

**SÜPHAN STRATOVOLKANI'NIN VOLKANOSTRATİGRAFİSİ VE
JEOKİMYASAL EVRİMİ**

PROJE NO: YDABAG-104Y372

Prof.Dr.G.M. Vedat TOPRAK

Prof.Dr. Nilgün GÜLEÇ

Prof.Dr. A.Ümit TOLLUOĞLU

Doç.Dr.M.Lütfi SÜZEN

Araş.Gör. Yavuz ÖZDEMİR

Kasım 2009
Ankara

ÖNSÖZ

Doğu Anadolu Bölgesinin büyük bir kısmını kaplayan volkanizma hakkında bugüne kadar yapılan çalışmalar genellikle bölgesel ölçekte gerçekleştirilmiş ve volkaniklerin petrolojisine yönelik olmuştur. Volkanik alanların kendi içerisinde ayrıntılı olarak çalışıldığı fiziksel, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal evrimlerinin bir bütün olarak irdelendiği çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Proje konusu olan Süphan Stratovulkanı ile ilgili bugüne kadar yapılan jeoloji tabanlı ayrıntılı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Stratovulkan genellikle araştırmacılar tarafından Doğu Anadolu'da yer alan diğer volkanik alanlarla beraber ele alınmıştır. Süphan'ın volkanolojik evrimi, ayrıntılı mineralojik-petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar ışığı altında ele alınmamıştır.

TÜBİTAK tarafından desteklenen YDABAG-104Y372 kodlu ve "Süphan Stratovulkanı'nın Volkanostratigrafisi ve Jeokimyasal Evrimi" isimli proje Süphan Stratovulkanı'na yönelik yapılan arazi, uzaktan algılama, mineraloji – petrografi, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmaları kapsamaktadır.

Proje araştırmacıları, projeye desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerini sunarlar.

İÇİNDEKİLER

Önsöz.....	ii
Şekiller Dizini.....	vi
Tablolar Dizini.....	xi
Özet.....	xii
Abstract.....	xiii
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	1
1.2 Coğrafi Konum.....	2
1.3 Yöntem.....	3
<i>1.3.1 Önceki Çalışmaların Derlenmesi.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2 Uzaktan Algılama Çalışmaları.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.3 Arazi Çalışmaları.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.4 Laboratuvar Çalışmaları.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.4.1. Örnek Hazırlama.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.4.2. Petrografik Analizler.....</i>	<i>5</i>
<i>1.3.4.3. Jeokimyasal ve Jeokronolojik Analizler.....</i>	<i>5</i>
<i>1.3.4.4. Jeokimyasal Verilerin Kullanılması ve Yorumlanması.....</i>	<i>5</i>
1.4 Literatür Bildirileri.....	5
<i>1.4.1 Volkanizma Tabanlı Çalışmalar.....</i>	<i>6</i>
<i>1.4.2 Bölgesel Jeoloji ve Kabuk Kalınlığı ile İlgili Çalışmalar.....</i>	<i>9</i>
2. UZAKTAN ALGILAMA ÇALIŞMALARI.....	12

3. JEOLojİ.....	20
3.1 Miyosen Yaşlı Sedimanter Birimler.....	20
3.2 Pliyosen - Pliyostosen Yaşlı Sedimanter Birimler.....	20
3.3 Volkanik Birimler.....	21
3.3.1 Volkanik Çığ (Debris Avalanches) ve I. Evre Piroklastik Kayaçlar.....	24
3.3.2 Riyolitik Obsidiyen (1).....	27
3.3.3 Alkali Bazalt (2).....	29
3.3.4 Alkali Bazaltik Trakiandezitik Lavlar (3).....	29
3.3.5 Bazaltik Traki Andezit/ Traki Andezit Serisi (4).....	30
3.3.6 Trakiandezitik Lavlar (5).....	32
3.3.7 II, III, IV Evre Piroklastik Birimler (6).....	33
3.3.8 Trakitik lavlar (7,8,9).....	38
3.3.9 Dasitik –Riyolitik Domlar (10).....	40
3.3.10 Aygır Maarı (11).....	45
3.4 Traverten.....	47
4. MİNERALojİ - PETROGRAfİ.....	48
4.1 Alkali Bazalt (2).....	49
4.2 Bazaltik-Trakiandezitik Lavlar (3,4).....	49
4.3 Trakiandezitik lavlar (4, 5).....	51
4.4 Trakitik Birimler (7,8,9).....	54
4.5 Dasitik Birimler (10).....	56
4.6 Riyolitik Birimler(1,10,6).....	57
4.7 Anklavlar.....	58

5. JEOKİMYA.....	60
5.1 Volkanik Kayaçların Major Element Kimyası.....	60
5.2 Volkanik kayaçların İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyası.....	70
5.3 Süphan Anklavlarının Jeokimyasal Özellikleri.....	75
5.4 İzotop Jeokimyası.....	81
5.5 Tartışma.....	83
5.5.1 Fraksiyonel Kristallenme.....	83
5.5.2 Manto Kaynağı ve Zenginleşmeler.....	86
5.5.3. Kabuksal Kirlenme.....	91
6. JEOKRONOLOJİ.....	92
7. SONUÇLAR.....	100
KAYNAKLAR.....	103

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.....	2
Şekil 1.2. Doğu Anadolu Bölgesinin tektonik parçaları (Şengör 2003). I: Rodop-Pontit parçası, II: Kuzey Batı İran parçası, III: Doğu Anadolu Yığışım Prizması (EAAC), IV: Bitlis Pötürge Masifi, V: Arap Levhası. EKP Erzurum Kars Platosu.....	10
Şekil 2.1. Hava fotoğrafları yardımıyla arazi çalışmalarından önce çizilen volkanik birim sınırları (aynı renkler benzer morfolojiler sunan ve olası benzer birimleri karakterize etmektedir).....	13
Şekil 2.2. Süphan volkanının zirvesinde yer alan riyolitik dom ile doğusunda yayılım gösteren dasitik domların LANDSAT TM görüntü kombinasyonlarını gösteren uydu görüntüleri a. 531 RGB görüntü kombinasyonu, b. 432 RGB görüntü kombinasyonu, c. 753 RGB görüntü kombinasyonu , d. Uydu görüntüsünü içeren alanın jeoloji haritası.....	14
Şekil 2.3. Süphan volkanının doğusunda yer alan trakitik lavların LANDSAT TM görüntü kombinasyonlarını gösteren uydu görüntüleri, a) 531 RGB görüntü kombinasyonu b) 432 RGB görüntü kombinasyonu, c) Uydu görüntüsünü içeren alanın jeoloji haritası.....	15
Şekil 2.4. Süphan volkanının güney kesimlerinde yer alan riyolitik domların LANDSAT TM görüntü kombinasyonlarını gösteren uydu görüntüleri, a) 531 RGB görüntü kombinasyonu b) 432 RGB görüntü kombinasyonu, c) Uydu görüntüsünü içeren alanın jeoloji haritası.....	16
Şekil 2.5. Topografik kesit yönlerini gösteren DEM görüntüsü.....	17
Şekil 2.6. Sayısal yükseklik modelinden elde edilen topografik kesitler.....	18
Şekil 2.7. Süphan Stratovolkanına ait çizgisel unsurlar.....	19
Şekil 3.1. Çalışma alanının güneyinde yer alan Adilcevaz Kireçtaşı.....	20
Şekil 3.2. Sedimanter birimler üzerine yerleşen trakitik lavlar.....	21
Şekil 3.3. Süphan Stratovolkanı'nın jeoloji haritası.....	22
Şekil 3.4. Süphan volkaniklerine ait stratigrafik kolon kesit.....	23
Şekil 3.5. Volkanın kuzeyinde gözlenen “Debris Avalanche” birimine ait ondüleli yapılarının (hummocky structures) topografik harita üzerindeki konumları.....	25
Şekil 3.6. “Debris Avalanche” birimine ait blok fasiyesi.....	25

Şekil 3.7. “Debris Avalanche” birimine ait matriks fasiyesi.....	26
Şekil 3.8. Süphan Stratovulkanına ait I.evre piroklastik birimler.....	27
Şekil 3.9. Çalışma alanının güneyinde gözlenen riyolitik obsidiyen akışı.....	28
Şekil 3.10. “Debris Avalanche” biriminin üzerine yerleşen bazaltik trakiandezit akışı.....	30
Şekil 3.11. Malazgirt’e kadar akan bazaltik trakiandezitik lavlar.....	31
Şekil 3.12. Ondüleli topoğrafyaların üstünü kaplayan bazaltik trakiandezitik lavlar.....	31
Şekil 3.13. İkincil çıkış merkezlerine bağlı olarak gelişen trakiandezitik lav akışı.....	32
Şekil 3.14. Bazaltik trakiandezitik/trakiandezitik seriyi üzerleyen traki andezitik lavlar...	33
Şekil 3.15. Süphan piroklastik ürünlerine ait volkanın farklı kesimlerinden alınan dikme kesitler.....	34
Şekil 3.16. Süphan piroklastiklerinin genelleştirilmiş dikme kesiti.....	35
Şekil 3.17. a) P4 seviyesi ve üzerine gelen kül geri düşme ürünleri, b) p4 seviyesi içerisinde yer alan radyal bölünmeli pomza	36
Şekil 3.18. a) Trakitik lav altında gözlenen blok ve kül akışı, b) blok kül akışı içerisinde gözlenen radyal bölünmeli bloklar.....	37
Şekil 3.19. III Evreye ait kül geri düşmeler ve IV evreye ait pomza geri düşme ürünleri (P5).	37
Şekil 3.20. Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen farklı trakit akışları.....	39
Şekil 3.21. Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen dasitik domlar. a) Kızdağı Tepe, Aptalkız Tepe, Dergekız Tepe, Salkız Tepe domları, b) Keftardağı Tepe dasitik domu, c) imamdağı Tepe dasitik domu, d) yukarıkafir kalesi dasitik domu, e) Büyükkale Tepe dasitik domu.....	43
Şekil 3.22. Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen riyolitik domlar. a) Nernek Dağı riyolit domu, b) Mustafa Dağı riyolit domu, c) volkanın zirvesinde yer alan riyolitik dom.....	44
Şekil 3.23. Volkanın güneyinde yer alan Aygır maarı.....	45
Şekil 3.24. Aygır maarına ait çökeller içerisinde gözlenen “dune” yapıları.....	46

Şekil 3.25. Maar çökelleri içerisinde gözlenen düzlemsel yapılar. Çökellerin alt kısımları “dune” ve “anti dune” yapıları içerirken üst kısımlar daha düzlemsel yapılar sunmaktadır.....	47
Şekil 4.1. a) Bazalıtta gözlenen subofitik doku (10xÇN) b) İddingisitleşen olivin fenokristalleri (4xTN)	49
Şekil 4.2. a) Plajiyoklaz üzerinde volkan camı ve klinopiroksen kapanımları, b) bazaltik traki andezitler de gözlenen glomeroporfirik doku (4x ÇN).....	50
Şekil 4.3. Klinopiroksen mikrokristalleri tarafından mantolanan ortopiroksen fenokristali (4xÇN).....	51
Şekil 4.4. a) plajiyoklaz üzerinde yer alan volkancamı ve klinopiroksen kapanımları (4xTN), b) klinopiroksen tarafından mantolanan ortopiroksen minerali (4xTN), c) ortopiroksen üzerinde yer alan volkan camı kapanımları (4xTN), d) plajiyoklaz, klinopiroksen ve ortopiroksen minerallerinden oluşan mineral kümeleri (4xÇN).....	52
Şekil 4.5. Trakiandezitik kayalar içerisinde gözlenen kenarlarından itibaren opasitleşmiş olivin fenokristali (4xÇN).....	53
Şekil 4.6. Trakitik lavlar içerisinde gözlenen ve kenarlarından itibaren opasitleşmiş amfibol mineralleri (10xTN).....	55
Şekil 4.7. Trakitik lavlar içerisinde gözlenen a) zirkon, b) apatit mineralleri (10xÇN).....	55
Şekil 4.8. Dasitik lavlar içersinde gözlenen çubuksu ve prizmatik ortopiroksenler (4xTN).....	56
Şekil 4.9. Dasitik birimler içerisinde gözlenen özşekilsiz biyotit fenokristali (10xÇN).....	57
Şekil 4.10. Riyolitik lavlar içerisinde yer alan a) alkali feldspat mineralleri, b) bıçağımsı biyotit fenokristalleri, c) kemirilmiş kuvars fenokristali, d) akma dokusu içerisinde gözlenen ortopiroksen minerali, e) perlitik doku.....	59
Şekil 5.1. Süphan volkaniklerine ait Toplam alkali SiO ₂ (TAS) diyagramı. Alkali ve subalkali ayırtman çizgiler : - - - - Miyashiro (1978), ——— Irvin&Baragar (1971).....	68
Şekil 5.2. Süphan Volkaniklerinin AFM diyagramı (Irvine&Baragar, 1971).....	69
Şekil 5.3. Süphan volkaniklerinin K ₂ O-SiO ₂ diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976).....	69
Şekil 5.4. Süphan volkaniklerinin major element değişim diyagramları.....	70

Şekil 5.5. Süphan volkaniklerinin iz element değişim diyagramları.....	72
Şekil 5.6. Süphan volkaniklerinin MORB' a normalize edilmiş spider diyagramı (MORB değerleri Pearce 1983' den alınmıştır).....	73
Şekil 5.7. Süphan volkaniklerinin kondrite normalize edilmiş spider diyagramı (Kondrit değerleri Nakamura, 1974' den alınmıştır).....	74
Şekil 5.8. Süphan volkanizması anklavlarına ait Toplam alkali SiO ₂ (TAS) diyagramı (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir). Alkali ve subalkali ayırtman çizgiler : - - - - Miyashiro (1978), ——— Irvin&Baragar (1971).....	75
Şekil 5.9. Süphan volkanizması anklavlarına AFM diyagramı (Irvine&Baragar, 1971). (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).....	76
Şekil 5.10. Süphan volkanizması anklavlarına ait K ₂ O-SiO ₂ diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976) (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).....	76
Şekil 5.11. Süphan volkanizması anklavlarına ait K ₂ O – Na ₂ O diyagramı (Middlemost 1975). (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).....	77
Şekil 5.12. Süphan volkanizmasına ait anklavların ana element değişim diyagramları (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).....	78
Şekil 5.13. Süphan volkanizmasına ait anklavların iz element değişim diyagramları (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).....	79
Şekil 5.14. Süphan volkanizması anklavlarının MORB' a normalize edilmiş örümcek diyagramı (MORB değerleri Pearce 1983' den alınmıştır) (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).....	80
Şekil 5.15. Anklavların kondrite normalize edilmiş örümcek diyagramı (Kondrit değerleri Nakamura, 1974' den alınmıştır) (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).....	81
Şekil 5.16. a) Y-Rb diyagramı, b) Sr-Rb diyagramı. Rayleigh fraksiyonlanma vektörleri FC Modeler programı kullanılarak çizilmiştir (Keskin 2002). Amf: Amfibol, Bi: biotit, Kp: klinopiroksen Pl: plajiyoklaz, Ol: Olivin, Op: ortopiroksen, Sn: sanidin.....	84

Şekil 5.17. Süphan volkaniklerinin SiO_2 ' ye karşı $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ve $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ değişim diyagramları.....	85
Şekil 5.18. Süphan anklavlarının Th/Y-Nb-Y diyagramı. (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir). MORB and OIB alanları ve Th/Nb çizigileri: Kempton ve diğ. (1991), Enriched MORB (EM) : Sun ve Mcdonough 1989, Ağrı, Tendürek, Nemrut lavları: Gülen (1984), Pearce ve diğ. (1990), Notsu ve diğ. (1995), Yılmaz ve diğ. (1998), Özdemir ve diğ. (2006).....	87
Şekil 5.19. Süphan volkaniklerinin $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ - $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ İzotop korelasyon diyagramı.....	88
Şekil 5.20. Süphan volkaniklerinin a) $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ - $143\text{Nd}/144\text{Nd}$, b) $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ – $\text{Pb}206/\text{Pb}204$ c) $\text{Pb}207/204$ - $\text{Pb}206/204$ izotop korelasyon diyagramları (simgeler Şekil 5.19 ile aynıdır).....	89
Şekil 5.21. Süphan volkaniklerinin Ba/Nb - Ce/ Nb diyagramı. MORB, OIB, ve yay bazalt ve andezitleri : Saunders ve diğ. 1991, E-MORB ve N-MORB : Sun ve Mcdonough 1989 (simgeler Şekil 5.19 deki gibidir).....	90
Şekil 5.22. Süphan Volkaniklerine ait AFC Modellemesi Üst Kabuk değerleri Taylor ve Mc Lennan, 1985; Güleç 1991. (simgeler Şekil 5.19 deki gibidir).....	91
Şekil 6.1. Trakit bileşimli kayaktan (2005 57) derlenen hornblendler üzerinde yapılan Ar-Ar izotop analizlerine ait a) plato basamak ve yaş grafiği, b) inverse izokron grafiği.....	94
Şekil 6.2. Trakit bileşimli kayaktan (2005 10) tüm kayaç üzerinde yapılan Ar-Ar izotop analizlerine ait a) plato basamak ve yaş grafiği, b) inverse izokron grafiği.....	96
Şekil 6.3. Riyolit bileşimli kayaktan (2005 52) biyotit üzerinde yapılan Ar-Ar izotop analizlerine ait a) plato basamak ve yaş grafiği, b) inverse izokron grafiği.....	99

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 5.1. Süphan volkanikleri ve anklavlarının major – iz elemet içerikleri.....	61
Tablo 5.2. Süphan volkanikleri ve anklavlarının Sr, Nd ve Pb izotop oranları.....	82
Tablo 6.1. Trakit bileşimli kayaçta (2005 57) tespit edilen hornblend üzerinde yapılan Ar-Ar izotop yaş analizi.....	93
Tablo 6.2. Trakit bileşimli kayaçtan (2005 10) tüm kayaç üzerinde yapılan Ar-Ar izotop yaş analizi.....	95
Tablo 6.3. Dasit bileşimli kayaçta (2005 28) tespit edilen hornblend üzerinde yapılan Ar-Ar izotop yaş analizi.....	97
Tablo 6.4. Riyolit bileşimli kayaçta (2005 52) tespit edilen biyotit üzerinde yapılan Ar-Ar durayli izotop yaş analizi.....	98

ÖZET

Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan çarpışma kökenli volkanizma kuzeydoğuda Erzurum-Kars Platosundan güneyde Karacadağ'a kadar uzanan geniş bir alanda yüzeylenmektedir. Bölgenin yaklaşık olarak 2/3 sini kaplayan volkanizma irili ufaklı çıkış merkezleri ile büyük hacimlere sahip kalkan ve stratovolkanlar ile karakterize edilir. Van Gölü'nün kuzeyinde yer alan Süphan Stratovolkanı 4050 m yüksekliği ile Doğu Anadolu'da yer alan Kuvaterner yaşlı volkanların en önemli üyelerinden biridir.

Neojen-Kuvaterner yaşlı sedimanter birimler üzerine yerleşen Süphan volkanizmasının ilk ürünleri debris avalanche, I. evre piroklastik ürünler ve riyolitik obsidiyen lavlarıdır. Bu birimlerin üzerine ise bazalttan riyolite kadar uzanan lav akışları, riyolitik/dasitik domlar, piroklastik birimler gelmektedir. Volkanizmanın en son ürünleri ise Aygır Maarı'na ait piroklastik birimlerdir.

Mineralojik-Petrografik çalışmalar ve lavların major-iz element karakteristikleri volkanizmanın gelişiminde *plajiyoklaz + olivin + klinopiroksen + ortopiroksen + amfibol + biyotit + K-feldspat* fraksiyonel kristalleşmesinin etkin olduğunu göstermektedir.

Süphan volkanikleri genel olarak subalkali ve alkali karakterler arasında geçiş göstermektedir. İz element içerikleri ele alındığında HFS elementler LIL elementlere oranla, LRE elementler HRE elementlere oranla zenginleşme göstermiştir.

Volkanikler içerisinde yer alan anklavların jeokimyasal özellikleri Süphan volkanizmasının genel karakteri ile uyum göstermektedir.

Th/Y-Nb/Y ve izotop korelasyon diyagramları ($87\text{Sr}/86\text{Sr}$ - $143\text{Nd}/144\text{Nd}$, $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ – $\text{Pb}206/\text{Pb}204$, $\text{Pb}207/204$ - $\text{Pb}206/204$) volkanizmanın kaynağının dalma-batma bileşeni ile zenginleşmiş bir manto kaynağı olduğunu işaret etmektedir. Bununla birlikte Ba/Nb - Ce/ Nb diyagramı üzerindeki karışım eğrisi de Süphan volkaniklerinin zenginleşmiş bir manto kaynağı ile dalma-batma bileşeni içeren bir kaynağın karışımından oluştuğunu göstermektedir. Doğu Anadolu Bölgesi'nde kabuk kalınlığı ile ilgili jeofizik tabanlı çalışmalar da göz önüne alındığında bu manto kaynağının, dalan levhanın kırılması (slab breakoff) yoluyla yitim bileşeni kazanmış astenosferik bir kaynak olabileceği öngörülmüştür. Volkanikler üzerinde gerçekleştirilen Ar-Ar yaş analizleri trakitik lavlar için 0.55 ± 0.34 ile 0.037 ± 0.020 my arasında riyolitik lavlar için ise 0.040 ± 0.022 my yaş vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu, Süphan Stratovolkanı, Volkanizma, Volkanostratigrafi, Astenosfer

ABSTRACT

Collision-related volcanics in Eastern Anatolia are exposed in a broad zone from the Erzurum-Kars Plateau in the northeast to Karacadağ in the south. Volcanic rocks covered two thirds of the plateau and are characterized by secondary eruption centers and huge shield and stratovolcanoes.

Süphan Stratovolcano, located to the north of the Lake Van is one of the most important Quaternary volcanos in Eastern Anatolia with its 4050 m high elevation.

Initial products of the Süphan stratovolcano which overly the Neogene-Quaternary sedimentary rocks are the debris avalanche, F^1 cycle pyroclastic rocks and rhyolitic obsidian flows. These units are overlain by lava flows with compositions ranging from basalt to rhyolite, rhyolit-dasidic domes and pyroclastic rocks. Aygır maar deposits are the last products of the volcano.

Mineralogical-petrographical and major-trace element compositions of the volcanic products point to the effects of plagioclase + olivine + clinopyroxene + ortopyroxene + amphibole + biotite + K-feldspar fractionation in the evolution of the volcanics.

Süphan volcanics are transitional between subalkaline and alkaline character. LIL and LRE elements are enriched over HFS and HRE elements respectively.

Most of the Süphan enclaves show similar geochemical properties with the Süphan volcanics.

Th/Y-Nb/Y and isotope correlation ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – $\text{Pb}206/\text{Pb}204$, $\text{Pb}207/204$ - $\text{Pb}206/204$) diagrams point out a subduction modified enriched mantle source for the source of the volcanics. Mixing curves on Ba/Nb - Ce/ Nb diagrams further suggest that the Süphan volcanics are formed by mixing of an enriched mantle and a source bearing effects of subduction. In the light of geochemical constraints and recent geophysical data regarding lithospheric structure of eastern Anatolia, the source of the Süphan volcanics is interpreted as an asthenospheric mantle bearing the effects of previous subduction events via slab breakoff.

Ar-Ar ages of the trachytes and rhyolites range between 55 ± 0.34 - 0.037 ± 0.020 , 0.040 ± 0.022 ma respectively.

Keywords: Eastern Anatolia, Süphan Stratovolcano, Volcanostratigraphy, Volcanism, Asthenosphere

1.GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

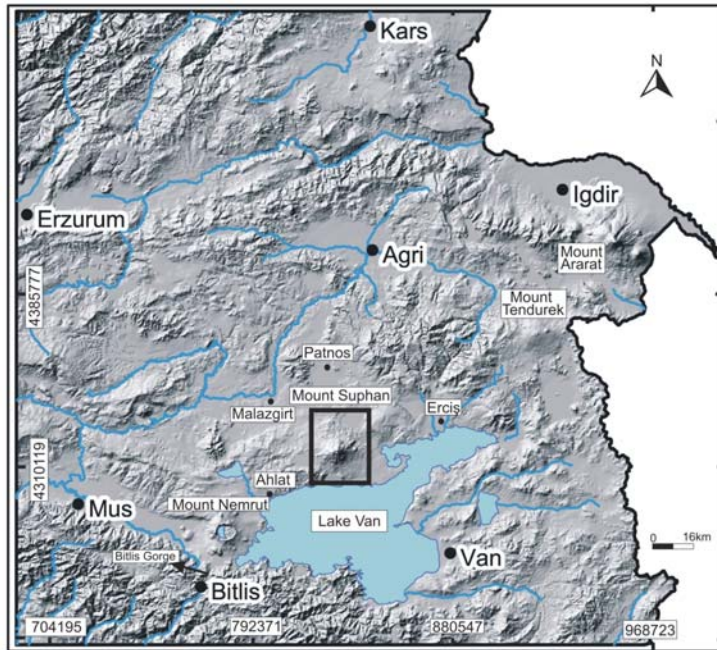
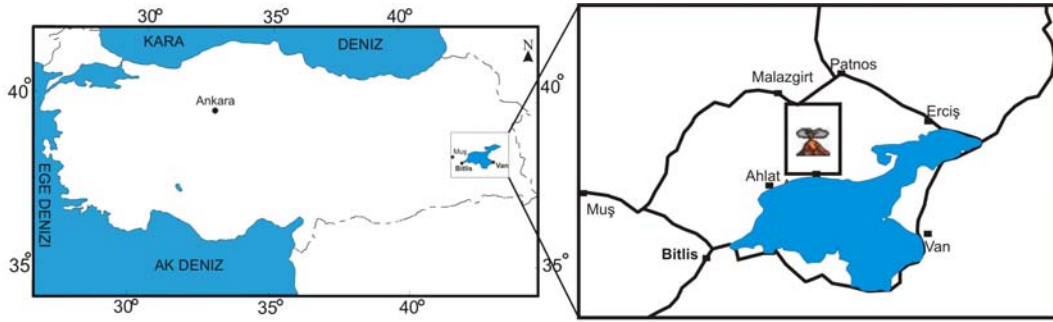
Arap ve Anadolu Plakalarının Bitlis Kenet Kuşığı boyunca çarpışması, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Orta Miyosen'den günümüze kadar devam eden volkanik etkinliklerin kesintisiz gözlenebileceği doğal bir laboratuvar niteliğinde olmasını sağlamıştır. İrili ufaklı çıkış merkezleri ile büyük hacimlere sahip kalkan ve stratovulkanlar ile karakterize edilen Doğu Anadolu volkanizması kuzeydoğuda Erzurum-Kars Platosundan güneyde Karacadağ'a kadar uzanan geniş bir alanda yüzeylenmektedir. Bölgenin yaklaşık olarak 2/3 sini kaplayan volkanizma hakkında bugüne kadar yapılan çalışmalar genellikle bölgesel ölçekte gerçekleştirilmiş ve volkaniklerin petrolojisine yönelik olmuştur. Volkanik alanların kendi içerisinde ayrıntılı olarak çalışıldığı fiziksel, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal evrimlerinin bir bütün olarak irdelendiği çalışmalar oldukça sınırlıdır. Doğu Anadolu volkanikleri ile ilgili yapılan bu sınırlı çalışmalar göz önüne alınarak volkanizmanın kökenini ortaya koyan çeşitli jeodinamik modeller öne sürülmüştür. Öne sürülen jeodinamik modellerin doğruluğunun tartışılması ve ispatlanması ancak volkanik alanların kendi içerisinde ayrıntılı olarak çalışılması ile mümkün olacaktır.

Proje konusu olan Süphan Stratovulkanı ile ilgili bugüne kadar yapılan jeoloji tabanlı ayrıntılı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Stratovulkan genellikle araştırmacılar tarafından Doğu Anadolu'da yer alan diğer volkanik alanlarla beraber ele alınmıştır. Süphan'ın volkanolojik evrimi, ayrıntılı mineralojik-petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar ışığı altında ele alınmamıştır.

Doğu Anadolu volkanizmasına bölgesel ölçekte ışık tutması ve veri eksikliğinin kısmi olarak ortadan kalkmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilen bu proje Süphan Stratovulkanı'na yönelik yapılan arazi, uzaktan algılama, mineraloji – petrografi, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmaları kapsamaktadır.

1.2 Coğrafi Konum

Van Gölü'nün kuzeyinde yer alan Süphan Stratovolkanı güneyde Adilcevaz (Bitlis), kuzeyde Patnos (Ağrı) kuzeydoğuda ise Malazgirt (Muş) ilçeleri arasında konumlanmıştır (Şekil 1.1). Volkana ait ürünler 1/25.000 ölçekli Van- K49 a2, b1, b2, b3, b4, Karaköse-J49 c3, c4, d3 numaralı topografik haritalarda yer almaktadır. Volkan 4050 m yüksekliğindeki zirvesi ile ülkemizin en yüksek noktalarından birini oluşturmaktadır. Volkanın zirvesinde biri krater içinde, diğeri ise krateri kaplayan riyolit domunun üzerinde olmak üzere iki adet göl bulunmaktadır. Süphan Stratovolkanı korunmuş volkanik yapısı ile yerli ve yabancı turistlerin sürekli olarak ziyaret ettiği ve tırmanış yaptığı bir alandır. Stratovolkanın güney sınırına Ağrı-Bitlis Karayolu ile, doğu sınırına Van-Ağrı Karayolu ile, kuzey sınırına ise Muş-Ağrı Karayolu ile ulaşmak mümkündür. Stratovolkanın etrafında yaklaşık 50 adet irili ufaklı yerleşim alanı bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbuldur haritası

1.3 Yöntem

Doğu Anadolu Bölgesinde son yıllarda yapılan jeofizik tabanlı çalışmalar bölgede yayılım gösteren Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanizmanın kökenine ait yeni bulgular elde edilmesini sağlamıştır. Elde edilen yeni veriler bölgede geniş alanlarda yayılım gösteren volkanizmanın kökeniyle ilişkili yeni ve ayrıntılı jeokimyasal, jeokronolojik çalışmaların yapılmasını gerekli kılmıştır. Bu projenin konusu olan Süphan Stratovulkanı Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan volkanik merkezlerin en önemli üyelerinden birisidir. Stratovulkanın volkanolojik ve jeokimyasal evrimini konu olan bu projeyi gerçekleştirmek için yapılan çalışmaları 4 ana başlık altında toplamak mümkündür.

1.3.1 Önceki Çalışmaların Derlenmesi

Süphan Stratovulkanı ile ilgili gerçekleştirilen bu çalışmaya yardımcı olabilmesi amacıyla şimdiye kadar Doğu Anadolu bölgesinde gerçekleştirilen jeoloji ve jeofizik tabanlı makale, derleme ve raporlar çalışmanın başından itibaren arşivlenmiştir. Bu amaçla hem sciencedirect hemde springer bağlantılı e-dergiler veya online makale ve raporlar internetten indirilmiş, ulaşılmayanlar ise kütüphanelerden kopyalanarak elde edilmiştir. Doğu Anadolu Bölgesindeki raporlar, makaleler ve her türlü verinin derlenmesi yapılan çalışmanın başlangıç aşamasını oluşturduğu için kapsamlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü Bilimsel dokümantasyon bölümünde yer alan raporlar elden geçirilmiştir. Elde edilen tüm bilgilerden Süphan Stratovulkanının volkanolojik ve jeokimyasal evriminin ayrıntılı olarak henüz çalışılmadığı ortaya çıkmıştır.

1.3.2 Uzaktan Algılama Çalışmaları

Uzaktan algılama (UA) yöntemleri, volkanik birimlerin alansal dağılımı, birbirleriyle vepotansiyel çizgiselliklerle olan ilişkisini tespit etme olanağı sağladığı için bu yöntemlere hem arazi çalışmaları öncesinde hem de sırasında başvurulmuştur. Bu amaçla Süphan Volkanik alanını kapsayan 1/25.000 ölçekli topografik haritalardan üretilmiş sayısal arazi modellerinden, 1/35.000 ölçekli hava fotoğraflarından ve 1 adet Landsat TM uydu görüntüsünden yararlanılmıştır.

Hava fotoğrafları stereoskop yardımıyla, sayısal arazi modelleri ve uydu görüntüsü Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesinde yer alan uzaktan algılama ve CBS laboratuvarında çeşitli bilgisayar programları (TNT Mips, Surfer, vb.) kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen veriler yardımıyla farklı morfolojiler sunan volkanik birimler ve

çizgisellikler topografik haritalara aktarılmıştır. Haritalar üzerine aktarılan bu veriler daha sonra yapılan arazi çalışmaları sırasında kontrol edilerek volkanın volkanostatigrafisi ve evriminde etkili olan çizgisellikler doğru bir şekilde belirlenmeye çalışılmıştır.

1.3.3 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, jeolojik haritalama ve örnek alımı şeklinde yürütülmüştür. Bu amaçla uzaktan algılama çalışmalarından elde edilen verilerden de yararlanılarak yaklaşık olarak 1100 km² lik bir alanın jeoloji haritası yapılmıştır. Jeolojik haritalama sırasında Stratovolkana ait ana koniden ve ikincil çıkış merkezlerinden itibaren meydana gelen lavlar, dom yapıları ve piroklastik birimler ve bu birimlerin yapısal unsurlarla olan ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında mineralojik-petrografik, jeokimyasal, jeokronolojik analizler için 150 adet volkanik kayaç örneği alınmıştır.

1.3.4 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları projede kullanılacak jeokimyasal ve petrografik verilerin hassas bir şekilde elde edilmesini sağlayan ve önemle üzerinde durulan kısmını oluşturmaktadır.

1.3.4.1. Örnek Hazırlama

Arazi çalışmaları sırasında volkanik kayaçlardan toplanan örneklerin mineralojik ve jeokimyasal analizler için hazırlanması iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Örnek hazırlama işleminin ilk safhasında, örnekler petrografik analizler için uygun kısımlarından kesilerek, ince kesitleri hazırlanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında toplanan 150 örnek içinden 140 tanesi ince kesit için seçilmiş ve ince kesitler ODTÜ örnek hazırlama laboratuvarlarında hazırlanmıştır. Arazi gözlemlerine dayanılarak 140 örnek içinden 69 tanesi jeokimyasal analizler için belirlenmiştir. Seçilen örnekler değişik amaçlara göre ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarlarında toz haline getirilmiştir.

İnce kesitler hazırlandıktan sonra aynı örnekler bu kez jeokimyasal analizler için işleme tabi tutulmuştur. Jeokimyasal analiz verilerinde hassasiyet ve doğruluk payı çok önemli olduğu ve kirlenmeden dolayı jeokimyasal seyrelme olabileceği için örneklerin dış kısmında yer alan toz, toprak ve yosun kalıntıları temizlenmiştir. Bunu takiben örneğin tamamı çeneli kırıcılarda ufalandıktan sonra analizlerde kullanılmak üzere pulvarizatörlerde toz haline getirilmiştir.

1.3.4.2. Petrografik Analizler

Projenin bu kısmında daha önceden hazırlanmış olan ince kesitler incelenmiş ve kesitlere ait mineralojik ve petrografik özellikler saptanmıştır. Volkanolojik gelişim sırasında aynı volkanik ürünlerin (kimyasal olarak) tekrarlanmalı olarak farklı zaman dilimlerinde yer alması mineralojik–petrografik özelliklerin büyük öneme sahip olmasını sağlamıştır. Böylece volkanın tüm ürünlerinde yer alan tüm mineralojik değişimler gözlenebilmiş ve farklılıklar ortaya konmuştur.

1.3.4.3. Jeokimyasal ve Jeokronolojik Analizler

Jeokimyasal çalışmalar hem volkanik birimleri hem de volkanik birimler içerisinde toplanan anklavları kapsamaktadır. Petrografik analizler sonucunda seçilmiş olan 69 adet örneğin major-iz ve REE analizleri Acme Analytical Laboratories (Acme Labs, Kanada), 23 örneğin Nd, 24 örneğin Sr ve 22 örneğin Pb izotop analizleri ile 4 örneğin Ar-Ar radyometrik yaş analizleri ise University of British Columbia, Department of Earth and Ocean Sciences (Kanada)'da yer alan “Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research (PCIGR)” biriminde yaptırılmıştır. Analiz sonuçları jeokimya ve jeokronoloji bölümlerinde tablolar halinde verilmektedir.

1.3.4.4. Jeokimyasal Verilerin Kullanılması ve Yorumlanması

Projenin önemli bir diğer kısmı da elde edilen verilerin uygun diyagramlar ve jeokimyasal veri kullanma yöntemleri kullanılarak yorumlanmasıdır. Bu amaca yönelik olarak son yıllarda jeokimyasal verilerin petrojenez amaçlı kullanımında kullanılmakta olan Minpet 2.0 ve Igpert (petrojenetik amaçlı yazılımlar) yazılım programları kullanılmıştır.

Jeokimyasal analizler yardımı ile volkanik kaya türleri isimlendirilmiş, volkanizmanın genel karakteri belirlenmiş, volkanizmanın gelişimini etkileyen, kısmi ergime, fraksiyonel kristallenme, kabuksal kirlenme, magma karışımı gibi petrolojik süreçlere ve volkanik ürünlerin kökenlerine açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

1.4 Literatür Bildirileri

Doğu Anadolu Bölgesinde bugüne kadar yapılan volkanizma tabanlı jeolojik çalışmalar genellikle bölgesel ölçekte gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar içerisinde Suphan Stratovolkanı bölgede yer alan diğer volkanik alanlar ile birlikte alınmıştır. Bu bölümde özetlenen literatür bildirileri Doğu Anadolu'da yüzeyleyen volkanizma ile ilişkili olanlar ve bölgesel jeoloji ve kabuk kalınlığıyla ilişkili olanlar olmak üzere iki başlık şeklinde ele alınmıştır.

1.4.1 Volkanizma Tabanlı Çalışmalar

Doğu Anadolu Bölgesi'nde geniş alanlarda yüzeyleyen volkanizma ile ilgili jeolojik çalışmalar değişik araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda yürütülen çalışmalar ise Nemrut, Süphan, Tendürek, Ağrı volkanları gibi geniş yayılıma sahip Kuvaterner volkanikleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu volkanlara ait kayaç örnekleri üzerinde genellikle jeokimyasal analizler ve yaş tayini çalışmaları yürütülmüştür. Geçmiş yıllardan günümüze Doğu Anadolu bölgesinde bölgesel ölçekli yapılan ve Süphan volkanizmasında kapsayan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Innocenti (1976), Van Gölü ve çevresinde yer alan genç volkanizmanın evrimini araştırmıştır. Alt Miyosen'de başlayan volkanizmanın kalk-alkali nitelikli olduğunu, alkali volkanizmanın ise altı milyon yıl önce başladığını ve kalk-alkali volkanizmanın devamı olduğunu belirtmiştir. Volkanizmanın kökenini Neojen boyunca Arabistan levhasının Anadolu-İran levhası altına yitmesine bağlamıştır. Süphan volkanizmasının kalkalkali bir karakter sunduğunu belirtmiş ve yapmış olduğu K-Ar yaş analizleri Süphan volkanizması için 0.1-0.7 my arasında değerler vermiştir.

Şaroğlu ve Yılmaz (1984), Doğu Anadolu'nun jeolojik evriminde dört dönemin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Birinci dönemin bölgesel metamorfizmler ve kristalize kireçtaşları, ikinci dönemin ofiyolitik karmaşa, üçüncü dönemin sedimanter kayaçlar, dördüncü dönemin ise Üst Miyosen' den başlayıp günümüze kadar devam eden karasal ortam çökelleri ve volkanizma ile temsil edildiğini vurgulamışlardır.

Tokel (1984), Doğu Anadolu'da en son denizel çökellerin 17 my yaşlı sığ kireçtaşları olduklarını bunların Pontidler ve Bitlis Masifi yükseltileri dışında bütün Doğu ve Güneydoğu Anadolu'yu kapladıklarını, Burdigaliyen'de bölgenin normal kalınlıkta bir kabuğa sahip bugünkü Ege Denizi'ne benzer bir kıta olduğunu belirtmiştir. Bölgede bugünkü kabuk kalınlığının yaklaşık 45 km olduğunu belirten araştırmacı bu yükselimin ve yükselim içinde riftleşmeye bağlı olarak gelişen volkanizmanın ancak bölgesel sıkışma içerisinde oluşan gerilim alanlarının varlığıyla açıklanabileceğini vurgulamıştır.

Yılmaz ve diğ. (1987), Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemin Erken Miyosen'de Arap ve Avrasya plakalarının çarpışması sonucu aradaki Tetis okyanusunun kapanması ile başladığını belirtmişlerdir. Çarpışma sonrası sıkışmanın devam etmesiyle yeni bir tektonik rejimin ve yaygın bir magmatik aktivitenin başladığını vurgulayan araştırmacılar çarpışma sonrası sıkışmaya bağlı olarak D-B doğrultulu kıvrımlar - bindirmeler ve doğrultu atımlı fayların

meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bununla ilişkili olarak meydana gelen volkanizmayı üç dönemde toplayan araştırmacılar birinci döneme zayıf alkali özellik gösteren Solhan volkaniklerini, ikinci döneme Geç Miyosen-Erken Pliyosen’de meydana gelen volkanizmayı, üçüncü ve son döneme ise Doğu ve Kuzey Anadolu transform faylarının oluşumundan sonra Pleyistosen ve Kuvaterner’de meydana gelen alkali volkanizmayı dahil etmişlerdir.

Yılmaz (1989), Batı ve Doğu Anadolu genç volkanik birliklerin karşılaştırılmasını yapmış ve Doğu Anadolu’da çarpışma ile ilişkili sıkışma tektoniğinin ve volkanizmanın Geç Miyosen’den Pliyosen’e ve günümüze kadar sürdüğünü belirtmiştir. Bir minör iki majör faz ayırt eden araştırmacı Pliyosen ‘de bazik ve ortaç alkali kayalar oldukça geniş alanlara yayılan andezitik ve dasitik kalkalkali kayaların izlediğini vurgulamıştır. İkinci majör fazın ise Kuvaterner’de gözlenen alkali ve geçiş lavların olduğunu belirtmiştir.

Pearce ve diğ. (1990), Doğu Anadolu’da Geç Senozoyik volkanizmasının Arap-Avrasya çarpışma zonu çevresinde GB-KD uzanımlı bir yay şeklinde, güneybatıda Arap yarımadasından kuzeydoğuda Kars platosuna kadar uzandığını belirtmişler ve volkanizmanın toleyitikten alkaliye geçiş gösteren bazaltik kalkan volkan tipi ve çatlak püskürmeleri şeklinde geliştiğini vurgulamışlardır. Doğu Anadolu volkanikleri ile ilişkili çalışmalarında Suphan Volkanizmasının alkali – kalkalkali geçişi gösterdiğini belirtmişler ve Süphana ait iki lavdan K-Ar yaş analizleri yapmışlardır. Analizleri yapılan lavların yaşlarını 0.36 ve 0.23 my olarak belirtmişlerdir.

Ercan ve diğ. (1990), Doğu ve Güney Anadolu’ da çarpışma zonu volkanizmasının Orta Miyosen’de başladığını belirten araştırmacılar, çeşitli yörelerden aldıkları örneklerden major, iz ve nadir toprak element (REE) kimyasal analizleri, stronsiyum izotop ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçümleri ve K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemeleri yapmışlardır. Volkanik kayaların major element kapsamlarına göre yapılan diyagramlarda genellikle kalkalkalin ve alkalin, kısmen toleyitik nitelikler taşıdıklarını belirlemişlerdir. Volkaniklerin iz element içeriklerinin genellikle üst kıtasal kabuk, kısmen alt kabuk ve ender olarak manto ortalama değerlerine uyduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar stronsiyum izotop oranlarının 0,70350-0,70640 arasında geniş bir aralıkta olduğunu, bölgede Anadolu ve Arap Plakalarının birbirleriyle çarpışmalarından önce alta dalan Arap Plakasına ilişkin kabuk parçasının volkanikleri oluşturan magmaya bulaştığını öne sürmüşlerdir. K/Ar yöntemine göre yapılan yaş belirlemelerinde Süphan volkanına ait bir örneğin yaşını 0.28 my olarak belirtmişlerdir.

Notsu ve diğ. (1995), Orta ve Doğu Anadolu'da yapmış oldukları çalışmalarda Neojen ve Kuvaterner'de oluşan volkanları incelemişlerdir. Bu volkanlardan alınan örneklerin major, iz, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analizlerini ve K-Ar yaş tayinlerini yapmışlardır. Süphan Volkanına ait bir örnekten gerçekleştirmiş oldukları K-Ar yaşını 0.1 my olarak belirlemişlerdir.

Yılmaz ve diğ. (1998), Doğu Anadolu'da yer alan Kuvaterner yaşlı Ağrı, Süphan, Nemrut, Tendürek volkanlarını incelemişlerdir. Ağrı Volkanı'nın subalkali, Süphan Volkanı'nın ortaç (mildly) subalkali, Nemrut Volkanı'nın ortaç alkali, Tendürek volkanının ise alkali olduğunu ve major- iz element bileşimleri ile izotop oranlarına dayanarak bu volkanları oluşturan magmaların Subcontinental Litosferik manto olduğunu belirtmişlerdir. Süphan Stratovolkanı ile ilgili olan ve volkanın volkanostratigrafisini veren tek çalışma Yılmaz ve diğ. (1998)' e aittir. Bu çalışmada stratovolkanın evrimi, K-G ve KB-GD uzanımlı faylara bağlı olarak gelişen ve pliniyen püskürmelerle karakterize edilen koni öncesi evre, volkanın çevresinde radyal olarak gelişen andezitik, dasitik, bazaltik lav akışları ve piroklastik püskürmelerle karakterize edilen koni oluşum evresi, yamaçlarda meydana gelen püskürmelere bağlı olarak gelişen asidik domlar ve curuf konileri ile karakterize edilen geç evre olmak üzere üç ana safhada ele alınmıştır.

Keskin (2003), Doğu Anadolu'da geniş alanlarda yüzeyleyen volkanizmanın 11 m.y önce bölgenin kuzeyinde Erzurum-Kars bölgesinde başladığını ve zamanla gençleşerek güneye göç ettiğini, volkanizmanın karakterinin ise kuzeyden güneye doğru kalkalkaliden alkaliye değiştiğini belirtmiş ve volkanizmanın kökenini ise "slab steepening and breakoff" modeliyle açıklamıştır. Araştırmacı Süphan volkanizmasının kuzeyden güneye doğru kalkalkaliden alkaliye değişen volkanizma içerisinde geçiş (transitional) karakterli olduğunu belirtmiştir.

Özdemir ve diğ. (2006), Doğu Anadolu volkanizmasının en genç volkanını temsil eden Nemrut Stratovolkanının, kaldera öncesi, kaldera sonrası ve geç evre olmak üzere üç evrede geliştiğini, her üç evre ürünlerinin de aynı magmadan türediğini ileri sürmüşlerdir. Söz konusu magmanın, spinel lertzolit bileşimindeki manto kaynağının %10-30'luk ergimesiyle oluştuğu ve kabuksal kirlenmeye maruz kaldığı belirtilmiş, jeokimyasal bulguların Arap-Anadolu plakaları arasındaki çarpışmayı takiben gelişen "slab breakoff" süreciyle uyumlu olduğuna işaret edilmiştir.

Keskin (2007), Doğu Anadolu volkanizmasının kökeniyle ilişkili şimdiye kadar öne sürülen modelleri tartışmış ve 2003 yılında öne sürmüş olduğu "slab steepening and breakoff" modelinin bu modellerden farkını ortaya koymuştur.

Şengör ve diğ. (2008), Doğu Anadolu Bölgesinin kuzeyinde yer alan volkanik ürünlerin kökeninde dalma batma etkisinin gözlemlendiğini bununla birlikte güney kısımlarda ise bu etkinin az ve/veya olmadığını belirtmişlerdir. Bölgede geniş alanlarda yüzeylenen volkanizmanın kökenini dalma batma ile zenginleşmiş bir manto kaması ile astenosferik manto kökenli lavların karışımından meydana geldiğini belirtmişlerdir.

1.4.2 Bölgesel Jeoloji ve Kabuk Kalınlığı ile İlgili Çalışmalar

Doğu Anadolu Bölgesinin jeolojisi genel olarak Neotektonik ve Paleotektonik kayaç grupları ve tektonik yapıları olarak ele alınır. Paleotektonik yapıları; *i*) Rodop-Pontid Parçası (Eastern Rhodope-Pontide unit), *ii*) Doğu Anadolu Yığılma Prizması (East Anatolian Accretionary Complex), *iii*) Bitlis-Pötürge Masifi (Bitlis Pötürge Massif) olmak üzere üç büyük tektonik parçaya ayırmak mümkündür (Şekil 1.2).

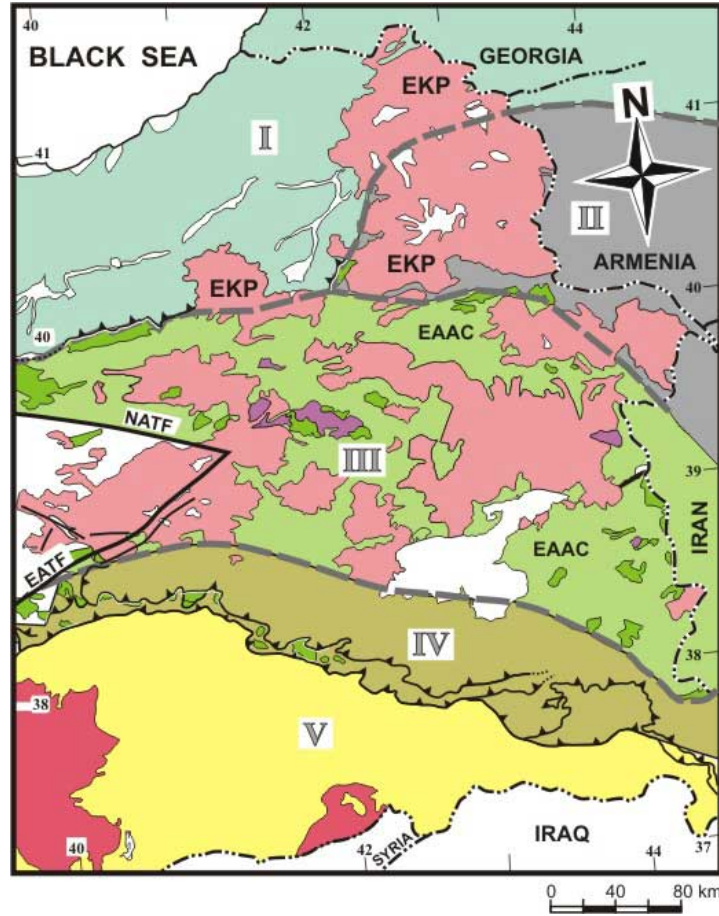
i) Rodop-Pontid parçası Doğu Anadolu Bölgesinin kuzey doğusunda yer alır. Temelini metamorfik Pulur Kompleksi oluşturur (Topuz ve diğ., 2004). Pulur Kompleksi genelde kuvarşca zengin mezokratik gnayslardan Fe, Mg ve Al bakımından zengin melanokratik kayaçlara kadar değişen granolit fasiyesindeki metamorfiklerden oluşur (Topuz ve diğ., 2004). Pulur kompleksini Albiyen ve Oligosen yaşlı volkanosedimanter yay sekansı üzerler (Şengör ve diğ., 2003).

ii) Doğu Anadolu Yığılma prizması (East Anatolian Accretionary Complex, EAAC) bölgenin orta kısmında genişliği 150-180 km arasında değişen KB-GD uzanımlı bir yay şeklinde yüzeylenir (Şekil 1.2). Geç Kretase-Oligosen (Şengör ve diğ., 2003) arasında meydana gelen kuzeyde Rodop-Pontid güneyde ise Bitlis-Pötürge mikro levhası arasında kuzeye dalan bir dalma batmanın kalıntısını karakterize eder. Geç Kretase yaşlı ofiyolitik melanaj ve Paleosen-Geç Oligosen yaşlı filiş sekansından meydana gelen kaya topluluklarından oluşur.

iii) Bitlis Pötürge Masifi Doğu Toros dağ kuşağı boyunca KB-GD uzanımlı bir yay şeklinde yüzeylenir (Şekil 1.2). Orta ve yüksek derecede metamorfizmaya uğramış kayaç guruplarından meydana gelir.

Doğu Anadolu Bölgesinde Neotektonik dönem ise Adilcevaz Kireçtaşının yüzeylenmesi, karasal sedimantasyonun ve volkanizmanın başlaması ile karakterize edilir (Şengör 2003). Bölgede yüzeylenen son denizel çökeller Serravaliyen yaşlıdır. Şengör (2003, 2008) Doğu Anadolu Platosunun 11 my önce yükselmeye başladığını öne sürmektedir. 11 my lik zaman dilimi aynı zamanda bölgede yer alan en yaşlı volkanik kayaçların yaşları ile de örtüşmektedir (Keskin 1998, 2003, 2007). Geç Miyosenden günümüze kadar meydana gelen sedimanter

kayaçlar ise ters faylarla sınırlanan doğu-batı uzanımlı basenlerde çökelen karasal konglomera, kumtaşı, marl ve evaporitlerdir (Şengör ve diğ., 1985, Şaroğlu ve Yılmaz, 1987).



Şekil 1.2. Doğu Anadolu Bölgesinin tektonik parçaları (Şengör 2003). I: Rodop-Pontit parçası, II: Kuzey Batı İran parçası, III: Doğu Anadolu Yığışım Prizması (EAAC), IV: Bitlis Pötürge Masifi, V: Arap Levhası. EKP Erzurum Kars Platosu.

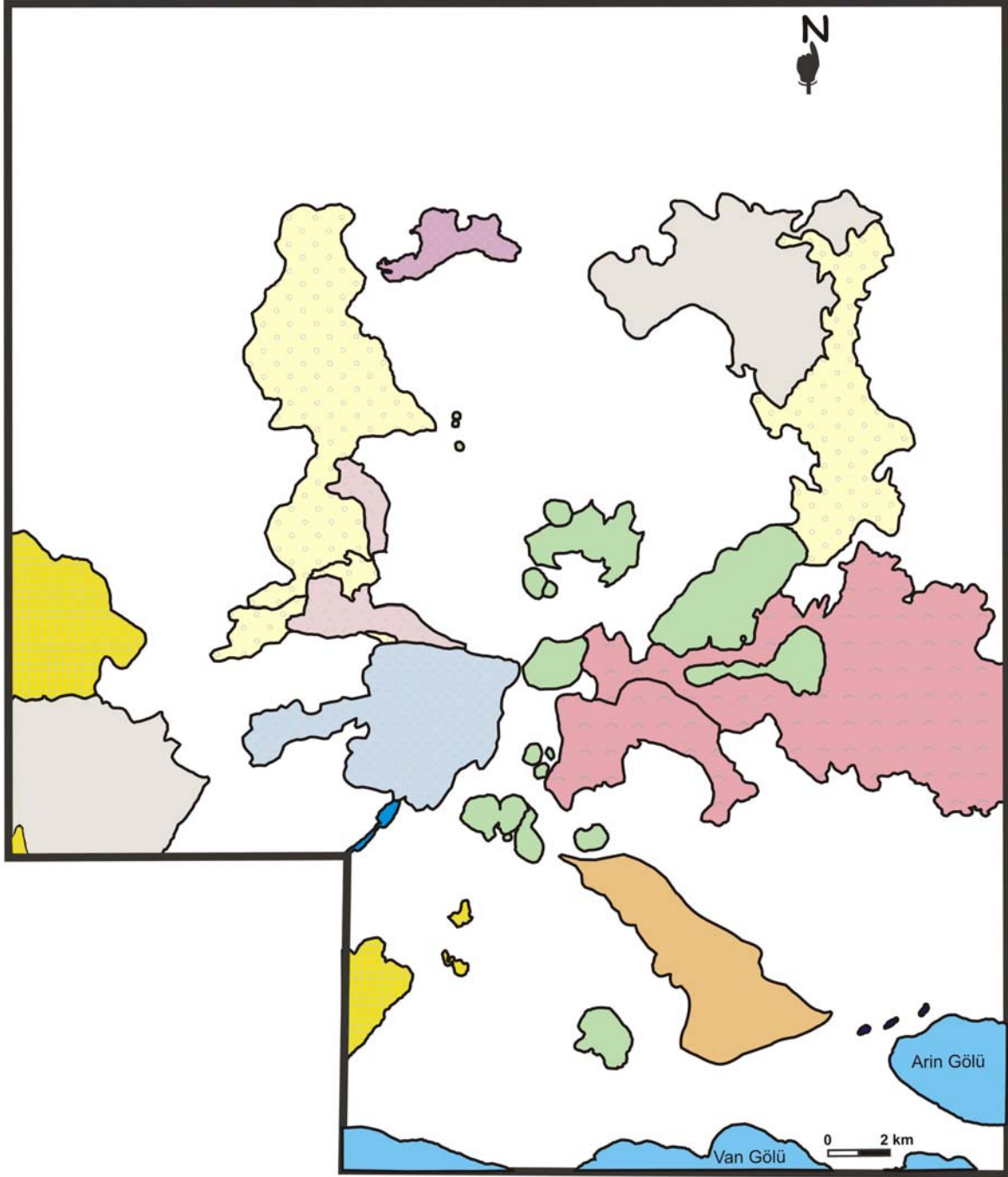
Doğu Anadolu'nun tektonizması ile ilgili yapılan çalışmalar, bölgede Neotektonik dönemin başlamasıyla, tektonizmanın karakterinin Orta Miyosen ve Erken Pliyosen'de gözlenen sıkışmalı-daralmalı tektonik rejimden, Erken Pliyosen'den günümüze kadar devam eden sıkışmalı-genişlemeli tektonik rejime değiştiğini göstermektedir (Koçyiğit et al., 2001; Bozkurt, 2001). Sıkışmalı-daralmalı tektonik rejim D-B uzanımlı bindirme fayları, ters faylar ve D-B uzanımlı kıvrımlarla karakterize edilirken, günümüzde gözlenen sıkışmalı-genişlemeli tektonik rejim ise doğrultu atımlı faylarla karakterize olmaktadır. Doğu Anadolu'nun bugünkü 2 km lik yüksekliğe erişmesi yukarıda sözü edilen tektonik rejimlere bağlıdır. Bölgenin 2 km lik yüksekliği, daha önceki çalışmalarda (Şengör, 1980) 50-55 km olduğu

düşünülen kabuk kalınlığına bağlanmıştır. Ancak bölgede gerçekleştirilen yeni sismik çalışmalar (Al-Lazki ve diğ., 2003; Sandvol, 2003; Sandvol ve diğ., 2003 a,b; Şengör ve diğ., 2003, Zor ve diğ., 2003, Piromallo ve Morelli 2003, Angus ve diğ., 2006 , Faccenna ve diğ., 2006, Özacar ve diğ., 2008) kabuk kalınlığının sadece 38-45 km arasında olduğunu, altında litosferik mantonun çok ince olduğunu veya olmadığını göstermiştir. Doğu Anadolu'nun bugünkü 2 km lik yüksekliği doğrudan astenosferik yükselim ile ilişkilendirilmiştir.

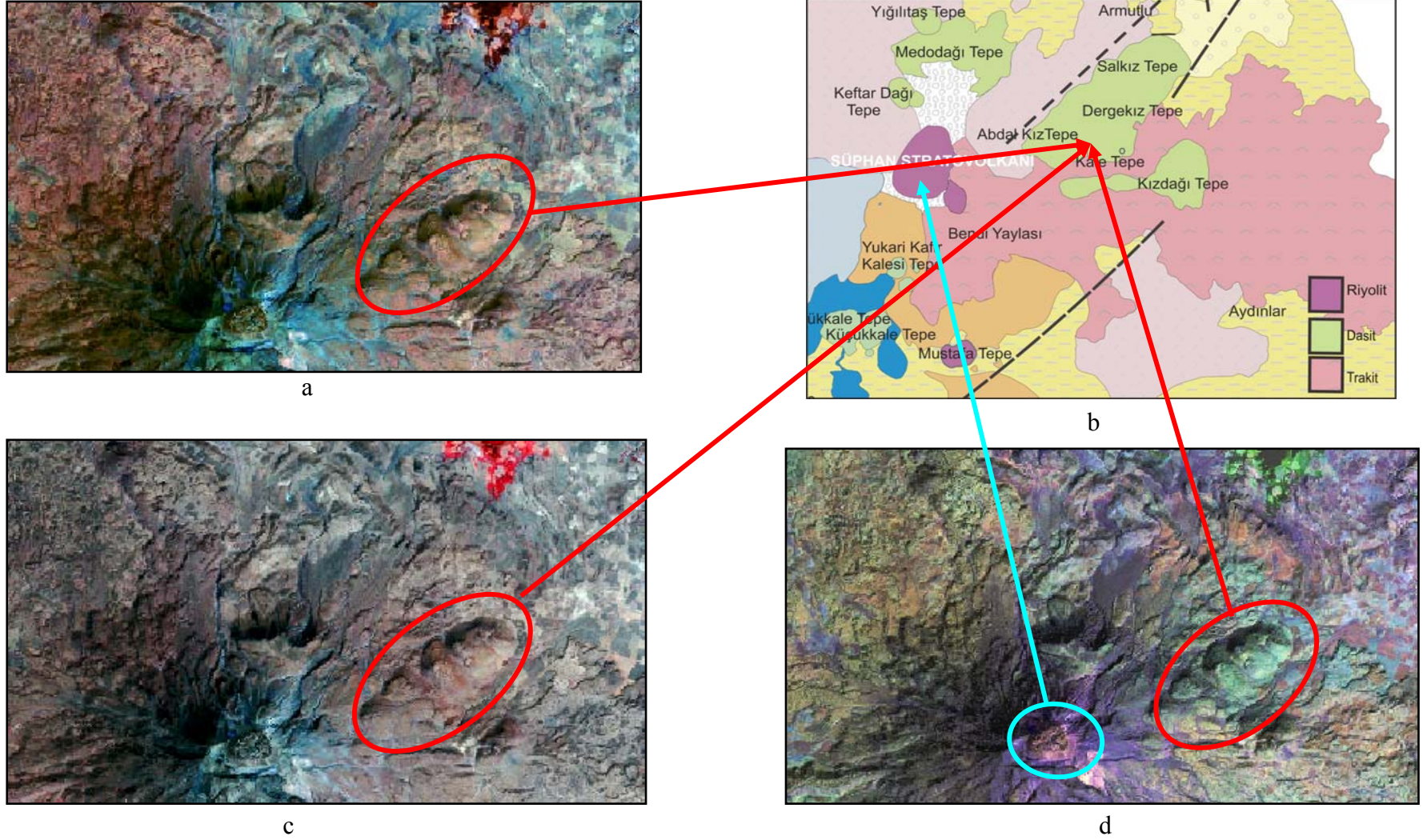
2. UZAKTAN ALGILAMA ÇALIŞMALARI

Uzaktan algılama çalışmalarının ilk aşamasını hava fotoğraflarının incelenmesi oluşturmuştur. 1/35000 ölçekli hava fotoğrafları arazi çalışmaları öncesinde incelenerek haritalama çalışmalarına yardımcı olabilmesi amacıyla kullanılmış farklı morfolojiler sunan volkanik birimler ana hatlarıyla belirlenmiştir (Şekil 2.1). Şekil 2.1’de olası olarak benzer olan birimler aynı renklerde gösterilmiştir. Daha sonradan yapılan arazi çalışmaları ile bu sınırların doğruluğu ve farklı volkanik birimleri karakterize edip etmediği belirlenmiştir.

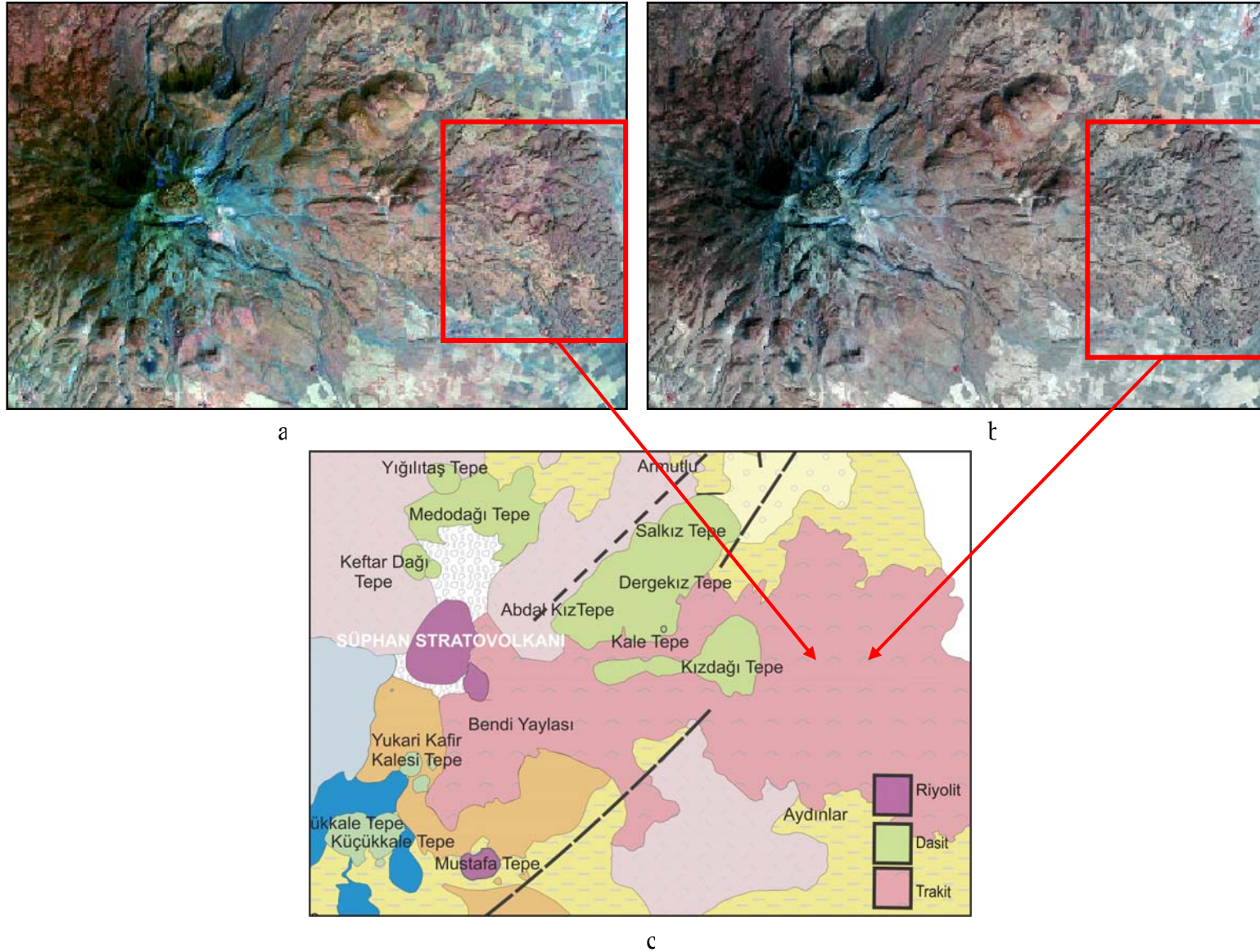
Proje kapsamında yapılan çalışmalar sırasında arazide fazla alterasyon olmadığı gözlemlenmiş bununla beraber tüm çalışma alanını kapsamak için 4 ASTER görüntüsünden yararlanmak gerektiği saptanmıştır. Hem arşivde bulunan görüntülerin bazı bölümlerinin karlı olması, bazılarında bulut olması, hem 4 farklı zamanda çekilmiş olan 4 görüntüdeki olası kontrast problemleri ve alterasyon olmaması nedeni ile 4 ASTER görüntüsünün yerine 1 LANDSAT TM görüntüsü kullanılmıştır. Kullanılan Landsat TM görüntüsü 171/33 path ve row numarasına sahip olup görüntünün tarihi 2000-09-05 dir. LANDSAT TM görüntüleri, arazi çalışmaları sırasında ayırt edilen farklı volkanik yapıların/kayaçların uydu görüntüleri yardımıyla test edilmesi ve ayrıca arazi çalışmaları sırasında ulaşılamayan ya da çok sarp morfolojiler nedeni ile emin olunamayan ve hava fotoğrafları ile yorumlamak için çok büyük kalan yapıların hem testi hem de gerektiğinde sınırlarının belirlenmesi ve haritalarının tamamlanması amacıyla kullanılmıştır. Bu amaçla 321, 432, 531 ve 732 gibi farklı RGB görüntü kombinasyonları kullanılarak volkanik birimlerin farklı özellikler gösterip göstermediği belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen görüntü kombinasyonları ağırlıklı olarak volkanın etrafında ve zirvesinde yüzeylenen riyolitik domlarda, dasitik domlarda, ve trakitik lavlarda belirgin renk değişimleri ve farklılıklar sunmuştur. Süphan volkanının zirvesinde yer alan riyolitik dom ile doğusunda yayılım gösteren dasitik domlar (Şekil 2.2) 531, 432 ve 753 RGB görüntü kombinasyonları ile, volkanın doğusunda yer alan trakitik lavlar (Şekil 2.3) 531, 432 ile güney kesimlerinde yer alan riyolitik domlar (Şekil 2.4) ise, 531, 432 ve 753 RGB görüntü kombinasyonları ile ayırt edilmiştir.



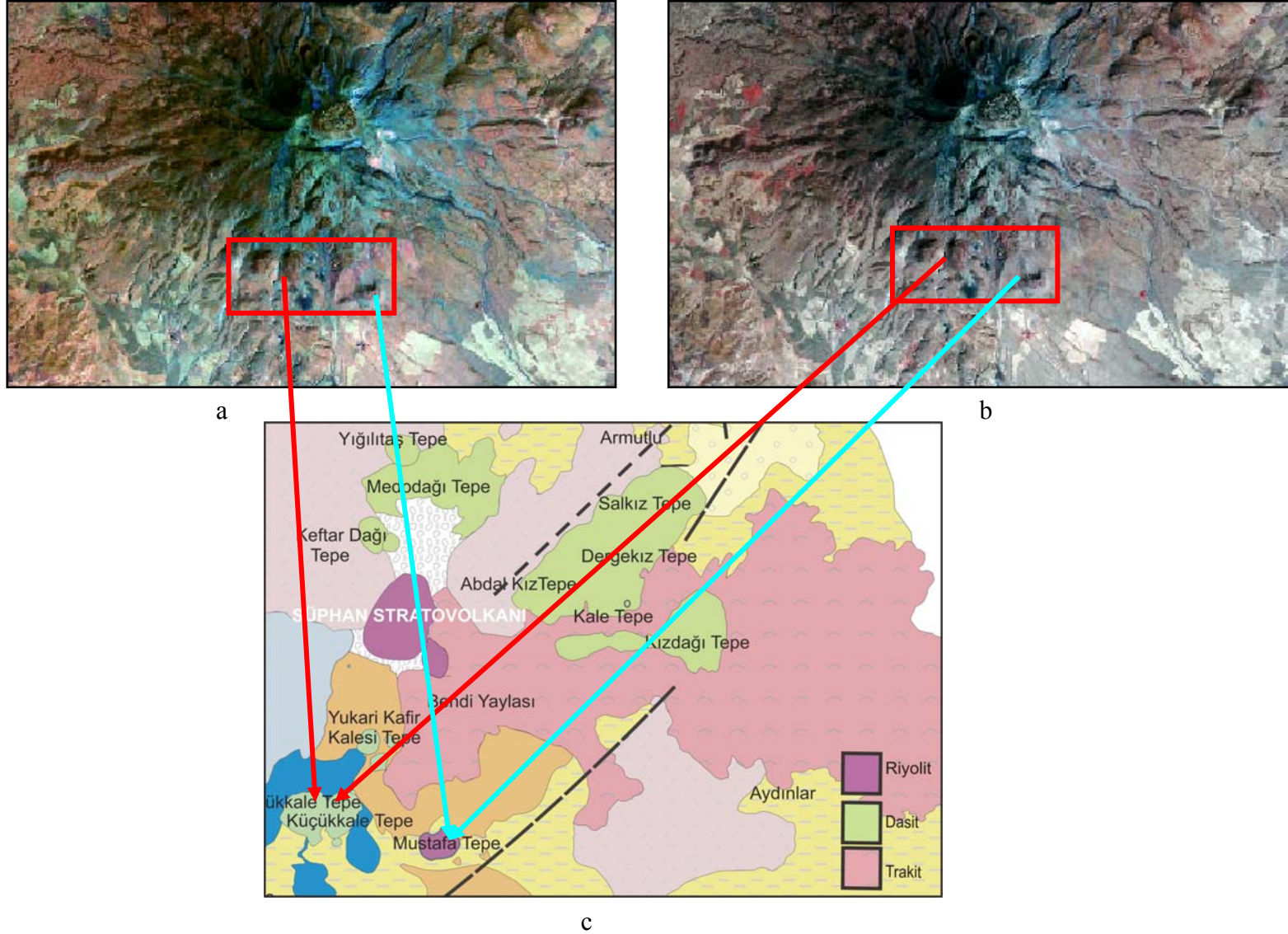
Şekil 2.1. Hava fotoğrafları yardımıyla arazi çalışmalarından önce çizilen volkanik birim sınırları (aynı renkler benzer morfolojiler sunan ve olası benzer birimleri karakterize etmektedir).



Şekil 2.2. Süphan volkanının zirvesinde yer alan riyolitik dom ile doğusunda yayılım gösteren dasitik domların LANDSAT TM görüntü kombinasyonlarını gösteren uydu görüntüleri a. 531 RGB görüntü kombinasyonu, c. 432 RGB görüntü kombinasyonu, d. 753 RGB görüntü kombinasyonu , d. Uydu görüntüsünü içeren alanın jeoloji haritası.



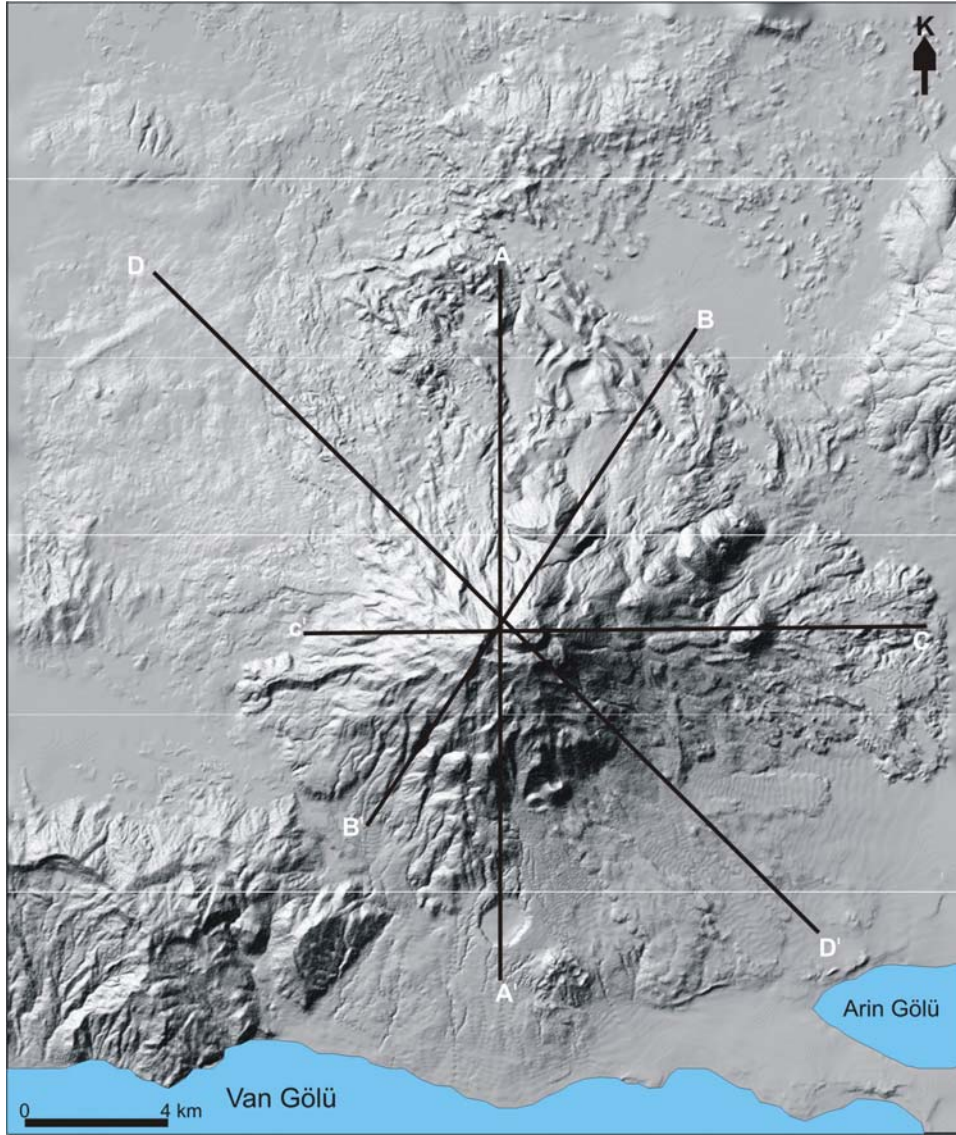
Şekil 2.3. Süphan volkanının doğusunda yer alan trakitik lavların LANDSAT TM görüntü kombinasyonlarını gösteren uydu görüntüleri, a) 531 RGB görüntü kombinasyonu b) 432 RGB görüntü kombinasyonu, c) Uydu görüntüsünü içeren alanın jeoloji haritası.



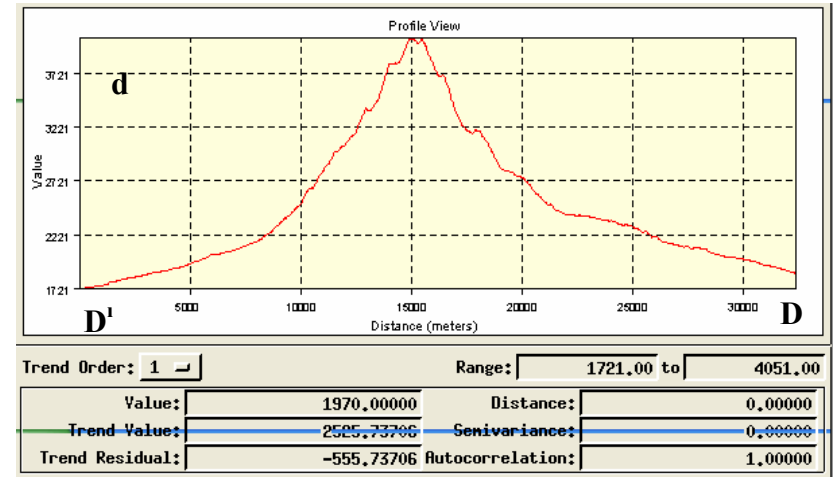
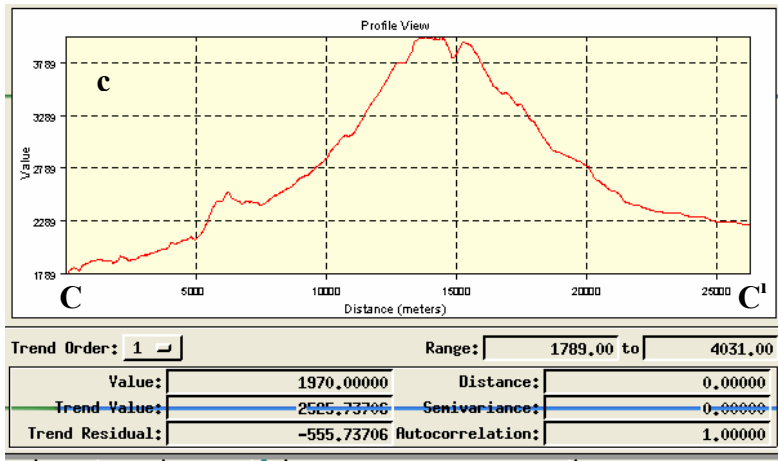
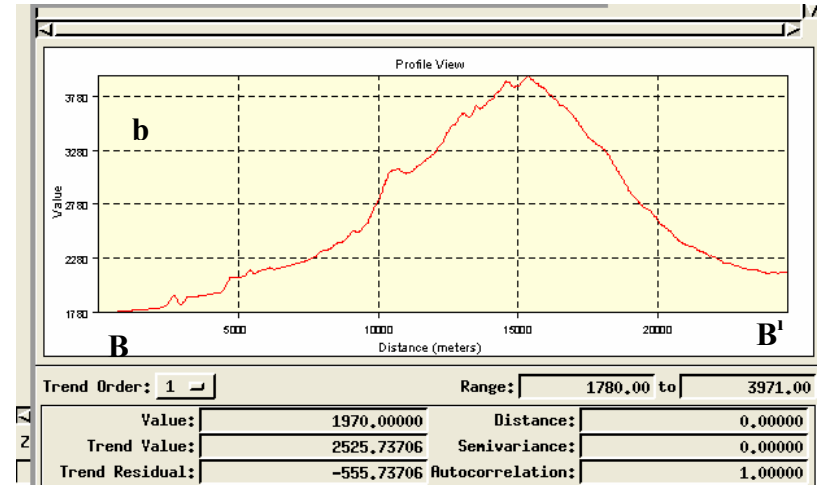
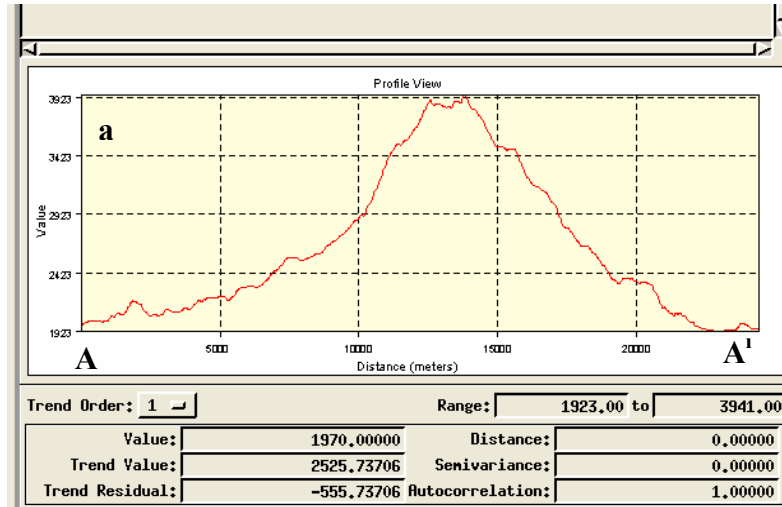
Şekil 2.4. Süphan volkanının güney kesimlerinde yer alan riyolitik domların LANDSAT TM görüntü kombinasyonlarını gösteren uydu görüntüleri, a) 531 RGB görüntü kombinasyonu b) 432 RGB görüntü kombinasyonu, c) Uydu görüntüsünü içeren alanın jeoloji haritası.

Hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinin yanısıra 9 adet 1/25000 ölçekli topografik haritayı kapsayan sayısal veriler kullanılarak çalışma alanının sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir. Sayısal yükseklik modelinden elde edilen rölyef görüntüsü özellikle volkanın morfolojisi hakkında bilgi edinmek ve arazi çalışmaları sırasında belirlenemeyen yapısal ve çizgisel unsurları irdelemek için kullanılmıştır. Elde edilen rölyef görüntüleri yardımıyla Süphan stratovolkanı kesen belirli hatlardan seçilmiş ve sayısal yükseklik modelinden topografik kesitler elde edilmiştir (Şekil 2.5).

K-G, D-B, KD-GB, KB-GD kesitler (Şekil 2.6) genel olarak volkanın morfolosinin simetrik olduğunu ortaya koymuştur.

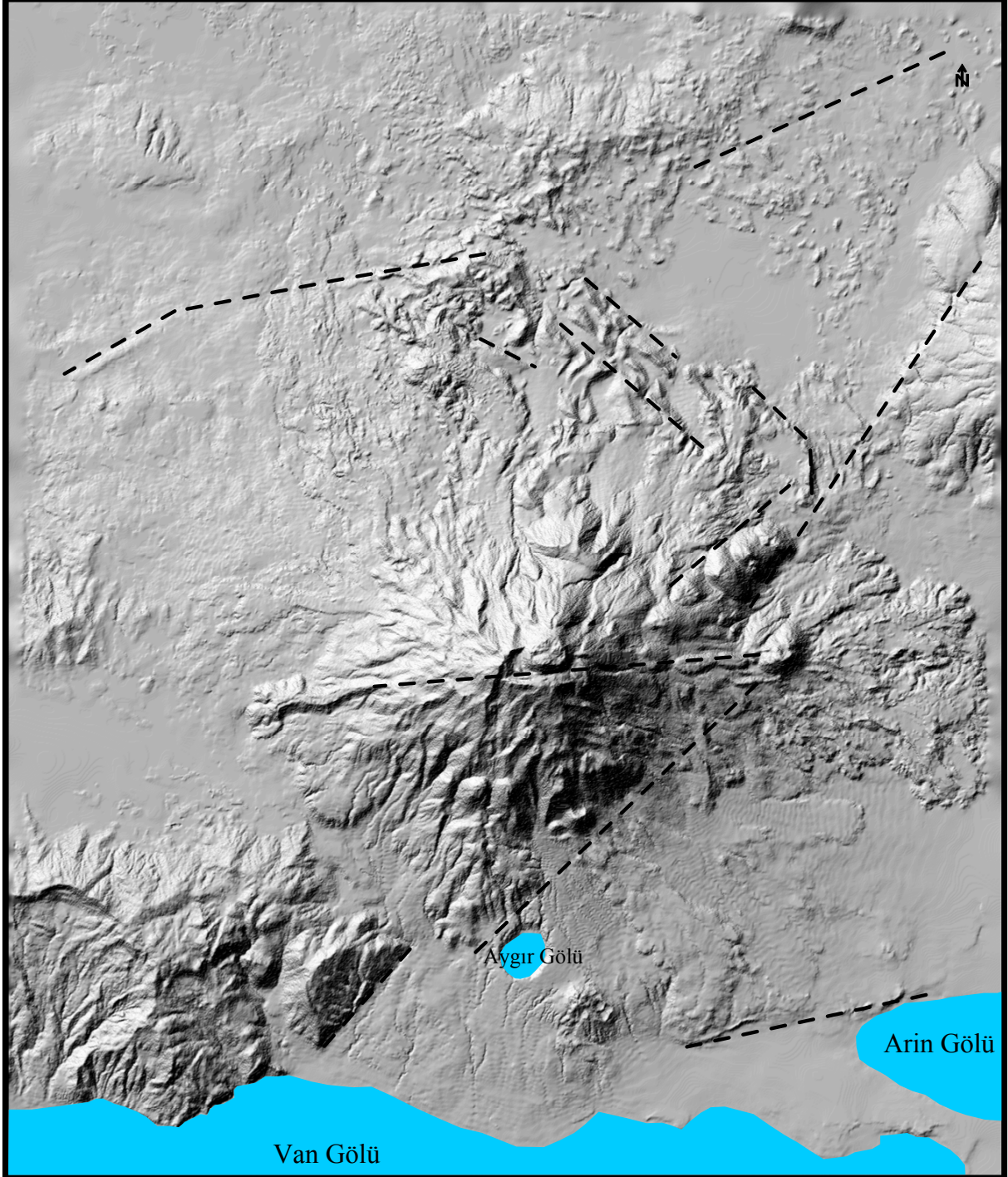


Şekil 2.5. Topografik kesit yönlerini gösteren DEM görüntüsü.



Şekil 2.6. Sayısal yükseklik modelinden elde edilen topografik kesitler

Arazi çalışmaları, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve sayısal yükseklik modeli yardımıyla volkanın gelişiminde etkili olan ana çizgisel unsurlar belirlenmiştir . Çizgisel unsurlar genellikle KD-GB, GB-KD ve D-B uzanımlar sunmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Süphan Stratovolkanına ait çizgisel unsurlar

3. JEOLojİ

3.1 Miyosen Yaşlı Sedimanter Birimler

Süphan Volkanizmasına bağlı olarak gelişen volkanik ürünlerin tabanında sedimanter birimler yer almaktadır. Sedimanter birimler çalışma alanının güneyinde ve batısında yüzeylenmişlerdir. Güney kesimlerde yer alan sedimanter birimler kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 3.1, 3.3). Adilcevaz Kireçtaşı olarak isimlendirilen kireçtaşları sıg denizel kireçtaşlarından ve dolomitleşmiş kireçtaşlarından oluşmuştur (Demirtaşlı ve Pisoni, 1965; Yeşilova ve Yakupoğlu, 2007). Alt Miyosen (Burdigaliyen) yaşlı Adilcevaz kireçtaşları üzerine ise çalışma alanının batı kısımlarında yüzlek veren kumtaşı, kiltası ve marn ardalanmasından oluşan, Demirtaşlı ve Pisoni (1965) tarafından Develi formasyonu olarak isimlendirilen birimler gelmektedir. Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen lavlar ile sedimanter birimler çalışma alanının güney ve batı kısımlarında dokanak halindedir bununla birlikte aygır gölünün batı ve kuzey batı kesimlerinde Tavşan Tepe mahallesi kesimlerinde gözlenen kireçtaşı blokları kısmen Süphan ana konisine ve Aygır Maar gölüne bağlı olarak gelişen piroklastik birimler tarafından örtülmüştür.



Şekil 3.1. Çalışma alanının güneyinde yer alan Adilcevaz Kireçtaşı

3.2 Pliyosen - Pliyostosen Yaşlı Sedimanter Birimler

Çalışma alanının güneyinde gözlenen sedimanter birimler gölsel ve karasal birimlerin ardalanmasından oluşmuştur. Genellikle gevşek tutturulmuş Pliyosen-Pliyostosen yaşlı

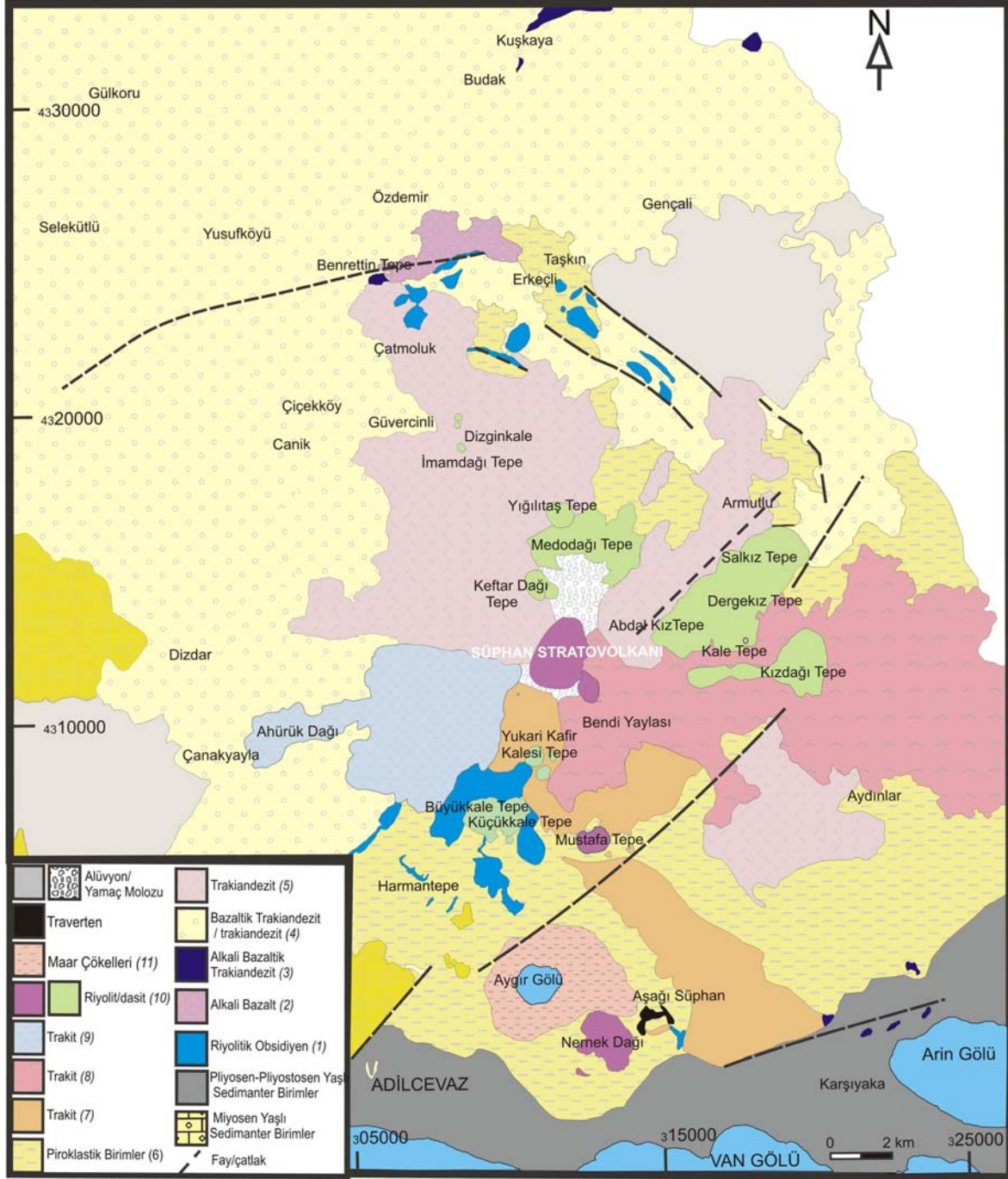
(Demirtaşlı ve Pisoni, 1965; Yılmaz ve diğ., 1998; Yeşilova ve Yakupoğlu, 2007) çakıl, kum, kil ve siltli birimler ile konglomeralardan meydana gelmişlerdir. Sedimanter birimler Adilcevaz ilçesi ve Arin Gölü arasında yayılım göstermişlerdir. Süphan Stratovolkanına ait volkanik ürünler çalışma alanının güney kesimlerinde bu sedimanter birimlerin üzerine yerleşmişlerdir (Şekil 3.2, 3.3). Karasal çökeller özellikle Stratovolkanın güney kesimlerinde Aşağı Süphan Köyü civarında yoğun olarak bulunurken gölsel arakatlı çökeller ise Van Gölü'ne yakın kısımlarda yer almaktadır. Gölsel-karasal çökeller içerisinde piroklastik kül ve pomza geri düşme ürünleri de bulunmaktadır. Piroklastik çökeller olasılıkla sedimanter birimlerin oluşumu sırasında meydana gelen Süphan volkanizmasına ait ilk ürünlerdir ve sedimanter birimlerin çökelişi sırasında yerleşmişlerdir.



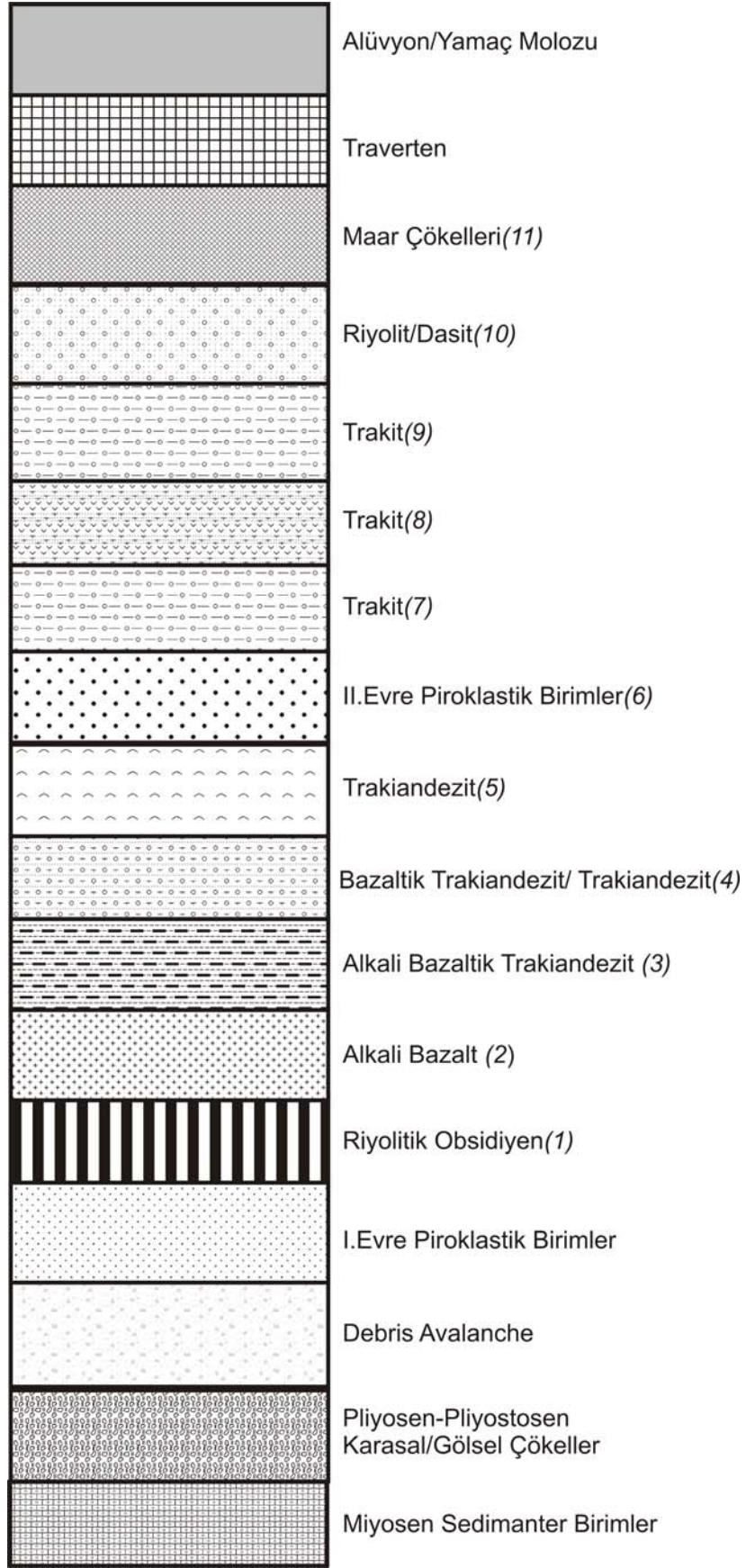
Şekil 3.2. Sedimanter birimler üzerine yerleşen trakitik lavlar

3.3 Volkanik Birimler

Çalışma alanında haritalanan Süphan Stratovolkanı'na ait ürünler yaklaşık olarak 1100 km² lik bir alanda yayılım göstermişlerdir. Ancak Stratovolkanın kuzeybatısında yer alan Malazgirt ovasına ve kuzeyinde yer alan Patnos ilçesi yakınlarına kadar uzanan ürünleri de göz önüne alındığında yaklaşık olarak 2000 km² lik bir alanı kaplayan volkanik ürün meydana getirmiş olduğu söylenebilir. Volkanın temel çapı yaklaşık 35-40 km dir. Volkanın evrimini kapsayan birbirinden farklı 11 birim ayırt edilmiştir (Şekil 3.3,3.4).



Şekil 3.3. Süphan Stratovolkanı'nın jeoloji haritası



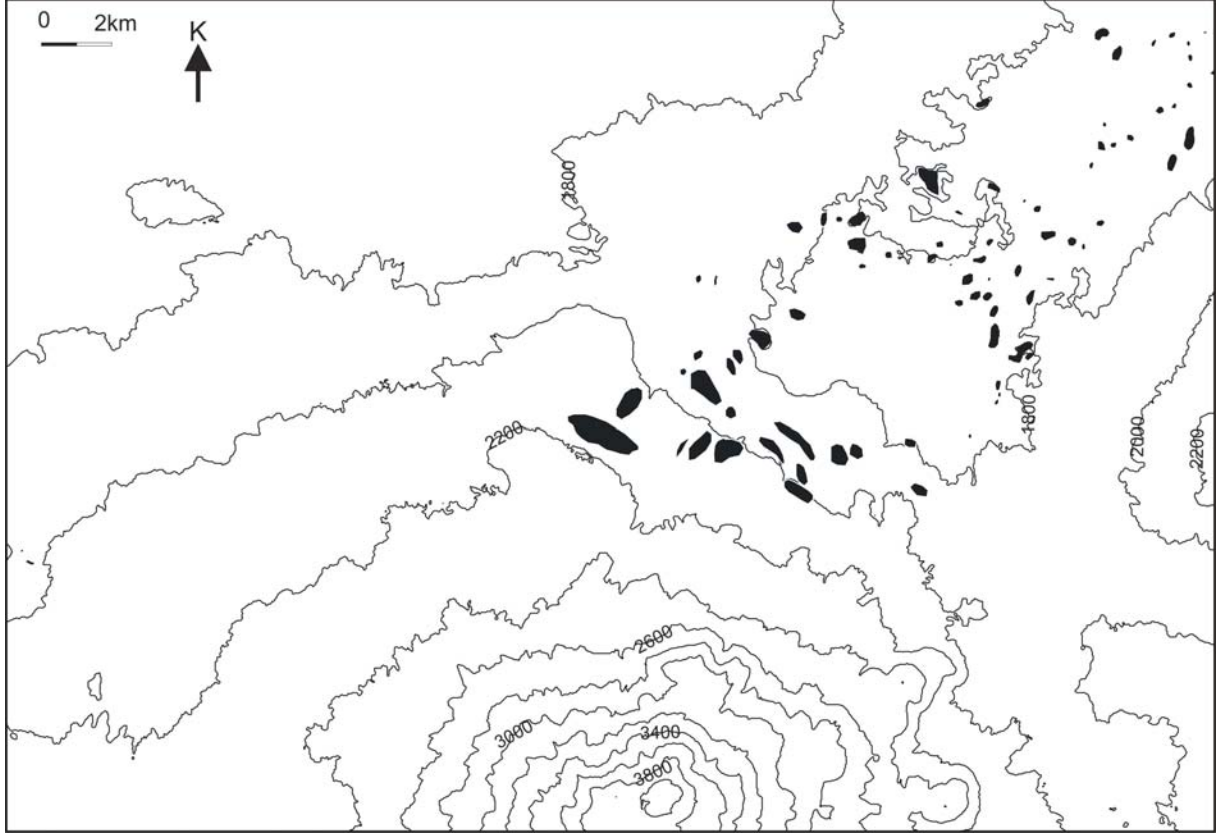
Şekil 3.4. Süphan volkaniklerine ait stratigrafik kolon kesit

İstifin oluşturulmasında arazi verileri, Ar-Ar radyometrik yaş tayinleri ile Süphan Stratovulkanı ile ilgili eski çalışmalardan yararlanılmıştır. Süphan'da ana koninin haricinde paraziter karakterde 25 adet monojenetik yapının (dom, maar) varlığı saptanmıştır.

3.3.1 Volkanik Çığ (Debris Avalanches) ve I. Evre Piroklastik Kayaçlar

“Debris Avalanches” volkanik bir yapının susuz koşullar altında çökmesiyle oluşan ürünlerden oluşmaktadır. “Debris Avalanches” çökelleri blok ve matriks olmak üzere iki ayrı fasiyesten meydana gelmektedir (Ui, 1989). Blok fasiyesi debris avalanche’i oluşturan volkanik bloklardan, matriks fasiyesi ise volkanın farklı ürünlerini içeren ince taneli malzemelerden meydana gelir. “Debris Avalanches” lerin en tipik morfolojik özellikleri anfi tiyatro şeklinde çöküntü alanları ve ondüleli yapı sunan topografyaya (hummocky topography) sahip olmalarıdır (Sigurdssonve diğ., 2000). Ondüleli (hummocky) topoğrafya yığınlar şeklinde oluşan tepeler, enine ve boyuna oluşan sırtlardan meydana gelmektedir (Glicken, 1982; Siebert, 1984)

Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen “Debris Avalanches” ürünleri volkanın kuzey, kuzey doğusunda yüzeylemiştir. En belirgin özelliği ondüleli (hummocky) topoğrafyalarıdır. “Debris Avalanches” ürünlerinin üzerleri çoğunlukla Süphan volkanizmasına ait genç ürünler tarafından örtülmüştür. Ancak yol yarmalarında belirgin yüzlek veren volkanik çığ (Debris Avalanches) ürünlerine ait bloklar riyolitik obsidiyen ve perlitten oluşmaktadır. Ondüleli (hummocky) topoğrafyayı temsil eden ürünler blok fasiyesini temsil etmektedir ve dairesel tepeler ile enine-boyuna uzanan sırtlar şeklinde morfolojiler sunmaktadır (Şekil 3.5). Çalışma alanının kuzeyinde yer alan Taşkın ve Erkeçli köyleri civarında bulunan “Hummock” ların içerisinde yer alan riyolitik obsidiyen ve perlit bloklarının boyutları 1.5- 2m ye ulaşmaktadır (Şekil 3.6). Köşeli yapılar sunan blokların boyutları ana koniden uzaklaştıkça azalmaktadır. Kaynaktan uzaklaştıkça blok boyutlarının azalmasını Siebert (1984) büyük blokların aşağı doğru hareket ederken parçalanmasıyla ilişkilendirmiştir. Gri, sarı ve kahverengi renkler sunan matriks fasiyesi ise genellikle yayvan topoğrafya ile temsil edilmektedir. Matriks fasiyesini oluşturan ürünler (Şekil 3.7) ince taneli obsidiyen ve perlit çakılları ile sedimanter killi ve çakıllı seviyelerden meydana gelmiştir. Matriks fasiyesi içerisinde yer alan sedimanter seviyeler muhtemelen akış sırasında “Debris Avalanche” içerisine katılan eski karasal çökellere aittir.



Şekil 3.5. Volkanın kuzeyinde gözlenen “Debris Avalanche” birimine ait ondüleli yapıların (Hummocky structures) topografik harita üzerindeki konumları



Şekil 3.6. “Debris Avalanche” birimine ait blok fasiyesi



Şekil 3.7. “Debris Avalanche” birimine ait matris fasiyesi

Çalışma alanının kuzey, kuzey doğusunda ondüleli (hummocky) topoğrafyaları ile belirgin olan “Debris Avalanche” ürünleri ana kaynaktan (Süphan) yaklaşık 25 km uzağa yayılmıştır. Üzerleri volkanın daha sonraki faaliyetlerine bağlı olarak gelişen bazaltik traki-andezitik lavlar ve piroklastik birimler tarafından örtüldüğünden arazide kalınlığı ve yayılım gösterdiği alan net olarak belirlenememiştir fakat görünür kalınlığı 20-25 m arasında değişmektedir. “Debris Avalanche” ürünleri çalışma alanında en yaşlı birimlerden biri olması, avalanche sonrası ürünlerin varlığı ve zamansal erozyon gibi sebeplerden dolayı avalanche ürünlerini oluşturan kayma yüzeyi Süphan ana konisinde net olarak belirlenememiştir

“Debris Avalanches” ler oluşum mekanizmasına bağlı olarak *Bezymianny*, *Bandai*, ve *Unzen* olmak 3 ayrı kategoriye ayrılmaktadır (Sigurdson ve diğ., 2000). *Bezymianny* tip St. Helens (Amerika) volkanında olduğu gibi volkanik püskürmeler ile karakterize edilir. Bu tip püskürmelerde “Debris Avalanches” lere eşlik eden ve/veya ardından gelişen oldukça geniş alanlara yayılan piroklastik akışlar ve geri düşme ürünleri yer alır (Siebert, 1984; Siebert ve diğ., 1987). *Bandai* tip ise 1988 de Bandai (japonya) volkanında meydana gelen ve preatik püskürmeler sonucu oluşan mekanizmayla karakterize edilir. Piroklastik çökeller içermez. *Unzen* tip ise doğrudan volkanik aktivite ile ilişkili değildir, genellikle tetikleyici mekanizma depremlerdir.

Süphan Stratovolkanına ait *Debris* çökellerine eşlik eden yada hemen ardından gelişen yoğun piroklastik ürünlere rastlanmamıştır. Ancak debris çökellerinin üzerine yerleşen pomza geri

düşme ürünleri yer almaktadır. Bölgede fayların etkin olduğu ve debris ürünlerinin üzerine yerleşen küçük hacimli piroklastiklerin de bulunduğu göz önüne alındığında Suphan “Debris Avalanches” ürünlerinin oluşumunda depremler ve volkanik patlamaların etkin olduğunu söylemek olasıdır.

Debris akıntısının üzerine I.evre piroklastik birimler yerleşmiştir. Bu evrenin ilk ürünü P1 olarak isimlendirilen ve genellikle çalışma alanının kuzey kısımlarında gözlenen beyaz renkli ve maksimum tane boyu 3 cm ulaşan pliniyen pomza geri düşmelerdir (Şekil 3.8, 3.15, 3.16). P1 birimi aynı zamanda çalışma alanının güney kesimlerinde bazaltik trakiandezitik lav akışlarının (4) altında da gözlenmiştir. Pomza geri düşme ürünlerinin üzerine ise kalınlığı yaklaşık olarak 50 cm olan kül geri düşme ürünleri gelmektedir (Şekil 3.8, 3.15, 3.16). Kül geri düşme ürünlerinin üzerine ise kalınlığı yaklaşık olarak 50 cm e ulaşan ve maksimum tane boyutu 4 cm olan curuf geri düşme ürünleri bulunmaktadır (Şekil 3.8, 3.15, 3.16). Curuf geri düşme ürünleri olasılıkla çalışma alanında oldukça geniş alanlarda yüzeylenen bazaltik ve bazaltik traki andezit akışlarına bağlı olarak gelişmişlerdir. Curuf geri düşme ürünlerinin üzerine ise 1.ve 2. evreleri ayırt eden paleosol seviyesi yerleşmiştir.



Şekil 3.8. Süphan Stratovolkanına ait I.evre piroklastik birimler

3.3.2 Riyolitik Obsidiyen (1)

Riyolitik obsidiyenler çalışma alanının güney ve kuzey kesimlerinde yüzlek vermektedirler (Şekil 3.3). Birim kahverenkli ve siyah renklere olup içerisinde makroskopik olarak feldispat

mineralleri içermektedir. Yaklaşık olarak 2 km² lik bir alanda yüzeyleyip blok lavlar şeklinde gelişmişlerdir. Çalışma alanının güney kesimlerinde gözlenen obsidiyenler Harmantepe kuzeyinde, trakit (7) ve bazaltik trakiandezitlerin (4) altında ve Büyük Kale ve Küçük Kale Tepe riyolit domlarının güneydoğusunda gözlenmektedirler (Şekil 3.9). Obsidiyen akışlarının üst kısımları tamamen camsı özellikler gösterirken, lav akışlarının alt kısımları makroskopik olarak daha az camsı olup kahverengimsi renklere sahiptir. Ogata ve diğ. (1989) Süphan Stratovulkanı'na ait obsidiyenlerin yaşlarını 0.76±0.56 my olarak belirtmişlerdir.

Çalışma alanının kuzeyinde yer alan riyolitik obsidiyenler ilk bakışta yuvarlak ve elipsoidal domlar şeklinde göze çarpmaktadırlar. Ancak bu morfolojilere yakından bakıldığında dairesel ve elipsoidal tepelerin üst kısımları obsidiyen bloklarından oluşurken altkısımları ise perlitik obsidiyen kül ve riyolit bloklarından oluşan debris avalanche ürünlerinden meydana gelmektedir. Olasılıkla volkanın kuzeyinde gözlenen ve obsidiyen domları şeklinde morfolojiler sunan yükseltiler, debris akıntısı sonucunda oluşan ondüleli yapılarıdır.

Çalışma alanının kuzeyinde gözlenen bu yükseltilerin üst kısımları ise bazaltlar (3) ve bazaltik traki andezitler (3, 4) tarafından kısmen örtülmüştür. Erkeçli köyü civarında yer alan ondüleli yapıların üzerlerinde şapka şeklinde bazaltik traki andezitler (3,4) gözlenmektedir .



Şekil 3.9. Çalışma alanının güneyinde gözlenen riyolitik obsidiyen akışı

3.3.3 Alkali Bazalt (2)

Bazalt karakterli lavlar sadece çalışma alanının kuzey kesimlerinde Erkeçli ve Özdemir köyleri arasında yüzeylenmişlerdir. Genellikle pembemsi renklere sahip olan lavlar çalışma alanının çoğu yerinde bazaltik trakiandezitik lavlar (3,4) tarafından örtülmüşlerdir. Makroskopik olarak cm-dm boyutlarında plajiyoklaz ve gözle ayırtedilebilecek boyutlarda piroksen ve olivin mineralleri içermektedirler. Bununla birlikte çalışma alanının kuzey kesimlerinde debris avalanche'in oluşturduğu tepeler üzerinde yer yer gözlenmektedirler. Blok lavlar şeklinde gözlenen lavlar yaklaşık olarak 4 km² lik bir alanda yayılım göstermişlerdir.

3.3.4 Alkali Bazaltik Trakiandezitik Lavlar (3)

Bazaltik lavlar üzerine volkanın güney ve kuzey kesimlerinde sınırlı alanlarda gözlenen alkali bazaltik traki andezitik lavlar yerleşmiştir.

Lavlar volkanın güney kesimlerinde Küçük Üç Tepe, Büyük Üç Tepe mevkilerinde, kuzey kesimlerinde ise Bedrettin Tepe ile Kuşkaya köyü kuzey ve güneyinde gözlenmektedirler. Alkali bazaltik trakiandezitik lavlar çalışma alanının güneyinde alüvyon tarafından kuzey kesimlerinde ise bazaltik traki andezik/ traki andezitik lav serisi (4) tarafından örtülmüştür. Lavlar siyah ve grimsi siyah renklere olup iri plajiyoklaz mineralleri ile tipiktirler. Genellikle blok lavlar şeklinde gözlenen birim içerisinde akma yapıları tipik olarak gözlenmektedir. Yer yer altere olan lavların üst kısımları gaz boşluklu özellikler gösterirken alt kısımları daha masif yapılar sergilemektedir. Alkali bazaltik trakiandezitikler yaklaşık olarak 4 km² lik bir alanda yayılım göstermişlerdir. Lavların üzerleri daha genç birimler tarafından örtüldüğünden çıkış noktaları tam olarak belirlenememiştir. Genellikle volkanın etrafında topoğrafyanın yayvan olduğu kesimlerde ve yer yer "Hummock" ların üzerinde yayılım göstermişlerdir (Şekil 3.10)



Şekil 3.10. “Debris Avalanche” biriminin üzerine yerleşen bazaltik trakiandezitik akışı

3.3.5 Bazaltik Traki Andezit/ Traki Andezit Serisi (4)

Çalışma alanında en fazla yayılım gösteren birimdir. Bazaltik trakiandezitik lavlar ile traki andezitik lavların arazideki sınır ilişkileri net olarak belirgin olmadığından bu iki lav beraber ele alınmıştır. Bu birim çalışma alanının batısında, kuzeyinde ve kuzey doğusunda yayılım göstermiştir.

Volkanik çığın (Debris avalanche) oluşturmuş olduğu tepelerin bir çoğunun üzeri bu lav serisi tarafından örtülmüştür. Seri içerisinde yer alan bazaltik trakiandezitik lavlar daha effusiv karakterlerine bağlı olarak daha fazla alanda yayılım göstermişler ve volkandan yaklaşık olarak 30 km uzaklığa kadar akarak Malazgirt’e kadar ulaşmışlardır (Şekil 3.11). Bazaltik traki andezitik lavlar siyah renkleri, bol gaz boşluklu yapıları ve porfirik dokuları ile karakteristiktir. Volkanın kuzey, kuzey doğu ve batı kısımlarında yer alan yayvan topografyalı kısımlarda yoğun olarak gözlenmişlerdir.



Şekil 3.11. Malazgirt'e kadar akan bazaltik trakiandezitik lavlar

Trakiandezitik lavlar ise siyah ve grimsi siyah renklere gözlenmektedir. Genellikle mikrokristalin dokuda gözlenen lavlar bazaltik trakiandezitik lavlar üzerine yerleşmiştir. Trakiandezitik lavlar bazaltik trakiandezitlerin aksine volkandan çok uzaklara yayılmamışlardır. Volkanın kuzey kesimlerinde yüksek topoğrafyalı alanlar genellikle trakiandezitik lavlardan oluşmuşlardır.

Bazaltik trakiandezitik/trakiandezitik seri Suphan volkanının etrafında yaklaşık olarak 150km² lik alanda yayılım göstermiştir. Özellikle “debris avalanche” in oluşturmuş olduğu tepelerin büyük bir kısmı bu seriye ait lavlar tarafından örtülmüştür (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Ondüleli topoğrafyaların üstünü kaplayan bazaltik trakiandezitik lavlar

Bu seri içerisinde yer alan trakiandezitik lavlar net olarak bazaltik trakiandezitik lavlardan volkanın batı kısımlarında ayırt edilmiştir. Traki andezitik lavlar volkanın batı kesimlerinde yer alan ikincil çıkış noktaların bağlı olarak gelişmişlerdir ve volkanın batı yamaçlarından çıkıp Kızılyusuf doğusuna ve Dizginkale batısına kadar akmışlardır (Şekil 3.13). Lavların çıkış merkezlerine bağlı olarak küçük ölçekli bir çok curuf konisi meydana gelmiştir.



Şekil 3.13. İkincil çıkış merkezlerine bağlı olarak gelişen trakiandezitik lav akışı

3.3.6 Trakiandezitik Lavlar (5)

Trakiandezitik lavlar Süphan volkanının kuzeyinde, kuzeydoğusunda ve güney doğusunda yaklaşık 52 km² lik bir alanda yayılım göstermişlerdir. Çalışma alanının güney doğusunda lavların üst kısımları daha genç piroklastik birimler ve trakitik lav akışları tarafından kaplanmıştır. Trakiandezitik lavlar grimsi siyah renkli olup camsı özelliğe sahiptir. Makroskopik olarak iri plajiyoklaz içeren lavlar çalışma alanının güneydoğusunda Aydınlar köyü civarında, kuzey doğusunda Armutlu köyü civarında, kuzeyinde ise Güvercinli ve Çatmoluk köyleri civarlarında gözlenmektedir. Lavlar Güvercinli köyü kuzeyinde oldukça yüksek topografyalar sunmaktadır. Trakiandezitik lav akışlarına Özdemiş kuzeyinden geçen fay sınır oluşturmaktadır. Fayın oluşturmuş olduğu yüksek topoğrafya lavların Özdemiş civarına kadar yayılmasını engellemiştir. İri plajiyoklaz ve camsı yapıları ile diğer traki andezitik lav akışlarından ayırtedilen bu lavlar volkanın kuzeyinde Güvercinli ve Çatmoluk köyleri civarında bazaltik trakiandezitik/traki andezitik seriyi üzerlemektedirler (Şekil 3.14).



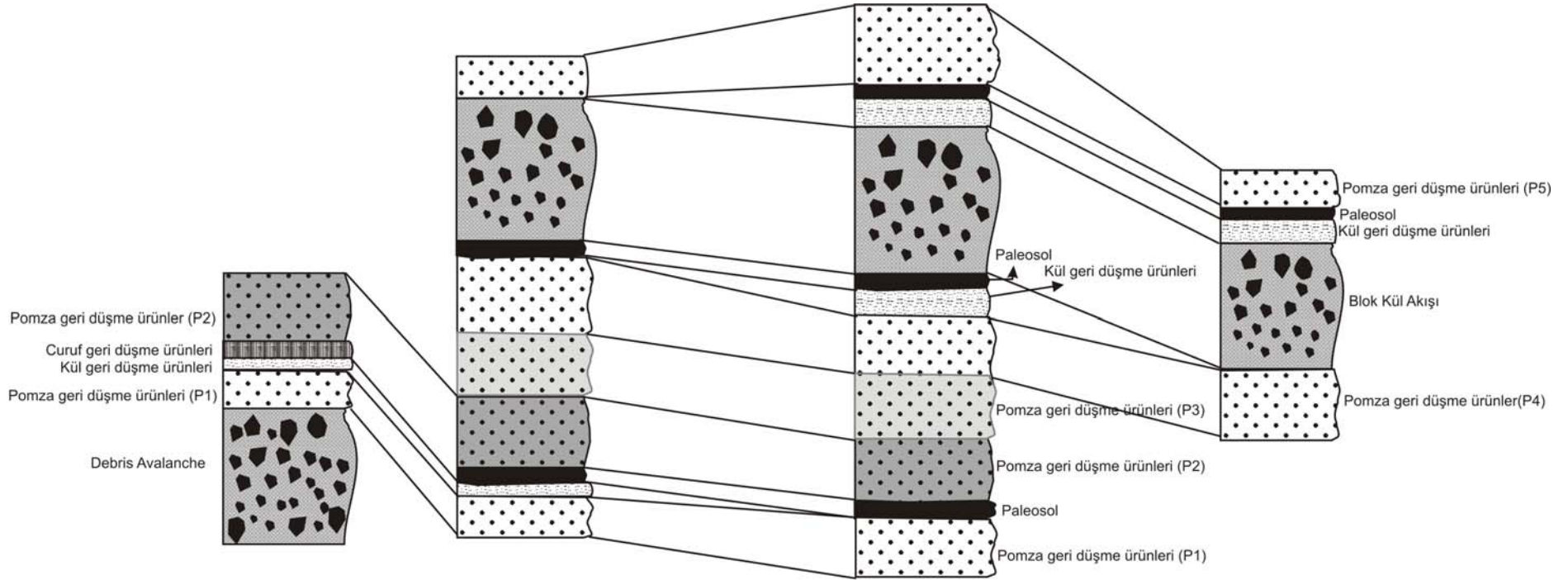
Şekil 3.14. Bazaltik trakiandezitik/trakiandezitik seriyi üzerleyen traki andezitik lavlar

3.3.7 II, III, IV Evre Piroklastik Birimler (6)

Volkanın güneydoğu, güney batı, kuzey doğu ve kuzeyinden alınan dikme kesitler (Şekil 3.15) sonucu Süphan volkanına bağlı olarak gelişen piroklastik birimler 4 evre şeklinde incelenmiştir (Şekil 3.16). Bu evreler piroklastik birimler arasında yer alan paleosol oluşumlarına bağlı olarak ayırt edilmiştir. Süphan Stratovolkanına ait piroklastik birimlerin genelleştirilmiş dikme kesiti Şekil 3.16 da verilmiştir.

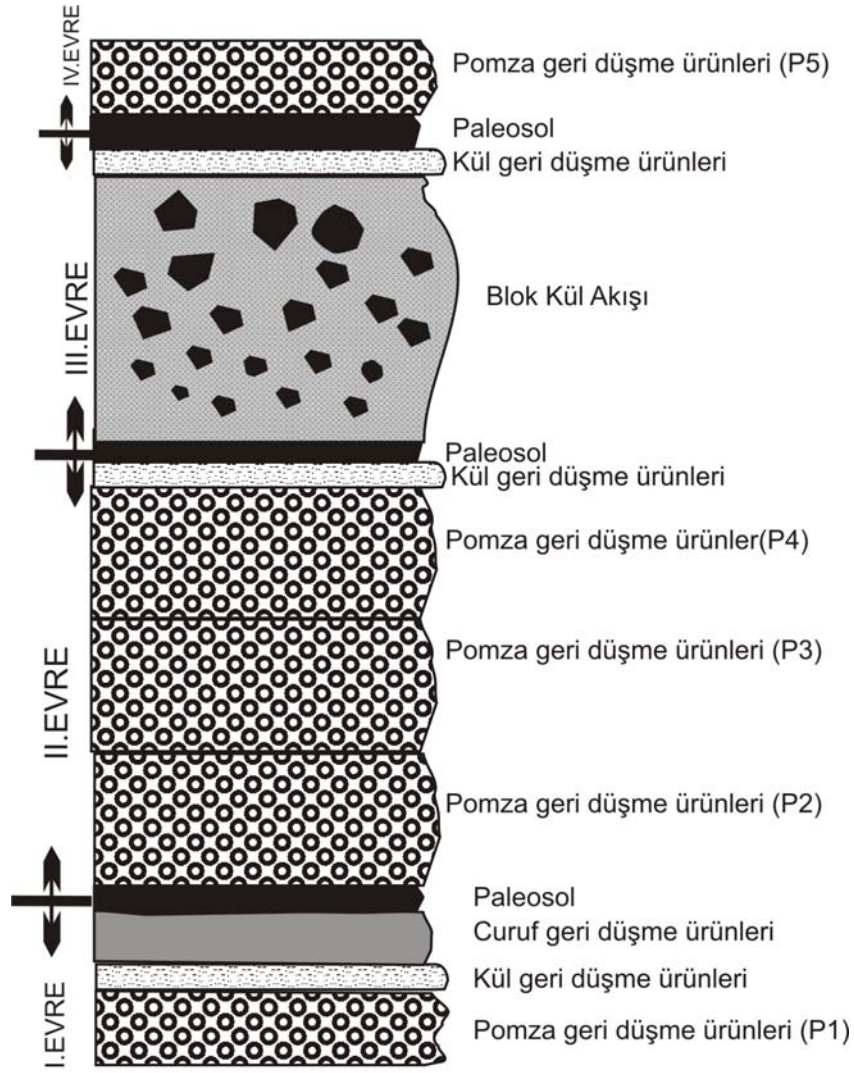
I evre piroklastik birimler Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen ilk ürünleri karakterize etmektedir ve Debris Avalanche sonrasında meydana gelmişlerdir. Bu evreye ait piroklastik birimler yukarıda anlatılmıştır.

II. evre ise yeşil renkleri ile karakterize edilen ve maksimum tane boyu 2 cm'e ulaşan P2 olarak isimlendirilen pomza geri düşme ürünleri ile başlamaktadır (Şekil 3.15, 3.16). Litik bakımından fakir olan ve iyi boylanma gösteren yeşil renkli pomza geri düşme ürünleri radyal olarak volkanın hemen hemen her yerinde yüzlek vermiştir. P2 seviyesi beyaz renkli ve litik bileşen bakımından oldukça zengin pomza geri düşme ürünleri (P3) tarafından üzerlenmektedir (Şekil 3.15, 3.16). Birim içerisinde pomzaların maksimum tane boyutu 0,5 cm litiklerin ise 0,2 cm'e ulaşmaktadır.



Ölçeksiz

Şekil 3.15. Süphan piroklastik ürünlerine ait volkanın farklı kesimlerinden alınan dikme kesitler



Ölçeksiz

Şekil 3.16. Süphan piroklastiklerinin genelleştirilmiş dikme kesiti

P3 seviyesinin üzerine ise maksimum tane boyutu 10 cm ulaşan ve içerisinde radyal bölünmeli pomzalar içeren ve bantlı özellikler sunan ve makroskobik olarak feldispat mineralleri içeren diğer bir pomza geri düşme ürünü gelmektedir (P4) (Şekil 3.15, 3.16, 3.17b). Birim içerisinde yer alan litik bileşenlerin maksimum tane boyutu ise 3 cm'e ulaşmaktadır. II. evrenin son ürünleri ise P4 seviyesi üzerine gelen kül geri düşme ürünleridir (Şekil 3.15, 3.16, 3.17a).



Şekil 3.17. a) P4 seviyesi ve üzerine gelen kül geri düşme ürünleri, b) p4 seviyesi içerisinde yer alan radyal bölünmeli pomza

III. Evre ise blok ve kül akışı ile başlamaktadır (Şekil 3.15, 3.16, 3.18a). Volkanın güney ve doğusunda yayılım gösteren blok kül akışı bölgede en yaygın olarak gözlenen piroklastik birimlerden birisidir. Ana koniye yakın yerlerde blok kül akışında yer alan blokların çapları 1.5 metreye ulaşmaktadır. Köşeli kısmen yuvarlaklaşmış bloklardan oluşan ve içerisinde radyal çatlaklı bloklar (Şekil 3.18b) ile ekmek kabuğu bombalar içeren akış alttan üstte doğru ters derecelenme göstermektedir. Blokların arasını beyaz renkli kül matrisi doldürmüştür. Volkandan uzaklaştıkça blokların tane boyları küçülmektedir. Riyolitik bloklardan oluşan akış içerisinde nadir olarak volkanın daha önceki ürünlerine ait parçalar da bulunmaktadır. Blok kül akışı volkanın güney, doğu ve kuzeydoğusunda gözlenmektedir. En yoğun olarak gözleendiği güney kısımlarda ana koniden yaklaşık olarak 10km uzaklığa kadar yayılmıştır. Blok kül akışı üzerine ise kalınlığı 10-30 cm arasında değişen kül geri düşme ürünleri gelmiştir (Şekil 3.15, 3.16, 3.19)



Şekil 3.18. a) Trakitik lav altında gözlenen blok ve kül akışı, b) blok kül akışı içinde gözlenen radyal bölünmeli bloklar

IV. evre ise sadece pomza geri düşme ürünlerinden oluşmaktadır (P5). Maksimum tane boyutu yaklaşık olarak 4 cm ulaşan ve beyaz renkli pomzalardan oluşan bu seviyede litik bileşenler ise 2 cm boyutuna ulaşmaktadır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. III Evreye ait kül geri düşmeler ve IV evreye ait pomza geri düşme ürünleri (P5)

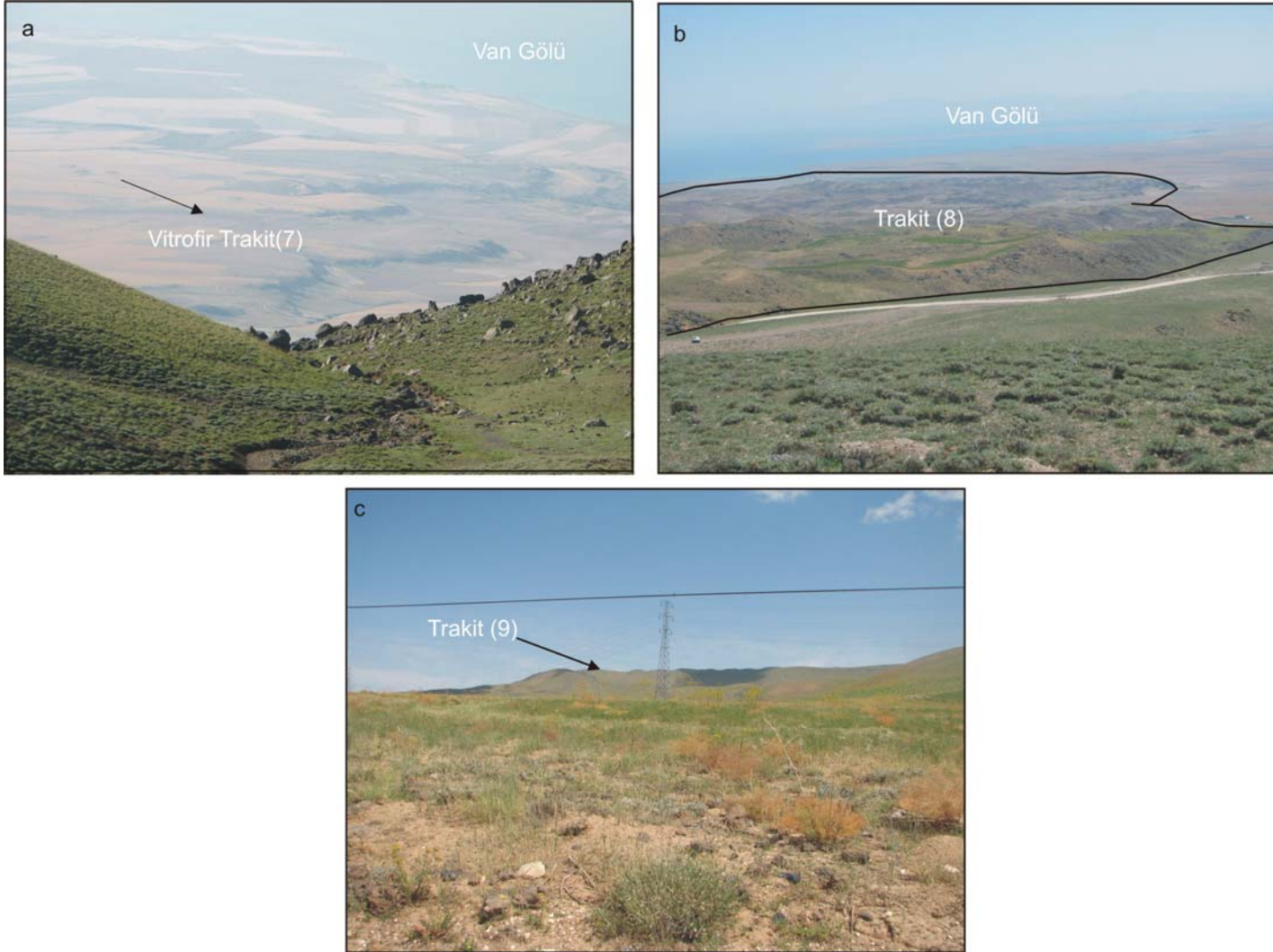
3.3.8 Trakitik lavlar (7,8,9)

Trakitik lavlar volkanın güney, doğu ve batı kesimlerinde birbiri ardına gelişen üç farklı akış şeklinde gelişmiştir. Lavlar arazi, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal verilerindeki farklılıklara bağlı olarak ayırt edilmişlerdir.

Vitrofir Trakit (7): Vitrofir trakitik lavlar sadece volkanın güney kesimlerinde gözlenmişlerdir (Şekil 3.20a). Gri ve grimsi siyah taze yüzey renklerine sahip olan lavlar volkanın güney yamaçlarından Ağrı-Bitlis karayoluna kadar akmışlardır. Volkanın güneydoğu kısımlarında üzerleri Aygır maarına bağlı olarak gelişmiş olan piroklastikler tarafından örtülmüştür. İçerisinde yer yer iri plajiyoklaz mineralleri içeren akışın diğer trakitik lavlardan farkı ise camsı oluşu ve amfibol mineralleri içermesidir. Blok lavlar şeklinde gelişen lavlar yaklaşık olarak 25 km² lik bir alanda yayılım göstermişlerdir. Akışın alt kısımları gri tonlar gösterirken üst kısımları ise ani sağumaya bağlı olarak oldukça camsıdır.

Trakit (8) : Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen diğer bir trakitik akış ise volkanın doğu yamaçlarını kaplamaktadır (Şekil 3.20b). Volkanın doğusunda yer alan ovalık alanları kaplayan trakitik lav akışları siyah ve grimsi siyah renkte olup içerlerinde iri feldispat mineralleri ve anklavlar bulunmaktadır. Yaklaşık olarak 75 km² lik bir alanda yayılım göstermiştir. Camsı özellikler sunan lavlar içerisinde vitrofir trakitik lav akışından farklı olarak hornblend mineralleri gözlenmemektedir. Blok lavlar şeklinde gözlenen akış içerisinde yer yer akma yapıları bulunmaktadır. Birim vitrofir trakit akışını Bendi Yaylası civarında üzerlemiştir.

Trakit (9) : Süphan volkanizması bağlı olarak gelişen son trakit akışı ise volkanın batı yamaçlarından çıkıp batıya Ahürük dağına doğru akış göstermiştir. Gri tonlarda taze yüzey rengine sahip olan lav akışı diğer trakitlere oranla daha az camsı görünüme sahip olup daha mikrokristalin dokuludur. Yaklaşık olarak 25 km² lik bir alanda yayılım gösteren lavlar çalışma alanının batı kısımlarında bazaltik trakiandezitik lavların üzerine akmış durumdadırlar (Şekil 3.20 c).



Şekil 3.20. Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen farklı trakit akışları

3.3.9 Dasitik –Riyolitik Domlar (10)

Birbiri ardına gelişen trakiandezitik ve trakitik lavlar ile ana koniye bağlı olarak gelişen piroklastiklerin ardından tüm bu birimleri kesen genç dasitik ve riyolitik domlar oluşmuştur.

Dasitik domlar volkanın kuzey, güney ve kuzeydoğu kesimlerinde yayılım göstermişlerdir. Dergekız Tepe, Salkız Tepe, Abdal Kız Tepe, Kızdağı Tepe, Kale Tepe, Medodağı Tepe, Keftar Dağı Tepe, Yığıltaş Tepe, İmamdağı Tepe, Büyük Kale Tepe, Küçük Kale Tepe, Keçel Dağı Tepe ve Yukarı Kafir Kalesi Tepe domları dasitik karakterlidir.

Salkız, Dergekız, Abdal Kız dasitik domları (Şekil 3.21a) volkanın kuzey doğusunda kuzeydoğu - güneybatı uzanan elips şeklinde birbiri ile bağlantılı 5 çıkış noktası şeklinde gelişmiştir. Domlar hemen kuzey doğularından geçen faya paralel bir şekilde yerleşmişlerdir. Yaklaşık 10 km² lik bir alanda yayılım gösteren domların uzun eksenleri yaklaşık olarak 5.5 km kısa eksenleri ise 2.1 km dir. Yüksek viskoziteli olmalarından dolayı lav akışları meydana getirmemişlerdir. Oluşumlarından önce yada sonra meydana gelen herhangi bir piroklastik faaliyet belirlenememiştir. Domların topografik olarak en yüksek kısmı 3096 m, topografik olarak en alçak kısmı ise 2000 m dir. Domların kuzey kesimleri daha dik morfolojilere sahiptir. Endojen dom karakteri sunan yapılar oluşumları sırasında daha yaşlı olan birimleri yükseltmişlerdir. Bu domları oluşturan dasitik lavların taze yüzey renkleri gri ve grimsi beyaz tonlardadır. Makroskopik olarak feldispat ve piroksen mineralleri ayırtedilebilmektedir. Kırıldıklarında pomzamsı görünüme sahiptirler. Domları oluşturan lavlar içerisinde cm-dm boyutunda anklavlar yer almaktadır. Her bir çıkış noktası aralarında yer alan küçük vadilerle ayırt edilmektedir.

Kale tepe dasitik domu yukarıda anlatılan çıkış noktalarının hemen güney doğusunda meydana gelmiştir. Muhtemelen Salkız, Dergekız, Abdal Kız ve Kızdağı çıkış noktaları ile aynı zamanda yada onlardan kısa bir süre sonra meydana gelmiştir. Yaklaşık olarak 0,25 km² lik bir alanda yayılım göstermektedir. Tabandan tavana olan yüksekliği yaklaşık olarak 110 m dir. Domun kuzey kesimleri yüksek morfolojiler sunarken güney kısımları ise daha yayvan topoğrafyaya sahiptir. Makroskopik olarak Salkız, Dergekız, Abdal Kız çıkış noktalarına benzer özellikler sunmaktadır.

Kızdağı dasitik domu ve uzun sırt dasitik lav akışı Salkız, Dergekız, ve Kale Tepe dasitik domlarının yaklaşık olarak 1 km kuzey doğusunda kuzeydoğu güney batı uzanımlı bir hat

üzerinde meydana gelmişlerdir. Dasitik dom ve lav akışı yaklaşık 4 km² lik bir alanda yayılım göstermiştir. Tabandan tavana yüksekliği yaklaşık olarak 300m olan Kızdağı dasitik domu trakitik lav akışını (8) kesip çıkmıştır. Makroskobik olarak diğer dasitik domlarla aynı özelliklere sahiptir ve muhtemelen aynı zaman aralığında meydana gelmiştir.

Keftar dağı, Yığıltaş, İmamdağı ve Medodağı dasitik domları volkanın kuzeyinde yüzeylenmişlerdir. Bu domlardan Medodağı dasitik domu en fazla yayılım gösteren volkanik yapıdır. Tabandan tavana yaklaşık olarak 600m yüksekliğe sahip olan dom 6 km² lik bir alanda yayılım göstermiştir. Endojen karakterli domun zirve kısmı yamaç molozu tarafından örtülmüştür.

Yığıltaş, Keftar Dağı ve İmamdağı domları ise dairesel şekilde meydana gelen eksojen karakterli küçük yapılardır. Tabandan tavana yüksekliği yaklaşık olarak 150 m olan Yığıltaş domu Medodağının hemen kuzeyinde yüzeylenmiş olup Medodağı dasitik domunu kesip çıkmıştır. Domun etrafında ekmek kabuğu bombalar bulunması faaliyetine piroklastik bir evreyle başladığını göstermektedir. Yaklaşık 0.7 km² lik bir alanda yayılım göstermiştir.

Keftardağı dasitik domu (Şekil 3.21b) ise iki farklı çıkış noktası şeklinde gelişmiş olup yaklaşık 0.5 km² lik bir alanda yayılım göstermiştir. Tabandan tavana yüksekliği yaklaşık 150m olan dom Yığıltaş domuna benzer özellikler göstermekte olup faaliyetine piroklastik bir evreyle başlamıştır. Domun etrafında küçük ölçekli ikincil çıkışlarda yer almaktadır.

İmamdağı Tepe dasitik domları (Şekil 3.21c) Dizgin Kale köyü güney ve kuzeyinde üç farklı çıkış noktası şeklinde gelişmişlerdir. Tabandan tavana yükseklikleri maksimum 70m ye ulaşan domlar yaklaşık olarak 0.3 km² lik bir alanda yüzeylenmişlerdir.

Volkanın kuzeyinde yüzeylenen bu domlar makroskobik olarak birbirlerine benzer özellikler sunmaktadırlar. Grimsi taze yüzey rengine sahip birimler içerisinde makroskobik olarak feldispat ve mika mineralleri gözlenmektedir.

Yukarı Kafir Kalesi Tepe, Büyük Kale Tepe, Küçük Kale Tepe ve Keçel Dağı Tepe dasitik domları ise volkanın güneyinde yüzeylenmişlerdir.

Yukarı Kafir Kalesi domları (Şekil 3.21d) birden fazla çıkış noktası şeklinde gelişmiştir. 1/25.000 ölçekli haritada sadece 3 farklı çıkış noktası belirtilmiştir. Bunun yanında irili ufaklı küçük çıkış noktalarında bulunmaktadır. Domlar bölgede bulunan ve daha yaşlı olan riyolitik obsidiyen (1) ve

trakitik (7) birimleri kesip çıkmıştır. Aynı zamanda obsidiyen ve trakitleri yukarı doğru yükseltmiştir. Yaklaşık 0.5 km² lik bir alanda yayılım gösteren domların maksimum kalınlığı 200m ye kadar ulaşmaktadır.

Büyük Kale Tepe (Şekil 3.21e), Küçük Kale Tepe ve Keçel Dağı Tepe dasitik domları volkanın güney yamaçlarında meydana gelen üç farklı çıkış noktası şeklinde gelişmişlerdir. Büyük Kale Tepe ve Küçük Kale Tepe çıkış noktaları oldukça hacimli yapılar oluşturmalarına rağmen Keçel Dağı Tepe çıkış küçük bir alanda yayılım göstermiştir. Domlar yaklaşık olarak 2 km² lik bir alanda yayılım göstermişlerdir. Oluşumlarından önce yada sonra herhangi bir piroklastik ürüne rastlanmamıştır.

Volkanın kuzeyinde, güneyinde ve doğusunda yayılım gösteren dasitik domların tamamı birbirine benzer yapılar sunmalarına karşın sadece Medodağı Tepe dasitik domu bunlardan farklı özellikler sunmaktadır. Muhtemelen Medodağı dasitik domu diğer dasit domlarından daha yaşlıdır.

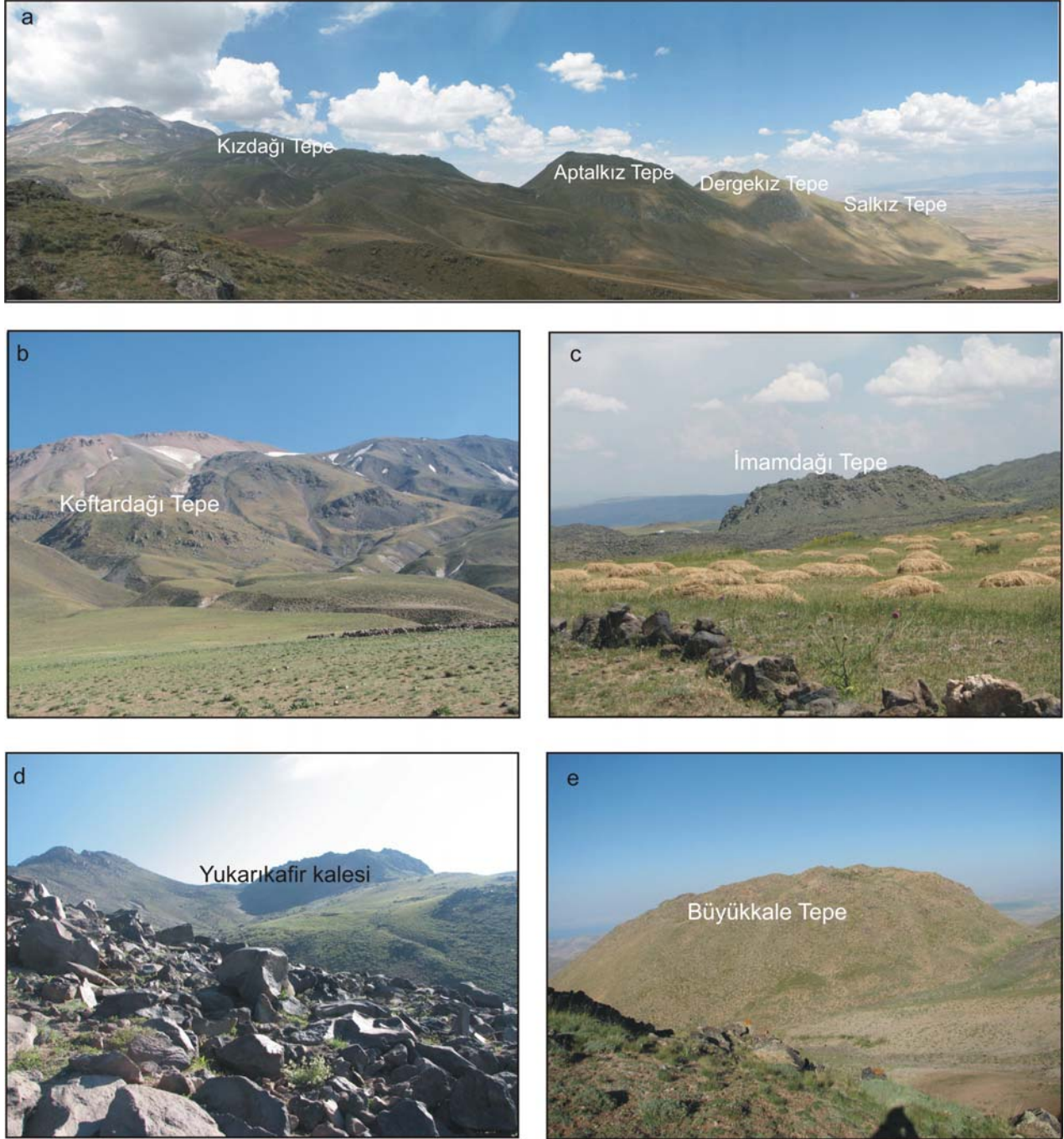
Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen riyolitik domlar Nernek dağı, Mustafa dağı ve Süphan ana konisinin zirvesinde yer alan domlardır.

Tabandan tavana yüksekliği yaklaşık 250 m olan Nernek Dağı riyolit domu (Şekil 3.22a) çalışma alanının güneyinde yaklaşık 4 km² lik bir alanda yayılım göstermiştir. Süphan ana konisinden yaklaşık 10 km güneyde meydana gelmiştir. Güneye doğru genişleyen bir morfoloji sunmaktadır. Grimsi- beyaz renklere taze yüzey renklerine sahip olan domda makroskobik olarak biyotit, hornblend ve feldispat mineralleri gözlenmektedir. Nernek dağı üzerinde Aygır maarına bağlı olarak gelişen piroklastik kül geri düşme ürünleri gözlenmektedir.

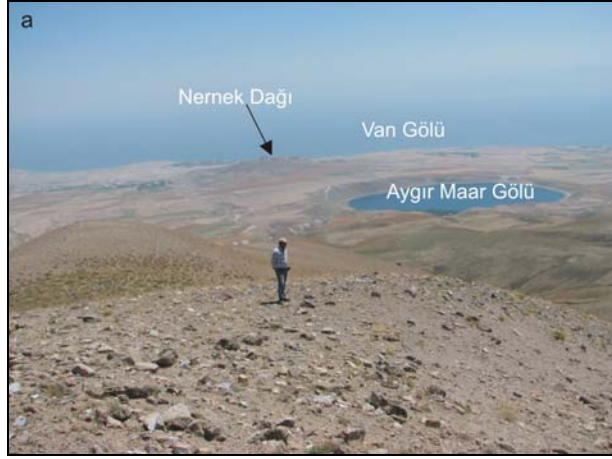
Mustafa Tepe riyolit domu (Şekil 3.22b) yaklaşık 0.8 km² lik bir alanda yayılım göstermiş olup tabandan tavana yüksekliği yaklaşık 250 m dir. Etrafında bulunan lavları kesip çıkmıştır, makroskobik olarak Nernek dağına benzerlik sunmaktadır.

Diğer bir riyolitik dom ise Süphan Stratovolkanının zirvesinde yer almaktadır (Şekil 3.22c). Süphan ana konisi yaklaşık 2.5 km çapında bir kratere sahiptir. Krater içerisindeki riyolitik dom 1 km çapına ve yaklaşık olarak 150 m yüksekliğe sahiptir. Üzerinde bir adet göl bulunmaktadır. Eksojen karakterli dom blok lavlardan oluşmuş olup oldukça camsıdır. Grimsi beyaz taze yüzey

rengine sahip olup feldspat ve mika mineralleri içermektedir. Dairesel bir morfoloji sunan dom muhtemelen volkanın ana bacasını tıkamıştır.



Şekil 3.21. Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen dasitik domlar. a) Kızdağı Tepe, Aptalkız Tepe, Dergekız Tepe, Salkız Tepe domları, b) Keftardağı Tepe dasitik domu, c) İmamdağı Tepe dasitik domu, d) Yukarıkafir kalesi dasitik domu, e) Büyükkale Tepe dasitik domu



Şekil 3.22. Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen riyolitik domlar. a) Nernek Dağı riyolitik domu, b) Mustafa Dağı riyolitik domu, c) volkanın zirvesinde yer alan riyolitik dom

3.3.10 Aygır Maarı (11)

Süphan volkanizmasına bağlı olarak gelişen son volkanik ürünler Aygır Maarına aittir. Aygır Maarı Süphan ana konisinin güneyinde yer almaktadır (Şekil 3.23).

Cas ve Wright (1987), maarları genel olarak *maar*, *tüf halkası* ve *tüf konisi* olmak üzere üç başlık altında incelemiştir. *Maar*, yükselen magmanın yer yüzeyinin altında bir su haznesi ile karşılaşması ile oluşur. Meydana gelen patlamadan sonra yüzeye ait kayaçlar krater içerisine çökerler. Bu durumda krater kenarlarında bu kayaçlar dike yakın eğim sergilerler. Juvenil parça içeriği azdır. Hidromagmatik patlamaların bir diğer ürünü ise *Tüf halkalarıdır*. Tüf halkasında su yüzeye yakın yada yüzeyde yer alır. Çöküntü meydana gelmediği için meydana gelen ürünler yer seviyesinin üzerinde yer alır. *Tüf konilerinde* ise, su haznesi yine yüzeydedir, fakat daha fazla miktarda (göl, sığ deniz gibi) bulunmaktadır. Ürünler yer seviyesinin üzerinde daha dik bir eğimle yer alır. Krater çapı diğerlerinden daha küçüktür. Maar kraterleri genellikle 2-3 km'ye ulaşan çap ve 200-300 m derinliğe sahiptirler.



Şekil 3.23. Volkanın güneyinde yer alan Aygır maarı

Aygır maarı yaklaşık 1.5 km çapında dairesel bir kraterde sahiptir. Maara ait ürünler kraterden yaklaşık 2.5 km kadar uzaklığa ulaşmıştır. Aygır maarına bağlı olarak gelişen taban yayılımı (base surge) ürünleri içerisinde kum tepelikleri (dune), anti kum tepelikleri (anti dune), çapraz tabakalanmalı yapılar yoğun olarak gözlenmektedir. Kraterde yakın kısımlarda ortalama 40m kalınlığa sahip olan maar çökellerinin tabaka kalınlıkları kraterden uzaklaştıkça azalmaktadır. Maar çökellerinin en altında kireçtaşı, kiltası ve volkanik kayaç bloklarını içeren laharik bir seviye yer almaktadır. Laharik seviye üzerinde yeralan maar çökellerinin alt kısımları litik bloklar bakımından oldukça zengin olup büyük ölçekli dune ve antidune yapıları içermektedir (Şekil 3.24). İstifin üst kısımlarına doğru dune, anti dune yapılarının boyutları azalmakta, miktarları ise

artmaktadır. Aynı zamanda bu seviye kül matriks bakımından daha da zenginleşmiştir. Maar çökellerinin en üst kısımlarında ise çökeller içerisindeki dalgalanma miktarı azalarak düzensel tabakalanma göstermektedir (Şekil 3.25). Maar istifi genellikle gri ve beyaz pomzalar içermektedir. Litikler genellikle perlit ve obsidiyenlerden oluşmaktadır. Bununla birlikte çökeller içerisinde sedimanter kayaç parçaları da yer almaktadır. Literatürde çalışılan maarların çoğunda patlamalı aktivite genellikle bazaltik magmanın yer altı suyuyla etkileşimi ile meydana gelmiştir. Ancak Aygır Maarı içerisinde yer alan juvenil parçalar genellikle riyolitiktir ve muhtemelen asidik bir magmanın yer altı suyuyla etkileşimi sonucu oluşmuştur.



Şekil 3.24. Aygır maarına ait çökeller içerisinde gözlenen “dune” yapıları



Şekil 3.25. Maar çökelleri içerisinde gözlenen düzlemsel yapılar. Çökellerin alt kısımları “dune” ve “anti dune” yapıları içerirken üst kısımlar daha düzlemsel yapılar sunmaktadır.

3.4 Traverten

Çalışma alanında gözlenen traverten çökelleri volkanın güneyinde yer alan Aşağı Süphan köyü civarında yüzeylenmişlerdir. Bu bölgede güncel traverten çökeli mi devam etmektedir.

4. MİNERALOGİ - PETROGRAFI

Süphan Stratovolkanını karakterize eden volkanik birimlerin mineralojik-petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla toplam 140 adet incekesit üzerinde optik mikroskop incelemeleri yapılmıştır. Mikroskop incelemeleri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü incekesit laboratuvarında hazırlanan ince kesitler üzerinde alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop ile gerçekleştirilmiştir. Stratovolkanı oluşturan tüm volkanik kayalarda porfirik doku hakimdir. Sadece riyolitler, dasit ve trakitler içerisinde alınan anklavlar ile alkali bazalt ve alkali bazaltik trakiandezitik kayalarda holokristalin doku gözlenmektedir. Kayalarda cam ve mikrolit kapanımlı, kemirilmiş, reaksiyon kuşaklı, kümüle halinde, zonlanma gösteren, ortamlı dengesiz durumda bulunan petrografik unsurları gösteren mineraller bulunmaktadır. Volkanik hamur siyah (bazaltik, bazaltik trakiandezitik kayalar), açık kahverenkli (trakiandezitik, trakitik kayalar), renksiz (trakitik, dasitik ve riyolitik kayalar) görünümüne sahip olup genellikle vesiküler, mikrolitik, intersertal, sub-ofitik, seri, glomeroporfirik, poikilitik, hyaloplitik ve akma doku tiplerine sahiptir. Optik incelemeler sonucu apatit ve zirkonlar aksesuar mineraller olarak belirlenmişlerdir. Genel olarak kayalar taze bir görünüme sahip olup bazaltik lavlarda olivinlerin iddingsitleştiği, amfibol ve piroksenlerin opasitleştiği gözlenmiştir.

Olivin minerali bazaltik, bazaltik trakiandezitik ve trakiandezitik kayalarda bulunurken, ortopiroksen minerali bazaltik-trakiandezitten riyolite kadar uzanan tüm kayalarda gözlenmektedir. Klinopiroksen minerali genellikle bazaltik, bazaltik-trakiandezitik, trakiandezitik, trakitik ve dasitik lavlarda bulunmaktadır. Amfibol minerali trakitik, dasitik ve riyolitik lavlarda yer alırken en yaygın olarak dasitik lavlarda bulunmaktadır. Biyotit ise genellikle dasitik ve riyolitik birimlerin ana mineral bileşimini oluşturmuştur. Kuvars ise riyolitik obsidiyen ve riyolitik lavlarda kemirilmiş kristaller halinde bulunmaktadır. Volkanik ürünlerin tamamında Fe-Ti oksitler (opak mineraller) yer almaktadır.

Aşağıda Süphan volkanizmasına bağlı olarak meydana gelen volkanik ürünlerin mineralojik petrografik özellikleri verilmiştir. Parentez içerisinde yer alan italik numaralar volkanik birimlerin stratigrafik kolon kesit ve jeoloji haritasındaki yerlerini işaret etmektedir.

4.1 Alkali Bazalt (2)

Süphan Stratovulkanının holokristalin porfirik dokulu iki kayacından biridir.

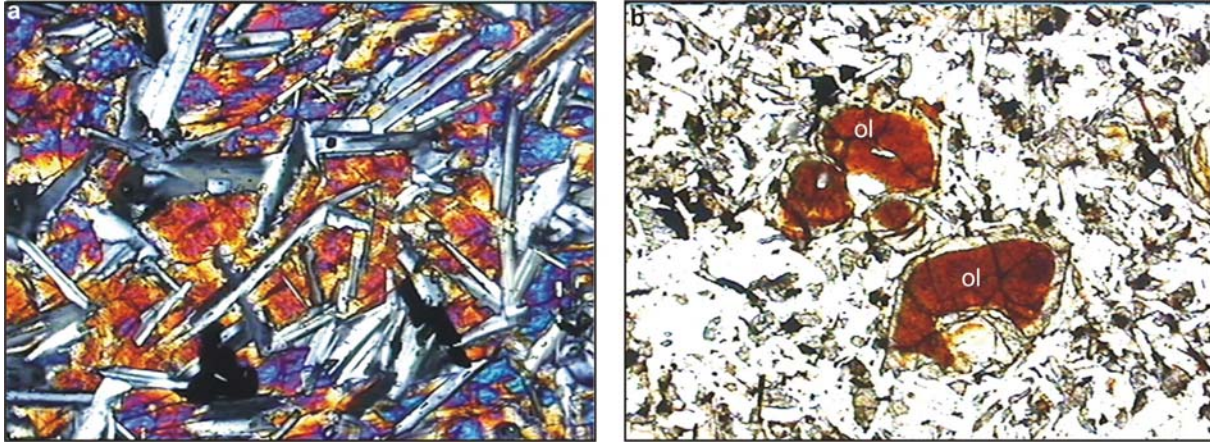
Plajiyoklaz + Olivin + Klinopiroksen fenokristallerinden oluşmaktadır. Özşekilsiz klinopiroksenler çubuksu plajiyoklazların arasını doldurarak sub-ofitik dokuyu meydana getirmişlerdir (Şekil 4.1a).

Olivin minerallerinin Süphan volkanikleri içerisinde en yaygın olarak bulunduğu birimdir. Olivinler yarı öz şekilli, yuvarlaklaşmış fenokristaller şeklinde olup çatlaklarından itibaren kısmen yada tamamen iddingsitleşmiştir (Şekil 4.1b).

Renksiz gözlenen klinopiroksenler yarı özşekilli ve özşekilsiz taneler şeklinde olup basit ikizlenmeler sunmaktadır.

Plajiyoklazlar yarı özşekilli ve özşekilli çubuksu fenokristaller şeklindedirler. Birbirleri ile keşisen plajiyoklaz minerallerinin arasını mikrokristalin olivin ve klinopiroksen mineralleri doldurarak intersertal dokuyu oluşturmuştur.

Volkanik hamur ise plajiyoklaz mikrolitleri ile klinopiroksen ve olivin mikrokristallerinden oluşmuştur.



Şekil 4.1. a) Bazaltta gözlenen subofitik doku (10xÇN) b) İddingsitleşen olivin fenokristalleri (4xTN) (ol: olivin).

4.2 Bazaltik-Trakiandezitik Lavlar (3,4)

Süphan Stratovulkanı etrafında en fazla yayılım gösteren lavlardır.

Plajiyoklaz + Olivin + Klinopiroksen±Ortopiroksen fenokristallerinden oluşan minerallerden oluşmuşlardır.

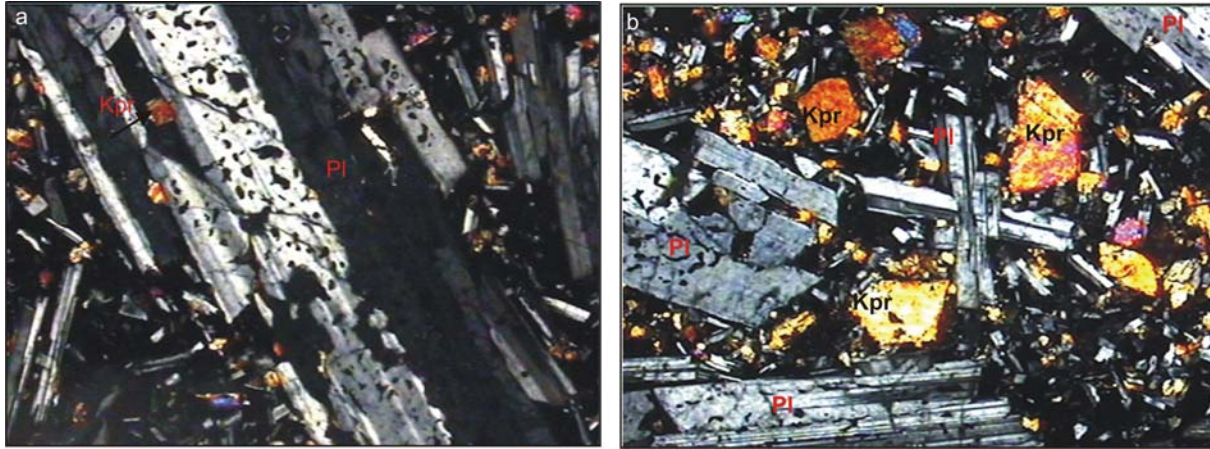
Olivin miktarı alkali bazaltlara oranla bu lavlarda daha azdır. Yarı özşekilli ve yuvarlak şekillerde gözlenen mineraller çatlaklarından itibaren iddingsitlenmiş ve yer yer klinopiroksen mineralleri tarafından mantolanmıştır.

Özşekilli ve kırılmış taneler şeklinde gözlenen plajiyoklaz mineralleri duraylı ve duraysız olmak üzere iki tiptedirler. Duraysız olanlar üzerinde volkan camı kapanımları yer alıp elek dokusu sergilemektedirler. Bununla birlikte üzerlerinde klinopiroksen kapanımları içererek poikilitik dokuyu ve bir arada bulunarak da glomeroporfirik dokuyu oluşturmuşlardır (Şekil 4.2a,b).

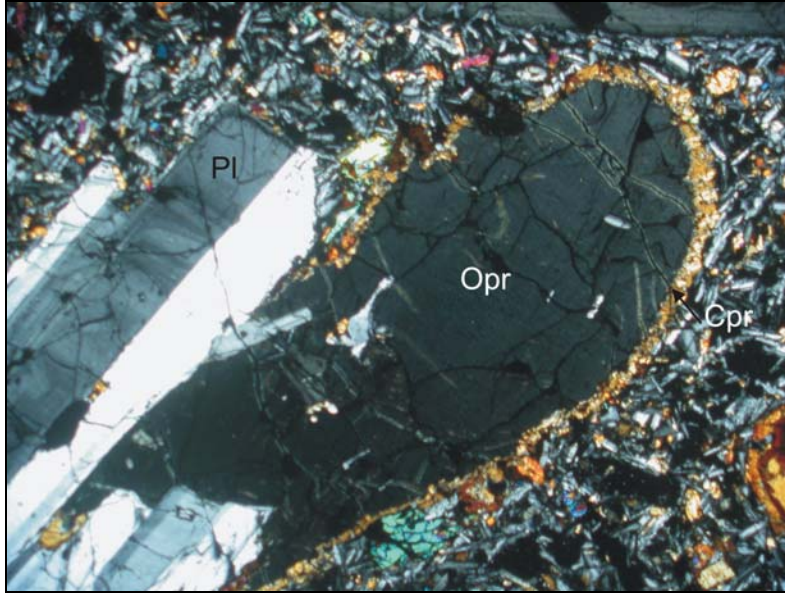
Genellikle yarı özşekilli yuvarlaklaşmış klinopriksen mineralleri renksiz ve nadir olarak da yeşil renklere gözlenmektedirler. Klinopiroksen mineralleri üzerinde volkan camı ve opak mineral kapanımları yer almaktadır.

Ortopiroksen mineralleri bu lavlarda oldukça nadir olarak gözlenmektedir. Genellikle özşekilsiz olan fenokristaller kenarlarından itibaren kilinopiroksen mineralleri tarafından montolanmışlardır (Şekil 4.3).

Volkanik hamur ise alkali bazaltik-trakiandezitlerde (3) holokristalin özellikler sunarken diğer lavlarda (4) hipokristalin özellikler sunmaktadır. Hamur plajiyoklaz mikrolitleri ile olivin, klinopiroksen ve siyah volkan camından oluşmuştur.



Şekil. 4.2. a) Plajiyoklaz üzerinde volkan camı ve klinopiroksen kapanımları, b) bazaltik trakiandezitlerde gözlenen glomeroporfirik doku (4x ÇN) (Kpr: klinopiroksen, Pl: plajiyoklaz).



Şekil 4.3. Klinopiroksen mikrokristalleri tarafından mantolanan ortopiroksen fenokristali (4xÇN)
(Opr: ortopiroksen, Cpr: klinopiroksen, Pl: plajiyoklaz).

4.3 Trakiandezitik lavlar (4, 5)

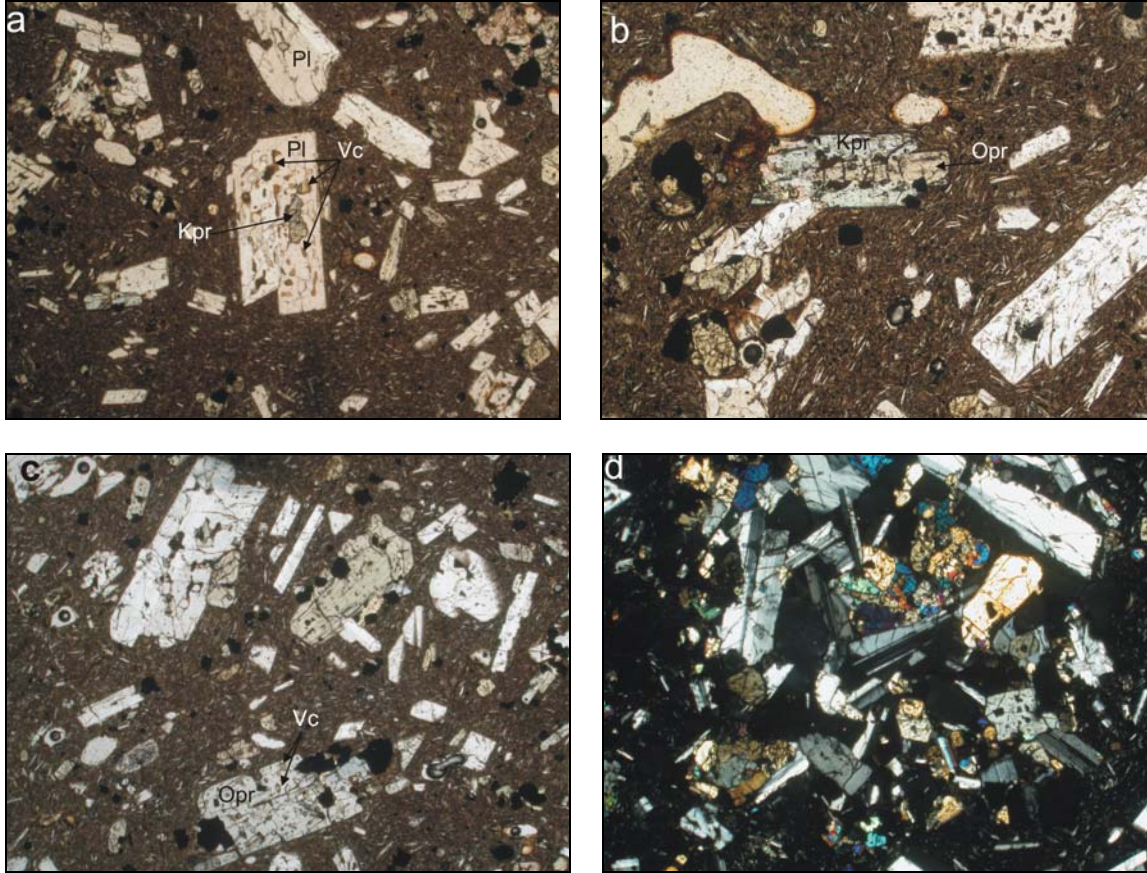
Stratovolkana ait trakiandezitik lavlarda iki farklı mineral parajenezi gözlenmiştir. Bunlardan ilki *Plajiyoklaz + Klinopiroksen + Ortopiroksen* minerallerini içermektedir (5).

Özşekilli, yarı özşekilli ve kırılmış fenokristaller şeklinde gözlenen plajiyoklazlar duraylı ve duraysız olmak üzere iki tiptedirler. Duraysız plajiyoklazlar üzerlerinde volkan camı klinopiroksen (Şekil 4.4a) ve apatit kapanımları içermektedir. Polisentetik ikizlenmeler ve zonlu doku tipiktir.

Klinopiroksenler yarı özşekilli ve yuvarlak taneler şeklinde bulunmaktadır. Yer yer basit ikizlenmeler gösteren piroksenler kısmen kenarlarından itibaren opasitleşmişlerdir.

Ortopiroksen miktarı trakiandezitik lavlarda bazaltik-trakiandezitik lavlara oranla daha fazla bulunmaktadır. Ortopyroksenler özşekilli prizmatik, çubuksu ve yarıözşekilli taneler şeklinde gözlenmektedir. Genellikle açık kahverengimsi renklerde gözlenen mineraller yer yer klinopiroksen mineralleri tarafından mantolanmışlardır (Şekil 4.4b). Lavlarda gözlenen piroksen mineralleri (orto ve klinopiroksen) yaygın olarak üzerlerinde plajiyoklaz ve volkancamı kapanımları içermektedirler (Şekil 4.4c).

Plajiyoklaz + Klinopiroksen + Ortopiroksen mineral parajenezini gösteren lavların volkanik hamuru ise plajiyoklaz mikrolitleri, piroksen mikrokristalleri ve kahverenkli-siyah volkan camından meydana gelmiştir. Plajiyoklaz, klinopiroksen ve ortopiroksen minerallerinin bir arada yer aldığı mineral kümeleri (mineral clots) lavlar içerisinde yoğun olarak gözlenmektedir (Şekil 4.4d).



Şekil 4.4. a) plajiyoklaz üzerinde yer alan volkancamı ve klinopiroksen kapanımları (4xTN), b) klinopiroksen tarafından mantolanan ortopiroksen minerali (4xTN), c) ortopiroksen üzerinde yer alan volkan camı kapanımları (4xTN), d) plajiyoklaz, klinopiroksen ve ortopiroksen minerallerinden oluşan mineral kümeleri (4xÇN) (Pl:plajiyoklaz, Kpr: klinopiroksen, Opr: ortopiroksen, Vc: volkan camı).

Trakiandezitik lavlar içerisinde gözlenen ikinci parajenez ise *Plajiyoklaz + Klinopiroksen + Ortopiroksen + Olivin (5)* minerallerinden oluşmaktadır.

Bu lavlar içerisinde yer alan plaiyoklazlar, volkancamı kapanımları içeren elek dokuları, polisentetik ikizlenmeleri ve zonlu dokuları ile tipiktirler. Plajiyoklaz mineralleri üzerinde apatit kapanımları gözlenmektedir.

Klinopiroksenler yarı özşekilli, yuvarlak taneler şeklinde ve ortopiroksenleri mantolar şeklinde gözlenmektedirler. Üzerlerinde apatit kapanımları içeren klinopiroksenler basit ve polisentetik ikizler göstermektedirler.

Ortopiroksenler soluk kahverengi renkler sunmakta olup prizmatik özşekilli taneler şeklinde gözlenmektedirler.

Olivin fenokristalleri bu lavlarda en az gözlenen mafik mineralleri oluşturmaktadır. Özşekilli ve kırıklı taneler şeklinde gözlenen mineraller çatlaklarından itibaren kısmen opasitleşmişlerdir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Trakiandezitik kayalar içerisinde gözlenen kenarlarından itibaren opasitleşmiş olivin fenokristali (4xÇN) (Ol: olivin).

Volkanik hamur ise plajiyoklaz mikrolitleri, piroksen mikrokristalleri ve volkancamından oluşmuştur. Diğer trakiandezitik lavlarda yer alan mineral kümeleri bu lavlarda da yoğun olarak bulunmaktadır. Trakiandezitik lavların genelinde intersertal, hyaloplitik, vesiküler ve akma dokusu tipik olarak gözlenmektedir.

4.4 Trakitik Birimler (7,8,9)

Trakitik lavlar volkanın güney, doğu ve batı kesimlerinde birbiri ardına gelişen üç farklı akış şeklinde gelişmiştir. Lavlarda iki farklı mineral parajenezi gözlenmiştir.

Bunlardan ilki *Plajiyoklaz + Klinopiroksen + Ortopiroksen* minerallerinden oluşan ve volkanın doğusunda yayılım gösteren lavları (8) karakterize eden mineral birlikteliğidir.

Lavlarda gözlenen plajiyoklaz mineralleri duraylı ve duraysız olmak üzere iki tiptedir. Duraysız plajiyoklaz mineralleri volkan camı kapanımları ve kenarlarından itibaren korozyon düzlemlerine sahiplerdir. Özşekilli ve yarı özşekilli fenokristaller şeklinde gözlenen plajiyoklazlar polisentetik ikizlenme ve zonlu doku göstermektedirler.

Klinopiroksenler genellikle temiz yüzeyli çubuksu ve prizmatik şekillerde olup yer yer kenarlarından itibaren opasitleşmişlerdir. Renksiz ve açık yeşil renklere sahip olan mineraller en yoğun olarak bulunan mafik mineral gurubunu oluşturmaktadır.

Ortopiroksenler özşekilli prizmatik ve kırılmış fenokristaller şeklinde göze çarpmaktadırlar. Renksiz ve soluk kahverenkleri ile tipiktirler.

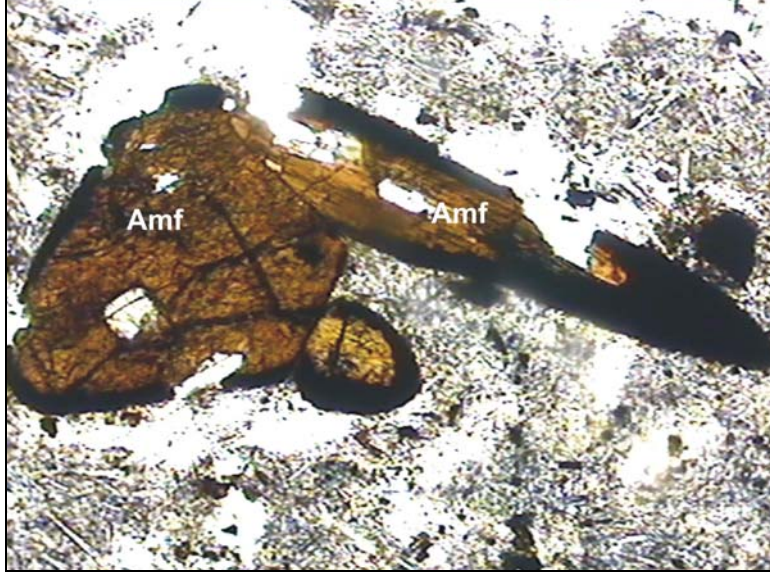
Volkanik hamur plajiyoklaz mikrolitleri ve piroksen mikrokristalleri ve kahverenkli volkancamından meydana gelmektedir. Lavlarda aksesuar mineral olarak allanit ve apatit mineralleri yer almaktadır. Bu mineraller genellikle plajiyoklaz ve klinopiroksenler üzerinde kapanımlar şeklinde yer almaktadır. Lavlarda intersertal, akma ve vesiküler doku tipiktir.

Trakitik lavlarda gözlenen bir diğer mineral parajenezini ise *Plajiyoklaz + Klinopiroksen + Ortopiroksen + Amfibol (7,9)* minerallerinden meydana gelmiştir. Bu parajenez volkanın güneyinde ve batısında yüzeylenen trakitik birimlerde gözlenmektedir.

Plajiyoklaz mineralleri polisentetik ikiz ve zonlu doku göstermektedir. Duraylı ve duraysız olmak üzere iki tiptedir ve üzerlerinde volkancamı kapanımları içererek pokilitik dokuyu oluşturmuşlardır. Aynı zamanda kenarlarından itibaren korozyona uğramışlardır.

Klinopiroksen mineralleri renksiz ve soluk yeşil renklere gözlenenip kısmen yada tamamen opasitleşmişlerdir. Genellikle özşekilsiz fenokristaller şeklinde bulunmaktadır.

Amfibol mineralleri Süphan volkanikleri içerisinde ilk olarak trakitik lavlarda gözlenmeye başlanmaktadır. Yarı özşekilli ve özşekilsiz fenokristaller şeklinde gözlenen amfibol mineralleri kıvılcımsı ve kahverenkleri ile tipiktirler (Şekil 4.6). Kısımın yada tamamen opasitleşmişlerdir.

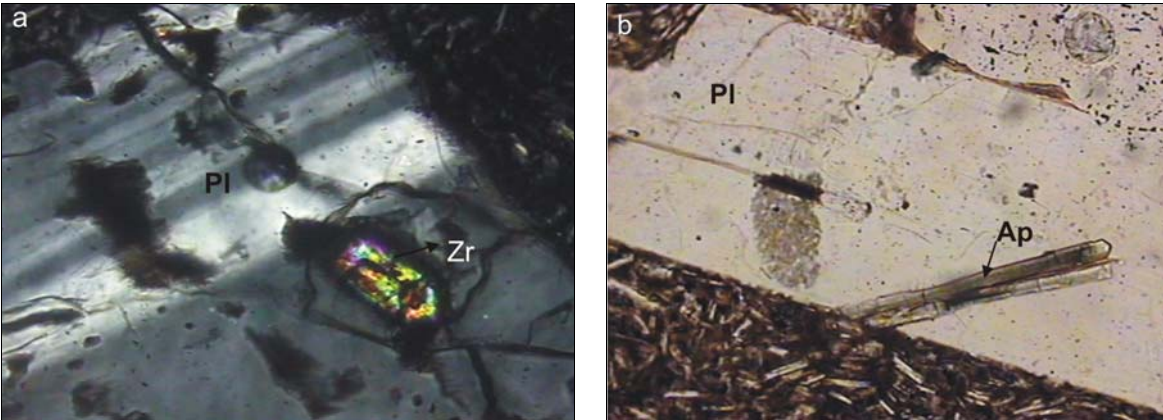


Şekil 4.6. Trakitik lavlar içerisinde gözlenen ve kenarlarından itibaren opasitleşmiş amfibol mineralleri(10xTN) (Amf: amfibol).

Aksesuar mineral olarak apatit, zirkon, allanit ve rutil mineralleri bulunmaktadır (Şekil 4.7).

Volkanik hamur plajiyoklaz mikrolitleri piroksen ve amfibol mikrokristalleri ile volkan camından meydana gelmiştir. Lavlarda intersertal, seri ve trakitik doku tipik olarak gözlenmektedir.

Volkanın batısında gözlenen trakitik lavlar (9) diğer trakit akışlarına oranla daha mikrokristalin dokulu olup volkanik hamurda yer alan volkan camı daha azdır.



Şekil 4.7. Trakitik lavlar içerisinde gözlenen a) zirkon, b) apatit mineralleri (10xÇN)

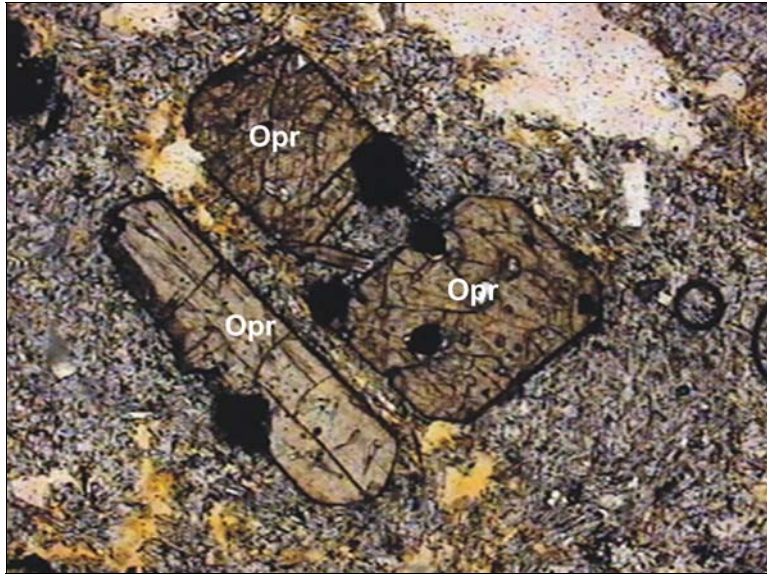
4.5 Dasitik Birimler (10)

Plajiyoklaz + Klinopiroksen + Ortopiroksen+Amfibol+Biyotit minerallerini içeren parajenez ile karakterize edilirler.

Plajiyoklaz mineralleri genellikle duraylı ve duraysız tipte olup polisentetik ikizlenmeleri ve zonlu dokuları ile tipiktirler. Apatit, klinopiroksen ve hornblend kapanımları içermektedirler.

Dasitik lavlarda gözlenen klinopiroksen miktarı trakitik lavlara oranla azalma göstermektedir. Buna karşın ortopiroksen miktarı ise artmaktadır. Klinopiroksenler yeşil ve açık kahverenkleri ile tipiktirler. Genellikle yarı özşekilli, çubuksu taneler şeklinde gözlenirler.

Ortopiroksenler özşekilli ve yarı özşekilli prizmatik ve çubuksu fenokristaller şeklinde bulunup (Şekil 4.8) üzerlerinde yoğun olarak volkan camı kapanımları içermektedirler.



Şekil 4.8. Dasitik lavlar içerisinde gözlenen çubuksu ve prizmatik ortopiroksenler (4xTN) (Opr: ortopiroksen).

Hornblendler dasitik lavlar içerisinde yaygın olarak bulunan bir diğer mineral grubunu oluşturmaktadırlar. Kahverenkleri ile tipik olan hornblendler özşekilli, yarı özşekilli, yuvarlak ve bıçağımsı şekillerde gözlenmektedirler.

Biyotit dasitik lavlar içerisinde oldukça nadir görülmektedir. Yarı özşekilli fenokristaller şeklinde gözlenip kahverenkleri ile tipiktirler (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Dasitik birimler içerisinde gözlenen özşekilsiz biyotit fenokristali (10xÇN)

Zirkon ve apatit mineralleri dasitler içerisinde bulunan aksesuar mineralleri oluşturmaktadırlar. Dasitik lavları oluşturan volkanik hamuru feldispat mikrolitleri, piroksen, hornblend mikrokristalleri ile volkan camı oluşturmaktadır. Lavlarda seri ve pokilitik doku yaygın olarak gözlenmektedir.

4.6 Riyolitik Birimler(1,10,6)

Riyolitik obsidiyenler, riyolitik domlar, blok kül akışı ve I. Evre piroklastikleri ile karakterize edilirler.

Genel olarak *Plajiyoklaz + Ortopiroksen + Alkali feldispat + Amfibol + Biyotit + Kuvars* fenokristalleri ile karakterize edilen mineral parajenezine sahiptir.

Plajiyoklaz genelde duraylı tipte olup polisentetik ikizlenmeler göstermektedir.

Ortopiroksen özşekilsiz yuvarlak tanalar şeklinde olup sadece riyolitik obsidiyen akışlarında ve pomzalarda gözlenmektedir. Açık kahverengi ve renksiz fenokristaller şeklinde bulunmaktadır.

Sanidin fenokristalleri temiz yüzeyli yarı özşekilli ve özşekilsiz taneler halinde bulunup karlspad ikizlenmesi göstermektedir (Şekil 4.10a).

Amfibol fenokristalleri kahverenkleriyle tipik olup özşekilsiz taneler şeklinde bulunmaktadır. Bazı amfibol fenokristalleri kenarlarından itibaren yenmiş ve opasitleşmişlerdir.

Biyotit fenokristalleri riyolitik karakterli birimlerin tümünde yaygın olarak gözlenmektedir. Sarımsı kahve tonlarda gözlenen biyotit mineralleri genellikle cubuksu ve bıçağımsı şekiller sunmaktadırlar (Şekil 4.10b). Biyotitler kenarlarından itibaren opasitleşmiş ve kloritleşmişlerdir.

Kuvars mineralleri temiz yüzeyli yuvarlak ve kenarları kemirilmiş taneler şeklinde bulunmaktadır(Şekil 4.10c).

Zirkon ve apatit aksesuar mineral fazlarını oluşturmaktadır. Volkanik hamur feldispat mikrolitleri ile biyotit mikrokristalleri ve volkan camından meydana gelmiştir.

Riyolitik obsidiyenlerde camsı, akma dokusu ve perlitik doku (Şekil 4.10d), gözlenirken riyolitik domlarda ise camsı ve seri doku hakimdir.

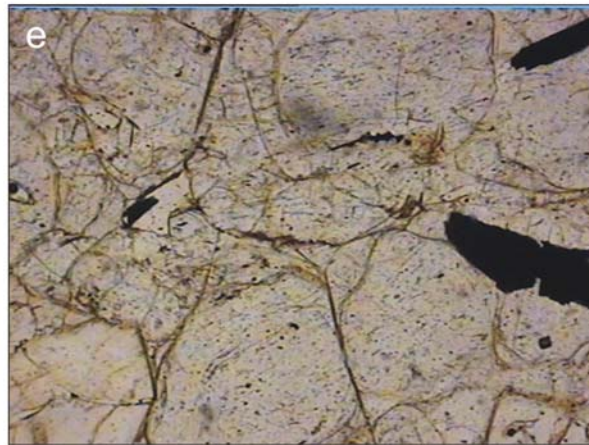
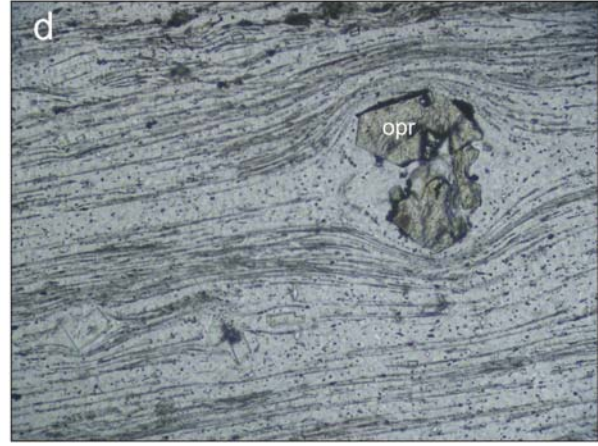
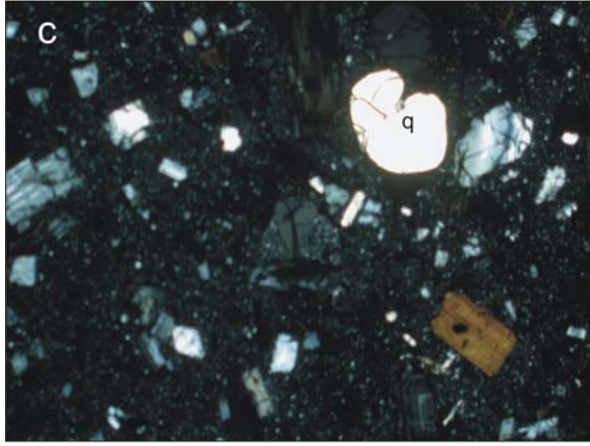
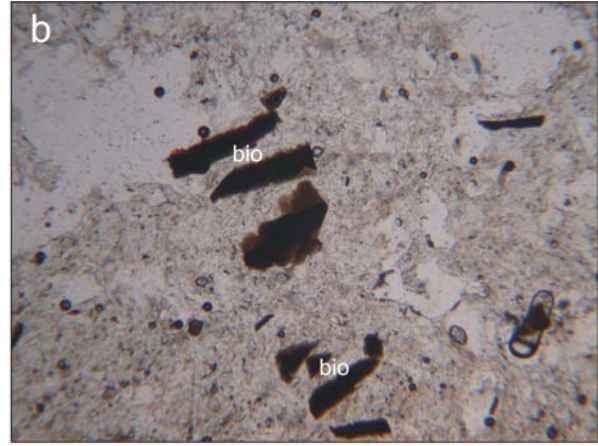
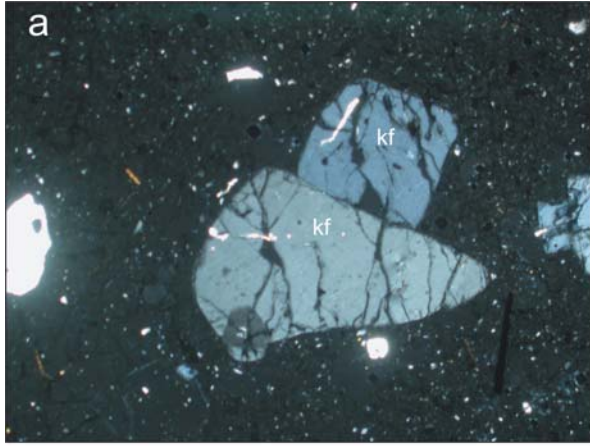
4.7 Anklavlar

Süphan stratovulkanı'na ait anklavlar, yaygın olarak trakitik lav akışları, dasitik ve riyolitik domlarda bulunmaktadır. Genel olarak yankayaçlarla keskin dokanaklara ve köşeli morfolojiye sahiptirler. Dokusal özelliklerine bağlı olarak doleritik, diyoritik ve mikrogabroyik anklavlar olmak üzere 3 gruba ayrılmışlardır.

Holokristalin anklavlar (diyoritik ve mikro gabbroyik) *Plajiyoklaz+ ortopiroksen+amfibol* minerallerinden oluşmuşlardır.

Plajiyoklazlar temiz yüzeyli polisentetik ikizlenmeler göstermektedir. Ortoprioksenler yuvarlak yarı özşekilli tiplerde olup kısmen uralitleşmiş ve kahverenkli amfibol tarafından mantolanmışlardır. Amfibol mineralleri yarı özşekilli mineraller halinde kahverengi pleokroyizmaları ile tipiktirler.

Doleritik anklavlar ise *Plajiyoklaz+ ortopiroksen+klinopiroksen +amfibol* minerallerinden oluşmuşlardır. Volkanik hamurlarında az miktarda volkan camı bulunmaktadır.



Şekil 4.10. Riyolitik lavlar içerisinde yer alan a) alkali feldspat mineralleri, b) bıçağımsı biyotit fenokristalleri, c) kemirilmiş kuvars fenokristali, d) akma dokusu içerisinde gözlenen ortopirosen minerali, e) perlitik doku (kf: alkali (K) feldspat, bio: biyotit, q: kuvars, opr: ortopirosen).

5. JEOKİMYA

Bu bölümde Süphan volkanizmasını oluşturan lavların, piroklastik birimlerin ve lavlar içerisinde toplanan anklavların jeokimyasal özellikleri ortaya konulmuştur. Bu amaçla Süphan volkanizmasını oluşturan birimlerden petrografik incelemeler sonucu jeokimyasal çalışmalar için uygun olduğu belirlenen 60 adet volkanik birim ile 9 adet anklav örneğinin major-iz ve nadir toprak element analizleri (REE) Acme analitik laboratuvarlarında yapılmıştır (Tablo 5.1). Bunun yanı sıra 22 adet volkanik örneğin Sr, 21 adet örneğin Nd ve 18 adet volkanik örneğin Pb izotop çözümlenmeleri ve 2 anklav örneğinin Rb-Sr ve Pb izotop çözümlenmeleri British Columbia Üniversitesi Yer ve Okyanus Bilimleri Bölümü Pasifik İzotop ve Jeokimyasal Araştırma Merkezi (PCIGR)'nde yapılmıştır. Analizleri yapılan örneklerinin altere olmamasına yada alterasyondan en az etkilenen örnekler olmasına dikkat edilmiştir.

5.1 Volkanik Kayaçların Major Element Kimyası

Volkanik kayaçların major element kimyası 58 adet lav örneğinin ve 2 adet piroklastik birimin jeokimyasal değerlendirmelerini içermektedir. Volkanik birimlerin jeokimyasal analiz sonuçları susuz baza göre hesaplanmış ve çeşitli diyagramlara yerleştirilmiştir. Toplam alkali - SiO₂ (TAS, Le Bas ve diğ., 1986) diyagramına (Şekil 5.1) göre lavlar bazalt, bazaltik trakiandezit, trakiandezit, trakit, dasit ve riyolit bileşimindedirler.

Lavların TAS diyagramındaki genel konumu alkali-subalkali geçiş özelliği gösterdiklerini ortaya koymaktadır. Lavların diyagramdaki konumlarına ayrıntılı olarak bakıldığında ise büyük bir kısmının subalkali karakterde olduğu bazılarının alkali-subalkali sınırında yer aldığı sadece 4 örneğin Irvine and Baragar (1971), ayırtman çizgisinin üzerinde kaldığı ve alkali karakter sunduğu gözlenmektedir. Alkali karakter sunan ve alkali-subalkali sınırında yer alan lavlar genel olarak volkana ait olan ilk lavlardır. Daha sonra meydana gelen lavlar genellikle subalkali karakter sunmaktadır. Birimlerin SiO₂ değerleri 49.67-75.40 arasında, MgO değerleri 6.90-0.02 arasında, Fe₂O₃ değerleri 10.60-0.95 arasında, mg# ise 5-56 arasında değişmektedir. Piroklastik birimlerden alınan pomzaların ise riyolit ve trakit bileşimde oldukları belirlenmiştir.

Tablo 5.1. Süphan volkanikleri ve anklavlarının major – iz element içerikleri

<i>Örnek No</i>	<i>2006-99 Bazalt</i>	<i>2006-112 Bazaltik Trakiand.</i>	<i>2006-114 Bazaltik Trakiand.</i>	<i>2006-76 Bazaltik Trakiand.</i>	<i>2006-1 Bazaltik Trakiand.</i>	<i>2006-130 Bazaltik Trakiand.</i>	<i>2007-23 Bazaltik Trakiand.</i>	<i>2005-61 Bazaltik Trakiand.</i>	<i>2005-62 Bazaltik Trakiand.</i>	<i>2005-68 Bazaltik Trakiand.</i>
SiO ₂ (%)	51.47	52.09	54.13	54.70	54.97	54.33	54.22	54.89	52.38	54.31
TiO ₂	1.92	2.02	2.13	1.89	1.96	2.28	2.09	1.97	2.08	2.35
Al ₂ O ₃	17.44	16.95	15.96	16.64	17.01	15.93	16.15	16.32	17.28	15.77
Fe ₂ O ₃	10.98	9.97	11.17	10.37	9.98	11.12	11.01	10.03	9.24	11.27
MgO	7.15	4.42	3.01	3.53	3.39	2.94	3.10	3.17	3.95	3.05
CaO	9.19	7.47	6.34	6.46	6.07	6.30	6.21	6.29	7.98	6.22
Na ₂ O	4.01	4.35	3.86	4.09	4.00	3.76	3.80	3.76	4.23	3.99
K ₂ O	0.90	1.67	2.17	1.87	2.00	2.12	2.15	2.35	1.61	2.07
P ₂ O ₅	0.36	0.44	0.41	0.39	0.36	0.44	0.39	0.36	0.43	0.41
MnO	0.17	0.14	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.13	0.18
LOI	0.00	0.20	0.40	-0.10	0.10	0.60	0.40	0.60	0.60	0.30
Toplam	103.63	99.75	99.75	100.01	100.01	100.00	99.69	99.91	99.91	99.92
Sr (ppm)	355.70	342.30	272.60	296.90	269.20	272.20	274.20	263.60	375.20	257.00
Rb	19.40	41.00	65.40	58.10	58.60	63.70	63.40	58.70	41.30	61.20
Ba	150.00	272.00	389.00	333.80	312.10	419.10	404.00	355.40	291.30	368.50
Ni	59.50	34.80	4.30	5.40	5.10	4.70	4.10	3.90	31.50	4.80
Sc	29.00	21.00	24.00	21.00	22.00	22.00	23.00	22.00	19.00	23.00
Co	42.30	32.10	28.10	36.10	31.40	31.60	31.40	31.80	34.10	32.00
Cs	0.10	0.50	2.10	2.00	1.90	2.00	2.00	2.00	1.20	2.00
Ga	18.20	19.30	21.60	20.80	20.40	22.70	22.50	20.40	20.60	21.90
Th	2.60	6.00	9.00	9.30	9.40	10.00	9.90	9.70	6.30	10.40
Ta	0.60	0.90	1.20	1.20	1.10	1.20	1.20	1.10	1.00	1.20
Nb	9.30	15.70	17.60	15.50	14.80	17.50	17.90	15.10	15.90	17.70
U	0.80	1.70	2.60	2.40	2.50	2.60	2.50	2.30	1.70	2.50
Zr	191.70	268.80	309.10	293.10	274.20	315.30	302.20	263.70	265.80	302.90
Hf	4.80	6.40	7.70	7.50	6.90	8.10	7.40	6.80	6.50	7.50
Y	32.80	38.30	48.50	45.30	42.30	48.90	43.90	41.70	38.40	45.90
Ce	36.10	58.20	71.60	68.50	64.40	74.60	69.60	65.10	59.10	69.40
Nd	22.90	33.20	41.20	35.40	32.00	37.70	38.20	31.70	30.10	37.50
Sm	5.18	6.73	8.62	7.90	7.40	8.90	8.07	7.40	6.20	8.10
Eu	1.62	1.91	2.29	2.05	1.88	2.22	2.34	1.80	1.82	2.19
Gd	5.73	6.95	8.77	8.02	7.49	8.41	8.26	7.11	6.79	8.31
Tb	0.98	1.19	1.48	1.51	1.35	1.66	1.43	1.35	1.21	1.49
Dy	5.53	6.69	8.22	8.08	7.30	8.60	8.52	7.33	6.65	8.09
Ho	1.23	1.40	1.74	1.50	1.54	1.61	1.69	1.49	1.31	1.65
Er	3.42	3.94	4.91	4.78	4.60	5.12	4.85	4.37	3.97	4.78
Tm	0.51	0.59	0.75	0.70	0.66	0.75	0.73	0.64	0.56	0.68
Pr	5.11	7.75	9.40	8.93	8.11	9.61	9.50	8.17	7.46	8.79
Yb	3.15	3.48	4.61	4.08	3.89	4.65	4.47	3.82	3.29	4.20
La	16.20	27.40	33.00	29.50	29.10	33.30	34.30	29.50	27.40	31.50
Lu	0.47	0.53	0.67	0.65	0.62	0.69	0.67	0.57	0.50	0.66

Tablo 5.1. devam ediyor

<i>Örnek No</i>	<i>2006-79</i>	<i>2006-86</i>	<i>2006-89</i>	<i>2006-95</i>	<i>2006-102</i>	<i>2006-118</i>	<i>2006-131</i>	<i>2007-19A</i>	<i>2005-59</i>	<i>2006-6</i>
	<i>Trakiand.</i>	<i>Trakiand.</i>	<i>Trakiand.</i>	<i>Trakiand.</i>	<i>Trakiand.</i>	<i>Trakiand.</i>	<i>Trakiand.</i>	<i>Trakiand.</i>	<i>Trakiand.</i>	<i>Trakiand.</i>
SiO2 (%)	58.90	58.86	57.23	58.62	60.41	58.32	56.94	55.75	58.52	60.31
TiO2	1.15	1.68	1.74	1.19	1.04	1.59	1.70	1.82	1.17	1.29
Al2O3	16.33	15.81	15.08	15.76	15.98	16.26	16.13	15.90	16.12	16.53
Fe2O3	6.77	8.30	8.62	7.32	8.25	8.34	8.89	9.83	8.92	7.18
MgO	2.88	2.36	2.37	2.41	1.58	2.49	2.67	2.79	1.91	2.40
CaO	6.05	4.99	5.97	5.73	4.34	5.43	5.99	5.44	4.70	5.11
Na2O	3.88	4.54	4.24	4.33	4.59	4.37	4.28	4.64	4.38	4.45
K2O	2.36	2.44	2.45	2.51	2.84	2.01	1.89	2.30	2.68	2.19
P2O5	0.23	0.28	0.28	0.30	0.50	0.28	0.29	0.69	0.61	0.26
MnO	0.12	0.13	0.13	0.13	0.15	0.13	0.14	0.16	0.16	0.12
LOI	1.10	0.40	1.70	1.50	0.10	0.60	0.90	0.40	0.30	0.10
Toplam	99.73	99.81	99.80	99.81	99.80	99.82	99.78	99.71	99.47	99.94
Sr (ppm)	260.70	219.80	225.60	232.10	212.60	239.20	250.40	282.50	230.50	230.10
Rb	63.40	80.30	77.10	69.90	92.80	55.30	53.60	70.80	80.30	64.90
Ba	307.00	308.00	293.00	315.00	456.00	311.00	297.00	376.00	419.70	319.60
Ni	4.70	4.70	5.00	4.20	1.20	1.80	2.50	3.60	0.90	3.60
Sc	15.00	17.00	17.00	17.00	17.00	16.00	17.00	18.00	15.00	16.00
Co	22.70	25.10	25.40	16.70	13.10	22.00	23.20	23.70	22.50	23.90
Cs	2.20	2.80	2.80	2.80	2.10	2.20	2.10	2.10	2.70	1.60
Ga	18.20	19.70	19.70	18.60	22.10	18.80	19.60	22.60	22.30	17.80
Th	8.00	8.40	8.30	9.40	12.10	7.30	8.20	10.70	10.50	8.10
Ta	0.80	0.80	0.70	0.90	1.20	0.80	0.80	1.20	1.50	0.90
Nb	10.90	9.50	9.30	11.70	18.60	9.60	10.10	19.50	17.50	9.20
U	2.70	3.40	3.40	3.00	3.40	2.80	2.70	3.30	3.30	2.70
Zr	215.40	303.80	299.50	278.30	357.70	228.30	238.50	416.90	341.40	236.10
Hf	5.50	7.60	7.50	6.80	9.40	5.90	5.90	10.00	9.00	6.20
Y	31.60	45.80	44.00	41.90	55.90	36.00	38.10	57.40	54.10	34.10
Ce	43.80	49.30	49.30	54.90	82.20	43.90	44.20	83.70	77.70	47.40
Nd	23.60	30.50	30.20	30.70	47.30	25.50	25.60	49.40	42.60	24.40
Sm	5.27	6.88	6.77	6.71	10.09	5.88	5.85	10.43	9.40	5.40
Eu	1.40	1.85	1.80	1.77	2.52	1.62	1.68	2.83	2.44	1.44
Gd	5.38	7.48	7.27	7.01	10.22	6.14	6.38	11.41	9.47	5.80
Tb	0.94	1.27	1.26	1.23	1.71	1.07	1.14	1.90	1.73	1.06
Dy	5.33	7.45	7.21	7.27	9.59	6.15	6.43	10.85	9.57	5.97
Ho	1.15	1.63	1.59	1.53	2.07	1.30	1.34	2.15	1.89	1.25
Er	3.40	4.64	4.67	4.50	5.66	3.78	3.89	6.17	5.34	3.68
Tm	0.50	0.71	0.70	0.68	0.88	0.56	0.59	0.93	0.80	0.52
Pr	5.64	6.73	6.65	7.17	10.74	5.82	5.96	11.73	9.97	5.88
Yb	3.13	4.45	4.32	4.16	5.42	3.55	3.65	5.89	4.76	3.32
La	20.80	22.00	21.30	24.80	36.90	20.30	19.50	39.80	34.50	21.00
Lu	0.47	0.67	0.65	0.64	0.81	0.52	0.55	0.88	0.76	0.53

Tablo 5.1. devam ediyor

Örnek No	2006-72 Trakiand.	2006-74 Trakiand.	2006-77 Trakiand.	2006-81 Trakiand.	2006-105 Trakiand.	2005-60 Trakiand.	2006-8 Trakiand.	2005-10 Trakit	2005-25 Trakit	2005-38 Trakit
SiO ₂ (%)	57.64	57.65	60.44	58.94	60.63	61.31	61.49	62.77	63.80	63.45
TiO ₂	1.54	1.30	0.99	1.52	0.97	1.15	0.86	0.92	0.86	0.89
Al ₂ O ₃	16.42	16.18	16.09	16.17	15.95	15.79	15.80	15.56	16.06	15.91
Fe ₂ O ₃	8.40	9.73	8.36	8.35	7.96	7.20	8.15	6.16	5.42	5.65
MgO	2.36	1.96	1.37	2.36	1.53	2.10	1.17	1.47	1.27	1.64
CaO	5.34	5.12	4.47	5.31	4.25	4.46	3.80	4.32	3.63	3.90
Na ₂ O	4.16	3.88	4.26	4.20	4.30	4.44	4.34	4.83	4.82	4.36
K ₂ O	2.20	2.84	3.06	2.23	3.04	2.65	3.13	2.48	2.71	2.82
P ₂ O ₅	0.39	0.51	0.46	0.28	0.47	0.31	0.40	0.30	0.27	0.22
MnO	0.14	0.16	0.14	0.13	0.15	0.13	0.16	0.11	0.10	0.10
LOI	1.30	0.70	0.40	0.40	0.80	0.40	0.60	1.00	1.00	1.00
Toplam	99.89	100.03	100.04	99.89	100.05	99.94	99.90	99.92	99.94	99.94
Sr (ppm)	270.60	258.90	245.50	242.30	221.10	188.90	188.20	193.30	190.50	183.40
Rb	56.20	85.00	100.90	61.90	91.00	78.20	93.90	69.90	72.20	85.80
Ba	422.30	515.00	547.90	336.70	489.80	326.20	445.50	320.90	336.80	371.60
Ni	3.30	1.70	0.80	1.70	0.90	3.00	0.50	0.50	0.90	2.50
Sc	15.00	18.00	15.00	15.00	15.00	16.00	17.00	11.00	10.00	11.00
Co	24.50	27.00	20.30	26.40	18.50	20.50	13.60	16.90	15.20	14.60
Cs	2.20	3.00	3.40	2.40	3.10	3.10	3.20	2.50	2.60	3.50
Ga	21.30	23.90	23.70	19.30	23.10	19.40	21.60	20.30	19.70	18.90
Th	7.90	12.50	13.40	7.60	12.10	11.20	11.80	10.10	8.60	11.40
Ta	1.00	1.50	1.50	0.90	1.50	1.00	1.40	0.90	0.90	0.80
Nb	11.90	19.80	20.10	10.30	18.20	12.20	18.30	10.10	9.70	10.20
U	3.10	3.10	3.90	2.70	3.50	3.40	3.50	3.40	3.50	3.60
Zr	283.30	355.80	395.40	256.10	385.40	304.40	385.40	298.20	304.70	248.30
Hf	7.60	9.40	10.10	7.00	9.70	8.20	9.80	7.40	7.80	6.60
Y	50.90	53.30	58.90	39.30	56.10	42.30	56.00	39.50	38.70	34.60
Ce	56.60	91.60	96.30	49.30	86.00	56.00	83.20	53.60	53.80	50.70
Nd	33.10	47.40	49.30	25.70	45.00	29.00	44.50	28.00	27.70	23.90
Sm	7.60	9.70	10.50	6.20	9.90	6.40	9.50	6.30	5.90	5.50
Eu	1.95	2.44	2.40	1.71	2.57	1.64	2.39	1.73	1.60	1.31
Gd	8.20	9.51	9.70	6.33	9.86	6.76	9.88	6.67	6.50	5.61
Tb	1.56	1.89	1.87	1.26	1.89	1.30	1.77	1.29	1.18	1.07
Dy	8.24	9.84	9.88	6.56	9.74	7.11	9.65	7.15	6.92	6.05
Ho	1.60	1.75	1.80	1.21	1.85	1.37	2.00	1.37	1.43	1.15
Er	5.30	5.85	5.81	4.01	6.12	4.18	5.91	4.10	4.06	3.40
Tm	0.86	0.86	0.87	0.62	0.93	0.65	0.90	0.62	0.62	0.50
Pr	7.93	11.66	12.10	6.37	11.06	7.00	10.73	6.81	6.81	6.17
Yb	4.63	4.86	4.93	3.69	5.20	3.99	5.26	3.86	3.76	3.33
La	27.00	40.80	42.80	21.50	37.40	25.80	36.90	24.10	24.00	23.80
Lu	0.76	0.76	0.76	0.57	0.81	0.61	0.84	0.59	0.58	0.50

Tablo

5.1. devam ediyor

<i>Örnek No</i>	<i>2005-51</i>	<i>2005-55</i>	<i>2005-57</i>	<i>2006-14</i>	<i>2006-27</i>	<i>2006-59</i>	<i>2006-85</i>	<i>2006-109</i>	<i>2006-128</i>	<i>2006-117</i>
	<i>Trakit</i>	<i>Trakit</i>	<i>Trakit</i>	<i>Trakit</i>	<i>Trakit</i>	<i>Trakit</i>	<i>Trakit</i>	<i>Trakit</i>	<i>Trakit</i>	<i>Trakit</i>
SiO2 (%)	62.48	66.94	64.11	63.93	63.19	65.49	63.27	63.21	67.07	63.07
TiO2	1.02	0.66	0.87	0.84	0.98	0.68	1.07	0.88	0.66	0.99
Al2O3	15.71	15.58	15.70	16.03	16.22	15.73	15.24	16.62	15.78	16.19
Fe2O3	6.42	4.27	5.73	5.53	6.41	5.02	6.67	5.64	3.62	5.71
MgO	1.82	0.97	1.38	1.25	1.49	0.96	1.38	0.92	0.63	1.65
CaO	4.19	2.92	3.60	3.43	3.90	2.95	3.47	3.73	2.14	4.20
Na2O	4.47	4.85	4.72	4.80	4.88	3.67	4.74	5.03	4.35	4.48
K2O	2.88	2.92	2.61	2.72	2.47	2.13	3.18	3.20	4.63	2.73
P2O5	0.25	0.20	0.27	0.27	0.31	0.23	0.26	0.28	0.29	0.23
MnO	0.11	0.08	0.11	0.10	0.12	0.10	0.11	0.10	0.05	0.10
LOI	0.60	0.40	0.70	1.00	-0.20	0.80	0.40	0.20	0.60	0.50
Toplam	99.95	99.79	99.80	99.90	99.77	97.76	99.79	99.82	99.80	99.83
Sr (ppm)	195.30	151.40	188.90	186.50	210.90	169.90	172.60	190.70	177.90	219.40
Rb	87.00	84.70	80.80	77.60	73.40	96.90	105.50	102.30	188.40	90.30
Ba	340.10	373.90	344.70	355.00	345.10	429.80	367.00	367.00	432.00	388.00
Ni	2.10	0.70	0.60	0.70	0.60	0.60	1.40	0.60	3.00	1.10
Sc	14.00	8.00	10.00	10.00	11.00	8.00	12.00	10.00	7.00	12.00
Co	19.70	16.80	17.30	16.40	17.50	15.40	16.60	11.10	10.80	14.80
Cs	3.50	2.30	2.90	2.80	2.60	3.80	4.00	3.00	5.50	3.20
Ga	18.70	19.60	19.90	19.00	20.30	19.50	19.80	20.20	18.20	17.90
Th	10.70	11.70	11.00	10.70	10.40	12.60	12.10	12.40	27.40	11.20
Ta	1.00	0.80	0.90	1.00	0.90	1.10	1.00	0.90	1.70	0.80
Nb	12.00	8.40	9.40	9.90	10.50	11.90	12.30	11.40	21.40	10.90
U	3.50	4.00	3.60	3.20	3.20	4.40	4.30	4.20	8.40	3.60
Zr	308.50	307.80	320.20	331.00	317.00	355.60	426.10	402.60	376.40	268.20
Hf	8.30	7.90	8.60	8.70	8.10	9.00	10.90	10.30	9.50	6.80
Y	40.60	37.00	40.20	41.20	42.90	44.60	51.10	52.00	35.00	36.90
Ce	57.00	53.10	53.80	57.50	56.40	62.10	63.40	62.80	79.00	55.10
Nd	28.90	25.90	27.50	29.80	29.00	31.30	38.20	37.70	31.30	27.60
Sm	6.40	5.60	6.30	6.70	6.80	6.60	8.16	8.29	5.82	5.76
Eu	1.61	1.38	1.55	1.76	1.78	1.65	1.82	1.94	1.17	1.42
Gd	6.42	5.81	6.45	6.76	7.18	7.09	8.68	8.52	5.24	6.14
Tb	1.28	1.12	1.22	1.21	1.27	1.29	1.50	1.47	0.92	1.09
Dy	6.95	6.46	7.07	7.34	7.12	7.50	8.59	8.77	5.46	6.07
Ho	1.32	1.31	1.42	1.45	1.44	1.53	1.91	1.83	1.17	1.29
Er	3.93	3.68	4.18	4.54	4.43	4.88	5.34	5.29	3.64	3.73
Tm	0.61	0.60	0.61	0.57	0.64	0.72	0.84	0.82	0.59	0.60
Pr	7.06	6.51	6.81	7.28	7.29	7.86	8.44	8.46	9.13	6.85
Yb	3.88	3.75	3.97	4.00	4.01	4.27	5.22	5.13	3.83	3.63
La	26.30	24.30	24.10	25.60	24.70	28.00	28.40	28.40	41.80	25.50
Lu	0.59	0.58	0.62	0.66	0.65	0.72	0.78	0.77	0.58	0.54

Tablo 5.1. devam ediyor

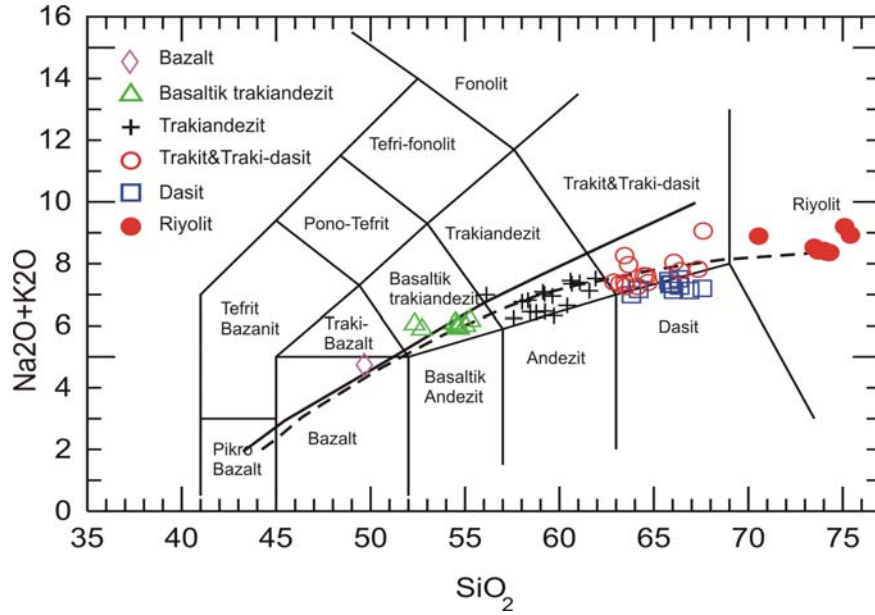
<i>Örnek No</i>	<i>2007-2 Trakit</i>	<i>2005-1 Dasit</i>	<i>2005-3 Dasit</i>	<i>2005-28 Dasit</i>	<i>2006-43 Dasit</i>	<i>2006-47 Dasit</i>	<i>2006-101 Dasit</i>	<i>2006-108 Dasit</i>	<i>2006-110 Dasit</i>	<i>2006-111 Dasit</i>	<i>2007-4 Dasit</i>
SiO2 (%)	64.06	63.02	65.78	65.11	65.26	66.46	64.80	65.75	64.97	63.31	65.06
TiO2	0.72	0.97	0.72	0.82	0.67	0.68	0.79	0.71	0.77	0.88	0.78
Al2O3	15.36	15.75	14.96	15.28	15.28	15.02	15.35	15.53	15.40	15.31	15.08
Fe2O3	4.58	5.47	4.70	5.16	4.86	4.39	5.07	4.78	5.18	5.97	5.00
MgO	1.09	1.87	1.15	1.29	1.17	1.15	1.32	1.18	1.25	1.52	1.40
CaO	2.92	4.19	3.60	3.50	3.50	3.33	3.59	3.40	3.43	4.00	3.88
Na2O	4.48	4.32	4.12	4.29	4.34	4.09	4.22	4.54	4.46	4.39	4.13
K2O	3.02	2.58	2.89	2.96	2.81	2.99	2.98	2.90	2.89	2.67	2.91
P2O5	0.19	0.21	0.32	0.24	0.29	0.20	0.23	0.27	0.28	0.46	0.24
MnO	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.09
LOI	3.30	1.20	1.60	1.20	1.50	1.40	1.40	0.70	1.10	1.20	1.30
Toplam	99.79	99.68	99.93	99.94	99.83	99.76	99.81	99.84	99.84	99.82	99.82
Sr (ppm)	150.90	195.70	188.00	188.00	211.60	196.60	189.60	197.80	198.20	215.20	192.90
Rb	91.00	83.70	82.60	93.80	82.80	100.40	96.50	85.60	84.20	81.60	94.40
Ba	347.00	364.20	468.80	446.40	436.00	493.00	471.00	438.00	440.00	398.00	458.00
Ni	1.90	2.20	1.40	1.30	1.30	1.80	1.90	0.70	1.20	1.30	1.80
Sc	9.00	12.00	9.00	10.00	9.00	9.00	10.00	9.00	9.00	10.00	10.00
Co	32.70	19.40	15.40	15.80	9.80	10.40	12.70	9.80	11.40	13.40	12.60
Cs	3.30	3.50	2.60	2.90	2.60	3.00	2.70	2.60	2.50	2.60	2.70
Ga	19.00	19.20	18.70	19.50	18.10	18.80	18.30	17.40	17.90	18.30	17.70
Th	11.50	10.60	11.10	11.90	11.60	14.10	12.80	12.90	12.20	11.10	12.80
Ta	0.80	0.90	1.50	1.40	1.40	1.30	1.30	1.40	1.40	1.20	1.20
Nb	8.90	10.00	17.20	16.50	17.20	17.30	16.30	16.90	17.90	15.70	16.70
U	4.00	3.50	3.90	4.20	4.30	4.20	4.00	4.60	4.50	4.10	4.10
Zr	315.60	241.60	288.60	292.10	321.70	287.10	275.20	290.00	309.20	262.80	290.40
Hf	8.50	6.40	7.90	8.10	7.90	7.30	7.50	7.00	7.60	6.40	7.80
Y	39.30	34.20	39.70	41.10	39.10	41.10	40.80	38.30	40.50	38.90	41.80
Ce	54.60	49.50	66.70	66.90	61.80	68.60	67.50	61.20	61.80	60.40	69.30
Nd	28.70	23.80	31.90	33.20	32.20	34.30	35.10	32.40	32.80	32.50	32.90
Sm	6.12	5.30	6.70	6.60	6.64	6.79	6.87	6.32	6.67	6.73	6.86
Eu	1.38	1.28	1.66	1.52	1.70	1.66	1.55	1.71	1.70	1.66	1.61
Gd	6.43	5.63	6.68	6.85	6.67	6.79	6.90	6.40	6.78	6.99	6.90
Tb	1.11	1.07	1.25	1.28	1.16	1.14	1.17	1.09	1.17	1.16	1.22
Dy	6.54	6.15	7.09	7.00	6.20	6.67	6.68	6.20	6.53	6.69	7.12
Ho	1.38	1.19	1.39	1.38	1.42	1.47	1.47	1.36	1.46	1.39	1.45
Er	4.17	3.43	3.97	4.10	4.10	4.27	4.24	3.91	4.16	4.03	4.27
Tm	0.67	0.50	0.57	0.61	0.59	0.64	0.66	0.61	0.63	0.60	0.64
Pr	7.21	5.95	7.97	8.23	7.71	8.26	8.31	7.68	7.71	7.63	8.55
Yb	4.13	3.31	3.91	3.91	3.86	4.08	4.03	3.80	3.99	3.72	4.30
La	24.60	22.90	32.00	32.60	30.30	33.30	32.30	29.60	29.90	28.90	32.70
Lu	0.64	0.52	0.61	0.61	0.58	0.61	0.62	0.59	0.61	0.56	0.64

Tablo 5.1. devam ediyor

<i>Örnek No</i>	<i>2005-52</i>	<i>2005-63</i>	<i>2005-69</i>	<i>2005-75</i>	<i>2006-20</i>	<i>2006-135</i>	<i>2006-137</i>	<i>2007-5</i>	<i>2007-14</i>
	<i>Riyolit</i>	<i>Riyolit</i>	<i>Riyolit</i>	<i>Riyolit</i>	<i>Riyolit</i>	<i>Riyolit</i>	<i>Riyolit</i>	<i>Riyolit</i>	<i>Riyolit</i>
SiO2 (%)	72.79	72.01	74.81	73.63	70.15	73.20	71.81	72.91	71.10
TiO2	0.15	0.19	0.08	0.02	0.29	0.18	0.18	0.18	0.15
Al2O3	13.71	13.86	13.52	13.74	14.95	13.77	13.93	13.92	13.49
Fe2O3	1.40	1.67	1.41	0.93	3.10	1.71	1.57	1.58	1.47
MgO	0.30	0.35	0.04	0.02	0.32	0.34	0.35	0.27	0.32
CaO	1.29	1.41	0.54	0.49	1.64	1.30	1.26	1.21	1.18
Na2O	3.75	4.02	4.25	4.23	4.78	4.00	3.85	4.05	3.68
K2O	4.44	4.34	4.91	4.49	4.06	4.34	4.35	4.23	4.34
P2O5	0.06	0.07	0.03	0.03	0.09	0.06	0.05	0.05	0.05
MnO	0.06	0.06	0.03	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
LOI	1.80	1.90	0.20	2.40	0.40	0.90	2.40	1.30	3.90
Toplam	99.75	99.88	99.82	100.05	99.84	99.82	99.84	99.80	99.76
Sr (ppm)	83.80	97.80	16.50	3.70	93.40	89.90	84.70	87.00	88.70
Rb	105.00	108.60	132.90	213.80	141.00	111.80	111.60	106.70	117.30
Ba	1017.50	892.40	440.80	34.70	507.00	877.00	881.00	925.00	864.00
Ni	1.60	1.80	0.20	1.00	0.50	1.00	1.30	1.00	1.70
Sc	4.00	4.00	3.00	4.00	7.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Co	6.50	9.90	15.00	9.10	5.10	4.90	7.50	27.10	11.80
Cs	2.50	2.60	4.90	11.30	4.10	2.60	2.50	2.50	2.60
Ga	15.30	15.20	15.90	17.10	19.20	15.40	14.90	15.00	16.10
Th	20.30	17.90	15.90	15.40	17.70	18.90	19.80	21.80	21.90
Ta	2.30	2.40	1.20	2.40	1.10	2.40	2.30	2.40	2.50
Nb	26.30	23.60	8.00	15.90	13.70	26.70	26.00	26.50	27.70
U	7.30	7.10	4.60	10.10	4.60	7.50	7.40	7.40	7.80
Zr	109.80	127.60	106.50	60.70	325.00	121.20	113.10	147.30	112.00
Hf	4.10	4.40	4.00	3.30	8.70	4.40	4.20	5.10	4.30
Y	37.00	37.20	26.00	44.30	46.60	39.40	37.80	40.50	39.00
Ce	72.70	69.00	58.40	30.60	81.70	69.50	68.30	96.60	71.40
Nd	29.30	28.90	23.20	14.70	39.10	30.90	29.00	39.40	32.00
Sm	5.80	5.80	4.60	4.30	7.55	6.22	5.95	7.14	6.19
Eu	1.20	1.24	0.45	0.10	1.24	1.16	1.15	1.39	1.20
Gd	5.81	5.89	4.32	5.17	7.46	6.09	5.98	6.84	6.42
Tb	1.13	1.10	0.83	1.16	1.31	1.09	1.07	1.18	1.12
Dy	6.34	6.17	4.50	6.96	7.56	6.15	6.18	6.69	6.58
Ho	1.19	1.27	0.89	1.38	1.62	1.33	1.28	1.42	1.35
Er	3.72	3.65	2.64	4.28	4.79	3.85	3.83	4.24	4.02
Tm	0.58	0.56	0.38	0.64	0.73	0.63	0.60	0.65	0.63
Pr	8.17	7.93	6.54	3.79	10.00	8.12	7.97	10.95	8.57
Yb	3.67	3.61	2.62	4.15	4.69	3.98	3.80	4.11	4.12
La	37.30	34.50	28.00	12.40	39.70	34.60	34.60	49.40	37.50
Lu	0.55	0.59	0.41	0.64	0.72	0.59	0.59	0.60	0.61

Tablo 5.1. devam ediyor

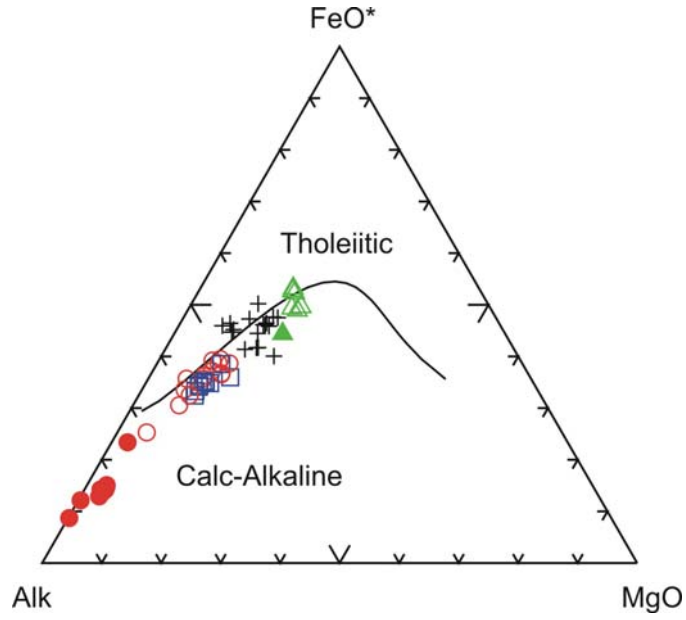
<i>Örnek No</i>	<i>2005-4A</i>	<i>20054B</i>	<i>2005-29</i>	<i>2005-34</i>	<i>2005-40</i>	<i>2005-41</i>	<i>2005-77</i>	<i>2007-6</i>	<i>2007-8</i>
	<i>Anklay</i>	<i>Anklay</i>	<i>Anklay</i>	<i>Anklay</i>	<i>Anklay</i>	<i>Anklay</i>	<i>Anklay</i>	<i>Anklay</i>	<i>Anklay</i>
SiO ₂ (%)	50.23	60.77	58.43	60.86	55.80	50.97	51.38	52.13	48.12
TiO ₂	2.28	1.18	1.54	1.23	0.60	0.79	2.32	1.55	3.79
Al ₂ O ₃	16.02	15.60	15.62	15.77	14.49	18.97	16.19	18.68	18.07
Fe ₂ O ₃	11.79	6.86	8.52	6.96	7.72	9.22	11.86	11.42	11.79
MgO	5.31	2.29	3.04	1.80	3.15	7.33	5.42	2.61	6.87
CaO	7.96	4.70	5.52	4.77	16.65	8.38	7.38	6.77	7.37
Na ₂ O	3.91	4.31	4.30	4.02	0.50	3.13	4.10	4.87	2.88
K ₂ O	1.04	2.41	1.84	2.46	0.17	0.25	0.67	0.86	0.34
P ₂ O ₅	0.33	0.37	0.28	0.53	0.14	0.13	0.32	0.57	0.05
MnO	0.16	0.12	0.15	0.12	0.46	0.14	0.18	0.18	0.17
LOI	0.90	1.30	0.70	1.40	0.30	0.50	0.10	0.10	0.30
Toplam	99.93	99.91	99.94	99.92	99.98	99.81	99.92	99.73	99.76
Sr (ppm)	284.60	217.60	235.60	233.90	429.60	491.00	291.00	349.50	375.50
Rb	25.50	63.10	51.80	72.10	2.20	2.50	8.10	15.20	5.50
Ba	179.60	424.70	369.80	394.50	41.50	217.50	274.50	324.00	104.00
Ni	23.90	3.40	5.40	1.60	0.50	11.60	8.00	2.00	6.50
Sc	23.00	14.00	18.00	14.00	30.00	35.00	24.00	24.00	26.00
Co	40.70	30.90	29.60	25.20	28.70	34.00	42.70	18.30	38.20
Cs	0.60	1.30	1.50	2.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.10
Ga	20.80	19.80	19.20	19.30	13.50	19.00	19.80	22.90	17.10
Th	3.50	10.10	8.30	10.30	1.60	1.80	3.90	1.50	0.60
Ta	0.70	1.60	1.20	1.40	0.30	0.20	0.70	0.80	0.70
Nb	8.10	18.70	15.60	17.60	3.30	1.90	8.20	17.00	9.70
U	1.10	3.20	2.70	3.20	1.20	0.60	1.20	0.90	0.20
Zr	206.40	292.60	257.20	248.90	53.80	58.00	223.00	517.30	61.80
Hf	5.50	7.90	7.10	6.70	1.70	1.90	5.60	11.30	1.50
Y	36.50	47.90	45.70	40.00	17.40	18.40	38.00	44.30	5.30
Ce	40.30	68.30	60.30	63.00	25.30	19.50	41.30	58.40	8.00
Nd	24.70	34.40	32.00	33.30	12.30	11.40	24.80	38.40	3.40
Sm	6.00	7.70	7.10	6.50	2.70	2.40	6.00	8.91	0.69
Eu	1.80	1.98	1.85	1.75	0.55	0.83	2.06	3.09	0.88
Gd	6.52	7.94	7.27	7.16	2.82	2.84	6.74	9.49	0.79
Tb	1.20	1.52	1.47	1.34	0.52	0.59	1.25	1.52	0.13
Dy	6.47	8.20	7.99	7.11	2.94	3.28	7.05	8.37	0.91
Ho	1.28	1.61	1.60	1.43	0.62	0.67	1.42	1.66	0.19
Er	3.69	4.84	4.40	4.02	1.86	2.11	4.29	4.60	0.67
Tm	0.56	0.74	0.71	0.61	0.28	0.31	0.62	0.68	0.10
Pr	5.48	8.74	7.80	7.75	3.06	2.61	5.69	8.48	0.95
Yb	3.40	4.54	4.31	3.72	1.76	1.99	3.61	4.01	0.73
La	17.10	31.70	27.20	29.10	13.20	9.90	16.60	24.90	4.60
Lu	0.51	0.70	0.63	0.58	0.29	0.31	0.57	0.60	0.12



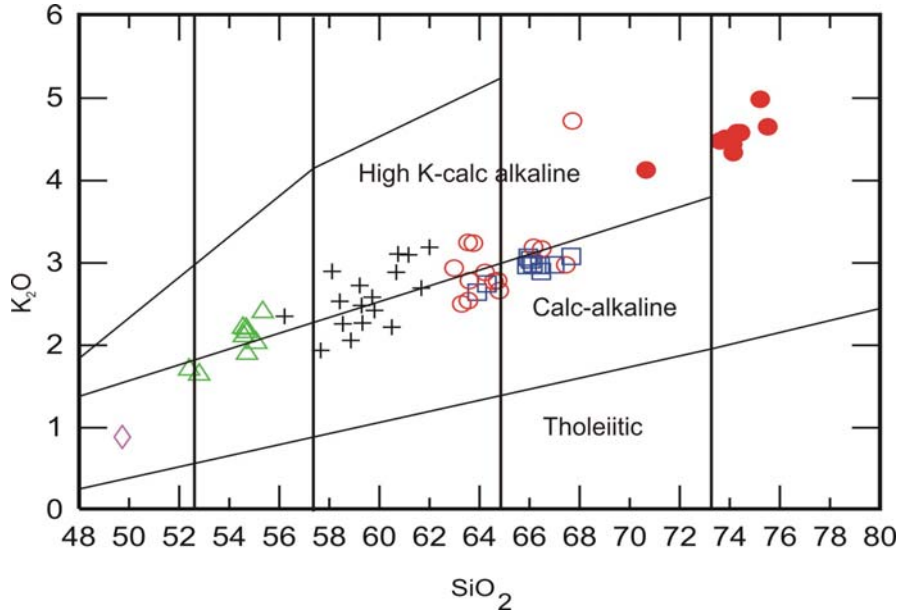
Şekil 5.1. Süphan volkaniklerine ait Toplam alkali SiO_2 (TAS) diyagramı. Alkali ve subalkali ayırtma çizgileri : - - - - Miyashiro (1978), ——— Irvin&Baragar (1971).

AFM diyagramında (Şekil 5.2) lavlar kalkalkali ve toleyitik özellikler göstermelerine rağmen SiO_2 - K_2O diyagramında kalkalkali ve yüksek K - kalkalkali alanında yer almaktadırlar (Şekil 5.3).

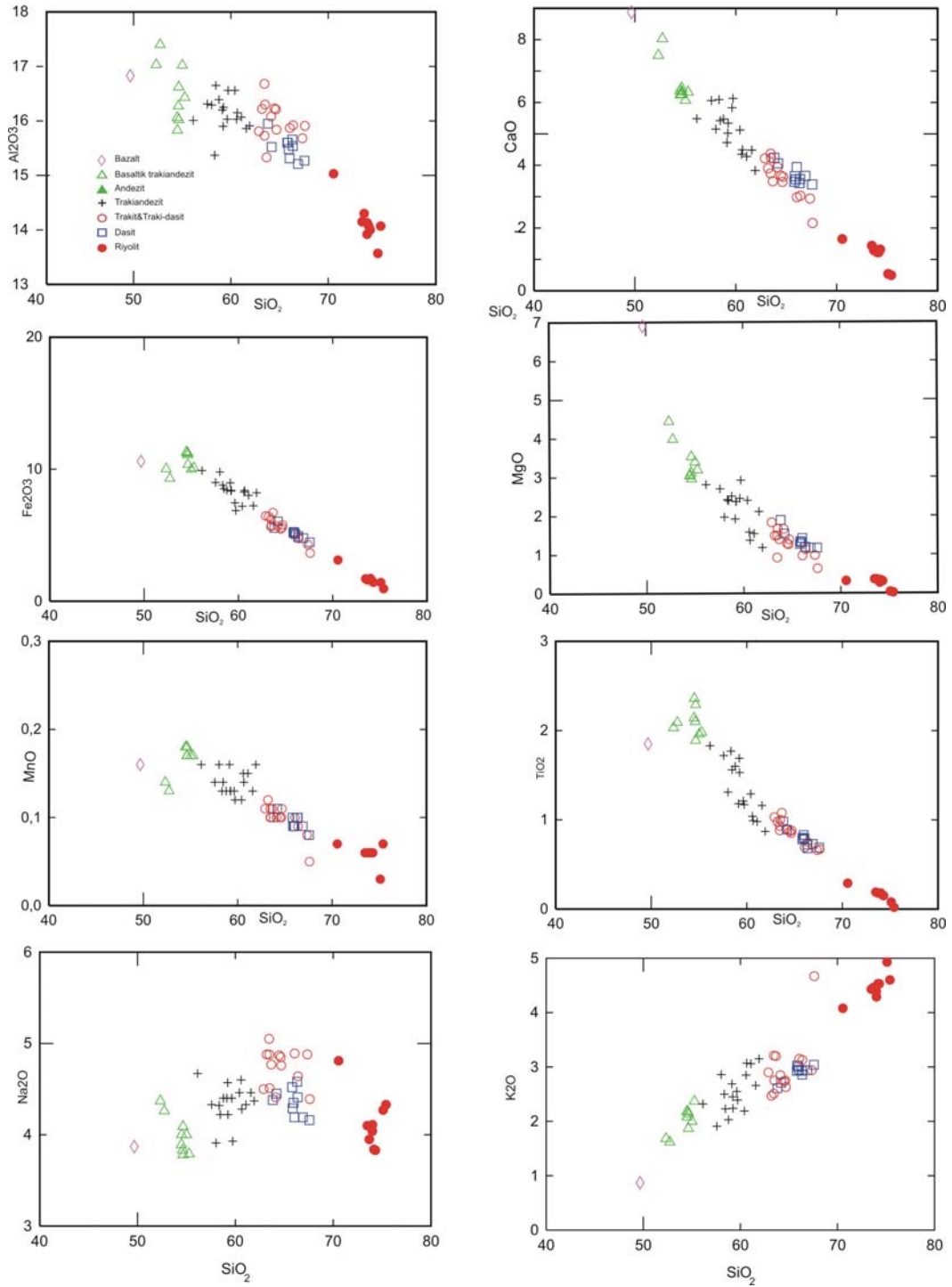
Ana elementlerin SiO_2 ile olan değişim diyagramları Şekil 5.4 de görülmektedir. Buna göre SiO_2 miktarının artması ile Fe_2O_3 , CaO , TiO_2 , MgO , MnO , Al_2O_3 ve P_2O_5 miktarlarında azalma, K_2O miktarında artma gözlenmektedir. Na_2O miktarında ise belirgin bir değişim gözlenmemektedir. Bu durum fraksiyonel kristallenme süreciyle açıklanabilir. Kristallenmenin ilk safhalarında oluşan olivin, piroksen, Ca plajiyoklaz ve opak minerallerin oluşumuyla artık eriyik, MgO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , TiO_2 elementlerince fakirleşecektir. İlerleyen evrelerde amfibol oluşumuyla MnO , P_2O_5 dahil tüm ana element miktarları azalırken,, Na ve K elementlerinin fraksiyonel kristallenmenin son safhalarında oluşan Na- plajiyoklaz, mika ve alkali feldispat minerallerinin bünyelerine girmeleri nedeniyle, SiO_2 ' in artması ile birlikte Na_2O ve K_2O miktarları artacaktır. Bu sonuçlar Süphan volkaniklerinin oluşumunda fraksiyonel kristallenme sürecinin etkin bir rol oynadığını düşündürmektedir.



Şekil 5.2. Süphan Volkaniklerinin AFM diyagramı (Irvine&Baragar, 1971)
(Simgeler Şekil 5.1 ile aynıdır)



Şekil. 5.3. Süphan volkaniklerinin K₂O-SiO₂ diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976)
(Simgeler Şekil 5.1 ile aynıdır)



Şekil 5.4. Şüphan volkaniklerinin major element değişim diyagramları

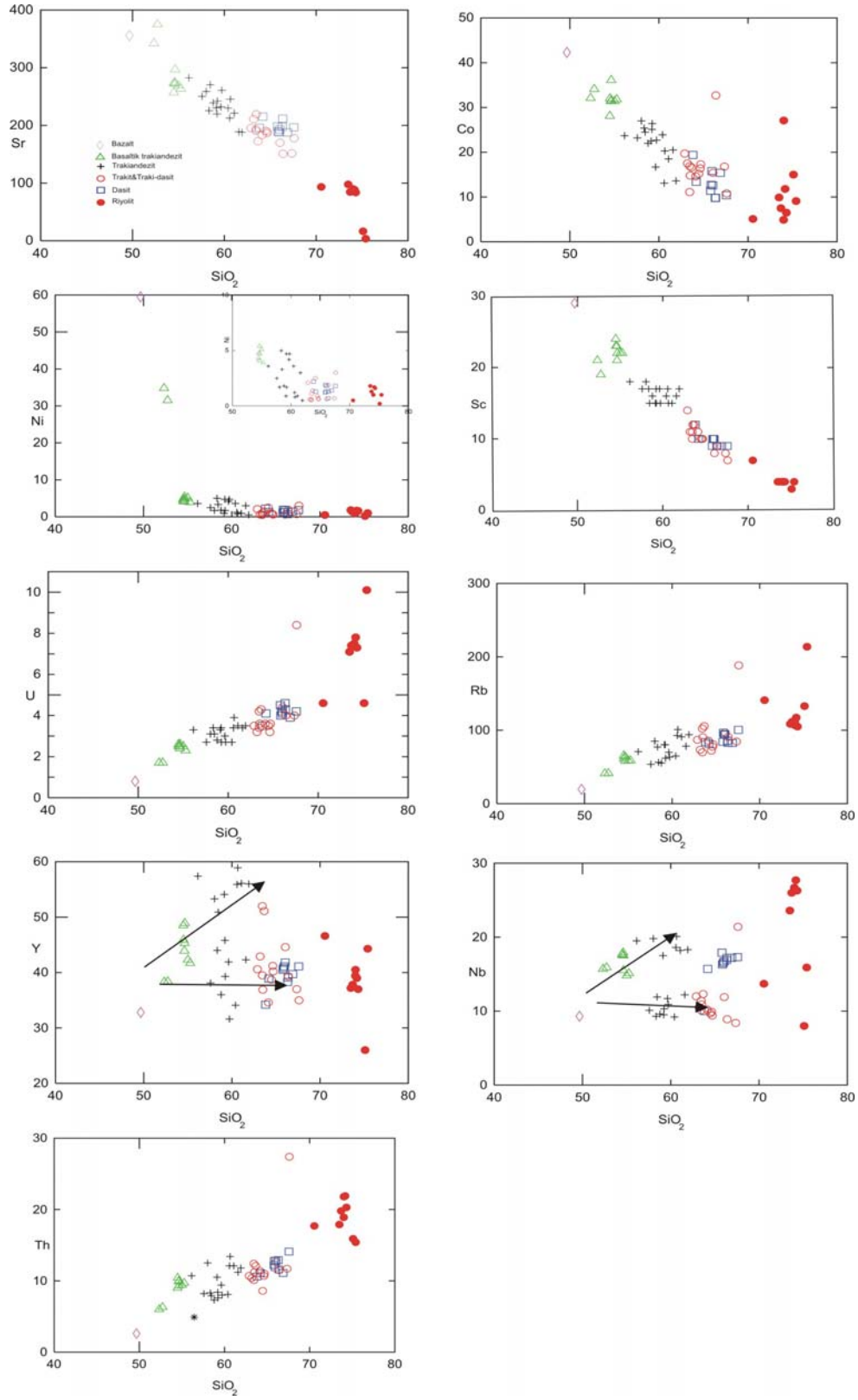
5.2 Volkanik kayaların İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyası

SiO₂ ya karşı iz element değişim diyagramları Şekil 5.5 de verilmiştir. Oluşturulan bu diyagramlarda Ni, Co, Sc ve Sr negatif, Rb, Th ve U pozitif yönelimler vermiştir.

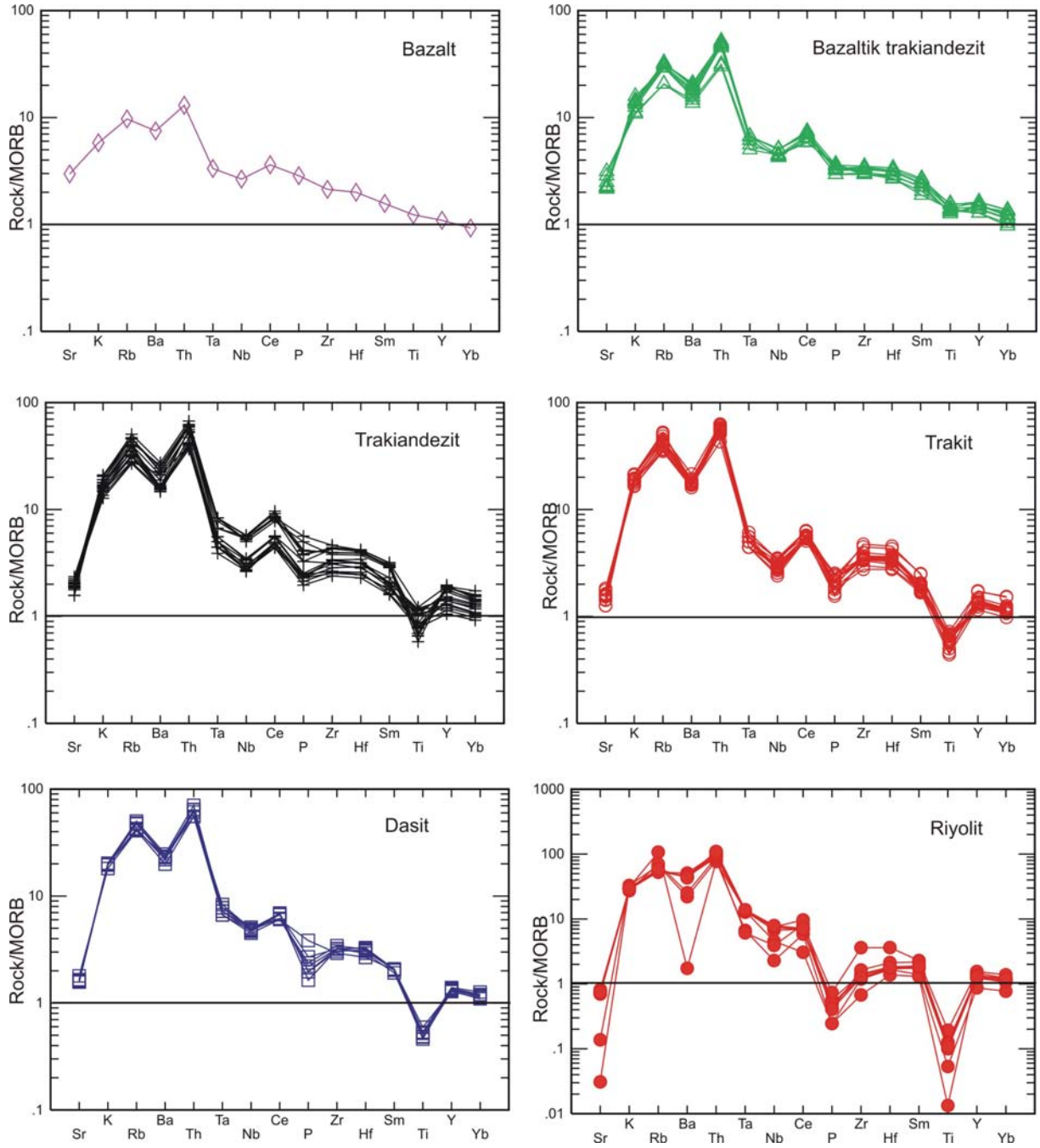
Sr, Sc ve Co da gözlenen negatif yönelim plajiyoklaz+ piroksen+olivin fraksiyonlaşması ile, Rb'de gözlenen pozitif yönelim ise K feldspat ve biyotit fraksiyonlaşmasıyla ilişkilendirilebilir. Th ve U elementlerine ilişkin olarak Şekil 5.5 de gözlenen pozitif yönelimler, mineral parajenezlerinde aksesuar olarak gözlenen zirkon kristallenmesini ve kabuksal kirlenmenin etkilerini düşündürmektedir. Bu elementler, riyolitik birimlerde (aynı SiO₂ içeriğinde) oldukça geniş bir değişim aralığı sergilemektedir. Nb ve Y elementlerinin SiO₂' ya karşı çizilen değişim diyagramlarında iki farklı yönelim gözlenmektedir. Pozitif yönelim sunan birimler stratigrafik istifin alt yüzeylerinde yer alan ilk ürünlerdir. Daha üst düzeylerde yer alan birimlerde ise negatif yönelim izlenmektedir.

Süphan volkaniklerinin MORB' a normalize edilmiş spider diyagramları Şekil 5.6 da verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere Süphan volkaniklerinin tamamında LIL ve HFS elementler MORB' a oranla zenginleşmiştir. Bu zenginleşme LIL elementlerde daha yüksek olup, Ba-Th elementlerinden Nb-Ta elementlerine geçişlerde izlenen düşüşler (bir başka deyişle Ba-Th/Nb-Ta oranlarındaki artışlar) yaşlı bazaltik ürünlerden genç felsik ürünlere doğru daha da belirginleşmektedir. MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramlarında göze çarpan bir diğer özellik ise felsik ürünlere belirgin olan Sr, Ba, P ve Ti elementlerindeki negatif anomalilerdir. Bu elementlerdeki negatif anomaliler, sırasıyla plajiyoklaz, K-feldspat ve/veya mika, apatit ve Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşması ile ilişkilidir.

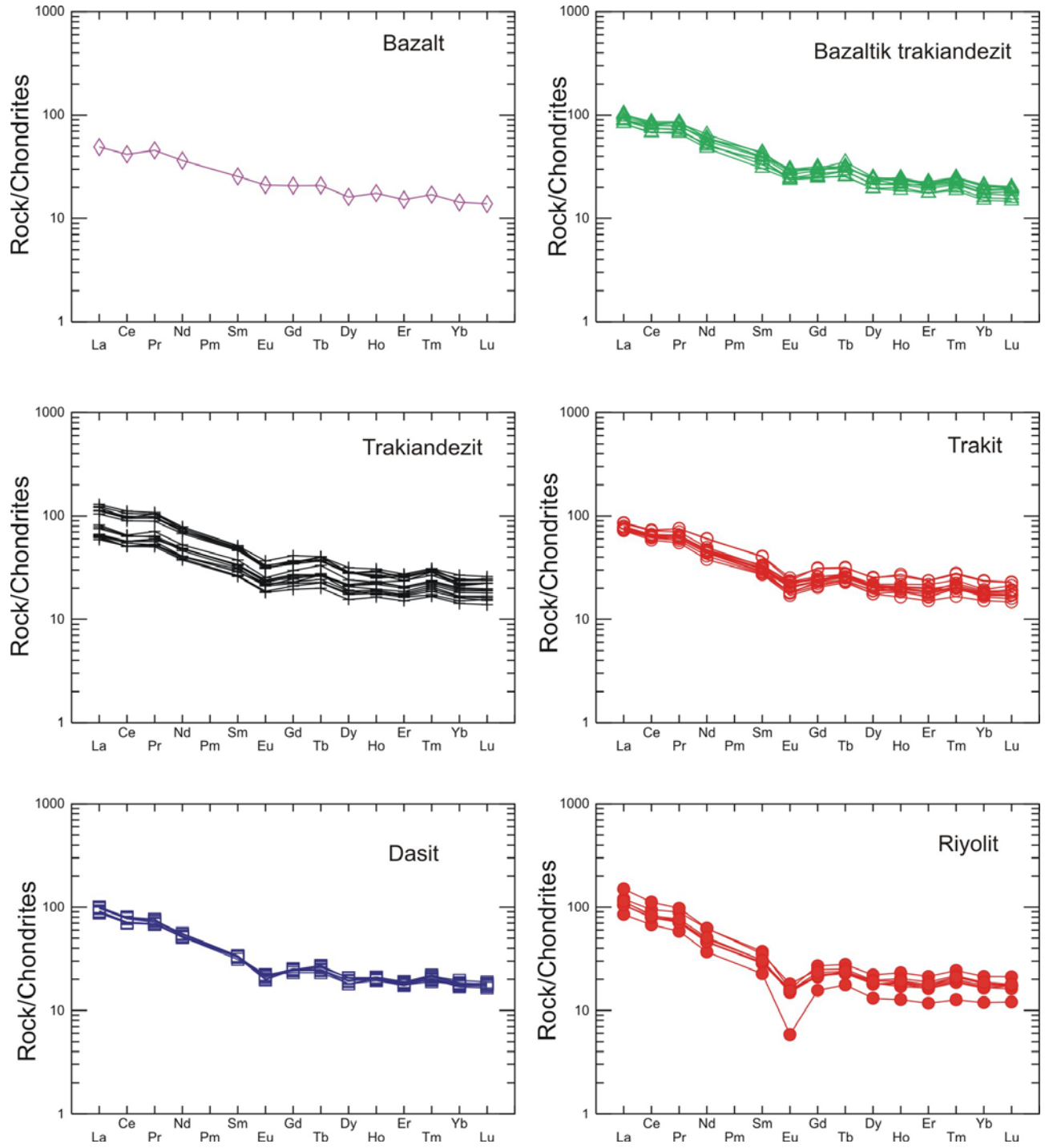
Süphan volkaniklerinin kondrite normalize edilmiş REE diyagramına (Şekil 5.7) göre, lavların tümünde hafif nadir toprak elementleri ağır nadir toprak elementlerine oranla daha fazla zenginleşme göstermektedir. Trakiandezitik kayaçların stratigrafik olarak daha genç olanları hem LRE hemde HRE elementler bakımından yaşlı olanlara oranla daha fazla zenginleşme göstermektedir. Süphan lavlarının (La/Yb)_N oranları bazaltik kayaçlar için 3.44, bazaltik trakiandezitik kayaçlar için 4.79-5.26, trakiandezitik kayaçlar için 3.30-5.81, trakitik kayaçlar için 3.64-4.70, dasitik kayaçlar için 4.63-5.58, riyolitik kayaçlar için ise 5.66-8.04 aralıklarında değişmektedir. Plajiyoklaz fraksiyonlaşmasını yansıtan negatif Eu anomalisi felsik üyelerde daha belirgin olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 5.5. Süphan volkaniklerinin iz element değişim diyagramları

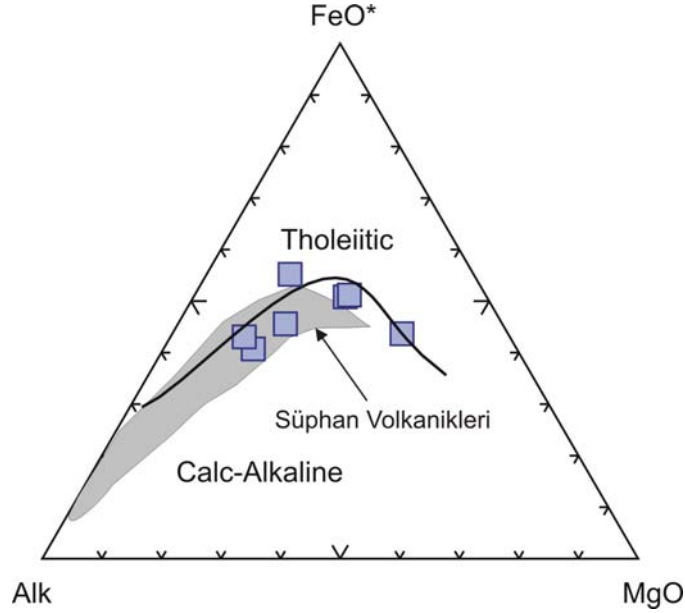


Şekil 5.6. Süphan volkaniklerinin MORB' a normalize edilmiş spider diyagramı (MORB değerleri Pearce, 1983' den alınmıştır)

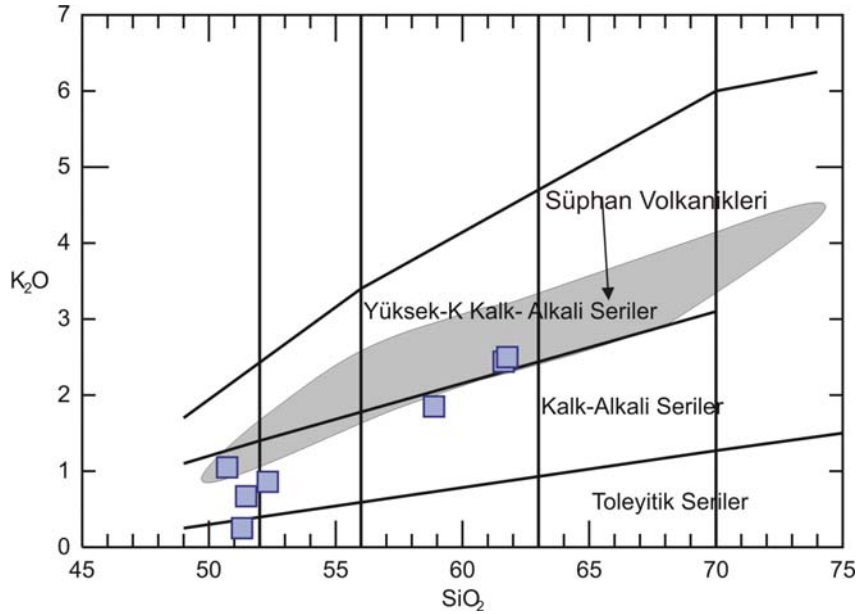


Şekil 5.7. Süphan volkaniklerinin kondrite normalize edilmiş spider diyagramı (Kondrit değerleri Nakamura, 1974' den alınmıştır)

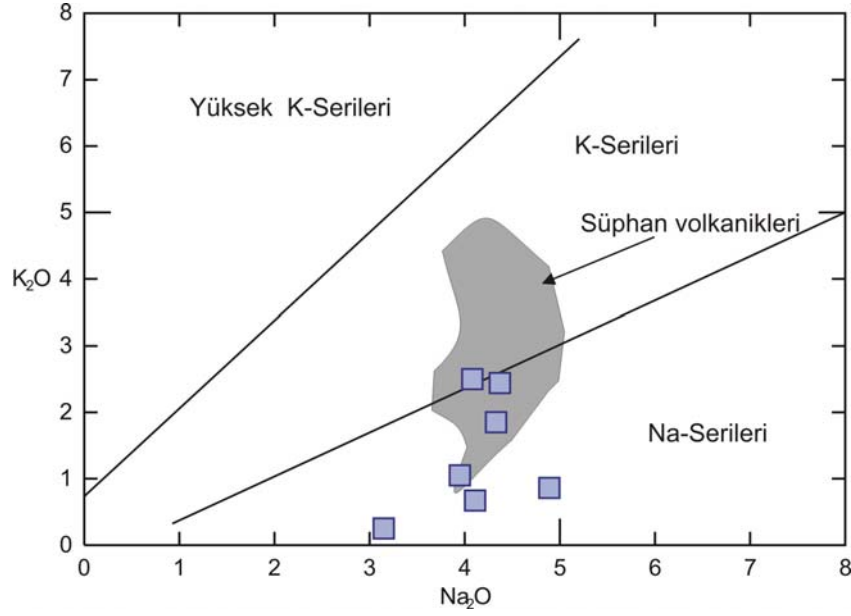
konumlanmaktadır. $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ diyagramında (Şekil 5.11) ise anklavların büyük bir kısmı sodik özellikler sunmaktadır.



Şekil 5.9. Süphan volkanizması anklavlarına ait AFM diyagramı (Irvine&Baragar, 1971). (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).



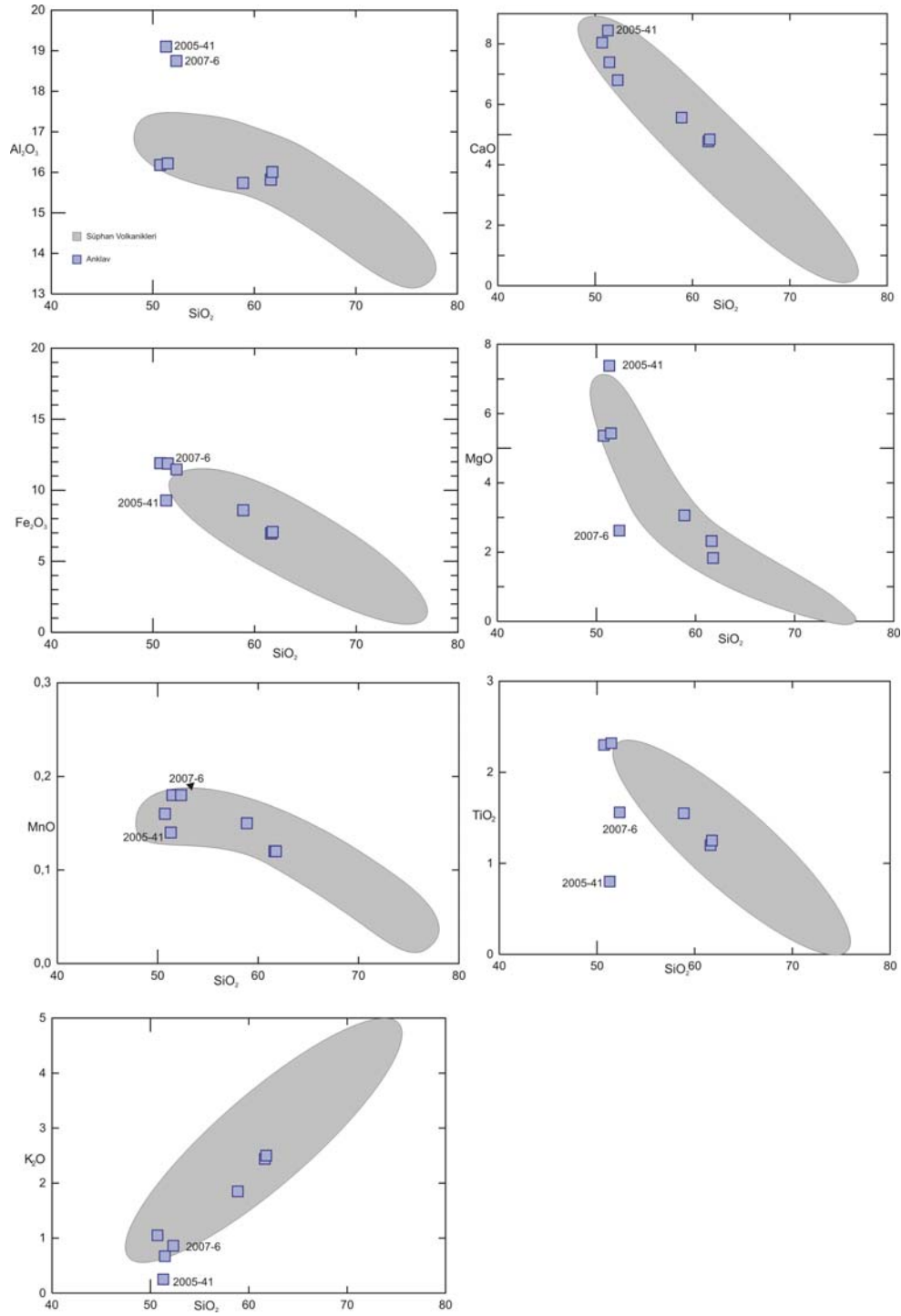
Şekil 5.10. Süphan volkanizması anklavlarına ait $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976) (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir)



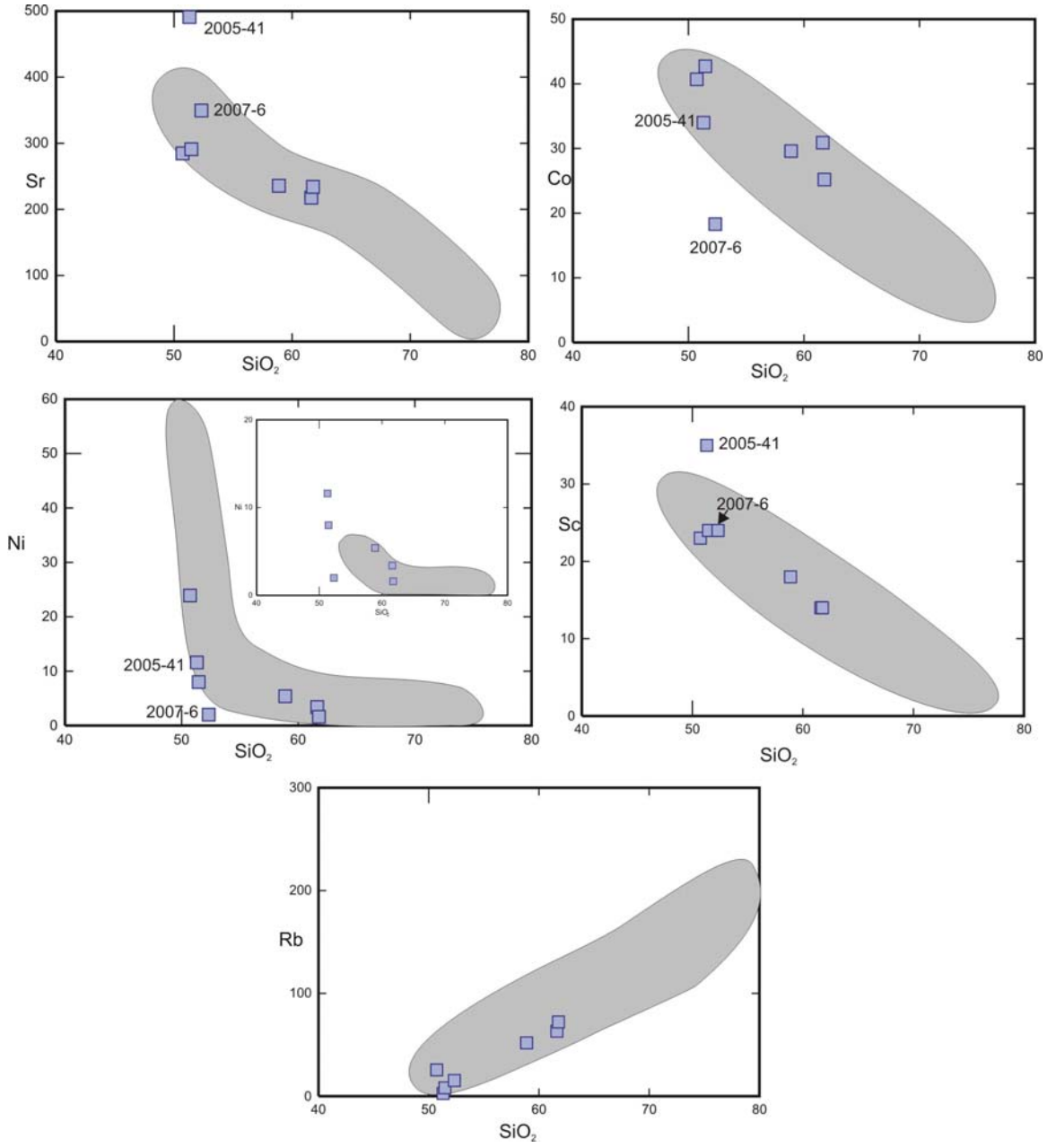
Şekil 5.11. Süphan volkanizması anklavlarına ait K₂O – Na₂O diyagramı (Middlemost 1975). (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir)

Anklavların ana ve iz element değişim diyagramları, Süphan volkaniklerinin genel dağılımı ile beraber, Şekil 5.12 ve Şekil 5.13 d gösterilmektedir. Mikrogabroik (Örnek No; 2005 -41) ve diyoritik (Örnek No: 2007-6) anklavların dışında kalan örnekler (doleritik anklavlar) Süphan volkaniklerince tanımlanan alan içerisinde kalmaktadırlar. Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, MnO, TiO₂, Sr, Co, Ni, ve Sc içeriklerinde SiO₂ artışına bağlı olarak negatif yönelimler gösterirken, K₂O ve Rb içeriklerinde pozitif yönelimler sunmaktadırlar. Aynı zamanda, doleritik anklavların göstermiş olduğu yönelimler Süphan volkaniklerinin yönelimi ile uyumludur.

Doleritik anklavların major, iz element değişim diyagramlarındaki konumları, Süphan volkanikleri ile aralarında fraksiyonel kristallenme ve/veya magma karışımı süreçleri ile kontrol edilen kökensel bir ilişki olabileğini ima etmektedir. Ancak, anklavların içerisinde buldukları lavlar ile olan keskin dokanakları ve köşeli morfolojileri magma karışım ürünlerinden ziyade, lavların yukarı doğru yükselirken yan kayalardan kopardıkları parçalar oldukları fikrini vermektedir.



Şekil 5.12. Süphan volkanizmasına ait anklavların ana element değişim diyagramları (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir)

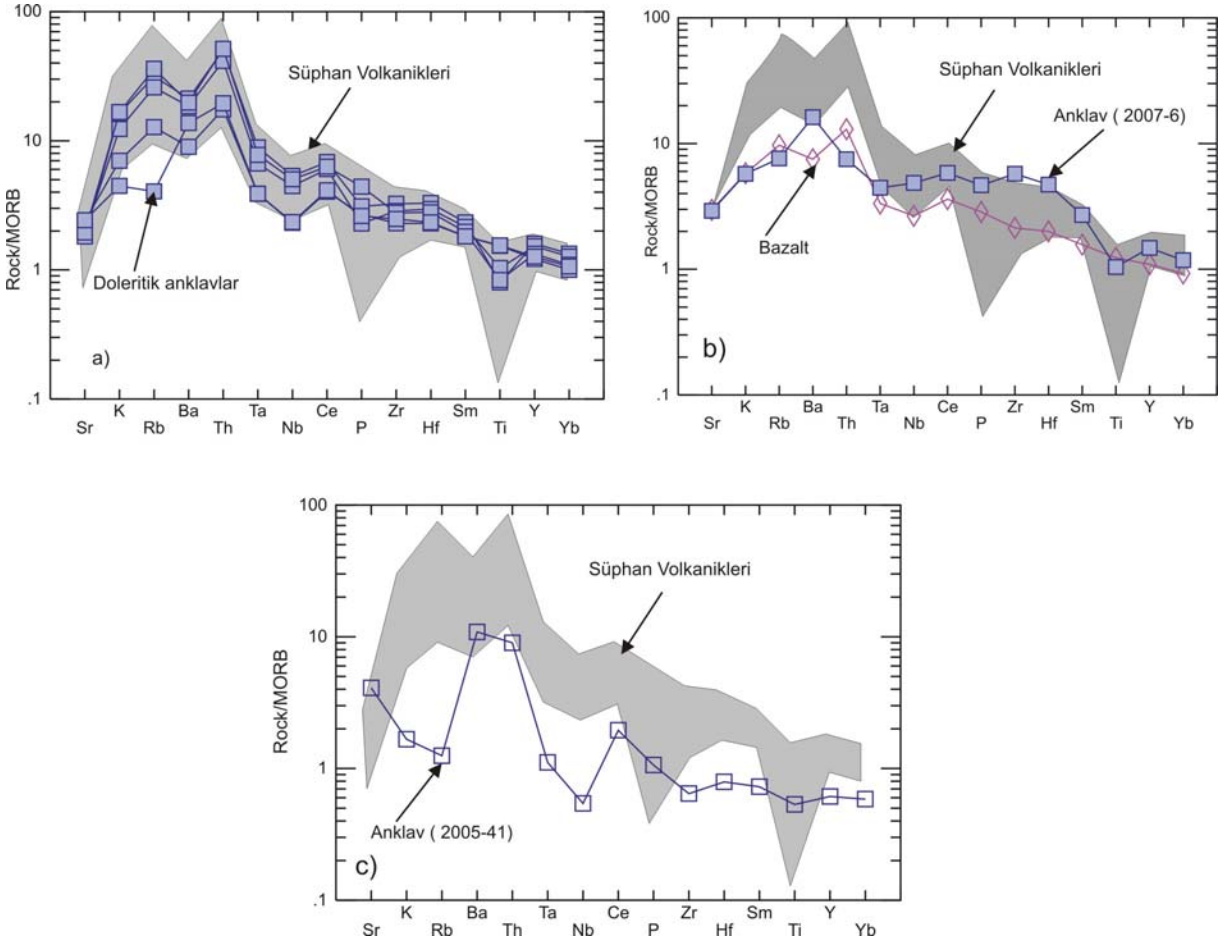


Şekil 5.13. Süphan volkanizmasına ait anklavların iz element değişim diyagramları (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).

Anklavların MORB' a normalize edilmiş örümcek diyagramları Şekil 5.14'de gösterilmektedir. Doleritik anklavlar (Şekil 5.14a) Süphan volkaniklerine benzer şekilde MORB'a oranla LIL elementler ve HFS elementler bakımından zenginleşme göstermektedirler. Bu zenginleşme LIL elementlerde HFS elementlere göre daha belirgindir. Doleritik anklavlar, genelde, Süphan volkaniklerince tanımlanan alan içerisinde kalmaktadırlar. Mikrogabroyik anklav (örnek No:

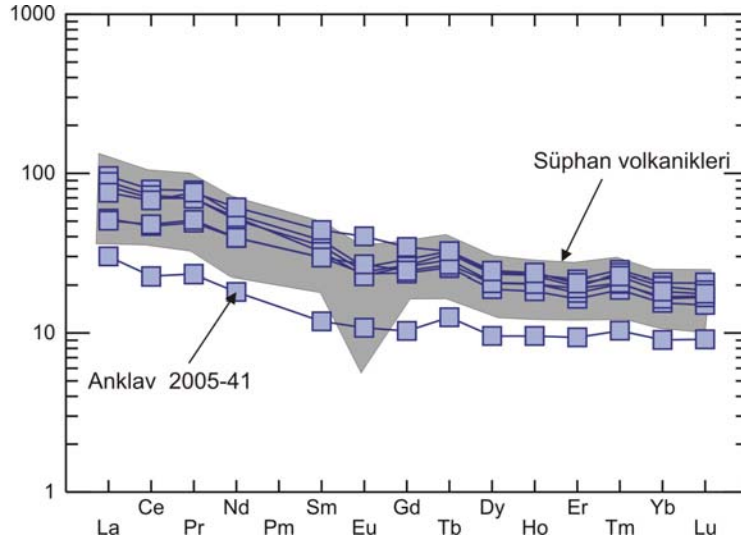
2005-41) ve diyoritik anklav (örnek No: 2007-6) örümcek diyagramlarında iki farklı profil sunmaktadır. Diyoritik anklav Şekil 5.14b de Süphan volkaniklerine ait bazalt ve diğer Süphan volkanikleri ile beraber ele alınmıştır. Diyoritik anklav LIL element içeriği bakımından Süphan bazaltına benzer iken, HFS elementler bakımından Süphan bazaltına göre daha fazla zenginleşme göstermektedir. Aynı zamanda diyoritik anklavın örümcek diyagramındaki profili levha içi volkanizmasına benzerlikler sunmaktadır.

Mikrogabroyik anklav ise (örnek No: 2005-41) örümcek diyagramında (Şekil 14c) Süphan volkaniklerince tanımlanan alanın dışına düşmektedir. K ve Rb elementlerinde, Sr elementine oranla tüketilme göstermektedir. Negatif Nb ve Ta anomalileri, Süphan volkaniklerine göre daha belirgindir.



Şekil 5.14. Süphan volkanizması anklavlarının MORB' a normalize edilmiş örümcek diyagramı (MORB değerleri Pearce 1983' den alınmıştır) (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).

Şekil 5.15’ de anklavların kondrite normalize edilmiş diyagramı gösterilmektedir. Mikrogabroyik anklav (örnek no. 2005-41) dışında tüm anklavlar Süphan volkanikleri ile benzer profillere sahiptir. Mikrogabroyik anklav ise nadir toprak elementler bakımından diğer anklavlara ve Süphan volkaniklerine oranla tüketilme göstermektedir.



Şekil 5.15. Anklavların kondrite normalize edilmiş örümcek diyagramı (Kondrit değerleri Nakamura, 1974’ den alınmıştır) (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir).

5.4 İzotop Jeokimyası

24 adet örneğin Sr, 23 adet örneğin Nd ve 22 adet örneğin Pb izotop analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 5.2). Analizler British Columbia Üniversitesi Yer ve Okyanus Bilimleri Bölümü Pasifik İzotop ve Jeokimyasal Araştırma Merkezi (PCIGR)’nde yapılmıştır. Bu örneklerden iki tanesi Süphan volkanikleri içerisinde alınan anklavlara aittir. Süphan volkanikleri ve anklavların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları sırasıyla 0.703925 – 0.709579 ve 0.704596 - 0.706647 arasında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranları ise sırasıyla 0.512819 - 0.512520 ve 0.512613 - 0.512805 arasında değişmektedir. $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları, Süphan volkanikleri için, sırasıyla, 39.0585-39.4353, 15.6693-15.6991 ve 19.0222-19.5498 değer aralıklarına sahiptir; sözkonusu oranlar, anklavlar için ise, sırasıyla, 39.2055-39.2690, 15.6757-15.6848 ve 19.1849-19.1943 arasında değişmektedir.

Tablo 5.2. Süphan volkanikleri ve anklavlarının Sr, Nd ve Pb izotop oranları

Örnek No	Kayaç	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
2006-99	<i>Bazalt</i>	0.512819	0.703925	39.058500	15.663300	19.036200
2005-61	<i>Bazaltik Trakiand.</i>	0.512588	0.706199	-	-	-
2005-62	<i>Bazaltik Trakiand.</i>	0.512730	0.704833	39.154200	15.670900	19.114800
2005-68	<i>Bazaltik Trakiand.</i>	0.512785	0.706667	39.227900	15.694300	19.024900
2006-1	<i>Bazaltik Trakiand.</i>	0.512615	0.705939	39.219800	15.688800	19.024500
2006-112	<i>Bazaltik Trakiand.</i>	0.512739	0.704680	39.125800	15.677900	19.054900
2006-114	<i>Bazaltik Trakiand.</i>	0.512577	0.706764	39.212300	15.693200	19.022200
2005-59	<i>Trakiand.</i>	0.512628	0.706446	39.223100	15.690400	19.062600
2006-6	<i>Trakiand.</i>	0.512774	0.704683	39.123400	15.676000	19.053700
2006-8	<i>Trakiand.</i>	-	0.707037	39.259400	15.692300	19.070900
2006-72	<i>Trakiand.</i>	0.512773	0.704909	39.159200	15.669300	19.140800
2006-74	<i>Trakiand.</i>	0.512520	0.707180	39.264900	15.669100	19.029600
2006-105	<i>Trakiand.</i>	0.512616	0.706701	39.240000	15.692200	19.065600
2005-10	<i>Trakit</i>	0.512785	0.705012	39.150800	15.677400	19.116400
2005-57	<i>Trakit</i>	-	-	39.148900	15.674500	19.128100
2006-59	<i>Trakit</i>	0.512766	0.704948	39.174000	15.673200	19.120200
2007-2	<i>Trakit</i>	0.512839	0.704706	39.092900	15.673400	19.060400
2005-28	<i>Dasit</i>	0.512660	0.706387	-	-	-
2006-110	<i>Dasit</i>	0.512765	0.705566	39.243300	15.673800	19.239200
2007-4	<i>Dasit</i>	0.512670	0.706270	39.262200	15.685300	19.191800
2005-69	<i>Riyolit</i>	0.512691	0.709579	39.232900	15.676600	19.116200
2007-5	<i>Riyolit</i>	0.512801	0.705238	39.435300	15.678400	19.549700
2005-52	<i>Riyolit</i>	0.512805	0.705252	-	-	-
2005-4A	<i>Anklav</i>	0.512805	0.704596	39.205500	15.675700	19.184900
2007-6	<i>Anklav</i>	0.512613	0.706647	39.269000	15.684800	19.194300

5.5. Tartışma

Süphan Stratovolkanından elde edilen jeokimyasal veri ve bulgular, jeolojik, mineralojik ve petrografik inceleme sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde, lav/dom ve piroklastik ürünlerin oluşum ve gelişimini kontrol eden başlıca süreçlerin, fraksiyonel kristallenme, manto kaynağı ve manto zenginleşmesi ile kabuksal kirlenme süreçleri olduğu ortaya çıkmaktadır.

5.5.1 Fraksiyonel Kristallenme

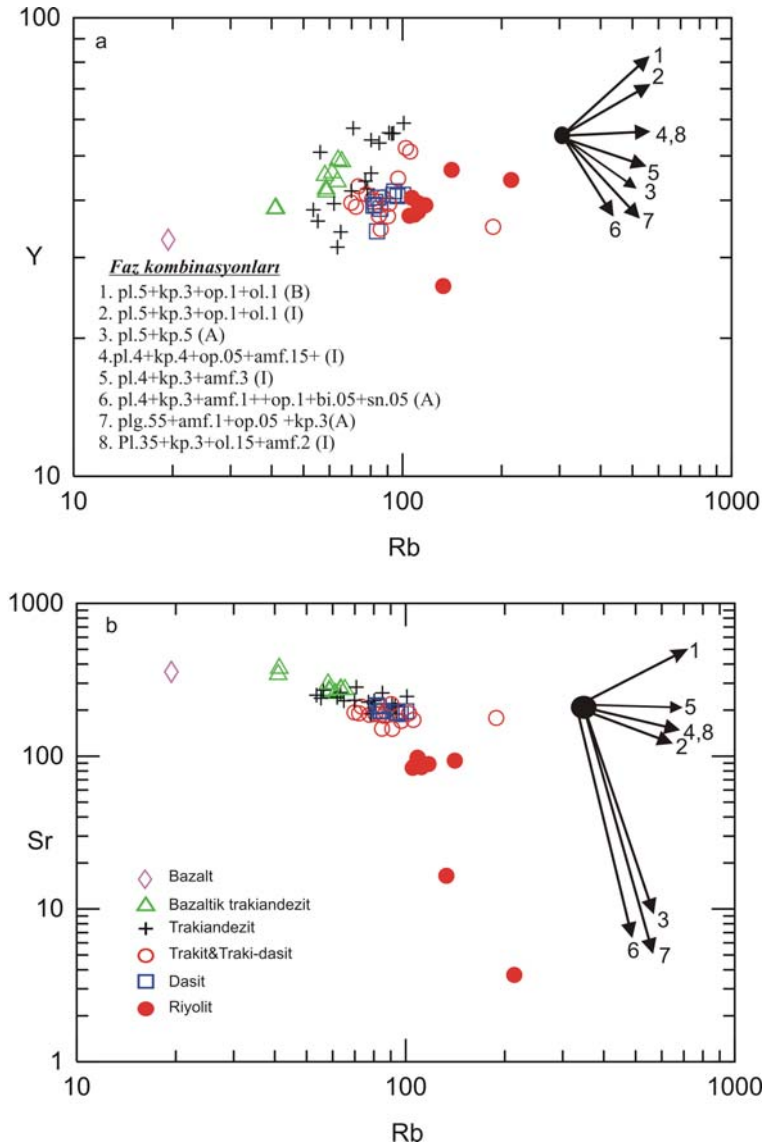
Süphan volkanikleri üzerinde yapılan petrografik çalışmalar fraksiyonel kristallenme sürecini düşündürmektedir. Volkanik kayaçların oluşumunda fraksiyonel kristalleşmenin etkili olması durumunda, eriyikten ilk olarak erken safhada kristalleşen olivin, piroksen, Ca-plajiyoklaz ve oksitler ayrılacaktır. Bunu izleyen safhalarda ise Na-plajiyoklaz, amfibol, mika K-feldispat ve kuvars mineralleri oluşacaktır. Bu minerallerin oluşumuyla eriyikteki SiO₂ miktarı artacak, kayaçlar mafikten, ortaç ve felsik özelliğe doğru doğru değişim gösterecektir. Major ve iz element içerikleri kullanılarak yapılmış jeokimyasal çalışmalar da petrografik çalışmaları desteklemektedir. TAS diyagramında Süphan volkaniklerinin bazalttan riyolite kadar uzanan tam bir seri oluşturduğu gözlenmektedir (Şekil 5.1). Bununla birlikte SiO₂ ye karşı oluşturulan ana ve iz element değişim diyagramlarından elde edilen eğimler genel olarak fraksiyonel kristallenme sürecinin etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 5.4, 5.5).

Süphan stratovolkanının ürünlerinin fraksiyonlaşmasında rol alan mineral fazları hakkında daha fazla bilgi elde edebilmek amacıyla i) Y-Rb, Sr-Rb diagramları çizilmiştir. Şekil 5.16'de gözlenen vektörler farklı mineral fazlarını karakterize etmektedir. Diagramda Rb elementi sıvı fazı tercih etmesi ve fraksiyonlaşmadan az etkilenmesi nedeniyle, Y elementi sulu ve susuz fazları ayırtebilmesi bir başka deyişle amfibolun etkisini belirliyebilmesi amacıyla, Sr elementi ise bazik ve asidik ürünlerde plajiyoklazın etkilerini görebilmek amacıyla seçilmiştir.

Y-Rb diyagramında (Şekil 5.16a) Süphan volkaniklerinin iki farklı yönelimi izledikleri gözlenmektedir. Bunların ilki 1. ve 2. vektörlerle karakterize edilen ve plajiyoklaz+klinopiroksen+ortopiroksen+olivin fraksiyonlaşmasını işaret eden pozitif yönelimdir. Pozitif yönelim özellikle Süphan stratovolkanının alkali ve geçiş özelliği gösteren ilk ürünleri ile karakterize edilmektedir. Y- Rb diyagramında gözlenen ikinci yönelim ise yatay ve hafif negatif

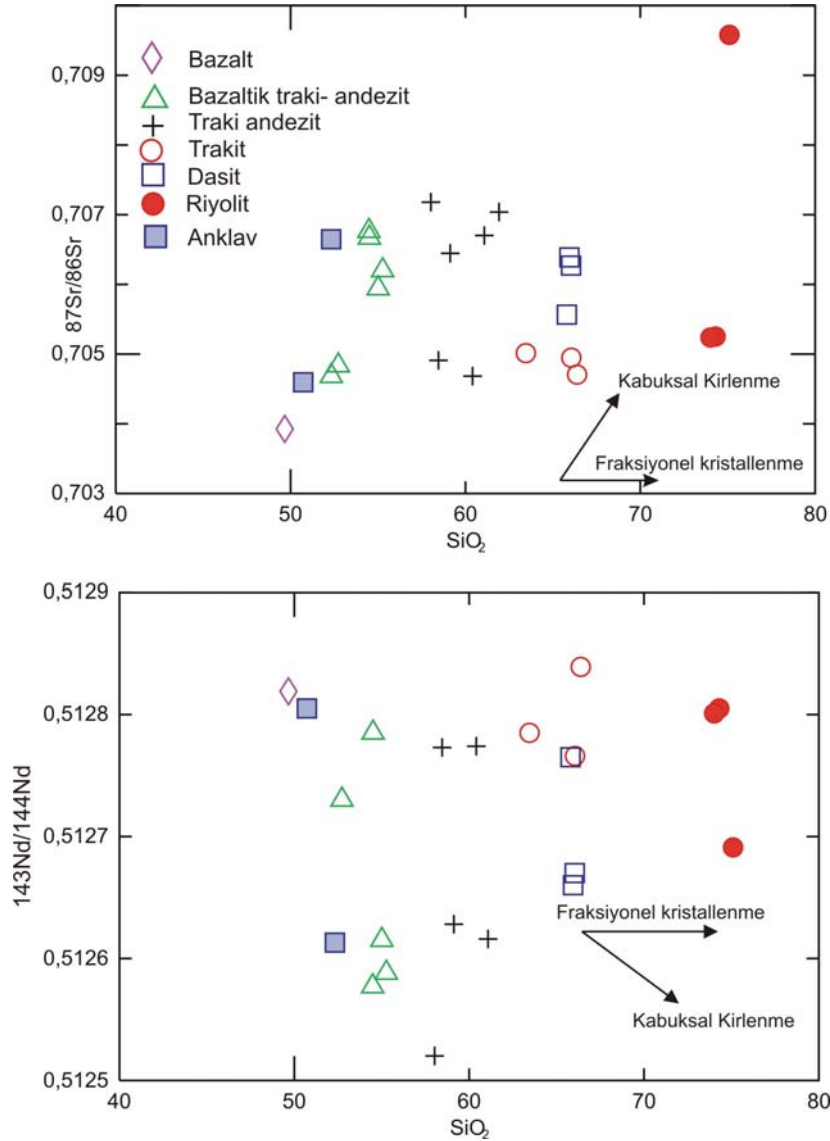
yönelimlerdir ve ortaç ve asidik ürünlerle karakterize edilen Plajiyoklaz+klinopiroksen+ortopiroksen+amfibol fraksiyonlaşması ile ilişkilidir.

Sr-Rb diyagramı (Şekil 5.16b) ise Süphan strotovolkanının oluşturan bazik ve ortaç lavların fraksiyonlaşmasında Plajiyoklaz+klinopiroksen+ortopiroksen+olivin+amfibol mineral parajenezini, asidik ürünlerde ise bu mineral fazlarının yanı sıra alkali feldspat ve mikanın da fraksiyonlaşmada rol aldığını göstermektedir.



Şekil 5.16. a) Y-Rb diyagramı, b) Sr-Rb diyagramı. Rayleigh fraksiyonlanma vektörleri FC Modeler programı kullanılarak çizilmiştir (Keskin 2002). Amf: Amfibol, Bi: biotit, Kp: klinopiroksen Pl: plajiyoklaz, Ol: Olivin, Op: ortopiroksen, Sn: sanidin.

Fraksiyonel kristallenmenin etkilerini görebilmek amacıyla iz element diyagramlarının yanısıra Süphan volkaniklerinin ve anklavlarının silikaya karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ diyagramları çizilmiştir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Süphan volkaniklerinin SiO_2 ' ye karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ değişim diyagramları (simgeler şekil 5.1 deki gibidir)

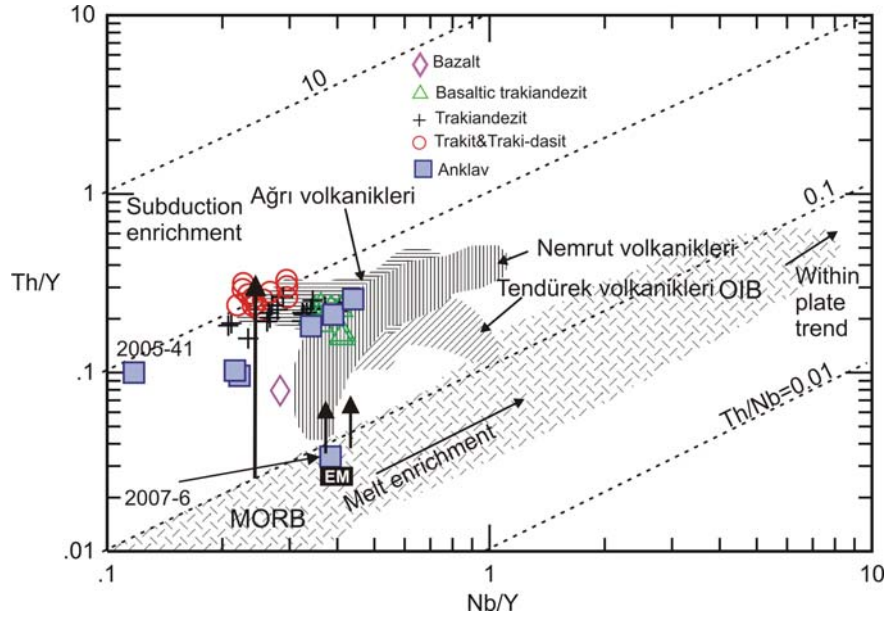
Süphan volkaniklerinin diyagramlar üzerindeki konumlarına bakıldığında fraksiyonel kristallenmenin yanısıra kabuksal kirlenmeye de maruz kaldıkları gözlenmektedir.

5.5.2 Manto Kaynağı ve Zenginleşmeler

Süphan Stratovulkanına ait lav/dom ve piroklastik ürünlerin örümcek diyagramlarının birbirine benzer özellikler sunması benzer bir kaynaktan oluşmuş olabileceklerini göstermektedir. Yüksek LIL element ve bunlara nazaran düşük HFS element içeriği, LRE elementlerce zenginleşme, dalma-batma süreci ve/veya yükselme sırasındaki kabuksal kirlenme sonucu oluşabilir. Örümcek diyagramlarında gözlenen Ta, Nb ve Ti' daki negatif anomaliler dalma-batma bileşeni ile zenginleşmiş bir kaynağa işaret etmektedir.

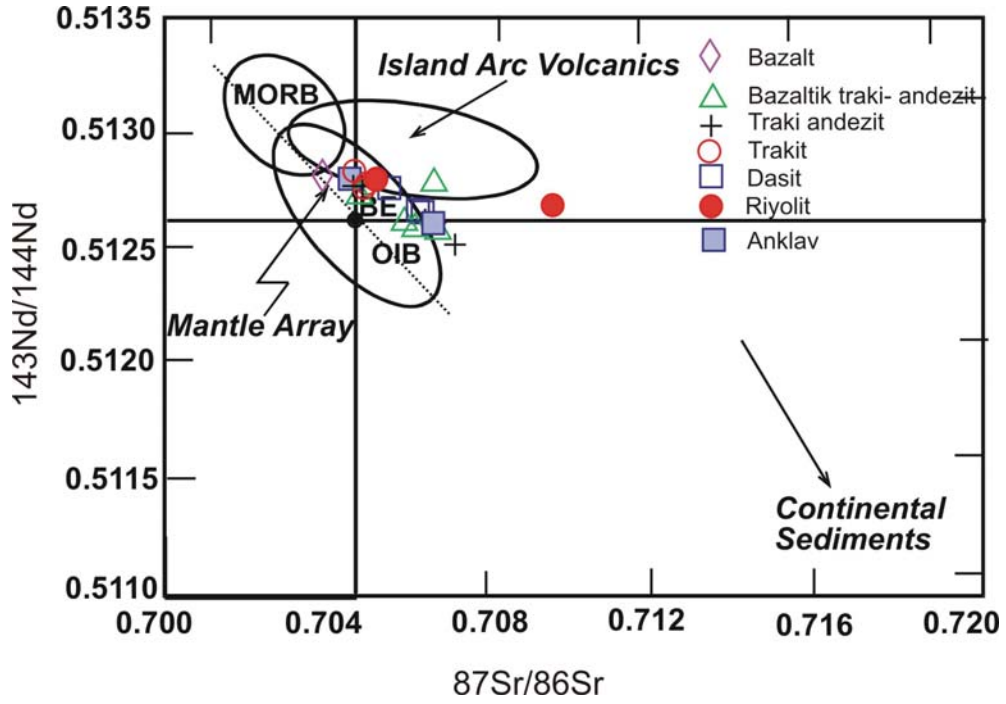
Süphan volkaniklerinin türemiş olduğu kaynak hakkında bilgi edinebilmek amacıyla Th/Y – Nb/Y diyagramı çizilmiştir (Şekil 5.18). Th elementi kıtasal kabukta zengin, Nb elementi fakirdir. Yüksek Th/Nb oranı kayaçların kabuksal kirlenmeye maruz kaldığını gösterir. Bu kirlenme dalma-batma etkisiyle olabileceği gibi magmanın yeryüzüne yükselimi sırasında içinden geçtiği kayaçları asimile etmesi şeklinde de gelişebilir. Artan Nb/Y oranıyla doğru orantılı olan Th/Y oranı levha içi zenginleşmeyi gösterirken, düşük Nb/Y oranına karşın artan Th/Y oranı dalma-batma zenginleşmesine göstergedir.

Diyagramda Süphan volkanikleri Doğu Anadolu'da yer alan Kuvaterner yaşlı Ağrı, Nemrut ve Tendürek gibi büyük volkanik komplekslerle beraber ele alınmıştır. Volkaniklerin diyagram üzerindeki genel yönelimi, Süphan lavlarının, dalma-batma etkisinin gözlemlendiği zenginleşmiş MORB benzeri bir kaynaktan türediklerini göstermektedir. Bununla birlikte Süphan anklavlarının bir kısmı volkaniklerle benzer yönelimlere sahipken iki anklav örneği diyagram üzerinde farklı noktalarda yer almaktadır. Bu örneklerden diyoritik olan (2007-6) zenginleşmiş MORB (Enriched MORB, EM) alanında, mikrogabroyik anklav (2005 41) ise dalma batma bileşeni bakımından zengin alanda konumlanmaktadır.



Şekil 5.18. Süphan volkanizması anklavlarının Th/Y-Nb-Y diyagramı. (Gri ile taralı alan Süphan volkaniklerinin kapsadığı alanı göstermektedir). MORB and OIB alanları ve Th/Nb çizgileri: Kempton ve diğ. (1991), Enriched MORB (EM) : Sun ve McDonough 1989, Ağrı, Tendürek, Nemrut lavları: Gülen (1984), Pearce ve diğ. (1990), Notsu ve diğ. (1995), Yılmaz ve diğ. (1998), Özdemir ve diğ. (2006).

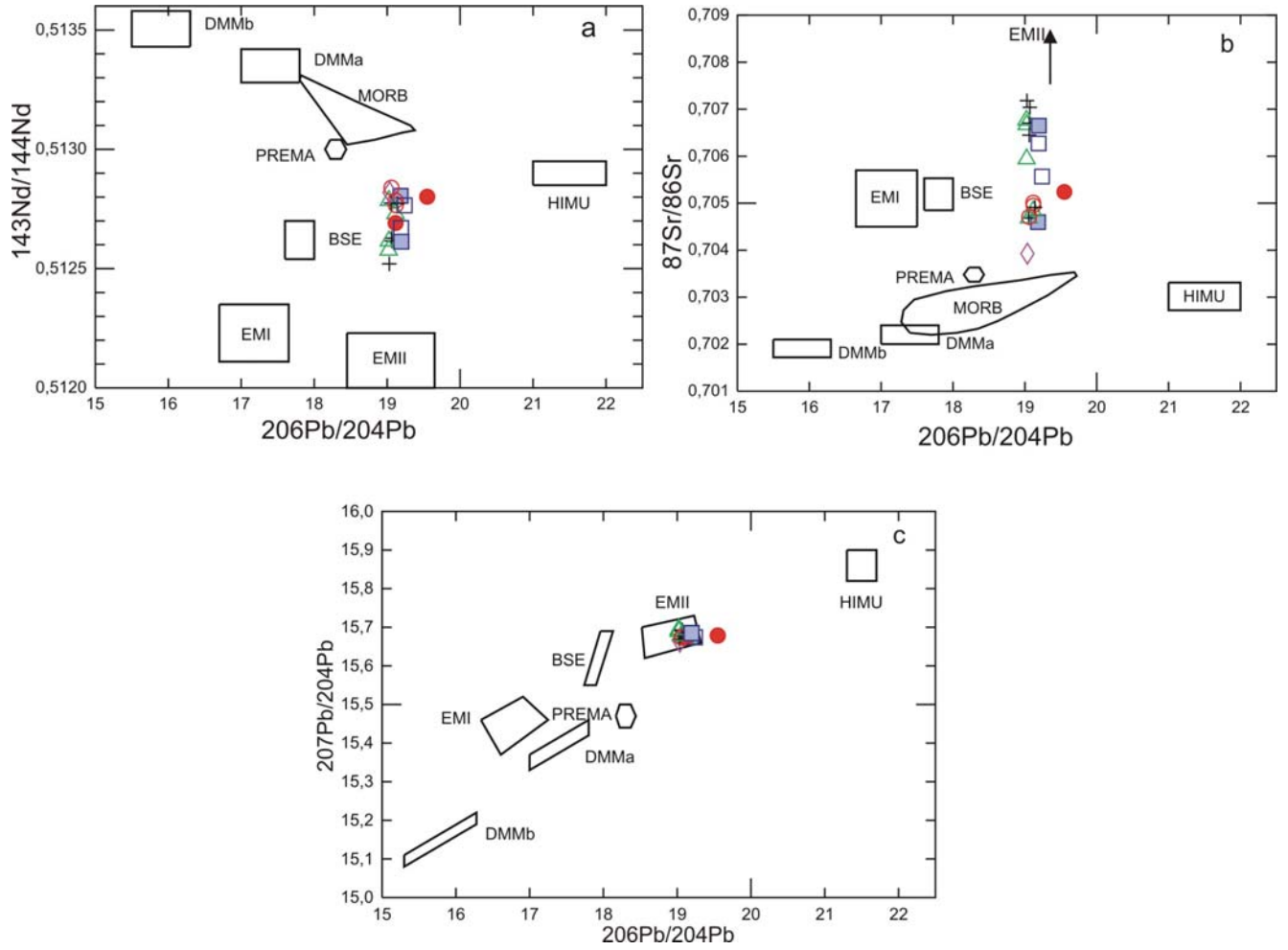
Süphan volkaniklerinin ve anklavlarının izotop korelasyon diyagramları üzerindeki konumları da zenginleşmiş manto kaynağına işaret etmektedir. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ diyagramında (Şekil 5.19) volkanikler okyanus adası bazaltları (Ocean Island basalts: OIB) ile tanımlanan zenginleşmiş manto kaynağı alanında konumlanırken $^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd} - ^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ (Şekil 5.20a) ve $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr} - ^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ (Şekil 5.20b) diyagramlarında volkaniklerin ve anklavlarının konumları, volkanizma kökeni için, MORB ile OIB tip manto kaynağının uç bileşenlerinden biri olan EM II tipi manto kaynakları arasındaki bir etkileşimi düşündürmektedir. Aynı şekilde, $^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ (Şekil 5.20c) diyagramı da volkanikler için EMII tipi bir kaynağa işaret etmektedir.



Şekil 5.19. Süphan volkaniklerinin $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ - $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ İzotop korelasyon diyagramı

EM II bileşeni, düşük $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ ve yüksek $^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ oranları ile karakterize edilir, $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ oranları ise oldukça değişkendir. Genel olarak EM II kaynağı kıtasal bileşimin mantoya karışmasını sağlayan dalma batma ile ilişkilidir. Bu yüzden EMII bileşeni üst kıtasal kabuk bileşimi ile benzerlik gösterir ve mantoda döngü yapan eden kıtasal kabuk ve kıtasal sedimanları temsil eder (Waever, 1991). Diğer bir görüş ise EMII kaynağının mantoya karışan subcontinental litosferik manto bileşimine sahip olduğudur (Hawkesworth, 1986, 1988, 1990).

Süphan volkaniklerinin örümcek diyagramları Th/Y-Nb/Y diyagramları ve izotop korelasyon diyagramlarındaki konumu kaynak bölge olarak dalma batma bileşeni ile zenginleşmiş bir manto kökenini işaret etmektedir.

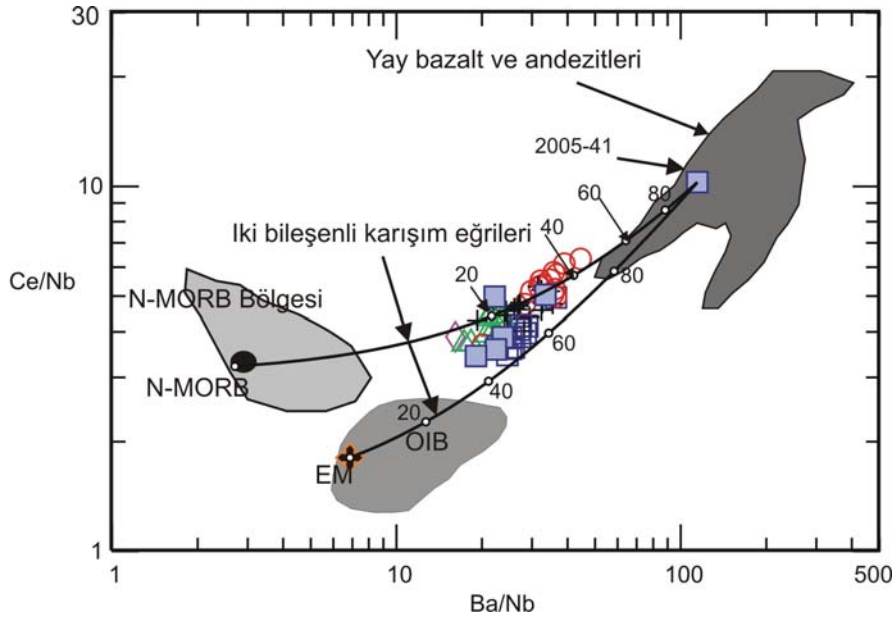


Şekil 5.20. Süphan volkaniklerinin a) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, b) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – $\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$ c) $\text{Pb}^{207}/^{204}\text{Pb}$ - $\text{Pb}^{206}/^{204}\text{Pb}$ izotop korelasyon diyagramları (simgeler Şekil 5.19 ile aynıdır).

Bu kaynağın dalma-batma bileşeni ile zenginleşmiş litosferik bir manto ve/veya dalma-batma bileşeni içeren astenosferik bir kaynak olması olasıdır. Ancak Doğu Anadolu bölgesinde kabuk kalınlığı ile ilgili yapılan son çalışmalar (Al-Lazki ve diğ., 2003; Sandvol, 2003; Sandvol ve diğ., 2003 a,b; Şengör ve diğ., 2003; Zor ve diğ., 2003; Piromallo ve Morelli, 2003; Angus ve diğ., 2006; Faccenna ve diğ., 2006; Özacar ve diğ., 2008) kabuk kalınlığının sadece 38-45 km arasında olduğunu, altında litosferik mantonun ya çok ince olduğunu veya bulunmadığını göstermiştir. Söz konusu yeni jeofiziksel bulgular ışığı altında Doğu Anadolu’da meydana gelen ve geniş alanlarda yüzeylenen volkanizma, “Slab Steepening and Break Off” modeli ile açıklanmıştır (Şengör ve diğ., 2003; 2008, Keskin 2003, 2007). Bu bağlamda, Süphan volkanizmasının

kökeninde, dalan levhanın kırılması ve astenosfere gömülmesi yoluyla yitim bileşeni kazanmış astenosferik bir kaynaktan bahsedilebilir.

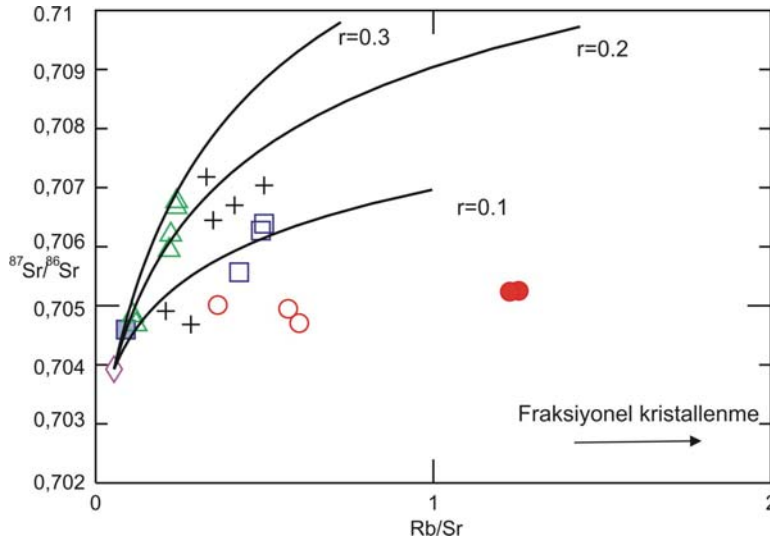
Süphan volkaniklerinin kökeninde dalma-batma bileşeni içeren zenginleşmiş bir manto kaynağının varlığını test etmek amacıyla Ce/Nb-Ba/Nb diyagramı çizilmiştir (Şekil 5.21). Diyagramda farklı magma kaynakları arasında iki bileşenli karışım eğrileri (Langmuir et al.,1978) oluşturulmuştur. Uç bileşen olarak zenginleşmiş MORB (Enriched MORB, EM), N-MORB (Normal MORB) ve tipik yay volkanizması özelliği gösteren 2005-41 nolu anklav kullanılmıştır. Süphan volkanikleri 2005-41 nolu anklav ile E-MORB ve N-MORB karışım eğrileri arasında konumlanmaktadır.



Şekil 5.21. Süphan volkaniklerinin Ba/Nb - Ce/ Nb diyagramı. MORB, OIB, ve yay bazalt ve andezitleri : Saunders ve diğ. 1991, E-MORB ve N-MORB : Sun ve Mcdonough 1989 (simgeler Şekil 5.19 deki gibidir; karışım eğrileri üzerindeki rakamlar, yitim bileşeni içeren “yay bazalt ve andezitleri” ile karakterize olan uç bileşenin karışımdaki yüzdesini göstermektedir)

5.5.3. Kabuksal Kirlenme

Süphan volkaniklerinde gözlenen zenginleşmelerin, kaynak bölgesi özelliğine bağlı olması yanında, kabuksal kirlenme sürecinin etkilerini de taşıyor olabileceği düşüncesiyle, Şekil 5.22'de DePaolo (1981) AFC modellemesi uygulanmıştır. Modelde mafik uç bileşen olarak Süphan volkanikleri içerisinde en ilksel (primitif) özelliklere sahip olan bazalt seçilmiştir. Üst kabuk bileşeni ise modellemede kirleticici uç bileşen olarak seçilmiştir. Şekil 5.22 Süphan volkaniklerinin $r = 0.1 - r = 0.3$ arasında ($r =$ asimilasyon derecesinin kristalleşme derecesine oranı) değişen kabuksal kirlenmeye maruz kaldıklarını göstermektedir.



Şekil 5.22. Süphan Volkaniklerine ait AFC Modellemesi Üst kabuk değerleri Taylor ve Mc Lennan, 1985; Güleç 1991. (simgeler Şekil 5.19 deki gibidir)

6. JEOKRONOLOJİ

Jeokronoloji çalışmalarına ilişkin olarak Süphan Stratovolkanının trakitik, dasidik ve riyolitik kayaçlarından alınan örneklerin Ar-Ar yas tayinleri University of British Columbia, Department of Earth and Ocean Sciences'da (Kanada) yer alan "Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research (PCIGR)" biriminde yaptırılmıştır.

Trakitik kayaçlardan yapılan analizler tüm kayaç ve hornblend mineralleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. 2005-57 nolu trakitik örnekte bulunan (stratigrafik istifte 7 nolu birim, Şekil 3.3, 3.4) hornblend mineralinde yapılan Ar-Ar analiz sonuçları 0.55 ± 0.34 my (Tablo 6.1, Şekil 6.1), 2005-10 nolu örnekten (stratigrafik istifte 8 nolu birim, Şekil 3.3, 3.4) yapılan tüm kayaç Ar-Ar analiz sonuçları ise 0.037 ± 0.020 my (Tablo 6.2 , Şekil 6.2) plato yaşları vermektedir.

Dasidik kayaçlardan düzgün plato yaşı elde edilememiştir (Tablo 6.3).

Riyolitik kayaçlardan 2005-52 nolu örnekten (stratigrafik istifte 10 nolu birim, Şekil 3.3, 3.4) biyotit minerali kullanılarak yapılan Ar-Ar yaş analizi ise 0.040 ± 0.022 my yaş vermiştir (Tablo 6.4, Şekil 6.3).

Tablo 6.1. Trakit bileşimli kayacıkta (2005 57) tespit edilen hornblend üzerinde yapılan Ar-Ar izotop yaş analizi

Isotop Step-Heat Data			Isotop Inverse Isochron Data					
Cum39Ar	Age	error (2-s)	% 39Ar	39/40	err (2-s)	36/40	err (2-s)	rho
0.61	-1.43	10.31	0.61	0.058564	0.000637	0.0034	0.000109	0.031
4.05	1.94	5.47	3.44	0.077925	0.000426	0.003357	0.000077	0.053
9.05	0.4	1.74	5	0.245544	0.002314	0.003367	0.000077	0.148
14.94	0.98	1.22	5.89	0.413065	0.004006	0.003312	0.00009	0.112
20.51	-0.54	2.04	5.57	0.530718	0.004435	0.003438	0.000197	0.054
29.08	0.86	0.96	8.57	0.586916	0.006087	0.003293	0.000101	0.182
36.93	1.29	0.98	7.85	0.596345	0.00471	0.003245	0.000105	0.081
45.73	0.0001	1.05	8.8	0.564935	0.004047	0.003385	0.000108	0.058
53.79	-0.19	1.16	8.06	0.635486	0.00415	0.003408	0.000134	0.049
65.3	-0.04	0.89	11.51	0.571135	0.003873	0.003391	0.000092	0.064
81.69	1.12	0.92	16.39	0.531545	0.002504	0.00328	0.000088	0.023
99.99	0.57	0.89	18.3	0.567797	0.002505	0.00333	0.000091	0.015

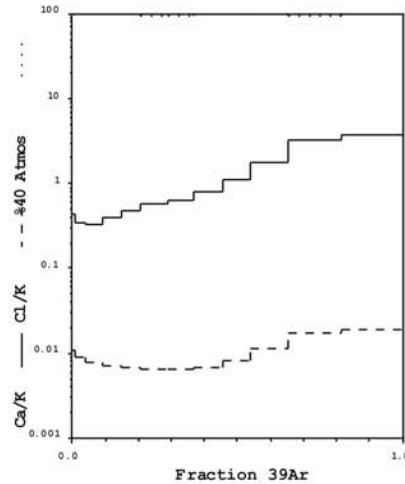
Plateau age results.

Age = 0.55 ± 0.34 Ma
 (2 σ , including J-error of .5%)
 MSWD = 0.98, probability = 0.46
 99.99% of the 39Ar, steps 1 through 12

Inverse isochron (correlation age) results:

Model 1 Solution ($\pm 95\%$ -conf.) on 12 points
 Age = 0.45 ± 0.73 Ma
 40/36 intercept: 296.2 ± 5.4
 MSWD = 1.08, Probability = 0.37
 (at J = $0.1032 \pm 5\%$ 2 σ)

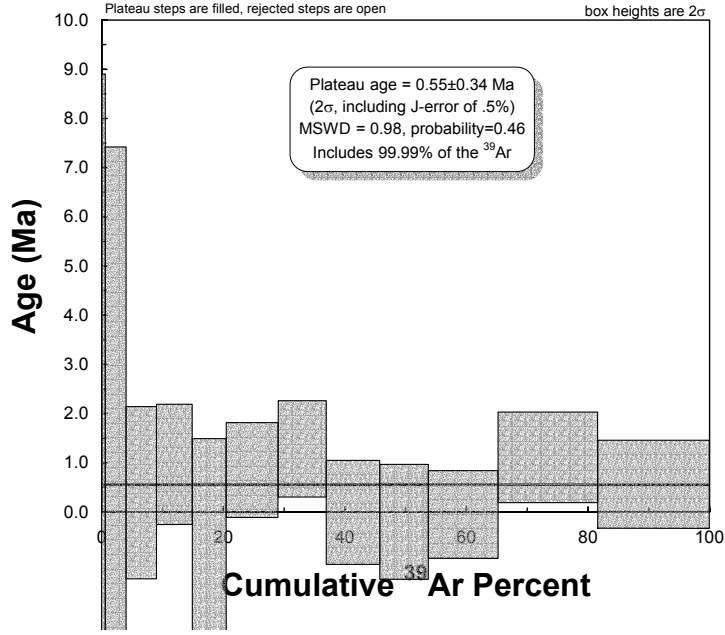
Model 1 Solution ($\pm 95\%$ -conf.) on 12 points
 Age = $0.450 +0.489 -0.419$ (MonteCarlo)
 40/36 intercept: $296.20 +5.53 -5.46$
 MSWD = 1.08, Probability = 0.37
 (at J = $0.1032 \pm 5\%$ 2 σ)



2005-57 Hornblende											
Laser Power(%)	Isotope Ratios	38Ar/39Ar	37Ar/39Ar	36Ar/39Ar	Ca/K	CFK	%40Ar atm	f 39Ar	40Ar*/39ArK	Age	
2	18.651±0.011	0.072±0.062	0.093±0.054	0.064±0.030	0.437	0.011	100.27	0.61	-0.077±0.553	-1.43±10.31	
2.2	13.106 0.005	0.061 0.024	0.071 0.034	0.045 0.022	0.337	0.009	98.96	3.44	0.104 0.294	1.94 5.47	
2.4	4.293 0.009	0.051 0.037	0.069 0.024	0.015 0.022	0.328	0.008	98.74	5	0.022 0.093	0.40 1.74	
2.6	2.617 0.009	0.046 0.022	0.082 0.023	0.009 0.026	0.392	0.007	96.61	5.89	0.053 0.065	0.98 1.22	
2.8	2.092 0.008	0.045 0.017	0.099 0.019	0.007 0.051	0.476	0.007	99.94	5.57	-0.029 0.110	-0.54 2.04	
3	1.848 0.010	0.044 0.026	0.121 0.017	0.006 0.028	0.577	0.007	95.58	8.57	0.046 0.051	0.86 0.96	
3.2	1.832 0.008	0.044 0.019	0.130 0.017	0.006 0.030	0.624	0.007	94.16	7.85	0.070 0.053	1.29 0.98	
3.4	1.911 0.007	0.044 0.026	0.164 0.017	0.007 0.029	0.784	0.007	98.31	8.8	0.000 0.057	0.00 1.05	
3.6	1.726 0.006	0.051 0.024	0.228 0.020	0.006 0.035	1.093	0.008	98.75	8.06	-0.010 0.063	-0.19 1.16	
3.8	1.863 0.007	0.065 0.020	0.377 0.017	0.007 0.025	1.809	0.011	98.42	11.51	-0.002 0.048	-0.04 0.89	
4.2	1.965 0.005	0.089 0.010	0.659 0.013	0.007 0.024	3.165	0.017	95.27	16.39	0.060 0.050	1.12 0.92	
4.6	1.839 0.004	0.096 0.014	0.774 0.013	0.007 0.024	3.715	0.019	96.6	18.3	0.031 0.048	0.57 0.89	
Total/Average	2.418±0.001	0.065±0.003	0.951±0.002	0.008±0.004	1.742	0.01		100	0.030±0.011		
J =	0.10320±0.000014										
Volume 39ArK =	865.41										
Integrated Date =	0.55±0.42										
Volumes are	1E-13 cm3 NPT										
Neutron flux monitors:	28.02 Ma FCs (Renne et al., 1998)										
Isotope production ratios:	(40Ar/39Ar)K=0.0302±0.00006, (37Ar/39Ar)Ca=1416.4±0.5, (36Ar/39Ar)Ca=0.3952±0.0004, Ca/K=1.83±0.01(37ArCa/39ArK).										

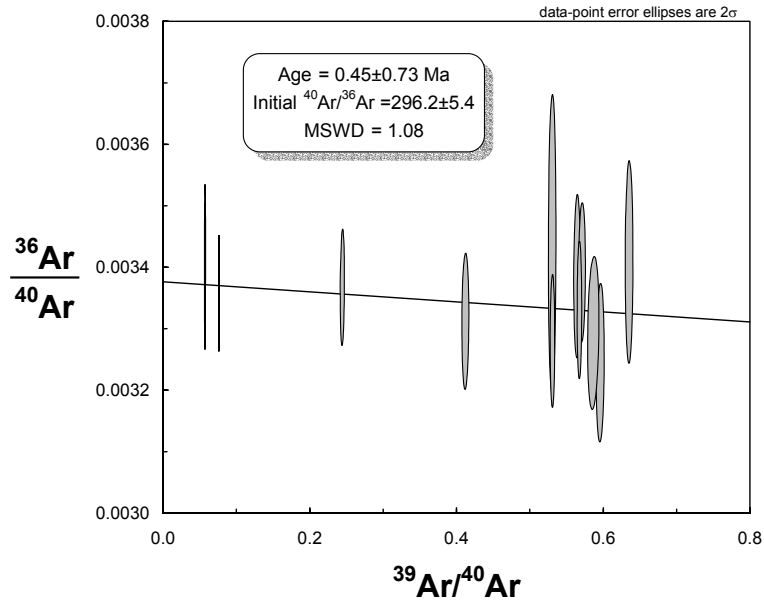
Run Date: 24-Feb-07
TU-1695

2005-37 Hornblende



a

2005-37 Hornblende



b

Şekil 6.1. Trakit bileşimli kayaçtan (2005 57) derlenen hornblendler üzerinde yapılan Ar-Ar izotop analizlerine ait a) plato basamak ve yaş grafiği, b) inverse izokron grafiği.

Tablo 6.2. Trakit bileşimli kayaçta (2005 10) tespit edilen tüm kayaç üzerinde yapılan Ar-Ar izotop yaş analizi

Isoplot Step-Heat Data			Isoplot Inverse Isochron Data					
Cum39Ar	Age	error (2-s)	%39Ar	39/40	err (2-s)	36/40	err (2-s)	rho
0.08	1.8687	3.3831	0.08	0.041082	0.002072	0.003194	0.000335	0.011
1.83	-0.3066	0.4849	1.75	0.16885	0.003576	0.003515	0.000203	0.16
8.43	-0.0612	0.2475	6.6	0.349479	0.01385	0.003441	0.000215	0.358
20.76	0.0122	0.1225	12.33	0.708514	0.011657	0.003369	0.000215	0.121
37.06	-0.0003	0.0407	16.3	1.086592	0.010782	0.003394	0.000109	0.158
53.35	0.0589	0.0509	16.29	1.341193	0.012631	0.003198	0.000169	0.079
73.27	0.0698	0.046	19.92	1.541823	0.013251	0.003127	0.000176	0.078
88.51	0.0449	0.0368	15.24	1.698401	0.013359	0.003206	0.000155	0.059
100.01	0.0223	0.0643	11.5	1.886703	0.013848	0.003291	0.000301	0.028

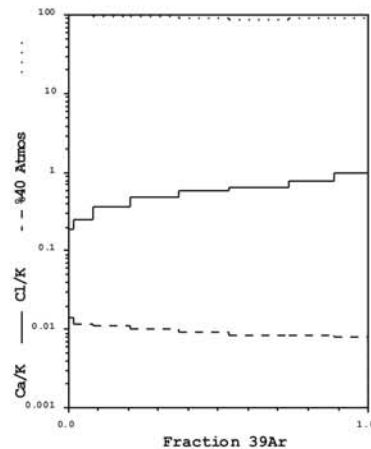
Plateau age results:

Age = 0.037±0.020 Ma
 (2 ξ , including J-error of .5%)
 MSWD = 1.3, probability = 0.23
 100% of the 39Ar, steps 1 through 9

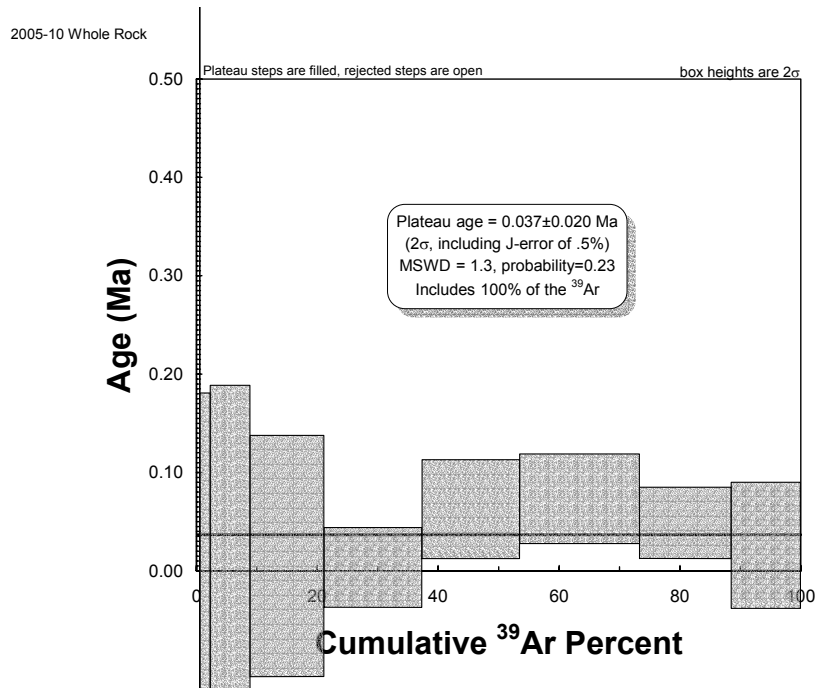
Inverse isochron age results:

Model 1 Solution (±95%-conf.) on 9 points
 Age = 0.064±0.041 Ma
 40/36 intercept: 286±11
 MSWD = 1.19, Probability = 0.30
 (at J=0.000755±.5% 2 ξ)

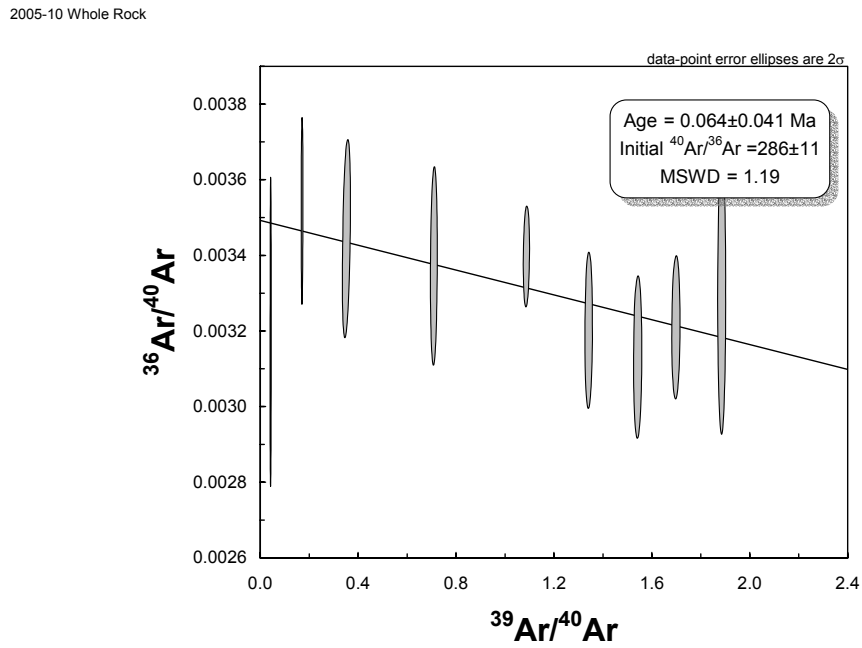
Model 1 Solution (±95%-conf.) on 9 points
 Age = 0.0640 +0.0411 -0.0400 (MonteCarlo)
 40/36 intercept: 286.4 +10.6 -11.6
 MSWD = 1.19, Probability = 0.30
 (at J=0.000755±.5% 2 ξ)



2005-10 WR											
Laser Power(%)	Isotope Ratios				Ca/K	C/K	%40Ar atm	f 39Ar	40Ar*/39ArK	Age	
2	34.0570±0.0477	0.0888±0.3593	0.1626±0.0957	0.1155±0.0825	0	0.012	94.24	0.08	1.373±2.486	1.8687±3.3831	
2.3	6.4694 0.0203	0.0783 0.0683	0.0261 0.1047	0.0228 0.0537	0.194	0.014	103.27	1.75	-0.225 0.356	-0.3066 0.4849	
2.6	3.0324 0.0382	0.0674 0.0661	0.0256 0.0717	0.0104 0.0583	0.255	0.012	100.51	6.6	-0.045 0.182	-0.0612 0.2475	
2.9	1.5172 0.0157	0.0630 0.0212	0.0343 0.0336	0.0051 0.0600	0.361	0.011	97.28	12.33	0.009 0.090	0.0122 0.1225	
3.2	1.0076 0.0093	0.0582 0.0167	0.0463 0.0247	0.0034 0.0296	0.495	0.01	96.85	16.3	-0.000 0.030	-0.0003 0.0407	
3.5	0.8327 0.0087	0.0545 0.0383	0.0550 0.0250	0.0027 0.0471	0.59	0.009	90.53	16.29	0.043 0.037	0.0589 0.0509	
3.8	0.7254 0.0079	0.0508 0.0283	0.0606 0.0231	0.0023 0.0496	0.653	0.008	88	19.92	0.051 0.034	0.0698 0.0460	
4.1	0.6796 0.0071	0.0513 0.0246	0.0712 0.0246	0.0022 0.0411	0.766	0.008	89.8	15.24	0.033 0.027	0.0449 0.0368	
4.5	0.6402 0.0064	0.0495 0.0302	0.0909 0.0228	0.0022 0.0729	0.978	0.008	91.68	11.5	0.016 0.047	0.0223 0.0643	
Total/Average	1.0679±0.0034	0.0556±0.0057	0.3281±0.0018	0.0035±0.0099	0.601	0.01		100	0.019±0.011		
J =	0.000755±0.000002										
Volume 39ArK =	314.14										
Integrated Date =	0.03±0.03										
Volumes are 1E-13 cm3 NPT											
Neutron flux monitors: 28.02Ma FCs (Renne et al., 1996)											
Isotope production ratios: (40Ar/39Ar)K=0.0302±0.00006, (37Ar/39Ar)Ca=14.16.4±0.5, (36Ar/39Ar)Ca=0.3952±0.0004, Ca/K=1.83±0.01(37ArCa/39ArK).											
Run Date:	15-Jan-08 TU-2279										



a



b

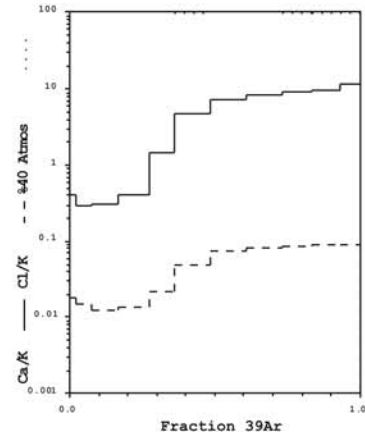
Şekil 6.2. Trakit bileşimli kayaçtan (2005 10) tüm kayaç üzerinde yapılan Ar-Ar izotop analizlerine ait a) plato basamak ve yaş grafiği, b) inverse izokron grafiği.

Tablo 6.3. Dasit bileşimli kayaçta (2005 28) tespit edilen hornblend üzerinde yapılan Ar-Ar izotop yaş analizi

Isoplot Step-Heat Data			Isoplot Inverse Isochron Data					
Cum39Ar	Age	error (2-s)	%39Ar	39/40	err (2-s)	36/40	err (2-s)	rho
0.25	0.43	9.04	0.25	0.012282	0.00041	0.003371	0.000275	0.236
2.32	-0.85	2.41	2.07	0.020278	0.000478	0.003427	0.000121	0.156
7.62	-0.05	0.8	5.3	0.052815	0.000809	0.003392	0.000104	0.235
16.84	-0.43	0.81	9.22	0.06339	0.000662	0.003452	0.000126	0.088
27.26	-0.6	0.47	10.42	0.072205	0.000737	0.003492	0.000082	0.146
36.26	-0.37	0.35	9	0.085175	0.000914	0.003464	0.000073	0.169
48.16	0.1	0.35	11.9	0.128952	0.001761	0.003357	0.000112	0.174
60.58	-0.05	0.28	12.42	0.220151	0.004272	0.003426	0.000154	0.211
73.19	-0.06	0.3	12.61	0.212986	0.004923	0.003431	0.000162	0.259
83.37	0.11	0.23	10.18	0.275475	0.006131	0.003326	0.000161	0.219
93.31	0.01	0.56	9.94	0.16931	0.003507	0.00339	0.000233	0.149
100.01	0.04	0.26	6.7	0.274597	0.005312	0.003377	0.00018	0.233

No plateau age.

No sensible isochron.



2005-28 Hornblende										
Laser Power(%)	Isotope Ratios				Ca/K	C/K	%40Ar atm	f 39Ar	40Ar*/39ArK	Age
	40Ar/39Ar	38Ar/39Ar	37Ar/39Ar	36Ar/39Ar						
2	96.6277±0.0294	0.2366±0.1619	0.0195±0.8341	0.3321±0.0662	0.816	0.034	99.57	0.25	0.318±6.612	0.43±9.04
2.2	51.3519 0.0233	0.1272 0.1136	0.0306 0.1174	0.1762 0.0380	0.416	0.018	101.19	2.07	-0.619 1.761	-0.85 2.41
2.5	19.7840 0.0150	0.0913 0.0580	0.0238 0.1310	0.0672 0.0298	0.295	0.015	100.05	5.3	-0.040 0.586	-0.05 0.80
2.8	16.2847 0.0103	0.0796 0.0508	0.0254 0.0822	0.0562 0.0361	0.301	0.013	101.8	9.22	-0.315 0.590	-0.43 0.81
3.1	14.3039 0.0101	0.0839 0.0318	0.0358 0.0434	0.0499 0.0237	0.416	0.014	102.94	10.42	-0.438 0.340	-0.60 0.47
3.4	12.2538 0.0106	0.1157 0.0223	0.1275 0.0257	0.0426 0.0210	1.45	0.021	102.05	9	-0.271 0.254	-0.37 0.35
3.7	8.1416 0.0133	0.2322 0.0379	0.4184 0.0228	0.0280 0.0313	4.724	0.049	98.68	11.9	0.073 0.256	0.10 0.35
4	4.9128 0.0186	0.3434 0.0199	0.6355 0.0241	0.0179 0.0393	7.177	0.075	100.18	12.42	-0.038 0.205	-0.05 0.28
4.3	5.0579 0.0221	0.3637 0.0360	0.7512 0.0300	0.0186 0.0405	8.397	0.08	100.35	12.61	-0.047 0.221	-0.06 0.30
4.6	4.0760 0.0210	0.3855 0.0401	0.8227 0.0293	0.0150 0.0394	9.202	0.085	96.92	10.18	0.082 0.170	0.11 0.23
5	6.3546 0.0199	0.4002 0.0304	0.8798 0.0201	0.0231 0.0598	9.843	0.088	99.33	9.94	0.010 0.406	0.01 0.56
5.3	4.3036 0.0174	0.4103 0.0346	1.0621 0.0224	0.0165 0.0388	11.895	0.091	98.38	6.7	0.029 0.190	0.04 0.26
Total/Average	9.4774±0.0025	0.2565±0.0059	2.9700±0.0021	0.0332±0.0057	5.446	0.049	100		-0.104±0.066	
J =	0.000758±0.000002									
Volume 39ArK =	153.16									
Integrated Date =	-0.14±0.15									
Volumes are 1E-13 cm ³ NPT										
Neutron flux monitors: 28.02 Ma FCs (Renne et al., 1998)										
Isotope production ratios: (40Ar/39Ar)K=0.0302±0.00006, (37Ar/39Ar)Ca=1416.4±0.5, (38Ar/39Ar)Ca=0.3952±0.0004, Ca/K=1.83±0.01(37ArCa/39ArK)										
Run Date:	16-Jan-08 TU-2281									

Tablo 6.4. Riyolit bileşimli kayta (2005 52) tespit edilen biyotit üzerinde yapılan Ar-Ar izotop yaş analizi

Isotop Step-Heat Data			Isotop Inverse Isochron Data					
Cum39Ar	Age	error (2-s)	%39Ar	39/40	err (2-s)	36/40	err (2-s)	rho
0.11	-3.7359	6.8985	0.11	0.00628	0.000105	0.003442	0.00011	0.173
2.31	-0.3511	2.7959	2.2	0.012345	0.000178	0.003395	0.000085	0.263
4.35	-0.7887	1.5068	2.04	0.019901	0.000244	0.003423	0.000074	0.228
6.31	-0.2042	1.3894	1.96	0.021499	0.000364	0.003395	0.000073	0.193
8.09	-0.1265	1.2216	1.78	0.028638	0.000419	0.003393	0.000086	0.124
12.09	-0.6984	0.985	4	0.036941	0.000571	0.003449	0.00009	0.215
17.78	0.0035	0.5831	5.69	0.059633	0.000777	0.003384	0.000086	0.187
32.77	0.0746	0.1566	14.99	0.164292	0.001191	0.003355	0.000063	0.134
47.85	-0.0158	0.0843	15.08	0.407804	0.005156	0.003404	0.000085	0.179
58.89	0.0691	0.0635	11.04	0.595445	0.006223	0.003288	0.000093	0.13
69.54	0.0433	0.0577	10.65	0.661881	0.007551	0.003319	0.000094	0.168
82.75	0.0356	0.054	13.21	0.922504	0.013811	0.003312	0.000123	0.137
92.09	0.0555	0.0398	9.34	1.196145	0.023288	0.003231	0.000117	0.204
100	0.0196	0.0496	7.91	1.352259	0.028016	0.003332	0.000166	0.219

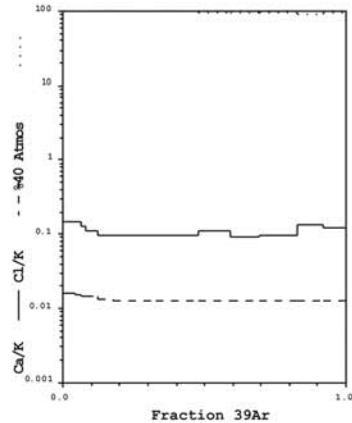
Plateau age results:

Age = 0.040 ± 0.022 Ma
 (2σ , including J-error of .5%)
 MSWD = 0.70, probability = 0.77
 100% of the 39Ar, steps 1 through 14

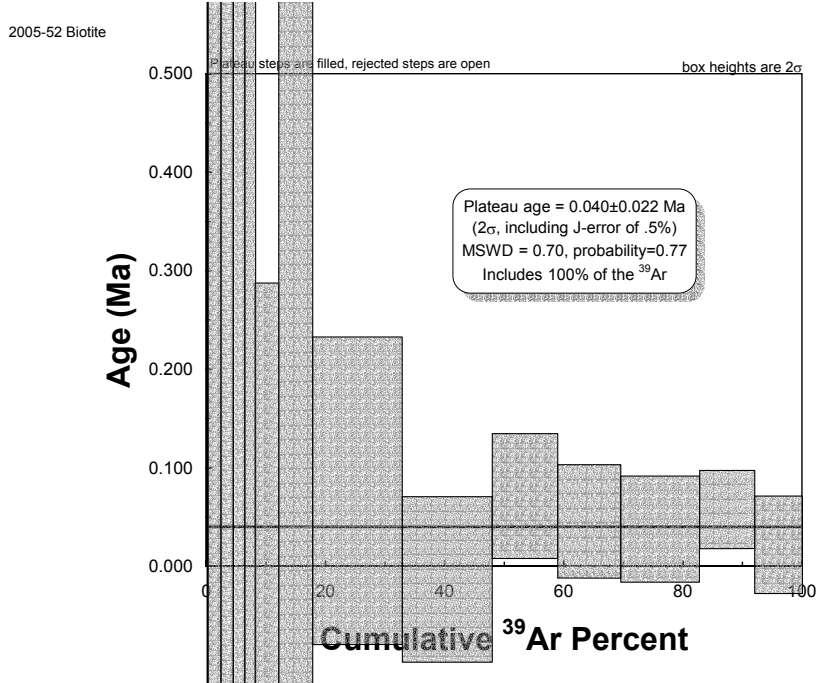
Inverse isochron results:

Model 1 Solution ($\pm 95\%$ -conf.) on 14 points
 Age = 0.048 ± 0.026 Ma
 40/36 intercept: 293.6 ± 2.5
 MSWD = 0.57, Probability = 0.87
 (at $J = 0.000756 \pm 5\%$ 2σ)

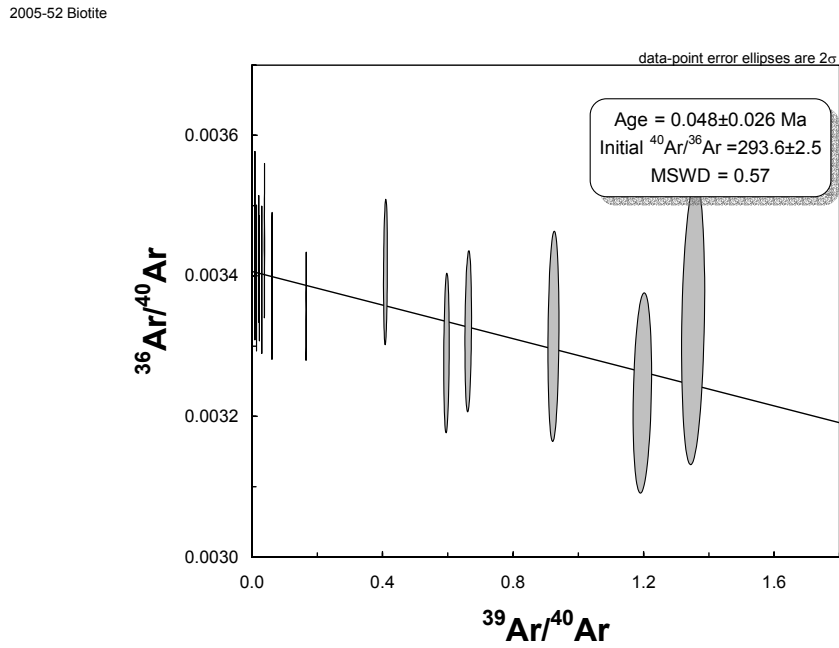
Model 1 Solution ($\pm 95\%$ -conf.) on 14 points
 Age = $0.0479 + 0.0270 - 0.0268$ (MonteCarlo)
 40/36 intercept: $293.58 + 2.45 - 2.50$
 MSWD = 0.57, Probability = 0.87
 (at $J = 0.000756 \pm 5\%$ 2σ)



2005-52 Biotite												
Laser Power(%)	Isotope Ratios 40Ar/39Ar	38Ar/39Ar	37Ar/39Ar	36Ar/39Ar	Ca/K	Cl/K	%40Ar atm	f 39Ar	40Ar*/39ArK	Age		
2	160.4603±0.0125	0.1567±0.1577	0.0690±0.2338	0.5519±0.0328	0.295	0.009	101.7	0.11	-2.736±5.047	-3.7359±6.8985		
2.3	81.2251 0.0144	0.1380 0.0338	0.0159 0.0327	0.2750 0.0254	0.15	0.016	100.28	2.2	-0.257 2.050	-0.3511 2.7959		
2.5	50.4586 0.0122	0.1147 0.0317	0.0157 0.1161	0.1722 0.0222	0.146	0.016	101.09	2.04	-0.578 1.104	-0.7887 1.5068		
2.7	46.7246 0.0169	0.1093 0.0231	0.0157 0.0667	0.1582 0.0247	0.145	0.015	100.26	1.96	-0.150 1.019	-0.2042 1.3894		
2.9	35.1353 0.0146	0.0981 0.0276	0.0146 0.0586	0.1189 0.0276	0.13	0.014	100.18	1.78	-0.093 0.896	-0.1265 1.2216		
3.2	27.2008 0.0154	0.0942 0.0181	0.0114 0.0605	0.0935 0.0273	0.113	0.014	101.78	4	-0.512 0.722	-0.6984 0.9850		
3.5	16.8692 0.0130	0.0828 0.0168	0.0097 0.0865	0.0569 0.0262	0.097	0.013	99.8	5.69	0.003 0.428	0.0035 0.5831		
3.8	6.1439 0.0072	0.0728 0.0155	0.0088 0.0490	0.0205 0.0191	0.094	0.013	98.61	14.99	0.055 0.115	0.0746 0.1566		
4	2.5049 0.0125	0.0691 0.0161	0.0090 0.0223	0.0084 0.0256	0.096	0.012	99.25	15.08	-0.012 0.062	-0.0158 0.0843		
4.2	1.7383 0.0102	0.0689 0.0161	0.0106 0.0305	0.0056 0.0283	0.114	0.012	95.27	11.04	0.051 0.047	0.0691 0.0635		
4.4	1.5705 0.0111	0.0688 0.0211	0.0088 0.0617	0.0051 0.0282	0.093	0.012	95.98	10.65	0.032 0.042	0.0433 0.0577		
4.6	1.1378 0.0145	0.0693 0.0213	0.0091 0.0409	0.0037 0.0372	0.098	0.013	94.95	13.21	0.026 0.040	0.0356 0.0540		
4.8	0.8988 0.0186	0.0691 0.0334	0.0123 0.0457	0.0028 0.0360	0.131	0.013	91.81	9.34	0.041 0.029	0.0555 0.0398		
5	0.8078 0.0194	0.0699 0.0317	0.0117 0.0234	0.0026 0.0468	0.123	0.013	94.21	7.91	0.014 0.038	0.0196 0.0496		
Total/Average	84.897±0.0022	0.0753±0.0033	0.0589±0.0021	0.0287±0.0043	0.108	0.013	100		0.033±0.038			
J =	0.000756±0.000002											
Volume 39ArK =	976.64											
Integrated Date =	-0.03±0.10											
Volumes are	1E-13 cm3 NPT											
Neutron flux monitors:	28.02 Ma FCs (Renne et al., 1998)											
Isotope production ratios:	(40Ar/39Ar)K=0.0302±0.00006, (37Ar/39Ar)Ca=1416.4±0.5, (36Ar/39Ar)Ca=0.3952±0.0004, Ca/K=1.83±0.01(37ArCa/39ArK)											
Run Date:	15-Jan-08 TU-220											



a



b

Şekil 6.3. Riyolit bileşimli kayaktan (2005 52) biyotit üzerinde yapılan Ar-Ar izotop analizlerine ait a) plato basamak ve yaş grafiği, b) inverse izokron grafiği.

7. SONUÇLAR

“Süphan Stratovulkanı'nın Volkanostratigrafisi ve Jeokimyasal Evrimi” isimli proje kapsamında yapılan arazi, uzaktan algılama, mineraloji-petrografi, jeokimya ve jeokronolojik çalışmalar yardımıyla aşağıda özetlenen sonuçlar elde edilmiştir.

Süphan Stratovulkanı'nı karakterize eden yaklaşık olarak 1100 km² lik bir alanın arazi, uzaktan algılama ve jeokronolojik veriler yardımıyla jeoloji haritası yapılmış ve volkanostratigrafisi oluşturulmuştur. Volkanik birimler çalışma alanında yer alan Neojen (Miyosen-Pliyosen)-Kuvaterner (Pleyistosen) yaşlı sedimanter birimlerin üzerine yerleşmiştir. Volkanizmanın ilk ürünleri “Debris Avalanche”, I. Evre piroklastik ürünler ve riyolitik obsidiyen lavlarıdır. Bu birimlerin üzerine bazalttan riyolite kadar uzanan lav akışları, riyolitik/dasitik domlar, piroklastik birimler gelmektedir. Volkanizmanın en son ürünleri ise Aygır Maarı'na ait piroklastik birimlerdir.

Simetrik bir morfolojiye sahip olan volkanın gelişiminde rol oynayan ana çizgisel hatlar KD-GB, GB-KD ve D-B uzanımlar sunmaktadır.

Stratovulkanı oluşturan tüm volkanik kayalarda porfirik doku hakimdir. Sadece riyolitler, dasit ve trakitler içerisinde alınan anklavlar ile alkali bazalt ve alkali bazaltik trakiandezitik kayalarda holokristalin doku gözlenmektedir. Genel parajenez “plajiyoklaz ± olivin ± ortopiroksen ± klinopiroksen ± amfibol ± biyotit ± kuvars” şeklindedir. Olivin minerali bazaltik, bazaltik trakiandezitik ve trakiandezitik kayalarda bulunurken, ortopiroksen minerali bazaltik-trakiandezitten riyolite kadar uzanan tüm kayalarda gözlenmektedir. Klinopiroksen minerali genellikle bazaltik, bazaltik-trakiandezitik, traki andezitik, trakitik ve dasitik lavlarda bulunmaktadır. Amfibol minerali trakitik, dasitik ve riyolitik lavlarda yerilirken, en yaygın olarak dasitik lavlarda bulunmaktadır. Biyotit genellikle dasitik ve riyolitik birimlerin ana mineral bileşimine girmektedir. Kuvars, riyolitik obsidiyen ve riyolitik lavlarda kemirilmiş kristaller halinde bulunmaktadır. Volkanik ürünlerin tamamında Fe-Ti oksitler (opak mineraller) yer almaktadır.

Süphan volkanikleri genel olarak subalkali ve alkali karakterler arasında geçiş özelliği göstermektedir. İz element içerikleri ele alındığında Süphan volkanikleri, LIL ve LRE elementler bakımından HFS ve HRE elementlere oranla zenginleşme göstermiştir. HFS

elementlerdeki belirgin Nb ve Ta negatif anomalisi kaynak bölgesinde var olan dalma-batma katkısına işaret etmektedir.

Süphan anklavları ise iki tanesi dışında (2005-41, 2007- 6) Süphan volkanikleri ile benzer özellikler sergilemektedir. 2005-41 nolu örnek yay bazaltlarıyla benzer özellikler gösterirken, 2007-6 nolu örnek ise levha içi magmatizması ürünlerine benzerlik göstermektedir.

Volkaniklerin ve anklavların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları sırasıyla 0.703925 – 0.709579 ve 0.704596 - 0.706647 arasında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranları ise sırasıyla 0.512819 - 0.512520 ve 0.512613 -0.512805 arasında değişmektedir. $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları, Süphan volkanikleri için, sırasıyla, 39.0585-39.4353, 15.6693-15.6991 ve 19.0222-19.5498 değer aralıklarına sahiptir; sözkonusu oranlar, anklavlar için ise, sırasıyla, 39.2055-39.2690, 15.6757-15.6848 ve 19.1849-19.1943 arasında değişmektedir.

Major, iz element ve izotop oranları volkanizmanın gelişiminde fraksiyonel kristallenme ve kabuksal kirlenmenin varlığına işaret etmektedir. Fraksiyonel kristallenme vektörlerinin oluşturulduğu diyagramlarda (Y-Rb, Sr-Rb) elde edilen mineral parajenezleri mineralojik bulgular ile örtüşmektedir. Elde edilen vektörler *plajiyoklaz + olivin + klinopiroksen + ortopiroksen + amfibol + biyotit + K-feldspat* minerallerinin fraksiyonel kristallenmede etkin fazlar olduklarını göstermiştir.

Süphan volkanizmasının kökenine ışık tutabilmek amacıyla çizilen iz element (Th/Y-Nb/Y) ve izotop korelasyon diyagramları ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – $\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$, $\text{Pb}^{207}/^{204}-\text{Pb}^{206}/^{204}$) volkanizmanın kaynağının dalma-batma bileşeni ile zenginleşmiş bir manto kaynağı olduğunu işaret etmiştir. Volkanizmanın kökeni hakkında daha fazla bilgi edinebilmek amacıyla oluşturulan diyagram (Ba/Nb - Ce/ Nb) üzerindeki karışım eğrisi de Süphan volkaniklerinin zenginleşmiş bir manto kaynağı ile dalma-batma bileşeni içeren bir kaynağın karışımından oluştuğunu göstermektedir. Doğu Anadolu Bölgesi'nde kabuk kalınlığı ile ilgili jeofizik tabanlı çalışmalar da göz önüne alındığında bu kaynağın, olasılıkla dalan levhanın kırılması (slab breakoff) yoluyla yitim bileşeni edinmiş astenosferik bir manto olabileceği ortaya konmuştur.

Volkanikler üzerinde gerçekleştirilen Ar-Ar yaş analizleri trakitik lavlar için 0.55 ± 0.34 ile 0.037 ± 0.020 my arasında riyolitik lavlar için ise 0.040 ± 0.022 my yaş vermiştir.

Yukarıda da özetlendiği gibi bu proje kapsamında Süphan Stratovolkanının jeolojik, mineralojik-petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik özellikleri ortaya konmuştur. Bu

Çalışmaların yanısıra Süphan volkanizmasının gelişimini etkileyen faktörlerin daha ayrıntılı bir şekilde ortaya konmasına yardımcı olabilecek mineral kimyası çalışmalarının ayrıca Süphan Volkanizmasını oluşturan volkanik birimlerin endüstride kullanılabilirliğini belirleyecek çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Al-Lazki, A., Seber, D., Sandvol, E., Turkelli, N., Mohamad, R., Barazangi, M., Tomographic Pn velocity and anisotropy structure beneath the Anatolian plateau (eastern Turkey) and the surrounding regions. *Geophysical Research Letters* 30 (24), doi:10.1029/2003GL017391, (2003).
- Angus, D.A., Wilson, D.C., Sandvol, E. & Ni, J.F., Lithospheric structure of the Arabian and Eurasian collision zone in Eastern Turkey from S-wave receiver functions. *Geophys. J. Int.*, 166(3), 1335-1346, (2006).
- Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey- a synthesis. *Geodinamica Acta* 14, 3-30, (2001).
- Cas, R. A. F., Wright, J. V., Three types of pyroclastic deposits and their eruption, *Volcanic Successions*, Editors: Chapmann and Holl, Chap. 5, Unwin Hyman, London, (1987) Pp. 528.
- Demirtaşlı, E., Pisoni, C., Ahlat-Adilcevaz bölgesinin jeolojisi (Van Gölü kuzeyi). *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, vol. 64, 22-36, (1965).
- De Paolo, D.J., Trace element and isotopic effects of combined wall rock assimilation and fractional crystallization. *Earth and Planetary Science Letters* 53, 189-202, (1981).
- Ercan, T., Fujitani, T., Molsuda, J., Notsu, K., Tokel, S., Tadahide, U., İ., Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkaniklerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotropik verilerin yorumu. *MTA dergisi*, 110, 143-164, (1990).
- Faccenna, C., Bellier, O., Martinod, J., Piromallo, C., Regard, V., Slab detachment beneath eastern Anatolia: a possible cause for the formation of the North Anatolian fault. *Earth Planet. Sci. Lett.* 242, 85-97, (2006).
- Glicken, H., Criteria for identification of large volcanic debris avalanches (abstr). *Eos, Trans Am Geophys Union* 63:1141, (1982).
- Güleç, N., Crust-mantle interaction in western Turkey: implications from Sr-Nd isotope geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics. *Geological Magazine*, 128/5, 417-435, (1991).

- Gülen, L., Sr, Nd, Pb, isotope and trace element geochemistry of calc-alkaline and alkaline volcanics, eastern Turkey, (Ph.D thesis), Massachusetts Institute of Technology, USA, (1984).
- Hawkesworth, C.J., Kempton, P.D., Rogers, N.W., Ellam, R.M. and Von Calsteren, P.W., Continental mantle lithosphere and shallow level enrichment processes in the Earth's mantle. *Earth & Planetary Science Letters*, 96, 256-268, (1990).
- Hawkesworth, C.J., Mantovani, M.S.M. and Peate, D.W., Lithosphere remobilisation during Parana CFB magmatism. In: Cox, K.G. & Menzies, M.A. (eds) *Oceanic and continental lithosphere: Similarities and differences*. *Journal of Petrology*, Special Volume, 205-223, (1988).
- Hawkesworth, C.J., Taylor, P.N., Palacz, Z., Evidence from the Parana of SouthBrazil for a continental contribution to Dupal basalts. *Nature* 322, 356-359, (1986).
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Redicat de Drozolo Villari, L., 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, 103-112, (1976).
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Science* 8, 523-548, (1971).
- Kempton, P.D., Fitton, J.G., Hawkesworth, C.J., Ormerod, D.S., Isotopic and trace element constrains on the composition and evolution of the lithosphere beneath the southwestern United States. *Journal of Geophysical Research* 96(B8), 713-735, (1991)
- Keskin, M., Eastern Anatolia: a hot spot in a collision zone without a mantle plume. In: Foulhrt, G.R., Jurdy D. (Eds), *Plates, Plumes, and Planetary Processes*. Geological Society of America Special Paper 430, 693–722, (2007).
- Keskin, M., Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophys. Res. Lett.*30(24), doi.10.1029/2003GI018019, (2003).
- Keskin, M., FC Modeler: A microsoft excel spreadsheet program for modeling Rayleigh fractionation vectors in closed magmatic systems. *Computers & Geosciences* 28/8, 919-928, (2002).

- Keskin, M., Pearce, J. A., Mitchell, J. G., Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, North Eastern Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85, 355–404, (1998).
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamina, S., Kuloshvili, S., Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta* 14, 177-195, (2001).
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zannettin, B., A classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology* 27, 745-750, (1986).
- Langmuir, C., Vocke, R., Hanson, G. and Hart, S. A general mixing equation with applications to Icelandic basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.* 37, 380-392, (1978).
- Middlemost, E. A. K., The basalt clan. *Earth Science Reviews* 11, 337-364, (1975).
- Miyashiro, A., Nature of alkalic volcanic rocks series. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 66, 91-104, (1978).
- Notsu, K., Fujitoni, T., Ui, T., Matsuda, J., Ercan, T., Geochemical features of collision-related volcanic rocks in central and Eastern Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 64, 171-192, (1995).
- Ogata A., Nakamura K., Nagao K. and Akimoto S. K-Ar age of young volcanic rocks of Turkey. 1989 annual meeting of the Geochemical Society of Japan, ICO 3, (1989).
- Özacar, A.A., Gilbert, H. & Zandt, G., Upper mantle discontinuity structure beneath East Anatolian Plateau (Turkey) from receiver functions. *Earth Planet. Sci. Lett.* 269, 426-434, (2008).
- Özdemir, Y., Karoğlu, Ö., Tolluoğlu, A.Ü., Güleç, N., Volcanostratigraphy and petrogenesis of the Nemrut stratovolcano (East Anatolian High Plateau): The most recent post-collisional volcanism in Turkey. *Chemical Geology* 226, 189–211, (2006).
- Peccerillo, A. & Taylor, S. R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 58, 63–81, (1976).

- Pearce, J. A., The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. In: Hawkesworth C.J. and Norry M.J. (eds.), *Continental Basalt and Mantle Xenoliths*. Shiva Publishing Limited, Cheshire, 230-249, (1983).
- Pearce, J. A., Bender, J. F., De long, S. E., Kidd, W. S. F., Low, P. J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, G. J., Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 189-229, (1990).
- Piromallo, C., Morelli, A., P wave tomography of the mantle under the Alpine-Mediterranean area. *Journal of Geophysical Research* 108 (B2), 2065. doi:10.1029/ 2002JB001757, (2003).
- Sandvol., E., The eastern Turkey seismic experiment: The study of a young continent-continent collision. *Geophysical Research Letters* 30(24), doi: 10.1029/2003GL018912, (2003).
- Sandvol, E., Türkelli, N., Barazangi, M., The eastern Turkey seismic experiment: the study of a young continent-continent collision. *Geophysical Research Letters* 30(24), doi: 10.1029/2003GL018912, (2003a).
- Sandvol., E., Türkelli, N., Zor, E., Gök, R., Bekler, T., Gürbüz, C., Seber, D., Barazangi, M., Shear wave splitting in a young continent-continent collision: An example from Eastern Turkey. *Geophysical Research Letters* 30(24), doi: 10.1029/2003GL017390, (2003b).
- Saunders, A.D., Norry, M.J., Tarney, J., Fluid influence on the trace element compositions of subduction zone magmas. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 335, 377-392, (1991).
- Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic press, San Diego, (2000).
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Doğu Anadolu' nun neotektoniği ile ilgili magmatizma. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Ketin Sempozyumu*, Ankara, 149-162, (1984).
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Geological evolution and basinmodels during neotectonic episode in the eastern Anatolia. *Bulletin of the Mineral Research and Explortion* 107, 61–83, (1987).

- Şengör, A.M.C. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları. Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans serisi 2, (1980). Pp: 40.
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: Biddle, K.T., Christie-Blick, N. (Eds.), Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, vol. 37, 227–264 (in honor of J.C. Crowell), (1985).
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Genç, T., Zor, E., East Anatolian high plateau as a mantle supported, north-south shortened domal structure. *Geophysical Research Letters* 30(24), doi: 10.1029/2003GL017858, (2003).
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Keskin, M., Sakıncı, M., Özbakır, A.D., and Kayan, I, Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: Implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic-type orogens, *Earth Science Reviews*, 90, 1-48, (2008).
- Siebert, L., Large volcanic debris avalanches: characteristics of source areas, deposits, and associated eruptions. *J Volcanol Geotherm Res* 22:163-197, (1984).
- Siebert, L., Glicken, H., Ui, T., Volcanic hazards from Bezymianny- and Bandai-type eruptions. *Bull. Volcanol.* 49, 435-459, (1987).
- Sun, S.S., Mc Donough, W.F., Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes: In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (eds.), *Magmatism in Ocean Basins*. Geological Society of London Spec. Publ. 42, 313–345, (1989).
- Taylor, S.R., Mc Lennan, S.M., *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell, Oxford Press, (1985). Pp: 312.
- Tokel, S., Doğu Anadolu'da kabuk deformasyon mekanizması ve genç volkaniklerin petrojenezi, Türkiye Jeoloji Kurultayı Ketin Sempozyumu, Ankara, 121-130, (1984).
- Topuz, G., R. Altherr, A. Kalt, M. Satör, O. Werner, Schwarz, W.H., Aluminous granulites from the Pulur complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization, *Lithos*, 72, 183-207, (2004).

- Yeşilova, Ç., Yakupoğlu, T., Adilcevaz Kireçtaşının (Van Gölü Kuzeyi) Mikrofasiyes Özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 50, Sayı 1, 27-39, (2007).
- Yılmaz, Y., Comparison of young volcanic associations of Western and Eastern Anatolia formed under a compressional regime: A review, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44, 69-87, (1989).
- Yılmaz, Y., Şaroğlu, F., Güner, Y., Initiation of the neomagmatism in East Anatolia. Tectonophysics, 137, 177-199, (1987).
- Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F., Geology of the Quaternary volcanic centres of the East Anatolia. Journal of Volcanology and Geothermal Research 137, 177-199, (1998).
- Ui, T., Discrimination between debris avalanches and other volcanoclastic deposits. In: Latter JH (ed) (1989) IAVCEI Proceedings in Volcanology 1, Volcanic Hazards. Springer-Verlag, Berlin, 201-209, (1989).
- Weaver, B.L., The origin of ocean island basalt end-member compositions: trace element and isotopic constraints. Earth Planet. Sci. Lett. 104, 381–397, (1991).
- Zor, E., Sandvol, E., Gurbuz, C., Turkelli, N., Seber, D., Barazangi, M., The crustal structure of East Anatolian plateau from receiver functions. Geophysical Research Letters 30(24), 8044, doi: 10.1029/2003GLO18192, (2003).

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: YDABAG 104Y372
Proje Başlığı: Süphan Stratovulkanı'nın Volkanostratigrafisi Ve Jeokimyasal Evrimi
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof. Dr. G.M.Vedat Toprak Prof. Dr. Nilgün GÜLEÇ, Prof.Dr.A.Ümit TOLLUOĞLU, Doç.Dr.M.Lütfi SÜZEN, Araş.Gör. Yavuz ÖZDEMİR
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çankaya, Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TÜBİTAK, Ankara Orta Doğu Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (ÖYP Projesi), Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01/07/2005-01/09/2009
Öz (en çok 70 kelime) "Süphan Stratovulkanı'nın Volkanostratigrafisi Ve Jeokimyasal Evrimi" isimli proje Süphan Stratovulkanına yönelik gerçekleştirilen jeoloji, uzaktan algılama, mineraloji-petrografi, jeokimyasal ve jeokronoloji çalışmalarını kapsamaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışmalar sonucunda Süphan'ın volkanostratigrafisi oluşturulmuş, mineralojik-petrografik karakteristikleri belirlenmiş ve volkanizmanın gelişimini etkileyen süreçler ortaya konmuştur.
Anahtar Kelimeler: Süphan, volkanizma, mineraloji-petrografi, jeokimya
Projeden Yapılan Yayınlar: Özdemir. Y., Güleç, N., Tolluoğlu, A.Ü. Süphan Stratovulkanının bazaltik trakiandezitik lavlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri, Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü 30.Yıl Sempozyumu, Bildiri Özleri Kitabı, 25-27 Ekim, 75, (2007).

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: YDABAG 104Y372
Proje Başlığı: Süphan Stratovulkanı'nın Volkanostratigrafisi Ve Jeokimyasal Evrimi
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof. Dr. G.M.Vedat Toprak Prof. Dr. Nilgün GÜLEÇ, Prof.Dr.A.Ümit TOLLUOĞLU, Doç.Dr.M.Lütfi SÜZEN, Araş.Gör. Yavuz ÖZDEMİR
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çankaya, Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TUBİTAK, Ankara Orta Doğu Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (ÖYP Projesi), Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01/07/2005-01/09/2009
Öz (en çok 70 kelime) "Süphan Stratovulkanı'nın Volkanostratigrafisi Ve Jeokimyasal Evrimi" isimli proje Süphan Stratovulkanına yönelik gerçekleştirilen jeoloji, uzaktan algılama, mineraloji-petrografi, jeokimyasal ve jeokronoloji çalışmalarını kapsamaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışmalar sonucunda Süphan'ın volkanostratigrafisi oluşturulmuş, mineralojik-petrografik karakteristikleri belirlenmiş ve volkanizmanın gelişimini etkileyen süreçler ortaya konmuştur.
Anahtar Kelimeler: Süphan, volkanizma, mineraloji-petrografi, jeokimya
Projeden Yapılan Yayınlar: Özdemir, Y., Güleç, N., Tolluoğlu, A.Ü. Süphan Stratovulkanının bazaltik trakiandezitik lavlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri, Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü 30.Yıl Sempozyumu, Bildiri Özleri Kitabı, 25-27 Ekim, 75, (2007).