture when examined under the microscope, and consist mainly of plagioclase, amphibole, biotite, pyroxene, \pm quartz and opaque minerals. Quartz and plagioclase crystals are embayed and the plagioclase was also zoned. Kaolinization, chloritization and opacification type alterations were detected in the andesites. These rocks, which are composed of quartz andesite, contain high levels of K-calcalkaline. In order to determine the origins of the rocks used in the construction of the rampart walls, andesite samples were compared with other samples taken from different locations around the castle and Ankara. It was determined that the rampart andesite samples most resemble those taken from seven old quarries on Yenidoğan Hill.

Keywords: Ankara Castle, Rampart stones, Quartz andesite, Yenidoğan rock quarries, Restoration, Natural building materials, Historical buildings, Ankara

Giriş

İnsanlığın varoluşundan bu yana doğal taşlar pek çok amaçla kullanılmış ve kullanılmaya devam etmektedir. Bu nedenle tarihî yapılarda sıkça doğal yapı malzemelerine rastlanmaktadır. Tarihî yapılarda kullanılan doğal yapı malzemelerinin tanımlanmaları ve kaynak alanlarının belirlenmesi kültür varlıklarının korunması ve restorasyon çalışmaları için oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada Ankara Kalesi'nde kullanılan andezit bileşimli Sur kayalarının nereden alındığını belirlemek için jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal çalışmalar yapılmıştır.

Alp-Himalaya orojenik kuşağında oluşması nedeniyle Türkiye, magmatik kaya yayılımı açısından oldukça zengindir. Magmatik kayalar içerisinde volkanik (andezit, bazaltik andezit, bazalt, andezitik bazalt, vb.) ve piroklastikler (ignimbirit, tüf), diğer plütonik (granit, gabro, diyabaz, serpantin vb.) kayalara göre daha fazla ve geniş yayılımlar göstermektedir. Bu nedenle volkanitlerin yapı taşı olarak kullanım oranı daha fazladır. Doğal yapı taşı olarak kullanılacak kayaların hangi amaçla kullanılabilceğinin belirlenmesi için kayanın mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve fiziko-mekanik özelliklerinin araştırılması gerekmektedir. Magmatik kayaların doğal yapı taşı olarak kullanımına yönelik pek çok çalışma yapılmıştır (Koca ve diğ., 2001, s. 99; Kuşçu ve Yıldız, 2001, s. 85;

Türkmen ve Kun, 2001, s. 9-14; Kibici, 2003a, s. 525; Kibici 2003b, s. 505; Kolaylı ve diğ., 2003, s. 269; Özkahraman ve Bolattürk, 2003, s. 49; Özkahraman ve Işık, 2003, s. 201; Akbulut, 2005; Mazzoleni, 2006, s. 141; Korkanç, 2007a ve 2007b; Ergül, 2009, s. 53-108, Dikeç, 2010, s. 21-54; Kaygısız, 2010, s. 41-67; Bacak ve diğ., 2011, s. 23, Koçak, 2011, s. 43-59; Koralay ve diğ., 2011, s. 869; Korkanç, 2013, s. 789; Koralay ve diğ., 2014, s. 32; Torkan ve diğ., 2016, s. 195; Tuncay ve diğ., 2016, s. 75; Çelikleş ve diğ., 2017, s. 515, Deniz ve diğ., 2017, s. 503; Yavuz ve diğ., 2017, s. 211; Çelik ve Sert, 2020, s. 71; Çelik ve diğ., 2021, s. 103; Patil ve diğ., 2021, s. 696). Ancak tarihî yapılarda kullanılan yapı taşlarının kaynak bölgelerine yönelik oldukça sınırlı çalışma yapılmıştır (Germinario ve diğ., 2017, s. 430; Killick ve diğ.; 2020, s. 86; Mathur ve diğ., 2020, s. 156). Son yıllarda özellikle tarihî yapılarda kullanılan doğal taşların, yerinde, tahribatsız bir şekilde karakterizasyonuna yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Ogburn ve diğ., 2013, s. 1823; Bersani ve Lottici, 2016, s. 499; Killick ve diğ., 2020, s. 86; Mathur ve diğ., 2020, s. 156; Liritsiz ve diğ., 2020, s. 49; Triantafyllou ve diğ., 2021, s. 105376).

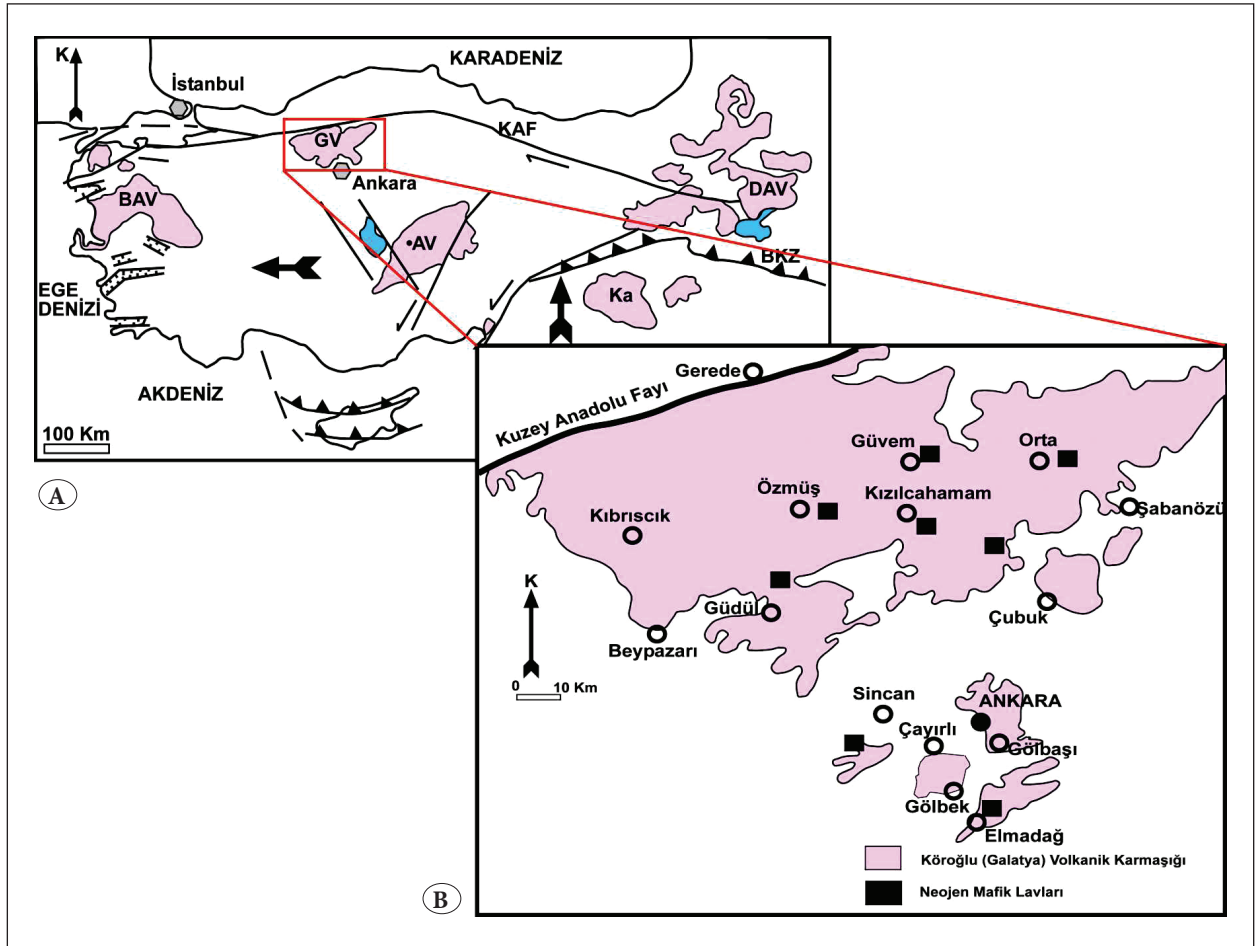
Anadolu'da yaygın olan volkanik kayalar, Ankara'nın özellikle kuzey, doğu ve güneyinde geniş alanlarda yayılım göstermektedirler (Şekil 1A ve 1B). Bu volkanitler başlıca andezit ve daha az oranda bazalt ve dasit bileşimindeki kayalardan oluşmaktadır (Çelikleş ve diğ.,



2017, s. 518-519). Ankara civarındaki volkanik kayalar içerisinde en fazla andezit yüzlek vermektedir. Andezitler içermiş oldukları volkanik camın ve demir içeren biyotit minerallerinin bozuşmasıyla alüminyumun açığa çıkmasına bağlı olarak genellikle pembe renk gösterirler. “Ankara Taşı” adıyla da tanımlanan pembe andezitler renginden dolayı diğer volkanik kayalara göre yapı taşı olarak daha fazla tercih edilmiş ve kullanılmış olup hâlen de kullanılmaktadır. Erken Roma döneminden başlayarak günümüze dek Ankara’daki birçok yapıda kullanılan andezitlerin en bilinen örnekleri arasında Türkiye Millet Meclisi (I. ve II. Meclis binaları), Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya, Hukuk ve Fen Fakülteleri binaları,

Ankara Kalesi, Eski Sümerbank binası, Ankara Palas ve Ankara Adalet Sarayı bulunmaktadır.

Ankara’nın Altındağ ilçesinde bulunan Ankara Kalesi’nin ne zaman ve kim tarafından yapıldığı bilinmemektedir (Yenel, 2015, s. 55). Ankara Kalesi, dik yamaçları bulunan volkanik kayaların yüzlek verdiği bir tepeye kurulmuş ve bir sur ile çevrilmiştir (Aktüre, 1984, s. 51). Kale, iç kale ve dış kaleden oluşmaktadır (Şekil 2A). Ankara Kalesi’nin iç kale bölümünün Hititler döneminde (MÖ 4000-1200) varolduğu bilinmektedir (Özel, 1991, s. 15). M.Ö. 5. yüzyıl başlarında Galatların Ankara’ya yerleşmeleri sırasında varolduğu bilinen Kale’nin Roma, Bizans,



Şekil 1A ve 1B. Türkiye’deki Tersiyer-Kuvaterner volkanik birlikleri gösteren jeoloji haritası ve İç Anadolu Bölgesi’nin kuzeybatısındaki volkanik kayaları gösteren jeoloji haritası (IAV: İç Anadolu Volkanitleri, GV: Galatya Volkanitleri, BAV: Batı Anadolu Volkanitleri, DAV: Doğu Anadolu Volkanitleri, Ka: Karacadağ Volkanitleri, KAF: Kuzey Anadolu Fayı, BKZ: Bitlis Kenet Zonu).

Kaynak: **1A:** Tankut ve diğer., 1998b, s. 286’dan; **1B:** Tankut ve diğer., 1998a, s. 270’den değiştirilerek alınmıştır.

Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde onarıldığı bilinmektedir. Farklı dönemlerde kentin büyümesine bağlı olarak kalenin dış duvarları genişletilmiştir.

Bu çalışmada; Ankara Kalesi'nin yapımında kullanılan yapı taşlarının mineralojik, petrografik ve jeokimyasal tanımlanması yapılarak kaynaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Kaynak yerlerinin belirlenmesi amacıyla Kale'nin bulunduğu tepeden, Yenidoğan Tepesi'ndeki eski taş ocaklarından, Gölbaşı, Gölbeğ, Çayırılı ve Kızılcahamam'dan andezit örnekleri alınarak analiz edilmiştir. Yapılan bu çalışmada restorasyon çalışmalarına altlık oluşturmak amacı ile aslına uygun restorasyonun yapılabilmesi için doğru yapı taşı kaynak yerinin belirlenmesi ve bu tür çalışmaların yapılması için uygulanabilir yöntemlerin saptanmasına yer verilmiştir.

Gereç ve Yöntem

Çalışmanın amaçları doğrultusunda Ankara Kalesi'nde kullanılan sur taşlarının farklı bölümlerinde, dökülen taşlardan örnekleme yapılmıştır. Taşların mineralojik ve petrografik tanımlamaları amacıyla alınan örneklerden üstü açık ince kesit hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitlerin detaylı mineralojik ve petrografik incelemeleri, Zeiss marka Axio model polarizan mikroskop altında yapılarak mineral içerikleri, dokusal özellikleri ve bozunma türleri belirlenmiştir. Ayrıntılı mikroskobik tanımlamaları yapılan örneklerin mikrofotograflarının çekimi yine aynı mikroskopta, axiocam 506 color kamera kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ankara Kalesi'nin yapı taşlarının jeokimyasal özelliklerinin tanımlanması ve ocak yerlerinin belirlenmesi amacıyla Kale'nin taban ana kayasından, Kale çevresindeki Yenidoğan Tepesi'nde tespit edilen eski yedi adet ocak yerlerinden ve Ankara çevresinde andezit yüzlekleri fazla olan Gölbaşı, Gölbeğ, Çayırılı ve Kızılcahamam'dan örnekler alınmıştır. Ankara Kalesi'nin sur taşları olarak kullanılan kayaların jeokimyası ile diğer örneklerin jeokimyası karşılaştırılarak andezitlerin kökenlerine yönelik yaklaşımlarda bulunulmuştur. Bahsi geçen örneklerin ana oksit ve iz element jeokimyasal analizleri X-Işınları Floresans Spektrometresi (XRF) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Jeokimyasal analizler için örnekler öncelikle Retsch Marka çeneli kırıcıda kırılmış ve sonrasında Fritsch marka öğütücüde Tungsten Karbid değirmen kullanılarak öğütülmüştür. Öğütülen 4g numune 0.9 g Wachs (bağlayıcı malzeme) ile karıştırılarak hidrolik baskı altında sıkıştırılarak toz pelletleri hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin analizleri, Spect-

ro marka X-LAB 2000 model Polarize Enerji Dispersif Spektrometrelili XRF cihazında yapılmıştır. Ölçümler 15.0 kV ve 11.4 mA koşullarında vakumlu ortamda gerçekleştirilmiştir. Ölçüm detayları Deniz ve Kadioğlu (2018, s. 268; 2019, s. 169)'da belirtilmiştir. XRF analizlerinde kullanılan yöntemde K02-GSR-02 (GBW 7104) andezit, K02-GSR-03 (GBW 7105) bazalt ve K02-GSR-08 (GBW 7110) trakiandezit gibi referans standartlar yer almaktadır. Ölçümlerde kullanılan yöntemin Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn ve Fe elementleri için mutlak hata ve standart sapma değerleri sırasıyla %0.12-0.02, %0.02-0.01, %0.03-0.003, %0.05-0.00, %0.002-0.001, %0.01-0.004, %0.01-0.005, %0.003-0.002, %0.0012-0.0004 ve %0.01-0.005 olarak tespit edilmiştir. Makalede verilen iz elementlerin mutlak hata değerleri 0.40 ile 5.90 ve standart sapma değerleri ise 0.06-3.23 arasında değişmektedir.

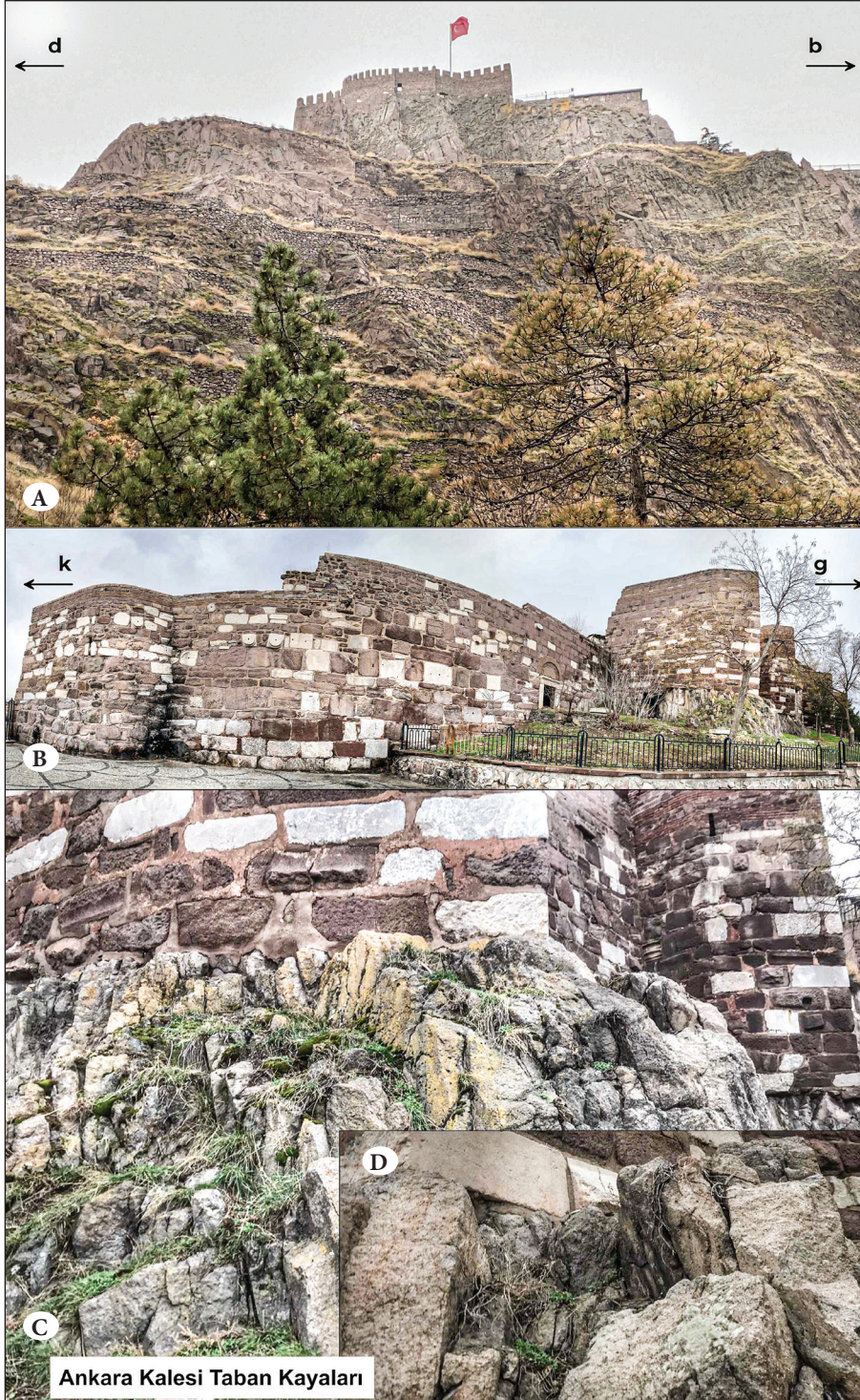
Mineraloji ve Petrografi

Ankara Kalesi (Şekil 2A), düşey yönde soğuma çatlakları gösteren andezit kayası üzerine inşa edilmiştir (Şekil 2B, 2C ve 2D). Kale içerisindeki andezitlerin üst kısımları ise içi tuğla ile andezit araldanmalı taşlarla örülerek yapılmış ve yer yer ara seviyelerde az da olsa kireçtaşı kullanılmıştır (Şekil 2B).

Ankara Kalesi'nin yapımında kullanılan andezit pembe renkli olup porfirofanitik dokuludur (Şekil 3A ve 3B). Mikroskobik olarak hiyalopilitik porfiritik doku özelliğinde olan kayanın ana mineralojik bileşiminde oligoklaz ile andezin bileşiminde plajiyoklaz, kuvars, amfibol, biyotit ve opak mineraller bulunmaktadır (Şekil 3C, 3D, 3E ve 3F). Kale'de kullanılan andezitin mikroskobik incelemeler neticesinde kuvars andezit bileşiminde olduğu belirlenmiştir.

Fenokristal plajiyoklaz minerallerinde zonlanma ve özşekilli kuvars kristallerinde ise yer yer kemirilme dokuları gözlenmiştir (Şekil 3E ve 3F). Kayada bulunan mafik minerallerde kloritleşme ve opaklaşma buna karşılık felsik fenokristallerde killeşme türü bozunmalar tespit edilmiştir.

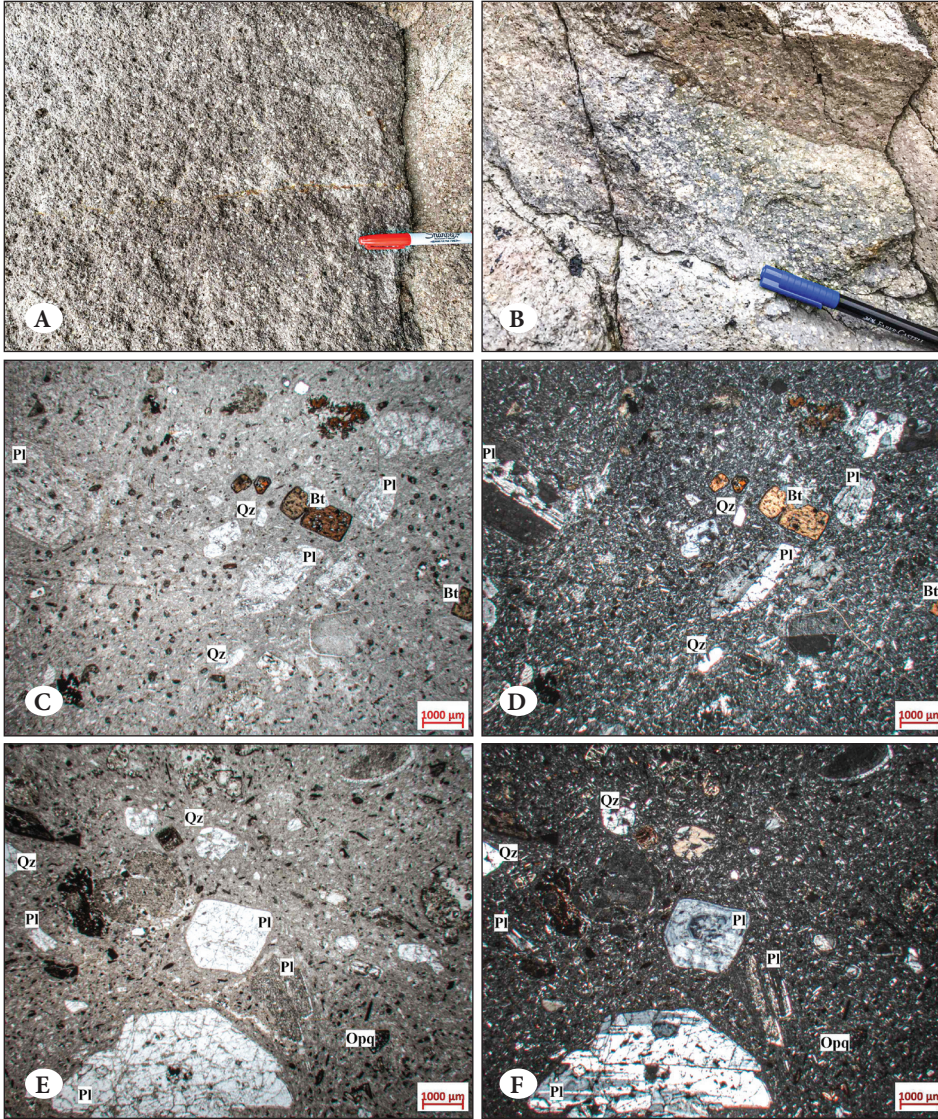
Kale'nin Sur taşlarının kökenlerini belirlemek amacıyla Kale tabanı, Kale çevresindeki (Yenidoğan Tepesi) taş ocakları ve Ankara çevresinde (Gölbaşı, Gölbeğ-Çayırılı ve Kızılcahamam) bulunan andezit kayaları ile mineralojik bileşimleri, dokusal ve bozunma özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda Yenidoğan Tepesi'nden alınan pembe renkli andezitlerin makroskobik olarak el örneğinde



Ankara Kalesi Taban Kayaları

Şekil 2A, 2B, 2C ve 2D. A) Ankara Kalesi genel görünümü (kuzeyden güneye bakış), B) kullanılan yapı taşlarının genel görünümü (batıdan doğuya bakış), C) Kale'nin üzerine inşaa edildiği andezit kayalarının genel ve D) yakından görünümü (Kale'nin batı tarafındaki taban kayaları) (b: Batı, d: Doğu, g: Güney, k: Kuzey).

Fotoğraf: Yusuf Kağan Kadioğlu ve Kıymet Deniz, 2021.



Şekil 3A, 3B, 3C, 3D, 3E ve 3F. Ankara Kalesi'nde kullanılan afanitik-porfiroafanitik dokulu andezitin makroskobik (A,B) ve hiyalopilitik porfirik dokulu mikro paralel nikol (C,E), çapraz nikol (D,F) fotoğrafları (Opq: Opak mineraller, Pl: plajiyoklaz, Qz: kuvars).
Fotoğraf: Yusuf Kağan Kadioğlu ve Kıymet Deniz, 2021, 2022.

afanitik dokulu mikroskobik olarak da hiyalopilitik porfirik dokulu oldukları belirlenmiştir (Şekil 4A, 4B, 4C, 4D, 4E ve 4F). Mineralojik kompozisyonlarında kemirilmiş dokulu kuvars, plajiyoklaz, opaklaşmış amfibol ve biyotit bulunmaktadır (Şekil 4C ve 4D).

Kale'nin taban kayaları pembe renkli olup porfiroafanitik dokuludur (Şekil 2D). Mikroskobik olarak hiyalopilitik porfirik dokulu olan kayanın mineralojik bileşiminde plajiyoklaz (oligoklaz ve andezin bileşiminde), kuvars, biyotit, amfibol ve opak mineraller gözlenmektedir (Şekil 4E ve 4F). Kale tabanından ve Yenidoğan Tepesi taş

ocaklarından alınan örneklerin kuvars andezit bileşiminde olduğu belirlenmiştir.

Gölbaşı andezitleri hiyalopilitik porfirik dokulu olup mineralojik bileşimlerinde fenokristal olarak plajiyoklaz, amfibol ve biyotit bulunmaktadır (Şekil 5A ve 5B). Kaya içerisindeki plajiyoklaz minerallerinde killeşme, amfibol ve biyotit gibi mafik minerallerde ise opaklaşma görülmektedir (Şekil 5A ve 5B).

Gölbek-Çayırılı andezitleri hiyalopilitik dokuya sahiptir (Şekil 5C ve 5D). Plajiyoklaz, amfibol ve biyotit mineralleri fenokristal hâlinde kaya içerisinde yer almaktadır

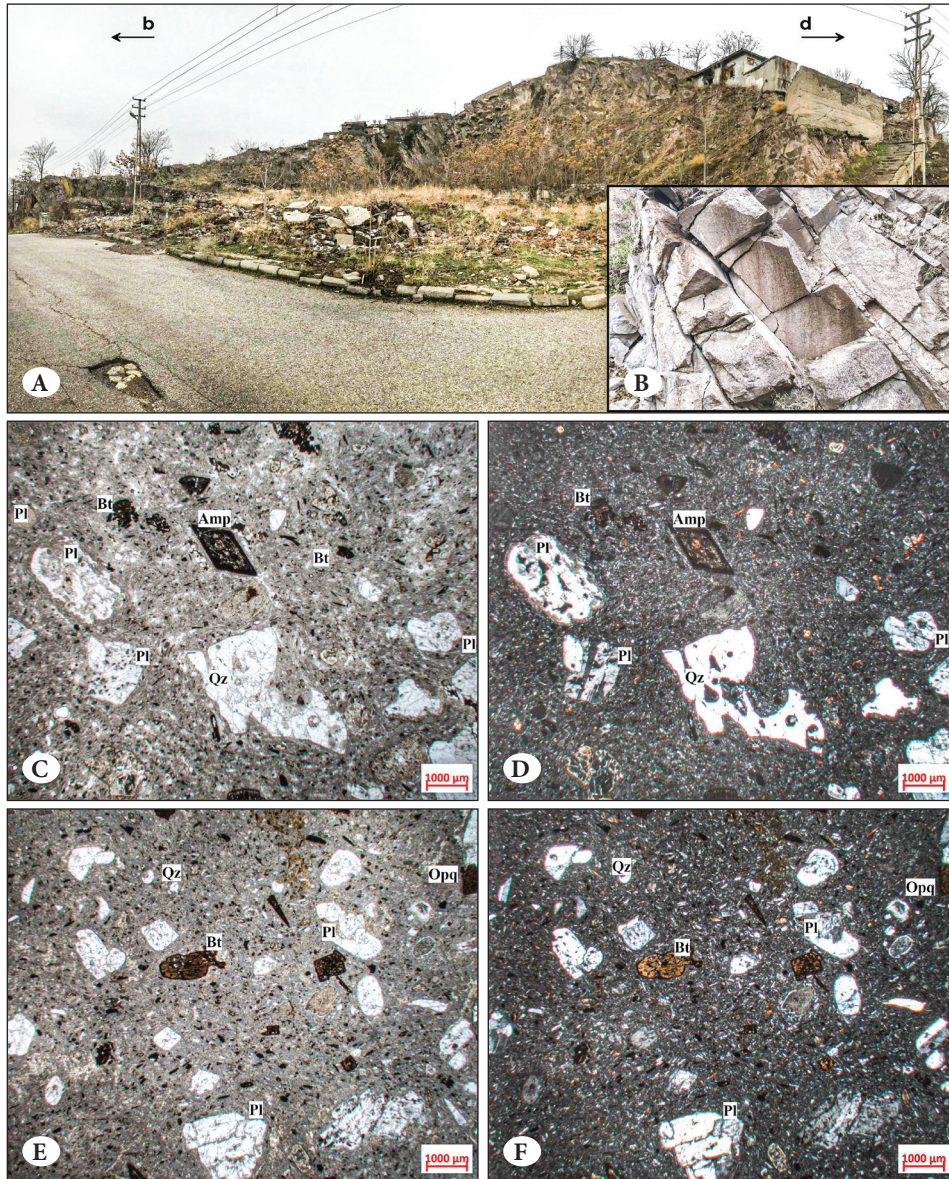


(Şekil 5C ve 5D). Gölbek-Çayırılı andezitlerinin içerisinde bulunan amfibol ve biyotit minerallerinin tamamı opaklaşmıştır (Şekil 5C ve 5D).

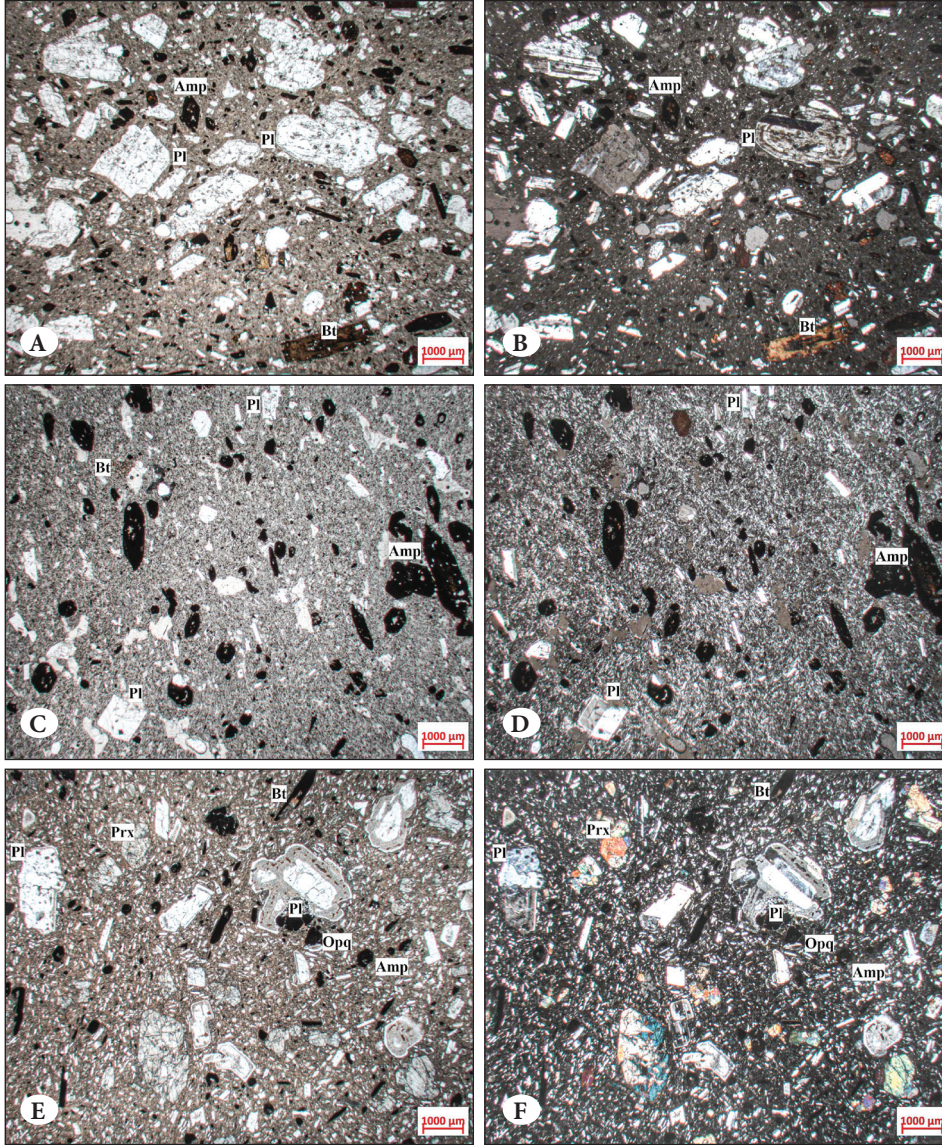
Kızılcahamam andezitleri hiyalopilitik porfirik dokulu olup, plajiyoklaz, piroksen, amfibol ve biyotit mineralleri içermektedir (Şekil 5E ve 5F). Fenokristal olarak kayanın içerisinde bulunan amfibol ve biyotit mineralleri tamamen opaklaşmıştır (Şekil 5C ve 5D).

Kale'nin sur yapımında andezitin yanı sıra kristalize ve biyosparitik kireçtaşları da yer yer kullanılmıştır (Şekil

6A ve 6B). Kale'nin sur yapımında kullanılan bu kayaların işlenmiş olması, düzensiz rastgele konulmuş olması, devamı olabilecek parçalar içermesi ve farklı antik yapıların özelliklerini taşıması nedeniyle bu tür kayaların olasılıkla Kale'nin onarım döneminde kullanılmış olabileceği söylenebilir. Sparitik dokulu olan kayalar başlıca kalsitten oluşmaktadır ve kırık çatlakları rekristalize basınç ikizlenmesi gösteren kalsit kristalleri tarafından doldurulmuştur. Bu özellikleriyle metakireçtaşı oldukları düşünülmektedir (Şekil 6C ve 6D).



Şekil 4A, 4B, 4C, 4D, 4E ve 4F. Ankara-Yenidoğan Tepesi'nde bulunan taş ocağının genel görüntüsü (güneyden kuzeye bakış) (A), taş ocağındaki afanitik dokulu andezitlerin yakından makroskobik görünümü (B), taş ocaklarından alınmış hiyalopilitik porfirik dokulu andezit örneğinin temsili mikrofotografı (C,D) ve hiyalopilitik porfirik dokulu Kale'nin taban andezitinin mikrofotografı (E,F) (C,E: paralel nikol, D,F: çapraz nikol mikrofotografı) (Amp: amfibol Opq: Opak, Pl: plajiyoklaz, Prx: Piroksen, Qz: kuvars, b: Batı, d: Doğu). Fotoğraf: Yusuf Kağan Kadioğlu ve Kıymet Deniz, 2021, 2022.



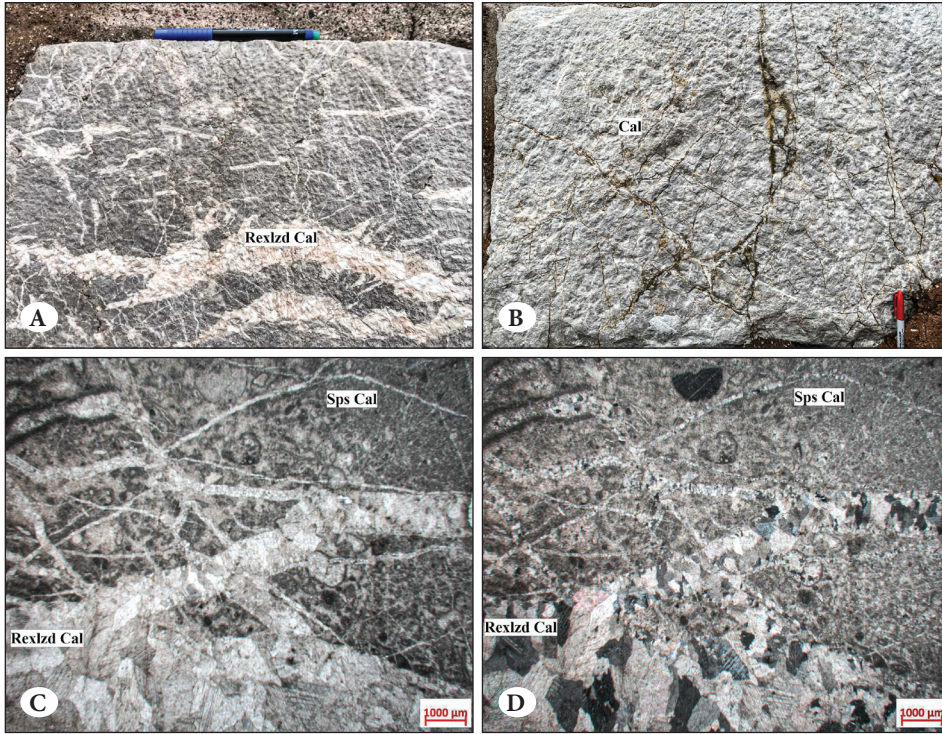
Şekil 5A, 5B, 5C, 5D, 5E ve 5F. Hiyalopilitik porfirik dokulu Gölbaşı (A,B), Göbek-Çayırılı (C,D) ve Kızılcahamam andezitinin mikrofotografı (E,F) (A,C,E: paralel nikol, B,D,F: çapraz nikol mikrofotografı) (Amp: amfibol Opq: Opak, Pl: plajiyoklaz, Prx: Piroksen).
Fotoğraf: Kıymet Deniz, 2022.

Jeokimya

Ankara Kalesi'nin yapımında kullanılan andezit örneklerinin jeokimyasal analiz sonuçları Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Kale surlarından alınan kuvars andezit bileşimindeki örneklerinin tüm kaya jeokimyasına bakıldığında SiO_2 içeriklerinin %63.6-65.5, Al_2O_3 içeriğinin %15.5-16.4, K_2O içeriklerinin %2.9-3.9, Na_2O miktarlarının %2.2-3.2, CaO içeriklerinin %2.6-3.4, Fe_2O_3 miktarının %3.2-4.4 ve MgO içeriklerinin %1.7-3.1 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 1).

Kale tabanından alınan kuvars andezit bileşimindeki örneklerin SiO_2 içerikleri % ađ. 61.9-66.9, Al_2O_3 içeriği %15.1-15.7, K_2O içerikleri %2.6-2.9, Na_2O miktarları %2.7-3.4, CaO içerikleri %2.6-3.8, Fe_2O_3 miktarı %2.8-4.5 ve MgO içerikleri %0.7-2.2 arasında değişmektedir (Tablo 1).

Yenidoğan Tepesi'ndeki yedi adet taş ocağından alınan örneklerin ise %61.9-66.1 SiO_2 , %15.2-16.5 Al_2O_3 , %2.5-4.9 K_2O , %2.1-2.8 Na_2O , %2.4-3.7 CaO , %3.0-5.4 Fe_2O_3 ve %0.7-3.8 MgO değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 1).



Şekil 6. Ankara Kalesi'nde kullanılan kireçtaşının makroskobik (A,B) ve sparitik dokulu mikro paralel nikol (C), çapraz nikol (D) fotoğrafları (Cal: kalsit, Rexlzd Cal: rekristalize kalsit dolgu, Sps Cal: Sparitik Cal). Kayanın kırık çatları boyunca rekristalize kalsit mineralleri gözlenmektedir.

Fotoğraf: Kıymet Deniz, 2022.

Ankara Kalesi'nin inşasında Ankara civarındaki andezit mostralarından malzeme alınarak kullanılıp kullanılmadığına yaklaşımda bulunabilmek amacıyla Gölbaşı, Gölbek, Çayırılı ve Kızılcahamam andezitleri ile karşılaştırma yapılmıştır. Gölbaşı andezit örneklerinin SiO_2 içeriklerinin %61.6-65.0, Al_2O_3 içeriğinin %14.0-15.2, K_2O içeriklerinin %2.4-3.5, Na_2O miktarının %2.1-5.0, CaO içeriklerinin %2.3-12.3, Fe_2O_3 miktarının %4.2-5.7 ve MgO içeriklerinin %2.3-2.9 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 1).

Gölbek ve Çayırılı andezitlerinin ise %62.4-63.6 SiO_2 , %15.6-15.9 Al_2O_3 , %2.2-3.2 K_2O , %2.4-3.0 Na_2O , %2.1-5.0 CaO , %5.7-7.1 Fe_2O_3 ve %2.4-3.7 MgO değerlerine sahiptir (Tablo 1).

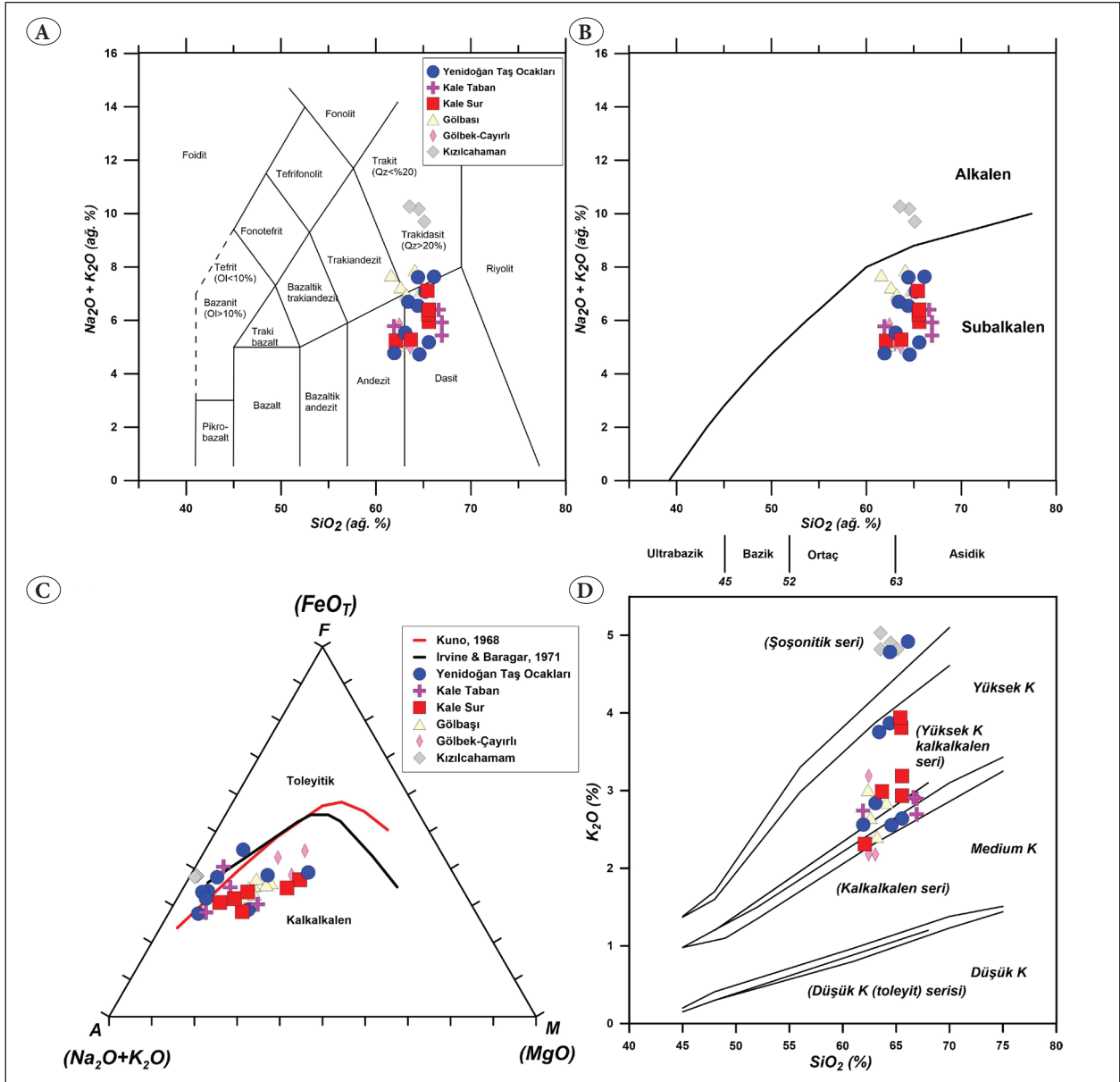
Kızılcahamam andezit örneklerinin SiO_2 miktarının %63.5-65.1, Al_2O_3 miktarının %14.8-15.9, K_2O miktarının %4.8-5.0, Na_2O içeriğinin %4.9-5.3, CaO miktarının %0.9-1.4, Fe_2O_3 içeriğinin %6.0-6.5 ve MgO miktarının ise %0.2-0.3 arasındadır (Tablo 1).

Çalışma kapsamında incelenen örneklerin eser element içeriklerine bakıldığında çoğu elementte benzer konsantrasyonlar tespit edilmiştir (Tablo 2). Ancak, Gölbaşı andezitlerinin Ba ve Sr element içerikleri diğer kayalara göre daha yüksek oranda tespit edilmiştir (Tablo 2). Bu

durum Gölbaşı andezitlerinde fazla oranda bulunan plajiyoklaz fenokristallerinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte Kızılcahamam andezitlerinin kabuk etkileşimi nispeten fazla olan bir magmadan türemiş olması daha yüksek oranda Zr içeriğine sahip olmasına neden olmuştur (Tablo 2).

Andezit örneklerinin volkanik kayaların kimyasal olarak adlandırılmasında kullanılan silikaya karşı toplam alkali oksit diyagramındaki konumlarına bakıldığında çoğunlukla andezit ve dasit alanlarında konumlandıkları görülmektedir (Şekil 7A). Gölbaşı andezitleri farklı oranlarda bozunma göstermelerinden dolayı oldukça dağınık bir yayılım göstermektedir. Kızılcahamam andezitlerinin ise mafik bileşenlerce daha fazla oranda içerik sergilemeleri, trakidasit alanında yer almalarına neden olmuştur (Şekil 7A). Özellikle Kale'nin sur taşları, taban kayaları ve taş ocaklarından alınan andezit kayaların içerisinde petrografik olarak gözlenen kuvars fenokristallerinin varlığı kayanın kimyasal kompozisyonundaki SiO_2 miktarının artışına neden olmuş, bu nedenle adlandırma diyagramında bu kayalar dasit alanında konumlanmıştır.

Ankara Kalesi'nin sur taşları, taban kayaları, taş ocakları, Gölbek-Çayırılı ve Gölbaşı'ndaki andezit kayalarının subalkalen, yüksek potasyumlu kalkalkalen bir magmadan



Şekil 7A, 7B, 7C ve 7D. İncelenen örneklerinin SiO_2 (%) - Na_2O+K_2O (%) (A,B), AFM (C) (toleyitik-kalkalkalen ayrımı Irvine ve Baragar (1971) ve Kuno (1968)'e göre) ve SiO_2 (%) - K_2O (%) diyagramı (D).

Kaynak: La Maitre ve diğ., 1989.

kristalleştikleri tespit edilmiştir (Şekil 7B-7D). Buna karşılık Kızılcahamam andezitleri alterasyona bağlı olarak kayanın kimyasal bileşimindeki potasyum miktarının artışı ile ilişkili olarak alkali alanda yer almaktadır (Şekil 7B). Yenidoğan Tepesi'ndeki taş ocaklarından alınan bazı örneklerin ve Kızılcahamam andezitlerinin, silikaya karşı potasyum değişim diyagramında şoşonitik alanda

yer almalarının nedeni özellikle feldispat minerallerinde meydana gelen bozunma nedeniyle (Şekil 7D).

Ankara Kalesi'nin sur taşları içerisinde lokal oranda bulunan kireçtaşı kayalarının SiO_2 içeriklerinin %0.5-0.6, Al_2O_3 içeriğinin %0.1-0.2, CaO içeriklerinin %54.9-55.5, Fe_2O_3 miktarının %0.0-0.1 ve MgO içeriklerinin %0.0-1.0 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 1).



Tablo 1. Ankara Kalesi sur taşlarının, taban kayalarının, Yenidoğan Tepesi taş ocaklarının, Gölbaşı, Gölbek - Çayırılı ve Kızılcahamam andezit örneklerinin ana oksit element sonuçları (% ađ.)

Element	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	AK	Toplam
Örnek Numarası	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
KaleSur-01	2.29	3.13	15.56	63.68	0.15	2.99	3.42	0.43	0.01	4.48	3.82	99.97
KaleSur-03	2.42	1.95	16.47	65.49	0.14	3.81	2.62	0.43	0.03	3.24	3.85	100.43
KaleSur-04	3.17	1.75	16.26	65.41	0.19	3.94	2.83	0.43	0.03	4.14	1.88	100.02
KaleSur-06	3.22	1.97	15.51	65.56	0.12	3.19	2.90	0.47	0.02	4.25	1.85	99.07
Kale-05	3.03	0.74	15.78	66.93	0.14	2.90	2.80	0.44	0.05	4.54	1.98	99.33
Kale-07	2.74	1.09	15.30	66.93	0.14	2.70	2.62	0.43	0.05	3.51	4.83	100.33
Kale-01	3.04	2.27	15.14	61.91	0.12	2.74	3.81	0.40	0.05	3.51	4.82	97.80
Kale-02	3.48	0.87	15.58	66.62	0.15	2.92	2.98	0.46	0.09	2.85	2.88	98.88
Kalesur-07	3.02	1.07	15.74	65.56	0.12	2.94	2.60	0.45	0.04	3.14	4.95	99.62
Kalesur-08	2.93	3.72	14.27	62.07	0.19	2.31	3.76	0.69	0.04	5.27	4.85	100.11
KaleSur-02	0.05	1.01	0.20	0.68	0.00	0.00	55.59	0.00	0.01	0.10	42.97	100.63
Kale-06	0.05	0.01	0.17	0.58	0.00	0.00	54.96	0.01	0.01	0.03	44.93	100.75
TO-03	2.68	0.76	15.81	64.41	0.14	3.87	2.65	0.48	0.04	4.43	4.81	100.07
TO-01	2.83	0.62	15.28	64.42	0.13	4.79	2.46	0.47	0.04	4.18	4.79	100.00
TO-02	2.72	0.84	16.29	66.11	0.15	4.92	2.48	0.47	0.02	3.99	1.73	99.72
TO-04	2.21	3.83	16.19	61.92	0.13	2.56	3.03	0.40	0.02	5.50	4.83	100.62
TO-05	2.54	2.14	15.63	65.56	0.12	2.64	3.76	0.48	0.02	4.52	2.83	100.24
TO-06	2.70	1.90	16.13	63.08	0.14	2.84	3.60	0.50	0.02	3.03	5.92	99.85
TO-07	2.17	0.91	16.56	64.56	0.11	2.56	3.63	0.43	0.01	4.63	4.75	100.32
YTO-01	2.94	0.70	16.36	63.40	0.15	3.76	3.64	0.48	0.04	3.79	4.72	99.97
YTO-02	3.21	0.76	15.84	65.19	0.15	3.87	3.47	0.51	0.08	3.03	3.93	100.05
Gölbaşı-1	2.06	2.30	14.02	62.36	0.00	3.01	12.33	0.02	0.01	4.16	0.44	100.70
Gölbaşı-2	4.60	2.42	14.75	62.61	0.29	2.65	2.89	0.45	0.03	5.30	4.98	100.97
Gölbaşı-3	4.57	2.92	15.03	63.2	0.36	2.41	2.95	0.46	0.09	5.46	3.84	101.29
Gölbaşı-4	5.04	2.43	14.91	64.1	0.31	2.85	2.83	0.46	0.04	5.51	1.84	100.32
Gölbaşı-5	4.34	2.42	15.16	64.75	0.32	2.79	2.89	0.46	0.03	5.66	1.74	100.56
Gölbaşı-6	4.83	2.29	14.26	61.59	0.24	2.87	2.34	0.34	0.05	4.76	6.99	100.56
Gölbaşı-7	4.58	2.55	14.34	65.04	0.20	2.58	2.69	0.34	0.05	4.79	3.74	100.91
Gölbek-Çayırılı-1	2.97	2.40	15.61	63.06	0.21	2.18	5.04	0.74	0.09	5.69	1.73	99.72
Gölbek-Çayırılı-2	2.66	3.63	15.94	62.44	0.14	3.19	4.42	0.70	0.13	5.87	0.34	99.47
Gölbek-Çayırılı-3	2.02	3.70	15.56	63.60	0.05	2.98	4.36	0.77	0.02	7.07	0.23	100.37
Kızılcahamam-1	5.28	0.28	14.76	64.50	0.09	4.90	1.40	0.35	0.14	6.41	1.83	99.93
Kızılcahamam-2	5.24	0.27	15.87	63.54	0.24	5.03	1.18	0.38	0.15	6.46	1.73	100.09
Kızılcahamam-3	4.88	0.20	15.39	65.10	0.13	4.82	0.88	0.38	0.06	6.01	1.93	99.77

Not: AK:Ateşte Kayıp



Tablo 2. Ankara Kalesi Sur taşlarının, taban kayalarının, Yenidoğan Tepesi taş ocaklarının, Gölbek - Çayırılı ve Kızılcahamam andezit örneklerinin bazı iz element sonuçları

Element	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Cd	Sn	Sb	Ba	La	Ce	Hf	Ta	Pb	Th	U
Örnek Numarası	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Kalesur-01	32.30	30.00	10.60	35.50	15.90	79.60	272.00	9.80	129.00	13.90	2.80	0.80	0.90	0.80	508.50	15.20	44.90	3.10	2.20	16.80	12.30	10.90
Kalesur-03	20.80	40.90	10.60	40.60	16.60	77.00	296.50	11.60	164.40	14.90	6.10	0.80	1.20	0.90	516.90	16.80	32.90	4.90	1.90	17.30	13.10	7.00
Kalesur-04	35.40	31.00	13.90	45.70	16.90	79.70	310.00	10.90	139.10	15.90	6.10	0.80	1.10	0.80	495.70	18.00	41.50	3.00	5.70	19.00	13.40	6.80
Kalesur-06	25.70	47.70	14.30	37.70	16.60	78.50	308.80	13.90	134.30	20.00	3.50	0.80	1.20	0.70	489.70	25.70	28.90	2.00	2.70	16.50	13.10	6.50
Kale-05	26.60	39.60	10.20	39.60	16.00	79.70	297.60	12.40	141.20	17.30	3.70	0.80	0.90	0.70	515.10	21.90	49.50	1.90	3.20	15.80	13.80	12.20
Kale-07	18.70	40.80	10.80	40.40	17.30	76.80	304.50	10.40	141.40	21.60	4.90	0.60	0.60	0.90	486.40	23.70	50.60	4.60	2.40	16.20	14.20	8.60
Kale-01	35.00	38.30	12.40	38.50	17.20	75.80	303.70	11.90	134.40	17.80	3.50	0.60	0.90	0.80	485.10	20.30	34.80	2.10	2.50	16.40	12.70	20.30
Kale-02	30.50	36.00	6.80	41.90	16.60	90.30	341.50	10.40	131.00	15.90	3.30	0.80	0.70	1.00	544.80	20.60	33.40	3.40	2.20	18.00	12.10	6.40
Kalesur-07	43.50	50.80	10.20	36.20	15.00	79.80	288.20	10.60	138.60	18.20	5.40	0.60	2.70	1.50	487.50	30.40	49.60	3.50	5.30	17.90	13.00	12.40
Kalesur-08	42.90	24.00	13.30	41.70	18.00	64.50	419.60	12.00	160.70	20.40	4.40	1.00	1.00	0.90	494.00	23.90	45.10	3.30	3.50	14.50	11.20	10.40
Kalesur-02	5.90	2.30	0.90	0.60	2.60	0.80	450.20	1.60	10.50	3.60	4.90	1.00	1.00	1.00	19.10	7.20	11.10	2.90	2.40	1.30	1.90	10.00
Kale-06	2.80	2.30	0.90	0.60	1.60	0.80	282.60	0.50	7.60	3.70	3.60	1.10	0.60	1.10	22.00	7.20	9.90	3.10	2.40	2.20	0.50	21.20
TO-03	20.40	50.90	13.00	46.60	14.90	81.80	300.90	11.20	145.10	18.00	2.10	0.80	0.80	0.60	515.80	22.30	36.60	4.00	8.30	17.40	14.30	6.80
TO-01	27.10	35.60	12.10	33.60	16.30	82.20	299.80	13.60	142.80	19.40	2.20	0.80	2.10	0.90	549.60	18.50	39.90	2.10	4.60	17.70	14.00	6.50
TO-02	28.90	45.10	15.40	37.80	16.80	83.70	282.30	14.40	125.80	15.70	2.40	0.70	1.20	0.80	493.50	25.60	45.40	3.40	2.40	16.20	14.00	5.70
TO-04	21.00	45.30	12.60	49.60	16.50	73.40	345.90	5.80	148.20	16.90	3.60	0.80	2.20	0.80	500.70	29.40	23.20	3.30	3.40	15.00	11.80	7.70
TO-05	20.20	44.30	16.20	37.00	19.20	80.70	309.40	9.00	133.00	20.90	2.80	0.80	0.80	0.90	489.60	25.90	44.80	2.10	2.60	16.20	13.20	7.10
TO-06	27.50	58.50	17.70	62.70	17.40	78.90	304.20	10.50	148.00	19.10	3.00	0.80	1.70	1.10	495.00	30.30	41.70	2.80	2.70	15.00	12.50	6.80
TO-07	17.50	42.70	12.00	60.40	16.60	74.50	296.70	11.20	135.50	17.80	2.80	0.70	2.10	0.80	480.40	24.90	40.00	2.40	1.80	15.60	12.30	6.20
YTO-01	10.80	21.70	8.40	29.90	18.00	80.40	287.80	13.50	122.50	20.40	2.90	0.70	0.80	0.80	538.30	25.90	42.90	1.60	2.20	15.70	14.70	6.70
YTO-02	42.30	21.50	8.50	66.70	17.80	78.90	275.10	13.80	127.60	19.00	2.80	0.70	1.30	0.80	562.70	24.00	33.60	2.20	2.90	17.60	14.90	6.20
Gölbek-1	7.20	7.30	1.20	1.20	0.90	1.70	989.60	0.70	9.60	1.70	2.40	0.70	0.80	0.90	81.10	7.20	14.20	3.00	3.20	1.30	1.00	10.10
Gölbek-2	33.00	18.70	2.40	67.40	19.60	69.20	599.70	20.40	260.80	25.00	3.40	0.90	1.40	1.00	1584.00	54.60	73.80	5.80	3.50	26.10	14.80	10.10
Gölbek-3	35.50	10.90	3.30	69.80	18.10	75.20	596.40	18.30	263.40	24.30	4.50	0.90	1.00	0.90	1280.00	62.80	79.00	4.10	3.90	28.10	14.60	7.20
Gölbek-4	19.40	20.20	1.60	62.50	17.70	67.20	598.30	18.90	240.00	22.60	5.80	0.40	1.00	0.90	1273.00	50.10	77.10	5.50	7.30	25.60	14.80	8.90
Gölbek-5	33.50	21.60	6.40	60.30	19.20	69.10	594.00	19.40	245.80	24.50	4.20	0.90	2.20	1.00	1627.00	47.20	67.60	3.60	3.90	26.00	16.90	15.50
Gölbek-6	26.70	13.20	3.80	33.90	17.70	69.10	548.50	19.90	261.70	22.40	6.00	0.60	2.50	0.90	1311.00	78.90	101.80	7.10	3.50	28.30	14.70	14.50
Gölbek-7	30.60	10.70	1.50	49.70	17.10	79.60	558.60	16.70	261.50	27.90	5.00	1.40	2.00	1.00	1471.00	45.30	74.50	6.70	4.60	28.40	16.00	10.40
Gölbek-Çayırılı-1	40.30	22.80	26.40	53.60	22.30	50.10	906.20	16.90	186.80	11.10	7.90	1.70	2.50	1.1	748.80	22.00	53.10	4.40	5.5	17.20	9.20	9.70
Gölbek-Çayırılı-2	34.00	68.70	43.40	82.90	19.30	110.30	46.50	22.20	147.00	13.90	4.90	0.9	2.90	1.90	420.50	22.10	60.30	5.3	6.4	25.80	10.90	12.80
Gölbek-Çayırılı-3	27.60	60.00	42.60	58.70	26.80	130.00	70.00	23.20	188.10	18.40	4.10	1.70	4.20	1.90	441.20	31.20	51.50	5.90	6.4	12.20	12.30	17.40
Kızılcahamam-1	63.90	8.90	17.10	91.20	27.80	88.20	67.70	49.70	458.10	28.60	7.10	1.30	6.30	0.90	500.10	25.70	67.00	3.00	6.30	13.80	10.70	14.20
Kızılcahamam-2	40.10	7.00	19.70	101.30	29.10	140.00	109.30	71.60	631.10	34.10	8.00	0.90	6.80	0.80	958.50	51.80	129.70	11.50	4.60	18.00	17.30	7.60
Kızılcahamam-3	29.10	4.80	2.00	97.80	27.60	123.30	97.80	66.50	655.00	37.30	12.20	2.10	6.60	0.90	1002.00	59.60	97.20	16.80	5.00	18.90	18.20	7.80



Tartışma

Ankara Kalesi sur yapımında kullanılan andezitin alındığı yerlerin belirlenebilmesi amacıyla Kalenin taban kayasından, Kale çevresindeki Yenidoğan Tepesi'nde tarafımızca bu çalışmada ilk kez tespit edilen yedi adet eski taş ocağından ve Gölbaşı, Gölбек-Çayırılı, Kızılcahamam çevresinden alınan andezit örnekleri ile karşılaştırmaları yapılarak kökenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kalenin taban kayasından ve Yenidoğan Tepesi'ndeki yedi adet eski taş ocağından alınan örneklerin mineraloji ve petrografik özellikleri Kalenin sur taşı olarak kullanılan kayaların özellikleri ile önemli ölçüde benzerlik sergilediği gözlenmiştir (Şekil 4C-F). Kale'nin sur taşları ile Kale'nin taban kayaları ve Yenidoğan Tepesi'ndeki taş ocaklarındaki andezitlerin dokusal özellikleri aynıdır, hepsi mineral bileşimlerinde kuvars ihtiva etmektedir ve petrografik olarak kuvars andezit bileşimindedir (Şekil 3C-F ve 4C-F). Gölbaşı, Gölбек-Çayırılı ve Kızılcahamam andezitlerinin ise mineralojik bileşim açısından kısmen benzerlik sunmalarına rağmen dokusal özelliklerinin ve mineral oranlarının farklı olduğu belirlenmiştir (Şekil 5A-F). Gölbaşı, Gölбек-Çayırılı, Kızılcahamam andezitleri; Kale'nin sur taşları, Kale'nin taban kayaları ve Yenidoğan Tepesi'ndeki taş ocaklarındaki andezitlerden kuvars kristali içermemeleri nedeniyle farklılık sunmaktadır. Gölbaşı andezitleri fazla oranda plajiyoklaz fenokristalleri içerirken Gölбек-Çayırılı andezitleri az miktarda plajiyoklaz fenokristali içermektedir (Şekil 5A-D). Gölbaşı andezitlerinde bulunan amfibol ve biyotit mineralleri büyük oranda opaklaşmışken Gölбек-Çayırılı andezitlerinde bahsedilen minerallerin tamamında opaklaşma gözlenmektedir (Şekil 5A-D). Kızılcahamam andezitleri özellikle mineralojik kompozisyonunda piroksen içermesi nedeniyle çalışma kapsamında incelenen diğer tüm andezit örneklerinden farklılık sunmaktadır (Şekil 5E-F).

Çalışma kapsamında incelenen andezit kayalarının jeokimyasal özellikleri karşılaştırıldığında Kale'nin sur taşları, Kale'nin taban kayaları ve Yenidoğan Tepesi'ndeki taş ocaklarındaki andezitlerin özellikle Na_2O ve kısmende Fe_2O_3 miktarlarında Gölbaşı, Gölбек-Çayırılı, Kızılcahamam andezitlerine göre farklılıklar görölmektedir (Tablo 1). Gölbaşı ve Kızılcahamam andezitlerinin Na_2O içerikleri çalışılan diğer andezitlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum kayaların içerisindeki özellikle plajiyoklaz kristallerinde meydana gelen killeşme nedeniyledir. Gölbaşı, Gölбек-Çayırılı, Kızılcahamam

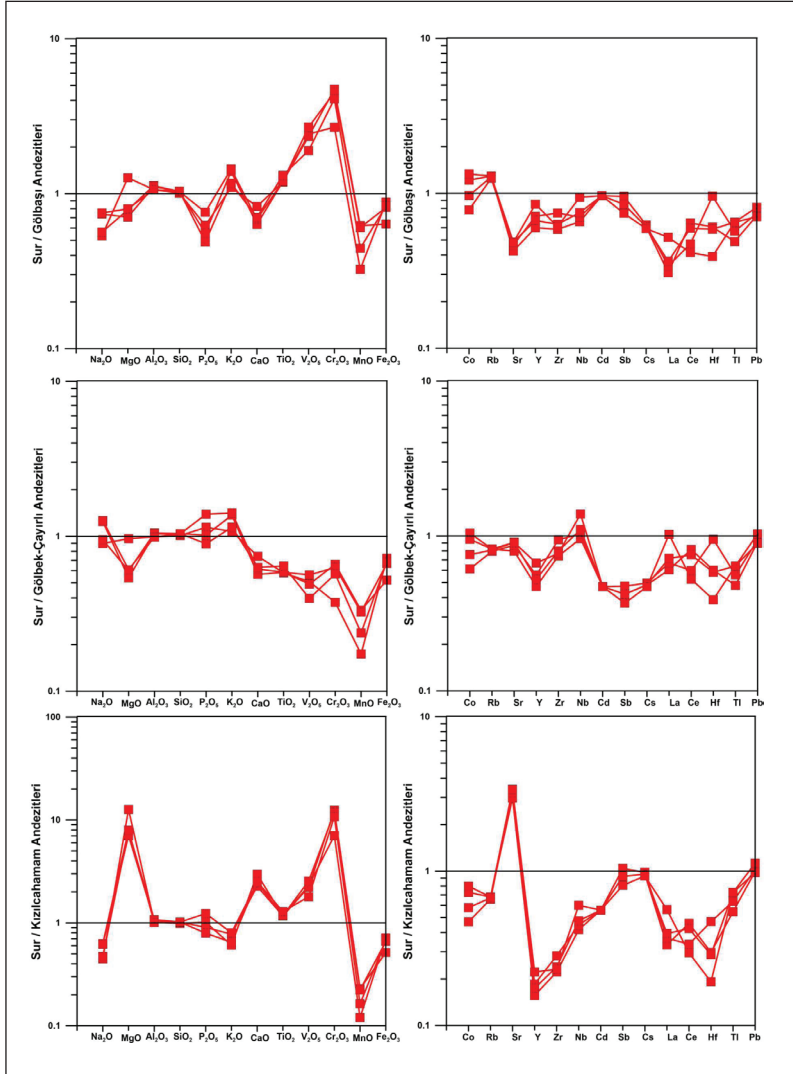
andezitlerinin Fe_2O_3 miktarları opaklaşmanın bu kayalarda sur taşları, taban kayaları ve taş ocaklarındaki andezitlere göre daha fazla oranda gözlenmesi nedeniyle daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).

Ankara Kalesi'nin sur taşlarında kullanılan andezit kayalarının alındıkları yerleri belirlemek amacıyla sur taşlarının ana oksit ve iz element jeokimyasal bileşimleri Kale'nin taban kayaları, Yenidoğan Tepesi'ndeki taş ocakları, Gölbaşı, Gölбек-Çayırılı ve Kızılcahamam andezitlerinin jeokimyasal verilerine normalize edilerek değerlendirilmiştir. Genel olarak Ankara Kalesi'nde kullanılan sur taşlarındaki andezitlerin kaynak ocağını belirlemek için mineralojik petrografik ve jeokimyasal bileşim açısından benzerlik gösteren kayayı baz alarak Kale'nin sur taşları ile karşılaştırmasını yapmak üzere normalize edilerek elementsel karşılaştırma diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 8 ve 9). Elde edilen veriler ışığında Ankara Kalesi'nin surlarında kullanılan andezit ile Gölbaşı, Gölбек-Çayırılı ve Kızılcahamam andezitleri jeokimyasal olarak benzerlik sergilemediği ortaya konulmuştur (Şekil 8). Dolayısıyla Ankara Kalesi'nin inşasında Gölbaşı, Gölбек, Çayırılı ve Kızılcahamam andezitlerinin kullanılmadığı anlaşılmaktadır.

Kale sur taşlarının Kale tabanındaki kayalar ve Yenidoğan Tepesi'nde bulunan taş ocaklarındaki kayalar ile benzer olup olmadıklarını tespit edebilmek amacıyla sur örneklerinin ana oksit ve iz element içerikleri Kale taban ve taş ocaklarındaki örneklerin jeokimyasına normalize edilerek değerlendirmeler yapılmıştır. Buna göre Kale'nin yapımında surlarda kullanılan malzemenin Kale tabanındaki temel kayaları ve taş ocaklarındaki kayalar ile örtüştüğü belirlenmiştir (Şekil 9). Dolayısıyla Kale'nin tabanındaki kayalar ile Yenidoğan Tepesi'ndeki ocak taşlarının aynı kaynağa sahip olduğu jeokimyasal veriler açısından görölmektedir (Şekil 9).

Bu bağlamda Ankara Kalesi sur taşlarının yapımı sırasında hem Kale'den hem de Yenidoğan Tepesi'nde bulunan eski taş ocaklarından andezit blokları alınarak sur yapımının gerçekleşmiş olabileceği, yapılan mineralojik, petrografik ve jeokimyasal verilerinden anlaşılmaktadır.

Ankara Kalesi'nin sur duvarlarında kullanılan kireçtaşlarının mineralojik ve petrografik özellikleri Akyurt ve Haymana civarında bulunan Jura-Kretase yaşlı allokton kireçtaşları ile benzerlik sunmasından dolayı bu kayaların bahsedilen yerlerden alınmış olduğu söylenebilir.



Şekil 8. Ankara Kalesi'nin surlarının Gölbaşı, Gölbeğ ve Kızılcahamam andezitlerine normalize edilmiş ana (major) oksit ve iz element çoklu element değişim diyagramları. Sur taşlarının Gölbaşı, Gölbeğ ve Kızılcahamam kayalarına normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında aynı kökenli olabilme açısından referans kabul edilen bir çizgisinden farklı yönelim sunmaları sur taşlarının belirtilen yerlerden alınmadığını göstermektedir. Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

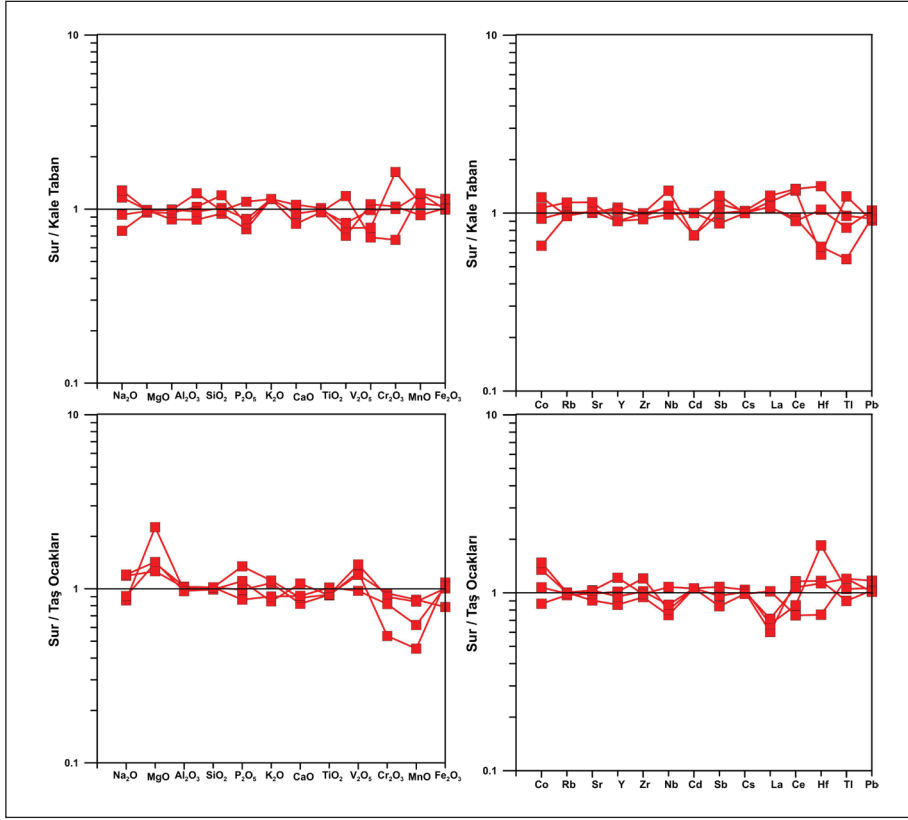
Sonuçlar

Ankara Kalesi'nin temeli; düşey yönde soğuma çatlıkları gösteren kuvars andezit bileşimindeki kaya üzerine inşaa edilmiştir. Kale surlarında kullanılan andezit bileşimindeki taşların bazı bölümlerinin üst kısımları tuğla ile andezit ardalanmalı örülmüştür. Ayrıca olasılıkla Kale'nin onarım aşamasında andezit ile birlikte az oranda da olsa kireçtaşları da kullanılmıştır. Kullanılan kireçtaşlarının kristalize ve biyospartitik bileşiminde karbonat kayası olduğu belirlenmiştir.

Andezitler makroskobik olarak porfiro afanitik dokulu olup açık gri ve genellikle pembe renklidir. Hiyaloplitik

porfiritik dokulu olan andezitte başlıca oligoklaz ve andezin bileşimli plajiyoklaz, amfibol, biyotit, kuvars ve opak mineral yer almaktadır. Kuvars ve plajiyoklaz minerallerinde sırasıyla kemirilme ve zonlu doku gözlenmiştir. Sur taşında kullanılan andezitte; kloritleşme ve opaklaşma türü bozunmalar tespit edilmiştir. Kuvars andezit bileşimindeki bu kayaların yüksek K'lu-kalkalkalen karakterli oldukları jeokimyasal bileşimlerinden belirlenmiştir.

Ankara Kalesi'nin taban kayası, Yenidoğan Tepesi, Gölbaşı, Gölbeğ, Çayırılı ve Kızılcahamam andezitlerinden alınan örneklerin ana oksit (Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , K_2O , CaO , TiO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3) ve eser



Şekil 9. Ankara Kalesi'nin Surlarının kale tabanı ve Yenidoğan taş ocaklarındaki taşlara normalize edilmiş ana (major) oksit ve iz element çoklu element değişim diyagramları. Diyagramlarda Kale tabanı ve Yenidoğan taş ocaklarından alınan kayaların içerisindeki ana (majör) oksit ve iz elementlerin Sur taşlarına normalize edilmiş değerlerinin bir çizgisi yakınında yönelim gösterdikleri görülmektedir. Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

elementlerinin (Co, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cd, Sb, Cs, La, Ce, Hf, Tl, Pb) olası kaynak kayalarına normalize edilmiş değerlerine bakıldığı zaman daha çok Ankara Kalesi'nin tabanı kayası ve Yenidoğan Tepesi'ndeki eski taş ocaklarından alınan andezit kayaları ile önemli ölçüde benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşın Gölbaşı, Gölbek, Çayırılı ve Kızılcahamam kayalarına normalize edilmiş elementleri ile örtüşme göstermediği belirlenmiştir.

Ankara Kalesi surlarının inşasında Gölbaşı, Gölbek, Çayırılı ve Kızılcahamam andezitlerinden faydalanılmadığı buna karşılık Kale tabanı ve Yenidoğan Tepesi'nde bulunan yedi adet eski taş ocağından alınan andezit kayaları ile yapıldığı sonucuna varılmıştır. Bu çalışma ile elde edilen veriler; Ankara Kalesi'nde yapılacak restorasyon çalışmalarında kullanılacak arkeometrik malzemenin özellikleri ve alınabileceği kaynak yerlerini belirtmesi bakımından Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü tarafından kullanılabilir. Bununla birlikte antik yapıların onarım ve korumalarının uygulanması sırasında benzer

bilimsel çalışmaların yapılması onarılabilecek bölümlerin aslına uygun kaya ve veya yapıtaşlarının kullanılması için bir yol haritası teşkil edecektir.

Teşekkür

Değerli görüş ve önerilerinden dolayı makaleye katkı koyan ismi belirtilmeyen saygıdeğer hakemlere teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- Akbulut, B. (2005). *Gölbaşı ve Çubuk (Ankara) andezitlerinin boyutlu taş olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Aktüre, S. (1984). 16. yüzyıl öncesi Ankara'sı üzerine bilinenler. E. Yavuz ve Ü. N. Uğurel (Der.), *Tarih içinde Ankara: 28-30 Eylül 1981 seminer bildirimleri* içinde (s. 1-47). Ankara: Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Basım İşbirliği.

- Bacak, G. ve Yılmaz, S. A. (2011). Karadeniz Ereğli (Zonguldak) andezitlerinin petrografik-jeokimyasal özellikleri ve endüstriyel kullanılabilirliği. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1, 23-36.
- Bersani, D. ve Lottici, P.P. (2016). Raman spectroscopy of minerals and mineral pigments in archaeometry. *J. Raman Spectrosc.*, 47(5), 499-530.
- Çelik, M. Y. ve Sert, M. (2020). An assessment of pore size distribution changes of the andesite (İscehisar, Turkey) used as building stone of cultural heritages in relation to the artificial accelerated ageing factors. *Geoheritage*, 12, 71.
- Çelik, M. Y., Ersoy, M., Sert, M., Arsoy, Z. ve Yeşilkaya, L. (2021). Investigation of some atmospheric effects in the laboratory tests on deterioration of andesite (Iscehisar-Turkey) used as the building stone of cultural heritages. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 103.
- Çelikaş, B. G., Kadioğlu, Y. K., Fener, M. ve Deniz, K. (2017). Volkanik kökenli kayaların yapı taşı olarak kullanılabilirliği: Ankara civarı volkanitleri örneği, Türkiye. N. Şengün ve diğ. (Ed.), *Türkiye 9. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi ve Sergisi (MERSEM 2017)*, 13-15 Aralık 2017 içinde (s. 515-524). Antalya: TMMOB Maden Mühendisleri Odası.
- Deniz, K., Kadioğlu, Y. K. ve Koralay, T. (2017). Bazaltların yapı taşı kullanılabilirliğinin Konfokal Raman Spektroskopisi (KRS) ile incelenmesi: Çiçekhanetepe Bazaltı, Kırşehir, İÇ Anadolu. N. Şengün ve diğ. (Ed.), *Türkiye 9. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi ve Sergisi (MERSEM 2017)*, 13-15 Aralık 2017 içinde (s. 503-514). Antalya: TMMOB Maden Mühendisleri Odası.
- Deniz, K. ve Kadioğlu, Y. K. (2018). Nefelin siyenitlerin seramik sanayinde kullanılma potansiyeli: Buzlukdağ örneği. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(6), 1209-1219.
- Deniz, K. ve Kadioğlu, Y. K. (2019). Investigation of feldspar raw material potential of alkali feldspar granites and alkali feldspar syenites within central Anatolia. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 158, 265-289.
- Dikeç, A. (2010). *Kahramanmaraş'ta yapı taşı olarak kullanılan kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Ergül, A. (2009). *Afyonkarahisar'da yapı taşı olarak kullanılan tüflerdeki poroziteye bağlı su içeriğinin fizikomekanik özelliklere etkisinin incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Germinario, L., Hanchar, J. M., Sassi, R., Maritan, L., Cossio, R. ve Borghi, A. (2017). New Petrographic and geochemical tracers for recognizing provenance quarry of trachyte of the Euganean Hills (NE Italy). *Geoarchaeology an International Journal*, 33(4), 430-452.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian J. Earth Sci.*, 8, 523-548.
- Kaygısız, H. (2010). *Kayseri yöresindeki yapı taşlarının fizikomekanik özelliklerinin belirlenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kibici, Y. (2003a). Bazik ve ultrabazik kayaların mineralojisi-petrografisi ve doğaltaş sektöründe isimlendirmedeki önemi. M. Ersoy (Ed.), *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2003)*, 18-19 Aralık 2003 içinde (s. 525-544). Afyon: TMMOB Maden Mühendisleri Odası Afyon İl Temsilciliği.
- Kibici, Y. (2003b). Asit magmatik kayaların mineralojisi-petrografisi ve doğaltaş sektöründe isimlendirmedeki önemi. M. Ersoy (Ed.), *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2003)*, 18-19 Aralık 2003 içinde (s. 505-523). Afyon: TMMOB Maden Mühendisleri Odası Afyon İl Temsilciliği.
- Killick, D., Stephens, J.A. ve Fenn, T.R. (2020). Geological constraints on the use of lead isotopes for provenance in archaeometallurgy. *Archaeometry*, 62, 86-105.
- Koca, M. Y., Yavuz, A.D. ve Kınal, C. (2001). Andezitlerin dış mekân kaplama taşı olarak kullanımında Bergama örneği. Y. Kibici ve İ. S. Büyüksağış (Ed.), *Türkiye III. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2001)*, 3-5 Mayıs 2001 içinde (s. 99-112). Afyon: TMMOB Maden Mühendisleri Odası Afyon İl Temsilciliği - Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörlüğü.
- Koçak, E. (2011). *Kayseri bazaltının yapı taşı olarak kullanım olanaklarının araştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kolaylı, H., Arslan, M., Yalçınalp, B., Tüdeş, Ş. ve Alp, İ. (2003). İspir-Çamlıkaya (Erzurum) papatya desenli diyoritlerin 'mermer' olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi. M. Ersoy (Ed.), *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2003)*, 18-19 Aralık 2003 içinde (s. 269-276). Afyon: TMMOB Maden Mühendisleri Odası Afyon İl Temsilciliği.
- Koralay, T., Özkul, M., Kumsar, H. ve Pektaş, H. (2011). The effect of welding degree on geotechnical properties of an ignimbrite flow unit: The Bitlis castle case (eastern Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 64(3), 869-881.
- Koralay, T., Çobanoğlu, İ. ve Demir, M. (2014). Ofiyolitler içerisindeki gabro dayklarının balast malzemesi olarak kullanılabilirliği: İnceler (Bozkurt-Denizli) örneği. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(2), 32-48.
- Korkanç, M. (2007a). İgnimbritlerin jeomekanik özelliklerinin yapı taşı olarak kullanımına etkisi: Nevşehir taşı. *Jeoloji Mühendislik Dergisi*, 31(1), 49-60.
- Korkanç, M. (2007b). Deterioration of different stones used in historical buildings within Nigde province, Cappadocia. *Construction and Building Materials*, 48, 789-803.



- Kuno, H. (1968). Differentiation of basalt magmas. H. H. Hess, ve A. A. Poldervaart (Ed.), *Basalts: The poldervaart treatise on rocks of basaltic composition*, (Cilt 2) içinde (s. 623-688). New York: Interscience.
- Kuşçu, M. ve Yıldız, A. (2001). Ayazini (Afyon) tüflerinin yapı taşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. Y. Kibici ve İ. S. Büyüksağış (Ed.), *Türkiye III. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2001)*, 3-5 Mayıs 2001 içinde (s. 99-112). Afyon: TMMOB Maden Mühendisleri Odası Afyon İl Temsilciliği - Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörlüğü.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wolley, A.R. ve Zannettin, B. (1989). *A classification of igneous rocks and glossary of terms: recommendations of the international union of geological sciences subcommission on the systematics of igneous rocks*. Blackwell, Oxford.
- Liritzis, I., Laskaris, N., Vafiadou, A., Karapanagiotis, I., Volonakis, P., Papageorgopoulou, C. ve Bratitsi, M. (2020). Archaeometry: an overview. *Sci. Cult.*, 6(1), 49-99.
- Mathur, R., Burns, J., Powell, W., Boryk, R., Sheetz, B. ve D'Amico, P. (2020). Evaluation of Fe isotope values as a provenance tool for chert artefacts from the north-eastern United States. *Archaeometry*, 62(1), 156-168.
- Mazzoleni, P. (2006). The use of volcanic stones in architecture: the example of etnean region: an overview. *Acta Vulcanologica*, 18(1-2), 141-144.
- Ogburn, D., Sillar, B. ve Sierra, J. C. (2013). Evaluating effects of chemical weathering and surface contamination on the in situ provenance analysis of building stones in the Cuzco region of Peru with portable XRF. *Journal of Archaeological Science*, 40(4) 1823-1837.
- Özel, M. (1991). *Ankara*. Ankara: Kültür Bakanlığı, Güzel Sanatlar Genel Müdürlüğü.
- Özkahraman, H. T. ve Bolattürk, A. (2003). Bina yapımında köyke taşı (kaynaklanmış tüf) kullanılmasının enerji tasarrufundaki önemi. M. Ersoy (Ed.), *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2003)*, 18-19 Aralık 2003 içinde (s. 49-60). Afyon: TMMOB Maden Mühendisleri Odası Afyon İl Temsilciliği.
- Özkahraman, H.T. ve Işık, E.C. (2003). Isparta kaynaklanmış tüflerin kaplama taşı olarak kullanılmasının önemi ve uygun yapıştırma harcı üretimi. M. Ersoy (Ed.), *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2003)*, 18-19 Aralık 2003 içinde (s. 201-211). Afyon: TMMOB Maden Mühendisleri Odası Afyon İl Temsilciliği.
- Patil, S. M., Kasthurba, A. K. ve Patil, M. V. (2021). Characterization and assessment of stone deterioration on Heritage Buildings. *Case Studies in Construction Materials*, 15, DOI:10.1016/j.cscm.2021.e00696.
- Tankut, A., Güleç, N., Wilson, M., Toprak, V., Savaşçın, Y. ve Akıman, O. (1998a). Alkali basalts from the Galatia volcanic complex, NW Central Anatolia, Turkey. *Tr. J. of Earth Sciences*, 7, 269-274.
- Tankut, A., Wilson, M. ve Yihunie, T. (1998b). Geochemistry and tectonic setting of tertiary volcanism in the Güvem area, Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 285-301.
- Triantafyllou, A., Mattielli, N., Clerbois, S., Da Silva, A. C., Kaskes, P., Claeys, P.H., Devleeschouwer, X. ve Brkojewitsch, G. (2021). Optimizing multiple non-invasive techniques (PXRF, pMS, IA) to characterize coarse-grained igneous rocks used as building stones. *Journal of Archaeological Science*, 129, 105376.
- Torkan, M., Irannezhadi, M. R. ve Baghbanan, A. R. (2016). Alteration dependent physical-mechanical properties of quartz-diorite building Stones. *International Journal of Mining and Geo-Engineering (IJMGE)*, 50(2), 195-200.
- Tuncay, E. B., Dedeoğlu, D. Ve Yağmurlu, F. (2016). Altıntaş Köyü (Uşak) kuzeyindeki andezitik kayaçların kaplama ve döşeme taşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 75-83.
- Türkmen, F. ve Kun, N. (2001). İzmir ili volkanitlerinin doğaltaş sektöründeki yeri. Y. Kibici ve İ. S. Büyüksağış (Ed.), *Türkiye III. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2001)*, 3-5 Mayıs 2001 içinde (s. 9-15). Afyon: TMMOB Maden Mühendisleri Odası Afyon İl Temsilciliği: Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörlüğü.
- Yavuz, A. B., Kaputoğlu, S. A., Çolak, M. ve Tanyu, B. F. (2017). Durability assessments of rare green andesites widely used as building stones in Buca (İzmir), Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 76, 211.
- Yenel, A. (2015). Ankara Kalesi'ndeki Hatipoğlu Konağı için yeniden işlevlendirme önerisi. *Ankara Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 54-77.

