



Doğu Anadolu'daki obsidiyen içeren volkaniklerin "Fizyon Track" yöntemiyle yaş tayini

Age determination of obsidian bearing volcanic s in Eastern Anatolia using the fission track dating method

Guiliou BIGAZZI Institute of Geochronology and Geochemical Isotope, CNR, Pisa, İtalya
Zehra YEĞİNGİL Çukurova Üniversitesi, Fizik Bölümü, 01330, Adana, Türkiye
Tuncay ERCAN MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdları Dairesi, 06520, Ankara
Massimo ODDONE General Chemistry Department, University of Pavia, İtalya
Mehmet ÖZDOĞAN İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Prehistorya Anabilim Dalı, 34452, İstanbul

Öz

Doğu Anadolu'daki bir çok volkanik bölgedeki obsidiyen örnekleri "fizyon track" (FT) yöntemiyle yaşlandırılmıştır. Bu çalışmada, volkanikleri gösteren jeoloji haritaları toplanıp derlenmiştir. Bu haritalar, FT yaşlarındaki gibi 0.03 Ma'dan 6.09 Ma'ya kadar Doğu Anadolu'daki obsidiyen içeren volkaniklerin anlaşılmasında net bir destek sunarlar. Daha önceki yayımlanmış ölçümlerle birlikte genç zamanlar (1 Ma), Van Gölü'nün batı ve kuzey kıyılan boyunca yer alan Pleistosen volkanlarının üzerinde belirtilmiştir. Obsidyenler, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı NE (Kars)'den SW (Bingöl) doğrultusunda uzanan düzgün bir yay boyunca dağılmışlardır. Sonraki patlamalar için daha önce belirtilmiş sadece iki K-Ar yaşı vardır; bunlardan çoğu çok yakın zamanda onaylanmıştır. Anahtar **Sözcükler:** Obsidiyen, Volkanikler, "Fizyon track" yaşlandırma yöntemi, Doğu Anadolu.

Abstract

Obsidian samples from several volcanic fields located in eastern Anatolia (namely: Nemrut Dağı, Süphan Dağı, Meydan Dağı, Kars, Erzurum, Pasinler, Sarıkamış, Muş, Bingöl), have been dated by the fission track (FT) method. Geological maps showing the volcanics studied in this work have also been compiled. These maps as well as the FT ages shown in this work (from 0.03 Ma up to 6.9 Ma), represent a solid contribution towards the understanding of the obsidian bearing volcanics of eastern Anatolia. Young dates (< 1 Ma), in agreement with published measurements, were determined on the west and north coasts of Lake Van. Obsidians distributed along an ideal arc extending from NE (Kars) to SW (Bingöl) gave Upper Miocene-Pliocene ages. Two previous K-Ar ages only were available for the latter outcrops; several of them were only very recently recognised.

Key Words: Obsidian, Volcanics, Fission track dating method, Eastern Anatolia.

GİRİŞ

Doğu Anadolu'daki obsidiyen yataklan-yakın doğudakilerin en zengini çok geniş alanlar kaplayan Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanizma sonucu oluşmuştur. Volkanik aktivitenin başlangıcı "Neotektonik Dönemdin başlangıcı, yani Doğu Anadolu'daki kabuksal kırınlanma ve kalınlaşmayı oluşturan Anadolu ve Arap plakalarının çarpışması ile korele edilmiştir (Şengör ve Kidd, 1979; Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Ercan, 1990). Buradaki volkanik faaliyet bundan yaklaşık 550 yıl öncesine kadar aktif bir durumdadır.

Doğu Anadolu'nun volkanizma kronolojisi hakkındaki bilgiler hâlâ yetersizdir. Bazı volkanik alanlarda eksik veriler mevcuttur (Taner, 1977; Innocenti, 1980,

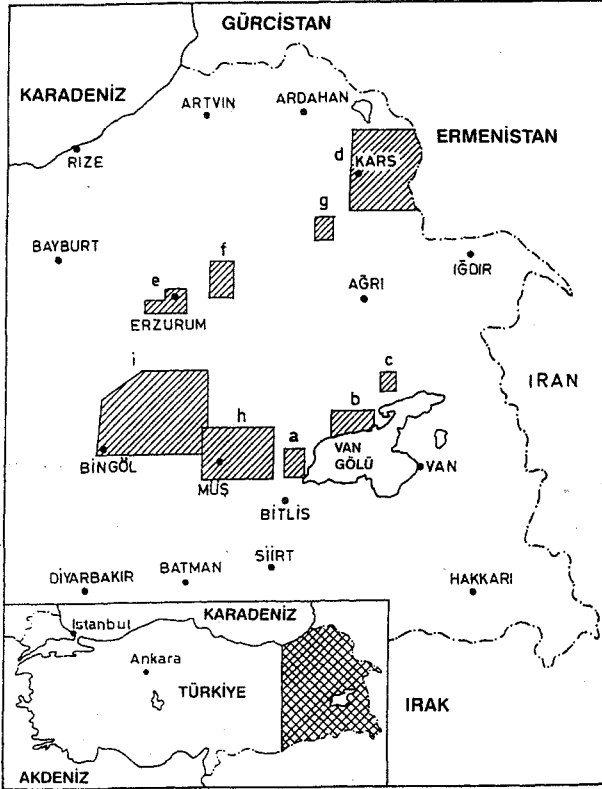
1982; Matsuda, 1988,1990; Ogata, 1989; Ercan, 1990). Buna rağmen, bu yaygın volkanizmanın önemi uluslararası düzeyde anlaşılmıştır: Ankara'daki iki güncel konferans (Uluslararası Arkeometri Sempozyumu, Arkeometri' 94,9-14 Mayıs 1994 ve Uluslararası Volkanoloji Kongresi, IAVCEI 1994, 12-16 Eylül 1994). Bu konferanslardan daha detaylı haritalar ve jeokronolojik çalışmaların gerekliliği anlaşılmıştır. Cauvin ve Chatoiner (1995) ve Özdoğan (1995), Anadolu obsidyenlerinin, özellikle tarih öncesi zamanlarda alet yapımı için hammadde olarak önemini arkeolojik olarak belirtmişlerdir.

Bu çalışma, belirlenmemiş aralıkları doldurmaya katkı sağlamaktadır. Doğu Anadolu'daki (Şekil 1) obsidiyen içeren volkanik alanlardan birçok obsidiyen örneği alınmış, volkanizmanın kronolojik evriminin daha

iyi anlaşılması için "fizyon track" yaş tayini yöntemiyle incelenmiştir. İlk sonuçlar, Bigazzi (1994a, 1994b) tarafından yayınlanmıştır. Bu çalışmada, en son sonuçlar hakkında bir örnek seti de sunulmuştur. Tekrar gözden geçirilip düzeltilen jeoloji harita versiyonları çoğunlukla türkçe makalelerde hazırlanmış ve yayımlanmıştır. .

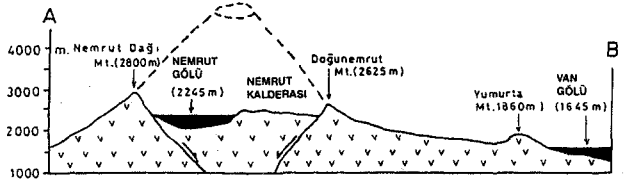
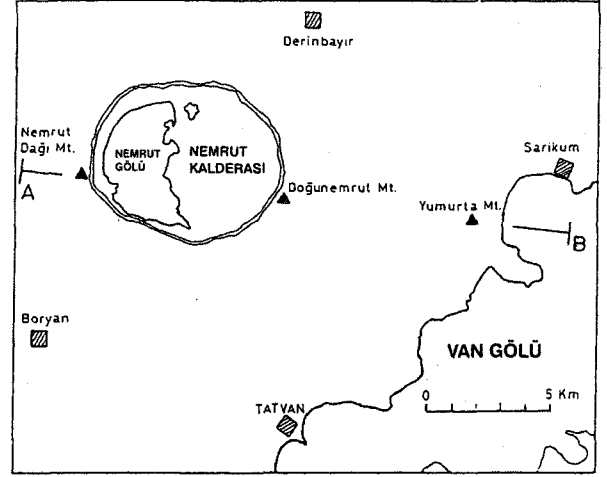
DOĞU ANADOLU'DAKİ OBSİDİYEN OLUŞUMLARIYLA İLGİLİ JEOLJİK NOTLAR

Doğu Anadolu'daki Geç Senozoyik volkanizması Arap-Avrasya Kars platosunun güneybatısındaki Arap çıkıntı havzasından ve kuzeydoğudaki Lesser Caucasus'dan bindirme zonunda SW-NE doğrultusu boyunca yayılır. Çıkıntı volkanizması, kalkan şeklinde ve toleyitik-alkali geçişli bir püskürme şeklinde egemendir. Bitlis bindirme zonunun kuzeyindeki kalınlaşmış kabukta bulunan volkanizma hafif alkali volkan Nemrut'tan ve daha yaşlı güneydeki Muş volkanlarından kalkalkaliden alkaliye doğru; Bingöl ve Süphan'a doğru ve alkali volkan Tendürek, kalkalkali volkan Ararat'a ve yaşlı Kars plato volkanlarına kuzeye doğru değişkenlik gösterir.



Şekil 1. Çalışma alanı. a-i: Ayrıntısıyla haritalanmış volkanik bölgeler (Şekil 3-11'e bakınız).

Figure 1. The region studied in this work, a-i: volcanic areas mapped in detail (see figures 3-11).



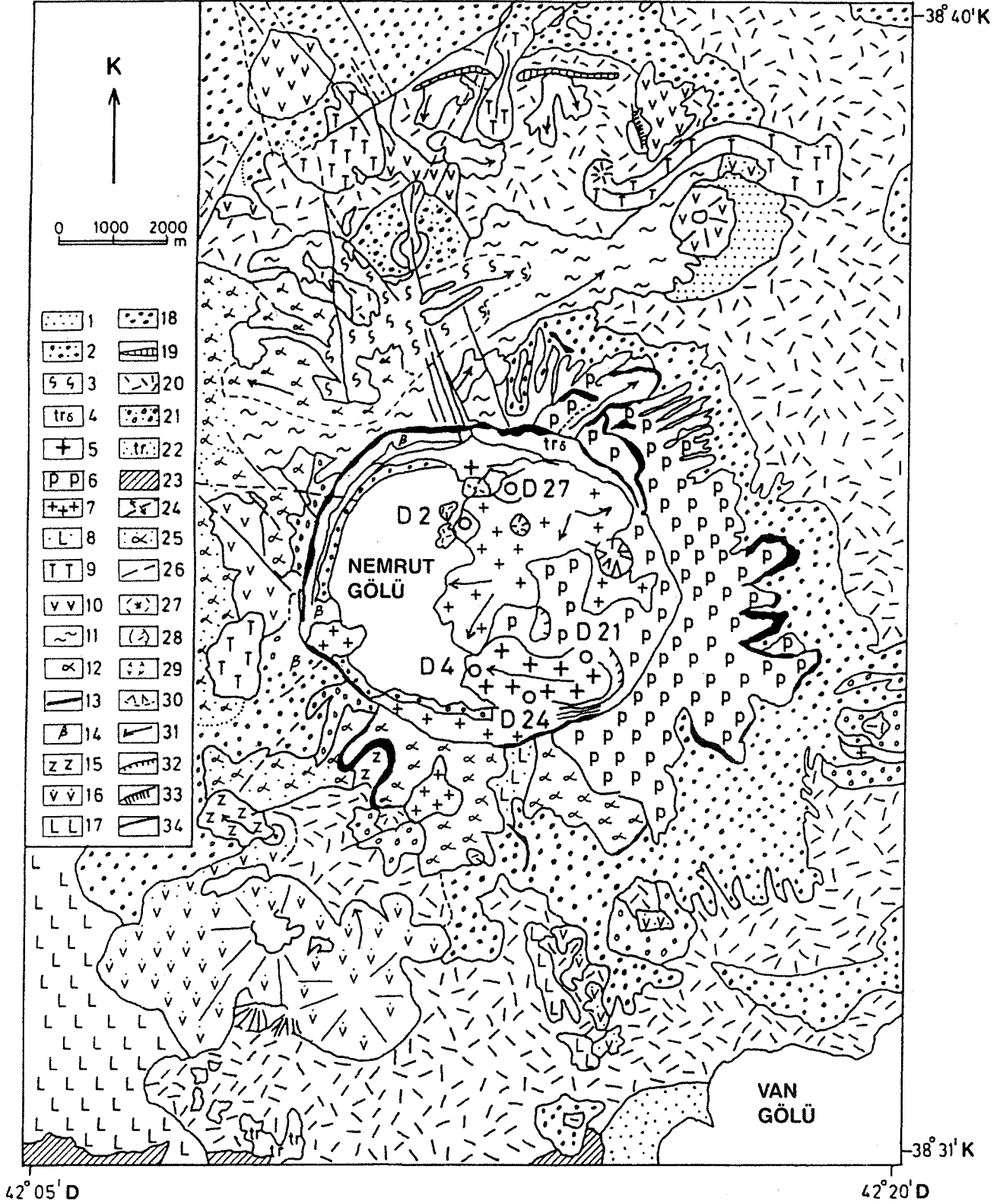
Şekil 2. Nemrut volkanı.

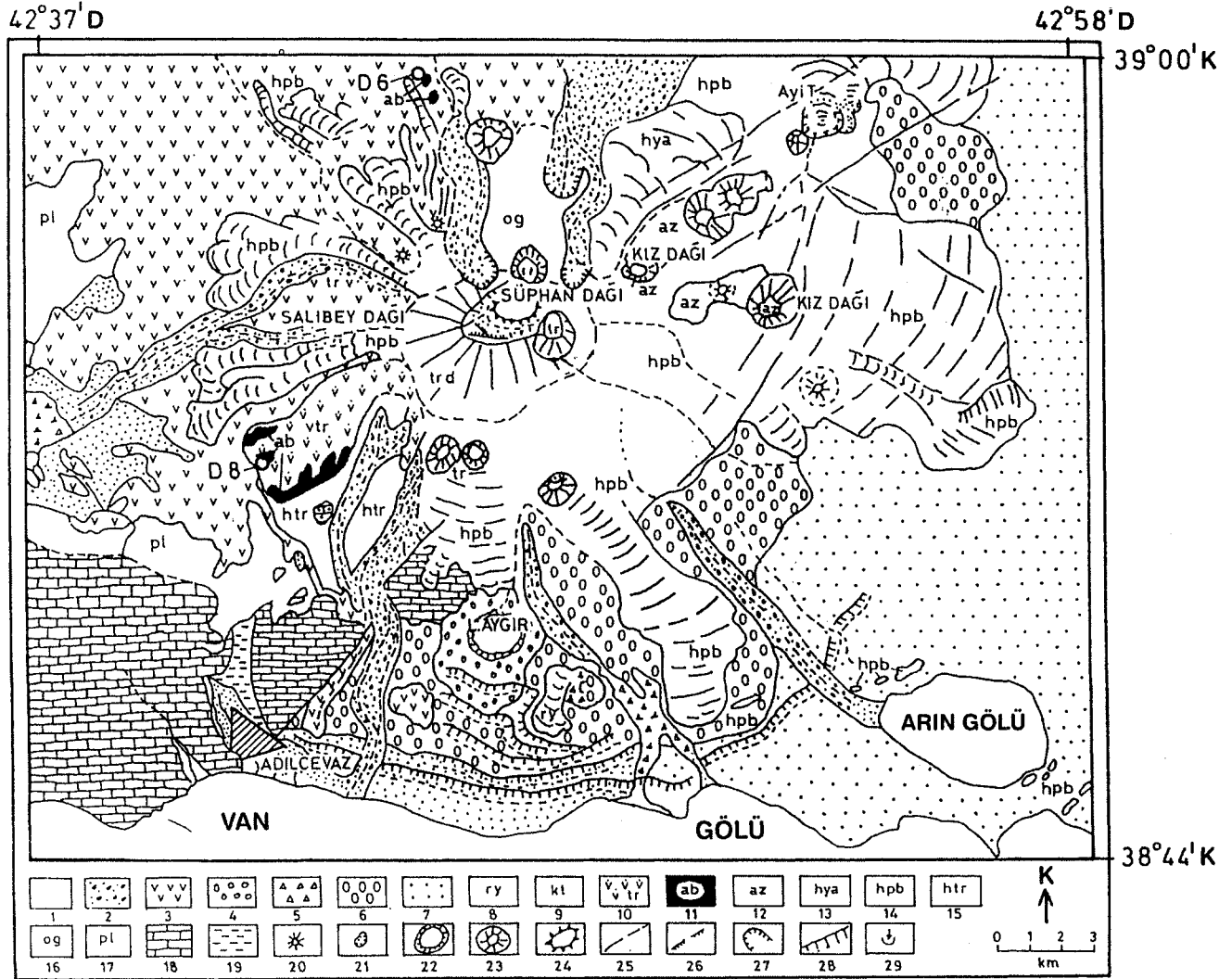
Figure 2. The Nemrut volcano.

Şekil 3. Nemrut volkanının jeolojik haritası (Güner ve Şaroğlu (1987)'den değiştirilmiştir). 1: Alüvyon, 2: Piroklastikler, 3: Bazalt, 4: Trakit, 5: Trakitik obsidiyen, 6: Pumis, 7: Camslı trakit, 8: Lahar, 9: Trakit, 10: Bazalt, 11: Sütun bazalt, 12: Trakit, 13: Obsidiyen, 14: Bazalt, 15: Bazaltik piroklastikler, 16: Trakit, 17: Lahar, 18: Trakitik tüf, 19: Obsidiyen, 20: tgnimbiritik tüf, 21: Pumis, 22: Trakit, 23: Temel (ayrıtlanmamış), 24: Yarık, 25: Trakit, 26: Olası fay, 27: Lav merkezi ve konisi, 28: Krater, 29: Lav çöküntüsü, 30: Birikinti konisi, 31: Lav akış yönü, 32: Teras, 33: Normal fay, 34: Kaldera duvarı. Açık daireler örnek yerlerini belirtmektedir (D2,....., D27).

Figure 3. Geological map of Nemrut volcano (revised from Güner and Şaroğlu, 1987). 1: Alluvium. 2: Pyroclastics. 3: Basalt. 4: Trachyte. 5: Trachytic obsidian. 6: Pumice. 7: Hyalot-rachyte. 8: Lahar. 9: Trachyte. 10: Basalt. 11: Scory basalt. 12: Trachyte. 13: Obsidian. 14: Basalt. 15: Basaltic pyroclastics. 16: Trachyte. 17: Lahar. 18: Trachytic tuff. 19: Obsidian. 20: Ignimbritic tuff. 21: Pumice. 22: Trachyte. 23: Basement (undifferentiated). 24: Fissure. 25: Trachyte. 26: Fault of uncertain nature. 27: Lava center and cone. 28: Crater. 29: Lava sink. 30: Debris cone. 31: Lava flow direction. 32: Terrace. 33: Normal fault. 34: Caldera wall. Open circles indicate sample locations (D2,....., D27).

DOĞU ANADOLU'DAKİ OBSİDİYEN İÇEREN VOLKANİKLER





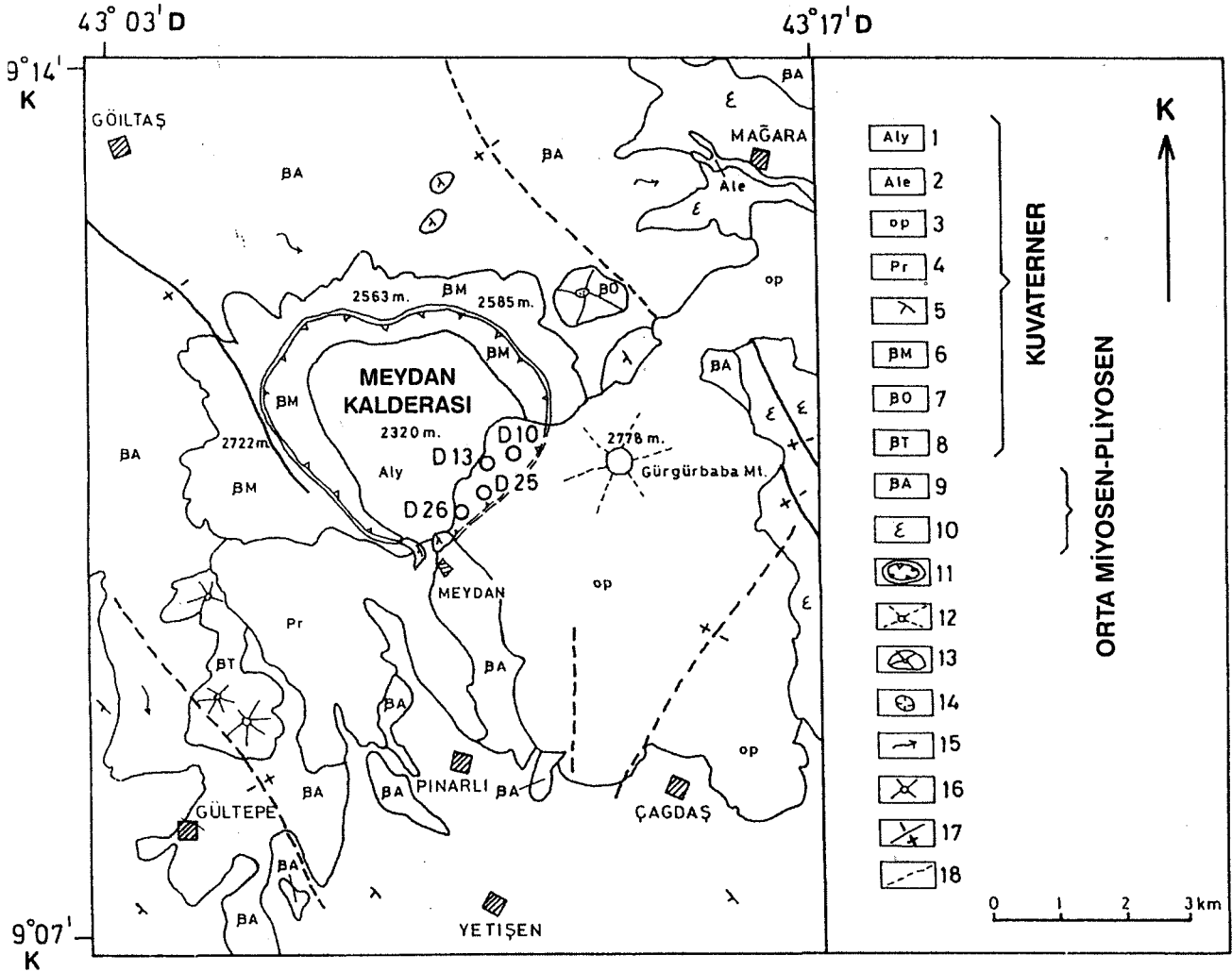
Şekil 4. Süphan volkanının jeolojik, jeomorfolojik haritası (Güner ve Şaroğlu (1987)'den değiştirilmiştir). 1: Alüvyon, 2: Çakıl, 3: Olivinli bazalt, 4: Pumis, 5: Volkanik breş, 6: Pumis+tüf, 7: Göl çökelleri, 8: Riyolit, 9: Tüf, 10: Trakit, 11: Obsidiyen, 12: Andezit, 13: Camsı andezit, 14: Hipersten bazalt, 15: Camsı trakit, 16: Aglomera, 17: Çakıltaşı (Pliosen), 18: Kireçtaşı (Burdigaliyen), 19: Metamorfik temel, 20: Kül konisi, 21: Krater, 22: Maar, 23: Dom, 24: Plug, 25: Fay, 26: Düşey fay, 27: Buzul gölü, 28: Teras, 29: Dolin.

Figure 4. Geological, geomorphological map of Süphan volcano (revised from Güner and Şaroğlu, 1987). 1: Alluvium. 2: Pebble. 3: Olivine basalt. 4: Pumice (very rounded). 5: Volcanic breccia. 6: Pumice+tuff. 7: Lake sediments. 8: Rhyolite. 9: Tuff. 10: Trachyte. 11: Obsidian. 12: Andesite. 13: Hyaloandesite. 14: Hyperstene basalt. 15: Hyalotrachyte. 16: Agglomerate. 17: Conglomerate (Pliocene). 18: Limestone (Burdigalian). 19: Metamorphic basement. 20: Ash cone. 21: Crater. 22: Maar. 23: Dome. 24: Plug. 25: Fault. 26: Vertical fault. 27: Cirque. 28: Terrace. 29: Doline.

İzotop (Sr, Nd) ve iz elementler, havzada oluşan lavların Arap kıtasının küçük miktarda astenosfer eriyikleleriyle zenginleşmiş litosferik mantosundan türediğini sistematik olarak belirtir. Muş çevresindeki alkali volkanların lavları ve Bitlis bindirme zonunun kuzeyindeki Nemrut ve Tendürek volkanları, benzer şekilde litosfer kaynaklı bileşim ve Arap kıtasından veya Bitlis masifi

mikro kıtasından türemiştir (Pearce, 1990). Doğu Anadolu'da Kars ve Ararat'daki lavlar, daha önceki dalma batma olaylarına bağlı olarak, dalma batma izleri taşıyan bir kimyasal bileşime sahiptir (Notsu, 1995).

Bu çalışma kapsamındaki örnekler Van gölünün kuzey ve batı kıyılarındaki volkanlardan (Nemrut D., Süphan D. ve Meydan D.) ve Kars, Erzurum, Pasinler, Sarıkamış, Muş ve Bingöl'deki volkanik alanlardan alınmıştır.



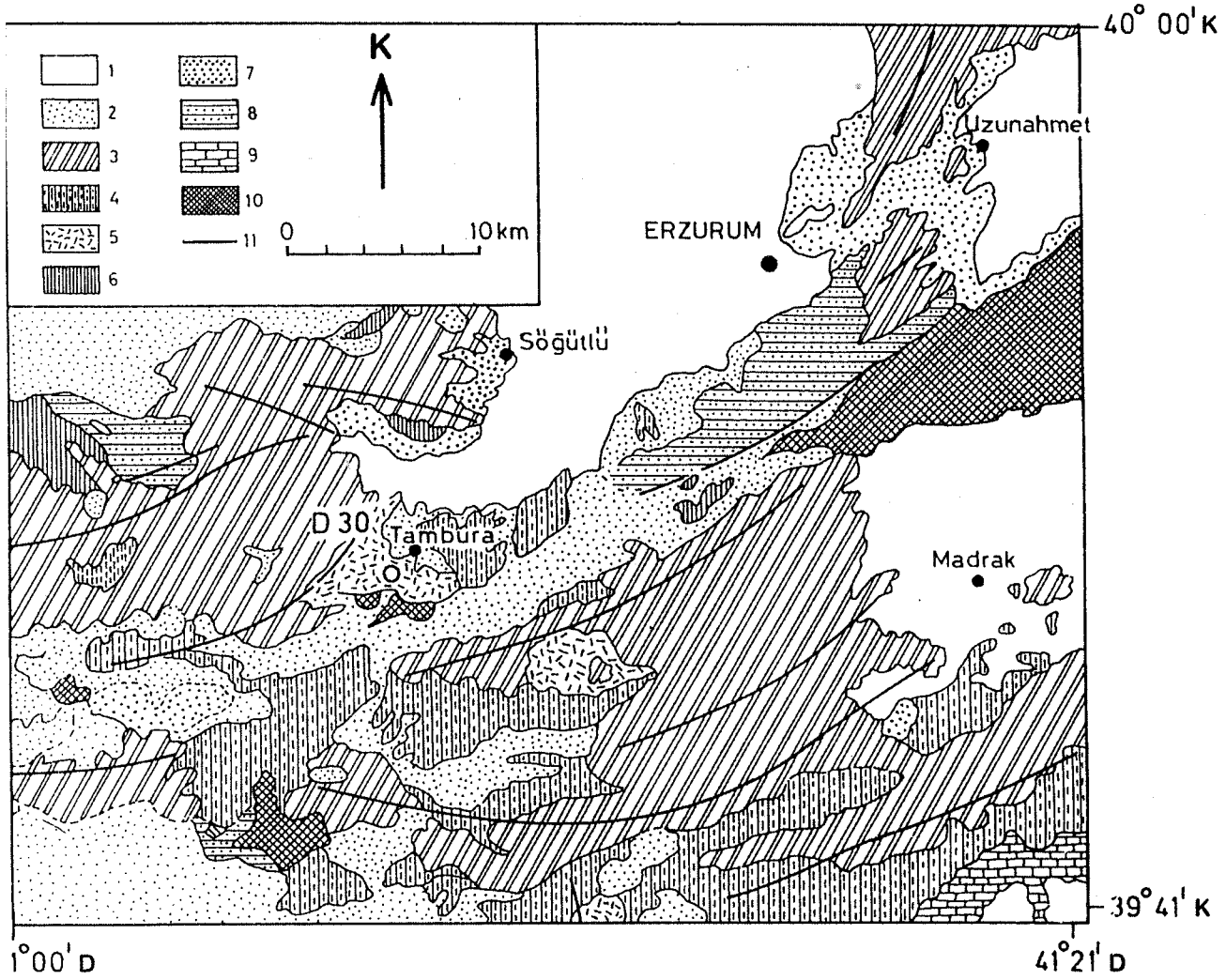
Şekil 5. Meydan volkanının jeoloji, jeomorfoloji haritası (Özgür (1993)'den değiştirilmiştir). 1: Güncel alüvyon (Pleistosen), 2: Alüvyon (Holosen), 3: Obsidiyen, perlit, 4: Volkanik piroklastikler (volkan bombası, (apilli, kül), 5: Pumis, 6: Meydan bazaltı, 7: Deveci bazaltı, 8: Topsini bazaltı, 9: Akdağ volkanikleri (bazalt, tüf), 10: Dositik lav, aglomera, tüf, 11: Kaldera, 12: Volkan domu, 13: Volkan konisi, 14: Krater, 15: Lav akıntısı, 16: Lav püskürme merkezi, 17: Normal fay, 18: Olası fay. 1.

Figure 5: Geological, geomorphological map of Meydan volcano (revised from Özgür, 1993). 1: Recent alluvium (Pleistocene). 2: Fomer alluvium (Holocene). 3: Obsidian, Perlite. 4: Volcanic pyroclastics (bomb, lapilli, ash). 5: Pumice. 6: Meydan basalt. 7: Deveci basalt. 8: Topsini basalt. 9: Akdağ volcanics (basalt, welded tuff, scoria). 10: Dacitic lava, agglomerate, tuff. 11: Caldera. 12: Volcanic dome. 13: Volcanic cone. 14: Crater. 15: Lava flow. 16: Lava eruption center. 17: Dip-slip normal fault. 18: Probable fault. 1.

Doğu Anadolu'daki en önemli obsidiyen yatakları, bölgedeki Kuvaterner volkanik serilerinden olan, Van Gölü'nün batısındaki (Şekil 2 ve Şekil 3) Nemrut Dağı çevresinde tanımlanmıştır. Bunun tabanı 36 km² üzerinde bir yayılıma sahiptir. Burada farklı su sıcaklıklarına sahip beş farklı göl vardır ve kaldera içindeki birçok koni volkana doğal bir güzellik katmaktadır. Volkanik aktivite, Pleistosen zamanında N-S doğrultusunda bir ya-

rıkla başlamıştır. İlk piroklastik ürünlerden sonra, bazik ve asidik lavlar püskürmüştür. Son püskürme olarak trakitik lavlar M.S. 1441 'de oluşmuştur (Güner, 1984). Bu olay, Anadolu'daki son patlamalı volkanik aktiviteyi oluşturur. Ercan, 1995 ve Kipfer 1994, sırası ile, 3He/4He, 1,059x10⁻⁵ ve 1.2x10⁻⁵, olan iki kararlı helyum izotopu atomik oranını bulmuşlardır. Yazarlar, bu nedenle mantodaki helyum varlığını kontrol ederek Nem-

DOĞU ANADOLU'DAKİ OBSİDİYEN İÇEREN VOLKANİKLER



Şekil 7. Erzurum bölgesinin jeoloji haritası (Pasquare' (1970)'den değiştirilmiştir). 1: Alüvyon ve kolüvyon çökelleri, 2: Üst Miyosen volkanoklastik çökelleri, 3: Bazaltik volkan çatlakları, 4: Bazaltik eksojen dom ve akıntılar, 5: Opsidiyen içeren piroklastik koniler, 6: Hipersten-andezitik domlar, 7: Dasitik domlar, 8: Palandöken dağları volkanik sırtı, 9: Kretase ve Eosen denizel çökelleri, 10: Mesozoyik ofiyolitik kompleks, 11: Volkanik çukurluklar.

Figure 7. Geological map of the Erzurum area (revised from Pasquara, 1970). 1: Alluvial and colluvial deposits. 2: Upper Miocene volcanoclastic sediments. 3: Basaltic fissure volcanoes. 4: Basaltic exogenous domes and flows. 5: Obsidian bearing pyroclastic cones. 6: Hypersthene-andesitic domes. 7: Dacitic domes. 8: Palandöken dağları volcanic ridge. 9: Cretaceous and Eocene marine sediments. 10: Mesozoic ophiolitic complex. 11: Mainfissural volcanic vents.

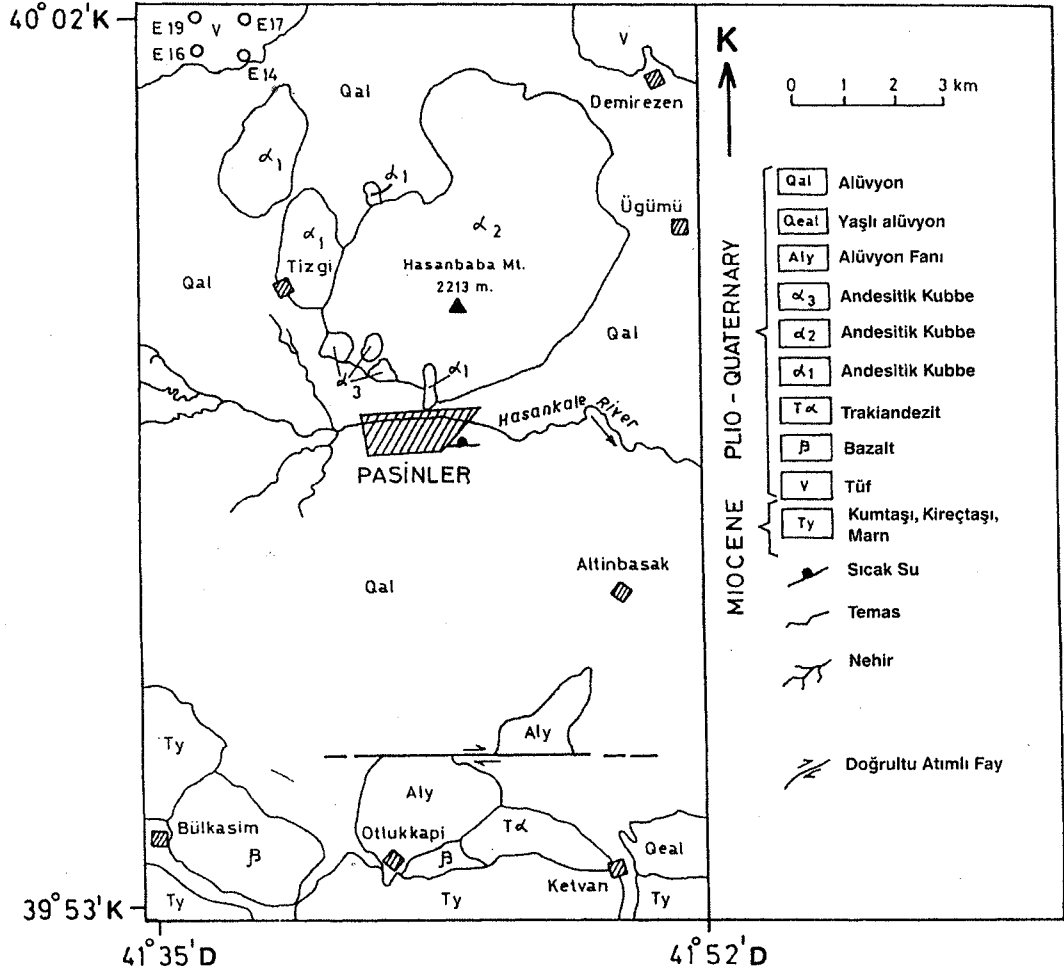
si diyen yatakları (bu çalışmada örneklenmemiş), Süphan Dağı'nın güneyinde bulunan Nernek volkanik dağı'nın ortaya çıkardığı riyoitik ve perlitik lavlarla birleşmiştir.

Doğuda, Van Gölü civarında bulunan bir başka Kuvaterner yaşlı volkan da Erciş ilçesinin kuzeyindeki, Meydan Dağı'dır (Şekil 5). Kalderanın içinde ve çevresinde andezitik, dasidik ve riyoitik lav dizileri ve bunları izleyen perlit ve siyahımsı gri renkte obsidiyenler gözlenmiştir. Bu çalışmada analiz edilen örnekler kaldera-

nın içinden alınmıştır. Örnekler farklı patlama kısımlarından toplanmıştır.

Tendürek Dağı (Van Gölü'nün kuzeydoğusunda), Kuvaterner volkanik serisinin başka bir üyesidir. İki krateri vardır, Solfatar kısmında hala aktiftir ve trakitik obsidiyenler üretmiştir. Tendürek dağından örnek alınmıştır.

Kars bölgesinde obsidiyen yatakları, geniş yayımlı tüf, aglomera ve riyoitik lavlarla birlikte bulunur (Şekil 6). Bunlar Orta-Üst pliyosen yaşlıdır ve Aktimur



Şekil 8. Pasinler yöresinin jeolojik haritası.

Figure 8. Geological map of the Pasinler area.

(1981)'e göre "Dumanlıdağ Piroklastları" olarak adlandırılır. Bunlar siyah ve kırmızı renkte olup, Yağlıca Dağı ve Akbaba Dağı'ndan türemişlerdir. Bu çalışma için örnekler Yağlıca Dağı'ndan, Digor'un 10 km güneyinden, Akbaba Dağı'ndan ve Kars'ın 12 km güneybatısından alınmıştır. Doğu Anadolu'daki tahmin edilen en yaşlı obsidiyen oluşumları bu bölgenin güneybatısındaki alanda tanımlanmıştır. Innocenti, vd. (1982), Kağızman kuzeyindeki bir obsidiyen yatağında bu yaşlı oluşumlara yaşlı volkaniklerle birleşmiş K-Ar yaşı olarak 6.9 ± 0.9 Ma olarak belirtmiştir.

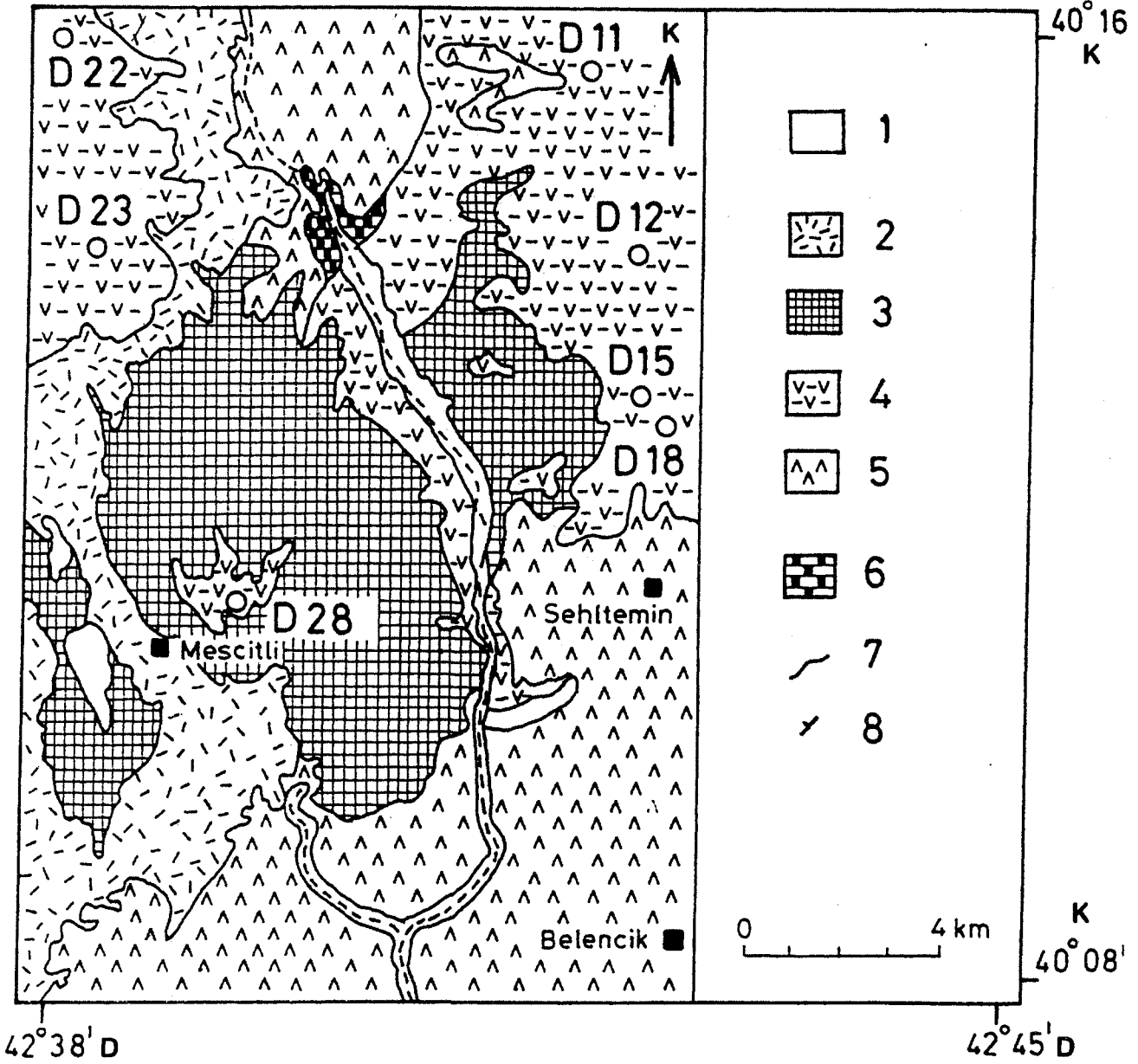
Obsidiyen içeren volkanikler Tabya Dağı, Kible Tepe ve Erzurum'un güneybatısındaki Tambura köyü yakınlarında görülmüştür (Şekil 7). Bu birimler yaşlıdan gence doğru; andezitik bazaltik geçişli strato-volkanlar, obsidiyence zengin piroklastik koniler, riyodasidik ve dasidik domlar, güçlü püskürme aktivitesiyle andezitik

domlar, bazaltik domlar ve akış domları, bazaltik karakterli volkanlardır. Erzurum volkanikleri Üst Miyosen-Alt Pliyosen zaman aralığına denk gelir. Bu çalışma için Tambura yakınlarından bir adet örnek alınmıştır.

Erzurum'un doğusunda, Pasinler civarında daha fazla obsidiyen oluşumları gözlenmiştir (Şekil 8). Obsidiyen yatakları, tüfler ve volkan konilerindeki andezitik lavlarla birleşiktir. Pasinler ilçesi civarında Pliyosen ve Kuvaterner zamanına ait değişik kısımlara ait olan birçok volkanik andezitik domlar ve bazaltik lav akışları bulunur. Pasinler obsidiyenleri Pliyosen yaşlıdır.

Doğu Anadolu'daki tipik obsidiyenler; kül, tüf, bazalt, pümis Sarıkamış-Mescitli karayolu kısmındaki riylit ve perlit gibi piroklastik bir dizinin içinde oluşmuş olan Sarıkamış obsidiyenleridir (Şekil 9). Bu obsidiyenler pembe-sarı renkli tüfler içinde 1-2 cm'den 1-2 metreye varan tane ve bloklar halindedir. Bunların renkleri

DOĞU ANADOLU'DAKİ OBSİDİYEN İÇEREN VOLKANİKLER

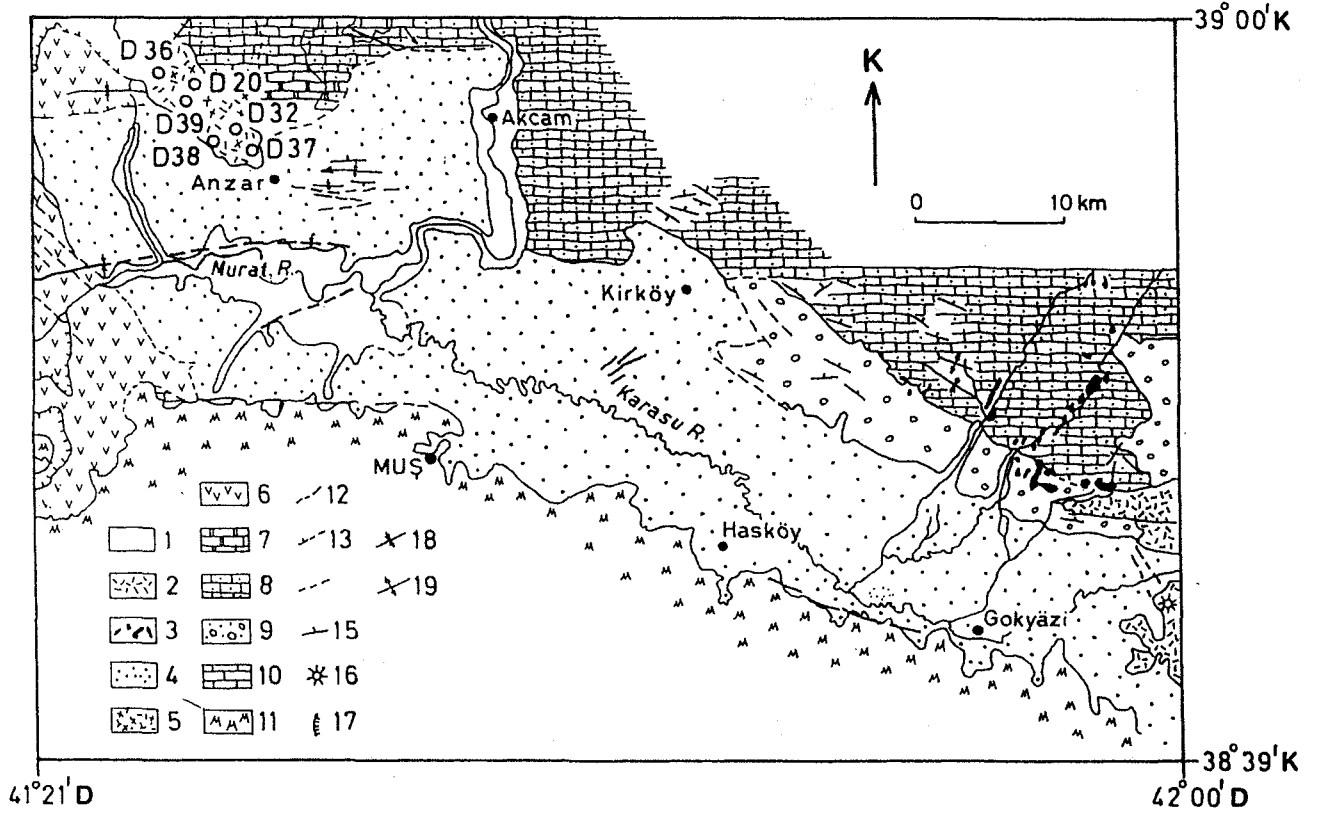


Şekil 9. Sarıkamış'ın GD'sundaki volkanik alanın jeoloji haritası (özgür ve Bilgin (1990)'den değiştirilmiştir). 1: Alüvyon, 2: Tüf, 3: Perlit, 4: Obsidiyen ve Riyolit, 5: Bazalt, 6: Paleozoyik metamorfik kayalar (klorit-muskovit-kuars şist ve fillit), 7: Dokanak, 8: Katman eğim ve doğrultusu.

Figure 9. Geological map of the volcanic area located SE of Sarıkamış (revised from Özgür and Bilgin, 1990). 1: Alluvium. 2: Tuffs. 3: Perlites. 4: Obsidian and rhyolites. 5: Basalts. 6: Paleozoic metamorphic rocks (chlorite-Muscovite-quartz shist and phyllite). 7: Contact. 8: Dip and strike.

yeşilden siyaha ve sandan kırmızıya doğru bir renk çeşidi gösterir. Bu çalışma için, örnekler Sarıkamış'ın 23-25 km güneydoğusundan toplanmıştır. Obsidiyenler Pliyosen yaşlıdır. Bu alanda 3.6×10^8 metrik ton perlitik cevher rezervi hesaplanmıştır. Bunlar 30 km^2 civarında bir yüzey alanı ve yaklaşık 60 m'lik bir kalınlık sergilerler. Bu obsidiyenler ekonomik öneme sahiptirler.

Diğer obsidiyenler Muş'un kuzeyinde (Şekil 10), Muş havzasının kuzeybatısında geniş alanlar kaplayan bir patlama şeklindedir. Bu birim kumtaşı, siltaşı, bazaltik lav ve tüflerle başlar, ve tüf, aglomera ve volkanik akış çevrimleriyle devam eder. Volkanizma Üst Miyosen zamanında, kuzeydoğu yönündeki bindirme zonu



Şekil 10. Muş yöresinin jeolojik haritası (Yılmaz ve diğ. (1987)'den değiştirilmiştir). 1: Geç Kuvaterner alüvyon, 2: Geç Kuvaterner bazaltı, 3: Erken Kuvaterner ignimbriti, 4: Erken Kuvaterner konglomera, Kumtaşı, Silttaşı, 5: Erken Kuvaterner riyolit ve obsidiyen, 6: Üst Miyosen çökel ara katmanlı volkanikler, 7: Alt Miyosen kireçtaşı, 8: Oligosen kumtaşı, killi kireçtaşı, 9: Üst Eosen kumtaşı, konglomera, 10: Orta Eosen lav, çört, kireçtaşı, 11: Paleozoyik-Alt Mesozoyik gnays, şistler, 12: Dokanak, 13: Bindirme, 14: Faylar, 15: Doğrultu, eğim, 16: Volkanik merkez, 17: Heyelan, 18: Senklinal, 19: Antikliinal.

Figure 10. Geological map of Muş district (revised from Yılmaz et al., 1987). 1: Late Quaternary alluvium. 2: Late Quaternary basalt. 3: Early Quaternary ignimbrite. 4: Early Quaternary conglomerate, sandstone, siltstone. 5: Early Quaternary rhyolite and obsidians. 6: Volcanics with sedimentary Upper Miocene inter-beds. 7: Lower Miocene limestone. 8: Oligocene sandstones, marly limestones. 9: Upper Eocene sandstone, conglomerate. 10: Middle Eocene lavas, chert, limestone. 11: Paleozoic-Lower Mesozoic gneiss, shists. 12: Contact. 13: Thrust. 14: Faults. 15: Strike, dip. 16: Volcanic centre. 17: Landslide. 18: Syncline. 19: Anticline.

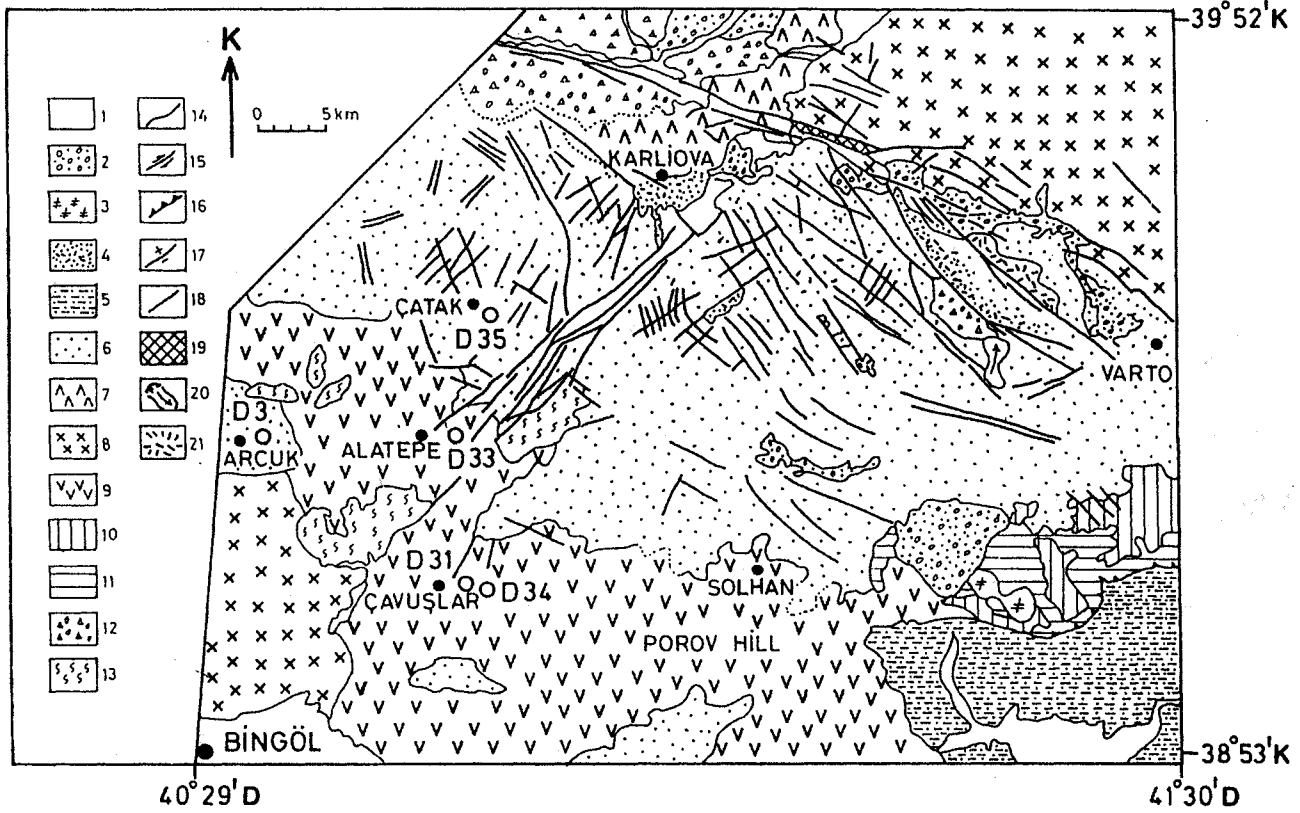
boyunca uzanan yank patlamaları ile başlar ve Üst Kuvaterner zamanına kadar devam eder. Obsidiyen yatakları Pliyosen-Alt Kuvaterner zamanındaki riyolitik lavlar ve tüflerle birlikte bulunur. Bu çalışma için, örnekler Anzar civarından toplanmıştır.

Önemli obsidiyen yatakları Bingöl-Solhan-Karlıova üçgeni içinde gözlenmiştir (Şekil 11). Bunların renkleri çoğunlukla gri ve siyah ve arasına yeşil ve kırmızıdır. Bunlar Pliyosen yaşlı Solhan volkanikleri ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı aglomera-tüf serilerinin ürünüdür. Genellikle, domlar ve tüfler oluşturan dasidik lav akışları içinde bloklar halinde oluşmuştur. En baskın ve geniş yayı-

lımı olan obsidiyen yatakları Çaltak, Alatepe, Çavuşlar ve Arçük yakınlarındadır. Bu bölgedeki jeolojik araştırmalar sırasında Çavuşlar'da, tarih öncesi obsidiyenlerden aletler yapılmış olduğu yerler bulunmuştur (Cauvin, vd. 1986). Çayönü (Diyarbakır) ve Caferhöyük (Malatya)'da yapılan kazılarda bulunan obsidiyen yapıtları Bingöl'deki obsidiyen alanları ile karşılaştırılmış ve benzerlikler bulunmuştur (Şaroğlu, 1989).

Diğer obsidiyenler Rize güneyindeki İkizdere civarında bulunmuştur. Bunları Taner (1977) K-Ar yaşı olarak 2.1 ± 0.3 Ma olarak belirtmiştir. Son olarak, Kuvaterner obsidiyen oluşumları Erzincan'ın kuzeydoğusunda

DOĞU ANADOLU'DAKİ OBSİDİYEN İÇEREN VOLKANİKLER



Şekil 11. Bingöl-Karlıova-Solhan yöresinin jeoloji haritası (Şaroğlu ve Yılmaz (1991)'den değiştirilmiştir). 1: Güncel Alüvyon (Kuvaterher), 2: Eski Alüvyon (Kuvaterner), 3: Sergen riyoliti (Kuvaterner), 4: Boran formasyonu (Erken Kuvaterner), 5: Anzar formasyonu (Erken Kuvaterner), 6: Zirnak formasyonu (Üst Pliyosen), 7: Karlıova volkanikleri (Pliyosen), 8: Bingöl volkanikleri (Pliyosen), 9: Solhan volkanikleri (Pliyosen), 10: Adilcevaz kireçtaşı (Erken Miyosen), 11: Keleş formasyonu (Oligosen), 12: Kazan formasyonu (Oligosen), 13: Metamorfik kayalar (Erken Paleozoik-Erken Mesozoik), 14: Dokanak, 15: Fay doğrultu ve eğimi, 16: Bindirme, 17: Normal fay, 18: Olası fay, 19: Traverten, 20: Heyelan, 21: Volkanik dom.

görülmüştür (Baş, 1979). Rize ve *Erzincan* obsidiyenlerinden örnek alınmamıştır.

DOĞAL CAMIN FİZYON TRACK YÖNTEMİ İLE YAŞLANDIRILMASININ ÖNEMİ

Fizyon track ile yaşlandırılma ilk kullanıldığında, jeolojik zamanlarda minerallerde tutulan fizyon trackın ısısal duraylılığının zayıf olduğu farkedilmiştir. (FT ile yaşlandırmanın detaylı tanımı için Wagner ve Van den haute, 1992'ye bakınız). İyonlaşmış bir partikülün zede-

Figure 11. Geological map of Bingöl-Karlıova-Solhan area (revised from Şaroğlu and Yılmaz, 1991). 1: Recent alluvium (Quaternary). 2: Ancient alluvium (Quaternary). 3: Sergen rhyolite (Quaternary). 4: Boran formation (Early Quaternary). 5: Anzar formation (Early Quaternary). 6: Zirnak formation (Upper Pliocene). 7: Karlıova volcanics (Pliocene). 8: Bingöl volcanics (Pliocene). 9: So Uian volcanics (Pliocene). 10: Adilcevaz limestone (Early Miocene). 11: Keleş formation (Oligocene). 12: Kazan formation (Oligocene). 13: Metamorphic rocks (Late Paleozoic-Early Mesozoic). 14: Contact. 15: Strike-slip fault. 16: Thrust, teeth on hanging wall. 17: Normal fault. 18: Fault of uncertain nature. 19: Travertine. 20: Landslide. 21: Volcanic dome.

lenmesi sonucu oluşan katının yapısı, zaman içinde dereceli olarak saklanacaktır. Bu "fading" veya track "derecelenmesi" fizyon track oranlarının etkilenme ve/veya hakediş uzunluğun indirgenmesi ile bulunur.

İzlerin kısmen alıkoyduğu sıcaklık aralığı, materyalin bir karakteristiğidir. Bu özellikler, FT yöntemini kayaların termokronolojik tarihçesinin şifresini çözen bir birim elemanı haline getirmektedir.

Uygulamada, sadece hızlı soğuma ile oluşmuş kayalardaki FT yaşlandırması, kayaların oluşan yaşları-

Çizelge 1. Doğu Anadolu obsidiyenlerinin FT yaşlandırması. a-görünür yaşlar, b- plato yaşları
 p_s (p_1): kendiliğinden oluşmuş (indüklenmiş) iz alan yoğunluğu; N_s (N_1): kendiliğinden oluşmuş (indüklenmiş) iz sayısı; S' : indüklenmiş iz sayısının standard hatası; D_s/D_1 : kendiliğinden oluşmuş indüklenmiş iz büyüklük oranı. Nötron akışı: D1, D5,

D7, D9, D30, $\Phi = 3.19 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$; D4, D6, D11-D26, $\Phi = 1.62 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$; D28, D31-D38; $\Phi = 1.65 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$. Yaş hesaplanmasında kullanılan parametreler: $\sigma = 5.802 \times 10^{-22}$; $\lambda = 1.55125 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$, $\lambda_F = 7.03 \times 10^{-17} \text{ a}^{-1}$.
 Isıtma: Plato yaşının belirlenmesi için ısı uygulaması.

Örnek	p_s (cm^{-2})	N_s	ρ_1 (cm^{-2})	N_1	S' (%)	D_s/D_1	Yaş ($\pm 1\sigma$) (Ma)
Nemrut Dağı							
D4	66	3	271,000	653	3.7	1.06	0.024 ± 0.014
Süphan Dağı							
D6	73	32	102,000	1,185	3.7	1.02	0.068 ± 0.012
Meydan Dağı							
D10	190	19	296,000	1,108	2.8	0.97	0.06 ± 0.01
D13	1,210	104	256,000	1,117	3.6	0.93	0.46 ± 0.05
D25	820	65	217,000	1,207	3.3	0.76	0.37 ± 0.05
D26	1,520	110	257,000	1,135	3.5	0.78	0.58 ± 0.06
Kars							
D1*	4,510	209	354,000	1,152	2.5	0.85	2.43 ± 0.18
D5*	4,680	271	373,000	1,153	2.8	0.80	2.42 ± 0.17
D7*	9,740	564	526,000	1,323	2.8	0.89	3.54 ± 0.18
D9*	9,570	591	497,000	1,252	2.7	0.86	3.67 ± 0.19
Erzurum							
D30*	8,700	605	326,000	1,132	3.2	0.82	5.09 ± 0.26
Pasinler							
D14	15,000	1,003	298,000	1,362	2.7	0.88	4.97 ± 0.21
D16	14,600	562	337,000	1,089	3.3	0.85	4.19 ± 0.22
D17	13,200	509	323,000	1,137	2.4	0.71	3.96 ± 0.21
D19	12,100	516	333,000	1,199	2.4	0.70	3.54 ± 0.19
Sarikamiş							
D11	6,200	479	194,000	1,157	3.4	0.89	3.11 ± 0.17
D12	4,770	405	198,000	1,273	2.9	0.70	2.34 ± 0.13
D15	6,540	379	180,000	1,200	2.9	0.77	3.53 ± 0.21
D18	5,250	140	156,000	1,458	2.5	0.70	3.27 ± 0.29
D22	6,750	161	166,000	1,037	2.6	0.75	3.98 ± 0.33
D23	7,070	245	189,000	1,582	2.4	0.85	3.64 ± 0.25
D28	6,790	180	179,000	1,043	3.0	0.71	3.68 ± 0.30
Mus							
D38	2,710	219	136,000	806	5.1	0.82	1.96 ± 0.16
Bingöl							
D3	1,790	109	267,000	1,088	2.8	0.35	0.65 ± 0.07
D31	4,270	105	129,000	515	4.5	0.92	3.21 ± 0.34
D33	3,180	108	153,000	603	4.1	0.86	2.05 ± 0.21
D34	11,200	431	276,000	1,110	2.5	0.93	3.99 ± 0.23
D35	1,990	115	138,000	1,226	3.4	0.68	1.42 ± 0.14

Table 1. FT dating of obsidians from Eastern Anatolia. a-apparent ages, b-plateau ages.

p_s (p_1): spontaneous (induced) track areal density; N_s (N_1): spontaneous (induced) track counted; S' : standard error of the induced track counts; D_s/D_1 : spontaneous to induced track size ratio. Neutron fluences: D1, D5, D7, D9, D30, $\Phi = 3.19 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$; D4, D6, D11-D26, $\Phi = 1.62 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$; D28, D31-D38: $\Phi = 1.65 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$. Parameters used for age calculation: $\sigma = 5.802 \times 10^{-22} \text{ cm}^{-2}$; $\lambda = 1.55125 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$, $\lambda_F = 7.03 \times 10^{-17} \text{ a}^{-1}$.

Heating: thermal treatment for plateau age determination.

Örnek	Isıtma	p_s (cm^{-2})	N_s	ρ_1 (cm^{-2})	N_1	S' (%)	D_s/D_1	Yaş ($\pm 1\sigma$) (Ma)
Meydan Dağı								
D25	3 h 220°C	690	129	112,000	1,310	3.2	1.02	0.60 ± 0.06
D26	/ 3 h 220°C	1,076	176	139,000	1,554	1.01	1.01	0.75 ± 0.06
Kars								
D5	5 h 200°C	3,500	243	222,000	1,090	3.2	1.02	3.00 ± 0.21
D7	5 h 200°C	7,900	610	365,000	1,078	3.3	1.02	4.13 ± 0.21
D9	5 h 200°C	8,000	618	380,000	1,124	3.4	0.99	4.02 ± 0.20
Erzurum								
D30	5 h 200°C	8,120	596	225,000	2,247	2.4	1.02	6.90 ± 0.32
Pasinler								
D14	3 h 200°C	15,400	1,071	247,000	2,429	1.7	0.99	6.09 ± 0.22
D16	3 h 200°C	16,400	696	258,000	1,589	2.7	1.00	6.17 ± 0.28
D17	3 h 220°C	12,400	815	217,000	1,064	3.3	1.02	5.55 ± 0.26
D19	3 h 200°C	10,600	493	174,000	1,141	3.0	1.02	5.93 ± 0.32
Sarikamiş								
D11	3 h 220°C	5,460	422	149,000	1,196	3.3	1.00	3.55 ± 0.20
D12	3 h 220°C	5,390	416	139,000	1,116	2.5	0.99	3.76 ± 0.22
D15	3 h 220°C	6,210	719	136,000	1,369	2.6	1.00	4.44 ± 0.20
D18	3 h 220°C	5,580	474	112,000	1,133	2.7	1.03	4.85 ± 0.27
D22	3 h 220°C	6,380	517	141,000	1,141	3.6	1.00	4.38 ± 0.23
D23	3 h 220°C	6,460	524	132,000	1,072	3.1	1.02	4.74 ± 0.25
D28	3 h 220°C	5,260	609	110,000	1,332	3.5	1.02	4.73 ± 0.25
Bingöl								
D34	5 h 200°C	9,580	518	205,000	1,655	3.2	0.98	4.62 ± 0.23

DOĞU ANADOLU'DAKİ OBSİDİYEN İÇEREN VOLKANİKLER

m vemektedir., aksi halde bir jeolojik yorum gerekmektedir. Patlama zamanında bozulmadan kalmasından dolayı volkanik kayalardaki zirkon ve sfen, yaş tayininde güvenilir minerallerdendir. Apatit de ise 100 °C civarındaki sıcaklıklarda kolon izler düşük seviyeli ve geçici derecelenmeye eğilimlidir.

Camlardaki fizyon track, termal olaylara karşı çok duyarlıdır, önemli değişimler oda sıcaklığında bile olabilir. Bir FT yaşı cam için çoğunlukla minimum yaştır. Bununla beraber, volkanik camın FT ile yaşlandırılması camın volkanik kayalardaki yaşlandırma için tek önemli kriter olması açısından önemlidir (Walter, 1989). Storzer ve Wagner (1969) cam içindeki iz boyu ölçümündeki geçici oranları göstermiştir. İz boyunun azalması, FT ile yaş indirgenmesindeki alansal yoğunluğun bulunmasıyla ilişkilidir. İz boyu oranı ölçülmesiyle bir yaş düzeltme faktörü bulunabilir. Storzer ve Poupeau (1973), FT yaşlarının termal olarak düzeltilmesinde "plato yöntemi"ni bulmuşlardır.

Deneysel kanıtlar, değiştirilmiş tekniklerin (boyut düzeltme yöntemi ve plato yöntemi) birbirlerine eşit sonuçlar verdiğini ve bu cam için üzerinde düzeltilmiş FT yaşlarının gerçeğe yakın formasyon yaşlarını verdiğini göstermiştir (Komarove ve Raykhlin, 1977; Naeservd., 1980, 1981; Arias vd., 1981; Miller ve Wagner, 1981; Obradovich vd., 1982; Storzer ve Wagner, 1982; Westgate, 1989; Bigazzi vd., 1993a).

Sonuç olarak, camın FT yöntemi ile yaşlandırılması çeşitli nedenlerden dolayı çok önem taşımaktadır. Bu nedenler: 1) Doğal cam oluşumları birçok volkanik bölgede görülmüştür, 2) Cam, birçok tefranın ana bileşenidir, 3) Yaş düzeltme teknikleri cam üzerinde gerçeğe yakın sonuçlar üretirler.

1960'lı yılların sonlarından 1970'li yılların başlarına kadar birçok yazar, (Suzuki, 1969; Durrani vd., 1971; Arias Radi vd., 1972; Bigazzi ve Bonadonna, 1973; Wagner vd., 1976) volkanik alanlardaki kronostratigrafik fiziksel çalışmalar kadar, tekno-kronolojik çalışmalarda da FT yaşlandırmasının potansiyelini göstermişlerdir. Çeşitli coğrafik alanlardaki uygulamalarda: Japonya (Suzuki, 1969), Avrupa (Arias Radi vd., 1972p Arias vd., 1986; Bigazzi vd., 1960), Kuzey ve Güney Amerika (Naeser vd., 1980, 1981; Miller ve Wagner, 1981; Westgate, 1989; Bigazzi vd., 1992), Afrika (Bigazzi vd., 1993b) çok başarılı performanslar vermişlerdir.

Prensipte, FT yaşlandırması çok güncel kayalarda uygulanabilir görünmemektedir; oldukça düşük uranyum veren mineraller ve doğal camlar, kısa zamanda karakteristik iz yoğunluklarının birikimi engeller. Bununla beraber, Bigazzi ve Bonadonna (1973) ve Bigazzi vd. (1993b), obsidiyen FT yaşlandırmasının çok genç volkanik provenşler için, kronolojik çalışmayı yeniden yap-

mak üzere mükemmel bir araç olduğunu göstermişlerdir. İyi kaliteli obsidiyenler geniş alanlar için yapılan hazırlıklara ve gözlemlere olanak sağlarlar., Bu durumda, kendiliğinden trackın olağan sayısı, alansal yoğunluklarının çok düşük olabilmesine rağmen onaylanabilir ve bu yüzden, FT yaşlandırması örnekler üzerinde sadece birkaç bin yıl önce uygulanabildi.

Sonuçta FT yaşlandırma yöntemi, obsidiyen oluşumunun karakteristiği ve doğal alanlarla tarih öncesi korelasyonu için, ideal bir alternatif tekniktir. Bu yüzden volkanik bölgelerdeki kronolojik araştırmalar aynı zamanda arkeometrik öneme sahiptir.

DOĞU ANADOLU OBSİDİYENLERİNİN FT YÖNTEMİ İLE YAŞLANDIRILMASI

Obsidiyen örneklerinin analizlerinde kullanılan teknikler daha önceki safyalarda tanımlanmış (Bigazzi vd., 1990, 1992, 1993d) ve kısaca değinilmiştir. Her obsidiyen örneğinden bir bölüm, İtalya'da Pavia Üniversitesinde, Triga Mark II nükleer reaktöründe Lazy Susan (LS) işlemiyle aydınlatılmıştır (Altın için Kadmiyum oranı 6.5 ve Kobalt için 48). Termal nötron akışı SRM 962a NIST (NBS) kullanılarak cam standart bulunmuştur (Carpenter, 1984). Örnekler, Çukurova Üniversitesi (Adana) Fizik bölümü ve Pisa Jeokronoloji Enstitüsü'nde analiz edilmiştir. Örnekler, Pisa'da epoksi reçinesinin içine konulduktan sonra, bir içsel yüzey yaratmak için cilalanmıştır ve sonra % 20'lik HF çözeltisinde 40 °C'de 120 saniye, ve 23 °C'deki % 16 HF çözeltisine 3-4 dakikalığına Adana'da bırakılmıştır. İz sayıcı ile Adana'da 400x, Pisa'da 500x şiddetindeki ışık göndermiştir. İz boyu ölçümleri, örneklerin izlerindeki kısmi soğuma oranını kontrol etmek için ayarlanmıştır. Leitz Microvid aleti ve mikrometrik gözparçaları, Adana ve Pisa'da kullanılmıştır. Bu izlerdeki kısmi kaybolmanın düzeltilmesi için plato tekniği (Storzer ve Poupeau, 1973) kullanılmıştır.

FT sonuçları Çizelge 1a ve 1b'de 0.030 Ma ve 0.9 Ma arasında değişen FT yaşları ile birlikte verilmiştir.

Birçok örnek, FT yaşlandırması için uygun olmayan sonuç vermiştir. Şekil 3 ve 4'de gösterilen D1-D39 obsidiyen örnekleri başka amaçlar için toplanmış örneklerden alınmıştır. Bu nedenle, FT yaşlandırması için gerekli olan iyi kalitede camı seçmek için özel bir dikkat gösterilmemiştir.

Çizelge 1a'daki 0.35'den, ~1'e kadar gösterilen D_s/D_j iz boyu oranları obsidiyenlerin değişken soğuma oranlarından etkilendiğini kanıtlamaktadır. Daha genç örnekler için (D_4, D_6 ve $D_{10}, D_j/D, -1$), kısmi iz geçişi ihmal edilebilir. Bunların Çizelge 1a'da gösterilen görünür yaşları, oluşum yaşları olarak kabul edilebilir. Daha yaşlı örnekler için D_s/D_x oranı önemli bir şekilde

Tden küçüktür ve sadece plato yaşları (Çizelge 1b) jeolojik açıdan önemli sayılabilir. D31 ve D34 (Bingöl) örnekleri, yaşlan göz önünde tutularak daha geniş D/Dj oranı gösterir. Bu sonuçlar sıcaklık ve zamanın yanında, camın fiziksel-kimyasal özelliklerinin de bu geçiş fenomenasında önemli bir rol oynadığını gösterir. Bu ayrıca laboratuvar soğuma deneylerinde de belirtilmiştir (Wagner ve Van den houte, 1992).

Çizelge 1'de verilen yaşlar Doğu Anadolu'daki önemli sayıdaki obsidiyen örneklerine dayanan ilk jeokronolojik yapıyı gösterir. Daha yakın yaşlar, Van Gölü'nün batı ve doğu kıyılarındaki Pleyistosen oluşumları için ölçülmektedir, halbuki Üst Miyosen-Pliyosen yaşı geri kalan volkanik alanlarda saptanabilmiştir. Bu sonuçlar, Türkiye'nin jeolojik haritasında belirtilen genel niteliklerle uyumaktadır (Bingöl vd., 1989). Yeni yaşlar, bu çalışmada araştırılan volkanlardan, elde edilen az sayıdaki jeokronolojik veri ile uygunluk göstermektedir. Matsuda (1988, 1990) Nemrut Dağı obsidiyenleri için 9,500 ve 30,000 yıl arasında ve Meydan Dağı obsidiyenleri için 0.48 Ma ve 0.99 Ma arasında K-Ar yaşlarını belirtmektedir. 0.9 Ma'nın K-Ar dönemi, Innocenti vd. (1980) tarafından, Meydan Dağı kalderasının güneydoğu tarafından Ziyaret adı ile alınmış bir örnek için yayınlanmıştır. Bigazzi vd. (1982, 1988) aynı obsidiyen için 0.89 Ma ve 0.79 Ma FT yaşlarını belirlemiştir. Ogata vd. (1989), K-Ar metodunu kullanarak bir Süphan Dağı oluşumunda 0.76 ± 0.52 Ma belirlemiştir.

D5 (3.0 ± 0.2 Ma) örneğinin plato yaşı, Innocenti vd. (1982)'nin aynı alanda bulunan obsidiyen için belirttiği K-Ar yaşı (2.7 ± 0.3 Ma) ile uygunluk gösterir. Bu yazarlar güney Sarıkamış'tan alınmış bir örnekte K-Ar yaşını 1.9 ± 0.1 Ma olarak belirtmektedirler. Verilen son yaş, bu çalışmada Sarıkamış obsidiyenleri için saptanandan oldukça düşüktür.

ÖZET VE SONUÇLAR

Burada belirtilen yaş tayinleri, Geç Miyosen'de başlayıp Pliyosen-Pleyistosen dönemleri boyunca çok sayıda volkanik ürün meydana getiren Doğu Anadolu volkanizmasının kronolojik evriminin ana hatlarını çizer. Son evreler, Van Gölü kıyıları boyunca oluşan büyük volkanlar tarafından gösterilir. Bunlardan bir tanesinin (Nemrut Dağı) püskürtme aktivitesi, tarihsel dönemler boyunca devam etmiştir.

Bu araştırmanın sonuçları, daha önceki araştırmalar ile birlikte arkeometrik bir bakış açısıyla tartışılmıştır (Bigazzi vd. 1994a, 1994b). Bu sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

(1) FT yöntemiyle yaşlandırma Doğu Anadolu'daki potansiyel kaynakları Türkiye'nin diğer sektörlerinde belirlenenlerden tamamen ayırmaktadır (Orta ve Kuzey Anadolu, Bigazzi vd., 1993d).

(2) Şaroğlu (1989) tarafından yapılan gözlemler doğrulanmış olmaktadır; Çayönü Neolitik alanındaki (Ergani yakını, Diyarbakır) kazılarda çıkarılan kalıntıların asal kaynağı, Bingöl bölgesidir, ama başka alternatif kaynaklar da belirtilmiştir,

(3) İstanbul bölgesinden (Bigazzi vd. 1993c) elde edilen Neolitik kalıntıların veri karşılaştırması, Doğu Anadolu ham madde dağılımının eğer bu bölgede meydana geldiyse, apayrı bir olay olduğunu gösterir.

Önemli gelişmelere rağmen, Doğu Anadolu volkanikleri henüz detay olarak incelenmemiştir ve daha fazla çalışma gerektirmektedir. Volkanik arazilerde gözlenen çeşitli obsidiyen mostraları (örneğin, Şekil 3'de verilen Nemrut Dağı'nın kaldera duvarlarındaki önemli akışlar) bu çalışmadaki veri setinde gösterilmemiştir. Daha önce belirtilen bazı volkanik bölgelere (Nenek Dağı, Tendürek Dağı, Rize, Erzincan) bu çalışmada değinilmemiştir. Son olarak FT yaşlandırma yöntemi için uygun olmayan örnekler veren bu mostraların iyi kalitede cam bulunan bölgelerinin dikkatli seçimi, kronolojik çözüm ve doğruluğunu geliştirecektir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aktimur T., Tekirli E., Yurdakul E., Ercan T., Kecer M., Ürgün B., Gürbüz M., Can B. ve Yaşar T. (1991): Geology of the vicinity of Kars-Arpaçay region and petrology of Neogene-Quaternary aged volcanites. Bull. Geological Congress of Turkey, 6, 104-117.
- Arias C., Bigazzi G. ve Bonadonna F.P. (1981): Size correction and plateau age in glass shards. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 5, 129-136.
- Arias C., Bigazzi G., Bonadonna F.P., Cipolloni M., Hadler J.C., Lattes C.M.G. ve Radi G. (1986): Fission track dating in archaeology. A useful application. In: Scientific Methodologies Applied to Works of Art. Edited by Paolo L. Parrini. Montedison, Progetto Cultura Eds., Milan, Italy, 151-159.
- Arias-Radi G., Bigazzi G. ve Bonadonna F.P. (1972): Le tracce di fissione. Un metodo per lo studio delle vie di commercio dell'ossidiana. Origini, 6, 155-170.
- Baş H. (1979): Petrologische und geochemische Untersuchungen an subrezenten Vulkaniten der Nordanatolischen Störungszone (Absehnitt: Erzincan-Niksar). Ph. D. Diss. Univ. Hamburg, 106 p.
- Bigazzi G. ve Bonadonna F.P. (1973): Fission track dating of the obsidian of Lipari Island (Italy). Nature, 242, 322-323.
- Bigazzi G., Bonadonna F.P., Laurenzi M.A. ve Tonarini S. (1993a): A test sample for fission track dating of glass shards. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 21, 489-497.
- Bigazzi, G., Bonadonna F.P., Di Paola G.M. ve Giuliani O. (1993b): K-Ar and fission track ages of the last volcanotectonic phase in the Ethiopian rift valley (Tullu Mo-

DOĞU ANADOLU'DAKİ OBSİDİYEN İÇEREN VOLKANİKLER

- ye area). Geological and mineral resources of Somalia and surrounding regions. *Ist. Agron. Oltremare, Firenze, Relaz. e Monograf.*, 113, 311-322.
- Bigazzi G., Bonadonna F.P. ve Radi G. (1982): Fission track dating of obsidians and prehistory. 5th ICOG-Workshop on Fission Track Dating, June 30, 1982, Nikko National Park, Japan. Abstracts, 1-4.
- Bigazzi G., Coltelli M., Hadler N.J.C., Osorio Araya A.M., Oddone M. ve Salazar E. (1992): Obsidian bearing lava flows and pre-Columbian artifacts from Ecuadorian Andes: first new multidisciplinary data. *J. South Am. Earth Sci.*, 6, 21-32.
- Bigazzi G., Dompnier E., Hadler Neto J.C., Poupeau G. and Vulliez E. (1988): Inter-calibration for fission track dating and uranium micromapping. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.*, 15, 755-757.
- Bigazzi G., Ercan T., Oddone M., Özdoğan M. ve Yeğingil Z. (1993 c): Application of fission track dating to archaeometry: provenance studies of prehistoric obsidian artifacts. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.*, 22, 757-762.
- Bigazzi G., Márton P., Norelli P. ve Rozložnik L. (1990): Fission track dating of Carpathian obsidians and provenance identification. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.*, 17, 391-398.
- Bigazzi G., Yeğingil Z., Ercan T., Oddone M. ve Özdoğan M. (1993d): Fission track dating obsidians in Central and Northern Anatolia. *Bull. Volcanol.*, 55, 588-595.
- Bigazzi G., Yeğingil Z., Ercan T., Oddone M. ve Özdoğan M. (1994a): The Pisa-Adana joint project on provenance studies of prehistoric obsidian artifacts: first results from eastern Anatolia. 29th. Int Symposium on Archaeometry, 9-14 May 1994, Ankara, Turkey. Proceedings.
- Bigazzi G., Yeğingil Z., Ercan T., Oddone M. ve Özdoğan M. (1994b): Provenance studies of prehistoric artifacts in eastern Anatolia: first results of an interdisciplinary research. *Petrographica et Mineralogica Acta*.
- Bingöl E., Bal I. ve Can N. (1989): Geologic map of Turkey, scale: 1:2000000. MTA-General, Directorate of Mineral Research and Exploration Eds., Ankara, Turkey.
- Cauvin M.C., Balkan N., Besnus Y. ve Şaroğlu F. (1986): Origine des obsidiennes de Caferhöyük (Turquie), premiers résultats. *Paleorient*, 12, 89-97.
- Cauvin M.C. ve Chataigner C. (1994): Proposal for the correlation of geochemical groups of obsidian from the Near East. 29th. Int. Symposium on Archaeometry, 9-14 May 1994, Ankara, Turkey. Proceedings.
- Carpenter B.S. (1984): Calibrated glass standards for fission track use (supplement to NBS Spec. Publ. 260-49). *NBS Spec. Publ.*, 260-292.
- Durrani S.A., Khan H.A., Taj M. ve Renfrew C. (1971): Obsidian source identification by fission track analysis. *Nature*, 233, 242-245.
- Ercan T., Fujitani T., Matsuda J.I., Notsu K., Tokdemir ve Ullrich T. (1990): Interpretation of new geochemical, radiometric and isotopic data on Neogene-Quaternary volcanics of Eastern and Southeastern Anatolia. *Bull. Mineral Research and Exploration Inst.*, 110, 143-164.
- Ercan, T., Matsuda, J. I., Nagao, K. ve Kita, L. (1995): Noble gas isotopic compositions in gas and water samples from Anatolia: Proceeding of the International Symp. on the "Geology of the Black Sea Region" 197-206, Ankara.
- Güneş Y. (1984): Geology, geomorphology and evolution of Üç Nemrut volcano. *J. Geom. Derg. (Bull. of Geomorphology)*, 12, 23-65.
- Güner Y. ve Şaroğlu F. (1987): Quaternary volcanism in Eastern Turkey, its significance for geothermal energy. 7th Biennial Petroleum Congress of Turkey. Proceedings, Geology, 371-383.
- Innocenti F., Mazzuoli R., Pasquaré G., Serri G. ve Villari L. (1980): Geology of the volcanic area north of Lake Van (Turkey). *Geol. Rdsch.*, 69, 292-323.
- Innocenti F., Mazzuoli R., Pasquaré G., Radicati di BROZOLLO F. ve Villari L. (1982): Tertiary and Quaternary volcanism of the Eastern Taurus (E. of the Taurus; Geological data and geodynamic evolution). *J. Volcanol. QeğU*: R?Ş:, J-i;223:240].
- den, D.M. ve Signer, P. (1994): Injection of mantle type helium into lake Van (Turkey); the clue for quantifying deep water renewal. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 125, 357-370.
- Komarov A.N. ve Raykhlin A.L. (1977): Comparison of fission track and potassium-argon dating of impactites. *Doklady Akad. Nauk. SSSR, Engl. Edition*, 228, 35-38.
- Matsuda J.I. (1988): Geochemical study of collision volcanism at the plate boundary in Turkey (comparison with subduction volcanism in Japan). Initial report of Turkey-Japan Volcanological Project, Part I, 31-36.
- Matsuda J.I. (1990): K-Ar age of Turkey volcanics. Mtial report of Turkey-Japan volcanological project. Part II, 63-68.
- Miller D.S. ve Wagner G.A. (1981): Fission track ages applied to obsidian artifacts, tam. South America using the plateau-annealing and track-size age-correction techniques. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.*, 5, 147-155.
- Naeser C.W., Briggs, N.D. ve Qbradovihc, J.D. ve Izett G.A. (1981): Dating of tephra. *Geochronology of Quaternary tephra deposits*. S. Self and R.S.J. Sparks Eds., *Tephra Studies*, 13-47.
- Naeser C.W., Qbradovihc, J.D. ve Izett G.A. (1980): Fission track and K-Ar ages of natural glasses. *Geological Survey Bulletin*, 1489, 32p.

- Notsu, K., Fujitani, T., Ui, T., Matsuda, J. and Ercan, T., 1995, Geochemical features of collision-related volcanic rocks in Central and eastern Anatolia, Turkey: *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 64, 171-192.
- Obradovich J.D., Naeser C.W., Izett G.A., Pasini G. ve Bigazzi G. (1982): Age constraints on the proposed Plio-Pleistocene boundary stratotype at Vrica, Italy. *Nature*, 298, 55-59.
- Ogata A., Nakamura K., Nagao K. and Akimoto S. (1989): K-Ar age of young volcanic rocks of Turkey. 1989 annual meeting of the Geochemical Society of Japan, ICO 3.
- özdoğan M. (1994): Source determination of Anatolian obsidians: an archaeological, overview. 29th Int. Symposium on Archaeometry, 9-14 May 1994, Ankara, Turkey. *Proceedings*.
- özgür N. (1993): Geomorphological features of the Zilan and Meydan calderas. *Jeom. Derg. (Bull. of Geomorphology)*, 20, 29-36.
- özgür N. ve Bilgin A. (1990): Geochemistry, genesis and economic importance of the Sarıkamış-Kars perlite and obsidian. *Jeom. Derg. (Bull. of Geomorphology)*, 18, 25-38.
- Pasquaré G. (1970): Cenozoic volcanics of the Erzurum area. *Geol.Rdsch.*, 60, 900-911.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Saroğlu F., Yılmaz, Y., Moortbath, S. ve Mitchell, J.G., 1990, Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia, Turkey. *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 44, 189-229.
- Şaroğlu F. (1989): Geoarchaeology: some applications and preliminary results. *Tübitak Archaeometry Symp.* 1989, Ankara. *Proceedings*, 3-15.
- Şaroğlu F. ve Yılmaz Y. (1991): Geology of the Karliova region; intersection of the North Anatolian and East Anatolian transform faults. *Bull. Tech. Univ. Istanbul*, 44, 475-493.
- Şengör A.M.C. (1979): The north Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. *J. Geol. Soc. London*, 136, 269-282.
- Şengör A.M.C. ve Kidd W.S.F. (1979): Post collisional tectonics of the Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet. *Tectonophysics*, 55, 361-376.
- Şengör A.M.C ve Yılmaz Y. (1981): Tethyan evolution of Turkey; a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Stozer D. ve Poupeau G. (1973): Ages-plateau de minéraux et verres par la méthode des traces de fission. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 276 serie D, 317-319.
- Stozer D. ve Wagner G.A. (1969): Correction of thermally lowered fission track ages of tektites. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 5, 463-468.
- Storzer D. ve Wagner G.A. (1982): The application of fission track dating in stratigraphy: a critical review. *Numerical dating in stratigraphy*. Edited by G.B. Odin, John Wiley and sons Ltd. Eds., 199-222.
- Suzuki M. (1969): Fission track dating and uranium contents of obsidians. *Daiyonki Kenkyu*, 8, 123-130.
- Taner M.F. (1977): Etude géologique et pétrographique de la région the Güneyce-Ikizdere, située au sud de Rize (Pontides orientales, Turquie). Ph. D. Thesis, University of Geneva, 180p.
- Wagner GA, Storzer D. ve Keller J. (1976): Spaltspurendatierung quartärer Gesteinsgläser aus dem Mittelmeerraum. *N. Jb. Miner. Mh.*, 2, 84-94.
- Wagner G.A. ve Van den haute P. (1992): Fission track dating. *Kluwer Academic Publishers Eds.*, Dordrecht, The Netherlands, 285p.
- Walter R.C. (1989): Application and limitation of fission track geochronology to Quaternary tephra. *Quat. Internatl*, 1, 3546.
- Westgate J.A. (1989): Isothermal plateau fission track ages of hydrated glass shards from silicic tephra beds. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 95, 226-234.
- Yılmaz Y., Şaroğlu F. ve Güner Y. (1987): Petrogenetic study of Solhan (Muş) volcanics, eastern Anatolia. *Bull. Earth. Sciences Hacettepe Univ.*, 14, 133-163.

Makalenin geliş tarihi: 03.06.1996

Makalenin yayına kabul edildiği tarih: 18.10.1997

Received June 3, 1996

Accepted October 18, 1997