

İgnimbiritlerin Jeomekanik Özelliklerinin Yapı Taşı Olarak Kullanımına Etkisi: Nevşehir Taşı

The Effect of Geomechanical Properties of Ignimbrites on Their Usage as Building Stone: Nevşehir Stone

Mustafa KORKANÇ

Niğde Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 51245 Niğde
mkorkanc@nigde.edu.tr

ÖZ

Araştırmalar için Nevşehir dolayında geniş alanlarda yüzeyleyen Kavak ignimbiritlerine ait farklı renklerdeki piroklastikler seçilmiştir. Söz konusu birimlerden çıkarılan taşlar önceleri özellikle tarihi yapılarda ve düşük katlı binalarda yapı taşı olarak yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Günümüzde ise daha çok dekoratif özelliklerinden dolayı bina dış yüzey kaplamasında, merdiven, yer döşemesi, korkuluk, havuz ve kenarları, kemer, sütun, şömine balkon süslemeleri ve restorasyon uygulamalarındaki kullanımı giderek artmaktadır. Yakın alanlarda renk ve dokusal özellikleri çok sık değişim göstermelerinden dolayı 6 farklı alanda örnekleme yapılmıştır. Derlenen bu örneklerin öncelikle petrografik ve kimyasal özellikleri belirlenmiş olup, jeomekanik özelliklerini belirlenmek amacıyla da standart kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. Elde edilen verilere göre, incelenen piroklastiklerin iyi kaynaşmamış ignimbirit özelliğinde olduğu, bunların jeolojik, kimyasal ve petrografik özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasında önemli ilişkilerin olduğu ortaya konmuştur. Özellikle opak mineral, ince taneli kayaç parçası içeriği ile matriks oranı-tane oranından yüksek olan örneklerin porozitesinin daha düşük, yoğunluklarının ve basınç dayanımlarının da nispeten daha yüksek değerler gösterdikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İgnimbirit, jeomekanik özellikler, petrografik özellikler, yapı taşı.

ABSTRACT

For this study; different colored pyroclastics belong to Kavak ignimbrite that widely spreads around Nevşehir were chosen. These rocks were widely used as building stone in low storeyed buildings and especially in historical building in the past. Nowadays, they have an increasing usage in outer surface covering of the buildings, stairs, floorings, banisters, pools and their surroundings, arches, columns, fireplaces, balcony decorations and restoration applications because of having decorative properties. Sampling was carried out in 6 different areas in the field because they have different color and texture characteristics that change frequently in close areas. At first petrographical and chemical properties of these samples were determined and then standard rock mechanic experiments were carried out in order to determine their geomechanical properties. According to the results, it is exposed that investigated pyroclastics are non-welded ignimbrite and there are important relationships between their geological, chemical, petrographical properties and geomechanical properties. Especially, the samples having opaque minerals, fine grained rock fragments and higher matrix ratio than grain ratio, have lower porosity and higher density and compressive strength.

Key Words: Ignimbrite, geomechanical properties, petrographical properties, building stone.

GİRİŞ

İnceleme alanı, İç Anadolu Bölgesinde Nevşehir il sınırları içerisinde yer almaktadır. Genç volkanizmanın ülkemizde yaygın ve farklı evrelerde farklı ürünler oluşturduğu bölgelerden biri olan çalışma alanında, özellikle önceki araştırmacılar tarafından, ayrıntılı volkanolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar yapılmıştır (Beekman, 1966; Pasquare, 1966; Pasquare vd., 1988; Innocenti vd., 1975; Besang vd., 1977). Kapadokya yöresi genç volkanik oluşumlarının yayılım ve evrimlerine ilişkin çalışmalarda, yaşı ve bileşimleri tanımlanmıştır (Ercan vd. 1990, Ercan vd., 1992, Toprak ve Göncüoğlu, 1993; Le Pennec vd., 1994; Mues Schumacher ve Schumacher, 1996; Güleç vd., 1997; Temel vd., 1998; Türkecan vd., 2003; Le Pennec vd., 2005; Viereck vd., 2006). Bölgedeki ignimbiritlerin yapı malzemesi özellikleri ile bunların dayanım ve ayrışma özelliklerine yönelik çalışmalar ise sınırlı sayıda (Erdoğan, 1986; Topal, 1995; Topal ve Doyuran, 1997; Gökçeoğlu vd., 2000). Son dönemlerde yapılan araştırmalar ise özellikle bölge ignimbiritlerinde geçmişte ve günümüzde çeşitli amaçlar için açılmış kaya yapılarının duraylılıklarına ve mühendislik özelliklerine ilişkindir (Aydan vd., 1999; Ulusay vd., 1999; Aydan ve Ulusay, 2003; Ulusay vd., 2006; Aydan vd., 2007; Ulusay ve Aydan, 2007; Aydan vd., 2007a; Aydan vd., 2007b). Yöredeki ignimbiritlerin yapı malzemesi özellikleri ve mühendislik özelliklerinin araştırıldığı çalışmalarda, bunların jeolojik, petrografik ve kimyasal özelliklerinin, jeomekanik özelliklerindeki değişimine etkisi ile bunlar arasındaki ilişkilere yeterince değinilmemiştir.

Bu çalışma, yapı taşı olarak kullanılan farklı renklerdeki Kavak ignimbiritlerinin jeomekanik özelliklerinin nasıl değiştiğini ve

bu özelliklerin mühendislik özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Arazi çalışmaları ve petrografik incelemeler esnasında, belirlenen farklı renk ve dokuya sahip kayalar, ayrı ayrı örneklendirilerek bunların ayrıntılı araştırması yapılmıştır.

İnceleme Alanının Tanıtımı

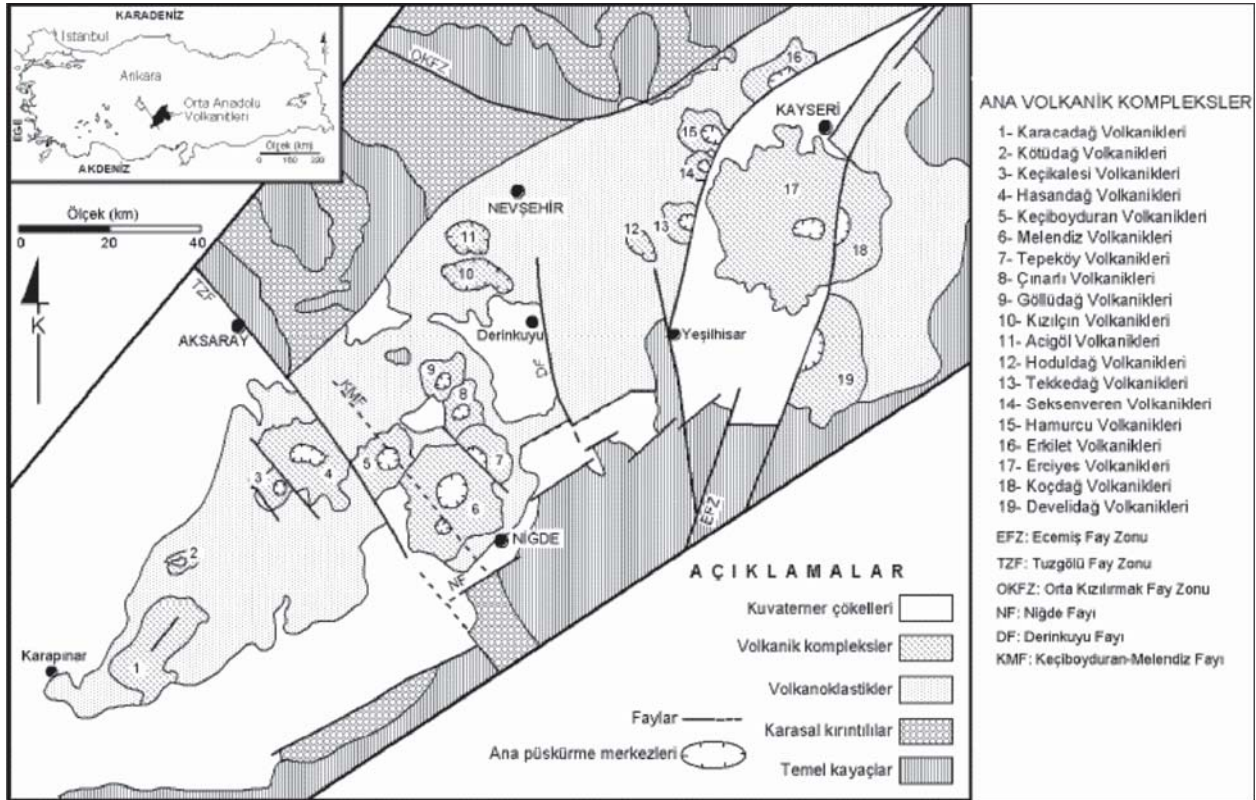
İnceleme alanı, Orta Anadolu'da Nevşehir, Avanos ve Ürgüp arasında, özellikle Kapadokya bölgesinin farklı bileşimlerindeki volkanik kayalarla temsil edilen bölgesinde yer almaktadır (Şekil 1). Araştırmalar için Ürgüp Formasyonunun en alt bölümünü oluşturan Kavak ignimbiritleri olarak tanımlanan farklı renklerdeki piroklastikler seçilmiştir. Bölgede peri bacalarının da oluşumuna imkan veren bu birim, bütün dünyanın şaşkınlıkla izlediği doğa harikası olmuştur. Farklı renkleri ve estetik görünümleri ile insanların ilgisini çeken piroklastikler, yörede ve ülkemizin değişik bölgelerinde yapı taşı olarak yıllardan beri kullanılmakta ve kullanımı gittikçe artmaktadır. Örnek derlemesi ise Nevşehir-Avanos yolunun 8 kilometresinde Yeni Mahalle, Yapraklı Seki Mevkiinde bulunan taş ocaklarında gerçekleştirilmiştir. Yörede yapı taşı olarak kullanılması amacıyla işletilen ocakların hepsi, Ürgüp formasyonuna ait Kavak ignimbiritleri üzerinde açılmıştır.

İgnimbiritlerin Jeolojik özellikleri

İnceleme alanında, ilginç yüzey şekilleri oluşturan, kalın ve geniş yayılım gösteren volkano-sedimanter istif (Miyosen-Pliyosen) temsil edilen Ürgüp formasyonu mostra vermektedir (Temel vd., 1998). Litolojik olarak düşey ve yatay yönde gösterdiği değişimler dikkate alınarak birim Temel vd., (1998) tarafından üyelere ayrılmıştır. Özellikle taş ocaklarının bulunduğu alanlardan örneklenen ignimbirit numuneleri, Ürgüp formasyonuna ait volkano-

sedimanter istifin en alt temelini oluşturan Kavak üyesine aittir. Kavak üyesi, kül ve akıntı ürünlerinin volkanik-kırıntılı malzeme ile ara tabakalanmasından oluşmaktadır (Topal ve Doyuran, 1997). Kavak üyesi, en tipik

gözle görülen Kavak köyünden adını almıştır (Pasquare, 1968). Birim yörede Temel vd., (1998)'e göre, 2600 km²'lik bir alan kaplamakta ve 80 km³'lük hacime sahiptir.



Şekil 1. Kapadokya yöresinin jeolojisi haritası ve önemli tektonik yapılar (Toprak ve Göncüoğlu, 1993)

Figure 1. Geological map of the Cappadocia region and important tectonic structures (Toprak and Göncüoğlu, 1993)

Arazi çalışmaları sırasında, işletilen ignimbritlerin, renk ve dokusal özelliklerinin arazide çok sık değiştiği belirlenmiştir. Bu nedenle farklı renk ve dokusal özelliklere sahip örnekler ayrıntılı olarak tanımlanmış ve temsilci blok örnekleme gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerin, ocakta yayılımı, bileşimi, yapısı, ocak nem içeriği ile süreksizlik ve dayanımlarına ilişkin değerlendirmeler topluca Çizelge 1'de sunulmuştur.

İgnimbritlerin Kimyasal Özellikleri

Araştırmaların yürütüldüğü farklı renk ve dokudaki Kavak İgnimbriti örneklerinin bulunduğu taş ocağı olarak işletilen alanın değişik yükselti ve yanal yayılım sunan yerlerinden taze örnekler derlenmiş ve bunlar üzerinde kimyasal analizler yapılmak suretiyle; ana element içerikleri saptanmıştır. Analizler, Kanada ACME laboratuvarında ICP-AES yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Örneklerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Kavak ıgnimbritlerinin jeolojik özellikleri
Table 1. Geological properties of the Kavak ignimbrite

Örnek kodu	Ticari adı	Kayaç adı	Açıklamalar
D1	Damarlı (formika)	Kaynaşmamış ıgnimbirit	Hidrotermal alterasyon nedeniyle dekoratif özellikler göstermektedir. İri pomza çakıllı, orta dayanımlı, boşluklu, farklı boyutlarda volkanik kayaç parçacıkları içermektedir.
M1	Mortaş	Kaynaşmamış ıgnimbirit	Kırmızımsı mor renkli, iri pomza çakıllı, ocak neminde kolay kırılabilir (işlenebilir) özellikte, seyrek çatlaklıdır.
S1	Sarı	Kaynaşmamış ıgnimbirit	Açık sarı, nemli, ince taneli, koyu renkli kayaç parçası içeriği düşük, yumuşak-orta sert, çatlaksız, yer yer limonitik boyanmalar mevcuttur.
K1	Kapadokya bej	Kaynaşmamış ıgnimbirit	Açık krem, bej renkli, ince taneli, düşük oranda volkanik kayaç parçaları içermekte, nemli, yumuşak-orta sert, seyrek çatlaklı ve daha çok birimin alt kesimlerinde gözlenmektedir.
G1	Gül kurusu	Kaynaşmamış ıgnimbirit	İri-orta taneli, bol pomza çakıllı, volkanik kırıntıların boyutları yer yer 15 cm'ye kadar çıkabilmektedir. Oldukça seyrek çatlaklı ve nemli, kalınlığı 15 metreden fazladır.
V1	Vişne	Kaynaşmamış ıgnimbirit	Açık kırmızımsı, vişne renkli, ince pomza taneli, gevrek, kolay işlenebilir özelliklerde, yaklaşık 30-35 metre kalınlıkta, düşük-orta dayanımlı, arazide oldukça boşluklu bir görünüm sunmaktadır.

Çizelge 2. Kavak ıgnimbritlerinin kimyasal bileşimi
Table 2. Chemical composition of the Kavak Ignimbrites

Özellik (%)	D1	M1	S1	K1	G1	V1
SiO ₂	76,71	68,79	78,44	66,58	70,4	69,35
Al ₂ O ₃	14	17,14	13,9	16,34	13,75	15,04
ΣFe ₂ O ₃	0,77	3,08	0,78	2,81	2	2,57
MgO	0,1	0,19	0,02	0,16	0,33	0,38
CaO	0,11	0,16	0,05	2,28	3,37	2,94
Na ₂ O	0,05	0,11	0,03	0,13	0,06	0,08
K ₂ O	0,41	0,82	0,13	3,46	2,33	1,23
TiO ₂	0,31	0,33	0,23	0,31	0,23	0,27
P ₂ O ₅	0,14	0,19	0,04	0,1	0,06	0,09
MnO	<0,01	0,01	<0,01	0,06	0,04	0,03
Cr ₂ O ₃	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
A.K. (1000°C)	6,2	9	6,4	7,7	7,4	7,9
Toplam	98,92	100,07	100,05	100,05	100,05	100,06

Taze örnekler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre, Kavak İgnimbiritleri; % 66,58- 78,44 arasında değişen miktarda SiO₂ içermektedirler. Al₂O₃ miktarı %13,75 - 17,14 arasında değişim göstermektedir. Toplam Fe₂O₃ oranı, % 0,77 – 3,08 arasındadır. MgO %0,02-0,38, CaO %0,05-3,37 arasında değişim sunmaktadır. Na₂O %0,03-0,13 ve K₂O %0,13 - 3,46 arasında değişen değerlere sahiptir. TiO₂ %0,23-0,33, P₂O₅ %0,04-0,19 değerleri arasındadır. MnO değerleri oldukça düşük olup % <0,01– 0,06 arasında bulunmaktadır. Cr₂O₃ değeri bütün örneklerde % <0,001'den düşük değerdedir. Örneklerin ateşte kayıp değerleri yüksek olup, %6,2-9 arasında değişmektedir.

Örneklerin kimyasal analiz sonuçları ile özellikle basınç dirençleri arasında önemli etkileşimlerin olduğu belirlenmiştir. Buna göre, SiO₂ içeriği düşük olan örneklerin basınç dirençleri de düşüktür. Ayrıca toplam demir içeriği ile ateşte kayıp oranı yüksek olan örneklerin basınç dirençlerinin de yüksek değerler aldıkları ortaya konmuştur.

İgnimbiritlerin Petrografik Özellikleri

Farklı renkler sunan Kavak ignimbiritlerinden hazırlanan ince kesitler üzerinde yapılan petrografik incelemelerde; örneklerin mineralojik bileşim, doku, boşluk ve kristal boyutları, fenokristal-matriks oranları ve ikincil mineral içerikleri belirlenmiştir. İncelenen örneklerin hepsi iyi kaynaşmamış ignimbirit özellikleri sunmakla birlikte bunların, ayrıntılı incelemelerinde fenokristal-matriks, opak mineral ile ince taneli kristal oranları değişken olup, volkanik kayaç parçası ve yer yer yönlenmeler gözlenmiştir. Nitekim yapılan petrografik incelemelerden elde edilen veriler ile örneklerin jeomekanik özellikleri arasındaki değişimlerin, bu bulguları destekler biçimde olduğu belirlenmiştir.

D1 örneği petrografik incelemelerine göre plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen minerallerinden oluşmaktadır. Ayrışma kayaçta oldukça etkin olup, kayacı oluşturan mineral sınırlarında daha da belirgin olarak gözlenmiştir. Yer yer opak mineraller gözlenmekte olup, kayaçta hipokristalin porfirik doku hakimdir. Örneklerde yer yer farklı boyutta volkanik kayaç parçaları gözlenmektedir. Matriks oranı, tane oranından fazladır (Şekil 2).

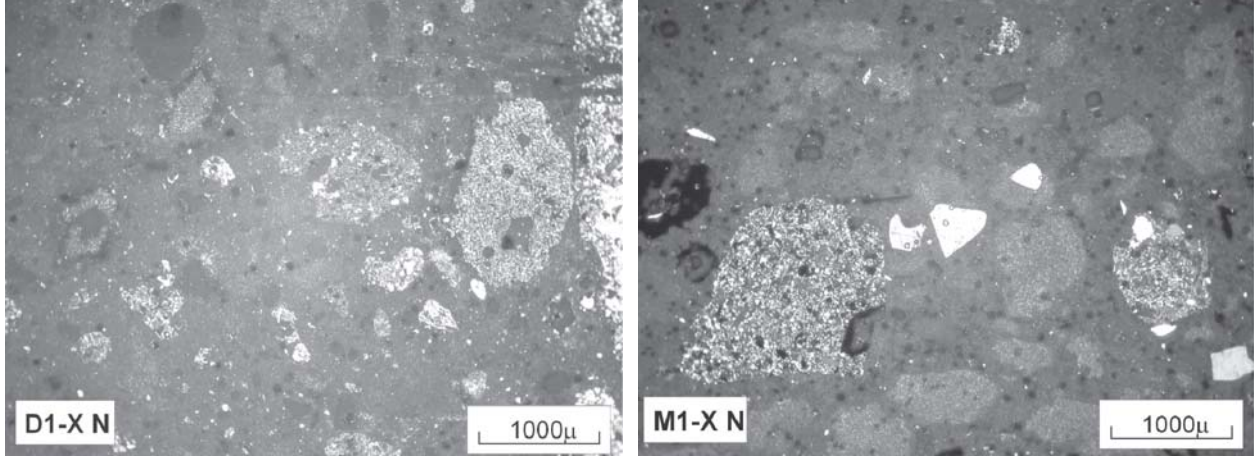
M1 örneği, plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen, sanidin, kuvars minerallerinden oluşmuş olup, hipokristalin porfirik doku sunmaktadır. Bileşimindeki ince taneli volkanik kayaç parçaları, D1 örneğine oranla daha yüksektir. Kayaçta ayrışma etkin olup, boşlukludur ve düşük oranda opak mineraller gözlenmektedir. Tane oranı, matriks oranından nispeten fazladır (Şekil 2).

Plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen minerallerinden oluşan S1 örneğinde ayrışma oldukça etkindir. Opak mineral içeriği diğer örneklerle göre yüksek olup, hipokristalin porfirik dokuludur. Farklı boyutlarda volkanik kayaç parçaları içermektedir. İri kristal oranı matriks oranından fazladır. Opak mineraller belli alanlarda daha yoğun olarak gözlenmektedir (Şekil 3).

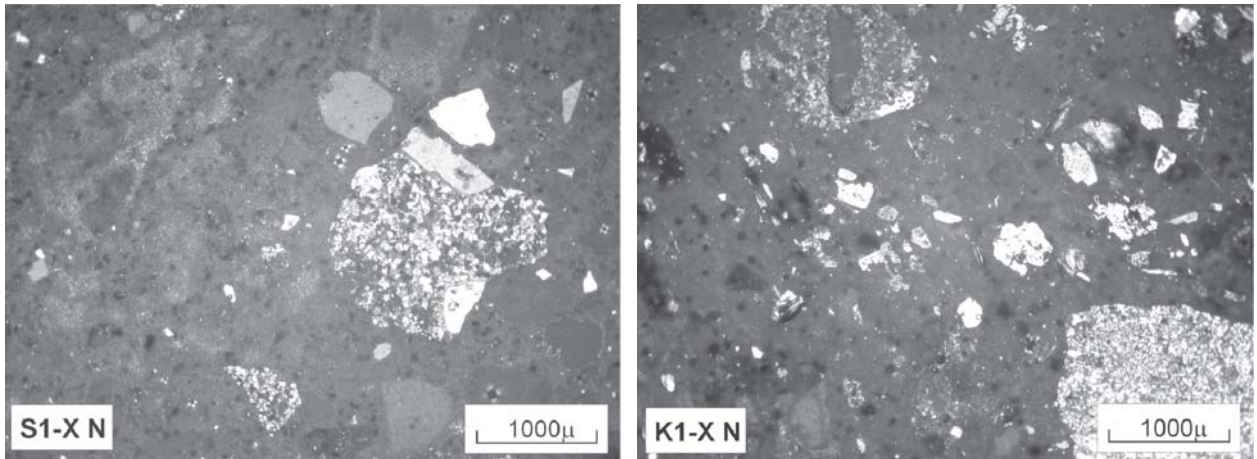
Plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen, kalsit minerallerinden oluşan K1 örneğinde iri fenokristaller yanında ince plajiyoklas kristalleri gözlenmekte olup, kayaçta kısmen yönlenme belirgindir. Kayaçta ayrışma etkin olup, boşluk miktarı diğer örneklerle nazaran fazladır. Ayrıca kayacın matriks oranı, tane oranından fazladır. Kayaçta hipokristalin porfirik doku gözlenmekte olup, opak mineral içeriği mika minerallerinin oksitlenmelerinin de etkisi ile diğer örneklerle oranla fazladır (Şekil 3).

G1 örneğinin plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen minerallerinden oluştuğu belirlenmiş olup, kayacın ayrışması yüksektir. Hipokristalin porfirik doku belirgin olup, kayacın boşlukları fazladır. Opak mineral içeriği diğer örnekler oranla düşüktür. Örneklerde volkanik kayaç parçaları gözlenmektedir. Matriks oranı, tane oranından fazla olup, fenokristal boyutları daha küçük boyuttadır (Şekil 4).

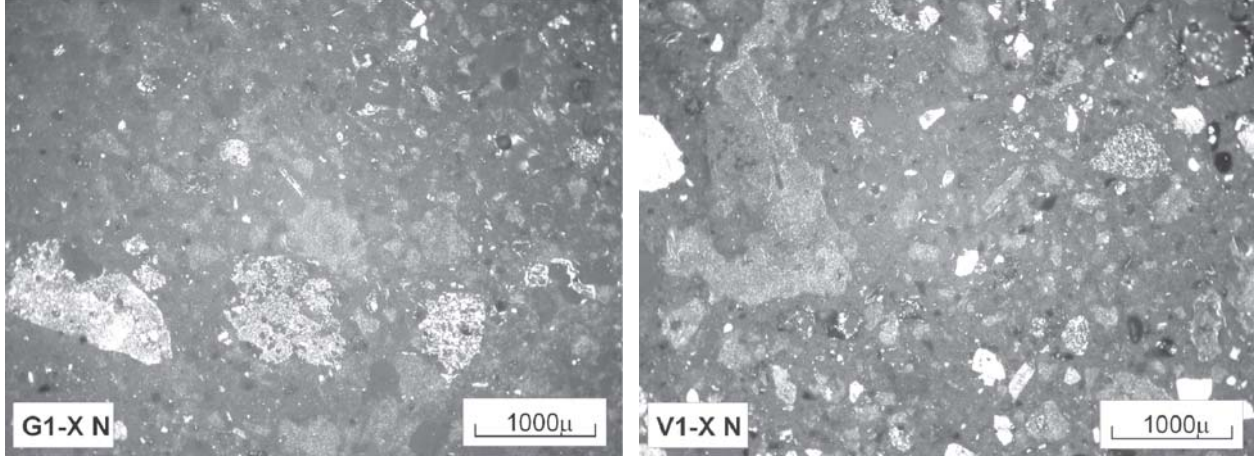
Plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen ve kalsit minerallerinden oluşan V1 örneğinde, ayrışma oldukça yaygın şekilde gelişmiştir. Kayaçta ince taneli kayaç parçaları diğer örneklerle oranla fazla olup, matriks oranı tane oranından yüksek olarak gözlenmiştir. Kayacı oluşturan minerallerden biyotitlerde ayrışma daha yaygın ve belirgin bir şekilde gelişmiştir. Kayaçta hipokristalin porfirik doku gözlenmektedir (Şekil 4).



Şekil 2. D1 ve M1 örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)
Figure 2. Microscopic view of D1 and M1 samples (enlargement 4X)



Şekil 3. S1 ve K1 örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)
Figure 3. Microscopic view of S1 and K1 samples (enlargement 4X)



Şekil 4. G1 ve V1 örneklerinin mikroskobik görüntüsü (büyütme 4X)
Figure 4. Microscopic view of G1 and V1 samples (enlargement 4X)

Örneklerin petrografik incelemelerine göre, S1 örneğinde opak mineral oranı diğer örnekler nazaran yüksek olup, belli alanda yoğunlaşmalar gözlenmektedir. D1 ve V1 örneklerinde ise ince taneli kristal ve matriks oranı, tane oranından nispeten yüksektir. Bu özelliklerdeki kayaçların fiziko-mekanik özellikleri de nispeten yüksektir. İncelenen örneklerin hepsi iyi kaynaşmamış ignimbirit özelliği sunmaktadır. Bu durumun jeomekanik özelliklerin diğer iyi kaynaşmış ignimbiritlere oranla düşük çıkmasında etkin parametre olduğu düşünülmektedir. Bütün örnekler hipokristalin porfirik doku sunmaktadır.

İgnimbiritlerin Jeomekanik Özellikleri

Kayaçların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi, gerek mekanik özelliklerini kontrol etmesi, gerekse de yapı malzemesi olarak kullanım niteliğini değiştirmesinden dolayı uygulamada oldukça önemlidir. Bu araştırmada, Kavak ignimbiritlerinden alınan örnekler ait; kuru ve doymun birim ağırlık, ağırlıkça su emme, efektif ve suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi ile tek eksenli basınç dayanım değerleri belirlenmiştir.

ISRM (1981) tarafından önerilen yöntemler esas alınarak yapılan deneyler için araziden blok örnekler derlenmiş, daha sonra bu numunelerden laboratuvarında karot ve parça numune hazırlanmıştır. Deneylerden elde edilen jeomekanik özelliklere ait veriler Çizelge 3, 4 ve 5'de sunulmuştur.

Çizelge 3. Kavak İgnimbritlerinin kuru ve doymuş birim ağırlık değerleri ile ağırlıkça su emme değerleri
Table 3. Dry and saturated unit weight, water absorption values of the Kavak ignimbrite

Örnek No	Kuru Birim Ağırlık			Doymuş Birim Ağırlık			Ağırlıkça Su Emme		
	γ_d (kN/m ³)			γ_s (kN/m ³)			W_a (%)		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
D1	15.92	16.21	16.05	18.12	18.26	18.20	12.67	20.93	22.48
M1	15.32	15.48	15.38	17.85	18.22	18.01	16.50	25.77	27.93
S1	15.71	15.81	15.75	18.05	18.06	18.06	14.25	22.95	24.03
K1	15.20	15.50	15.35	18.04	18.33	18.18	18.24	28.82	29.00
G1	15.86	16.38	16.03	18.52	19.02	18.69	16.13	26.94	27.20
V1	15.64	15.81	15.74	18.21	18.41	18.33	16.49	26.18	26.58

İncelenen örneklerin kuru ve doymuş birim ağırlık deneyleri sonucunda ortalama en yüksek değerler D1 ve G1 örneklerinden, ortalama en düşük kuru ve doymuş birim ağırlık ise M1 ve K1 örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 3). Kayayı oluşturan mineraller ve bileşime giren minerallerin oranları kayanın birim ağırlıklarının değişiminde son derece etkilidir. Bu nedenle kayanın bünyesinde bulunan ağır minerallerin varlığı ve oranı kayanın yüksek birim ağırlık değerinin oluşmasına neden olmaktadır (Erguvanlı, 1975; Maharaj, 2001). İncelenen farklı renklerdeki İgnimbirit örneklerinin, özellikle ince taneli kristal ve matriks oranı, tane oranından yüksek olanlarının birim ağırlıkları daha yüksek değerdedir. Tüm örnekler NBG (1985)'e göre “düşük birim ağırlıklı” kaya grubunda yer almaktadır.

Nevşehir yöresi İgnimbritleri üzerinde suda doyurma yöntemine göre su emme deneyleri de yapılmış olup, ortalama en yüksek ağırlıkça su emme değeri, M1 ve K1 örneklerinde, ortalama en düşük değer ise D1 ve S1 örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 3).

Bu örneklerin efektif porozitelerine yönelik elde edilen verilerde ortalama en yüksek ve en düşük değerler yine aynı örneklerden elde edilmiştir (Çizelge 4). Bu durum kayanın bağlantılı gözeneklerinin etkisiyle gerçekleşmiştir. Bu iki deney, kayanın içerisindeki boşlukların durumu ve bu boşlukların birbiri ile olan ilişkilerinin ortaya konmasında etkin değerlendirme parametresi olarak kullanılmaktadır. Kayaçların su emme değerinin değişiminin belirlenmesi ile donma ve termik genleşmeye karşı dolaylı bilgi sağlanmaktadır (Postacıoğlu 1987; McNally, 1998). Kayaçların porozite değerlerindeki değişim, kayanın fiziksel özellikleri yanında mekanik özelliklerini de önemli ölçüde etkilemektedir. Kayaçalarda porozitenin artmasıyla atmosfer etkilerine karşı direncin düştüğü bilinmektedir. Ayrıca porozitenin artması kayanın düşük yoğunluk kazanmasını sağlamakta, kayanın ısı ve ses iletkenlikleri üzerinde etkili olmaktadır (Goodman, 1989). İncelenen örneklerde ince tane ve matriks oranı yüksek olanların porozite değerlerinin nispeten düşük değerler aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kavak ignimbiritlerinin efektif porozite, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi ile tek eksenli basınç dayanımı değerleri

Table 4. Effective porosity, slake durability index and uniaxial compressive strength values of the Kavak ignimbrite

Örnek No	Efektif Porozite			Suda Dağ. Kar. Dur. İndeksi			Tek Eks. Bas. Day.		
	n_e (%)			I_{d2} (%)			σ_c (MPa)		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
D1	20.93	22.48	21.90	74.57	74.91	74.74	130.27	134.68	132.33
M1	25.77	27.93	26.78	65.16	65.76	65.46	62.06	66.50	64.73
S1	22.95	24.03	23.56	78.08	78.67	77.37	128.56	167.73	146.46
K1	28.82	29.00	28.89	61.41	61.90	61.66	60.12	67.34	62.73
G1	26.94	27.20	27.05	67.88	68.61	68.25	77.02	84.94	80.89
V1	26.18	26.58	26.35	71.04	72.29	71.67	104.70	126.83	118.13

Özellikle tüf, marn ve kil içeren zayıf kayaların ıslanma ve kuruma sonucunda parçalanma ve zayıflamaya karşı gösterdiği direnci belirlemek amacıyla, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi 2 çevrim olarak yapılmıştır. Ortalama en yüksek kayıp K1 örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Bunda, örneğin boşluklarına yerleşen ayrışma ürünü kil minerallerinin etkin rol oynadığı düşünülmektedir. Örnekler 2 çevrim sonucu suda dağılmaya karşı duraylılıkları açısından Franklin ve Chandra (1972)'a göre “orta derecede duraylı” kaya sınıfında yer almaktadır.

Taş ocaklarından örneklenen farklı renklerdeki iyi kaynaşmamış ignimbirit örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları, ortalama 62-146 kg/cm² arasında olup, ortalama en yüksek değerler S1 ve D1 örneklerinden, ortalama en düşük dayanımlar ise M1 ve K1 örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Kayaçların bileşim ve dokuları ile birlikte, deney şartları (yükleme hızı, numunenin standartlara uygun hazırlanması vb.) tek eksenli basınç dayanımlarını önemli oranda kontrol etmektedir (Goodman, 1989). İncelenen örneklerin düşük direnç

göstermesinde kayacın iyi kaynaşmamış olması yanında, mineralojik özelliklerinin, birim ağırlık, ayrışma ve porozite değerlerinin yüksek olmasının da etkin olduğu düşünülmektedir. Özellikle opak mineral içeriği ile ince taneli kristal ve matriks oranı fenokristal oranından yüksek örneklerin, diğer örneklerle göre nispeten daha yüksek dayanım değerleri sundukları belirlenmiştir. İncelenen örnekler, ISRM (1981)'e göre, “düşük dirençli” kaya, Deer ve Miller (1966)'e göre, “çok düşük dirençli” kaya sınıflarında yer almaktadır.

Kullanım Alanına İlişkin Öneriler

Kayaçların yüksek poroziteleri sonucu yüksek su emme değerleri, don sonucu etkilerinin belirlenmesinde etkin bir değerlendirme ölçütü olarak kullanılmaktadır. Tarihi ve güncel yapılardaki gözlemlerde, bu taşlardaki en önemli bozulmalar, nemlenme sonucu donma-çözülme süreci sonucunda yaşanmakta olup, pul pul dökülmeler şeklinde olmaktadır. Bu nedenle yapıdaki kullanım alanında donma-çözünme süreçlerinin etkin olduğu yörelerde suyla temas etmemesi, özelliklerinin bozulmaması açısından oldukça önemlidir.

Araştırılan örnekler düşük dayanımlı olmalarına karşın, yöredeki 2-3 katlı yapılarda oldukça başarılı bir şekilde yapı taşı olarak kullanılagelmiştir. Çeşitli ticari adlara ve renklere ayrılan örneklerin fiziko-mekanik özelliklerine göre daha doğru kullanımı için yapılan öneride, Gülkurusu ve Kapadokya bejinin; dekoratif özelliklerinden dolayı daha çok bina dış yüzey kaplamalarında kullanımı özendirilmelidir. Sarı ve Damarlı (formika) olarak bilinen örneklerin ise mekanik mukavemetlerinin diğer tüflere göre nispeten biraz daha yüksek olması nedeniyle, daha çok birkaç katlı binalarda yapı taşı olarak kullanımının uygun olacağı düşünülmektedir. Diğer örneklerin ise, mekanik mukavemetleri nedeniyle, daha az katlı binalarda taşıyıcı ve dekoratif amaçlı kaplama malzemesi olarak kullanılmasının önerilmesi oldukça önemlidir. Ayrıca Sarı ve Damarlı diye anılan örneklerin, aşınmanın az olduğu alanlarda yer kaplaması olarak sınırlı bir kullanıma sahip olacağı düşünülmektedir. Özellikle, çok farklı renk ve desenler içeren tüfler iç mekan, dış cephe, merdiven, yer döşemesi, korkuluk, havuz ve kenarları, kemer, sütun, şömine ve balkonlarda başarıyla uygulanmakta, giriş holleri, restorasyon çalışmaları ve peyzaj projelerinde vazgeçilmez elemanlar olarak yer almaktadır.

Ocaktaki farklı renk ve dokusal özellikleri yanında mühendislik özelliklerinin az çok farklılıklar sunması nedeniyle, kullanım alanında yan yana ya da üst üste kullanılmasına dikkat edilmeli, mekanik mukavemeti daha iyi olan ile daha düşük olanın yan yana ya da üst üste kullanılmamasına özen gösterilmelidir. Bu taşların birinde meydana gelebilecek bozulma diğerini de kolaylıkla etkileyebilecektir. Ayrıca, bu taşların kullanım yerinde rüzgar, yağış yönü ve şiddetine bağlı olarak yersel bozulmalar yaygın şekilde gözlenebilmektedir.

SONUÇLAR

Kavak ignimbiritleri bölgede oldukça geniş alanlarda yüzeylenen ve çeşitli volkanik kayaç parçalarına ait çakıllar ile pomza çakıllarından oluşmakta, iyi kaynaşmamış ignimbirit özellikleri sunmaktadır. Bu araştırma kapsamında, aynı birimden 6 farklı renk ve dokuya sahip ignimbirit örnekleri değerlendirilmiştir.

Elde edilen verilere göre, incelenen piroklastiklerin jeolojik, kimyasal ve petrografik özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasında önemli etkileşimlerin olduğu belirlenmiştir. Özellikle petrografik incelemelerinde; opak mineral, ince taneli kayaç parçası içeriği ile matriks oranı-tane oranından yüksek olan örneklerin porozitesinin daha düşük, yoğunluklarının ve basınç dayanımlarının da nispeten daha yüksek değerler gösterdikleri belirlenmiştir.

İgnimbiritlerin kimyasal analizlerinden elde edilen verilerine göre özellikle SiO_2 içeriği düşük olan örneklerin basınç dirençleri de düşüktür. Ayrıca toplam demir içeriği ile ateşte kayıp oranı yüksek olan örneklerin basınç dirençlerinin de yüksek olduğu belirlenmiştir.

Renk ve mühendislik özellikleri az çok değişken olan örnekler, yıllardan beri bölgede cami, külliye, kilise, bina vb. yapılarda kullanılmakta, özellikle dekoratif özellikleri itibarıyla ülkemizin diğer bölgeleri için de alternatif yapı taşı olabilecek potansiyele sahiptir. Yoğunluklarının düşük olması nedeniyle, hafif yapı taşı olarak kullanımı, işlenmesi ve taşınması açısından uygun özellikler göstermektedir.

KATKİBELİRTME

Bu çalışma, Niğde Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince desteklenmiştir. Proje No: FEB 2006/03.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aydan, Ö., Ulusay, R., Yüzer, E., 1999. Man-made structures in Cappadocia, Turkey and their implications in rock mechanics and rock engineering. *ISRM News Journal*, 6 (1), 63-73.
- Aydan, Ö., Ulusay, R., 2003. Geotechnical and geoenvironmental characteristics of man-made underground structures in Cappadocia, Turkey. *Engineering Geology*, 69, 245-272.
- Aydan, Ö., Tano, H., Watanabe, H., Ulusay, R., Tuncay, E., 2007a. Kapadokya bölgesinde antik ve güncel kaya yapılarının kaya mekaniği açısından değerlendirilmesi. *Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu*, 17-20 Ekim 2007 Niğde, *Bildiriler Kitabı*, 1-12.
- Aydan, Ö., Tano, H., Ulusay, R., Kumsar, H., Yenipınar, H., 2007b. Derinkuyu yeraltı şehrinin uzun süreli yapısal duraylılığı ve çevre koşullarının incelenmesi üzerine deneysel bir çalışma. *Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu*, 17-20 Ekim 2007 Niğde, *Bildiriler Kitabı*, 24-34.
- Beekman, P.H., 1966. The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasandağ-Melendizdağ region. *MTA Bull.*, Vol. 66, 99-106.
- Besang, C., Eckhardt, F., J., Harre, W., Kreuzer, H., Müller, P., 1977. Radiometrische Altersbestimmungen an Neogenen Eruptivgesteinen der Türkei. *Geol.Jb. B* 25, 3-36.
- Deere, D.U., Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. *Technical Report No. AFWL-TR-65-116*, Air Force Weapons Lab., Kirtland Air force Base, 308 pp.
- Ercan, T., Tokel, S., Can, B., Fişekçi, A., Fujitani, T., Notsu, K., Selvi, Y., Ölmez, M., Matsuda, J. I., Ul, T., Yıldırım, T., Akbaşı A., 1990. Hasandağ-Karacadağ (Orta Anadolu), dolaylarındaki Senozoyik yaşlı volkanizmanın kökeni ve evrimi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 18, 39-54.
- Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, J., Ul, T., Notsu, K., Fujitani, T., 1992. New geochemical isotopic and radiometric data of the Quaternary volcanism of Hasandağı-Karacadağ (Central Anatolia). *TJK Bülteni*, 7, 8-21.
- Erdoğan, M., 1986. Nevşehir-Ürgüp yöresi tüflerinin malzeme jeolojisi açısından araştırılması. *İ.T.Ü. Maden Fak., Doktora Tezi*, 100 s (yayımlanmamış).
- Erguvanlı, K., 1975. *Mühendislik Jeolojisi*. İTÜ Gümüşsuyu Matbaası, İstanbul, 590 s.
- Franklin, J. A., Chandra, R., 1972. The slake durability test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sc.* 9, 325-341
- Goodman, R. E., 1989. *Introduction to Rock Mechanics*. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 562 pp.
- Gökçeoğlu, C., Ulusay, R., Sönmez, H., 2000. Factors affecting the durability of selected weak and clay-bearing rocks from Turkey, with particular emphasis on the influence of the number of drying and wetting cycles. *Engineering Geology* 57 (3-4), 215-237
- Güleç, N., Toprak, V., Arcasoy, A., 1997. Evaluation of Melendiz Volcanic Complex using remote sensing and geographic information systems. *ODTU-AFP: 97-03-09-02*, 84 s.
- Innocenti, F., Mazzuoli, G., Pasquare, F., Radicati Di Brozolo, F., Villari, L., 1975. The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia; geochronological data on Kayseri-Niğde area. *Geol. Mag.* 112 (4), 349-360.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. *Rock characterization, testing and monitoring. ISRM Suggested methods*. E.T. Brown (ed.), Pergamon Press, 211 pp.
- Le Pennec, J.L., Bourdier, J.L., Froger, Temel, A., Camus, G., Gourgaud, A., 1994. Neogene ignimbrites of the Nevşehir plateau (Central Turkey): stratigraphy, distribution and source constraints. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 63, 59-87.
- Le Pennec J.L., Temel, A., Froger, J.L., Sen, S., Gourgaud, A., Bourdier, J.L., 2005. Stratigraphy and age of the Cappadocia ignimbrites, Turkey: reconciling field constraints with paleontologic, radiochronologic, geochemical and paleomagnetic data. *Journal of Volcanology And Geothermal Research* 141 (1-2), 45-64.

- Maharaj, R. J., 2001. Assessment of volcanic rock for construction in the Federated States of Micronesia. Proceedings of the Aggregate 2001-Environment and Economy, 6-10 August 2001, (P. Kuula-Vaisaen and R. Uusimäki, editors), Helsinki, Finland, vol. 1, 121-127
- Mcnally, G.H., 1998. Soil and rock construction materials. E and FN Spon, Firms published, London and New York, 403 pp.
- NBG (Norwegian Group for Rock Mechanics), 1985. Engineering Geology and Rock Engineering. Handbook No 2, 249 pp.
- Pasquare, G., 1966. Outlines of the Neogene and Quaternary volcanism of Asia Minor. *Accad. Naz. Dei Linc.*, 40, 1077-1085.
- Pasquare, G., 1968. Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia. *Memorie: Roma, Accademia Nazionale Dei Lincei*, 55-204.
- Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L., Zanchi, A., 1988. Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics* 146, 217-230.
- Postacıoğlu, B., 1987. Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton. Cilt 1-2, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 404 s.
- Schumacher, U. M., Schumacher, R., 1996. Problems in stratigraphic correlation and new K-Ar data for ignimbrites from Cappadocia, Central Turkey. *International Geology Review* 38, 737-746.
- Temel, A., Gündoğdu, M.N., Gourgaud, A., Le Pennec, J.L., 1998. Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey): petrology and geochemistry. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 85, 447-471.
- Topal, T., 1995. Formation and deterioration of fairy chimneys of the Kavak tuff in Ürgüp-Göreme area (Nevşehir-Turkey). PhD Thesis, METU, Ankara, 250 p (Unpublished).
- Topal, T. and Doyuran, V., 1997. Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff. *Engineering Geology*, 47, 175-187.
- Toprak, V., Göncüoğlu, M. C., 1993. Tectonic control on the development of the Neogene Quaternary Central Anatolian volcanic province, Turkey. *Geological Journal*, 28, 357-369.
- Türkecan, A., Akçay, A. E., Satır, M., Dönmez, M., Ercan, T., 2003. Melendiz Dağları (Niğde) volkanizması. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, 16-17.
- Ulusay, R., Akagi, T., Ito, T., Seiki, T., Yüzer, E., Aydan, Ö., 1999. Long term mechanical characteristics of Cappadocia tuff. Proceedings of the 9th ISRM International Congress, G.Vouille and P. Berest (eds.), Paris, France, A.A. Balkema, 687-690.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Topal, T., Sönmez, H., Tuncay, E., Ergüler, Z.A., Kaşmer, Ö., 2006. Assessment of environmental and engineering geological problems for the possible re-use of an abandoned rock-hewn settlement in Urgüp (Cappadocia), Turkey. *Environmental Geology*, 50, 473-494.
- Ulusay, R., Aydan, Ö., 2007. Kapadokya bölgesinde bazı yeraltı açıklıklarındaki tüflerin kaya mühendisliği açısından değerlendirilmesi. *Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu*, 17-20 Ekim 2007 Niğde, Bildiriler Kitabı, 13-23.
- Viereck, G.L., Lepetit, P., Ganskow, G., Gürel A., 2006. The volcanic stratigraphy of Cappadocia, Central Anatolia. EGU General Assembly 2006, Vienna, Geophysical research Abstracts Vol. 8, 10301.