

# Döger (İhsaniye-Afyon) Tüflerinin Doğal Yapı Taşı Olarak Teknolojik Özellikleri ve Mevlevi (Türbe) Cami Restorasyonu

Mustafa Yavuz ÇELİK\*, Gaye TAN\*\*

\* Afyon Kocatepe Üniv. Afyon Meslek Yüksek Okulu, Doğal Yapıtaşları Teknolojisi Programı,  
Ali Çetinkaya Kampüsü, 03100, Afyonkarahisar

\*\* Maden Mühendisi, Serbest

(Geliş / Received : 07.01.2016 ; Kabul / Accepted : 15.05.2016)

## ÖZ

Tüfler, gözenek oranı çok yüksek olan volkanik kayalardır. Tüflerdeki gözenek miktarı fiziksel ve mekanik özelliklere etki etmektedir. Bu çalışmada Mevlevi (Türbe) Cami (Afyonkarahisar) restorasyonunda kullanılan Döger (İhsaniye) tüflerinin özellikleri incelenmiştir. Ocaktan alınan tüf örnekleri standartlardaki boyutlara göre kesilmiş, petrografik (polarizan mikroskop), mineralojik (XRD ve SEM) ve kimyasal analizleri (XRF) yapılmıştır. Örneklerin fiziko mekanik özellikleri TSEN standartlarına uygun olarak yapılmıştır Döger tüfü, diğer doğal yapıtaşlarına göre daha düşük mekanik özellikler göstermektedir. Ancak bu tüflerin bölgedeki Selçuklu ve Osmanlı tarihi yapılarında kullanıldığı ve bu yapılarında günümüze kadar sağlam bir şekilde geldiği görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapı taşı, Tüf, Restorasyon, Fiziko-mekanik özellikler.

# Technological Features of the Döger (İhsaniye-Afyon) Tuffs as Natural Building Stones and Mevlevi (Turbe) Mosque Restoration

## ABSTRACT

Tuffs are volcanic rocks with very high porosity ratio. This affects both physical and mechanical properties of these rocks. In this research, characteristics of Döger (İhsaniye) tuffs, which were used for the restoration of Mevlevi (Turbe) Mosque were studied. Tuff samples are cut according to the standard sizes, then; petrographic (polarizing microscope), mineralogical (XRD and SEM), and chemical analysis (XRF) were employed for the characterization. Physio-mechanical properties of the samples were determined according to the TSEN standardization. The Döger tuffs have lower strength and endurance considering the other building stones. However, these tuffs were used in historical buildings for Seljuk and Ottoman architectures and these structures have withstood firmly until today.

**Keywords:** Building stone, Tuff, Restoration, Physico-mechanical properties

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Doğal taşlar, insanlar tarafından bilinen ve kullanılan en eski inşaat malzemelerinden birisidir. İnsanlar kil ve ahşaptan yapılmış yerlerde ikamet ederken bile, çeşitli anıtsal yapılarında doğal taşları kullanmışlardır. 20. Yüzyıla kadar Avrupa'da önemli ve büyük binalarda tuğla yerine kesme taşlar kullanılmaktaydı. Anadolu topraklarında da özellikle Eski Yunan, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde doğal taştan yapılmış sayısız eser bulunmaktadır. Selçuklu ve Osmanlı mimarisinde kireçtaşı ve tüfler büyük bir ustalıkla işlenerek cami, medrese ve han gibi binaların dış ve iç mekânlarını süslemiştir [1].

Anadolu'da; Hitit, Eski Yunan, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı uygarlık dönemlerine ait eserlerde de tüflerin kullanıldığı görülmektedir. Bu eserlerin inşasında kullanılan doğal taşların elde edildiği taş ocaklarından bazıları halen çalışmaktadır. Anadolu Selçuklu döneminde, daha çok Orta ve Doğu Anadolu'daki tüflerle, ünlü medreseler, camiler, türbeler, kervansaraylar inşa edilmiştir. Özellikle Orta Anadolu'da çeşitli şehirlerde renkli ve volkanik tüflerden yapılan eserler, günümüzde de işlevlerini sürdürmektedir.

Selçuklu ve Osmanlı Dönemi yapıları ile tarihi dokunun yaşatıldığı ve Anadolu'daki Türk kültürünü yansıtan önemli eserlerin yer aldığı illerden birisi de Afyonkarahisar'dır. Afyonkarahisar'da günümüze kadar gelebilen cami, medrese, köprü ve han gibi genel kullanıma açık tarihi yapıların yanı sıra, çeşme, hamam,

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: mycelik@aku.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2016.19.4 399-408

bent ve su kemeri gibi su mimarisi yapıları da önemli bir yer tutmaktadır. Bu tarihi yapıların birçoğunda Ayazini ve Seydiler tüfleri kullanılmıştır [2].

Tarih boyunca farklı kültürleri ve manevi inanışları temsil eden ibadet yapıları gibi anıtsal yapılar, korunması gereken kültür varlığı olarak kayıt altına alınmış önemli mimarlık yapılarıdır. Afyonkarahisar şehir merkezinde de tarihin derinliklerinden günümüze kadar gelen tarihi camiler hala mevcudiyetlerini sürdürmektedir. Bu camilerin en önemlilerinden birisi de Mevlevi (Türbe) Camisidir. Mevlevi (Türbe) Cami yapımında kullanılan taşların ağırlıklı olarak, Afyonkarahisar civarında bol olarak bulunan volkanik kayalar olduğu anlaşılmıştır. Yer yer trakit gibi volkanik kayaların kullanıldığı görülmekle beraber ağırlıklı olarak tüfler yapı malzemesi olarak kullanılmıştır.

Tüfler piroklastik kayalar içerisinde tanımlanırlar. İyi pekişmemiş tüfler, zaman içerisinde bol gözenekli yapısı nedeniyle diğer doğal taşlara göre daha çabuk ayrışmaktadır. Tüfler bileşenlerine göre sınıflandırıldıklarında üç ana bileşen vardır: cam bileşenler (pümis, cam), kristal bileşenler ve kayaç parçası (litik) (Schmid 1981) [3]. Tüflerin dayanımı, bileşimde yer alan minerallere, boşluk miktarına, kimyasal bileşimine ve cam içeriğine göre değişmektedir. Tüfler ocaktan çıkarıldığında bir miktar doğal nem içeriğinden dolayı kolay şekillendirilmektedir. Yapıtışı olarak kullanılacak tüfler hemen kullanılmaz, işlendikten sonra açık havada kurumaya bırakılır ve bu süreçte sağlam kalanlar kullanılır. Önemli yapılarda yapıtışı olarak kullanılacak kayaların kullanıldığı yerde deformasyona uğramamaları için kullanılmadan önce bir takım tekniklerle denetlenmesi gerekmektedir. Boşluklu yapısından dolayı tüflerin, iklim koşulları ve yıprandırıcı atmosfer etkileri karşısında gösterdiği değişiklikler, tarihi camilerin yapımında kullanılan tüflerde de sıklıkla gözlenmektedir. Bu değişiklikler, tüflerin tanelerinin ayrışarak parçalanması ve ana kütlede ayrılmaları şeklinde gerçekleşmektedir.

Literatürde Afyonkarahisar yöresinde yapıtışı olarak kullanılan Ayazini tüfleri ile ilgili çeşitli araştırmalara rastlanmakta olup; bu çalışmalar Ayazini tüflerinin jeolojisi, çimento sanayinde kullanımı, yapı taşı olarak kullanımı ve dayanımları konularında yapılmıştır [4, 5, 6, 7, 8, 9]. Döğer tüfleri ile ilgili hiç bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada Afyonkarahisar'da bulunan tarihi camilerden Mevlevi (Türbe) Cami restorasyonu ve restorasyonda kullanılan Döğer-İhsaniye bölgesi tüflerinin petrografik (polarizan mikroskop), mineralojik (XRD ve SEM) kimyasal (XRF) ve fiziko mekanik özellikleri incelenmiştir

### 1.1. Mevlevi (Türbe) Cami Tarihi (History of the Mevlevi (Türbe) mosque)

Mevlevi Cami önceden Mevlevi zaviyesi olarak tesis edilmiştir. Anadolu'da ilk tesis edilen Mevlevihaneler içerisinde bulunan Afyonkarahisar Mevlevihanesi'nin ne

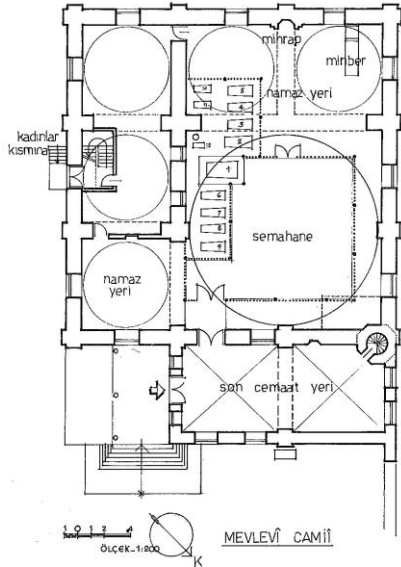
zaman kurulduğu hususunda kesin bir tarih olmamakla birlikte, çeşitli çalışmalarda muhtelif görüşler beyan edilmiştir. XIII. Yüzyıl sonlarında 1294-95/H.694 asitane olarak mevcut olan Mevlevihane'nin Germiyan Alishir oğlu Yakup Han'ın Mehmet Celeleddin oğullarından Mehmet Bahaeddin Veled oğlu Mehmet ve evlatlarına düzenlediği vakfı vardır. Vakfiyesi Yıldırım Bayezid döneminde 1392 yılında yenilenmiştir. Şehirde çıkan yangınlardan etkilenen Mevlevihane'nin birkaç kez yandığı, tamir ve genişletme çalışmaları sırasında da bir takım değişikliklerin yapıldığı anlaşılmaktadır. 1683 yıllarında Kara Mustafa Paşa zamanında yanan dergâh yenilenir. 1842 yılında Abdülmecid onarımında bulunur. 1905 yılında Abdülhamit II. bugünkü biçiminde yaptırır. Daha sonra 1962 yılında Mimar Arif Turunç, kubbe kurşunlarını değiştirmiş, kubbeyi onarmış, son cemaat yeri duvarlarını kesme taş kaplatmıştır. 1962 yılında minare yıkılarak yeniden yapılmıştır. Yapı kesme taş olup minaresi de taştan yapılmıştır (Şekil 1). 1925 yılında tekke ve zaviyelerin çalışmalarının iptali kanunu ile kapatılmış, böylelikle yaklaşık altı asır süre gelen Mevlevi Zaviyesi'nin faaliyetleri sona ermiştir [10].

Mevlevihane Afyonkarahisar şehir merkezi, Zaviye Sultan Mahallesi, Akmesit Caddesi arasında bulunmaktadır. Yapı, ana mekân ile bahçesinde yer alan çeşitli birimleriyle yaklaşık 5.000 metrekarelik bir alan üzerindedir. Neo-klasik ve Türk Barok üslubu özelliğinde inşa edilmiştir. Afyonkarahisar Mevlevihanesi'nde, semahane yan tarafında sema edenleri seyir edercesine on iki adet sanduka bulunmaktadır. Bunlardan birisi de Mevlana'nın torunlarından Sultan Divani'ye aittir. Cami girişinin yan boşluğunda Namık Kemal'in annesi Fatma Zehra Hanım'ın mezarı bulunmaktadır [10].

### 1.2. Mevlevi (Türbe) Cami Restorasyonu (Restoration of the Mevlevi (Türbe) mosque)

Mevlevi (Türbe) Cami Restorasyonu 2008 yılında yapılmıştır. Cami yapısında kullanılan doğal taşlarda yenileme, onarılan kısımlardaki ve bozmuş yapı elemanlarına da bütünleme işlemi uygulanmıştır. Mevlevi (Türbe) Cami Restorasyonu sırasında öncelikle bozularak ayrılan ve dökülen veya ileri düzey ayrışmaya müsait olan taşlar belirlenmiş, ölçüleri alınarak, kalıpları çıkartılmış ve yeni kesme taşlar işlenerek yerlerine yerleştirilmiştir (Şekil 2, 3 ve 4).

Özellikle güneş, yağmur, don gibi atmosfer etkilerinin en fazla görüldüğü yer yapıların üst kısımlarıdır. Mevlevi (Türbe) Camisinin de duvar harpuştaları yenilenerek restorasyonu yapılmıştır (Şekil 5). Taş yüzeylerde taş değiştirmesini gerektirmeyen parça kopması, yüzeylerde aşınma ve oyuklanma gibi şu anda yapıya fazla zararı olmayan ancak ileriki dönemlerde potansiyel ayrışma gösterebilecek taşlar, bu kısımları kazınarak uygun harçlarla bütünleme işlemi yapılmıştır (Şekil 6). Taşlar arasındaki derzlerinde boşalmış olan kısımları kazınmış ve uygun harçlarla yeniden doldurulmuştur (Şekil 7).



Şekil 1. Mevlevi (Türbe) Camii planı [11] ve restorasyon sonrası görünümü. (Mevlevi (Turbe) plan and the view after restoration).



Şekil 2. Taşların kalıplara işlenmesinin görünümü. (Processing of stones from molds)



Şekil 3. Mevlevi (Türbe) Camii restorasyon çalışmasında bozmuş taşların yenilenmesinin görünümü. (Restoration of degraded stones in Mevlevi (Turbe) Mosque)



Şekil 4. Yenilenmiş taşların görünümü. (The view of restored stones)



Şekil 5. Mevlevi (Türbe) Cami restorasyonunda bozmuş harpuştaların yenilenmesinin görünümü (Restoration of capstones in Mevlevi (Turbe) Mosque).



Şekil 6. Mevlevi (Türbe) Cami restorasyon çalışmasında bütünleme işlemi. Taşların derzleri ve ayrılmış kısımları kazınmış ve bu kısımlar derz dolgu malzemesi ile doldurularak sağlamlaştırılmıştır. (Integration process of Mevlevi (Turbe) Mosque restoration which consists of removing joints and separated portions of stones and filling with grouting material).



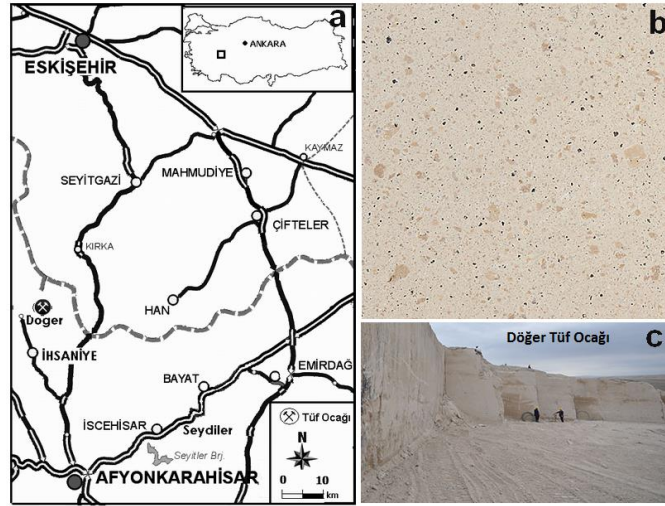
Şekil 7: Derz dolgusu ve bütünlemede kullanılan harçlar ve derz dolgularını görünümü. (The view of joint filler used in the grouting process)

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

### 2.1. Materyal (Material)

Afyon bölgesinde bulunan Ayazini ve Döğler civarındaki tüfler günümüzde de inşaatlarda yapı taşı olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla bölgede çok sayıda taş ocağı

ve şist ardalanması şeklindedir. Bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak Gebeciler Formasyonu gelmektedir. Bu birim konglomera, kumtaşı, aglomera, tüf, tüfit, marn, killi kireçtaşı, silisifiye kireçtaşından oluşmuştur. Orta Miyosen-Geç Miyosen sonlarına kadar şiddetli bir karasal volkanizm etkin olmuş ve birçok üyeden oluşan



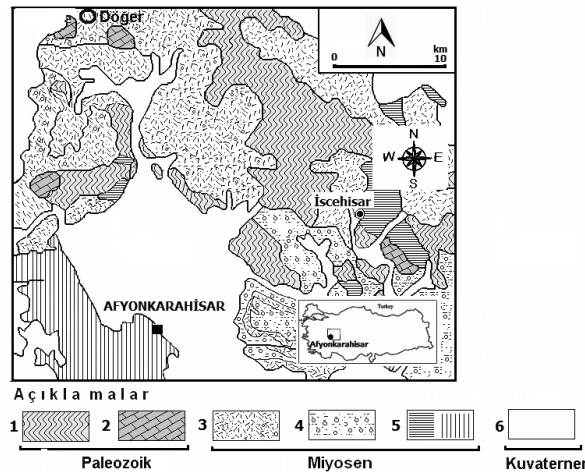
**Şekil 8.** Deneilerde kullanılan tüflerin lokasyon haritası (a). Tüflün yüzey görünümü (b) ve tüf ocağı (c) (Location map of the tuffs used in the experiments (a), surface appearance (b) and tuff quarry (c)).

işletilmektedir. Deneilerde Afyonkarahisar yöresinde yapıtaşı olarak kullanılan Döğler tüfleri kullanılmıştır. Bu tüf örneklerinin alındığı taş ocaklarının lokasyon haritası Şekil 8'da verilmiştir. Tüf ocağından ortalama 50x25x25 cm boylarında alınan bloklardan, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu Mermer Atölyesinde, deneiler için standartlarda öngörülen boyutlarda örnekler (70x70x70 mm) elde edilmiştir.

### 2.2. Döğler Bölgesi Jeolojisi (Geology of Döğler region)

Afyon civarında Paleozoyik yaşlı Afyon metamorfileri temeli oluşturur. Afyon Metamorfileri bölgede mermer

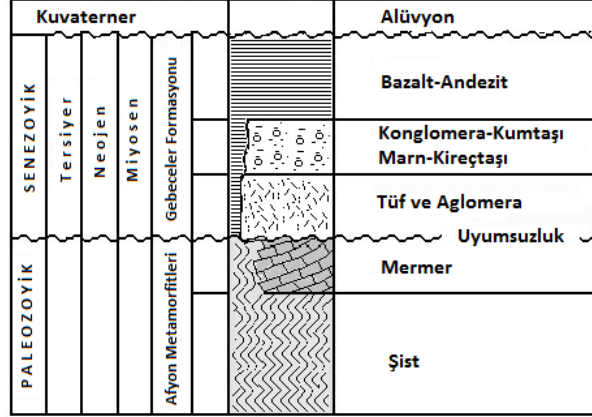
Afyon Volkanitlerini meydana getirmiştir. İç Batı Anadolu'da önemli bir yeri olan Afyon volkanitleri Bayat – İscehisar – Kırka – Sandıklı – Şuhut arasındaki bölgede çok geniş alanlar kaplamaktadır. Bunlardan Ayazini ve civarında yüzeylenen tüflerin alanı yaklaşık olarak 20 km<sup>2</sup> civarındadır. Tüfler, genellikle süt beyazı, krem renkli olup, çok kalın katmanlanma sunmaktadır. Çok geniş yayılımları olan tüfler kolay aşınabilen topoğrafyası ile dikkati çekerler. Döğler tüfleri olarak bilinen tüfler, Gebeceler formasyonu içerisinde yer almaktadır. En üstte ise Kuvaterner yaşlı yamaç molozu,



**Şekil 9.** Döğler bölgesi jeoloji haritası (Keller and Villari, 1972'den ve MTA 2009'dan düzenlenmiştir [12, 13]) 1 şist, 2 mermer (Afyon-metamorfileri), 3 tüf ve aglomera, 4 marn, kireçtaşı, kumtaşı ve konglomera (Gebeceler formasyonu), 5 bazalt, trakit ve 6 alüvyon. (Geological map of the Döğler region, modified from Keller and Villari, 1972 and MTA 2009) 1 schist, 2 marble (Afyon-metamorphites), 3 tuff and agglomerate, 4 marl, limestone, sandstone and conglomerate (Gebeceler formation), 5 basalt, trachyte and 6 alluvium

alüvyon ve travertenler yer almaktadır. Metamorfik temelin, Neojen yaşlı çökellerin ve volkanik kayaç malzemelerinin parçalanmasından oluşan alüvyon örtünün kalınlığı 50-150 m arasında değişmektedir [12]. Döğer civarının jeoloji haritası Şekil 9'da stratigrafik kesiti ise Şekil 10'da verilmiştir.

Vitrik bileşenler cam kıymıkları ve pomza parçaları şeklinde gözlenebilmektedir. Pomza parçaları süngerimsi dokuları ile karakteristik olup yer yer kil minerallerine dönüşmüşlerdir (Şekil 11).



Şekil 10 Döğer bölgesi stratigrafik kesiti (MTA 2009'dan düzenlenmiştir) [12]. (Stratigraphic sections of the Döğer region, modified from MTA 2009)

### 2.3. Yöntem (Method)

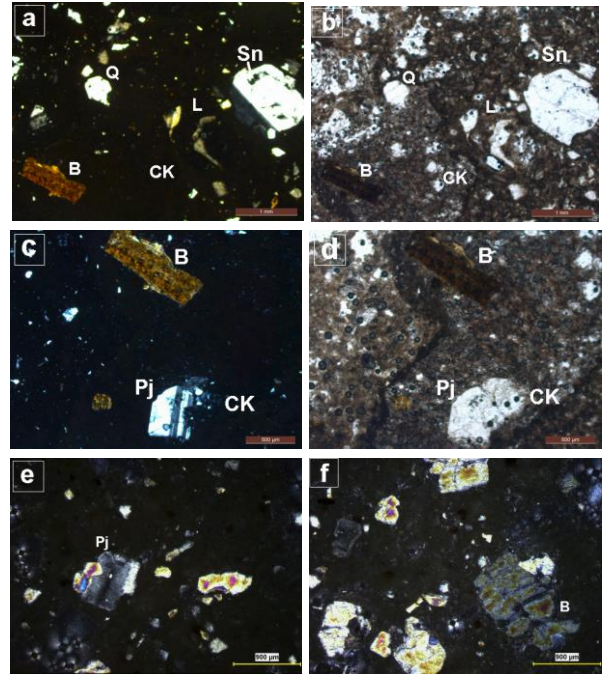
Deneylerde kullanılan tüflere kimyasal, mineralojik ve petrografik analizler ile fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmıştır. Fiziksel ve mekanik deneyler TS EN standartlarına göre yapılmıştır. Tüflerin kimyasal analizi Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Doğaltaş Analiz Laboratuvarında Rigaku/ZSX Primus II marka XRF cihazı ile yapılmıştır. Numunelerin XRD analizleri A.K.Ü Teknoloji Uygulama Araştırma Merkezi (TUAM)'nde Shimadzu XRD-6000 model X-ışını difraktometre cihazı (Ni filtreli, CuK $\alpha$  radyasyonlu) kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca aynı örnekler yine aynı merkezde bulunan LEO 1430 VP model SEM cihazı ile mineralojik analizi yapılarak fotoğraflar çekilmiştir. Fiziksel ve mekanik deneylerde Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Doğaltaş Analiz Laboratuvarında bulunan cihazlar kullanılmıştır. Petrografik analizler, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında, Euromex marka polarizan mikroskopta yapılmıştır.

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE DEĞERLENDİRMELER (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS)

### 3.1. Tüflerin Mineralojik ve Petrografik Özellikleri (Mineralogical and Petrographic Analysis)

#### 3.1.1. Polarizan mikroskop incelemeleri (Polarizing optical microscope analyses)

Döğer tüfünün mineralojik bileşimini belirlemek için ince kesitleri üzerinde petrografik çalışmalar yapılmıştır ve tüfler genellikle kristal vitrik tüf olarak tanımlanmıştır. Bu incelemeye göre tüfler kristal bileşen olarak kuvars, feldispat (plajiyoklaz, çok az sanidin) ve biyotit, volkanik kökenli ve volkanik kökenli olmayan kayaç parçaları ve vitrik bileşenlerden oluşmaktadır.

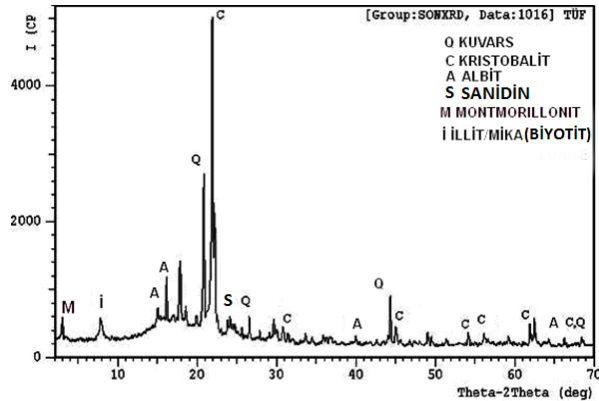


Şekil 11. Döğer tüfünün ince kesit görüntüsü (a, c, e ve f çift nikol; b ve d tek nikol). Kristal bileşen olarak Q: kuvars; Pj: plajiyoklaz; Sn: sanidin; B: biyotit; CK: cam parçaları; L: litik parçalar. Alkali feldispat olarak sanidin bulunmaktadır (a ve b). Plajiyoklazlarda albit ikizlenmesi görülürken, biyotit mineralleri de bozmuş olarak görülmektedir (e ve f). Microscopic views of Döğer tuff. (a, c, e and f cross nicol; b and d paralel nicol) (Q: quartz; Pj: plagioclase; Sn: sanidine; B: biotite; CK: pumice (vitric) fragments; L: lithic fragments)

(There are sanidine as alkali feldspar, albite twinned plagioclase can occasionally be seen in the thin sections of Döğer tuffs while biotite minerals are seen weathered (e and f)).

### 3.1.2. XRD analizi (XRD analyses)

Döğer tüflerinin XRD analiz sonuçları Şekil 12'de verilmiştir. XRD analizi sonucunda Döğer tüfü içerisinde kuvars, kristobalit, feldispat (albit), smektit ve illit/mika mineralleri bulunduğu tespit edilmiştir. Simektitin bulunması vitrik bileşenlerin ve feldispatların yer yer bozduğunu göstermektedir. XRD grafiğinde  $2\theta=15^\circ$  den itibaren zeminin yükselmesi amorf malzeme (volkanik cam) varlığını göstermektedir.



Şekil 12. Döğer tüflerinin XRD analizi (XRD analyses of Döğer tuff)

### 3.1.3 SEM Analizi (SEM analyses)

Döğer tüf örneklerinde yapılan SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) analizinde feldispat (plajiyoklaz-albit), kuvars, biyotit ve kil oluşumları görülmektedir (Şekil 13). SEM analizinde feldispat grubu plajiyoklaz minerallerinin üzerinde illit mineralleri geliştiği gözlenmektedir.

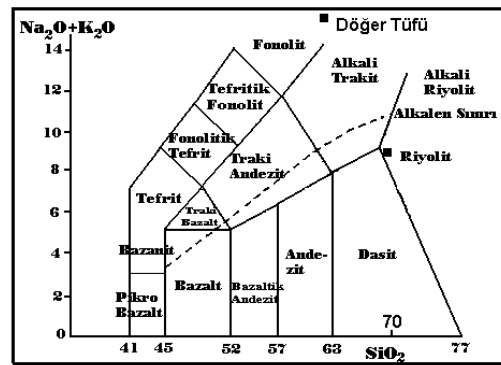
### 3.2. Tüflerin Kimyasal Analizleri (Chemical Analysis of Tuffs)

Döğer tüflerine ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Tüflerin en büyük bileşeni % 70.70 ile  $\text{SiO}_2$  olup bunu % 14.10 ile  $\text{Al}_2\text{O}_3$  izlemektedir.  $\text{K}_2\text{O}$  miktarı da % 6.7 oranındadır. Bu durum XRD analizinde tespit edilen kuvars, feldispat ve illit/mika minerallerinden kaynaklanmaktadır. Kimyasal analiz

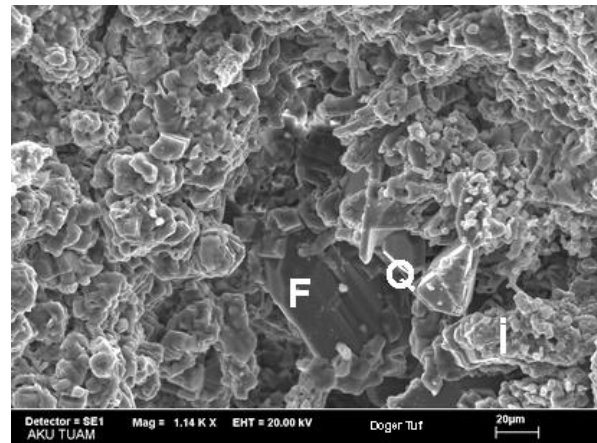
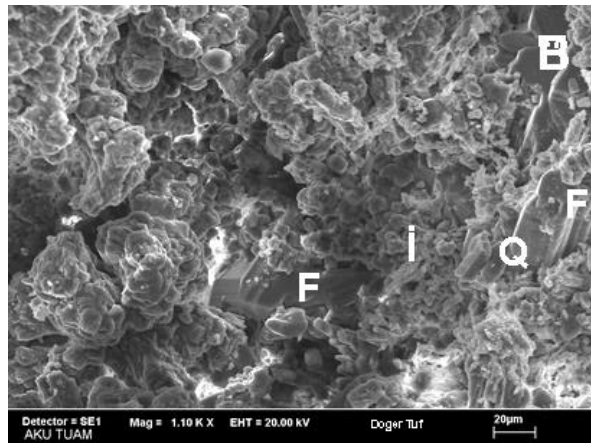
verilerine göre tüflerin bileşimini tespit etmek amacıyla Le Bas, vd. (1992) tarafından önerilen toplam alkali ve silis diyagramı kullanılmıştır. Döğer Tüflerinin kimyasal analiz sonuçları, Le Bas, vd. (1992) [14] tarafından önerilen toplam alkali içeriğine karşı silis diyagramı kullanılmıştır. Buna göre Döğer tüflerinin riyolitik bileşimli olduklarını belirlenmiştir (Şekil 14).

Çizelge 1. Döğer tüflerin kimyasal bileşimleri. (Chemical composition of the tuffs)

Kimyasal bileşim	(%)
$\text{SiO}_2$	70.70
$\text{Al}_2\text{O}_3$	14.10
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.48
$\text{MgO}$	0.13
$\text{CaO}$	0.97
$\text{Na}_2\text{O}$	2.16
$\text{K}_2\text{O}$	6.70
$\text{TiO}_2$	0.04
A.Z	3.54
Toplam	99.69



Şekil 14. Döğer tüflerinin toplam alkali içeriğine karşı silis diyagramında sınıflandırılması (Le Bas, vd. (1992) [14]. Kesikli çizgi: Alkali-subalkali ayrımı Irvine ve Baragar (1971)'e göredir [15]. (Total alkali vs. silica classification diagram for the Döğer tuffs. Dashed line: alkaline-subalkaline division according to Irvine and Baragar (1971).



Şekil 13. Döğer tüflerinin SEM mikrofotoları. (F: feldispat (plajiyoklaz-albit), Q: kuvars, B: biyotit, İ: illit) (microphoto of Döğer tuff, F: feldspar (plagioclase -albite), Q: quartz, B: biotite, İ: illite)

### 3.3. Tüflerin Fiziko-mekanik Özellikleri (Physico-mechanical tests)

Döğer tüflerinin her birisinden 6 adet olmak üzere ilgili standartlarda öngörülen ebatlarda örnekler kullanılarak tüflerin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla deneyler yapılmıştır. Fiziko mekanik testlerde kullanılan örnekler ve ilgili standartlar Çizelge 2’de verilmiştir. Deneylerde elde edilen verilerin minimum, maksimum ve ortalamaları Çizelge 3’de verilmiştir. Döğer tüflerinin fiziko-mekanik özelliklerinin incelenmesi ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Çizelge 2. Fiziko mekanik testlerde kullanılan örnekler ve ilgili standartlar. (Related standard for physico-mechanical tests TS EN: Technical Specification European Standard)

Testler	Boyut (mm)	Örnek Sayısı	İlgili standart
Birim Hacim Ağırlığı ( $\text{kN m}^{-3}$ )	70x70x70	6	[17]
Yoğunluk	70x70x70	6	[17]
Ağırlıkça Su Emme (%)	70x70x70	6	[18]
Hacimce Su Emme (%)	70x70x70	6	[18]
Porozite (%)	70x70x70	6	[17]
Ultrasonik Dalga Hızı ( $\text{km s}^{-1}$ )	70x70x70	6	[19]
Basınç Dayanımı (MPa)	70x70x70	6	[20]
Don Sonrası Basınç Dayanımı (MPa)	70x70x70	6	[21]
Eğilme Dayanımı (MPa)	300x50x50	6	[22]
Don Kaybı (%)	70x70x70	6	[21]

Çizelge 3. Döğer tüflerinin fiziko-mekanik özellikleri (Average physico-mechanical properties of tuffs rocks (Average of 6 samples in each experiment))

Test	Veriler		
	Min	Max	Ort.
Birim Hacim Ağırlığı ( $\text{kN m}^{-3}$ )	1.40	1.50	1.45
Yoğunluk	2.43	2.49	2.45
Ağırlıkça Su Emme (%)	22.29	22.99	22.49
Hacimce Su Emme (%)	32.91	33.82	33.30
Porozite (%)	38.77	42.85	41.06
Ultrasonik Dalga Hızı ( $\text{km s}^{-1}$ )	2.017	2.517	2.32
Basınç Dayanımı (MPa)	19.56	24.19	21.22
Don Sonrası Basınç Dayanımı (MPa)	15.99	22.78	18.73
Eğilme Dayanımı (MPa)	2.35	3.13	2.69
Aşınma dayanımı (Böhme) ( $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$ )	19.65	24.35	21.42
Don Kaybı (%)	0.52	2.78	1.46

Porozite ve birim hacim ağırlığı, bir kayacın dayanımını etkileyen önemli özelliklerdendir. Döğer tüfünün % 41.06 toplam porozite yüzdesi ile yüksek poroziteye sahip olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak birim hacim ağırlığı diğer doğal taşlara göre düşük çıkmıştır. Porozite değerlerinin yüksek olması kayacın mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Elde edilen veriler, Döğer riyolitik bileşimli tüflerinin petrografik özellikleri ile fiziko-mekanik özellikleri arasında dolaylı bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Doğaltaşların ayrışma özelliğine en büyük etkisi olan su emme, dolayısıyla da porozite değeridir. Döğer tüfleri ortalama %41.06

porozite içermektedir. Bu değer doğal yapı taşları için çok yüksek bir değerdir. Nitekim bunun bir sonucu olarak da su emme değeri ağırlıkça %22.49 iken hacimce %33.30 dur. Aynı şekilde tek eksenli basınç dayanımı 21.22 MPa olarak bulunmuştur. Döğer tüfünün ortalama tek eksenli basınç dayanımı değeri dikkate alındığında ISRM (1978) [16]’e göre çok zayıf kaya sınıfına girmektedir. Döğer tüflerinin don kaybı değerleri ortalama %1.46 olarak bulunmuştur. Tarihi yapılarda görülen ayrışmaların büyük bir kısmı, taşın mikro çatlak ve porozitelerine giren suların defalarca donma ve

çözünme etkileri ile oluşmaktadır. Don kaybı değerinin düşük olması taşların atmosfer etkilerine dayanıklı olduğunu göstermektedir. Bu durum, tarihi yapılarda kullanılan bu ve buna benzer tüflerin günümüze kadar bozulmadan veya az bozularak gelmesiyle izah edilebilir.

#### 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER (RESULTS and SUGGESTIONS)

Günümüzde doğal taş standartları incelendiğinde; yakın geçmişe kadar TS 1910 [23] ve TS 2513 [24] doğal yapı taşları standardına göre değerlendirilmekteydi. Farklı



kayaç tipleri için gereksinimleri karşılayamayan bu standartlar kaldırılmış olup bunun yerine belli başlı bazı doğal taşların "Yapı ve Kaplama Taşı olarak kullanılan" başlıklı standartları kullanılmaktadır. Bu doğal taşlar: TS 6234 Granit [25], TS 11553 siyenit [26], TS 10934 gabro [27], TS 5762 diyabaz [28], TS 11135 trakit [29], TS 10835 andezit [30], TS 5961 serpantin [31] (magmatik taşlar), TS 10449 mermer [32] (metamorfik taşlar), TS 11137 kireçtaşı [33], TS 11444 dolomit [34], TS 11145 konglomera [35], TS 11143 traverten [36], TS 11443 oniks [37] (sedimanter taşlar) olarak sayılabilir. Listeden de görüleceği üzere tüfler için herhangi bir standart bulunmamaktadır. Ayrıca tüfler sahip olduğu yüksek porozite ve su emme, düşük özgül ağırlık ve dayanım özellikleri nedeniyle tüm bu standartların dışında kalmakta ve hiçbirine uymamaktadır.

Döğer riyoitik bileşimli tüfü, kütlece ortalama don kaybı değerinin dışındaki deney sonuçlarının TS 2513 ve TS 1910 nolu iptal olan standartlarda öngörülen değerleri sağlamadığı görülmüştür. Ancak yapı veya kaplama taşı olarak kullanılacak olan bu taşların kullanım yerlerine göre ve kullanım yerinin gereksinimlerinin dikkate alınması durumunda rahatlıkla kullanılabilceği görülmektedir. Yoğunlukları düşük olduğundan hafif yapı taşı olarak kullanılması, işlenmesi ve taşınması kolaydır. Burada üretilen taşlar binaların (cami, vs) değişik yerlerinde, değişik amaçlarla uzun yıllardan beri kullanılmış ve kullanılmaya da devam edilmektedir. Geçmişten günümüze kadar ayakta kalmış tüfün kullanıldığı tarihi yapılar, tüfün doğal bir yapı taşı olarak değerlendirilebileceğinin ölçütü olmaktadır. Selçuklu ve Osmanlı döneminde yapılmış ve günümüze kadar gelmiş çok sayıda önemli cami, kervansaray, türbe, çeşme han, gibi kültürel tarihi yapılar da bunun en güzel örneğidir. Günümüzde de kesme taş olarak üretimi ve kullanımını olmasına karşın tüflere özgü bir standardın olmaması değerlendirme çalışmalarını güçleştirmektedir.

Lokal ölçekte yapı taşı olarak kullanılan bu doğal taşların kullanım yerlerinde uzun yıllar bozulmadan görevlerini yerine getirdikleri gözlenmiştir. Bu nedenle de Mevlevi (Türbe) Cami yapımında kullanılmış olan bu tüfler, restorasyon çalışmalarında da tercih edilmiştir. Buradan hareketle Döğer riyoitik bileşimli tüfü değerlerinin karşılaştırıldığı doğal yapı taşları standartlarındaki sınır değerlerin revizyonunun bir an önce yapılmasının veya tüflere özgü ayrı bir standart hazırlama gerekliliği kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Çünkü ülkemizde üretilen ve yıllardır kullanılan doğal taşların büyük bir çoğunluğu bu standart verilerini sağlamamaktadır. Bu da birçok doğal taşın standartları sağlayamaması gibi sorunlar nedeni ile ekonomiye kazandırılmamasını ortaya çıkarmaktadır. Bu değişikliğin yapılması durumunda gözenekli ve hafif olmaları nedeni ile düşük direnç değerleri veren çok sayıda yapı taşı üzerindeki "kullanılmaz çekincesi" ortadan kalkacaktır.

İncelenen yapılarda bozulmanın en yoğun olduğu yer, suyla temasın daha kolay olduğu yerler ile zemine ve

çatıya yakın yerlerdir. Yapının bu yerlerinde su emme oranı yüksek taşların kullanılması hem bozunmaları hızlandırmakta hem de taşların görünüm özelliklerini kaybetmesine neden olmaktadır. Bu tür yapılarda kullanılan doğal taş yerine uygun olarak seçilmeli ve çok fazla yağmur kar suyu alan bölgelerde doğal taş üzerine koruma önlemleri alınmalıdır. Çok yağış alan bölgelerde su emme oranı düşük olan doğal taşlar tercih edilmelidir. Don olayının çok yaşandığı bölgelerde ise, su emmesi az, don dayanımı yüksek doğal taşlar kullanılmalıdır.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Çelik, M.Y., "Dekoratif Doğal Yapı Taşlarının Kullanım Alanları ve Çeşitleri", *Madencilik Dergisi*, 42(1): 3-15, (2003).
2. Çelik, M.Y., ve Sel, H. "Afyondaki Tarihi Çeşmelerde Doğal Taş Kullanımı ve Restorasyonu", *Mersem 2008 Türkiye VI. Mermer Sempozyumu*. (Editör: M. Ersoy vd) Afyon, 39-58, (2008)
3. Schmid, R., "Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous rocks", *Geology*, 9, 41(3). ISSN 1432-1149 (1981).
4. Metin, S., Genç, Ş. ve Bulut, V., "Afyon ve Dolayının Jeolojisi", *MTA Rapor No: 8103*, Yayınlanmamış. (1987)
5. Kavas, T., ve Çelik, M.Y., "Ayazini (Afyon) Tüflerinin Çimento Sanayiinde Tras Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi", *Madencilik*, 40(2-3): 39-46, (2001)
6. Kuşçu, M. ve Yıldız, A. "Ayazini (Afyon) Tüflerinin Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması", *Türkiye III. Mermer Sempozyumu*, Afyon. 85-98, (2001).
7. Demir, İ., Başpınar, M.S. ve Görhan, G., "Afyonkarahisar-Ayazini Tüflerinin Mekanik Özellikleri ve Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliği", *MERSEM 2006 Türkiye V. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu*, 31-38, (2006).
8. Çelik, M.Y., Akbulut, H. ve Ergül A. "Water absorption process effect on strength of Ayazini tuff, such as the uniaxial compressive strength (UCS), flexural strength and freeze and thaw effect". *Environ Earth Sci*, 71: 4247-4259 (2014).
9. Çelik, M.Y., Ergül A. "The influence of the water saturation on the strength of volcanic tuffs used as building Stones". *Environ Earth Sci*, 74: 3223-3239, (2015).
10. Karazeybek, M., Polat, Z. ve Ilgar, Y., "Afyonkarahisar Vakıf Eserleri", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınları*, Yayın no: 60, Afyonkarahisar, 412 sf. (2005)
11. Ilgar, Y. "Afyonkarahisar Mevlîhânesi", *Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, Konya. 2: 107-140, (1996).
12. MTA, "Afyon İli Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları", *MTA Orta Anadolu II. Bölge Müdürlüğü*, Konya. (2009)
13. Keller J, Villari L. "Rhyolitic ignimbrites in the region of Afyon (Central Anatolia)". *Bull Volcan*, 36: 342-358, (1972).
14. Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W. and Woolley, A.R., "The Construction of the Total Alkali-Silica Chemical Classification of Volcanic Rocks", *Miner Petrol*, 46: 1-22, (1992).
15. Irvine, T.N., and Baragar, W.R.A., "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548, (1971).

16. ISRM (International Society for Rock Mechanics), "Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses". *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 15(6): 319-368, (1978).
17. TS EN 1936, "Doğal Taşlar Deney Metotları, Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik", (2010)
18. TS EN 13755, "Doğaltaşlar-Deney Metotları-Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini", (2006)
19. TS EN 14579, "Doğal Taşlar- Deney Metotları- Ses İlerleme Hızı Tayini", (2006)
20. TS EN 1926, "Doğaltaşlar-Deney Metotları-Basınç Dayanımı Tayini", (2006)
21. TS EN 12371, "Doğal Taşlar- Deney Metotları- Dona Dayanım Tayin" (2003)
22. TS EN 12372, "Doğal Taşlar Deney Metotları, Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanım Tayini", (2007)
23. TS 2513 (Kaldırıldı), "Doğal Yapı Taşları", (1977)
24. TS 1910 (Kaldırıldı), "Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar", (1977)
25. TS 6234, "Granit Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1988)
26. TS 11553, "Siyenit Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1995)
27. TS 10934, "Gabro Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan" (1993)
28. TS 5762, "Diyabaz Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan" (1988)
29. TS 11135, "Trakit Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1993)
30. TS 10835, "Andezit Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1993)
31. TS 5961, "Serpantin Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1988)
32. TS 10449, "Mermer Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1992)
33. TS 11137, "Kireçtaşı Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1993)
34. TS 11444, "Dolomit Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1994)
35. TS 11145, "Konglomera Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1993)
36. TS 11143, "Traverten Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1993)
37. TS 1144 "Oniks Mermeri Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan", (1994)