

Kapadokya Volkanik Kompleksinin Gelişimi ve Volkanizmanın Bölge Üzerindeki Etkileri

Evolution of the Cappadocia Volcanic Complex and Effects on the Region of the Volcanism

Faruk AYDIN

*Niğde Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kampüs, 51200, Niğde
e-mail: faydin@nigde.edu.tr*

ÖZ: Orta Anadolu'daki Kapadokya Volkanik Kompleksi'nde (KVK) Neo-Kuvaterner sürecinde birçok polijenetik ve monojenetik volkan püskürmüştür. Bu kompleksteki volkanizma Orta-Geç Miyosen'de başladı ve daha sonra orta-yüksek K içerikli ve kalk-alkalen karakterli magmalar kıtasal sedimanter havzalarda oluştu. Bileşimi bazalttan riyolite değişen Erciyes ve Hasandağı stratovolkanları ile çok sayıdaki monojenetik püskürme merkezi KVK içinde oldukça geniş bir yayılıma sahiptir. Bölgedeki Neo-Kuvaterner volkanizmasının hem kalk-alkalen hem de alkalen karakterli olması, volkanizmanın oluştuğu tektonik ortamın yitimle ilişkili bir tektonik ortamdan levha içi açılmalı bir ortama doğru değiştiğini gösterir. Kompleksteki volkanik aktivite sadece geçmişte değil günümüzde de canlı yaşamını ve çevreyi büyük oranda etkilemiştir.

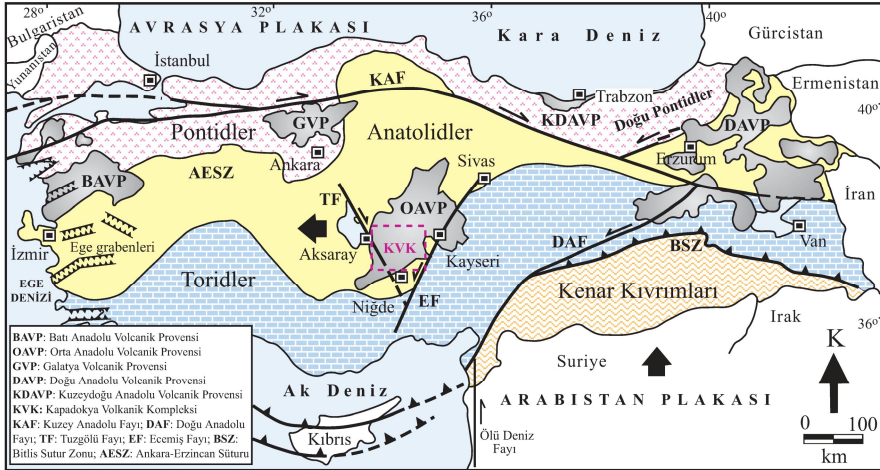
Anahtar Kelimeler: Kapadokya, kompleks, volkanizma, çevre, insan sağlığı

ABSTRACT: *Many polygenetic and monogenetic volcanoes have been erupted from the Cappadocian Volcanic Complexes (CVC) in the central Anatolia during Neo-Quaternary. Volcanism in this complex began in the mid- to late Miocene and, medium- to high-K calc-alkaline magmas were subsequently erupted into continental sedimentary basins. Quaternary volcanism characterized by Erciyes and Hasandagi stratovolcanoes with numerous monogenetic volcanic centers of basaltic to rhyolitic composition has been extensive within the CVC. Neo-Quaternary volcanism in the region has calc-alkaline and alkaline products originated from subduction to a within-plate extensional tectonic setting, indicating a transitional regime. The volcanic activity in the complex largely affected on living life and environment not only at the past but also at the present.*

Keywords: *Cappadocia, complex, volcanism, environment, human health*

Giriş

İlginç ve eşsiz jeolojik yapıları ile Kapadokya Volkanik Kompleksi'ni (KVK) içine alan Orta Anadolu Volkanik Provensi (OAVP), KD-GB doğrultusunda uzanan ve uzun eksenli 250-300 km., genişliği ise 100-150 km. civarında olan Türkiye'nin en önemli Tersiyer-Kuvaterner volkanik provenslerinden biridir (Şekil 1). KVK doğuda Kayseri yakınlarındaki Erciyes Volkanı'ndan, batıda Karaman yakınlarındaki Karadağ-Karacadağ volkanlarına ve kuzeybatıda Aksaray iline ve Tuzgölüne kadar uzanan, kuzey-kuzeydoğuda Sivas havzası ile güneyde ise Niğde Masifi, Ulukışla baseni ve Toros karbonat platformuyla sınırlanan, özellikle Niğde-Nevşehir-Aksaray arasındaki volkanik bir bölgeyi karakterize eder (Şekil 1). KVK'nin oluşumu Arap ve Avrasya levhalarının Orta Miyosen'de birbirlerine yaklaşmalarıyla başlamış, Üst Miyosen-Kuvaterner sürecinde çarpışma ve çarpışma sonrası rejimlerle gelişimini devam ettirmiştir. Böylece KVK içinde farklı türde ve kökende bir çok volkanik kayaç oluşmuştur.



Şekil 1. Türkiye'nin Neojen-Kuvaterner yaşlı genç volkanitlerini ve neotektonik yapılarını gösterir basitleştirilmiş volkanotektonik harita (Bozkurt, 2001'den değiştirilerek).

Kapadokya Volkanik Kompleksi'nin Genel Jeolojik ve Tektonik Özellikleri

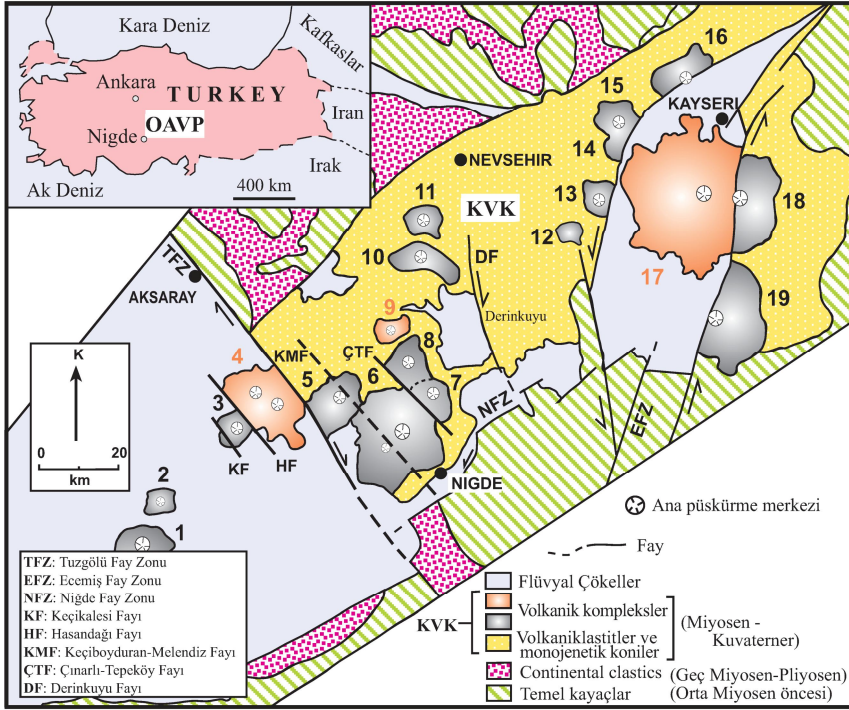
KVK değişik volkanik yapıları ve büyük hacimdeki piroklastik ve volkanoklastik ürünleri ile Anadolu'nun ortasında iyi korunmuş en ilginç volkanik komplekslerden biridir (Şekil 2). Bölgede Tersiyer öncesi yüzeyleyen kayaçlar temel kayaçlar olarak düşünülür. Temel kayaçlar Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı metamorfik kayaçlardan oluşur. Bu kayaçlar üstüne Üst Kretase yaşlı Orta Anadolu ofiyolitleri bindirir ve tüm bunları plütonik kayaçlar keser. Eosen dönemi denizel kireçtaşları ile karakterize edilir ve bu birim, Oligo-Miyosen yaşlı karasal kırıntılılar tarafından uyumsuz olarak üzerlenir (Göncüoğlu vd., 1991). Orta-Üst Miyosen'de başlamış ve Kuvaterner sürecinde devam etmiş yoğun karasal volkanizma ürünleri tüm bu birimleri örtmüştür. KVK içinde 19 adet polijenetik volkan (Şekil 2) ve yüzlerce irili ufaklı monojenetik yapı (skorya ve tuf konisi, maar, vs.) bulunmaktadır.

Kapadokya Volkanik Kompleksi'ndeki en önemli tektonik yapılar, Tuz Gölü ve Ecemiş Fay sistemleridir (Şekil 1 ve 2). Kapadokya bölgesi, büyük ihtimalle bu iki tektonik aktivitenin etkisi altında kalmış olmalıdır. Bu fay sistemleri Kapadokya Bölgesi Volkanitleri'nin uzun eksenini yaklaşık dik olarak kesmektedir ve K-G, KB-GD ve KD-GB yönlerinde gelişmiş birçok faydan oluşur (Toprak, 1998; Şekil 2).

Kapadokya Volkanik Kompleksinin Oluşumu ve Volkanizmanın Gelişim Süreci

KVK'nin oluşumu ve gelişimi Neo-Kuvaterner döneminde Arap ve Avrasya plakaları arasındaki çarpışmaya bağlanmaktadır. Öncel araştırmalarda, KVK içindeki volkanitlerin çoğunun jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri belirlemeye çalışılmıştır (Beekman, 1966; Innocenti vd., 1975; Besang, 1977; Batum, 1978a, b; Pasquare vd., 1988). Buna rağmen 1990'lı yıllarda başlayan ve günümüze kadar devam eden detay jeolojik, jeokronolojik ve izotopik çalışmalarla, KVK içindeki farklı volkanik komplekslerin yaşı, bunların birbiriyle ilişkisi, ana ve iz püskürme merkezlerinin yapısal kontrolü, bölgenin tektonik hareketliliği ve volkanizmanın kökeni üzerine odaklanılmıştır (Ercan vd., 1990, 1992; Göncüoğlu ve Toprak, 1992; Temel, 1992; Aydar, 1994; Toprak ve Göncüoğlu, 1993; Schumacher ve Mues-Schumacher, 1996; Dirik, 1996; Deniel vd., 1998). Arazi verileri ve volkanik komplekslerin uydu

görüntüleri, faylanma ve volkanizma arasında sıkı bir ilişki olduğunu göstermiştir.



Şekil 2. Orta Anadolu Volkanik Provensi (OAVP) ve bu provens içinde daha dar bir alanı fapsayan Kapadokya Volkanik Kompleksi'ndeki (KVK) Neojen-Kuvaterner yaşlı genç volkanitleri ve neotektonik yapıları gösterir basitleştirilmiş volkano-tektonik harita (Toprak, 1998'den). Volkanik kompleksler; 1- Karadağ, 2- Kötüdağ, 3- Keçikalesi, 4- Hasandağ, 5- Keçiboyduran, 6- Melendiz, 7- Tepeköy, 8- Çınarlı, 9- Göllüdağ, 10- Kızılçın, 11- Acıgöl, 12- Hoduldağ, 13- Tekkedağ, 14- Seksenveren, 15- Hamurcu- 16- Erkilet, 17- Erciyes, 18- Koçdağ, 19- Develidağ.

Üst Miyosen-Kuvaterner sürecinde yoğun bir volkanik etkinliğe sahne olan Kapadokya bölgesi, çoğunlukla piroklastik akıntılardan (blok ve kül akıntısı, ignimbirit, lahar), pümsice zengin geri düşme çökellerinden, piroklastik yayılma ürünlerinden, ayrıca çok sayıda

polijenetik (Melendiz, Keçiboyduran, Tepeköy, Çınarlı, Erciyes, Hasandağ, vs.) ve monojenetik volkandan (cüruf ve tuf konileri, maar, vs.) oluşmaktadır. Bu birimlerin dışında volkaniklastik kayalar bölgede geniş yüzeyleme sunarlar ve volkanik kompleksi çevrelerler. Volkaniklastik kayalar değişik yaşta farklı litolojilerden oluşurlar ve genelde kıtasal çökellerle ara katlıdır; bölgeden bölgeye değişen dikey ve yatay fasiyeler gösterirler (Beekman, 1966; Pasquare, 1968; Innocenti vd., 1975; Le Pennec vd., 1994; Toprak, 1998).

Kapadokya bölgesinde piroklastik akıntı çökelleri olarak en az sekiz adet ignimbiritik birim mostra vermekte ve bu birimler geniş alanlar kaplamaktadır. Bunlar renk, kalınlık, sıkılaştırma derecesi ve dağılıma göre farklılıklar göstermekte olup, yaşlıdan gence doğru Kavak-Göreme, Akdağ-Zelve, Sarımadan, Cemilköy, Tahar, Gördeles, Kızılkaya ve İncesu-Valibaba ignimbiritleri şeklinde sıralanırlar. Söz konusu ignimbiritlerin yaşının Üst Miyosen ile Kuvaterner aralığında değiştiği, farklı zamanlarda oluştuğu ve genellikle riyolitik bileşimde oldukları birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Temel vd., 1998). İgnimbiritik birimler ayrıca andezitik bileşimli lav akıntıları da içermektedir (Pasquare, 1968; Innocenti vd., 1975; Le Pennec vd., 1994). Jeolojik, jeokimyasal ve izotopik verilere göre, Kapadokya ignimbiritlerinin oluşumunda dalma-batma süreçlerinin etkisi altında kalmış bir litosferik manto kaynağının önemli rol oynadığı belirtilmiştir (Temel, 1992; Temel vd., 1998).

KVK içindeki piroklastik ve volkaniklastik kayalar yanında çok sayıda polijenetik volkan ve monojenetik yapı bölgesel dağılıma, yayılma merkezlerine, yaşlarına ve bileşimlerine göre farklı araştırmacılar tarafından gruplandırılmış ve haritalandırılmıştır (Batum, 1978; Ercan vd., 1990, 1992; Göncüoğlu ve Toprak, 1992; Schumacher ve Mues-Schumacher, 1996; Toprak, 1998; Le Pennec vd., 2005). Kompleks içinde ayırtlanmış 19 adet polijenetik volkan (stratovolkan, kaldera, dom) bulunmaktadır (Şekil 2). Bunlardan Orta-Geç Miyosen yaşlı olanlar, kompleksin genelde batı bölümünde bulunan Karacadağ, Kötüdağ, Keçikalesi, Tepeköy, Çınarlı ve Kızılçın volkanları iken, Miyo-Pliyosen yaşlı olanlar kompleksin en doğusundaki Erkilet, Hamurcu, Seksenveren, Tekkedağ, Hoduldağ, Koçdağ ve Develidağ volkanlarıdır. Niğde kuzey-kuzeybatısındaki Melendiz ve Keçiboyduran stratovolkanlarının ise Pliyosen yaşında oldukları arazi verilerine göre belirlenmiştir (Göncüoğlu ve Toprak, 1992). Diğer taraftan Hasandağı ve Erciyes stratovolkanları Pliyo-Kuvaterner yaşlı iken, Göllüdağ Domu (Erken Kuvaterner) ve Acıgöl Kalderası (Geç Kuvaterner) kompleksin en genç volkanik yapılarıdır

(Innocenti vd., 1975; Besang vd., 1977; Batum, 1978a, b; Ercan vd., 1990, 1992; Bigazzi vd., 1993, Türkecan vd., 2004a, b). Geç Miyosen ve Pliyosen volkanlarının bazılarında (Tepeköy, Çınarlı, Melendiz ve Keçiboyduran) yapılan kayaç ve mineral kimyası çalışmaları (Aydın, 2008), söz konusu volkanlara ait kalk-alkalen kayaçları üreten magmaların farklı kabuk derinliklerinde, değişen basınç şartlarındaki kristallenmeye maruz kaldıklarını göstermiştir. Ayrıca yapılan petrolojik modeller kalk-alkalen volkanizmanın gelişimi sürecinde, sadece farklılaşmanın değil aynı zamanda magma karışım olayının da etkili olduğunu göstermiştir. Detaylı jeolojik, jeokimyasal ve izotopik çalışmalar özellikle KVK içindeki Pliyo-Kuvaterner yaşlı Hasandağı (Aydar ve Gourgaud, 1998) ve Erciyes (Kürkçüoğlu vd., 1998, Şen vd., 2003) stratovolkanları ile en genç volkanik püskürükler olan Göllüdağ Domu (Bigazzi vd., 1993) ve Acıgöl Kalderası (Batum, 1978a, b; Druitt vd., 1995) üzerinde yapılmıştır. Hasandağı ve Erciyes stratovolkanları üzerine yapılan son çalışmalar, toleyitik ve kalk-alkalen/alkalen karakterli bu volkanitlerin ekstansiyonel ya da transtansiyonel rejimle ilişkili olduklarını (Toprak ve Göncüoğlu, 1993; Dirik ve Göncüoğlu, 1996; Koçyiğit ve Beyhan, 1998) ve bunlara ait kalk-alkalen kayaçların manto kaynağının eski bir yitim bileşeni içeren zenginleşmiş bir manto kaynağı ile uyumlu olduğunu göstermektedir (Pasquarè, 1988; Notsu vd., 1995; Aydar vd., 1995; Deniel vd., 1998). Bununla birlikte söz konusu kalk-alkalen volkanitlerin litosfer-astenosfer etkileşimine maruz kalmış olabilecekleri vurgulanmıştır (Kürkçüoğlu vd., 2004).

KVK'nin en genç volkanik ürünlerini içeren Acıgöl Kalderası iki ana tefra biriminden (Alt ve Üst Acıgöl tüfleri) ve çok sayıda riyolitik domlardan oluşmaktadır (Batum, 1978a). Yaklaşık 180 bin yıl önce ilk püskürmesini gerçekleştiren Acıgöl volkanı, piroklastik geri düşme ürünlerinden ve ignimbritlerden oluşan Alt Acıgöl tüflerini oluşturmuştur (Druitt vd., 1995). Bu püskürmenin hemen ardında kalın bir riyolit-obsidiyen çukuru (Boğazköy obsidiyen) gerçekleşmiştir. Daha sonra Üst Acıgöl Tüfü 150-70 bin yıl aralığı sürecinde devamlı püskürmüş ve Acıgöl çevresinde ve KVK içinde geniş alanları kaplamıştır (Druitt vd., 1995). Bölgedeki Kocadağ ve benzeri diğer riyolitik domlarda yapılan jeokronolojik çalışmalar, 70 ila 20 bin yıl arasında değişen yaşlar ortaya koymuştur (Druitt vd., 1995). Ayrıca bu asidik ürünleri örten genç bazaltik akıntıların olduğu da dikkate alınırsa, Kapadokya Bölgesi'ndeki volkanizmanın yakın günümüze kadar devam ettiği söylenebilir.

Kapadokya Bölgesi Volkanizmasının Bölge Üzerindeki Etkileri

Bu zamana kadar elde edilebilen arazi ve yaş verileri, Kapadokya Bölgesi'nde volkanik aktivitenin Neojen'den günümüze kadar büyük bir kesinti olmadan sürdüğüne işaret eder. Neojen volkanizması büyük oranda geniş ignimbirit örtüleri ve andezitik stratovulkanlar (Melendiz, Keçiboyduran, Koçdağ, vs.) ile tanımlanırken, Pliyo-Kuvaterner dönemi Erciyes ve Hasandağ stratovulkanları ve Göllüdağ-Acıgöl asidik volkanizması ile karakterize edilir. Söz konusu volkanik faaliyetlerin bölge üzerindeki etkinliği muhtemelen Pleyistosen-Holosen'e kadar devam etmiş (Türkecan vd., 2004) ve böylece günümüzdeki Kapadokya ve çevresinde eşsiz jeolojik yapılar meydana gelmiştir. Özellikle ilkel insanların ignimbiritik tüflerde açtıkları kaya kiliseleri ve yer altı şehirleri görenleri hayrete düşürmeye ve düşündürmeye yetmektedir.

Kapadokya bölgesindeki yaygın asidik volkanizmanın ürünleri olan özellikle obsidiyenlerin Paleolitik ve Neolitik dönemlerde işletilmiş olduğu ve bunların arkeolojik yerleşme yerlerinde ilkel insanlar tarafından alet olarak kullanıldıkları belirtilmektedir (Türkecan, 2007). Ayrıca bölgede tüflerin ayrışmasından kaynaklanan önemli kil yataklarının bulunması seramikçilik sanatının çok gelişmesine neden olmuş, çanak-çömlek işlemeciliği insanların geçim kaynağı haline gelmiştir.

KVK'nin merkezi kesimlerinde yer alan Acıgöl kalderası içinde çok genç riyolitik domların (~70-20 bin yıl) bulunması, yer yer yoğun alterasyonun gözlenmesi ve yaygın sıcak su kaynaklarının varlığı, bu bölgenin potansiyel jeotermal bir alan olduğunu göstermektedir. Öncel araştırmalarda elde edilen bilgilere göre, yörede yüksek sıcaklıkta (~125 °C) termal suyun derin sondajlarla (~1300 m.) elde edilebileceği belirtilmektedir (Ölmez vd., 1992). Termal suyun rezervuar kayalarını bölgedeki temel kayaçlar, örtü kayaçlarını ise piroklastik kayaçlar oluşturmaktadır. Isıtıcı olarak genç riyolitik domlar rol oynamaktadır. Yöreden elde edilecek termal suların şehir ısıtmacılığında, sera işletmeciliğinde ve sağlık tesislerinde kullanılması önerilmiştir (Ölmez vd., 1992).

Diğer taraftan, Kapadokya bölgesinde insan sağlığı için risk oluşturan jeolojik unsurların başında volkanik tüfler gelmektedir. Özellikle kayatuzuna eşlik eden volkanik tüflerin yapısında bulunan zeolit minerallerinden iğnemi yapıdaki eriyonit, insan sağlığı açısından kanser riski (mezotelyoma) oluşturmaktadır. Bölgede eriyonit mineralinden etkilenen merkezlerin başında Nevşehir İline bağlı Tuzköy, Karain ve Sarıhıdır köyleri gelmektedir (Atabey, 2005).

DEĞİNİLEN BELGELER

- Atabey, E., 2005. *Tıbbi Jeoloji, TMMOB Jeoloji Müh. Odası yayını, Ankara, 194 s.*
- Aydar, E., Gündoğdu, N., Bayhan, H., Gourgaud, A., 1994. *Kapadokya bölgesinin Kuvaterner yaşlı volkanizmasının volkanik-yapısal ve petrolojik incelenmesi. Yerbilimleri, 3, 25-42.*
- Aydar, E., Gourgaud, A., 1998. *The geology of Mount Hasan stratovolcano, central Anatolia, Turkey. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 129-152.*
- Aydar, E., Gourgaud, A., Deniel, C., Lyberis, N., Gündoğdu, N., 1995. *Le volcanisme quaternaire d'Anatolie centrale (Turquie): association de magmatismes calco-alcalin et alcalin en domaine de convergene. Can. J. Earth Sci. 32, 1058-1069.*
- Aydin, F., 2008. *Contrasting complexities in the evolution of calc-alkaline and alkaline melts of the Nigde volcanic rocks, Turkey: textural, mineral chemical and geochemical evidence. Eur. J. Mineral. 20, 101-118.*
- Batum, İ., 1978a. *Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisi. Yerbilimleri. 4, 50-69.*
- Batum, İ., 1978b. *Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeokimyası ve petrolojisi. Yerbilimleri. 4, 70-88.*
- Beekman, P.H., 1966. *The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasan Dag-Melendiz Dag region, Bull. Mineral Res. And Explor. Inst., Ankara, 66, 90-105.*
- Besang, C., Eckhardt, F.J., Harre, W., Kreuzer, H., Müller, P., 1977. *Radiometrische alterbestimmungen an neogenen eruptivgesteinen der Türkei. Geol. Jb., B25, 3-36.*
- Bigazzi, G., Yeğingil, Z., Ercan, T., Oddone, M., Özdoğan, M., 1993. *Fission track dating obsidians in Central and Northern Anatolia. Bull. Volcanol. 55, 588-595.*
- Bozkurt, E. (2001): *Neotectonics of Turkey – a synthesis. Geodin. Acta, 14, 3-30.*
- Deniel, C., Aydar, E., Gourgaud, A., 1998. *The Hasan Dagi stratovolcano (Central Anatolia, Turkey): evolution from calc-alkaline to alkaline magmatism in a collision zone. J. Volcanol. Geotherm. Res. 87, 275-302.*

- Dirik, K., Göncüoğlu, C., 1996. Neotectonic characteristics of central Anatolia. *Inter. Geol. Rev.* 38, 807-817.
- Druitt, T.H., Brenchley, P.J., Gökteni Y.E., Francaviglia, V., 1995. Late-Quaternary rhyolitic eruptions from the Acigöl Complex, central Turkey. *J. Geol. Soc. (London)*. 152, 655-667.
- Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, J.I., Tokel, S., Notsu, K., Ul, T., Can, B., Selvi, Y., Yildirim, T., Fisekei, A., Ölmez, M., Akbasli, A., 1990. The origin and evolution of the Cenozoic volcanism of Hasandağı-Karacadağ area (Central Anatolia) *Jeomorfoloji Dergisi*. 18, 39-54.
- Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, J.I., Ul, T., Notsu, K., Fujitani, T., 1992. New geochemical, isotopic and radiometric data of the Quaternary volcanism of Hasandağı-Karacadağ (Central Anatolia). *TJK Bülteni*. 7, 8-21.
- Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., Olgun, E., 1991. Orta Anadolu masifinin batı bölümünün jeolojisi. Bölüm 1: Güney kesim, TPAO Rapor No: 3155, Ankara, 140 s.
- Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., 1992. Neogene and Quaternary volcanism of central Anatolia: a volcano-structural evaluation. *Bull. de la Section de Volcanologie Soc. Géol. France*. 26, 1-6.
- Innocenti, F., Mazzuoli, G., Pasquare, F., Radicati Di Brozola, F., Villari, L., 1975. The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia : geochronological data on Kayseri-Niğde area. *Geol. Mag.* 112 (4), 349-360.
- Koçyiğit, A., Beyhan, A., 1998. A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*. 284, 317-336.
- Kürkçüoğlu, B., Şen, E., Aydar, E., Gourgaud, A., Gündoğdu, N., 1998. Geochemical approach to magmatic evolution of Mt. Erciyes stratovolcano Central Anatolia, Turkey. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 85, 473-494.
- Kürkçüoğlu, B., Şen, E., Temel, A., Aydar, E., Gourgaud, A., 2004. Interaction of Asthenospheric and Lithospheric Mantle: The Genesis of Calc-alkaline Volcanism at Mt. Erciyes Volcano, Central Anatolia, Turkey. *Inter. Geol. Rev.*, 46/3, 243-258.
- Le Pennec, J.L., Bourdier, J.L., Froger, J.-L., Temel, A., Camus, G. and Gourgaud, A., 1994, Neogene ignimbrites of Nevşehir Plateau

- (Central Turkey): stratigraphy, distribution and source constraints, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 63, 59-87
- Le Pennec, J.-L., Temel, A., Froger, J.-L., Şen, S., Gourgaud, A., Bourdier, J.-L., 2005, Stratigraphy of the Cappadocia ignimbrites, Turkey: reconciling field constraints with geochronologic, paleontologic, geochemical and paleomagnetic data. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 141, 45-64.
- Notsu, K., Fujitani, T., Ui, T., Matsuda, J., Ercan, T., 1995. Geochemical features of collision-related volcanic rocks in central and eastern Anatolia, Turkey. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 64, 171-192.
- Ölmez, E., Akbaşlı, A., Gevrek, A.İ., Aydın, Ş.N., Ercan, T., Yıldırım, N., 1992. Acıgöl (Sofular-Aksaray) alanının jeotermal enerji olanakları. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 7, 22-32.
- Pasquarè, G., 1968. Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia. *Atti. Accad. Naz. Lincei (Roma)*, 9, 53-294.
- Pasquarè, G., Poli, S., Vezzoli, L., Zanchi, A., 1988. Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*. 146, 217-230.
- Schumacher, R., Mues-Schumacher, U., 1996. The Kizilkaya ignimbrite – an unusual low-aspect-ratio ignimbrite from Cappadocia, central Turkey : *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 70, 107-121.
- Şen, E., Kürkcüoğlu, B., Aydar, E., Gourgaud, A., and Vincent, P.M., 2003, Volcanological evolution of Mount Erciyes stratovolcano and origin of Valibaba Tepe ignimbrite (Central Anatolia, Turkey). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 125, 225-246.
- Temel, A., 1992. Kapadokya eksplozif volkanizmasının petrolojik ve jeokimyasal özellikleri. *Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Turkey*, 208 s.
- Temel, A., Gündoğdu, M.N., Gourgaud, A., Le Pennec, J.-L., 1998. Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey): petrology and geochemistry. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 85, 447-471.
- Türkecan, A., Mouralis, D., Pastre, J-F., Kuzucuoğlu, C., Atıcı, Y., Guillou, H., 2004, Kapadokya'nın Kuvaterner yaşlı iki önemli asidik kompleksi: Göllüdağ ve Acıgöl püskürmeleri, 57. *Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara*, 231-232.
- Türkecan, A., Atıcı, Y., Guillou, H., Mouralis, D., Kuzucuoğlu, C., Pastre, J-F., 2004, Nevşehir yöresi Kuvaterner volkanizması. 57. *Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara*, 233-234.

- Türkecan, A., Mouralis, D., Atlı, N.B., Kuzucuoglu, C., Pastre, J-F., Guillou, H., 2007, Göllüdağ yöresi obsidiyenleri: jeolojik ve arkeolojik özellikleri. Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu, Niğde, 204-205.*
- Toprak, V., 1998. Vent distribution and its relation to regional tectonics, Cappadocian Volcanics, Turkey. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 55-67.*
- Toprak, V., Göncüoğlu, M.C., 1993. Tectonic control on the evolution of the Neogene-Quaternary Central Anatolian Volcanic Province, Turkey. Geol. Jour. 28, 357-369.*