



# Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Domu Çevresinin Jeomorfolojik Özellikleri

*Geomorphological features of surroundings of Meydan Caldera and Gürgürbaba Dome*

Ebru Akköprü<sup>\*a</sup>, Remzi Tunç<sup>b</sup>, Anne Kyria Robin<sup>c</sup>, Damase Mouralis<sup>d</sup>

## Makale Bilgisi

DOI:

10.33688/aucbd.615971

Makale Geçmişi:

Geliş: 05.09.2019

Kabul: 17.10.2019

Anahtar Kelimeler:

Van Gölü Havzası

Meydan Volkanı

Gürgürbaba Domu

Obsidyen

Kaldera

## Öz

*Bu çalışmada, Van Gölü'nün kuzeyinde Van ili sınırları içinde yer alan Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Domu çevresinin jeomorfolojik özelliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir. İnceleme alanının jeomorfolojik evriminde etkili olan tektonik, volkanik ve hidrografik faktörler araştırılmış, volkanik kayaların yaşlandırılması amacıyla radyometrik yaşlandırma (<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar) yöntemleri uygulanmış ve tematik haritalama çalışmaları için Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılmıştır. Volkanik kayalardan (obsidyen) alınan örnekler üzerinde radyometrik yaşlandırmalar yapılmış ve sonuçlar literatürde verilen yaşlar ile karşılaştırılmıştır. Jeokimyasal analizler (LA-ICP-MS) yapılarak volkanik ürünlerin kökenleri ve özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda Meydan Kalderası'nın, Gürgürbaba obsidyen domunun oluşumundan (420±24 ka) önceki bir dönemde çökerek oluştuğu ve Gürgürbaba Domu'nun oluşumu sırasında Meydan Kalderası'nın doğu yamacını tahrip ettiği sonucuna varılmıştır. Meydan volkanik alanı içinde yayılan tüm obsidyenlerin kaynağının Gürgürbaba Domu olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, Meydan volkanizması drenaj ağında da değişikliğe neden olmuştur. Eski topografyaya göre şekillenen akarsuların drenaj tipi değişerek yeni volkanik topografyaya uyumlu radyal tipte bir drenaj ağı gelişmiştir.*

## Article Info

DOI:

10.33688/aucbd.615971

Article History:

Received: 05.09.2019

Accepted: 17.10.2019

Keywords:

Van Lake Basin

Meydan Volcano

Gürgürbaba Dome

Obsidian

Kaldera

## Abstract

*The aim of this study is to investigate the geomorphological characteristics of Meydan Volcanic area located in the Van province north of Lake Van. Factors such as tectonic volcanic, hydrographic, which are effective in the geomorphological evolution of the study area were investigated, radiometric aging (<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar) methods were applied for the aging of volcanic rocks and Geographic Information Systems were used for thematic mapping studies. Radiometric dating was performed on the samples taken from volcanic rocks (obsidian) and the results were compared with the ages given in the literature. Origin and features of volcanic products were determined by geochemical analysis (LA-ICP-MS). As a result of the study, it was concluded that Meydan Caldera had collapsed before the formation of the Gürgürbaba obsidian dome (420±24 ka). The later extrusion of the dome has been and destroyed the eastern slope of Meydan Kalderası during the formation of Gürgürbaba Dome. It is understood that the source of all obsidian spread in the volcanic area of the Meydan is Gürgürbaba Dome. In addition, Meydan volcanism caused a change in the drainage network. The drainage type of the rivers formed according to the old topography has changed and a radial type drainage network compatible with the new volcanic topography has developed.*

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ebru Akköprü, ebruakkopru@yyu.edu.tr

<sup>a</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van/Türkiye, <http://orcid.org/0000-0001-8751-7771>

<sup>b</sup> MEB Kozluk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Batman/Türkiye, <http://orcid.org/0000-0002-8094-7629>

<sup>c</sup> Université Panthéon Sorbonne Paris 1, Paris /Fransa, <http://orcid.org/0000-0003-1642-1793>

<sup>d</sup> Université de Rouen, Rouen/Fransa, <http://orcid.org/0000-0001-7748-0258>

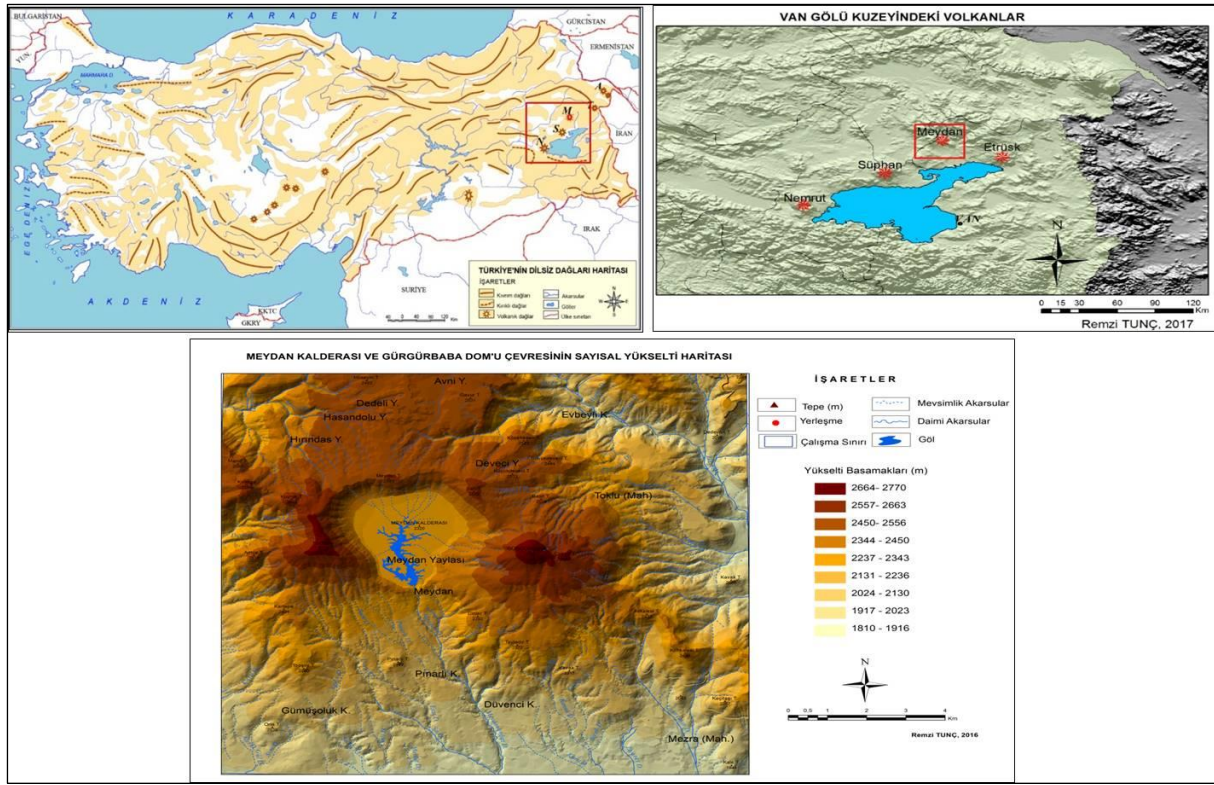
## 1. Giriş

Van Gölü Havzası, içindeki diğer kapalı havzalar (Erçek gölü vb.) ile birlikte ortalama 17.902 km<sup>2</sup> alan kaplar (Altan, 2017: 1). Havza volkanik topografya bakımından oldukça zengindir. Havza içinde Nemrut (3542 m.), Süphan ( 4434 m.), Esrük ( 3100 m.), Girekol (2140 m.), Ağırkaya (3180 m.), Aladağlar (3255 m.), Pirreşit (3084 m.), Bilican (2725 m.), Alikelle (2696 m.), Köseadağ (2700 m.) gibi volkanik dağlar bulunmaktadır (Şekil 1). Havza içindeki genç volkanik faaliyetler Orta Miyosen 'de başlamış ve tarihsel dönemlere kadar devam etmiştir (Arslan, 1994: Bigazzi vd. 1989,1997: Bushara, 1989: Ercan vd., 1990: Güner, 1984: Inocennti vd., 1976: Inocennti vd., 1980: Keskin vd., 2012: Keskin, 1998: Maxson, 1936: Özdemir vd., 2011: Özdemir vd., 2012: Özdemir ve Güleç, 2014:Özgür, 1993: Savcı, 1980: Sür, 1972: Şaroğlu ve Yılmaz, 1984, 1998: Yalçınlar, 1973 ). Meydan kalderası ve çevresi Van Gölü kapalı havzası içindeki önemli bir diğer volkanik alandır ve Van İli Erciş İlçesi'nin 7 km kuzeybatısında bulunmaktadır (Şekil 1). İnceleme alanının kuzeyinde Ağırkaya Volkanı, doğusunda Zilan Vadisi, güneyinde Kocapınar, batısında Dedeli Yerleşmesi ile sınırlanmıştır. Araştırma alanının sınırlarının tespitinde, Meydan Volkanı ve Gürgürbaba Domu'nun volkanik malzemelerinin yayılım alanı göz önünde bulundurulmuştur. Meydan volkanik alanında en yüksek nokta 2778 m ile Gürgürbaba Domu zirvesidir, Meydan Kalderası'nın tabanı ise 2320 m yükseltiye sahiptir (Şekil 2).



Şekil 1. Van Gölü çevresindeki volkanlar

Kaynak: Google Earth



Şekil 2. Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Domu çevresinin lokasyon haritası

Kaynak: Tunç, 2018

İnceleme alanı olarak Meydan Volkanı ve Gürgürbaba Domu çevresinin seçilmesindeki amaç; alanın jeomorfolojik özelliklerinin anlaşılması, volkanik kompleks içindeki obsidyen içerikli riyolitik domların jeokimyasal özelliklerinin tespit edilmesi ve bu alandaki volkanizmanın Van Gölü kapalı havzasının su toplama alanı üzerindeki etkisini araştırmaktır.

İnceleme alanı daha önce morfolojik olarak detaylı olarak incelenmemiş bir volkanik sahadır. Araştırmalar, kısaca *Geobs* olarak isimlendirilen “*Doğu Anadolu Obsidyenlerinin Coğrafyası: Kaynakları, Karakteristik Özellikleri ve Prehistorik Dönem Süresince Yayılımı*” başlıklı, Türk ve Fransız araştırmacıların ortak projesi (L’ANR Geobs-YYÜ-Bap-2015-ED-B285) kapsamında yürütülmüştür. İnceleme alanında özellikle aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

- Volkanik aktivitenin morfoloji üzerindeki rolü nedir?
- İnceleme alanı üzerinde bulunan iki volkanik oluşum (Meydan Volkanı ve Gürgürbaba Domu) arasındaki ilişki nedir?
- Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Domu çevresindeki volkanik çökeller yardımıyla alanın göreceli kronolojisi belirlenebilir mi?
- Alandaki volkanizmanın akarsu ağının kuruluşu ve Van Gölü kapalı havzasındaki su toplama alanı üzerindeki rolü nedir?
- Alandaki volkanik kayaçların jeokimyasal özellikleri nelerdir ve volkanizma yaşı nedir?

İnceleme alanı ve yakın çevresi ile ilgili literatür araştırmalarını eskiden yeniye doğru kronolojik olarak vermek gerekirse en eski çalışma Inocenti vd. (1976)’nın, yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada K-Ar yöntemi uygulanarak  $5,6 \pm 1,1$  My ile  $4,6 \pm 0,1$  My yıl arasında yaş sonuçları elde edilmiştir. Inocenti vd. (1980), bir diğer çalışmalarında çok sayıda lavda yine K-Ar yöntemi ile radyometrik yaşlandırma yapmış ve  $6,2 \pm 0,2$  My yıl ile  $430.ka \pm 150$  ka yıl arasında sonuçlar elde etmiştir. Akdoğan ve Kılıç (1987), Meydan Dağı kraterinin oluşumundan sonra çökerek bir kaldera meydana geldiğini savunmuşlardır. Güner ve Şaroğlu (1987), Meydan Dağı’nın strato tipi bir volkan

olduğunu ve volkanın zirvesinde kalderasının bulunduğunu, ayrıca Meydan Volkanı'nın Aladağ Volkanları sistemi içerisinde olduğunu belirtmektedirler. Özgür'ün (1993) çalışmasına göre ise Meydan kalderası patlama tipi bir kalderadır. Arslan (1994), doktora çalışmasında sahadaki ilk volkanik aktivitenin muhtemelen Geç Burdigaliyen döneminde fissür tipte çıkışlarla olduğunu yazmıştır. Arslan (1997) bir diğer çalışmasında ise Gürgürbaba Domu'nun piliniyen ve feratomağmatik tip bir patlama sonucu oluştuğunu belirtmiştir. Bigazzi vd. (1997) çalışmasına göre, Meydan Dağı, volkanik etkinliğine Pliyosen'de başlamış olup, önce andezit, dasit ve riyolit türde lavlar, daha sonra Kuvaterner'de ise perlit ve obsidyenler çıkarmıştır. Ercan vd. (1990) çalışmasına göre Meydan Dağı volkanik etkinliğe Pliyosen'de başlamış ve Kuvaterner'deki obsidyen çıkışları ile volkanik faaliyet sona ermiştir ve çalışmada Meydan Dağı'nın riyolitik lavlarında  $5,75 \pm 0,46$  My; Meydan Dağı'nın obsidyenlerinde ise 450 ka yıl ile 990 ka yıllık sonuçlar elde etmiştir. Bilgin vd. (2012) obsidyen zonunun uzunluğunu 1.250 m, genişliğini 250 m ve kalınlığını 8 m olarak hesaplamışlar obsidyenlerle alakalı olarak yapılan rezerv hesaplamalarında, 5.850.000 tonluk obsidyen miktarı ortaya konmuştur.

### 1.1. Meydan Volkanik Alanının Genel Jeolojik Özellikleri

Meydan Volkanı ve Gürgürbaba Domu volkanik alanının jeolojik gelişiminin Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner formasyonları olmak üzere 3 aşamada meydana geldiği saptanmıştır (Arslan, 1994: 12-35). Bölgenin temelini, özellikle Van Gölü'nün güneyinde yüzeylenen Paleozoyik yaşlı Bitlis kristalin masifi oluşturmaktadır. Kretase-Paleosen ofiyolitlerini de içeren bu temel, çalışma alanında Neojen yaşlı denizel ve karasal çökeller ile Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik ürünler tarafından tamamen örtülmüştür (Özgür, 1993: 30). Sahadaki Geç Burdigaliyen çökelleri arasında herhangi bir volkanik malzeme bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu sahadaki volkanik aktivite Geç Burdigaliyen döneminden sonra başlamıştır (Innocenti vd. 1980: 295) (Şekil 3).

#### 1.1.1. Miyosen Dönemi litolojik birimleri.

Arslan (1994: 12), çalışma alanında Miyosen dönemine ait altere andezit, Kızıldere Formasyonu (lav akışları, tüf, tüfit, killi kireçtaşı, kumtaşı ve marn), Kızıldere lavları, andezit, trakiandezit ve dasit gibi alt birimler belirlemiştir (Şekil 3).

*Altere Olmuş Andezit:* Bu formasyon Kızıldere formasyonu altında bulunmaktadır ve inceleme alanının doğusunda Kavak Tepe'nin kuzeyinde çok küçük bir alanda yüzeylenmiştir (Arslan, 1994: 12).

*Kızıldere Formasyonu:* Meydan volkanik alanında volkanik aktivitenin başlatılması, günümüzde Kızıldere volkanik alanını oluşturan kalk-alkali lavların (andezitler, trakiandezitler, dasitler) kurulmasıyla 13,1 Ma olarak tahmin edilmektedir (Innocenti vd. 1976: 106). Bu formasyon çalışma alanının kuzeydoğusunda geniş bir alanı kapsamaktadır. Mağara Köyü yakınlarında, Gelintaşı Tepe, Kayak Tepe, Dimso Tepe ve Tavşan Tepe civarında yaygın olarak bulunur. Bilgin vd. (2012: 87) Miyosen yaşlı Kızıldere Formasyonu 450-500 m civarında bir kalınlığa sahiptir.

*Andezit:* Buradaki andezitlerin üzeri trakiandezit akışları ile örtülmüş durumdadır. Kardoğan Köyü'nün kuzeydoğusunda 15 m kalınlıkta bir birim oluşturmuştur. Kuzeyde de Aladağ Lavları tarafından örtülmüştür (Arslan, 1994: 16).

*Trakiandezit:* Zilan Vadisi'nin hem batı hem doğu kenarı boyunca bu karakterde lavlar yayılmıştır. Zilan Vadisi'nin doğusundaki trakiandezitler Kızıldere Formasyonu ve dasit akıntılarının üzerine akmıştır (Arslan, 1994: 17). Zilan Vadisi'nin batısında Mısır Tepe ve Kale Tepe etrafında geniş bir alanı kaplamaktadır (Arslan, 1994: 17).

*Dasit:* Dasit lavlar inceleme alanının hem güneydoğusunda hem de kuzeydoğusunda bulunmaktadır ve güneydoğuda (Alikalesi ve Köhkalesi Tepe) daha geniş yayılım alanına sahiptir (Şekil 3) (Arslan, 1994: 17).

### 1.1.2. Pliyosen Dönemi litolojik birimleri.

**İgnimbirit:** İgnimbirit akıntıları inceleme alanının kuzeydoğusunda geniş bir alanı kaplamakta hatta çalışma alanının dışına kadar uzanmaktadır. İgnimbirit akıntıları en iyi Evbeyli Köyü batısında, Semi kayaları sırtı, Mağara Köyü kuzeyinde en fazla yayılıma sahip litolojidir (Arslan, 1994: 18).

**Alkali Olivin Bazalt:** Meydan Volkanı'nın güneybatısında bulunan bu lav akışları Arslan'a (1994: 19) göre Meydan volkanik faaliyetinin ilk ürünleridir ve alkali karakterdedir (Şekil 3). Bu alkali olivin bazaltlar Pınarlı, Gümüşoluk ve Gültepe Köyleri çevresinde görünmektedir (Arslan, 1994: 19).

**Hawaiiit:** Olivinli ve andezitli bazalt veya sadece olivinli bazalttan oluşan Hawaii Lavları (Ardos 1987:48), Meydan volkanizmasına ait lavlar içinde büyük hacimli ikinci lav türüdür. Bu lav akıntılarında ait çıkış merkezlerinden bazıları Meydan Kalderası'nın güneybatısında yer alan Kar Tepe ve Topşini Tepe ve kuzeydoğuda Küçükdeveci Tepe'dir. İnceleme alanı içinde hawaiiit lavları yarık/çatlak volkanizmasıyla oluşmuştur ve diğer başka alanlarda da (Hasandolu, Dedeli, Avni yaylalarında) yayılım alanına sahiptir (Arslan, 1994: 19).

**Mugearit Lavlar:** Mugearitler siyah-koyu gri ve kırmızımsı renkli volkanik kayalardır. Bunlarda 1-2 cm boyutunda kahve renkli feldispat kristalleri bulunur. Mugearitler Kuyruk Tepe, Kot Tepe, Meydan Tepe, Çayırbiçen Dere, Hüseyin Dere ve Göктаş Köyü civarında yaygın bir şekilde bulunmaktadır (Foto 1). Mugearit lavların kalınlığı 75-200 m arasındadır (Arslan, 1994: 21). Meydan Kalderası'nın kuzey duvarını mugearit lavları oluşturmaktadır.

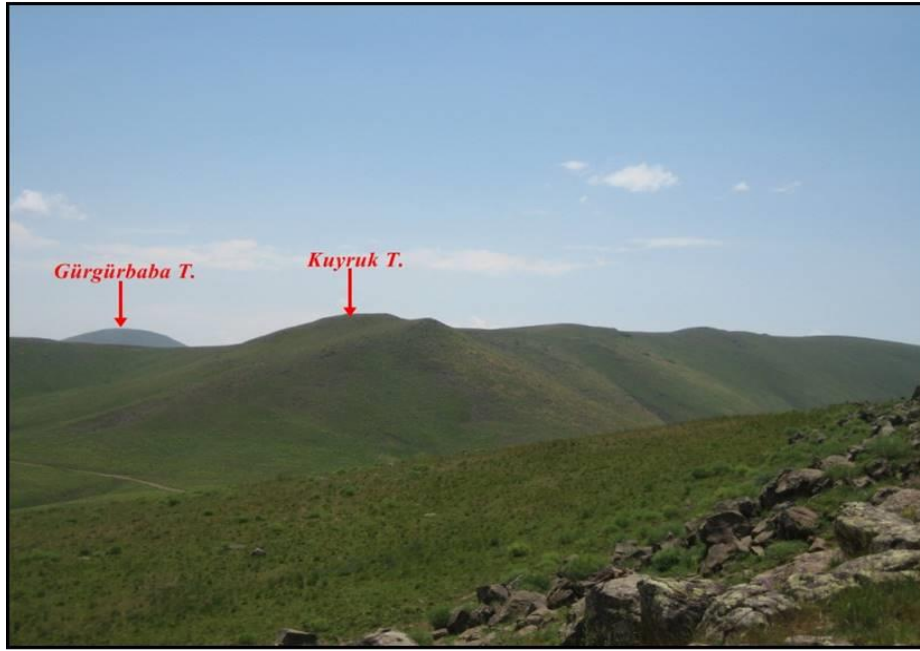


Foto 1. Kalderanın batısı, Mugearit lavlarından oluşan Kuyruk Tepe (2645m)

**Benmoreyit Lavlar:** Bir trakiandezit kayaç olan bu lav (Gillespie 1999:41) örtüsü Basrı Tepe, Meydan Kalderası'nın kuzeydoğusunda bir kubbe olarak ortaya çıkar. Bunlar küçük bir alanla sınırlıdır (600 m<sup>2</sup>). Benmoreyit lavlar Gürgürbaba'nın riyolit ve obsidyen akışları tarafından örtülür (Arslan, 1994: 21).

**Trakit:** Trakitler Meydan Kalderası'nın batı duvarı boyunca uzanır. Meydan Tepe ve çevresinde kalderanın kuzeyinde trakit akışları Mugearitlerin üzerini örtmektedir. Trakitlerin kalınlığı 200-300 m arasındadır. Trakitler Meydan volkanizmasının son faaliyetlerine ait ürünlerdir (Arslan, 1994: 22).

### 1.1.3. Kuvaterner Dönemi litolojik birimleri

İnceleme alanı sınırları içinde yüzeylenen en geniş jeolojik formasyon Kuvaterner formasyonudur.

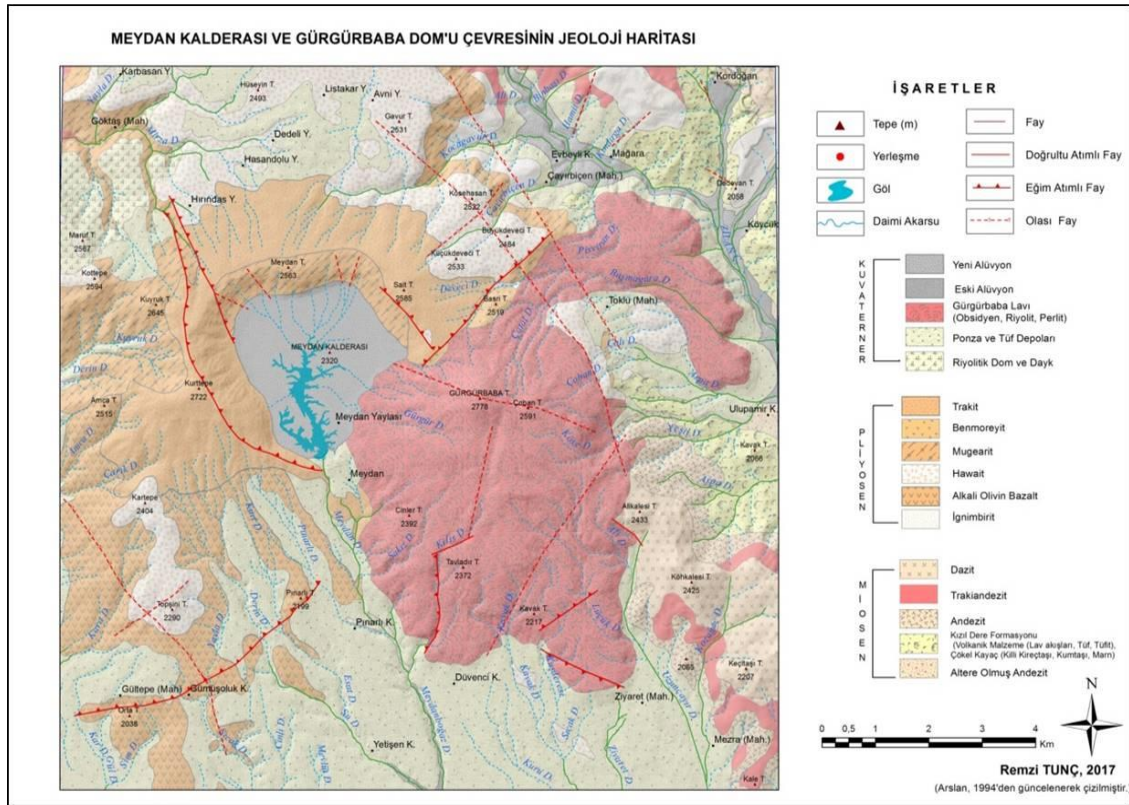
**Riyolitik Dom ve Dayklar:** İnceleme alanında bulunan Maruf Tepe ve Kot Tepe güneyinde riyolitik dom ve dayklar bulunur. Bunlar genellikle gri, beyazımsı gri renklidir ve feldispatlar küçük kristalli olup bazende perlitik ve cam mineralleri de bulunur (Arslan, 1994: 22).

**Pomza ve Tüf Depoları:** Bunlar, Doğancı ve Yetişen köyleri civarında, Erciş-Patnos karayolu boyunca, doğu-batı doğrultusunda geniş bir alanı kaplamaktadır (Arslan, 1994: 23).

**Gürgürbaba Lavları:** Gürgürbaba lavlarının yapısı gri-siyah riyolit, kahverengi-siyah obsidyen ve gri perlitlerden oluşur. En kuzeyde Zilan Vadisi'ne kadar en güneyde ise Düvenci Köyü'ne kadar geniş bir alana yayılmıştır (Şekil 3, Foto 2) (Arslan, 1997: 166).

**Eski Alüvyonlar:** Mağara ve Çayırbiçen Dere civarında eski alüvyonlar geniş bir alan kaplar. Eski alüvyonlar Zilan Vadisi boyunca hemen genç alüvyonlara paralel olarak uzanmaktadır (Arslan, 1994: 167).

**Genç Alüvyonlar:** Genç alüvyonlar çalışma alanımızda Çağdaş Köyü'nün güneyinde, Meydan Kalderası'nın, Zilan Vadi tabanında ve Meydan Dere yatağı içinde gözlenmektedir. Eski alüvyonlarla karşılaştırıldığında malzemenin boyu daha küçüktür (Şekil 3) (Arslan, 1994: 167).



Şekil 3. Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Domu Çevresinin Jeoloji Haritası

Kaynak: Tunç 2018



Foto 2. Ulupamir Köyü civarındaki Gürgürbaba obsidyen akıntısı

## 2. Materyal ve Yöntem

### *Haritalama Çalışmaları*

Haritalama çalışmaları için çalışma alanıyla ilgili 1/25.000 ölçekli topografya haritaları temin edilerek arazi gözlemleri sırasında elde edilen verilerin topoğrafya ve jeoloji haritalarının üzerinde, gerekli görülen kısımlarında, güncelleme çalışmaları yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak sahamıza ait 1/25.000 ölçekli topografya, jeoloji, jeomorfoloji, eğim ve hidrografya haritaları çizilmiştir. Haritaların tümü ArcGIS yazılımının uzantısı olan ArcMap (10.5) programı kullanılarak üretilmiştir.

### *Arazi Çalışmaları*

Araştırmanın başladığı 2014-2015 yılları bahar ve yaz aylarında yapılan arazi incelemeleri sırasında haritalama ve örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Özellikle jeokimyasal ve yaşlandırma analizlerinin yapıldığı obsidyen örnekleri alınmıştır. Örnek alımları Geobs projesi araştırma yöntem ve usullerine göre yapılmıştır. Aynı zamanda alanın jeomorfolojik birimlerini tespit ederek çeşitli çizim ve fotoğraflamalar yapılmıştır.

### *Yaşlandırma ve jeokimyasal analizler*

Araştırma alanına ait yaşlandırma ve jeokimyasal analizler Geobs projesi kapsamında yürütülmüş ve sadece obsidyen örnekleri üzerinde yapılmıştır. Jeokimyasal analizler LA-ICP-MS (*Laser Ablation Inducted Coupled Plasma Mass Spectrometer*) yöntemi uygulanarak yapılmıştır. Yaşlandırma analizleri ise  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yöntemi ile yapılmıştır.

Sonuçta; gerek literatür çalışmaları ve gerekse arazi çalışmaları süresince toplanan örneklerin farklı jeokimyasal analiz yöntemleri kullanılarak analizlerinin yapılması ile bir veri tabanı elde edilmiştir. Böylece haritalama, jeokimyasal analizler ve yaşlandırma analizleri yardımıyla volkanizma özellikleri, yaşı ve Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Domu'nun jeomorfolojik özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

### 3. Bulgular

#### 3.1. İnceleme Alanının Jeomorfolojik Özellikleri

Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemde volkanizma etkin bir şekilde gelişmiştir. Çok yaygın ve kalın olan volkanik malzemeler topografyanın şekillenmesinde tektonizma kadar etkin olmuştur (Şaroğlu ve Güner, 1981: 43). Bölgedeki sıcak su ve gaz çıkışları söz konusu volkanizmanın günümüzde de etkinliğini sürdürdüğüne ait verilerdir (Güner ve Şaroğlu, 1987: 371). Doğu Anadolu, aktif bir kıtasal çarpışma kuşağı olup bölgesel bir kubbe yükselimi morfolojisine ve uzun bir volkanik tarihe sahiptir. Yeni radyometrik yaş analizleri, bölgedeki volkanizmanın yaşı hakkında bilgiler vermektedir (15 My önceden 19. Yüzyıl'a) (Keskin vd. 2012: 372).

Van Gölü'nde ve havzasında yapılan çalışmalar ile havzanın tektonik hareketliliğinin Geç Miyosen-Erken Pliyosen döneminde (Miyo-Pliyosen geçiş döneminde) başlamış olabileceğini ve Pliyosen döneminde yoğunlaştığı tahmin edilmektedir. (Toker, 2017: 176). Göl kenarlarında özellikle gölün güney kıyılarında bindirme alanı bulunduğu ve bazı alanlarında ise fayların olması göl kenarları boyunca tektonik aktivitenin (çökme/yükselme) olabileceği belirlenmiştir (Çukur vd., 2014).

Araştırma sahasında genel olarak iki volkanik oluşum dikkat çekmektedir. Bunlardan biri tipik bir stratovulkan (İnnocenti vd. 1980: 296, Özgür, 1993: 32, Arslan, 1994: 22) özelliği gösteren Meydan Volkanı ve yayılımları, diğeri ise Gürgürbaba riyolitik obsidyen domudur (Foto 3, Şekil 3). Meydan Volkanik alanı jeomorfolojik olarak; vadiler, domlar, riyolitik obsidyen akıntıları, lav akıntı sahaları, lav platoları gibi birimlerden oluşmaktadır. Bu morfolojik birimlerin çalışma alanının volkanik olarak oluşum ve gelişim özellikleri açısından önemli bilgiler vermektedir.

İnceleme alanında Meydan Dağı ve Gürgürbaba Domu dışında ikincil çıkış merkezlerine de rastlanır ve bunlar farklı türde volkanik malzemeler çıkarmışlardır. Bu ikincil çıkış merkezleri Meydan stratovulkanının oluşumundan sonraki volkanik faaliyetler ile oluşmuşlardır. Bunlar; Küçük Deveci Volkanı (2533 m), Kuyruk Tepe (2645 m), Kottepe (2594 m), Meydan Tepe (2563 m), Basri Tepe (2519 m), Topşini Tepe (2290 m), Kar Tepe (2404 m), Maruf Tepe'dir (2567 m) (Şekil 4).



Foto 3. Meydan Kalderası

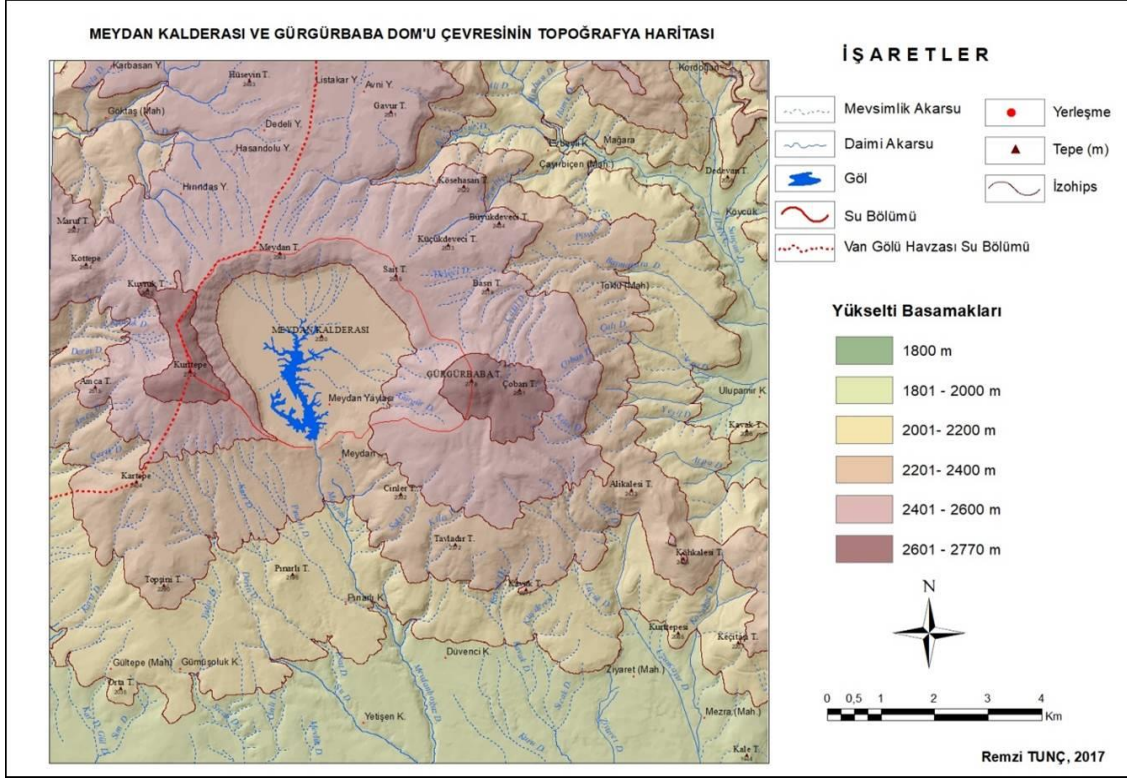
Topşini Tepe (2290 m), Kartepe (2404 m) ana volkan konisinin güneybatısında hawaii tipi lavlardan oluşmuş 150-200 m nisbi yükseltiye sahip birer volkanik konidir. (Arslan, 1994: 21). Kalderanın kuzeybatısında sıra halinde uzanan Kuyruk Tepe (2645 m) mugearit, Kottepe (2594 m), ve Maruf Tepe (2567) hawaii lavlarından oluşmuş diğer çıkış merkezleridir. Ortalama 150 m yükseltiye sahip olan bu volkanik koniler güneydoğu kuzeybatı yönlü bir eksen üzerinde dizili görülse de oluşumlarının bir fayla ilişkili olup olmadığı konusunda bir bilgi mevcut değildir. (Şekil 4)

Kalderanın batısında yer alan, yakın çevresindeki diğer volkanik konilere benzeyen ve ortalama 200m yükseltiye sahip olan Amca Tepe (2515 m) alkali olivin bazaltlardan oluşmuştur



(Arslan, 1994: 19-20-21). Kottepe ve Amca Tepe arasındaki mugearitlerin güneye akışını kesen 2 m boyutunda riyolitik dayklar olarak ortaya çıkar (Arslan, 1994: 23).

Ortalama 100 m yükseltiye sahip Basri Tepe (2519 m) kalderanın kuzeydoğusunda benmoreyit lavlarından oluşmuş bir domdur. Basri Tepe domunun oluşumu Meydan Volkanı'nın ilk faaliyetinden sonraki bir aşamada oluşmuştur (Arslan, 1994: 21).



Şekil 4: Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Domu Çevresinin Topografya Haritası  
Kaynak: Tunç 2018

### 3.2. Meydan Kalderasının Oluşumu

Meydan Volkanı'nın zirve kesiminde tabanı 2320 m'de bir kalderası bulunmaktadır. Gürgürbaba Domu'nun oluşmaya başlaması ile kalderanın doğu ve güneydoğu yarısı obsidyen akıntılarının altında kalarak yok olmuş ve buna bağlı olarak kaldera bugün yarım bir daire şeklini almıştır. Kalderanın ilksel geometrisinin bir daire veya oval olduğu düşünülmektedir.

Meydan Volkanı'nda inceleme yapan araştırmacılar kalderanın oluşumu ile ilgili farklı görüşler ortaya koymuşlardır.

Akdoğan ve Kılıç (1987), Meydan dağı kraterinin oluşumundan sonra çökerek bir kaldera meydana geldiğini belirtmiştir (Akdoğan ve Kılıç, 1987: 141).

Özgür'e (1993: 34), göre Meydan Kalderası, Meydan Stratovolkanının şiddetli patlamalarla tahrip edilmesi sonucu oluşmuş bir patlama kalderasıdır. Yazar bu görüşüne kanıt olarak şunları göstermektedir:

- Meydan Kalderasının ölçüleri yönünden dünyadaki patlama kalderası örneklerine uyması,
- Kalderanın çevresinde ring ve ışınsal fayların bulunmaması,

-Meydan Volkanından türeyen patlamalı püskürmelerin eseri volkanizma ürünlerinin çevrede yayılım göstermesi, patlamalı püskürmelerle çıkan volkanik ürünlerin merkezden çevreye doğru boylanması,

-Meydan Stratovolkanını oluşturan lavlardan koparılmış blokların daha yakın çevreye periklinal yayılım. (Özgür, 1993: 34-35).

Özgür (1993)'ün bahsettiği piroklastik ürünler alanda GEOBS projesi (2016-2017) kapsamında yapılan arazi çalışmaları sonuçlarına göre, Meydan Volkanı'ndan değil kalderanın kuzeyindeki Küçükdeveci ve Büyükdeveci konilerinden çıkmıştır. (Şekil 3).

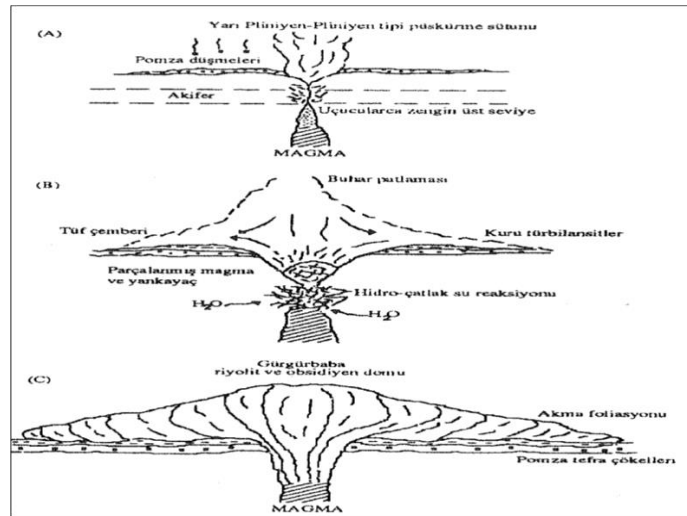
Arslan'a (sözlü görüşme, 03 Şubat 2016) göre; Meydan Volkanı'ndan püskürmüş olan ürünler, trakibazalttan, trakiandezitik bileşim özelliğine dönüşerek değişim göstermektedir. Bu nedenle patlamayı karakterize edecek piroklastik asidik ürünler üreten tuf-pomza vs bulunmamaktadır. Bu nedenle kaldera tipi çökme şeklinde gelişmiş olmalıdır. Ayrıca kalderanın batı duvarı faylı olup, doğu kısmını ise feratomagmatik patlama sonucu önce pomza üretmiş sonra da riyolit-obsidyenden oluşan Gürgürbaba Dom'u oluşmuştur. Bu nedenle Meydan Kalderası, Meydan Volkanı'ndan daha genç olan Gürgürbaba Domu'nun oluşumu ile tetiklenen bir çökme şeklinde oluşmuştur.

İnceleme alanında yapılan çalışmalar sonucunda Meydan Kalderası'nın çökme sonucu oluştuğu sonucuna varılmıştır. Kaldera çevresinde patlamayı karakterize edecek piroklastik malzemenin olmaması ve kaldera duvarının özellikle batı ve kuzeydoğu duvarlarının eğim atımlı faylarla kesilmiş olması ve ana koni akıntılarının ilksel konumlarını koruması bu fikrin oluşmasına neden olmuştur.

### 3.1.4. Gürgürbaba Domu

Gürgürbaba Domu'nun oluşumu şu şekildedir:

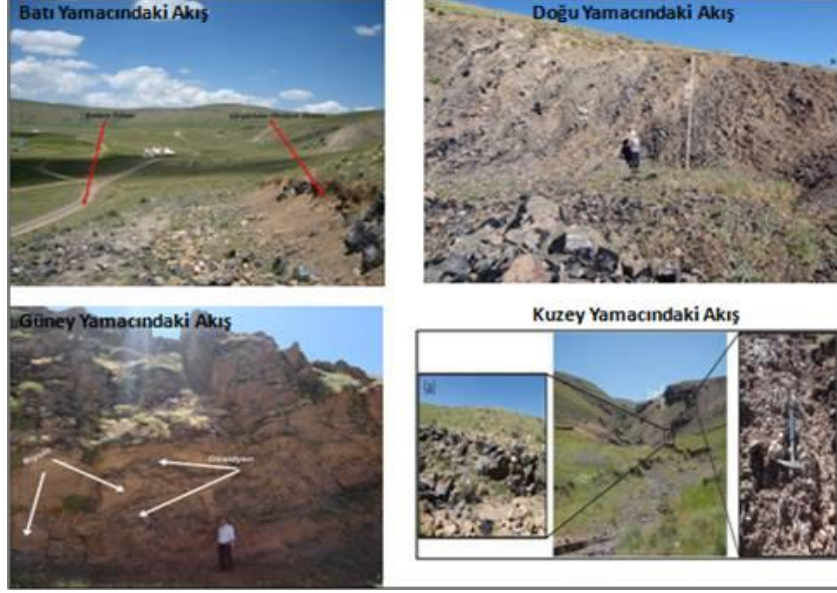
Şiddetli patlamalardan sonra volkanizmayı besleyen magmanın iç basıncı azalmış olmalıdır ki bu basıncı az magmadan beslenen ağdalı obsidiyen ve perlit lavları kalderanın doğusunu dolduran Gürgürbaba Domu'nu kurmuştur (Özgür, 1993: 34). Arslan'a (1997: 168) göre; Gürgürbaba Domu oluşumunu üç fazda tamamlamıştır. Pomza ve tefra çökelleri ile bunlarla ilişkili olduğu belirtilen Gürgürbaba riyolit domu'nun piliniyen ve feratomağmatik tip bir patlama sonucu gelişikleri düşünülmektedir. Riyolit domunun yerleşimi piliniyen tipi püskürme ile başlamış fakat pomza tefra oluşuklarının çökmesinden sonra son gelişimini tamamlamıştır (Arslan, 1997: 168), (Şekil 5).



Şekil 5. Gürgürbaba Domu'nun oluşumu

Kaynak: Arslan, 1997: 169

Araştırma alanında yapılan arazi çalışmaları ve harita incelemelerine göre Gürgürbaba Volkanik kütlesi tek bir dom olup birden fazla ve farklı özellikte obsidyen akışlarına sahip olduğu tespit edilmiştir(Foto 5).

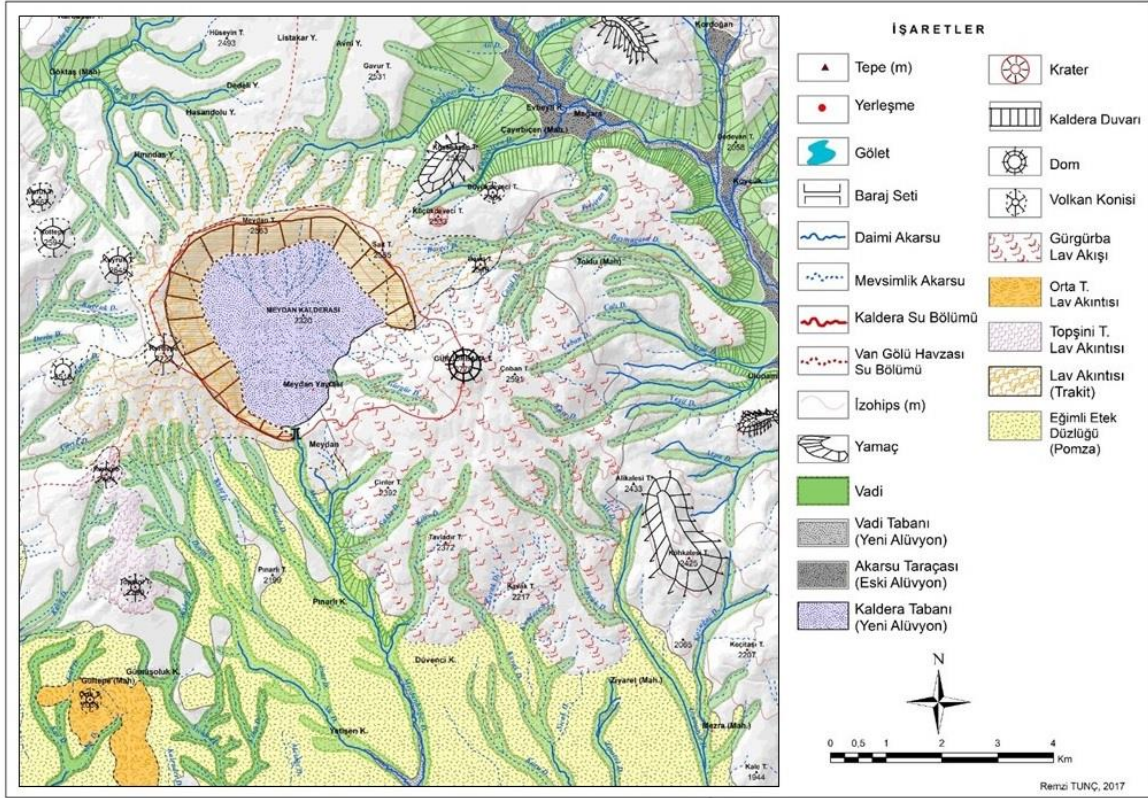


**Foto 5.** Gürgürbaba obsidyen ve riyolit akışları

Gürgürbaba Domu'nu oluşturan volkanik materyaller siyah, gri-siyah riyolitler, kahverengi obsidyen akışları ve gri perlitlerdir (Arslan, 1994: 23). Gürgürbaba Domu'nu oluşturan ürünler ile Meydan Stratovulkanını oluşturan ürünler arasında bir ilişkiye rastlanmamıştır (Robin, 2017: 80). Gürgürbaba Domu, Meydan Kalderası'nın oluşumundan sonraki dönemde meydana gelen volkanik faaliyetler sonucu oluşmuştur. Obsidyen ve riyolit lavları, kuzeyde Zilan Vadisine, güneyde ise Düvenci, Ziyaret, batıda Meydan köyüne, doğuda ise Ulupamir köyüne kadar geniş bir alana yayılmıştır (Şekil 6).

Robin (2017: 88)'e göre Gürgürbaba Kubbesi yamaçlardan zirveye doğru üç üniteden oluşmaktadır. Bu üniteler;

- 1.Yamaçlarda yayılmış yer alan piroklastik malzemeden oluşmuş az eğimli katman.
- 2.Kubbenin kuzeyinde ve doğuya doğru Ulupamir köyüne doğru akan piroklastik akışlar (Ulupamir akışı olarak adlandırılır).
- 3.Dik yamaçlardan oluşan yaklaşık 1 km çapındaki riyolitik kubbeden oluşan ünite.



Şekil 6. Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Domu Çevresinin Jeomorfoloji Haritası

Kaynak: Tunç 2018

### 3.1.5. İnceleme Alanının Akarsu Drenaj Özellikleri

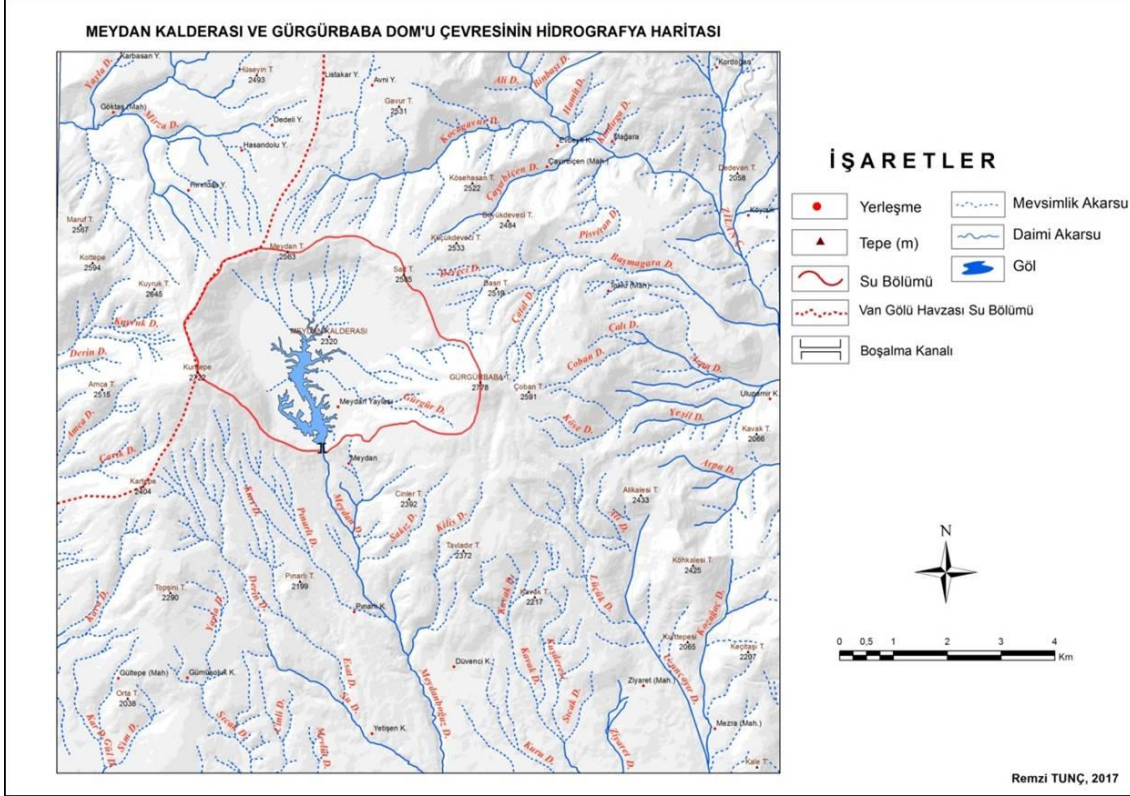
Meydan volkanik kompleksinin bugünkü morfolojik karakterini kazanmasında akarsuların faaliyetleri son derece önemlidir. Akarsular, geçtikleri bölgenin litolojisine, arazinin morfolojisine ve akarsuyun akış hızına bağlı olarak farklı akarsu ağları ve vadi şekilleri oluştururlar (Şekil 7).

Ancak özellikle genç volkanik alanlarda oluşan koni, dom ve kaldera gibi şekiller topografyayı yeniden şekillendirirler. Bu nedenle özellikle akarsu drenaj sistemi yeni morfolojik ünitelere bağlı olarak yeniden kurulur. İnceleme alanında volkan morfolojisinin karakteristik drenaj tipi olan radyal ve sentripetal akarsu drenaj sistemleri gelişmiştir. Radyal tipteki drenaj domlu yapıdaki morfolojiye bağlı olarak dağlık kütle üzerinde belirgin bir şekilde görülmektedir (Şekil 7). Bu drenaj tipini oluşturan akarsular, inceleme alanında özellikle Gürgürbaba Domu ve çevresindeki dereleridir (Çatal Dere, Çoban Dere, Çalı Dere, Köse Dere, Yeşil Dere, Küçük Dere, Kilis Dere, Sakız Dere, Arpa Dere). Yine, bu drenajı meydana getiren akarsular, kaldera içine akanlara (batıdakilere) oranla daha uzundurlar. Bu akarsular doğuda Zilan Çayı ile birleşerek Van Gölü'ne kadar ulaşabilmektedir. Van Gölü havzasında bu duruma benzer akarsu drenaj ağı üzerinde meydana gelen değişiklikler örnekler mevcuttur. En güzel örneği gölün güneybatısında bulunan Küçüksu-Kotum alanındaki drenaj sisteminde görülen büyük değişimdir. Nemrut volkanına ait piroklastik akıntılar Küçüksu-Kotum alanında birikerek topografyayı yeniden şekillendirmiştir. Bu değişim sonucunda önü tıkanan Küçüksu deresi akış yönünü değiştirmiş eskiden Dicle havzasına karışan bu su artık Van Gölü havzasının bir parçasıdır (Mouralis 2010).

Gürgürbaba Domu üzerinde gelişen radyal akarsular henüz fazla gelişmemiş ve derin vadiler oluşturmamışlardır. Bu durum, domun litolojisi (riyolitik obsidyen) ve aşınma karşı direnç özelliği de göz önüne alındığında Gürgürbaba Domu'nun yakın bir zamanda meydana geldiğini göstermektedir.

Diğer bir drenaj ağı ise kalderanın oluşumu ile birlikte gelişen, kaldera duvarının yüksek kesimlerinden kaynağını alıp kaldera tabanına doğru gittikçe birbirine yaklaşan sentripetal ağıdır.

Gerek Meydan volkanik alanı gerekse Gürgürbaba Domu üzerinde çok sayıda vadi gelişmiştir. Araştırma alanında radyal tipteki, Kilis Deresi, Meydan Deresi, Başmağara Deresi, Çayırbiçen Deresi, Kocagavur Deresi, Mirza Deresi, Küçük Dere, Kara Dere en derin ve dik yamaçlı 'V' şekilli kerkik vadileri olan akarsulardır (Şekil 7).



Şekil 7. Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Dom'u çevresinin hidrografya haritası  
Kaynak: Tunç 2018

İnceleme alanında özellikle mevsimlik olarak akan çok sayıda akarsu bulunmaktadır (Şekil 7). Meydan Volkanik Kompleksi'ndeki flüviyal morfolojinin şekillenmesinde önemli rol oynayan akarsu, kaynağını kalderanın yamaçlarından ve Gürgürbaba Domu'ndan alıp Erciş'in kuzeybatısında Zilan Çayı ile birleşip Van Gölü'ne ulaşan Meydan Deresidir. Meydan Deresi vadisi, Gürgürbaba Domu obsidyen akışları ile Meydan Volkanı'nın tuf ve pomza ürünlerinin birbirleri ile keşiştiği alanda bir hat boyunca oluşmuştur. Ayrıca Meydan Kalderası'nı batıdan sınırlayan fay ile uyumlu bir çizgisellik göstermektedir. Akarsu iki farklı litolojik özellikteki bir alanda aktığı için asimetrik bir vadi tipi gelişmiştir. Arazi çalışmaları sırasında Meydan Deresi vadisi içindeki alüvyonların petrolojisi incelendiğinde obsidyen, bazalt, tuf ve pomza çakılların olduğu gözlenmiştir. Özellikle Meydan Deresi'nin bir kolu olan Kilis Deresi civarındaki alüvyal alanlarda obsidyen ve piroklastik malzemeler ara tabakalı olarak istiflenmişlerdir (Foto 6)



Foto 6. Kilis deresi orta bölümünde piroklastik ve alüvyonlardan oluşan depo

Çalışma alanındaki diğer önemli bir akarsu ise Zilan Çayı'dır. Çalışma alanındaki akarsuların büyük bir çoğunluğu Zilan Çayı'nın yan kollarını oluşturmaktadır. Gürgürbaba Domu volkanik akışları kuzeydoğu yönünde Mağara mevkiine doğru Zilan Çayı üzerinde bir baskılama oluşturarak akarsu yatağını daralttığı görülmektedir (Şekil 6). Mağara köyü civarında geniş bir tabanda akan Zilan Çayı, köyün güneybatısında Gürgürbaba lavları etkisiyle daralan bir tabanda akarak Köycük civarında tekrar geniş bir tabana ulaşmaktadır. Zilan Çayı yatağında bulunan eski ve yeni alüvyonlar Van Gölü seviye değişimi ile ilgili olarak gelişmiş olup, dolguların bulunduğu yükselti (ortalama 2000 m) dolayısıyla Pleyistosen dönemi oluşmuş göl taraçaları ile bir ilişkisi bulunmamaktadır.

Gürgürbaba Domu üzerindeki bazı mevsimlik akarsular vadilerini domun üzerindeki fayların yüzey kırıkları boyunca geliştirmiştir. Bu duruma en güzel örnek domun güney yamacı üzerine kurulan Killis Deresidir (Şekil 7). Meydan Volkanı'nın akarsu şebekesi açısından ilk dikkat çeken özelliği Van Gölü ve Muş Havzası arasındaki su bölümü çizgisinin bu kütle üzerinden geçmesidir. Şöyle ki; kalderanın batı ve kuzeybatısından kaynağını alan dereler (Kuyruk Dere, Derin Dere, Mirza Dere) Direk Deresiyle birleşerek batıya doğru Muş Havzasına, kalderanın güney ve doğusundan kaynağını alan dereler ise doğudaki Zilan Deresi'yle birleşerek Van Gölü'ne ulaşmaktadır (Şekil 7). Dolayısıyla kuzey-güney yönünde uzanan Meydan Volkanı zirve kesimi Muş ve Van Havzalarını birbirinden ayıran bir su bölümü alanıdır. Bu durum Van Gölü Havzası içinde sıklıkla gözlenen bir durumdur (Akköprü, 2011: 58, Moralis vd., 2010: 418). Van Gölü havzasındaki güncel su bölümü çizgisini belirleyen baskın faktörlerden biri volkanizmadır.

### 3.2. Gürgürbaba Obsidyenlerinin Jeokimyasal Özellikleri ve Yaşlandırma Analizleri

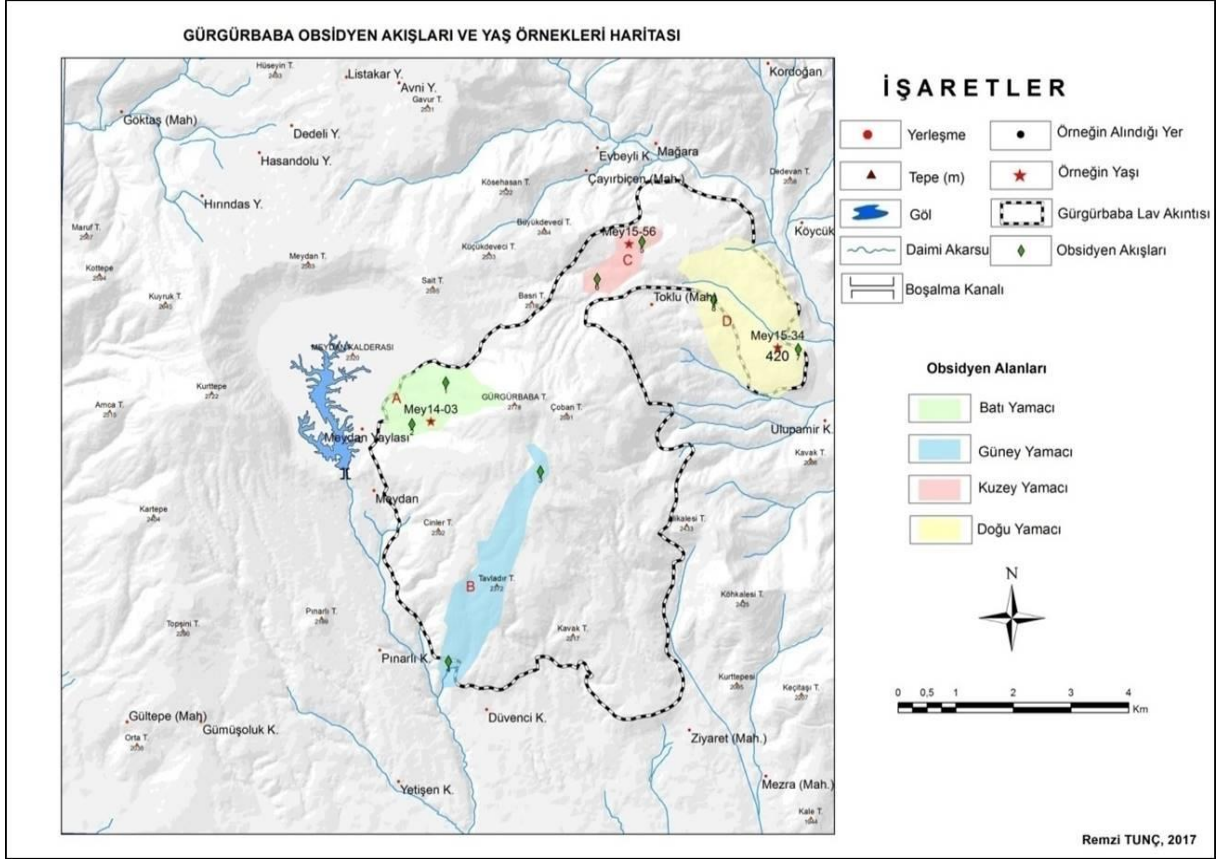
#### 3.2.1. Gürgürbaba Domu Üzerinde Obsidyen Yayılımları

Gürgürbaba obsidyenleri nispeten homojen bir yapıya sahiptir ve doku çeşitliliği azdır. Çoğunlukla siyah renktedirler ve görünüşte her hangi bir fenokristal içermezler. Bu obsidyenlerin tamamı (Toklu civarındaki 5 no'lu akış hariç) camsı bir parlaklığa ve pürüzsüz bir yapıya sahiptir (Robin, 2017: 79).

Çalışma sahasımızda kahverengi ve kırmızımsı renkte obsidyenlerde bulunmaktadır. Bunlar Gürgürbaba Domu'nun güney yamacında ve Ulupamir Köyü civarında bulunmaktadır (Şekil 8).

Gürgürbaba obsidyenleri kabuksal bir mağmadan çıkmıştır (Arslan, 1994: 35, Robin, 2017: 95). Robin (2017: 96)'e göre Gürgürbaba obsidyenleri aynı özellikteki magmadan çıkarak yayılmışlardır. Obsidyenlerin jeokimyasal olarak birbirine çok benzer içerikte olmaları jeolojik olarak yüzeylenme sürelerinin birbirlerine yakın olması aynı magmatik koşullar altında oluştuğunu gösterir.

L'ANR Geobs projesi kapsamında yapılan arazi çalışmalarında 4 farklı obsidyen alanı tespit edilmiştir (Robin, 2017: 79 (Şekil 8).



Şekil 8. Gürgürbaba obsidyen akışlarının ve yaşlandırma için alınan örneklerinin yerini gösteren harita

Kaynak: Tunç, 2018

Bunlar:

**Gürgürbaba Domu batı yamacındaki alan (A Sektörü):** Bu akışlar kalderanın doğu yamacını kaplamaktadır. Obsidyen yayılımının kalınlığı 30-70 cm arasındadır ve obsidyenlerin boyutu 3-5 cm kadardır (Robin, 2017: 81-82).

Çalışma sahasında kahverengi ve kırmızımsı renkte obsidyenlerde bulunmaktadır. Bunlar Gürgürbaba Domu'nun güney yamacında ve Ulupamir Köyü civarında bulunmaktadır (Foto 7).

**Gürgürbaba Domu güney yamacındaki alan (B Sektörü):** Güney yamacında birbirinden farklı iki obsidyen yayılımı bulunmaktadır. Bu yayılımlardan biri zirveye yakın kesimde diğeri güney yamaçta Kilis Deresi (Düvenci Köyü civarında) civarında görülür. Domun zirveye yakın kesimindeki obsidyenler bej-kırmızı renk tonunda riyolitler ile dönüşümlü ince tabakalar şeklindedir (Robin, 2017: 82-83).

**Gürgürbaba Domu kuzey yamacındaki alan (C Sektörü, Toklu):** Bu alandaki obsidyenler farklı iki yayılım alanına sahiptir (Robin, 2017: 83).

**Gürgürbaba Domu doğu yamacındaki alan (D Sektörü, Ulupamir):** Bu sektördeki obsidyen yayılımları birbirlerine göre farklılıklar göstermektedir. İki obsidyen yayılımı bulunur. İlk obsidyen yayılımı Ulupamir Köyü civarında ve 1990 m yükseltide yayılmıştır ve 10 m. kalınlığa, 263 m.

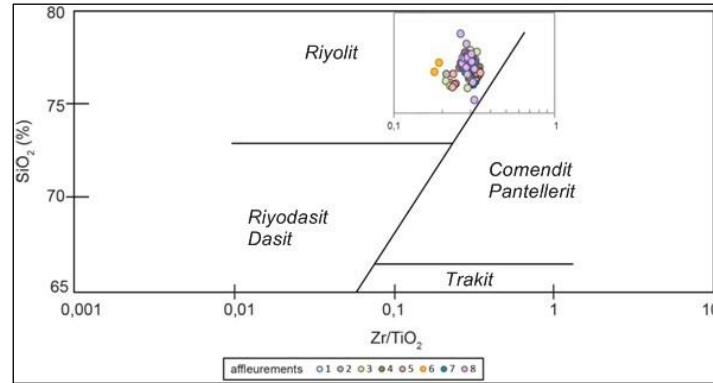
genişliğe sahiptir. Ağırlıklı olarak kahverengi ve kırmızımsı renklere sahip obsidyenlerin yayılım kalınlıkları bazı alanlarda 4 metreyi bulmaktadır. Bu alandaki obsidyenler bir taş ocağı tarafından işlenmek üzere çıkarılmaktadır. İkinci obsidyen yayılımı taş ocağının yukarısında 2129 m. yükseklikte bulunmaktadır ve art arda gelen birkaç obsidyen katmanı şeklinde yüzeye çıkmaktadır. Bu obsidyen ve riyolit tabakaları eğime paralel uzanırlar (Robin, 2017: 85).



Foto 7. Gürgürbaba'ya ait farklı obsidyen örnekleri (Ulupamir Köyü)

### 3.2.2. Gürgürbaba Domu Obsidyenlerinin Jeomkimyasal Özellikleri

Arslan (1994: 26) ve Robin (2017: 95)'e göre Gürgürbaba obsidyenleri kabuksal kökenli bir magmadan beslenmektedir. Gürgürbaba obsidyenleri Zr/TiO<sub>2</sub> vs SiO<sub>2</sub> diyagramında (Winchester and Floyd: 1977, 330) kalkal-kalin (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O < 9,8 %) özellikteki riyolitik (SiO<sub>2</sub> > 74,5 %) bileşimlere sahiptir (Robin, 2017: 94), (Şekil 9).



Şekil 9. Obsidyenlerin jeokimyasal özelliğini gösteren diyagram  
Kaynak: Robin, 2017

### 3.2.3. Gürgürbaba Obsidyenlerinin Radyometrik Yaşlandırma Analizleri

Gürgürbaba obsidyenleri çok sayıda araştırmacı, gerek volkanın oluştuğu jeolojik zamanı gerekse ilkel insanlar tarafından kullanılma zamanı hakkında bilgi edinmek amacıyla, farklı yöntemler kullanarak yaşlandırma çalışmaları yapmıştır.



Bunlara örnek olarak; Baykara vd. (2014), Bayrak (2000), Bigazzi vd. (1997), Bilgin (2012), Ercan vd. (1990), Geobs 2017, Innocenti vd. (1976), Innocenti vd. (1980), Keskin (2007), Notsu vd. (1995), Oyan (2013) verilebilir.

Çalışma sahamız ile ilgili bilinen ilk radyometrik yaşlandırma Innocenti vd. (1976) tarafından yapılmıştır. Ancak bu yaşlandırma Meydan Volkanı'na ait (Benmoreit Lavları-Hawaiiit Lavları) lavlardan yapılmıştır. Sahamızdaki obsidyenlerle ilgili ilk radyometrik yaşlandırma Innocenti vd. (1980) tarafından yapılmıştır ve 0,9 My yaş bulunmuştur. Sahamızda araştırma yapan diğer araştırmacılar da Ercan vd. (1990) ve 450 ka ile 900 ka, Bigazzi vd. (1997) 0,46±0,05 My, Oyan (2013) 600 ka birbirine yakın yaşlar bulmuşlardır (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Meydan Volkanı ve Gürgürbaba Obsidyenlerinde yapılan yaşlandırma analizlerinin kronolojisi

Volkanın Adı	Yaş Aralığı	Yaşlandırma Yöntemi	Örneğin Türü	Yazarın Adı	Örneğin Alındığı Yer
Meydan Volkanı	6,2±0,2 My	Potasyum-Argon (K/Ar)	Alkali Olivin Bazalt	Innocenti vd.(1980)	Belirsiz
	5,8 My	Radyometrik	Belirsiz	Keskin (2007)	Belirsiz
	5,75±0,46 My	Radyometrik	Riyolitik Lav	Ercan vd. (1990)	Belirsiz
	5,6±1,1 My	Potasyum-Argon (K/Ar)	Benmoreit Lavları	Innocenti vd. (1976)	Belirsiz
	4,6±0,1 My	Potasyum-Argon (K/Ar)	Hawaiiit Lavları	Innocenti vd. (1976)	Erciş-Patnos yolu
	4,4±0,43 My	Belirsiz	Alkali Olivin Bazalt	Innocenti vd. (1980)	Belirsiz
	0,9 My	Radyometrik	Gürgürbaba Obsidyenleri	Innocenti vd.(1980)	SE
	0,7045- 0,7050 My	Stronsiyum İzotop (Sr)	Belirsiz	Innocenti vd. (1980)	Belirsiz
	600 ka	Potasyum-Argon (K/Ar)	GürgürbabaObsidyenleri	Oyan (2013)	Belirsiz
	0,58±0,06 My	FT (FizyonTrack	Obsidyen, Perlit	Bigazzi vd. (1997)	Kaldera İçinden
	0,48±0,99 My	Belirsiz	Gürgürbaba Lavları	Ercan vd. (1990)	Belirsiz
	0,46±0,05 My	FT (FizyonTrack	Obsidyen, Perlit	Bigazzi vd. (1997)	Kaldera İçinden
	450 ka- 900 ka	Radyometrik	Obsidyen	Ercan vd. (1990)	Kaldera İçinden
	430 ka±150 ka	Potasyum-Argon (K/Ar)	Belirsiz	Innocenti vd.(1980)	Belirsiz
	0,37±0,05 My	FT (FizyonTrack	Obsidyen, Perlit	Bigazzi vd. (1997)	Kaldera İçinden
	0,06±0,01 My	FT (FizyonTrack	Obsidyen, Perlit	Bigazzi vd. (1997)	Kaldera İçinden
	743±25 ka	<sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	Obsidyen	GEOBS (2017)	Toklu civarı
	420±24 ka	<sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	Obsidyen	GEOBS (2017)	Ulupamir

**Hazırlayan:** Remzi Tunç

**Kaynak:** Bigazzi vd. (1997),Ercan vd. (1990), Geobs: ilksel sonuçlar (2017),Innocenti vd. (1976), Innocenti vd. (1980), Keskin (2007), Oyan (2013).

Ercan vd (1990:153), Meydan dağının riyolitik lavlarında 5,75 ±0,46 My; Meydan dağının obsidyenlerinde ise 450.000 yıl ile 990.000 yıllık sonuçlar elde edilmiştir. Yazarlar, Meydan Dağı obsidyenleri olarak belirtmişlerdir ancak, GEOBS projesi kapsamında yürütülen çalışmalar sonucunda alandaki tüm obsidyen yayılımlarının Gürgürbaba Domu'na ait olduğu anlaşılmıştır. Innocenti vd. (1980: 296) göre Gürgürbaba bir obsidyen domudur ve burada obsidyen lav akıntısı 0,9 ka başlamıştır ve bu dom 5 km genişliktedir. Bilgin vd. (2012: 89) Erciş obsidyenleri adını verdikleri ve Gürgürbaba Domu'ndan çıkıp Tavla Köyüne (Ulupamir Köyü) kadar ulaşan obsidyen akıntılarının uzunluğunu 1,250 m genişliğini 250 m. ve kalınlığını 8 m. olarak hesaplamışlardır. Obsidyenlerle ilgili olarak yapılan rezerv hesaplamalarında, 5.850 bin tonluk obsidyen miktarı ortaya konmuştur.

Geobs projesi kapsamında çalışma sahamızdaki Gürgürbaba obsidyenlerinden 3 örnek üzerinde radyometrik yaşlandırma yapılmıştır. Bu örnekler Gürgürbaba Domu'nun batı yamacından (A sektörü), Gürgürbaba Domu'nun kuzey yamacından (C sektörü) ve Gürgürbaba Domu

doğusundaki Ulupamir Köyü civarındaki (D sektörü) obsidyenlerden alınmıştır. (Robin, 2017: 98-99), (Şekil 8). “A” sektöründen alınan örnek radyojenik olmadığı için yaşlandırılmamıştır. “C” sektöründen alınan örneğin yaşı  $743 \pm 25$  ka, “D” sektöründen (Ulupamir) alınan obsidyenin yaşı ise  $420 \pm 24$ ka olarak hesaplanmıştır (Robin, 2017: 98) (Çizelge 1).

Bigazzi vd. (1976) Meydan Kalderası’nda bulunan bir akıştan aldıkları obsidyeni fizyonizi yöntemi ile yaşlandırmış ve 700-600 ka arasında yaşlar tespit edilmişlerdir. Gürgürbaba Domu’nun kuzey yamacında bulunan “C” sektöründeki yayılımın yaşı (742,6 ka) ile kalderada bulunan obsidyenin (700-600 ka) yaşları birbirine yakın değerdedir. Bigazzi vd. (1976, Robin, 2017: 99)’e göre Ulupamir obsidyen akışları Meydan Kalderası içindeki akışlardan ve Gürgürbaba Domu’nun kuzey yamacındaki (Toklu) akışlardan daha gençtir.

Bu yaşlandırmalar önceki çalışmaların (Arslan, 1994) gözlemlerini doğrulamaktadır. Arslan (1994)’e göre Gürgürbaba piroklastikleri oluşumlarını iki aşamada tamamlamaktadır. Arslan’ın faz 1’ine karşılık gelen Toklu civarındaki yayılım (742,6 ka) ve faz 2’ye karşılık gelen ise Ulupamir civarındaki yayılımdır (419,6 ka) (Robin, 2017: 100).

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Meydan Volkanı ve Gürgürbaba Dom’u (Erciş, Van) çevresinin jeomorfolojik özellikleri adlı çalışmadaki cevabı aranan araştırma problemleri şunlardır:

- Volkanik aktivitenin morfoloji üzerine olan rolünün belirlenmesi,
- İnceleme alanı üzerinde bulunan iki volkanik oluşum (Meydan Volkanı ve Gürgürbaba Domu) arasındaki ilişki,
- Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Domu çevresindeki volkanik çökeller yardımıyla alanın göreceli kronolojisinin belirlenmesi,
- İnceleme alanındaki akarsu ağının kuruluşu ve drenaj alanlarının değişimine etki eden yapısal faktörlerin rolü,
- Mutlak kronolojinin anlaşılması amacıyla volkanik kayaların yaşlandırılması (volkanik kaya ve ignimbiritler ile K-Ar analizleri, obsidyen ve pomzalar ile Ar-Ar analizleri),

Buna göre; Bölgede Meydan Kalderası, Gürgürbaba Domu, lav akışları, lav düzlükleri, ikincil çıkış merkezleri, bazı konilerin içinde yer alan kraterler (Küçükdeveci vb.), kaldera içinde gelişen sentripetal tipte, Gürgürbaba Domu üzerinde gelişen radyal tipte akarsu drenajları sistemleri meydana gelmiştir.

Meydan Kalderası ve Gürgürbaba Domu bölgedeki akarsu drenaj ağlarının da değişmesine neden olmuştur. Bugün Meydan volkanının kuzeyinden kaynağını alıp, volkanın doğusundan akışına devam edip sularını Van Gölü’ne boşaltan Zilan Çayı muhtemelen Meydan stratovolkanı oluşmadan önce yükseltinin ve eğimin daha az olduğu Muş Havzasına (volkanın batısı) doğru akmaktaydı. Sonuç olarak, Meydan Volkanının oluşmasıyla Van Gölü havzasının akaçlama alanı genişlemiştir denilebilir. Van Gölü Havzası ile Muş Havzası su bölümü çizgisi Meydan Volkanın tepe ve sırtları üzerinden geçmektedir.

Literatürlerde elde edilen bilgilere göre Meydan Volkanı ana çıkış merkezi neotektonizmaya bağlı olarak oluşan olası K-G doğrultulu kırıktan yarık volkanizması ile başlamıştır. Daha sonraki dönemde lavların kırık üzerindeki bir merkezden çıkarak yayılması sonucunda Meydan stratovolkanı oluşmuştur. Meydan Volkanı konisini kurduktan sonraki dönemde kaldera çökmüştür. Meydan Kalderasının oluşumundan sonra Gürgürbaba Domu oluşmuş ve lavları kalderanın doğu duvarını aşarak kaldera tabanına kadar ulaşmıştır. Özgür, (1993) göre; şiddetli patlamalardan sonra, volkanizmayı besleyen magma iç basıncı azalmış olmalıdır ki; basıncı az magmadan beslenen ağdalı obsidyen ve riyolit lavları, kaldera doğusunu dolduran Gürgürbaba Domu’nu kurmuştur (Özgür, 1993: 34).

İnceleme alanının jeomorfolojik açıdan şekillenmesinde asıl rolü tektonik hareketler, özellikle Neotektonik dönemdeki volkanizma oynamış, bu oluşumu Pleyistosen sonlarından günümüze kadar devam eden flüviyal aşınım ve birikim süreçleri tamamlamıştır. Çalışma alanımızda bitki örtüsünden yoksun yamaçlar akarsular tarafından aşınmış ve şiddetli erozyona uğramıştır.

Çalışma alanındaki en önemli sorun ise; Meydan Kalderası içinde biriken suların Van İl Özel İdaresi tarafından 2009 yılında yapılan Meydan Boğazı Göleti Sulama Projesi ile Pınarlı, Yetişen ve Düvenci köylerine ait arazilerin (11.900 dekar) sulanması amacıyla kullanmasıdır (Van İl Özel İdaresi Raporu, 2). Yağmur ve kar suları ile beslenen kaldera gölündeki suların bu şekilde kullanılmaya devam etmesi halinde kaldera gölü kuruyacaktır. Yaz aylarında yaylacılık faaliyetlerinin yapıldığı kaldera gölü kullanılamaz duruma gelecektir. Bu bilinçsizce kullanım sonucunda kaldera içindeki doğal ve beşeri ortam da bozulacaktır.

Gürgürbaba Domu obsidyenleri radyometrik yaşlandırma yöntemlerinden biri olan  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  kullanılarak yaşlandırılmıştır. Üç örnek analiz edilmiş bunlardan ikisinden sonuç elde edilmiştir. C sektörü olarak isimlendirilen ve Toklu Köyü civarında yayılım alanına sahip olan obsidyenlerin yaşı 742,6 ka, Ulupamir Köyü civarında D sektörü olarak belirlenmiş obsidyenlerin yaşı ise 419,6 ka olarak tespit edilmiştir. Gürgürbaba obsidyenleri  $\text{Zr}/\text{TiO}_2$  vs  $\text{SiO}_2$  diyagramında (Winchester and Floyd: 1977, 330) kalkal-kalin ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 9,8 \%$ ) özellikteki riyolitik ( $\text{SiO}_2 > 74,5 \%$ ) bileşimlere sahiptir

Baykara vd. (2014: 543) tarafından çalışma sahamızda işlenmiş obsidyenler bulunmuştur. Bu çalışmaya göre Gürgürbaba Tepesi'nde Alt Paleolitik dönemde Achuel endüstrisi hakimdir. Çalışma alanımızda prehistorik dönemlerde kullanılan Gürgürbaba obsidyenleri günümüzde de kullanılmaktadır.

### **Teşekkür ve Bilgilendirme**

Bu çalışma, kısaca *Geobs* olarak isimlendirilen “ *Doğu Anadolu Obsidyenlerinin Coğrafyası: Kaynakları, Karakteristik Özellikleri ve Prehistorik Dönem Süresince Yayılımı*” başlıklı, Türk ve Fransız araştırmacıların ortak projesi (L'ANR Geobs-YYÜ-Bap-2015-ED-B285) kapsamında yürütülmüştür. Bu çalışmanın jeomorfolojik araştırma sonuçları, Ebru Akköprü Danışmanlığında, Remzi Tunç (2018) tarafından Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur. Ayrıca Jeoloji ve jeokimyasal araştırma sonuçları da, Damase Mouralis danışmanlığında, Anne Kyria Robin (2017) tarafından Paris 1 Panthéon Sorbonne Ecole Doctorale (Geographie) de doktora tezi olarak sunulmuştur. Çalışmanın hazırlanması sürecinde çalışmaya parasal destek sağlayan Fransa ANR laboratuvarına ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi BAP birimine teşekkürlerimizi sunarız.



# Geomorphological Features of Surroundings of Meydan Caldera and Gürgürbaba Dome

Ebru Akköprü<sup>\*a</sup>, Remzi Tunç<sup>b</sup>, Anne Kyria Robin<sup>c</sup>, Damase Mouralis<sup>d</sup>

Submitted: 05.09.2019

Accepted: 17.10.2019

## EXTENDED ABSTRACT

### 1. Introduction

Our research aims to present the geomorphological features of Meydan and Gürgürbaba volcanoes, to determine the geochemical properties of the obsidian lavas and to investigate the effect of volcanism on the watershed area of the Van Lake. This research has been carried out within the scope of the joint project called Geography of Eastern Anatolian Obsidian: Resources, Characteristic Properties, and distribution during Prehistoric Period (GeObs: ANR Geobs-YYÜ-Bap-2015-ED-B285).

The emplacement of Meydan and Gürgürbaba has occurred in three stages during the Miocene, Pliocene and Quaternary epochs (Arslan, 1994: 12-35). The Paleozoic Bitlis crystalline massif is mainly exposed to the south of Lake Van. This basement also completely covered by Neogene marine and continental deposits, and Neogene-Quaternary volcanic products in the study area (Özgür, 1993: 30). There is no volcanic material among the Late Burdigalian sediments in the area. Therefore, the volcanic activity in this area started after the Late Burdigalian period (Innocenti et al., 1980: 295).

### 2. Data and Methods

1/25.000 topographic and geological map have been combined in a Geographical Information Systems (GIS), in order to derive geomorphology, slope and hydrography maps of the research area. In the field, the obsidian outcrops have been mapped and systematically sampled for chemical analyses (LA-ICP-MS, lab. IRAMAT, France) and dating (<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar, lab. LSCE, France) At the same time, in order to determine the geomorphological units, field observations photography and drawing were carried out.

As a result, we implement a database together with the analyses already published in the literature and with new analyses carried out during this research.

### 3. Results

It is necessary to distinguish two volcanoes The Meydan is a typical stratovolcano (Arslan, 1994: 22; Innocenti et al., 1980: 296; Ozgur, 1993: 32) while the Gürgürbaba is a rhyolitic dome. The volcanic area of the Meydan present various geomorphological units such as valleys, domes, rhyolite lava-flows and caldera These morphological units give information in terms of volcanic formation and later morphological evolution .

In the study area, there are also secondary outlet centers besides Meydan Volcano and Gürgürbaba Dome, and they have produced different types of volcanic materials. These secondary outlet centers were formed by volcanic activities after the formation of the Meydan stratovolcano. These are

\*Corresponding Author: Ebru Akköprü, ebruakkopru@yyu.edu.tr

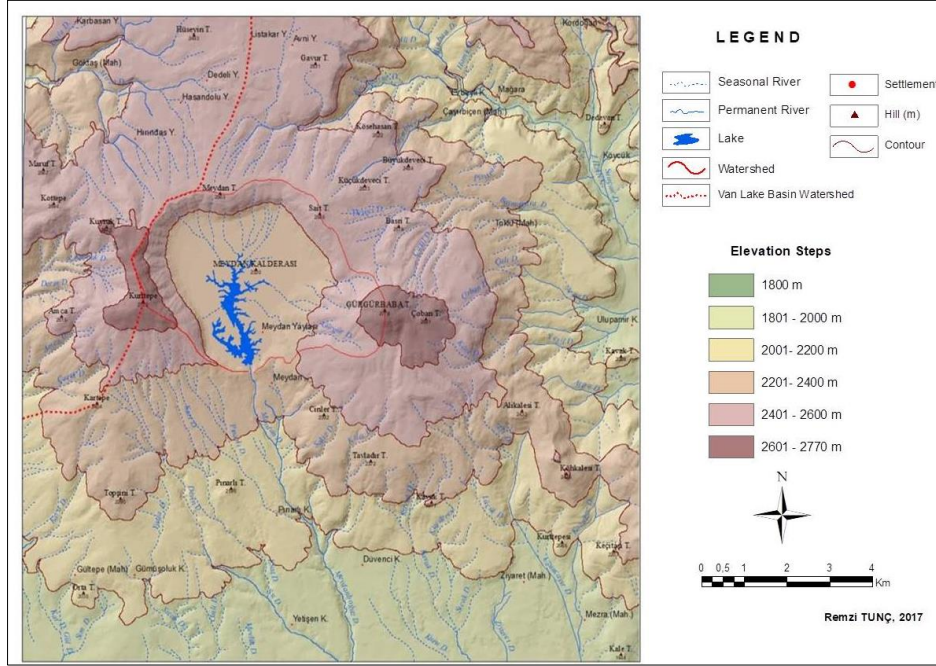
<sup>a</sup> Van Yüzüncü Yıl University, Van/Turkey, <http://orcid.org/0000-0001-8751-7771>

<sup>b</sup> Kozluk Vocational and Technical Anatolian High School, Batman/ Turkey, <http://orcid.org/0000-0002-8094-7629>

<sup>c</sup> Université Panthéon Sorbonne Paris 1, Paris /France, <http://orcid.org/0000-0003-1642-1793>

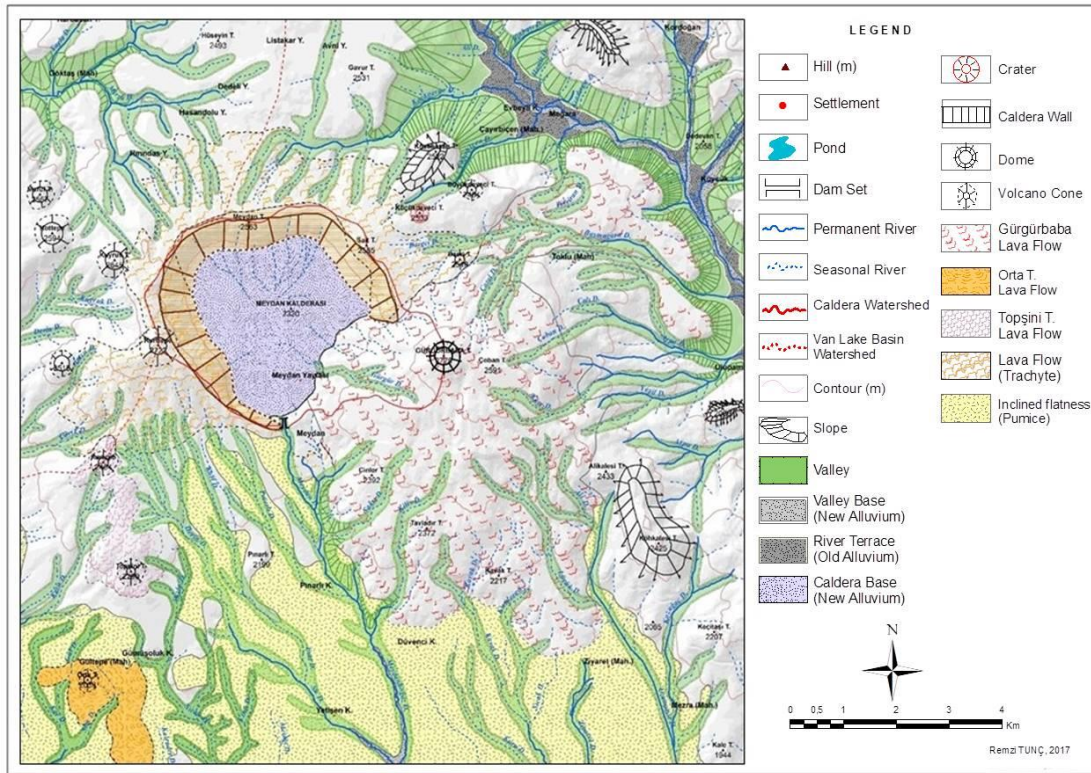
<sup>d</sup> Université de Rouen, Rouen/ France, <http://orcid.org/0000-0001-7748-0258>

Küçük Deveci Volcano (2533 m), Kuyruk Tepe (2645 m), Kottepe (2594 m), Meydan Tepe (2563 m), Basri Tepe (2519 m), Topşini Tepe (2290 m), Kar Tepe (2404 m), Maruf Tepe (2567 m) (Figure 1).



**Figure 1.** Topographic Map of Meydan Caldera and Gürgürbaba Dome  
**Source:** Tunç, 2018

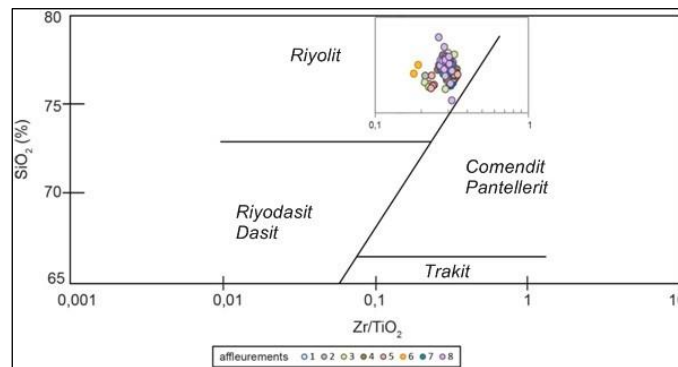
The emplacement of the volcanoes was followed by the fluvial erosion, and accumulation processes that continued from the late Pleistocene to the present day.. Lava and pyroclastic products from Meydan Volcano and Gürgürbaba Dome covered the morphological units formed by Ağırkaya Volcano in the north of the study area and Zilan Caldera in the east. In the area, centripetal type drainage systems are developed all around the slope of the Meydan and Gürgürbaba. Radial type drainage systems are being developed on Gürgürbaba Dome. Compared with the situation observed on the slopes of the Meydan volcano, the streams and river network located on the slopes of the Gürgürbaba are not much developed. This may indicate a youngest river network and a youngest volcano compared to the Meydan. Numerous valleys are being developed on both the Meydan volcanic area and Gürgürbaba Dome. In the research area, radial type rivers are represented by Kilis Stream, Meydan Stream, Başmağara Stream, Çayırbiçen Stream, Kocagavur Stream, Mirza Stream, Küçük Stream and Kara Stream. These rivers have ‘V’ shaped valleys with deep and steep slopes (Figure 2).



**Figure 2.** Geomorphology Map of Meydan Caldera and Gürgürbaba Dome Environment  
**Source:** Tunç, 2018

The volcanic activity in the study area also disturbed the watershed of the Van Lake basin, and caused deviations in the flow directions of the rivers. For example, nowadays, the Zilan river takes its source from the north of Meydan Volcano and then continues its flow to the east of the volcano and discharges into Lake Van. It was probably flowing towards Muş Basin (to the west) before the emplacement of the Meydan stratovolcano. With the formation of Meydan Volcano, the drainage area of Lake Van basin has been enlarged when the watershed line separating Van Lake basin and Muş Basin passes to the north of the Meydan Volcano.

In the study area, the obsidian outcrops have been specifically studied. Our fieldwork demonstrates that obsidian outcrops are all located in the Gürgürbaba associated with the dome emplacement. As demonstrated by Arslan (1994: 26), and Robin (2017: 95), Gürgürbaba obsidian is fed from a crustal magma. Our new LA-ICP-MS data shows a great chemical homogeneity of all the obsidians collected within the Gürgürbaba massif. (Robin, 2017: 94).



**Figure 3.** Diagram showing the geochemical property of the obsidian  
**Source:** Robin, 2017

Beyond the similarity, four different obsidian outcrops have been identified (Robin, 2017: 79 sq.).

- **The western slope of Gürgürbaba Dome (Sector A):** These flows cover the eastern slope of the caldera. The thickness of the obsidian is between 30-70 cm, and the size of the obsidian clasts is 3-5 cm.

- **The southern slope of Gürgürbaba Dome (Sector B):** There are two different obsidian outcrop on the southern slope. One of them is located near the summit, and the other is on the southern slope around Kilis Creek (around Dövençi Village).

-**The northern slope of Gürgürbaba Dome (Sector C, Toklu):** The obsidian in this area outcrops in two different areas.

**The eastern slope of Gürgürbaba Dome (Sector D, Ulupamir):** There are two obsidian outcrops in this sector. The first obsidian outcrop is located near Ulupamir Village, and at an altitude of 1990 m. thickness, 263 m. width. The second obsidian spread is 2129 m above the quarry. and several successive layers of obsidian. These obsidian and rhyolite layers lie parallel to the slope (Robin, 2017: 85).

The first known radiometric dating in the area has been published by by Innocenti et al. (1976) on a lava exposed in the Meydan volcano (Benmoreyit Lava-Hawaiiit Lava). Innocenti et al. (1980) have then published a dating on an with a 0.9 My age Ercan et al. (1990) give ages ranging from 450 ka to 900 ka, whereas Bigazzi et al. (1997) indicate a  $0.46 \pm 0.05$  My, Oyan (2013) publishes a 600 ka. In the framework of our new research, we propose new dating of the obsidian of Gürgürbaba using  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . The age of the sector C obsidian was determined as 742.6 ka, whereas the the age of the sector D obsidian was determined as 419.6 ka.

### Referanslar/References

- Akdoğan, N., Kılıç, H. (1987). Nemrut ve Meydan Kalderalarının Gravite Araştırmaları. *Hidroloji Sempozyumu 1988 Bildiri Özetleri Kitabı*, 23, Ankara.
- Akköprü, E. (2011). *Van Gölü'nün Güneybatı Kısımında Jeomorfolojik Araştırmalar (Tatvan-Göllü)*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Altan, F. (2017). *Van Gölü Seviye Değişimleri ve Kıyılar Üzerindeki Etkileri*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Van.
- Ardos, M. (1973). *Genç Tektonik Hareketlerin Türkiye'nin Jeomorfolojisi Üzerine Olan Etkileri*. Cumhuriyetin 50. Yılına Armağan İst. Üniv. Edeb. Fak. Yay. İstanbul.
- Ardos, M. (1987). *Volkan Coğrafyası*. İstanbul Üniversitesi Yayınları no: 3478, İstanbul.
- Arslan, M. (1994). *Mineralogy, Geochemistry, Petrology and Petrogenesis of the Meydan-Zilan (Erciş-Van, Turkey) Area Volcanic Rocks*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Glasgow Üniversitesi, Ukrayna.
- Arslan, M. (1997). *Meydan (Erciş-Van) yöresi pomza tefra çökellerinin petrografik, jeokimyasal özellikleri ve oluşumu*. I. Isparta Pomza Sempozyumu 26-28 Haziran 1997, Isparta.
- Bayrak, D. (2000). Anadolu obsidyen oluşuklarının tarih öncesi Yakındoğu topluluklarınca kullanımı. *Mavi Gezegen Popüler Yerbilim Dergisi*, 3, 36-41.
- Bilgin, A., Polat, S., Bilgin, N., Arslan, S. (2012). Erciş obsidyenlerinin mineralojik-petrografik, jeokimyasal özellikleri ve sü taşı olarak değerlendirilmesi üzerinde ön çalışma. *Iğdır Üniversitesi Fen-Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2 (2), 85-92.
- Bigazzi, G., Yeğingil, Z., Ercan, T. (1989). Obsidyen, Tanımı ve özellikleri, Anadolu'daki dağılımı ve Orta Anadolu obsidyenlerinin jeokimyasal nitelikleri. *Jeomorfoloji Dergisi*, 17, 71-83.
- Bigazzi, G., Yeğingil, Z., Oddone, M., Ercan, T., Özdoğan, M. (1997). Doğu Anadolu'daki obsidyen içeren volkanitlerin fizyon track yöntemiyle yaş tayini. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 40 (2), 75-72, Ankara.
- Bushara, M. N. (1989). Significance of linear features and volcanism in the tectonic development of the Lake Van Region, Eastern Turkey. *Journal of Geodynamics*, (11), 17-38.
- Çukur D, K. S. (2014a). Water level changes in Lake Van, Turkey, during the past ca. 600 ka: climatic, volcanic and tectonic controls. *J Paleolimnology*, 52 (3), 201-214.

- Ercan, T. Fujitani, T., Matsuda, J., Notsu, K., Tokel, S., Ui, T. (1990). Doğu ve Güneydoğu Anadolu neojen-kuvaterner volkanitlerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu. *MTA Dergisi*, 110, 143-164.
- Erol, O. (1983). Türkiye'nin genç tektonik ve jeomorfolojik gelişimi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 11, 1-22.
- Gillespie, M R, Styles, M T. (1999). *BGS Rock Classification Scheme Volume 1 Classification of igneous rocks. British Geological Survey Research Report*, (2nd edition) RR 99-06.
- Güner, Y., Şaroğlu, F. (1987). Doğu Anadolu'da kuvaterner volkanizması ve jeotermal enerji açısından önemi. *Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildirileri* (s. 371-383). Ankara: TMMOB Petrol Müh. Odası.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati di brozoloa, F., Villari, L. (1976). Evolution of the volcanism in the area of interaction between the arabian, anatolian and iranian plates (Lake van, Eastern Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1 (2), 103-112.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Serri, G., Villari, L. (1980). Geology of the volcanic area north of Lake Van (Turkey). *Geologische Rundschau*, 69 (1), 292-323.
- Keskin, M. (1998). Erzurum-Kars Platosunun çarpışma kökenli volkanizmasının volkano stragrafisi ve yeni k/ar yaş bulguları ışığında evrimi, Kuzeydoğu Anadolu. *MTA Dergisi*, 120, 135-157.
- Keskin, M. (2007). Eastern Anatolia: A hotspot in a collision zone without a mantle plume. *The Geological Society of America Special Paper*, 430, 693-722.
- Keskin, M., Oyan, V., Lebedev, V. A., Sharkov, E. V., Chugaev, A. V., Ünal, E., Genç, Ş. C., Aysal, N. (2012). Doğu Anadolu'nun magmatik ve jeodinamik evrimi. *65. Türkiye Jeoloji Kurultayı*.
- Notsu, K., Fujitani, T., Matsuda, J., Ercan, T. (1995). Geochemical features of collision-related volcanic rocks in Central and Eastern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 64, 171-192.
- Maxcon, J. H. (1936). Türkiye'nin krater gölü Nemrut Gölü. *MTA Dergisi*, 5, 45-49.
- Mouralis, D. Kuzucuoğlu, C., Scaillet, S., Doğu, A-F., Christol, A., Akköprü, E., Fontugne, M., Zorer, H., Guillou, H., (2010). Les pyroclastites du sud-ouest du lac de Van (Anatolie orientale, Turquie). implications sur la paléo-hydrographie régionale. *La revue Quaternaire-France*, 21 (4), 417-433.
- Oyan, V., Keskin, M., Sharkov, E. V., Lebedev, V., Chugaev, A. (2013). Pliyosen Yaşlı Etrüsk Strato-Volkanının Magmatik Evriminde Kabuksal Kirlenme-Ayrışma (AFC) ve Magma Karışımı İşlemlerinin Önemi. [http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/a5d6600a9188df5\\_ek.pdf](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/a5d6600a9188df5_ek.pdf) (12/03/2014).
- Özdemir, Y., Blundy, J., Güleç, N. (2011). The importance of fractional crystallization and magma mixing in controlling chemical differentiation at Süphan stratovolcano, eastern Anatolia. *Contrib Mineral Petrol*, 162, 573-597.
- Özdemir, Y., Oyan, V., Güleç, N. (2012). Süphan Volkanik Çığının Jeolojik Özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen-Bilimleri Entitüsü Dergisi*, 17, 1-5.
- Özdemir, Y., Güleç, N. (2014). Geological and geochemical evolution of the quaternary Suphan Stratovolcano, Eastern Anatolia, Turkey: Evidence for the lithosphere-asthenosphere interaction in post-collisional volcanism. *Journal of Petrology*, 55, (1), (37-62).
- Özgür, R. (1993). Zilan ve Meydan Kalderalarının jeomorfolojik özellikleri. *Jeomorfoloji Dergisi*, 20, 29-36.
- Robin, A. K. (2017). *Identification, caractérisation et mise en place des gisements d'obsidienne de quatre complexes volcaniques en Anatolie orientale, dans le cadre des études de provenance au Proche-Orient*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Paris Üniversitesi Paris Coğrafya Enstitüsü, Paris.
- Savcı, G. (1980). Doğu Anadolu volkanizmasının neotektonik önemi. *Yeryuvarı ve İnsan Dergisi*, 5 (3-4), 46-49.
- Sür, Ö. (1972). *Türkiye'nin, Özellikle İç Anadolu'nun Genç Volkanik Alanlarının Jeomorfolojisi*. Ankara Üniversitesi Basımevi, 59-64.
- Şaroğlu, F., Güner, Y. (1981). Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler; jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 24 (24), 39-50.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y. (1984). *Doğu Anadolu'nun Neotektoniği ve İlgili Magmatizması*. Ketin Sempozyumu 20-21 Şubat, Ankara.
- Toker, M., Sengor, C. A. M., Demirel Schluter, F., Demirbag, E., Cukur, D., Imren, C., Niessen, F. (2017): The structural elements and tectonics of the Lake Van basin (Eastern Anatolia) from multi-channel seismic reflection profiles, *Journal of African Earth Sciences*, 129, 165-178. doi: 10.1016/j.jafrearsci.2017.01.002



- Tunç, R. (2018), *Meydan Volkanik Alanı ve Gürgürbaba Domu Çevresinin Jeomorfolojik Özellikleri*. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Van
- Yalçınlar, İ. (1973). Nemrut sönmüş volkanı ve kalderası. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 10 (18-19), 253-273.
- Winchester, J. A., Floyd, P. A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.