

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YILDIZELİ (SİVAS) BATISINDA YER ALAN
EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYALARIN
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE PETROJENEZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

C. Doğa TOPBAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YILDIZELİ (SİVAS) BATISINDA YER ALAN
EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYALARIN
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE PETROJENEZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**C. Doğa TOPBAY
(505131304)**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ş. Can GENÇ

HAZİRAN 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505131304 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **C. Doğa TOPBAY** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YILDIZELİ (SİVAS) BATISINDA YER ALAN EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYALARIN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE PETROJENEZİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ş. Can GENÇ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Zekiye KARACIK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Sabah Yılmaz ŞAHİN
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : **02 Mayıs 2016**
Savunma Tarihi : **06 Haziran 2016**

Annem Gülgün,

Babam Zeki'ye

ve dostlarıma,

ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği programında hazırlanan “Yıldızeli (Sivas) Batısında Yer Alan Eosen Yaşlı volkanik Kayaların Jeokimyasal Özellikleri ve Petrojenezi” konulu yüksek lisans tez çalışması İTÜ-Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından ve yürütücülüğünü Prof Dr. Zekiye Karacık’ın yapmış olduğu 112Y120 numaralı “Yıldızeli (Sivas) ve Almus (Tokat) İlçeleri Arasında Yer Alan Senozoyik Yaşlı Magmatik Birimlerin Petrojenezi ve Bölgenin Jeotektonik Evriminin Araştırılması” konulu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir. Yüksek lisans tez çalışması kapsamında, Yıldızeli batısında yoğunluk gösteren D-B uzanımlı Orta Eosen yaşlı volkanik kayaların stratigrafisinin belirlenmesi, petrografik, jeokimyasal ve izotop verilerinin ışığında magmatizmanın kökeninin ve evriminin anlaşılması amaçlanmıştır. Bu tez çalışmasını öneren, tüm bilgi ve birikimlerini çalışmanın her aşamasında benimle paylaşan, özellikle jeokimya sorularımı sabır ve anlayışla cevaplayan, öneri ve eleştirileriyle çalışmamı şekillendiren, bilimsel gelişimim için desteğini bir an olsun eksik etmeyen değerli danışmanım **Prof. Dr. Ş. Can Genç**’e katkılarından dolayı ve danışmanım olduğu için en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca arazi çalışmalarında, volkanik birimlerin tanımlanması ve petrografik incelemeler başta olmak üzere çalışmamın tamamında tecrübelerini benimle paylaşan, desteğini ve güler yüzünü hiç eksik etmeyen **Prof. Dr. Zekiye Karacık**’a tüm katkılarından dolayı en içten şükran ve teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmasını birlikte yürüttüğümüz, yüksek lisans öğrenimim boyunca yanımda olan, sorularımı özveri ile cevaplayan, her türlü bilimsel kaynağı ve bilgisini benimle paylaşan arkadaşım **Araş. Gör. Gönenç Göçmengil**’e ve arazide yanımda bize yoldaşlık yapan stajyerlerimiz İTÜ’den **İsmailcan Sever** ve Sivas Cumhuriyet Üniversitesi’nden **Hasan Işkın**’a katkılarından dolayı kocaman bir teşekkürü borç bilirim. Arazi çalışmaları sırasında gösterdikleri ilgi ve misafirperverlikten dolayı Yıldızeli Öğretmen evi çalışanlarına ve başta Yunus Solmaz ile Mustafa Kılıç olmak üzere Çamlıbel Otel’in tüm çalışanlarına teşekkür ederim. Arkadaşlarım **Sinem Hacısmanoğlu, Zeynep Çalışkanoğlu, Buse Sakabaş, Simge Ayvazoğlu** ve **Ceren Köse**’ye dostluklarıyla bana destek oldukları için çok teşekkür ederim. Farklı yaklaşımlarıyla bana yeni bakış açıları kazandıran sevdiğim **Ziya Mazlum**’a her zaman olduğu gibi bu çalışma sırasında da gösterdiği destek, hoşgörü ve içten motivasyonu ile her daim yanımda olduğu için minnettarım. Ayrıca tezin son aşamasında göstermiş olduğu anlayıştan ötürü müdürüm Sn. Abidin Kayı’ya teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde koşulsuz yanımda olan, sevgi, ilgi ve anlayışlarıyla adım adım ilerlememde en önemli katkıya sahip olan, desteklerini esirgemeyen, başta değerli annem **Gülgün Topbay** ile babam **Zeki Topbay** olmak üzere tüm aileme, emekleri ve sevgileri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2016

Doğa Topbay
(Jeoloji Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	1
1.2 Çalışma Yöntemleri.....	1
1.2.1 Tüm kaya jeokimya analiz yöntemi	3
1.2.2 Stronsiyum (Sr) ve Neodmiyum (Nd) izotop analizleri.....	4
1.3 İnceleme Alanının Tanıtılması	5
1.3.1 Coğrafi konum	5
1.3.2 Morfoloji	7
1.3.3 Literatür araştırması	7
2. STRATİGRAFİ	11
2.1 Temel Kayalar	12
2.1.1 Kırşehir Masifi metamorfikleri	12
2.1.2 Tekelidağ karmaşığı	16
2.1.3 Hıdırnalı grubu	19
1.3 Yıldızeli Grubu.....	23
2.2.1 Tokuş formasyonu.....	24
2.2.2 Yıldızeli volkanikleri	26
2.2.2.1 Epiklastik kayalar.....	26
2.2.2.2 Piroklastik akıntı birimleri	29
2.2.2.3 Bazalt, Bazaltik Andezit ve Andezitler	32
1.4 İncesu Formasyonu	38
3. PETROGRAFİ	41
3.1 Yıldızeli Volkaniklerinin Petrografik Özellikleri	41
3.1.1 Susuz seri (bazalt ve bazaltik andezitik lavlar; YV-1).....	41
3.1.2 Sulu seri (andezitik ve traki-andezitik lavlar; YV-2).....	47
4. JEOKİMYA.....	51
4.1 Jeokimyasal Sınıflama.....	51
4.2 Ana Element Ayrışma Trendleri (Harker Diyagramları)	58
4.3 İz Element Ayrışma Trendleri	60
4.4 Örümcek Diyagramlar	65
4.4.1 Çoklu element diyagramları.....	65
4.4.2 Nadir toprak rlement (REE) paternleri.....	68
4.5 İzotop Jeokimyası.....	72
4.6 Tektonik Ayırtlama Diyagramları	76
4.6.1 Th/Yb'a karşı Ta/Yb diyagramı	79
4.7 Jeokimya Verilerinin Tartışılması	80
5. YAPISAL JEOLojİ	83
5.1 Uyumsuzluklar	83

5.2 Faylar	84
5.2.1 Kuzey Anadolu bindirmesi.....	84
5.2.2 Pazarcık fay zone	85
5.2.3 Normal faylar	87
6. JEOLÖJİK EVRİM.....	89
7. SONUÇLAR	93
KAYNAKLAR.....	95
EKLER.....	101
ÖZGEÇMİŞ.....	103

KISALTMALAR

AFC	: Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme
Amf	: Amfibol
An	: Anortit
BE	: Toplam Yerküre Bileşimi
Bio	: Biyotit
CACV	: Orta Anadolu Kal-alkali Volkanikler
Cpx	: Klinopiroksen
ÇN	: Çift Nikol
DM	: Tüketilmiş Manto
EACV	: Doğu Anadolu Kalk-alkali Volkanikler
EM	: Zenginleşmiş Manto
E-MORB	: Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları
EPCV	: Doğu Pontid Kalk-alkali Volkanikler
EPNAV	: Doğu Pontid Neojen Alkali Volkanikleri
FC	: Fraksiyonel Kristallenme
FD	: Felsik Dayk
Hbl	: Hornblend
HFSE	: GüçlüYükler Taşıyan Büyük İyon Çaplı Elementler
HIM	: Yüksek U/Pb Oranına Sahip Manto
HREE	: Ağır Nadir Toprak Elementler
IAESZ	: İzmir Ankara Erzincan Sütur Zonu
ICP-ES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Emisyon Spektrometresi
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
İdg	: İddingsit
KAOK	: Kuzey Anadolu Ofiyolit Kuşağı
LILE	: Zayıf Yükler Taşıyan Büyük İyon Çaplı Elementler
LOI	: Ateşte Kayıp
LREE	: Hafif Nadir Toprak Elementler
MREE	: Orta Nadir Toprak Elementler
OAKK	: Orta Anadolu Kristalen Kompleksi
OIB	: Okyanus Adası Bazaltları
Ol	: Olivin
Opx	: Ortopiroksen
Plj	: Plajiyoklas
PM	: İlksel Manto
PREMA	: Yaygın Manto Bileşimi
REE	: Nadir Toprak Elementler
SCLM	: Kıta Altı Litosferik Manto
Srp	: Serpantin
TAS	: Toplam Alkali Silika
TIMS	: Triton Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi
TN	: Tek Nikol
UCC	: Üst Kıta Kabuğu
WAM	: Batı Anadolu Mantosu
YV	: Yıldızeli Volkanikleri

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1: Yıldızeli lav örneklerine ait ana oksit, iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları (UTM ED50 6 derece formatındadır).....	52-54

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Metodoloji akım şeması	2
Şekil 1.2: İzmir-Ankara suture zonu üzerinde bulunan çalışma alanının tektonik haritadaki konumu (Okay & Tüysüz 1999 'den sadeleştirilmiştir).	6
Şekil 1.3: Yıldızeli (Sivas) bölgesinde yer alan çalışma alanının yer bulduru haritası.	6
Şekil 2.1: Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.	12
Şekil 2.2: Kırşehir Masifi metamorfiklerinin genel görünümü (Kavak köyü civarı).	13
Şekil 2.3: Kızılköy civarındaki breşik ve foliasyonlu mermer mostraları	14
Şekil 2.4: Tekelidağ karmaşığının harita üzerindeki görünümü.	17
Şekil 2.5: Yeşilimsi gri serpantin hamur içerisinde radyolarit çört (sağda) ve diyabaz blokları (solda).	18
Şekil 2.6: Tekelidağ melanji içerisinde yastık yapılı spilitik lavlar.	18
Şekil 2.7: Tekelidağ melanjının genel görünümü, serpantin hamur içerisinde metadiyabaz ve kireçtaşı blokları (Subaşı Köyü kuzeyi).	19
Şekil 2.8: Hıdırnalı grubuna ait fliş benzeri kırıntılı istifin (kumtaşı-şeyl-silttaşı ardalanması) genel görünümü (Yıldızeli-Tokat karayolu).	20
Şekil 2.9: Mikritik kireçtaşı bloğunda (yaklaşık 75 m) gözlenen sin-sedimanter kıvrım yapıları	21
Şekil 2.10: Susuzdağ üyesinin mermer ve kuvarsit çakıllarından oluşan taban çakıltısı.	24
Şekil 2.11: Asar üyesinin bol foraminifer içeren kumtaşlarının mostrada görünümü.	25
Şekil 2.12: a) Epiklastik çakıltısının mostra görünümü, b) epiklastik çakıltısı kumtaşı ve silttaşı ardalanmasının genel görünümü, c,d) küresel ayrışma etkisiyle epiklastik kumtaşlarında oluşan soğan (eksfoliasyon) yapıları	27
Şekil 2.13: İnce katmanlı epiklastik silttaşı, lav ve kumtaşı ardalanması.	28
Şekil 2.14: Epiklastik silttaşı ve kaba kumtaşı ardalanması.	28
Şekil 2.15: Yıldızeli kuzeyinde Kulbasan Tepe ve batıda Şeyhhalil köyü civarındaki piroklastik akıntı birimlerinin ölçülü stratigrafik kesitleri.	29
Şekil 2.16: a) Kulbasan Tepe piroklastiklerin genel görünümü, b) 3 - 4 m kalınlığında basalt ve bazaltik-andezit blokları içeren kül blok akıntısı, c) kül tüfü ve 20 cm'lik lav bloğu içeren lapilli tüf ardalanması, d) lapilli tüfün genel görünümü	30
Şekil 2.17: Yağlıdere yakınlarında kül-blok akıntı birimleri ileri derecede altere, felsik bir dayk (FD) tarafından kesilmektedir.	31
Şekil 2.18: Yıldızeli volkanikleri içinde düz ve düzlemsel, yataya yakın eğimle akmış "aa" lav yüzeyli bazaltik andezit bileşimli lavların genel görünümü.	33

Şekil 2.19: Şeyhhalil köyü civarındaki bazaltik andezitlerde görülen 30-60 cm kalınlıktaki akma foliasyonları ve bunlara dik gelişmiş sütunsu soğuma kolanları.	34
Şekil 2.20: Andezit bileşimli lavlarda görülen akma foliasyonları ve bunlara kabaca dik gelişmiş eklem sistemleri.	34
Şekil 2.21: Andezit bileşimli lav akıntısında görülen “aa” lav yüzeyleri.....	35
Şekil 2.22: Hidrotermal alterasyona uğramış andezitik lavlar (solda) ve propilitleşme (sağda).	35
Şekil 2.23: Bazaltik bloklar içeren çeperleri kısmen yuvarlaklaşmış breşik lavlar. Lacivert renkteki bazaltların çeperlerinde kalsit oluşumları görülmektedir.	36
Şekil 2.24: Bazaltik-andezit bloklar içeren otobreşik lavların genel görünümü. Koyu gri renkteki breşik bazaltik andezit blokları, altere rengi koyu kahverengi olan piroksen ve plajiyokas içeren kumlu bir hamurla tutturulmuştur....	37
Şekil 2.25: İncesu formasyonunun gevşek, kötü tutturulmuş Hıdırnalı grubu fliş, pelajik kireçtaşı çakılları içeren kaba kumtaşlarının genel ve yakından görünümü.....	39
Şekil 2.26: Killi kumlu ara seviyeler içeren, yataya yakın tabakalanma gösteren İncesu Formasyonu.....	39
Şekil 3.1: a) Bazalt kesitlerinde plajiyoklasların kenar zonlarında glomeroporfirik piroksenler (ÇN) b) Salınlımlı zonlanma gösteren plajiyoklas (ÇN), c, d) magma etkileşimi sonucu plajiyoklas fenokristalinde oluşan elek dokusu ve reaksiyon kenarı (TN, ÇN), (Cpx: klinopiroksen, Plj:plajiyoklas,srp: serpantin, ÇN: çift nikol, TN: tek nikol).	42
Şekil 3.2: a,b) Basit ikizlenme gösteren klinopiroksen fenokristali (TN,ÇN), c,d) Plajiyoklas ve opak mineral kapanımları içeren özşekilli ortopiroksen fenokristali camı bir hamur içerisinde (TN,ÇN).....	44
Şekil 3.3: a) Tamamen serpantinleşmiş özşekilsiz olivin minerali (TN), b) özşekilli ortopiroksen fenokristali ve psödomorf iddingsit minerali (TN), c,d) Özşekilsiz olivin fenokristalinde iddingsitleşme (TN,ÇN) (Ol: olivin, Opx:ortopiroksen, Srp:serpantin, İdg: iddingsit, TN: tek nikol, ÇN:çift nikol).	45
Şekil 3.4: Glomeroporfirik dokulu bazaltik andezit örneği (Çift nikol görünümü)...	46
Şekil 3.5: a) Vitrofirik, trakitik dokulu, polisentetik ikiz ve zonlanma gösteren plajiyoklas lataları ve trakitik doku sergileyen mikrolitler (ÇN), b) plajiyoklaslarda sünger dokusu ve kalsit dolguları (ÇN), c) salınlımlı ve karmaşık zonlanma gösteren plajiyoklaslar ve hornblend fenokristali trakitik hamur içerisinde (ÇN), d) Plajiyoklasın kenar zonlarında görülen reaksiyon kuşağı (ÇN).	48
Şekil 3.6: a,b) Kenar zonları opaklaşmış hornblend ve klinopiroksen (TN,ÇN), c) Hornblend fenokristali çift yönde mükemmel gelişmiş dilinim (TN), d) İkizlenme gösteren hornblend fenokristali (ÇN).....	49
Şekil 4.1: Yıldızeli volkaniklerinin Le Bas ve diğ. (1986)’nin TAS diyagramındaki yerleri. B:bazalt;BA:bazaltik-andezit; A:andezit, T:Trakit, TA:trakiandezit; BTA:bazaltik-trakiandezit; TB: trakibazalt, kesikli çizgi: IB:Irvine ve Baragar (1971), alkali–subalkali ayırtlama çizgisidir.	56

Şekil 4.2: Yıldızeli volkaniklerinin Winchester ve Floyd (1977)'un SiO ₂ 'ye karşı Zr/TiO ₂ diyagramındaki yerleri. (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).....	56
Şekil 4.3: Yıldızeli volkaniklerinin Peccerillo ve Taylor (1976)'ın K ₂ O'ya karşı SiO ₂ değişimleri (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).....	57
Şekil 4.4: Yıldızeli Grubu lavlarının kalk-alkalin toleyitik ayırım (AFM) diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971) (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).	57
Şekil 4.5: Yıldızeli grubu lavlarının SiO ₂ 'ye karşı ana oksit element Harker değişim diyagramları. Lejantta UCC olarak gösterilen üst kıta kabuğu ana element bileşimleri Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır.	59
Şekil 4.6: Yıldızeli grubu lavlarının SiO ₂ 'ye karşı iz element Harker değişim diyagramları. Lejantta UCC olarak gösterilen üst kıta kabuğu ana element bileşimleri Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır.	62
Şekil 4.7: (a,b,c) Yıldızeli grubu volkaniklerinin N-MORB'a göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş çoklu iz element diyagramları. Parantez içinde gösterilen değerler SiO ₂ içerikleridir.	67
Şekil 4.9: La/Sm'ye karşılık Sm/Yb diyagramı. Ergime eğrileri Aldanmaz ve diğ. (2000)'den alınmıştır.....	72
Şekil 4.10: Zindler ve Hart (1986) tarafından tanımlanan manto rezervuarlarını gösterir Sr-Nd izotop korelasyon diyagramı (BE: toplam yerküre bileşimi, DM: Tüketilmiş manto, EM I ve EM II: zenginleşmiş manto, HIM: yüksek U/Pb oranına sahip manto, PREMA:Yaygın Manto bileşimi) (Rollinson,1993'den alınmıştır).	73
Şekil 4.11: Yıldızeli grubu volkanikleri için hazırlanmış Sr/Sr'ye karşılık ε _{Nd} korelasyon diyagramı. (MORB, OIB, Küçük Antiller, Mariana ve Güney Sandwich adaları ile Sunda yay değerleri Faure ve Mensing (2005)'den alınmıştır.....	74
Şekil 4.12: Yıldızeli volkaniklerinin (⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _i 'ye karşılık (¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd) _i diyagramı. (DM: Tüketilmiş manto, EM I, EM II: zenginleşmiş manto, HIM: yüksek U/Pb oranına sahip manto, PREMA: Yaygın manto bileşimi)..	75
Şekil 4.13: Yıldızeli grubu lavlarının Pearce ve Cann (1973) tarafından bazaltik bileşimli lavlar için önerdiği Ti-Zr-Y ayırlama diyagramındaki konumları (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).	76
Şekil 4.14: Yıldızeli grubu lavlarının Meschede (1986) tarafından önerilen Nb-Zr-Y ayırlama diyagramındaki konumları (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).	78
Şekil 4.15: Yıldızeli grubu lavlarının Wood (1980) tarafından önerilen Hf-Th-Ta ayırlama diyagramındaki konumları (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).	78
Şekil 4.16: Yıldızeli volkaniklerinin Ta/Yb'a karşılık Th/Yb diyagramı (Pearce, 1983).....	79
Şekil 5.1: Ilıca güneybatısında yer alan KD-GB doğrultulu, ters bileşenli sol yanal atımlı oblik fayın haritadaki görünümü.....	86
Şekil 5.2 : Kavak Köyü güneybatısında KD-GB uzanımlı sol yanal atımlı oblik fay düzlemi.....	87
Şekil 5.3: Kavak güneybatısındaki KD-GB uzanımlı normal fayların haritadaki konumu.....	88
Şekil 5.4: Çobansaray köyü güneyinde, Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu içerisinde gelişmiş normal fayların görünümü.	88
Şekil A.1: Ölçülü stratigrafik kesitler.....	102

YILDIZELİ (SİVAS) BATISINDA YER ALAN EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYALARIN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE PETROJENEZİ

ÖZET

Yıldızeli (Sivas) batısındaki inceleme alanı, kuzeyde Sakarya kıtası, ortada İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu (İAESZ) ve güneyde Kırşehir masifi ile sınırlı yaklaşık 900 km²'lik bir alanı kapsayan kritik bir bölgedir. Neotetis Okyanusunun kuzey kolunun yitimine bağlı olarak, Erken Senozoyik döneminde Kırşehir Masifi ve Pontidler'in çarpışması gerçekleşmiştir. Bu çarpışmaya rağmen giderek sığlaşan kalıntı bir okyanusal/derin denizel havza Erken Eosen sonlarına değin varlığını sürdürmüş ve tüm farklı tektonik birliklerin üzerinde Orta Eosen döneminde yaygın bir volkano-sedimanter birim gelişmiştir.

Yıldızeli volkano-sedimanter topluluğu çalışmanın asıl konusunu oluşturmaktadır. Orta Eosen yaşlı olan bu topluluk bazalt, bazaltik andezit ve andezit bileşimli lavlar ve bunlarla ara katkılı epiklastik ve piroklastik birimler ile sığ denizel çökel kayalarından oluşmaktadır. Bu istif, güney alanlarda Kırşehir Masifi metamorfikleri (Mesozoyik?), ofiyolitik melanj (Üst Kretase) ve fliş benzeri (Üst Kretase-Paleosen) birimlerin üzerinde gelişmiştir. Daha kuzeyde de Tokat masifi açısız uyumsuzlukla yer almaktadır.

Volkanik topluluğun ana litolojisini oluşturan kayalar mineralojik özelliklerine göre "susuz" ve "sulu" seri olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır: (1) Susuz seriye ait lavlar "olivin ve piroksen içerenler (YV1-a)" ile "piroksen içerenler (YV-1b)" , (2) sulu seriye ait lavlar ise "amfibol, piroksen ve biyotit içeren (YV-2)" lavlardır.

Jeokimyasal veriler lavların bazalttan traki-andezite kadar değişen geniş bir spektrumu içerdiğini ve bunların, kısmen alkali, çoğunlukla kalk-alkali karakterde ve orta potasyumlu olduğunu göstermektedir. Yıldızeli grubu lavlarının N-MORB ve kondrite göre normalize edilmiş diyagramlardaki paternler büyük iyon çaplı elementler (Sr,K,Rb,Ba,Th) ve hafif nadir toprak elementler (La,Ce,Nd) bakımından zenginleşme, güçlü yükler taşıyan küçük iyon çaplı (HFS) elementler (Ta,Nb,Hf,Zr,Ti) ve ağır nadir toprak (HRE) elementler (Tb, Y,Yb) bakımından da tüketilme olduğunu ortaya koymaktadır. Bu paternler Yıldızeli volkaniklerini oluşturan magmanın daha önceki bir yitimin imzasını taşıdığı ve magma gelişiminde kabuksal kirlenmenin de önemli rolü olduğuna işaret etmektedir. Tektono-magmatik ayırım diyagramlarından da bunu destekler şekilde sonuçlar elde edilmiştir.

Yıldızeli volkaniklerine ait örneklerin izotop değerleri ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (0,704389-0,706291), ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd (0,512620-0,512775), (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)i oranları 0,704242 ile 0,705512, (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)i oranı ise 0,512586 ile 0,512744 arasında, ε_{Nd}i değerleri ise -0,4 ile +2,7 aralığında değişmektedir. Bu değerlere göre tüm örnekler manto alanına ait yakın bir bölgeden başlar ve BE (Bulk Earth) bileşimine doğru zenginleşme gösterir.

Çalışma konusu olan orta Eosen yaşlı volkanik birimlerden elde edilen petrografik ve jeokimyasal veriler, arazi gözlemleri ile birlikte değerlendirilip yorumlandığında bu volkanitlerin çarpışma sonrası ortamda, önceki bir yitim ile zenginleşmiş bir kıta altı manto kaynağının (SCLM) kısmi ergimesiyle türemiş ve ayrıca kıtasal kabuk gereci ile de kirletilmiş olabilecekleri sonucuna varılmaktadır.

GEOCHEMICAL FEATURES AND PETROGENESIS OF THE EOCENE VOLCANIC UNITS IN THE WEST OF YILDIZELİ (SİVAS) REGION

SUMMARY

Study area to the west of Yıldızeli (Sivas) region, situated in a critical area which comprises the Sakarya continent in the north, İzmir- Ankara-Erzincan suture zone (İAESZ) in the centre and Kırşehir Massif in the south. After the northern branch of the Neotethyan Ocean was northerly consumed, a continent-continent collision has occurred between Kırşehir Massif and Pontides in Early Cenozoic time whilst a remnant oceanic/deep marine basin is still survived until the end of Early Eocene. During the Middle Eocene, an east-west trending widespread volcano-sedimentary units were developed on these different tectonic units. The Middle Eocene aged volcanics of Yıldızeli (Sivas) area in the central zone of the Pontides were divided, on the basis of the volcanic facieses; as basaltic, basaltic andesitic lava flows, flow breccias and associated epiclastics and pyroclastic rocks.

With in the scope of this study, on the basis of field observations, stratigraphical, minerological, petrographical and geochemical data, assess to the petrological evolution of the Middle Eocene aged volcanic rocks in the region. Thin sections of the samples are determined under the polarized microscope to determine petrographic properties of Yıldızeli lavas. For geochemical analysis 23 lavas were selected and crushed with a hydraulic press and jaw crusher and then grinded in an agate ball mill in order to prepare powders to send to Canada Acme Lab.

In the previous studies different models are suggested for the Eocene volcanic succession such as post-collisional, delamination and slab-breakoff models as well as the arc model for its westernmost parts. We will present our field and geochemical data obtained from the Yıldızeli and its surroundings for its petrogenesis, and will discuss the tectonic model(s) on the basis of their geochemical/petrological aspects.

Stratigraphy of the area is represented by, from bottom to top, Pre-Mesozoic crustal meta-sedimentary group of Kırşehir Massif composed of marble schist and quartzite ,ophiolitic mélange (Tekelidağ Melange) and Cretaceous-Paleocene flysch-like sequences (Hıdırnalı Group). Basement rocks of Kırşehir Massif are unconformably overlain by Middle Eocene Tokuş Formation and Yıldızeli volcanic sequences. In the northern part of Yıldızeli region, north vergent thrust fault trending E-W separates the ophiolitic mélange complex from the Upper Cretaceous-Paleocene and Tertiary formations. Miocene aged İncesu Formation covers large areas in the study area and represented by fluvial environment and overlies all older units with an angular unconformity.

Volcano-sedimentary units, Eocene in age, of the Yıldızeli (Sivas-Turkey) which are intercalated with sedimentary deposits related to the collision and a simultaneous volcanic activity (i.e. the Yıldızeli volcanics), exposed throughout a wide zone along

E-W orientation. All the Yıldızeli Group rocks are interlayered with each other. Middle Eocene volcano-sedimentary unit consist of basaltic, basaltic-andesitic and andesitic lavas which are intercalated with epiclastic units (sandstone,siltstone) and pyroclastic units together with shallow marine, *Nummulites* bearing sedimentary rocks. In western part of the region (around Şeyhhalil and Belçik) columnar jointing is commonly observed in basaltic-andesites.

Rocks forming the main lithology of Yıldızeli volcanics are divided into two main groups according to their mineralogical features; anhydrous lava series and hydrous lava series. (YV-1) Anhydrous lava series are composed of basaltic and basaltic-andesitic rocks which are consisting phenocrysts of plagioclase + clinopyroxene ± olivine ± orthopyroxene + opaque minerals. This is also divided into two sub-series; (YV1-a): olivin+pyroxene bearing rocks and (YV1-b): pyroxene bearing rocks (YV-2).

Hydrous lava series are represented by andesitic and trachy-andesitic rocks which are made up of plagioclase + hornblend ± clinopyroxene ± biotite + opaque minerals and exhibit porphyritic, microlitic textures. Petrographically, in all lava series show evidences of disequilibrium crystallization. Sieve texture, corrosion and oscillatory zoning is very common in plagioclase phenocrysts. Also pyroxene phenocrysts show strong zoning, thin sections include reaction rims around pyroxene and plagioclase phenocrysts. From these textures, there is an evidence for magma mixing.

Radiometric ages obtained from this study varies between 46.59 ± 0.37 and 40.526 ± 0.085 Ma. Radiometric ages of Yıldızeli volcanics are compatible with the field observations indicating the volcanic activity was active during the Lutetian-Bartonian (Middle Eocene) time in the region.

Geochemical data shows that Yıldızeli lavas ranging in composition from basalt to trachy-andesite displaying the calc-alkaline affinity with medium-K and shoshonitic character. Major, trace and rare earth element trends in Harker diagrams show that anhydrous (YV-1) lavas indicate pyroxene and olivin fractional crystallization whereas hydrous (YV-2) lava series are influenced by amphibole crystallization processes. Major oxide and trace element versus SiO_2 variation diagrams suggest fractionation of common mineral phases such as plagioclase+clinopyroxene ± olivine±orthopyroxene+opaque minerals for YV-1 suite; and plagioclase+hornblende+clinopyroxene ± biotite +opaque minerals for YV-2 suite.

Samples with lower than 60 wt.% SiO_2 content have been plotted on spider diagrams because fractional crystallization and assimilation may have a significant effect on N-type MORB-normalized patterns. Patterns in N-MORB and chondrite normalized diagrams show that generally all intermediate and basic volcanic rocks of Yıldızeli Group exhibit enrichment in LILE (Sr, K, Rb, Ba,Th) and LREE (La, Ce, Nd), depletion in HFSE (Ta, Nb, Hf, Zr, Ti) and HREE (Tb, Y, Yb). The chondrite-normalized REE patterns show trends with moderately enriched LREE patterns relative to HREE's ($\text{La}_N/\text{Yb}_N = 4,3-12,1$) and MREE's ($\text{La}_N/\text{Sm}_N 2,55-6,10$) for calc-alkaline Yıldızeli volcanics.

Furthermore, in lavas of anhydrous series Ta and Nb negative anomalies relative to less incompatible HFSE (Hf, Zr, Ti and Y) trends may indicate that these lavas might have been influenced by a more enriched mantle source. These patterns can be interpreted as the magmatism that generated Yıldızeli volcanics indicate a previous subduction signatures and may have been contaminated by crustal components. Tectono-magmatic discrimination diagrams give also support these results.

Eocene volcanic rocks of the Yıldızeli region are compatible with geochronologic data and characterized by the following range of Sr and Nd initial isotope ratios: $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0,704242$ to $0,705512$ and $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i = 0,512586$ to $0,512744$, ϵNdi values change between -0,4 to +2,7.

Considering the petrographical and geochemical data together with the field observations, Middle Eocene volcanic rocks of Yıldızeli region, which is the main subject of this study, can be regarded as generated in a post-collisional geodynamic setting, formed as a result of a partial melting of a sub- continental lithospheric mantle source (SCML) which is enriched by a previous subduction event and also they may have been contaminated by continental crust.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

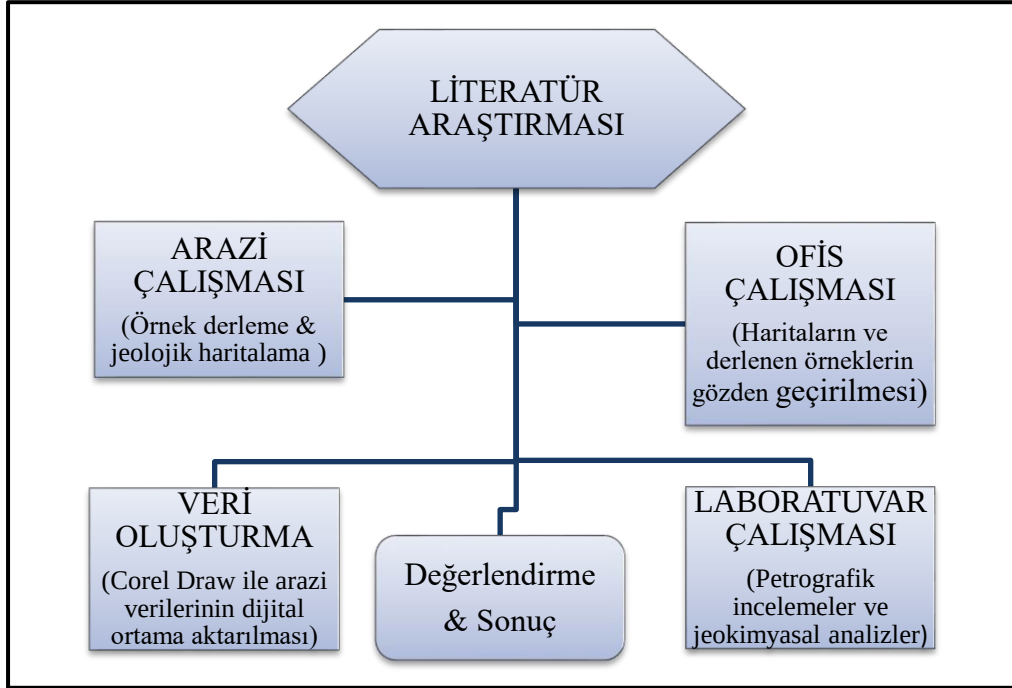
Sivas iline bağlı Yıldızeli ilçesi ve batısını kapsayan çalışma alanında, Neotetis Okyanusu kuzey kolunun yitimine bağlı olarak Sakarya kıtası ile Kırşehir bloku'nun çarpışmaları sonrasında Orta Eosen döneminde, geniş alanlarda şiddetli bir volkanizma gelişmiştir. Söz konusu bu volkanizmanın ürünleri karasal-sığ denizel çökel, epiklastik ve piroklastik kayalar ile iç içe gelişmişlerdir. Bu çalışma kapsamında; özellikle Orta Eosen yaşlı birimlerin litolojileri ve dağılımları belirlenmiş, volkanik kayalardan örnekler derlenerek stratigrafik, petrografik ve jeokimyasal olarak incelenmiştir. Çalışmanın başlıca amacı Yıldızeli batısında yoğunluk gösteren D-B uzanımlı Orta Eosen yaşlı volkanik kayaların içsel stratigrafisinin belirlenmesi, petrografik ve jeokimyasal veriler ışığında tabandan tavana volkanizmada meydana gelmiş olan farklılaşmaların saptanması ile bölgedeki volkanizmanın kökeninin ve tektonik ortamının ortaya konmasıdır.

1.2 Çalışma Yöntemleri

Yüksek lisans tezi kapsamında yürütülen bu çalışma boyunca uygulanan metodolojinin akım şeması Şekil 1.1'de gösterilmektedir. Öncelikle çalışma alanının bölgesel jeolojisi ve genel litolojisiyle ilgili bilgi sahibi olmak ve bölgede önceden çalışan araştırmacıların deneyimlerden faydalanmak üzere Sivas ve civarı öncelikli olmak üzere literatür araştırması yapılmıştır. 2014-2015 yaz dönemleri boyunca yapılan 60 günlük saha çalışmasında Sivas bölgesine ait 1/ 25000 ölçekli İ36-a1, a2, a3, a4, b1, b2, b3, b4 ve İ37-a1, a4 paftaları içerisinde kalan bölgenin ayrıntılı jeoloji haritası hazırlanmıştır. Harita yapımı sırasında birimlerin dokanak ilişkileri incelenmiş, tabaka doğrultu ve eğim ölçümleri alınarak kesit çizimleri yapılmış ve bölgenin litolojik, yapısal unsurları ortaya çıkartılmıştır. Yıldızeli bölgesinin farklı litolojileri boyunca ölçümler yapılarak, özellikle volkanik kayalar olmak üzere petrografik incelemeler, jeokimya ve izotop jeokimyası analizleri için arazinin çeşitli

yerlerinden 70 kadar numune derlenmiştir. Ayrıca volkanik birimler boyunca 3 adet ölçülü stratigrafik kesit alınarak bölgedeki volkaniklerin stratigrafik evriminin ortaya çıkarılması için tabandan tavana örnekleme yapılmıştır.

Arazi çalışması kapsamında yapılan örnek derleme ve jeolojik haritalama çalışmaları sonrasında jeolojik haritalar ve ölçülü stratigrafik kesitler Corel Draw x7 programı kullanılarak dijital ortama aktarılmıştır.



Şekil 1.1: Metodoloji akım şeması

Laboratuvar çalışmaları; petrografik incelemeler ve jeokimyasal analizler olmak üzere iki kısımda tamamlanmıştır. Petrografik çalışmalar, sahadan derlenen temsilci örneklerin ince kesitlerin hazırlanması ve bu kesitlerin İTÜ Maden Fakültesi optik mineraloji laboratuvarında yer alan Leica markalı polarizan mikroskop vasıtasıyla petrografik özelliklerinin incelenerek fotoğraflanması şeklindedir. Jeokimya analizler için örnekler öncelikle Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü Mineral ayırma laboratuvarında sırasıyla kırma, eleme ve öğütme işlemlerinden geçirilmiştir. Daha sonra hazırlanan örnekler toplam kaya ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmak üzere Kanada'daki ACME laboratuvarına gönderilmiş ve XRF ve ICP-MS yöntemleriyle analiz edilmişlerdir. Son olarak, analizlerden gelen toplam ana ve iz element sonuçları çeşitli jeokimya grafiklerine aktararak birlikte değerlendirilmiştir.

1.2.1 Tüm kaya jeokimya analiz yöntemi

İnceleme alanındaki bazalt, bazaltik andezit, andezit, gabro gibi farklı lav gruplarından seçilen 23 adet temsilci örnek üzerinde, tüm (toplam) kayaç jeokimya analizleri ACME laboratuvarlarında (Vancouver, Kanada) yaptırılmıştır. Jeokimya analizleri yapılacak olan örnekler önce İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü Mineral Hazırlama Laboratuvarı'nda öğütülerek toz haline getirilmişlerdir. Numunelerin öğütülmesinde şu sıra ile aşağıdaki işlemler yapılmıştır; a) el örnekleri önce sert çelik aparatlı hidrolik preste parçalanarak tane boyutları < 2 cm olacak şekilde kırılmıştır, b) elde edilen küçük boyutlu malzeme tungsten karbid Retsch çeneli kırıcıdan geçirilerek tane boyları < 0.5 cm olacak şekilde öğütülmüştür, c) elde edilen malzeme son olarak Retsch otomatik agat havanda öğütülerek 150 mesh boyutlarına getirilmiştir. Örneklerin kırılma işlemleri sırasında olası kirlenmeye azami dikkat gösterilmiş ve bu etkiler minimuma indirilmiştir. Örnekler analiz edilmek üzere ACME Labs.'a toz halinde gönderilmiş ve ACME Labs.'ın belirlediği 4A ve 4B gruplarının analiz edilmesi istenmiştir.

4A paketinde ana elementler Jarrel Ash Atomcomp Model 975 ile iz ve nadir toprak elementleri ise (4B paketi) Perkin Elmer Elan 6100 ICP-Kütle Spektrometresi ile yapılmıştır. Aşağıda her iki grup analiz için yöntemler verilmektedir.

4A paketi için, 0.2 gr örnek 1.5 gr LiBO₂ ile karıştırılmış ve bu karışım “muffle furnace” fırında 15 dakika süre ile 1050°C de ısıtılmıştır. Erimiş karışım hemen alınarak 100 mL % 5'lik HNO₃ (De mineralize su içerisinde ACS sınıf nitrik asit) içerisine dökülmüştür. Elde edilen solüsyon daha sonra 2 saat kadar titreşime tabii tutulmuş ve sonra polypropylene test tüplerine konulmuştur.

Hazırlanan solüsyonlar ICP-ES (Inductively Coupled Plasma - Emission Spectrometer) (Jarrel Ash Atomcomp Model 975) ile buharlaştırılarak şu 18 ana element oksitleri ve elementlerin okunması sağlanmıştır: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, MnO, TiO₂, P₂O₅, Cr₂O₃, Ba, Ni, Sr, Sc, Y and Zr. Ayrıca ateşte kayıp için de 1 gramlık örnekler üzerinde işlem yapılmıştır.

Örneklerin analizleri sırasında onaylanmış referans gereçleri (Certified Reference Materials) de analize tabii tutulmuş ve bunlardan elde edilen sonuçlar gerçek değerleri ile karşılaştırılarak analizlerin doğruluk ve hassaslık dereceleri test edilmiştir. Gerekli görüldüğü durumlarda analizler tekrarlanmıştır. Referans

malzemeleri arasında ACME Labs'ın rutin olarak kullandığı CANMET SY-4, STD SO-17 gibi malzemeler vardır.

Nadir toprak elementleri (REE) analizleri için örnek hazırlanma işlemleri yukarıda tanıtılan yöntemlerle, ancak Perkin Elmer Elan 6100 ICP-MS Kütle Spektrometresinde (Grup 4B) yapılmıştır. REE analizlerinde şu elementler analiz edilmişlerdir: Ba, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, Tl, U, V, W, Y, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb and Lu. 0.5 gramlık ikinci bir örnek grubu ise Aqua Regia içerisinde çözündürülmüş ve yine ICP-MS ile analiz edilerek Au, Ag, As, Bi, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl ve Zn element değerleri saptanmıştır. ICP-MS analizlerinde de yine CANMET SY-4, STD SO-17 gibi referans malzemeleri kendi örneklerimizle birlikte analiz edilmiştir.

1.2.2 Stronsiyum (Sr) ve Neodmiyum (Nd) izotop analizleri

İncelenen Yıldızeli volkaniklerinin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinden yararlanılarak, Sr-Nd izotop sistematğini ortaya çıkarmak için her bir birimi temsil edecek, yüzeysel ve hidrotermal alterasyondan etkilenmemiş, aynı zamanda 112Y120 No'lu “Yıldızeli (Sivas) ve Almus (Tokat) İlçeleri Arasında Yer Alan Senozoyik Yaşlı Magmatik Birimlerin Petrojenezi ve Bölgenin Jeotektonik Evriminin Araştırılması” konulu TÜBİTAK projesi (Karacık ve diğ., 2016) kapsamında tüm-kayaç ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırması yapılmış olan taze örnekler seçilmiştir.

Toplam 5 adet tüm kayaç örneği üzerinde Stronsiyum (Sr) ve Neodmiyum (Nd) izotop jeokimyası analizleri, ODTÜ Merkez Laboratuvarı (Ar-Ge Eğitim ve Ölçme Merkezi, Radyojenik İzotop Laboratuvarı)'nda Köksal ve Göncüoğlu (2008)'de detayları ve koşulları verilen metodlardan uyarlanmış olan TLM-ARG-RİL-01 (Sr İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) ve TLM-ARG-RİL-02 (Nd İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) talimatları uygulanarak yapılmıştır. Toz kayaç örneklerinin her birinden yaklaşık 80 mg tartılarak PFA şişelere aktarılmıştır. Örnekler, 4 mL 52% HF içinde 4 gün süreyle 160°C'lik ısıtıcı tabla üzerinde bekletilerek tamamen çözülmüştür. Isıtıcı tabla üzerinde kurutulan örnekler önce 4 mL 6 N HCl içinde bir gün süreyle çözülmüştür. Örnekler daha sonra tekrar ısıtıcı tabla üzerinde buharlaştırılıp kurutularak 1 mL 2,5 N HCl içine alınmış ve kromatografiye hazır duruma getirilmiştir.

Stronsiyum elementi, 2.5 N HCl asitle 2 mL hacimde Bio Rad AG50 W-X8, 100-200 mesh reçine kullanılarak teflon kolonlarda ayrılmıştır. Stronsiyumun toplanmasından sonra 6 N HCl ile nadir toprak elementleri fraksiyonu toplanmıştır. Stronsiyum, tek Re-filamentleri üzerine Ta-aktivatör kullanılarak yüklenmiş ve statik modda ölçülmüştür. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ verileri $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$ 'e normalize edilmiştir. Ölçümler sırasında Sr, NBS 987 standardı $0,710276 \pm 10$ ($n=2$) olarak ölçülmüş ve ölçüm sonuçları üzerinde bias düzeltmesi yapılmıştır.

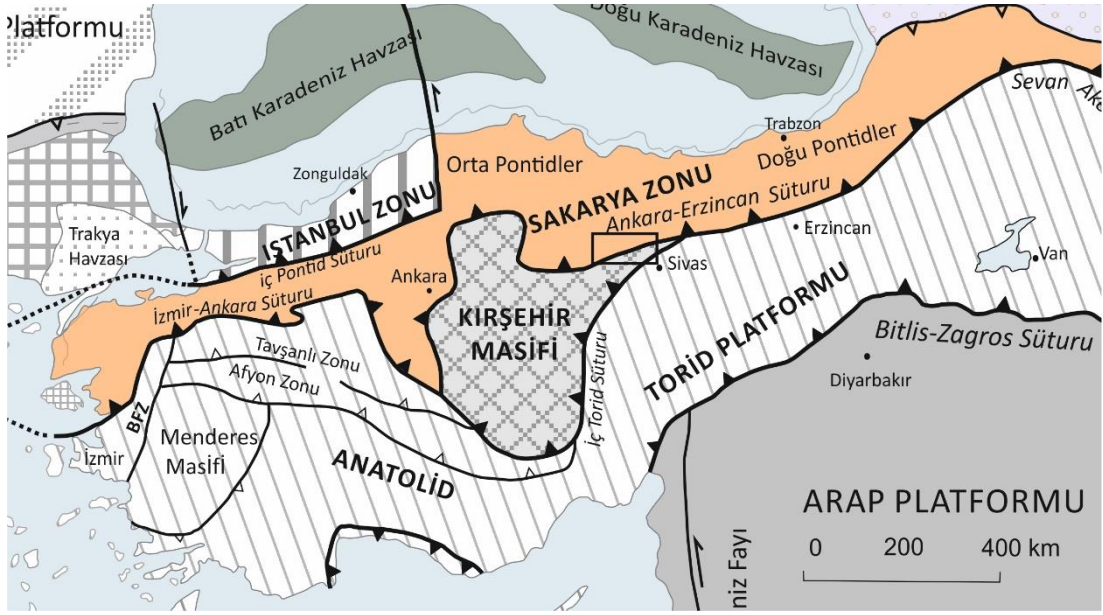
Neodmiyum (Nd) elementi, diğer nadir toprak elementlerinden 0.22 N HCl asit kullanılarak, teflon kolonlarda, 2 ml hacimde HDEHP (bis-ethyexyl fosfat) kaplı biobeads -Bio Rad- reçineden geçirilerek ayrılmıştır. Ayrılan Neodmiyum, 0.005 N H_3PO_4 ile birlikte Re-filamente yüklenmiş, çift filament tekniği kullanılarak statik modda ölçülmüştür. Analizler sırasında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ verileri $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$ ile normalize edilmiş, Nd LaJolla standardı ise $0,511847 \pm 5$ ($n=3$) olarak ölçülmüştür. Nd izotop oranı ölçüm sonuçları üzerinde herhangi bir bias düzeltmesi yapılmamıştır. Ölçümler, Triton Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (TIMS, Thermo-Fisher) kullanılarak çoklu-toplama ile yapılmıştır. Analitik belirsizlikler 2 sigma düzeyindedir.

Numunelerle birlikte aynı kimyasal süreçlerden geçirilerek aynı şartlarda ölçümü yapılan AGV-1 USGS kayaç standardında $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ verileri $0,703993 \pm 5$ ve $0,512784 \pm 4$ olarak; BCR-1 USGS kayaç standardında ise $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ verileri $0,705031 \pm 9$ ve $0,512626 \pm 4$ olarak elde edilmiştir.

1.3 İnceleme Alanının Tanıtılması

1.3.1 Coğrafi konum

İnceleme alanı Sivas iline bağlı Yıldızeli ilçe merkezinin batısında yer almakta ve yaklaşık olarak 900 km^2 'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.2). Yıldızeli (Sivas) ilçesinin doğusunda Zara (Sivas), batısında Yozgat, kuzeyinde Tokat, güneyinde ise Şarkışla (Sivas) bulunmaktadır (Şekil 1.3). Çalışma alanı Sivas il merkezine yaklaşık 45 km, Tokat'a 60 km, Yozgat'a 160 km, İstanbul'a ise karayolu ile D100 ve E80 karayolunu kullanarak 844 km uzaklıkta bulunmaktadır. Yıldızeli ilçe merkezine en yakın yerleşim yerleri; Ilıca, Aşağıçakmak, Kızılköy, Avcıpınarı, Seren, Kavak, Subaşı, Kaman, Sandal Köy ve Seren köyleridir.



Şekil 1.2: İzmir-Ankara suture zone üzerinde bulunan çalışma alanının tektonik haritadaki konumu (Okay & Tüysüz 1999 ‘den sadeleştirilmiştir).



Şekil 1.3: Yıldızeli (Sivas) bölgesinde yer alan çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.3.2 Morfoloji

Sivas il merkezinin kuzeybatısında yer alan Yıldızeli'nin kuzeyi ve doğusu dağlık alanlardan oluşurken güneye doğru geniş ve ovalık alanlara yayılan bir arazi yapısına sahiptir. Bölgedeki en önemli yükseltiler kuzeybatıda Çamlıbel Dağı geçidi üzerinde bulunan Kızılkıran Tepe (1933 m), kuzeydoğusunda ise Yıldızdağı (2537 m)'dir. Diğer önemli yükseltiler yüksekten alçağa doğru sırasıyla: Dikilitaş T. (1930 m), Topuzyurdu T. (1778 m), Yellice T. (1739 m), Gavuryurdu T (1730 m), Çomağın T. (1701 m), Çamlıbel T. (1636 m), Horoz T. (1497 m)'dir.

Yıldızeli Bölgesindeki dereler Kızılırmak ve Yeşilirmak'ın aracılığıyla Karadeniz'e ulaşmaktadır. Bölgedeki başlıca akarsular Yıldızeli Çayı, Han ve Kümbet Deresidir. Bunlardan Yıldızeli Çayı Kızılırmak'a katılırken, Han ve Kümbet Yeşilirmak'ın kollarına katılır. Diğer küçük dereler Üyük, Kaman, Küriboğazı, Eğrekönü dereleridir. Yıldızeli ilçesinde 15 adet sulama göleti bulunmaktadır. Bunlardan çalışma alanı içerisinde kalanlar Ilıca, Sarıçal, Avcıpınar, Kaman mevkilerinde bulunurlar.

1.3.3 Literatür araştırması

Tatar (1977), Yıldızeli yöresinde Akdağ masifini oluşturan litofasiyesleri tanımlamıştır. Ağırlıklı olarak Çamlıbel ofiyolitinin stratigrafisini incelemiş, elde ettiği verilere dayanarak serinin yerleşme yaşını Üst Kretase öncesi olarak yorumlamıştır. Ofiyolitik seri içerisinde metamorfizmayı başka bir bölümde ele ele alarak, ofiyolitik seriyi kesen asidik ve bazik plütonitlerin varlığından bahsetmiştir.

Yılmaz (1981), Tokat- Sivas arasındaki ofiyolit karmaşığının içyapısını incelemiş, ofiyolitik melanj içerisindeki sedimanter kökenli blokların fosil içeriklerinden yararlanarak birimin yerleşme yaşını Senomaniyen- Alt Senoniyen olarak belirlemiştir. Tokat masifi metamorfizmasının yaşını Permien olarak saptayarak, ofiyolitli karışık arasındaki ilişkinin sedimenter-tektonik nitelikli olduğunu rapor etmiştir.

Özer ve Göncüoğlu (1981), Akdağmadeni-Yıldızeli arasında yer alan masifin mineral parajenezlerini inceleyerek ve masif kayaçları içerisinde yer alan metaperidotitlerin varlığından yola çıkarak, son metamorfizmanın ultramafitlerin bölgeye yerleşmesinden sonra geliştiğini ileri sürmüşlerdir.

Yılmaz (1983) Karaçayır'ın kuzeyinde ve Banaz köyünün batısında yüzeyleyen granitik intrüzyonu Karaçayır graniti olarak adlandırmış, bunların Kırşehir metamorfiklerini kestiğini bu yüzden metamorfiklerden genç olduğunu ileri sürmüştür.

Yılmaz ve Ercan (1984), Yıldızdağı gabrosunun petrokimyasal özelliklerini inceleyerek, hornblend-gabronun toleyitik karakterde olduğunu ve olasılıkla yay magmatizmasına bağlı oluştuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca domsal bir yapı sergileyen Yıldızdağı gabrosunu sokulum kayası olarak tanımlayarak, ofiyolitik karmaşık içerisinde tektonik dilimler halinde görülen kısmen başkalaşıma uğramış gabrodan ayırtlamışlardır.

Gökten (1993), Yıldızeli güneyinde yer alan Akdağ masifine ait metamorfik kayaları ile örtü kayalarının stratigrafisi ve bölgenin tektonik evrimini araştırmıştır. Yıldızeli yöresi Akdağ masifi metamorfiklerinde görülen mineral parajenezlerinden bölgenin derin gömülme ve orta basınç- yüksek sıcaklık mertebesine ulaşan bölgesel metamorfizma ve intrüzyonların yol açtığı kontakt metamorfizma süreçlerinin Geç Kretase sonunda tamamlandığını belirtmiştir. Ayrıca bölgede Pliyosen sırasında kireçtaşlarını da etkileyen D-B uzanımlı normal fayların oluştuğunu, dolayısıyla Geç Miyosen'den itibaren bölgede genişlemeli bir tektonik rejimin hakim olduğunu iddia etmiştir.

Yılmaz vd., (1995), Akmağdeni litodemi olarak adlandırılan temel kayalarını gnays, amfibolit ve şist ardalı malı mermer, kuvarsit gibi metamorfik kayalar ve bunları kesen gabro, granit, siyenit, monzanit ve tonalit gibi intrüzif kayalardan oluşan bir birim olarak tanımlamıştır. Yıldızeli güneyinde, Akmağdeni litodemi içerisinde muskovit-biyotit-ortoklaz; kalsit-ortoklaz; kalsit-ortoklaz-biyotit, ortoklaz-biyotit-kuvars-mikroclin-amfibol gibi parajenezler saptamıştır. Pazarcık fay zonunun kuzeyindeki ve güneyindeki istifleri, Paleosen-Erken Eosen yaşlı Pazarcık Volkanitleri ve Orta-Geç Eosen yaşlı Kaletpe volkanitleri olarak ayırtlamıştır.

Yılmaz vd., (1995), TPAO işbirliğiyle oluşturulan bu raporda Tokat Masifi ve civarındaki tektonik birlikler ayırt edilerek, bölgenin jeolojik evrimine ışık tutulmuştur. Havza gelişimi ve bölgenin tektonizma evrelerini detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Orta Eosen Lütisiyen döneminde meydana gelen D-B uzanımlı volkanizmanın sebeplerini açıklamıştır. Üst Eosen sonuna kadar bölgede sıkışmalı

bir tektonizmanın hakim olduğunu, Üst Eosen sonunda ise kuzey alanların transpresyonel bir sistem içinde gelişmiş yanal atımlı faylar tarafından kesildiği ve buna bağlı olarak horst-graben sistemiyle temsil edilen bir morfolojinin meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Yılmaz vd., (1997), Pontidleri Doğu, Batı ve Orta Pontidler olarak üç ana bölümde kapsamlı bir şekilde tanımlamış ve bunları kendi içlerinde farklı grup ve masiflerden oluşan tektonik birliklere ayırmışlardır. Çalışma alanını oluşturan Yıldızeli bölgesinde Neotetis okyanusunun kapanmasıyla oluşmuş kalık bir havzanın varlığı ve bu havzanın kapanmasıyla gerçekleşen olaylar tartışılmıştır.

Boztuğ (1998), Çarpışma sonrası Orta Anadolu'da görülen alkali plütonizmanın kökenini, doğu ve batı kesimler olmak üzere ikiye ayırarak alkali plütonik birlikleri çalışmıştır. Dumluc, Murmana, Karakeban, Köseadağ, Hasançelebi, Karaçayır ve Davulalan plütonları bu alkali plütonik birliğin doğu kesimini; Eğrialan, Baranadağ, Hamit, Çamsarı, Durmuşlu ve Bayındır plütonları ise batı kesimini oluşturmaktadır. Jeokimya verilerine dayanarak, Orta Anadolu alkali plütonlarının, başlıca, silis bakımından aşırı doygun alkalın karakterli siyenitik-monzonitik ve silis bakımından tüketilmiş alkalın karakterli siyenitik bileşimli kayalardan oluştuğunu ve bunların geç orojenik, levha içi ve çarpışma sonrası özellikleri gösterdiğini rapor etmiştir.

Boztuğ vd., (1998), Yıldızdağ gabroyik plütonunu gabroyik ana kütle, diyoritik kenar fasiyesi, mikrodioritik dayklar gibi alt birimlere ayırtlandırarak ve mineralojik-jeokimyasal verileri değerlendirerek, plütonun petrojenezini yorumlamıştır. Yıldızdağ gabroyik plütonun oluşumunu çarpışma sonrası levha içi magmatizma ürünü olarak yorumlamış, plütonun üst manto kayalarının, litosferik inceme nedeniyle adiyabatik dekompresyon mekanizmasıyla kısmi erimeye uğraması sonucu meydana geldiğini belirtmiştir.

Görür vd., (1998), Orta Anadolu havzalarının tektonik evrimini inceleyerek, Sivas-Yıldızeli havzasını kıtasal çarpışmaya bağlı periferik foreland (önülke) havzası olarak tanımlamıştır.

Alpaslan (2000), Yıldızeli-Sivas yöresindeki Pazarcık volkaniklerinin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemiş; elde ettiği veriler doğrultusunda Pazarcık volkaniklerinin LILE'ce zenginleştiğini, HFSE açısından ise tüketildiğini görmüştür. Çalışma alanının içinde bulunduğu zon içerisinde ada yayı aktivitesi ile

ilişkili magmatik kayaçlar görünmediğinden, yitimle karakteristik LILE'ce zenginleşmeyi kabuksal kirlenme süreciyle açıklamıştır. Pazarcık volkaniklerinin kıtasal çarpışmadan hemen sonra gelişen genişlemeli tektonik rejim altında, üst manto peridotitinin kısmi ergimesiyle oluşan alkali bir magmadan kaynaklandığını belirtmiştir.

Mesci ve Gürsoy (2002), Eosen yaşlı Pazarcık volkanitlerinin yanal/düşey yönde değişen stratigrafik ilişkileri ve önceki çalışmalarda belirlenen yaş bulgularına dayanarak, Pazarcık Volkanitlerinin yaşının Lütetiyen-Priyaboniyen olduğunu belirtmiştir. Gökten (1993)'in aksine bölgede D-B uzanımlı normal faylanmaların oluşmasının sıkışmalı tektonik rejim altında da mümkün olabileceğini rapor etmiştir.

Yılmaz ve Yılmaz (2004), Tokat Masifi'nin litolojik özelliklerini ve yapısal evrimini detaylı olarak incelemişlerdir. Tokat Grubu kayalarını Permian-Triyas arasında oluşan, kimi zaman yitim karışığı, kimi zaman yay-önü istifinin özelliklerini gösteren, genellikle yitim zonu ile yay-önü arasında gelişen heterojen bir tür kaya topluluğu olarak tanımlamışlardır. Masifi oluşturan metamorfik birimlerin, güneydeki Kuzey Anadolu Ofiyolit Kuşağı'na ait ofiyolitli melanj prizmasına Geç Kampaniyen öncesinde eklendiğini belirtmişlerdir.

Yılmaz ve Yılmaz (2006), Sivas Havzasının stratigrafik ve yapısal unsurlarını inceleyerek Sivas havzasının ve alt havzalarının oluşum mekanizmasını ve havza çökellerinin özelliklerini tanımlamıştır.

Boztuğ vd., (2008), Yıldızeli-Sivas bölgesinin kuzeydoğusunda yer alan Karaçayır siyenitik plütünü incelenmiş, siyenitik plütunun intrüzyon yaşını tek zirkon $^{207}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}$ buharlaşma yaş tayini yöntemini kullanarak 99.0 ± 11.0 My (Senomaniyen-Turoniyen), soğuma yaşını ise biyotit $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ yaş tayini yöntemi ile yaklaşık 65 My olarak tayin etmiştir. Ayrıca jeokimyasal verilerden siyenitik sokulum magmasının daha önceki bir yitim zonundan türemiş akışkanlarla metasomatizmaya uğramış manto kaynağından türediğini belirtmiştir.

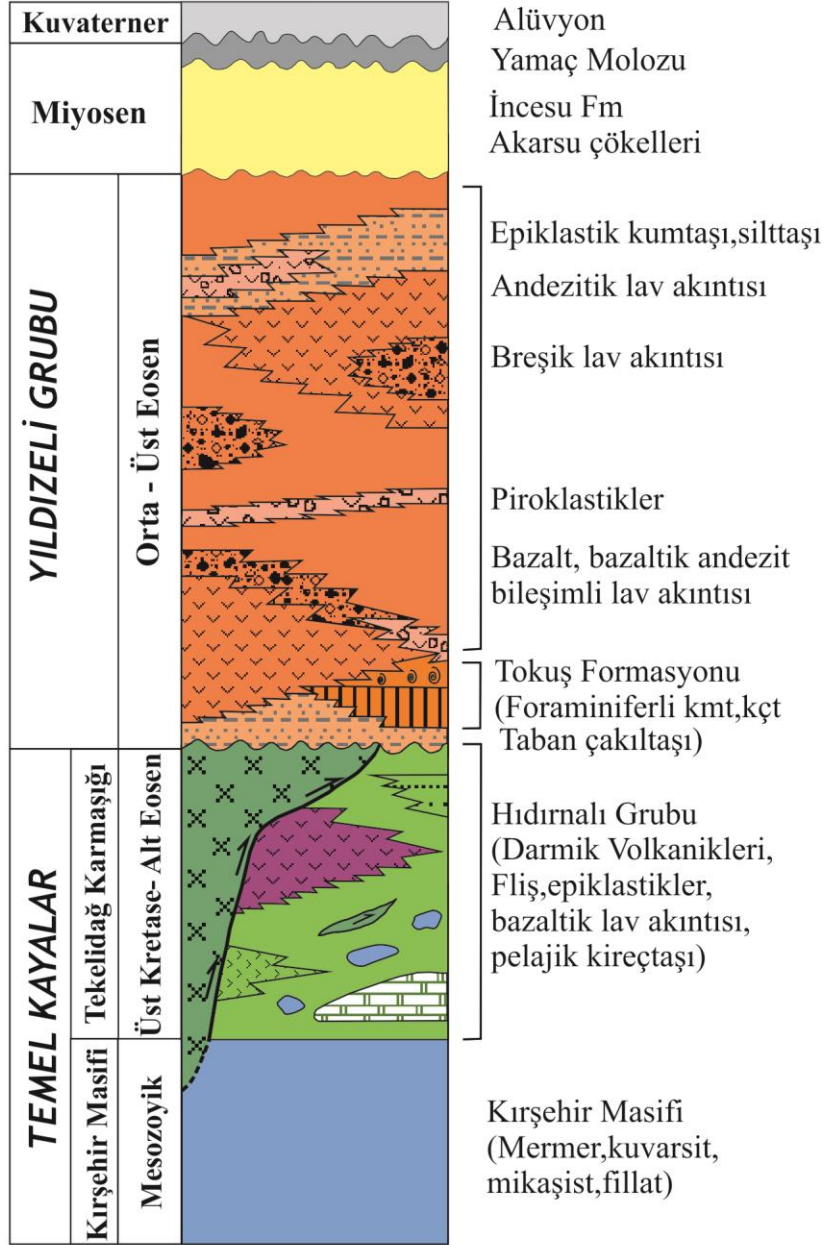
2. STRATİGRAFİ

Yıldızeli'nin (Sivas) kuzeybatısında yer alan inceleme alanı, İzmir-Ankara- Erzinan sütur zonu (İAESZ) zerinde, Kırşehir masifi'ne yakın bir alanı kapsar. Bu bölümde bölgede yer alan birimlerin stratigrafisi temel ve örtü birimler olmak üzere iki ana başlıkta incelenmiştir.

Temel birimler st Kretase ncesi yalı Kırşehir masifi metamorfikleri, st Kretase yalı Tekelidağ karmaşığı ile st Kretase - Paleosen - Alt Eosen yalı Hıdırnalı grubu ile temsil edilmektedir.

Örtü birimleri olarak tanımlanan birimler ise Eosen yalı genellikle volkanosedimanter birimlerden oluşan Orta Eosen yalı Yıldızeli Grubu, Miyosen yalı İncesu Formasyonu, güncel yamaç molozu ve alüvyon çökellerinden meydana gelmektedir (ekil 2. 1).

İnceleme alanının temelini Kırşehir masifine ait başlıca mermer, yer yer ist ve kuvarsit ardalanmasından oluşan metamorfik kayaçlar, Tekelidağ melanji ve Hıdırnalı Grubu kayaları oluşturmaktadır. Kırşehir Metamorfiklerini uyumsuzlukla Eosen yalı taban çakıltaşı, fosilli kumtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan Toku Formasyonu ile Yıldızeli volkanikleri örtmektedir. Yıldızeli grubuna ait birimler Miyosen yalı karasal kırıntılılar tarafından diskordan olarak rtlrler. İstifin en üst ve en genç birimleri ise güncel yamaç molozu ve alüvyon çökelleriyle temsil edilir.



Şekil 2.1: Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti

2.1 Temel Kayalar

2.1.1 Kırşehir Masifi metamorfikleri

Yıldızeli yöresi temel kayaları, Kırşehir Masifi'ne ait metamorfikler, Tekelidağ Karmaşığı ve Hıdırnalı Grubu'ndan meydana gelmektedir. Temel kayalar bölgede kuzeyde Tekelidağ karmaşığı, Hıdırnalı Grubu ve güney kesimlerde Kırşehir Masifi metamorfikleri şeklinde dağılım göstermektedir.

Çalışmanın amacı ve konusu öncelikli olarak volkanik birimler olduğu için temel kayalar üzerinde saha gözlemleri dışında ayrıntılı bir inceleme yapılamamıştır. Temel kayaları ile ilgili detaylı bilgi literatürden derlenmiş, arazi çalışması sırasında elde edilen veriler ve gözlemler de bu derlemelere eklenmiştir.

Yıldızeli (Sivas) yöresindeki Eosen öncesi yaşlı temel kayalar İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zonunun (IAESZ) güneyinde bulunan Orta Anadolu Kristalin Kompleksi (OAKK) içerisinde bulunur. Metamorfik kayalar, ofiyolitler ve plütonik sokulum kayalarıyla temsil edilen Orta Anadolu Kristalin Kompleksi, kuzeyde İAESZ, batıda sağ yanal Tuz Gölü fayı ve doğuda sol yanal Orta Anadolu Fay Zonu ile sınırlanmaktadır. OAKK içerisinde tektonik özelliklerine göre ayırt edilen alt masifler; kuzeydoğuda Akdağmadeni veya Akdağ masifi (Vache, 1963), güneyde Niğde Masifi (Göncüoğlu, 1977), ve kuzeybatıda Kırşehir Masifi (Seymen, 1981) şeklindedir. Çalışma alanında Eosen öncesi birimleri kapsayan metamorfik temel kayalar önceki çalışmalarda Akdağ Masifi (Vache, 1963; Tatar, 1977), Akdağmadeni grubu (Özcan ve diğ., 1980), Akdağmadeni metamorfikleri (Yılmaz, 1981; Gökten, 1993), Akdağmadeni litodemi (Yılmaz ve diğ., 1997) ve son olarak Yılmaz ve diğ. (1998) tarafından Yıldızeli metamorfikleri olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada ise birim yaygın kullanımı sebebiyle Kırşehir Masifi Metamorfikleri adı altında tanıtılacaktır.



Şekil 2.2: Kırşehir Masifi metamorfiklerinin genel görünümü (Kavak köyü civarı).

Kırşehir Masifi, değişik derecede bölgesel metamorfizmaya uğramış başlıca mermer, mermer - şist ardalanması; kuvarsit, mikaşist, fillat ve az miktarda amfibolit, kalkşist gibi metamorfik kayalarla temsil edilmektedir. Metamorfik temel kayaları çalışma alanının hem güney hem de kuzey kesimlerinde D-B ve KD-GB uzanımlı bir hat boyunca yüzeylenmektedir. Başlıca mostraları doğuda Yıldızeli ilçe merkezi ile Ilıca Köyü güneyinde, orta kesimlerde Kızılköy, Avcıpınar ve Kaman Köyleri kuzeyinde, batı kesimde ise Karakaya köyü güneybatısında yer almaktadır (Şekil 2.2).

İnceleme alanında birimin egemen litolojisi mermerlerden oluşmakla birlikte yer yer metapelitik kayalarla da temsil edilmektedir. Mermerler çoğunlukla sarımtırak beyaz, gri renklerde ve orta-iri kristallidirler. Çoğunlukla masif, bol çatlaklı yapıda olup, yer yer breşik yapıda görülmektedirler. Orta-kalın tabakalıdırlar ve bazı kesimlerde iyi foliasyon gösterirler (Şekil 2.3). Foliasyon düzlemleri genellikle D-GD eğimlidir. Mermerler genellikle mika-şist ve kuvarsitlerle ardalanma gösterirken, Avcıpınarı köyü ve Kızılköy arasındaki vadilerde altere, 6-7 m kalınlığında siyenitik sokulumlar tarafından kesilmektedirler.



Şekil 2.3: Kızılköy civarındaki breşik ve foliasyonlu mermer mostraları

Kuvarsitler genellikle sarımsı-beyaz ve pembemsi renklerde, dayanımlı masif mostralar halinde yüzeylenmektedir. Yıldızeli güneyi ve K - KB'sındaki mostralarında kuvarsitler mermer ve şistlerle ardalanmalı şekilde görülürken, Çobansaray köyü G - GD'sundaki Çaltepe ve Kaletepe mevkilerinde masif kütleler halinde izlenmektedir.

Şistler, mikaşist, kuvarşist ve kalkşistlerden oluşmaktadır. En tipik mostraları Kızılköy kuzeyindeki derin vadide görülür. Gri, mavimsi gri ve kahvems renklerdeki şistler geniş alanlara yayılmamakla beraber mermerlerle arakatkılı olarak bulunur ve çok iyi yapraklanma sergilerler.

Kırşehir Masifi'ne ait metamorfik kayalar inceleme alanının hem güney hem kuzeyinde yer almaktadır. Kırşehir Masifi temel kayaları Yıldızeli grubu litolojileri ile Neojen genç çökeller tarafından uyumsuzlukla örtülür. Kuzeydeki mostralarının ise ofiyolitik melanj içinde yer alan tektonik dilimler ve olistolitler oldukları düşünülmektedir. Güneyde ve kuzeyde birim D-B ve KD-GB gidişli genç faylarla kesilerek hem Hıdırnalı grubu ve Yıldızeli grubu kayalarıyla hem de Neojen yaşlı İncesu Formasyonu ile yanyana gelmektedir. Kapıköy ve Kaman kuzeyinde birim Hıdırnalı Grubu kayalarıyla faylı dokanak sergilerken, Avcıpınar, Kaman ve Çobansaray köylerinde Yıldızeli Grubu kayaları ile hem diskordan olarak örtülür hem de KD - GB gidişli oblik faylarla sınırlanır. Genç örtü kayalarıyla Belçik batısında ve Kaman Köy yolu girişinde faylı olarak yanyana gelmektedir.

Yılmaz ve diğ. (1993) bölgedeki kayaların yeşilşist - amfibolit fasiyeslerinde bir metamorfizma geçirdiğini, metamorfizmanın yanal ve dikey yönde değiştiğini ve genel olarak alt düzeylerin daha yüksek dereceli bir metamorfizmaya maruz kaldığını belirtmektedir. Alpaslan ve diğ. (1996) tarafından yapılan joeternobarometre çalışmaları sonucunda Yıldızeli yöresinde ilk metamorfizma evresini yüksek basınç, ikinci evreyi ise sıcaklığın yükselmesiyle distenin sillimanite dönüştüğü düşüş evresi olarak tanımlanmıştır. Metamorfiklerin sıg kabuksal düzeylere yükselimi sırasında dekompresyon sonucu yeşilşist fasiyesi koşullarında gelişen, gerileyen kataklastik metamorfizmanın ise üçüncü evreyi oluşturduğu ileri sürülmüştür. Bu çalışmada temel kayalarıyla ilişkili doğrudan bir yaş bulgusu elde edilmemiştir. Birim Orta Eosen yaşlı Yıldızeli Grubu tarafından diskordan olarak örtülmektedir. Ayrıca karbonat düzeylerin metamorfizma geçirmemiş olması ve Eosen yaşlı Tokuş Formasyonu içerisinde bu birime ait metamorfik çakılların bulunması, bölgesel metamorfizmanın, dolayısıyla Kırşehir Masifi metamorfiklerinin Maestrihtiyen-Paleosen öncesi yaşta olduğu anlaşılmaktadır. Kırşehir Masifinin metamorfizma ve magmatizma yaşı ile ilgili Erkan ve Ataman (1981) ile Alpaslan ve diğerleri (1996) metamorfikler içerisindeki biyotit ve hornblend minerallerinin K - Ar yaşlandırması sonucunda son metamorfizma yaşını Santoniyen-Maestrihtiyen (Üst Kretase) olarak

saptamıştır. Ayrıca Niğde Masifi metamorfiklerinden yapılan $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ biyotit (74-76 My), hornblend (79-81 My) ve muskovit (74-76 My) yaşlandırmalarında Kampaniyen yaşı elde edilmiştir (Whitney et al., 2003).

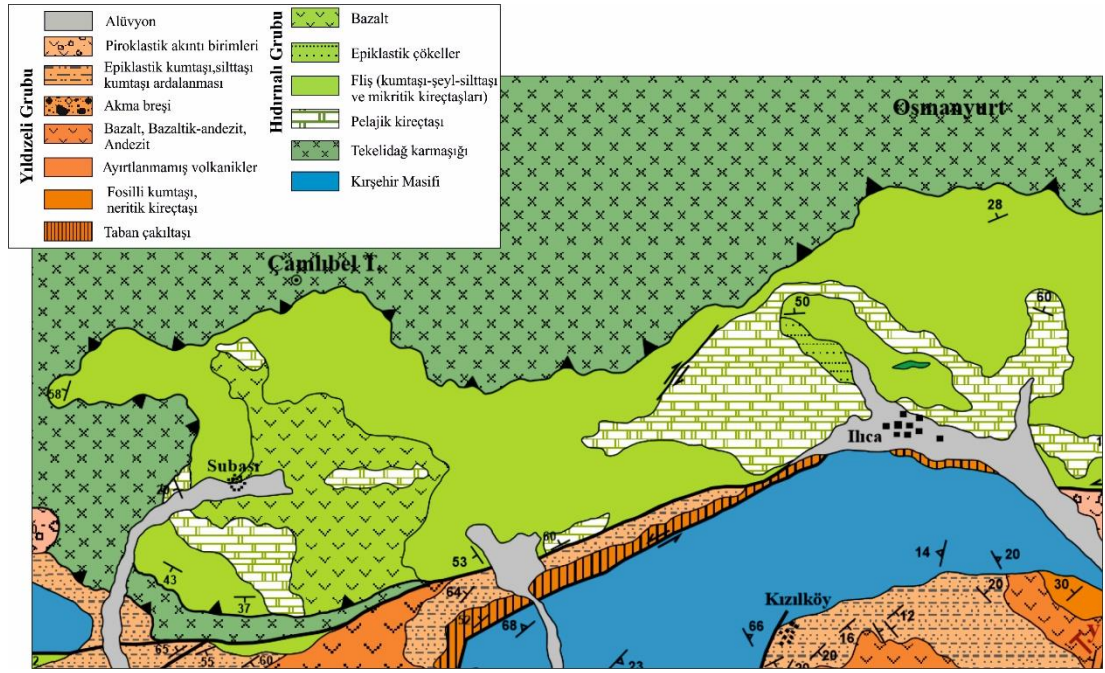
2.1.2 Tekelidağ karmaşığı

Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun Üst Kretase'de kapanmaya başlamasıyla oluşan yitim zonu karmaşığı önemli bir tektonik kuşak olan İzmir – Ankara-Erzincan Suture zonu boyunca görülmektedir. Neotetis'in kuzey kolunu temsil eden Kuzey Anadolu Ofiyolitik Kuşağı (KAOK) içerisinde alt kuşak olarak tanımlanan Tekelidağ Melanjı (Yılmaz, 1981a, 1982; Yılmaz ve Yılmaz, 2004a), Tokat ve Sivas arasında, özellikle Sivas havzasının kuzey kenarının temelinde yüzeylenmektedir.

Ofiyolitik melanj, farklı boyutlarda bloklar içeren, breşleşmiş ve makaslanmış ofiyolitik hamur içinde değişik köken ve yaştaki kayaların tektonik olarak yan yana gelmesiyle oluşan tektonik bir birim anlamında kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında ofiyolitik melanj içerisindeki bloklar ayırtlanmamış, bloklar ve hamur tek bir birim olarak haritada gösterilmiştir.

Bölgede görülen ofiyolitik melanj temel kayaları eski çalışmalarda, değişik adlarla ayırtlanmıştır. Birim ilk kez Tatar (1977) tarafından “Üst Kretase ofiyolitik serisi” olarak adlandırılmış daha sonra Yılmaz (1980) tarafından “Tekelidağ Karmaşığı”, Özcan ve diğ., (1980) tarafından “Artova Karışığı”, Yılmaz ve Özer (1984) tarafından ise “Yeşilirmak Grubu”, Yılmaz ve diğ., (1998) tarafından ise “Çamlıbel Ofiyolit Topluluğu” olarak isimlendirilmiştir; bu çalışmada ise birim Tekelidağ karmaşığı olarak tanımlanacaktır.

Ofiyolitik melanj inceleme alanının kuzey kesiminde D-B uzanımlı bir hat boyunca geniş alanlarda masif kütleler halinde yer alır. Yıldızeli kuzeyinde Yıldızeli Göleti'nden batıya doğru başlıca Köroğlu Tepe, Gölbaşı T., Karlık T., Alaçam T. sırtları boyunca devam ederek en batıda Yeniköy'e kadar yaygın mostralarını vermektedir. Subaşı köyü güneyinde ise birim oblik bir fay tarafından kesilmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Tekelidağ karmaşığının jeoloji haritasındaki dağılımı

Tekelidağ Karmaşığı içerisinde yer alan başlıca litolojiler; serpantinleşmiş peridotitler, gabrolar, diyabaz-spilit lavları, metadiyabazlar, çört-radyolaritler, pelajik çamurtaşı ve kireçtaşı bloklarıdır. Serpantinitler birim içerisinde görülen en yaygın litolojilerden biri olup melanjin hamur malzemesini oluşturmaktadır (Şekil 2.5). Genellikle siyahımsı koyu yeşil yer yer mavimsi renkiyle ve zayıf, makaslanmalı, deforme yüzeyleri karakteristiktir. Boyutları 1-5 m'den dağ boyutuna varan mostraları yaygın olarak görülmektedir. En tipik mostraları Ilıca Köy kuzeybatısı, Yıldızeli Göleti ve Alaca Köy yolu civarında görülmektedir. Gabrolar açık gri renkli, yeşilimsi renklerde, bol kırıklı yapıda olup melanj içerisinde irili ufaklı bloklar halinde bulunmaktadır. Alaca ve Çobansarayı köyleri civarında gabro bloklarına rastlamak mümkündür. Diyabaz ve spilitler, genellikle kıvımsız siyah, koyu yeşil renklerinde, tabakasız masif dayanımsız kütleler şeklinde olup yer yer vesiküler yapılıdır. Diyabazlarda yer yer yeşilist metamorfizma izleri görülmektedir. En belirgin yüzlekleri Subaşı Köyü kuzey-kuzeydoğusundaki sırtlar boyunca serpantin hamuru içerisinde maksimum 50-100 m²'lik bloklar halinde izlenmektedir. (Şekil 2.6). Metadiyabazlar koyu yeşil renkli, bol çatlaklı olup Subaşı Köyü kuzeyinde ve batısında irili ufaklı bloklar halinde görülmektedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.5: Yeşilimsi gri serpantin hamur içerisinde radyolarit çört (sağda) ve diyabaz blokları (solda).



Şekil 2.6: Tekelidağ karmaşığı içerisinde yastık yapılı spilitik lavlar.



Şekil 2.7: Tekelidağ karmaşığının genel görünümü, serpantin hamur içerisinde metadiyabaz ve kireçtaşı blokları (Subaşı Köyü kuzeyi).

Tekelidağ karmaşığı bölgedeki Hıdırnalı grubu ve Yıldızeli grubu kayaları üzerine bindirmeli olarak gelmektedir. Tekelidağ karmaşığı ve Hıdırnalı grubu arasındaki tektonik ilişki en iyi Çobansaray Köyü ve Ilıca Köyü kuzeyinde görülürken, Kaman Köyü kuzeyinde Yıldızeli Grubuna ait Eosen kireçtaşı-kumtaşı-çakıltaşı litolojilerinin hakim olduğu birimin Üst Kretase yığışım karmaşığı tarafından üzerlendiğı görülmektedir. Subaşı Köyü güneyinde dar bir alanda ise birim, Yıldızeli Grubu kayalarından yanall atımlı bir fayla ayrılmaktadır.

Ofiyolitik karmaşığın oluşum yaşı hakkında Tatar (1977) Üst Kretase öncesi, Özcan ve diğ. (1980) Maestrihtyen öncesi, Yılmaz (1980) ise Alt Senoniyen şeklinde görüşler belirtmiştir. Yılmaz (1981) karmaşıқта yaşı saptanabilen en genç sedimanter kökenli kayaların Senomaniyen yaşta, Hıdırnalı Grubunun tabanında yer alan ofiyolitik melanjdan türemiş pelajik kireçtaşlarının ise Üst Senoniyen yaşta olduğunu saptanmıştır. Bu veriler ışığında Tekelidağ karmaşığının yerleşme yaşının Üst Kretase öncesi olduğu söylenebilir.

2.1.3 Hıdırnalı grubu

Hıdırnalı grubu fliš benzeri bir kırıntılı istif niteliğinde olup birbirleriyle ardalanarak kumtaşı-şeyl-silttaşı istifi, bazaltik lav akıntıları, epiklastik akıntılar ile pelajik ve mikritik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim ilk kez Özcan ve diğ. (1980)

tarafından “Kılıçlı Formasyonu” olarak isimlendirilmiştir. Daha sonraki çalışmalarda Yılmaz (1982) tarafından çeşitli kökenlerde mega-olistolitler kapsayan olistostromal oluşuklar olarak tanımlanarak “Kılıçlı Olistostromu” olarak adlandırılmıştır. Fliş istifî Yılmaz ve diğ. (1998) tarafından Hıdırnalı Grubu içerisinde “Yeşilyurt Formasyonu” ismiyle tanımlanmıştır. Kırmızı renkli pelajik kireçtaşları önceki çalışmalarda Yılmaz (1980) tarafından “Ilıca kireçtaşı olistolitleri” olarak, mikritik kireçtaşları ise Yılmaz ve diğ. (1998) tarafından “Uzamış Formasyonu”, Mesci ve Gürsoy (2002) tarafından da “Şeyhhalil Kireçtaşı” olarak ayırtlanmıştır. Bu çalışmada, kendi içerisindeki farklı litolojiler arasında yer yer geçişli ilişkiler gösteren birim için “Hıdırnalı Grubu” adlanması uygun görülmüştür.



Şekil 2.8: Hıdırnalı grubuna ait fliş benzeri kırıntılı istifin (kumtaşı-şeyl-silttaşı ardalanması) genel görünümü (Yıldızeli-Tokat karayolu).

Hıdırnalı grubu çalışma alanı kuzeyinde D-B uzanımlı bir hat boyunca geniş alanlarda yüzeylenmektedir. Yüzlekleri Yıldızeli ilçe merkezi kuzeyinden itibaren batıya doğru kalın bir hat şeklinde Ilıca ve Subaşı köyleri boyunca devam etmekte olup, çalışma alanının en batısında Çobansarayından Şeyhhalil’e kadar güneybatıya doğru uzanmaktadır. En tipik ve en güzel mostraları ise Yıldızeli Göleti civarında ve Subaşı köyü civarında görülmüştür. Mostra ölçeğinde Yıldızeli volkanikleri ile benzerlik gösteren birim, ana malzemesi çökel kayalar olan ve başlıca temel kayalardan türemiş olistolit ve olistostromlar içeren, kaba çakıl boyutundan ince kum boyutuna kadar değişen tanelerin oluşturduğu kaya türlerinden oluşmaktadır (Şekil 2.8).

Çalışma alanındaki fliş karakterli sedimanter birim birbiriyle ara katkılı durumda bulunan kumtaşı- şeyl- silttaşı ve bunlarla ardalanan veya kesen bazaltik lav akıntısı, pelajik kireçtaşı, mikritik kireçtaşı bloklarıyla temsil edilmekte olup mermer ve siyenit blokları da kapsamaktadır. Birimin blok ve olistostromları kapsayan kesimleri önceki çalışmalarda Özcan ve diğ. (1980) tarafından “Kılıçlı Formasyonu”, Yılmaz (1982) tarafından da “Kılıçlı Olistostromu”, olarak adlandırılmıştır. Bazı bölgelerde fliş istif, volkanojenik malzemenin artışı ile epiklastik bir kaya grubu haline dönüşmektedir. Epiklastik kısımlarda, volkanik çakıltası-kumtaşı-silttaşı ve bazalt-bazaltik andezitik lav akıntıları ara katkılı olarak görülür. Epiklastik istifin yoğun görüldüğü yerlerde birimde egemen renk yeşilimsi griyken, kaba kumtaşının ve alterasyonun yoğun olduğu kesimlerde boz kahverengi egemendir. Tabaka kalınlıkları 5- 20 cm arasında değişiklik gösterir ve genellikle KD-GB uzanımlı ve KB’ya doğru eğimlidirler. Fakat tabakaların istiflenmeleri bindirmeler sebebiyle önemli ölçüde deforme olduğundan dolayı bu doğrultu eğimler bölgede kısa mesafelerde değişiklik göstermektedir.



Şekil 2.9: Mikritik kireçtaşı bloğunda (yaklaşık 75 m) gözlenen sin-sedimanter kıvrım yapıları

Fliş istifinin içinde sıklıkla gözlenen mikritik kireçtaşları ve bazaltik lav akıntıları genelde ara seviye olarak yer almakla birlikte, bloklar halinde de gözlenmektedir. Kireçtaşlarının yoğun olduğu bölgelerde deformasyon şiddetlidir ve yer yer alttan ve üstten deformasyona uğramamış tabakalar tarafından sınırlanmış kıvrımlar görülmektedir. Bu kıvrımların sedimantasyon sırasında oluşmuş sedimenter kıvrımlar (slump) olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 2. 9). Siyenit ve mermerler ise sadece bloklar halinde olup, fliş istifinin olistostromal kesimlerine karşılık gelmektedir. Mermer ve siyenitlerin kenar zonları genellikle kendinden malzeme içeren olistostromal çakıltaşlarıyla sarılmıştır. Bunlar daha çok çalışma alanının dışında, Aşağıçakmak - Yukarıçakmak köylerinin doğusunda yoğunlaşmaktadır. Hıdırnalı grubuna ait fliş istifi, batı kesimlerinde Şeyhhalil Köyü'nün 3 km kuzeyinde gabro sokulumu tarafından kesilmektedir. Gabro birimi ofitik dokulu olup, piroksen+plajiyoklas+olivinden meydana gelmektedir.

Arazinin batı kesiminde Gündoğan ve Bayazıt bölgesinde geniş alanlar kaplayan volkanik birimler önceki çalışmalarda Kretase yaşlı “Darmik volkanikleri” adı ile tanıtılmıştır (Özcan ve diğ., 1980). Darmik volkanikleri genel olarak masif ve aşırı altere bazaltik andezitik/andezitik lav akıntılarından, diyabazlardan ve radyolaritlerden oluşmaktadır. Darmik volkanikleri stratigrafik konumu itibariyle, fliş istifi içerisinde bulunan bazaltik akıntılar olarak yorumlanmıştır. Bu nedenle Hıdırnalı grubu kayaları arasında değerlendirilmektedir. Bu birim çalışmanın konusunu oluşturan Senozoyik yaşlı lavlardan daha yaşlı olduklarından çalışma konusu dışında kalmaktadır.

Fliş birimi, Üst Kretase yığılma karmaşığı tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Tatar (1977) ve Yılmaz ve diğ.,(1997, 1998)'nin fliş benzeri kırıntılılardan ve pelajik kireçtaşlarından elde ettiği fosil bulgularına göre birimin yaşı Senomaniyen - Maastrichtiyen yaş aralığındadır. İstifin en üst kesimlerinin Alt-Eosen'e kadar çıktığı Yılmaz ve diğ. (1997,1998) tarafından rapor edilmiştir. Bu veriler ışığında, Hıdırnalı Grubunun Senomaniyen-Alt Eosen yaşında olduğu kabul edilmiştir.

1.3 Yıldızeli Grubu

Yıldızeli Grubu, bu tez çalışmasının ana konusunu oluşturmaktadır. Birim çalışma alanının orta kesimlerinde gözlenir. Önceki çalışmalarda, “Boğazköy Formasyonu”, “Pazarcık volkanitleri”, “Yıldızeli volkanikleri”, “Kaletepe volkanitleri”, “Pamukpınar tüfü” gibi çeşitli isimlerle ayırt edilerek tanımlanmıştır. Bu çalışmada, birbiriyle girik, yanal ya da düşey geçişli olan farklı fasiyesteki bu litolojilerin aynı çökelme ve püskürme olayının bir parçası olmalarından dolayı Yıldızeli grubu ana başlığı altında ele alınmışlardır. Yıldızeli grubuna ait haritalanabilir ölçekte farklı litolojik birimler haritada ayırtlanmaya çalışılmış, fakat birimlerin bölgede sık sık birbiriyle girik ve ardalanmalı ilişkisinden dolayı, haritalanamayan kısımlarda ağırlıklı görülen litoloji göz önünde bulundurularak ayrımlanmıştır. Yıldızeli Grubu kendi içerisinde çökel, volkanik ve volkanoklastik kayalardan oluşan üç farklı birime ayrılmış olup bu birimler genelleştirilmiş stratigrafik kesitteki durumlarına göre sırasıyla tanıtılmıştır.

2.2.1 Tokuş formasyonu

Tokuş Formasyonu, çalışma alanında göreceli olarak daha seyrek görülen çakıltaşı, foraminiferli kireçtaşı ve kumtaşı, kumlu kireçtaşı, kilitaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Birim önceki çalışmalarda Sarıteke Formasyonu (Özcan ve diğ., 1980) ve Tokuş formasyonu (Yılmaz, 1982, 1983) olarak adlandırılmış olup; Tokuş formasyonunun taban çakıltaşından oluşan bölümü Susuzdağ üyesi, *Nummulites*'li kireçtaşlarından oluşan bölümü Asar üyesi, kumtaşı-kumlu kireçtaşı, kilitaşı ardalanmasından oluşan bölümü ise Banaz üyesi olarak ayırtlanmıştır. Bu çalışmada ise tüm litolojiler Tokuş Formasyonu ismi altında tanımlanacaktır. Yıldızeli ilçe merkezi güneyi, Kavak köyü civarındaki Alavunağılı ve Öğlenlik Tepeleri, Ilıca köyü ve daha batıda Çukursaray ve Killik civarında en tipik mostraları görülebilmektedir.



Şekil 2.10: Susuzdağ üyesinin mermer ve kuvarsit çakıllarından oluşan taban çakıltaşı



Şekil 2.11: Asar üyesinin bol foraminifer içeren kumtaşlarının mostrada görünümü.

Birim tabanda gri veya kırmızımsı sarı renkli çeşitli boyutlarda çoğunlukla metamorfik bazen de siyenit, granit ve ofiyolit bileşimli taban çakıltaşıyla başlamaktadır (Şekil 2. 10). Taban çakıltaşları genellikle kötü boylanmalı, boyutları 4-40 cm arasında değişen breşik tanelerden oluşmaktadır. Bunların üzerinde sırasıyla kaba kumdan ince kum boyutuna kadar değişen sarımsı gri renkli ince-orta katmanlı kumtaşları, grimsi bej renkli bol foraminifer içeren kumlu kireçtaşları ve nodüler kireçtaşları yer almaktadır (Şekil 2. 11). Birimin en üst seviyelerinde ise kilaşları yer alır. Kavak köyü civarında bulunan kumtaşları ve kireçtaşlarında yaygın olarak foraminifer fosillerine rastlanmıştır. Tokuş Formasyonuna ait taban çakıltaşları, mostra ölçeğinde benzerlik gösteren ve çalışma alanının temelini oluşturan Kırşehir masifi metamorfiklerinin üzerine diskordan olarak gelmektedir. Lav, breşik lav akıntısı, volkanoklastik akma breşi ve piroklastik birimlerle ise yanal ve düşey geçişli bir ilişki sergilemektedir. Çalışma alanında Tokuş formasyonu kireçtaşı ve kumtaşı örneklerinden Orta Eosen yaşını veren *Nummulites cf* ve *Assilina cf* fosilleri derlenmiştir. Buna göre Tokuş Formasyonu Orta Eosen’de sığ denizel bir ortamı temsil etmektedir.

2.2.2 Yıldızeli volkanikleri

Yıldızeli volkanikleri çalışma alanında geniş yayılım gösteren masif lav akıntısı, breşik lav akıntısı (ve akma breşleri) istifi ile bunlarla ilişkili epiklastik çakıltası - kumtaşı - silttaşı ardalanması ve piroklastik birimlerden oluşmaktadır. İlk olarak Özcan ve diğerleri (1980) tarafından “Pazarcık Volkanikleri” ve “Boğazköy Formasyonu” diye iki farklı birime ayrılarak adlandırılmıştır. Daha sonra ise Tokuş Formasyonunun üst düzeylerinde yer alan volkanikler, Yılmaz ve diğerleri (1995) tarafından “Kaletepe volkanikleri” olarak ayırtlanmıştır. Eski çalışmalarda farklı isimlerle ayırtlanan birim, birbirleriyle ilişkili litolojilerinden dolayı bu çalışmada “Yıldızeli Volkanikleri” başlığı altında incelenecektir. Yüzlekleri çalışma alanının doğu kesimlerinde Yıldızeli ilçe merkezinden itibaren Sandal Köy’e kadar, batıda ise Sarıçal ve Şeyhhalil arasında geniş bir hat boyunca görülmektedir.

2.2.2.1 Epiklastik kayalar

Çalışma alanında birimin genelini, geniş yayılım gösteren epiklastik çakıltası - kumtaşı - silttaşı ardalanmasından oluşan kaya topluluğu oluşturmaktadır. İlksel süreçler sonrası oluşmuş volkanik kayaların yüzey koşullarında işlenerek tekrardan çökmesi ile oluşan birim, epiklastik kayalar olarak değerlendirilmişlerdir. Epiklastik kayalar Hıdırnalı grubu kayalarıyla litolojik olarak benzer özellikte olduğundan sahada bu iki birim yanyana geldiklerinde ayrılmaları oldukça güçtür. En tipik mostraları çalışma alanının doğusunda Kızılköy güneyinde ve Avcıpınarı Göleti yakınlarında, batıda ise Sarıçal köyü civarında ve Şeyhhalil güneyinde görülmektedir.

Epiklastik birimler genel olarak yeşilimsi-gri renkli, çoğunlukla 2 cm’den 1 m’ye kadar değişen tabaka boyutlarında, yer yer de masif tabakasız kütleler halinde görülmektedirler. Tabakalı görüldüğü yerlerde birim genellikle D - GD’ya, batı kesimlerde ise KB’ya eğimlidir. Dayanımları bölgeden bölgeye, alterasyon seviyesine göre değişmekte olup alterasyonun yoğun olduğu yerlerde kahvemsî renklerde görülürler. Tane boyları silt, kum ve çakıl boyutlarında değişkendir. Çakıl içeren örneklerde volkanik taneler ortalama 4 cm, maksimum 30 cm boyutundadır (Şekil 2.12a).



Şekil 2.12: a) Epiklastik çakıltaşının mostra görünümü, b) epiklastik çakıtaşı kumtaşı ve silttaşı ardalanmasının genel görünümü, c,d) küresel ayrışma etkisiyle epiklastik kumtaşlarında oluşan soğan kabuğu şeklinde soyulma (eksfoliasyon) yapıları

Epiklastik birimin en alt kesimleri bazalt-bazaltik andezit lav çakıllarından türemiş, volkanojenik kumtaşı ile sıkıca tutturulmuş çakıltaşlarınca zengindir. İstif üste doğru sarı-gri renkli, orta kalın katmanlı, plajioklas ve piroksence zengin epiklastik kumtaşlarına ve daha ince tabakalı silttaşlarına geçmektedir (Şekil 2.13). Yıldızeli kuzeyinde ve Sarıçal köy yolundaki epiklastik kumtaşlarında soğan yapısı ya da eksfoliasyon olarak bilinen küresel ayrışma yapıları görülmektedir (Şekil 2.12c).

Epiklastik birimler masif ve breşik lav akıntıları ve piroklastik birimlerle yanal ve düşey geçişlidir. Genelde metamorfik temel kayalarının diskordan olarak örttüğü kısımlarda metamorfik temel kayalardan derlenmiş çakıllar da içerdikleri gözlenmiştir. Birim haritanın kuzey sınırı boyunca Hıdırnalı Grubu'na ait epiklastik çökellerle geçişli bir ilişki sergilemektedir. Bazı bölgelerde ise bu iki birim faylı bir dokanakla yan yana gelmektedir.



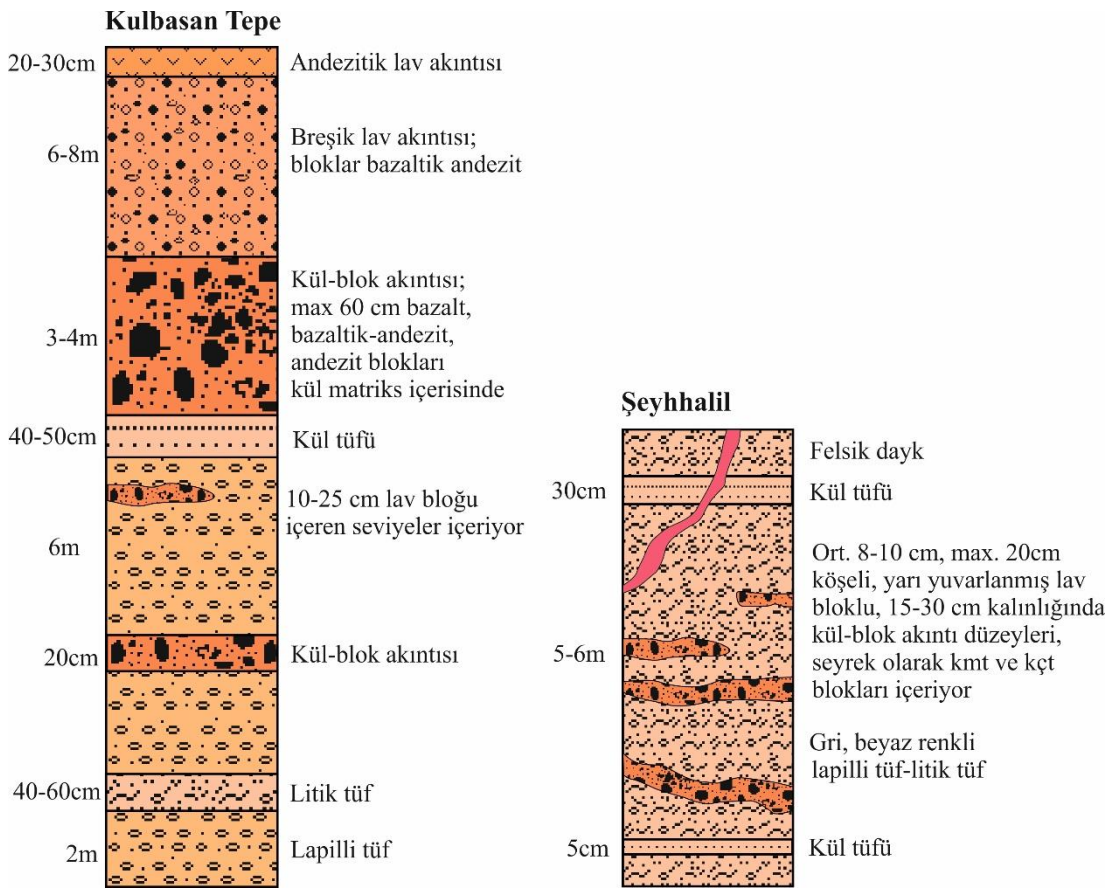
Şekil 2.13: İnce katmanlı epiklastik silttaşı, lav ve kumtaşı ardalanması.



Şekil 2.14: Epiklastik silttaşı ve kaba kumtaşı ardalanması.

2.2.2.2 Piroklastik akıntı birimleri

Piroklastik birimler genel olarak bej-gri renklerde pekleşmemiş piroklastik kütle akmaları (debris flow) halinde olup, kül boyutlu bir matriks içerisindeki kötü boylanmış litik parçalar ve kristal parçalarıyla temsil edilmektedir. Yayılımları diğer birimlere göre sınırlı olan piroklastik birimlerin en tipik mostraları Yıldızeli ilçe merkezi kuzeyinde Kulbasan Tepe’de, Avcıpınar Köyü batısında, batıda ise Yağlıdere mevkiinde ve Şeyhhalil güneybatısında yer almaktadır. Genel olarak boz kahve-gri renklerde dayanımsız birim lapilli tuf, litik tuf, kül tufü (ash tuff) ve kül blok akıntısından oluşmaktadır. Piroklastik çökellerin sınıflandırılmasında içerdikleri klastların büyüklüğüne göre Fisher (1966)’ın üçgen sınıflaması kullanılmıştır. Piroklastik birimlerin detaylı stratigrafisi Şekil 2.15’de tanıtılmaktadır.



Şekil 2.15: Yıldızeli kuzeyinde Kulbasan Tepe ve batıda Şeyhhalil köyü civarındaki piroklastik akıntı birimlerinin ölçülü stratigrafik kesitleri.

Yıldızeli kuzeyinde Kulbasan Tepe’de görülen piroklastik akıntı birimleri düşük eğimli düz bir alanda, yaklaşık 15 m kalınlığında bulunmaktadır. İstif tabanda lapilli tufle başlar ve bazaltik andezit lav bloklarıyla son bulur (Şekil 2.15). Lapilli tuf

içinde ara seviyeler şeklinde izlenen litik tuf düzeyleri vardır. Litik parçalar bazalt, bazaltik andezit içerirken parçalanmış kristallerin çoğunluğunu plajiyoklaslar oluşturmaktadır. Kül tufu - lapilli tuf ardalanmaları aralarında ince kül blok akıntı seviyeleri izlenmektedir (Şekil 2.16c). Kül blok akıntı çökelleri içerisindeki kötü boylanmalı breşik bloklar, maksimum 50 cm boyutunda çoğunlukla olivinli bazalt ve bordomsu altere bazaltik andezit bloklarından oluşmaktadır (Şekil 2.16b).



Şekil 2.16: a) Kulbasan Tepe piroklastiklerin genel görünümü, b) 3 - 4 m kalınlığında bazalt ve bazaltik-andezit blokları içeren kül blok akıntısı, c) kül tufu ve lapilli tuf içinde ortalama 20 cm'lik andezitik lav blokları, d) lapilli tufün genel görünümü

Çalışma alanının en batısında Şeyhhalil güneyinde Sivas-Yozgat karayolu üzerinde görülen tabanı ondüleli piroklastik birimler yaklaşık 6,5 m kalınlığındadır (Şekil 2.15). Birim genellikle grimsi beyaz renkli çapraz tabakanma gösteren lapilli tuf ve litik tüften oluşmaktadır. Bunların aralarında ise ince kül blok akıntı düzeyleri

bulunur. Kül blok akıntı düzeyleri kül matriks içerisinde ortalama 8-10 cm, maksimum 20 cm boyutunda köşeli, yarı yuvarlanmış bazalitik andezit, andezit blokları ve seyrek olarak mikritik kireçtaşı ve kumtaşı bloklarından oluşmaktadır. Şeyhhalil piroklastikleri ileri derecede altere, olasılıkla felsik bileşimli bir dayk tarafından kesilmektedir. Yağıldere köyü civarında görülen kül blok akıntılarının da yaklaşık 60 cm kalınlığında, 2 km uzunluğunda aynı tür bir dayk tarafından kesildiği görülmektedir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17: Yağıldere yakınlarında kül-blok akıntı birimleri ileri derecede altere, felsik bir dayk (FD) tarafından kesilmektedir.

Avcıpınarı, Kaman kuzeyinde Tavşan Tepe’de ve Pamukpınarı civarında yer alan piroklastikler, başlıca kristal tüfler ile temsil edilmektedir. Bu birim önceki çalışmalarda Yılmaz ve diğerleri (1995) tarafından “Pamukpınar Tüfü” olarak tanımlanmıştır. Genellikle beyaz, sarımsı gri, Tavşan Tepe civarında ise yeşil alterasyon renklerinde gözlenen tüflerin içerisinde başlıca kuvars, plajiyoklas ve eser miktarda biyotit mineralleri görülmektedir. Bu mineral parajenezi ve açık renkleri bakımından felsik tüf (asidik) olarak yorumlanmışlardır. Piroklastik birimler genel olarak epiklastik ve lav ardalanmasının üst seviyelerinde bulunmaktadır.

2.2.2.3 Bazalt, Bazaltik Andezit ve Andezitler

Bazalt, bazaltik andezit ve andezit bileşimindeki lavlar, masif lav akıntısı olarak ve breşik lav akıntıları halinde bulunurlar. Bu tip lav akıntılarının en tipik ve taze mostraları Yıldızeli ilçe merkezi civarında, Sandal köy, Kapıköy, Yukarıkecik köyü ve Şeyhhalil güneybatısında Kale Tepe civarında görülmektedir. Masif lav akıntılarında akma foliasyonlarının, yer yer üç yönlü eklem takımlarının ve sütunsu soğuma kolonlarının geliştiği gözlenmektedir. Altere yüzeylerinde boz kahverengi veya bordo, taze yüzeylerinde ise koyu gri-lacivert renkleri hakimdir.

Çalışma alanında Yukarı Ekecik köyü civarında ve Yıldızeli ilçe merkezinin kuzeybatısında Tokat-Sivas karayolu batısında kalan alanda mostra veren masif lav akıntıları yer yer akma foliasyonları sergilemektedir (Şekil 2.20). Bunlar koyu gri renkli, camsı, 0,3-2,3 cm büyüklüğünde amfibol fenokristalleri içeren bazaltik ve bazaltik andezitik lavlardan oluşmaktadır. Yıldızeli kuzeyindeki bazaltik andezitik lav akıntıları belirgin derecede iri amfibol ve piroksen fenokristalleri içermeleri ve yüksek dayanımları ile karakteristiktir. Bunlar breşik lavlar ve epiklastik birimlerle sıklıkla ardalanmalı, yer yer de onların üzerine akmış olarak izlenmektedirler. Bazaltik andezitler, Yukarı Ekecik köyü civarında ise daha çok epiklastik birimle girik veya ara seviyeler halinde, yer yer de breşik lav akıntıları içerisinde bloklar halinde bulunmaktadır. Bu bölgedeki breşik lav akıntıları ise lacivert-koyu gri renklerinde, camsı, plajiyoklas ve piroksence zengin, yer yer amigdal içeren, 12 - 80 cm boyutunda değişen çakıl ve bloklar içermektedir.



Şekil 2.18: Yıldızeli volkanikleri içinde düz ve düzlemsel, yataya yakın eğimle akmış “aa” lav yüzeyli bazaltik andezit bileşimli lavların genel görünümü.

Şeyhhalil köyü civarında ve Karakaya-Belçik köyleri arasında dar bir alanda bulunan andezitik masif lav akıntıları ise akma foliasyonları ve bunlara dik gelişen altıgen, sütunsu soğuma kolonları sergilemektedir (Şekil 2.19). Altere kısımlarında pembemsi sarı renklerin, taze yüzeylerinde koyu gri, lacivertimsi renklerin görüldüğü bazaltik andezitlerde eklem takımları belirgin olarak görülmektedir. El örneklerinde plajiyoklas, amfibol, biyotit ve piroksen fenokristalleri içeren andezitlerin yer yer 5-15 cm boyutunda amfibolce zengin anklavlar içerdiği görülmüş, örnekler aşırı deforme ve altere olduğu için anklavlı kısımlardan örnekleme yapılamamıştır. Soğuma kolonlarının görüldüğü lav akıntılarının katmanlı alanlarda 20-40 cm arasında değişmekte olup, kalın katman kalınlıklarına doğru amfibol ve anklav içeriklerinin yoğunlaştığı görülmektedir. Bunlar Şeyhhalil güneybatısında yer alan Kale Tepe mevkiinde akma breşlerini ve girik oldukları epiklastik birimleri kesmektedir.



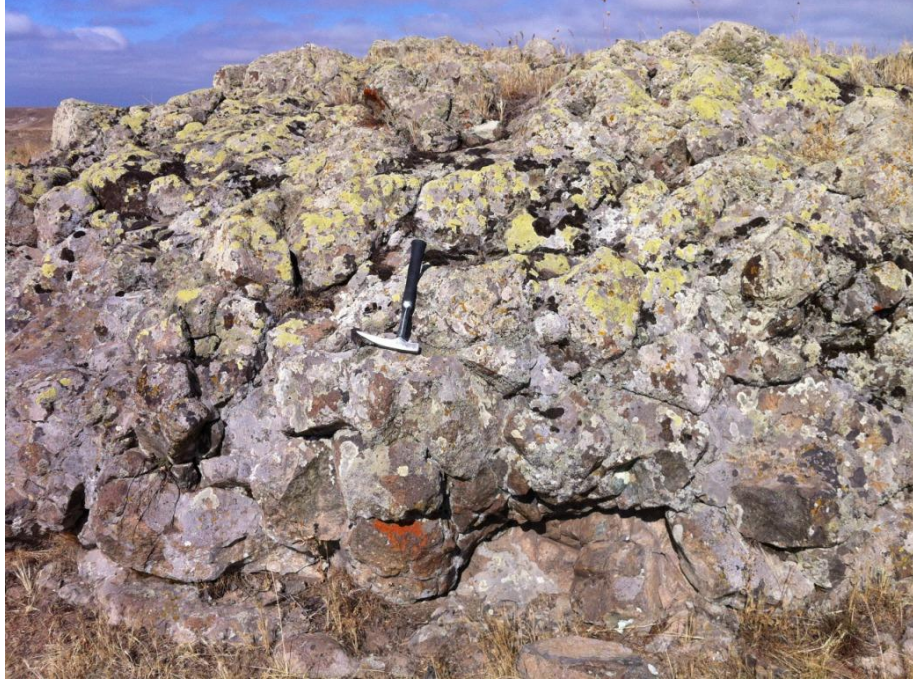
Şekil 2.19: Şeyhhalil köyü civarındaki bazaltik andezitlerde görülen 30-60 cm kalınlıktaki akma foliasyonları ve bunlara dik gelişmiş sütunsu soğuma kolanları.



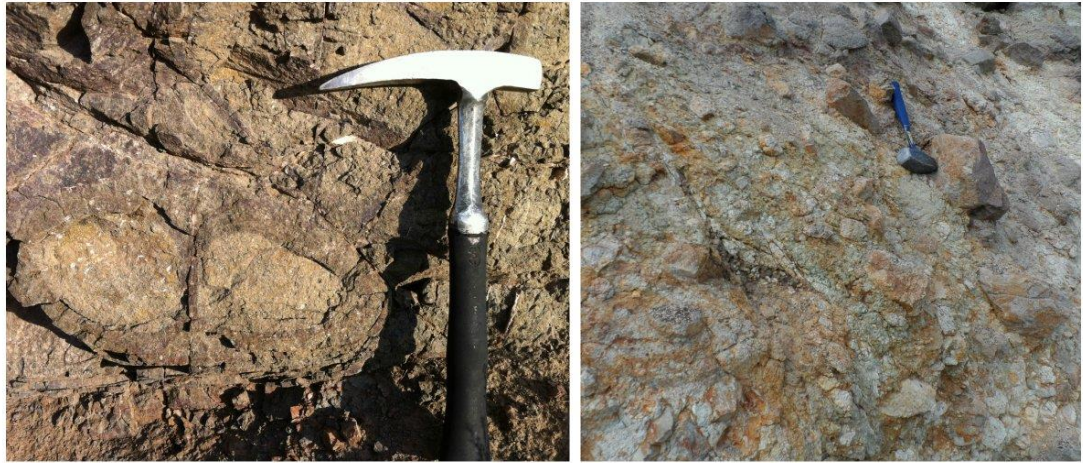
Şekil 2.20: Andezit bileşimli lavlarda görülen akma foliasyonları ve bunlara kabaca dik gelişmiş eklem sistemleri.

Kavak güneybatısında ve Yıldızeli kuzeybatısında dar bir alanda görülen andezitlerin, bölgedeki diğer lavlardan farklı olarak yüzey dayanımları yüksektir ve

“aa lav” yüzeyleri tipiktir (Şekil 2.18 ve 2.21). Genellikle gri renkli feldspatça zengin bir hamurla tutturulmuş plajiyoklas, amfibol ve biyotit minerallerinden oluşurlar. Ayrıca Kavak kuzeyinde ve Avcıpınar köyünün 2 km güneyinde epiklastik ara katkılı lav akıntılarında, andezitlerin hidrotermal değişimine işaret eden, yeşilimsi renkleriyle tanıtman propilitleşmeye rastlanmıştır (Şekil 2.22).



Şekil 2.21: Andezit bileşimli lav akıntısında görülen “aa” lav yüzeyleri



Şekil 2.22: Hidrotermal alterasyona uğramış andezitik lavlar (solda) ve propilitleşme (sağda).

Akma breşleri ise farklı boyutlarda, genellikle köşeli, yer yer alterasyon sebebiyle kısmen yuvarlaklaşmış bloklar içeren kaotik akıntı birimleridir. Çalışma alanındaki en tipik mostraları Yıldızeli – Yozgat anayolu boyunca Sandal köye kadar dar bir alanda ve Yukarı Ekecik güneyi ve Kapıköy yolu üzerinde görülür. İnceleme

alanında masif lav ve breşik akıntıların birbiriyle girik ilişkili olduklarından yalnızca haritalanabilir ölçekte olan kısımlar haritada ayrıca gösterilmiştir. Mostra ölçeğinde kısmen epiklastik çakıltaşıyla benzerlik gösteren birim kahvems gri - koyu gri renklere olup, blokları tutturucu malzemenin volkanik kökenli olmasıyla ayırt edilir. Genellikle blokları birbirine bağlayan malzeme plajiyoklas ve piroksene zengindir, fakat bazı kısımlarda tuturan malzemenin litik parçalar içerdiği görülmüştür.



Şekil 2.23: Bazaltik bloklar içeren çeperleri kısmen yuvarlaklaşmış breşik lavlar. Lacivert renkteki bazaltların çeperlerinde kalsit oluşumları görülmektedir.

Kapıköy ile Sarıçal ve Karakaya köyleri arasında kalan alandaki ve Kavak batısındaki breşik lavlar bazalt ve bazaltik andezit bileşimli bloklar içermektedir (Şekil 2.23, 2.24). İnceleme alanının bu kesiminde epiklastiklerle girik ilişki gösteren breşik lavlar, 2 cm’den 80 cm’e kadar değişen boyutta çakıl ve bloklar içermektedir. Lav blokları el örneklerinde piroksen, plajiyoklas fenokristalleri ve amigdal içeren bazaltik andezitlerden oluşmaktadır. Yıldızeli kuzeyinde Mercimek Tepe’deki breşik lavlar bordo renkli, köşeli, yaklaşık 4- 20 cm boyutlarında plajiyoklaslı lav çakıl ve blokları içermektedir.



Şekil 2.24: Bazaltik-andezit bloklar içeren otobreşik lavların genel görünümü. Koyu gri renkteki breşik bazaltik andezit blokları, altere rengi koyu kahverengi olan piroksen ve plajiyokas içeren kırıntılı benzeri bir hamurla tutturulmuştur.

Yıldızeli Volkaniklerinin Kırşehir Masifi metamorfikleriyle ilişkisi genellikle diskordan yer yer de tektoniktir. İnceleme alanında Kaman köyü ve Belçik mevkilerinde metamorfik temel kayalar ve lavların ana dokanağı normal bileşenli oblik fayla sınırlıdır. Yılmaz (1983) yer yer kendi içinde olistostromal nitelikte olan Üst Kretase yaşlı Hıdırnalı Grubuna ait çökellerin Eosen yaşlı kayaların çökelişi sırasında havza içerisine yeniden aktarıldığını düşünmektedir. Bu iki volkanoklastik birim aynı çökme ortamını temsil ettiğinden, arazi gözlemleriyle birbirinden ayrılmaları güçtür. Alt dokanak ilişkisinin ayırt edilebildiği alanlarda birimin Hıdırnalı Grubu kayalarıyla ilişkisinin tektonik olduğu görülmüştür. Yıldızeli Volkanikleri, sığ denizel bir ortamı temsil eden Tokuş Formasyonu çökelleriyle ile yanal ve düşey yönde geçişli ilişki göstermekte olup, Yıldızeli güneyinde daha genç yamaç molozu ve karasal İncesu Formasyonu tarafından örtülür. Tüm bu veriler göz önüne alındığında, volkanik aktivitenin sığ denizel bir ortamda başladığını, volkanizmaya eş zamanlı olarak gerçekleşen sedimantasyon sonucu Yıldızeli grubu kayalarının oluştuğu ve bunu takiben ortamın karasallaştığı anlaşılmaktadır.

İnceleme alanındaki Yıldızeli volkaniklerinden önceki çalışmalarda herhangi bir yaş verisi bulunmamaktadır. Bu çalışmayı da kapsayan bir Tübitak Projesi (Karacık ve diğ., 2016) kapsamında Yıldızeli grubu'na ait lav örnekleri $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ radyometrik

yaş tayinine tabi tutulmuştur. 1 adet bazaltik andezit ve 1 adet andezit örneğinden yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaşlandırması sonucunda volkaniklerin plato yaşlarının sırasıyla 46.59 ± 0.37 My ve 44.72 ± 0.18 My şeklinde olduğu görülmüştür. Ayrıca Yılmaz ve diğ. (1995) tarafından yapılan çalışmada Yıldızeli grubuna ait Tokuş Formasyonu neritik kireçtaşı ve foraminiferli kumtaşları içerisinde alınan *Orbitolites complanatus*, *Assilina cf.*, *Nummulites cf. (millecaput ve helveticus)*, *Lockhartia* fosillerine dayanılarak birimin yaşı Lütésiye-Priyaboniyen olarak yaşlandırılmıştır. Radyometrik yaş tayinleri ile volkaniklerle geçişli ilişki gösteren Tokuş Formasyonundan elde edilen fosil yaşlarının uyumlu olması sonucunda, volkanik aktivitenin bölgede Lütésiye (Orta Eosen) zaman aralığında etkin olduğu söylenebilir.

1.4 İncesu Formasyonu

İnceleme alanındaki en genç birim genel olarak gevşek, tutturulmamış çakıltası, çakıllı kumtaşı, kıltaşı ve çamurtaşı ardalanmasından meydana gelmektedir. Boz gri-kırmızı renklerdeki birim Sandal köyü batısında, Karayaka ve Belçik köyleri doğusundaki alanda geniş yüzlekler sunmaktadır. Yıldızeli grubu kayalarıyla ilişkisinin en iyi görüldüğü alanlar Kaman, Sandal Köyü ve Üyük yaylasıdır. Tüm yaşlı birimlerden çakıllar içeren, kum matriksli birim iyi yuvarlanmış, kötü boylanmalı olup yatay ve yataya yakın tabakalanma sergiler (Şekil 2.25, 2.26). Birimin akarsu ortamında depolanmış olduğu söylenebilir.

İncesu Formasyonu inceleme alanında Yıldızeli grubu kayalarını açısız uyumsuzlukla örtmektedir. Kaman köyü doğusunda ve batısında Kırşehir masifi temel kayalarıyla faylı dokanak ilişkisi sergilemektedir. Çobansaray köyü kuzeyinde dar bir alanda ofiyolitik melanj kayalarını örttüğü de görülmektedir. Ayrıca Çobansaray güneyinde birim, küçük normal faylar tarafından kesilmektedir. Önceki çalışmalarda birimden derlenen *Occitanomys*, *Hipparion matthew*, *Progonomys sp* fosillerine dayandırılarak, birim Üst Miyosen-Pliyosen olarak yaşlandırılmıştır (Özcan ve diğ. ve diğ., 1980).



Şekil 2.25: İncesu formasyonundaki gevşek, kötü tutturulmuş Hıdırnalı grubuna ait fliş, pelajik kireçtaşı çakılları içeren kaba kumtaşlarının genel ve yakından görünümü.



Şekil 2.26: Killi kumlu ara seviyeler içeren, yataya yakın tabakalanma gösteren İncesu Formasyonu.

3. PETROGRAFİ

Çalışmanın bu bölümünde Yıldızeli Grubu'na ait Eosen yaşlı volkanik kayalardan alınan kayaç örneklerinin mineralojik ve dokusal özellikleri tanımlanmıştır. Polarizan mikroskopta yapılan incelemeler sonucunda Yıldızeli bölgesine ait kayalar modal bolluklarına göre sınıflandırılarak fenokristal ve hamur içerikleri belirlenmiştir.

3.1 Yıldızeli Volkaniklerinin Petrografik Özellikleri

Yıldızeli bölgesinde yer alan volkanikler bazalttan traki-andezite kadar değişen bileşimdeki kayalardan meydana gelmektedir. Bu birimler formülünde su içeren ve içermeyen mafik mineralleri kapsamalarına göre “susuz” ve “sulu” seri olmak üzere iki toplulukta tanımlanmıştır. Susuz seriye ait lavlar “olivin ve piroksen içerenler (YV-1a)” ile “piroksen içerenler (YV-1a)” olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Sulu seriye ait lavlar ise “amfibol, piroksen ve biyotit içerenler (YV-2)” olarak tanımlanmıştır.

3.1.1 Susuz seri (bazalt ve bazaltik andezitik lavlar; YV-1)

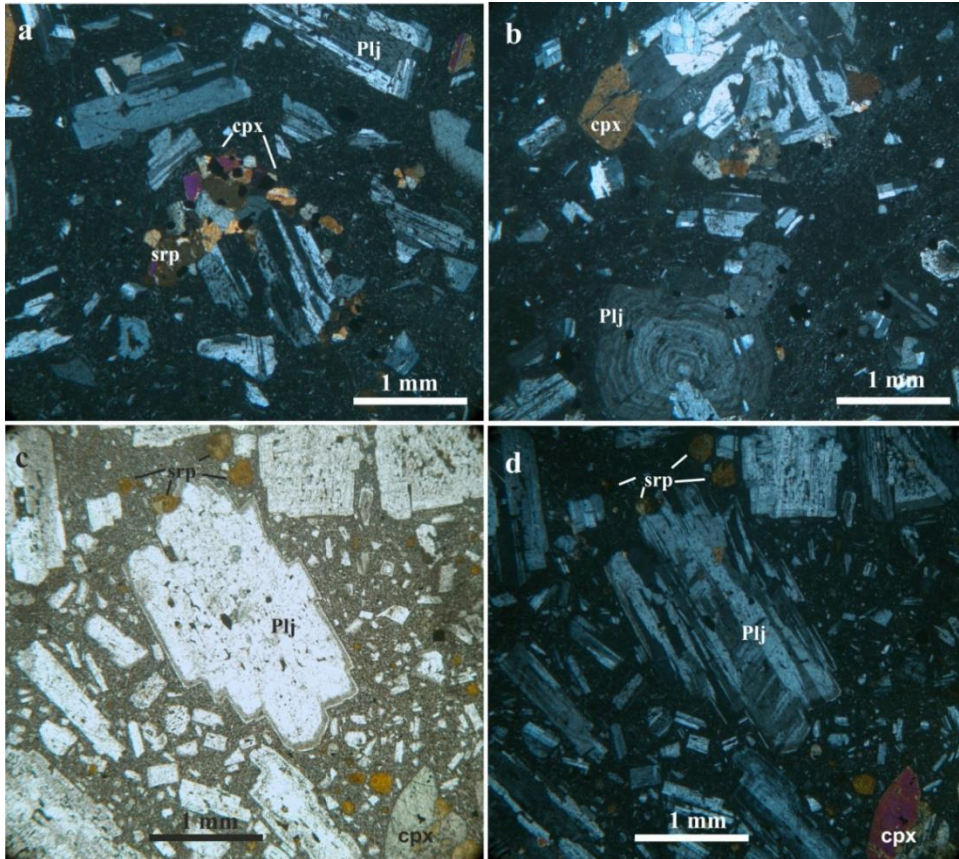
Yıldızeli volkaniklerinin petrografik incelemesi sonucu olivin, piroksen gibi susuz minerallerce zengin lavlar “susuz seri” olarak ayırt edilmiştir. Bunlar, daha çok bazik lavlarla temsil edilir. Susuz seri lavlar kendi içlerinde olivin ve piroksen içeren YV-1a ve sadece piroksen içeren YV-1b olmak üzere iki farklı mineral topluluğu tarafından temsil edilmektedir:

Olivin ve piroksen içerenler (YV-1a): Plajiyoklas + Klinopiroksen + Olivin ± Ortopiroksen + Opak mineraller

Piroksen içerenler (YV-1b): Plajiyoklas + Klinopiroksen ± Ortopiroksen + Opak mineraller

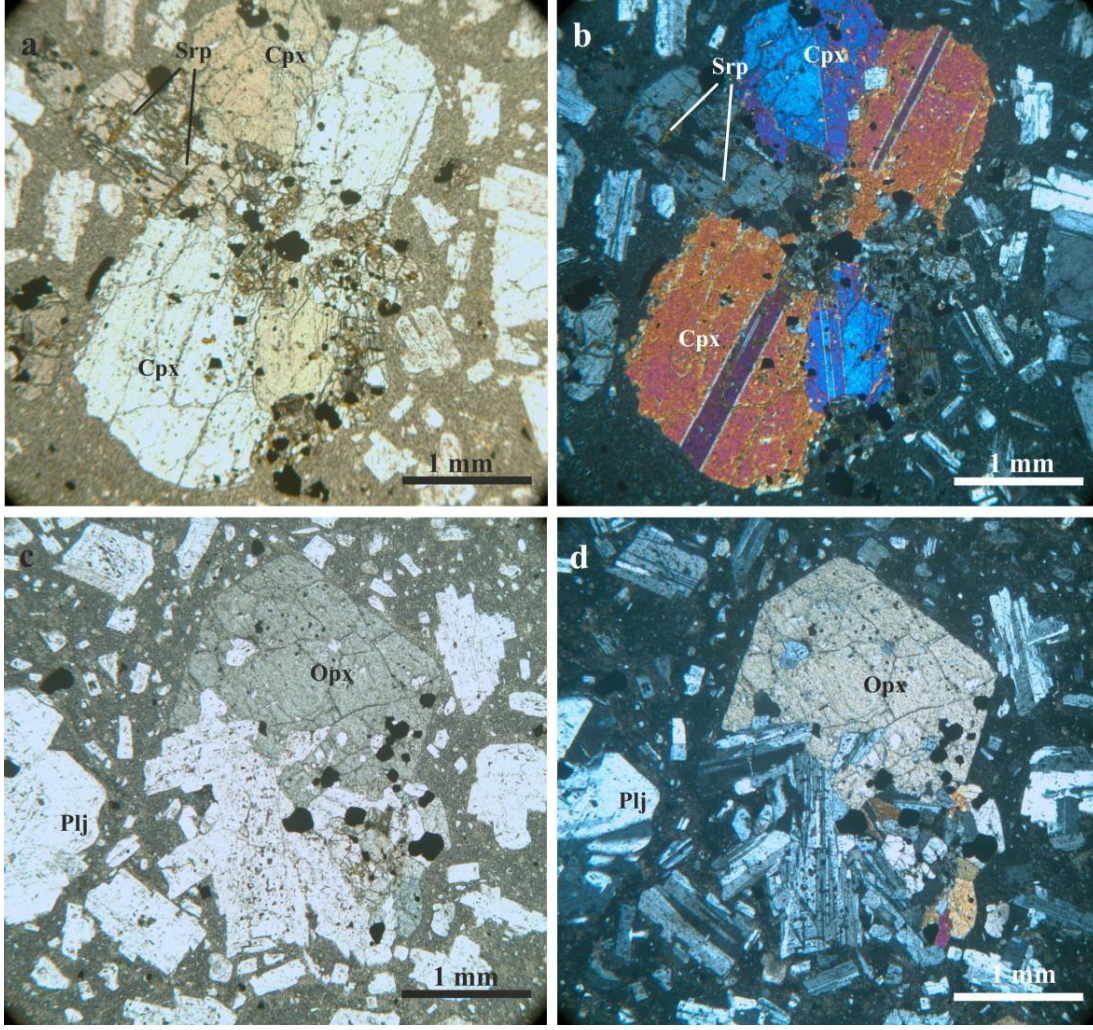
YV-1 susuz serisine ait lavlarda görülen başlıca fenokristaller plajiyoklas ve klinopiroksen mineralleridir. Bu seriye dahil edilen volkanik kayalar plajiyoklas ve piroksen türlerine bağlı olarak bazalt ve bazaltik andezit olarak tanımlanmıştır. Plajiyoklaslar iri fenokristaller ve hamuru oluşturan mikrolitler halinde bulunurlar. Genellikle yarı özşekilli - özşekilli olup, 0,2 mm - 3,0 mm boyutları arasında görülmektedir. Yamalı ve salınımlı zonlanma gibi karışmazlık dokuları ve polisentetik ikizlenme tipik olarak görülmektedir. YV-1a serisine ait örneklerin bir kısmında magma etkileşimi/karışımı sonucu plajiyoklaslarda elek dokusu ve

magmatik korozyon dokularının, kenar zonlarda ise reaksiyon dokularının varlığı tespit edilmiştir (Şekil 3.1c). İri fenokristallerde uzun eksene paralel piroksen, serpantinleşmiş olivin, cam ve opak mineral kapanımları gözlenmektedir. Özellikle YV-1b serisine ait kesitlerde plajiyoklasların hidrotermal alterasyon sonucu serisit ve kil minerallerine dönüştüğü görülmektedir. 551 numaralı bazalt örneğinden ölçülen plajiyoklas fenokristallerinin genel olarak normal zonlanma sergilediği ve anortit-bitovnit (An_{65-92}) bileşiminde olduğu tespit edilmiştir (Karacık ve diğ., 2016) Mikrofenokristaller ise çekirdeğinde bitovnit kimyası sergilemekte olup, kenar zonunda labradorit ve andezin bileşimlidir (An_{39-81}). Bazaltik-andezit örneğindeki plajiyoklaslar ise normal ve ters zonlanma sergilemektedir ve andezin, labradorit ile bitovnit (An_{29-78}) arasında değişen geniş bir bileşimsel aralık sergilerler. Hamurda mikrolitlerde akıntı dokusu görülmektedir. Hamurdaki mikrolitler bazaltik örneklerde çok az ya da hiç görülmezken YV-1b serisine ait bazaltik andezit kesitlerde bol miktarda bulunurlar.



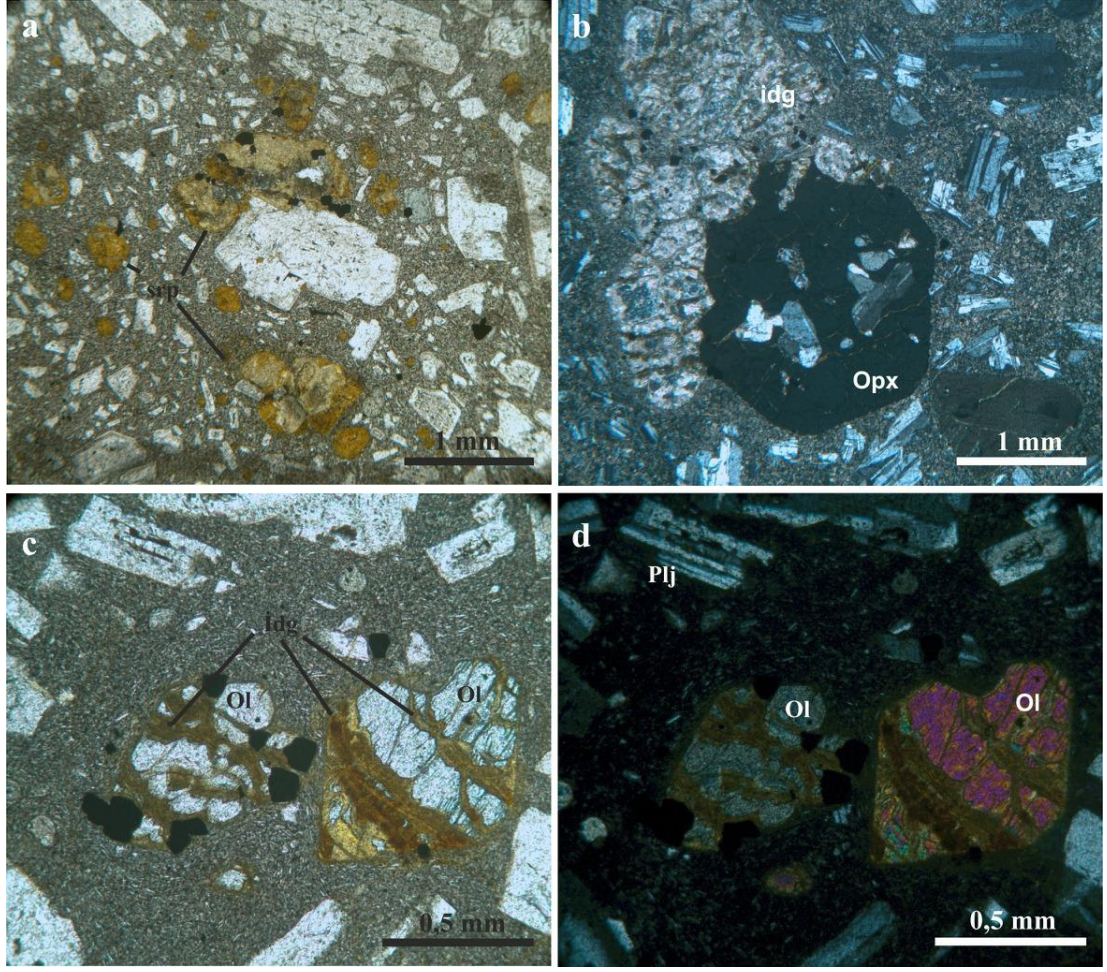
Şekil 3.1: **a)** Bazalt kesitlerinde plajiyoklasların kenar zonlarında glomeroporfirik piroksenler (ÇN) **b)** Salınımlı zonlanma gösteren plajiyoklas (ÇN), **c, d)** magma etkileşimi sonucu plajiyoklas fenokristalinde oluşan elek dokusu ve reaksiyon kenarı (TN, ÇN), (Cpx: klinopiroksen, Plj:plajiyoklas,srp: serpantin, ÇN: çift nikol, TN: tek nikol).

Yıldızeli volkanikleri susuz serisine ait örneklerde görülen en yaygın mafik mineral piroksendir. Piroksenler genellikle iri fenokristaller ve hamurda mikro kristaller halinde bulunurlar. Sönme durumları incelendiğinde iri fenokristallerinin çoğunlukla klinopiroksen olduğu, bazalt örneklerinin bazılarında ise eser miktarda ortopiroksenin varlığı tespit edilmiştir. Susuz seriye ait lavlarda piroksenler yarı özşekilli - özşekilsiz, 0, 2 mm - 5 mm boyutları arasında fenokristaller halinde bulunmaktadır. Hamurda görülen mikro kristalleri ise tamamen özşekilsizdir. Tek nikolde genellikle renksiz ya da soluk kahverengi - yeşil renklerde çok zayıf pleokroik olarak görülen klinopiroksenler, çift nikolde 2. dizinin ortasında ya da 1. dizinin düşük çift kırınım renklerinde görülürler. (010) yüzeylerinde dilinim gözlenemezken, (110) yüzeyinden alınmış kesitlerde mineraller çift yönlü dilinim sergilemektedir. Genellikle polisentetik ve basit ikizlenmelerin rastlandığı klinopiroksenlerde zonlanma seyrekte olsa görülmektedir (Şekil 3.2a,b). Ortopiroksenler ise YV-1a serisine ait örneklerde görülmektedir. Renksiz, soluk yeşil renklerde olup düşük girişim rengi sergilerler. Piroksenler çoğunlukla opak mineral, plajiyoklas ve serpantinleşmiş olivin kapanımları içermektedir, özellikle ortopiroksenlerde poikilitik doku yaygındır. Bazı fenokristallerinde magmatik korozyon ve hamurla olan sınırında reaksiyon dokularının varlığına rastlanmıştır. Bu veriler ışığında piroksenlerin kristallenme sırasında eriyik ile dengede kalamadıklarını söylemek mümkündür. YV-1b serisine ait örneklerde ise klinopiroksenler glomeroporifirik yığınlar halinde kümelenmiş olarak görülmektedir (Şekil 3.4). Klinopiroksenler 35° - 50° açıyla eğik sönme gösterirler. YV-1a serisindeki 551 numaralı bazalt örneğinde bulunan klinopiroksen mineralinin bileşimi $Wo_{39-49} En_{41-50} Fs_{4-17} Mg\#$ 80-90 aralığında değişmektedir (Karacık ve diğ., 2016). Klinopiroksen mineralleri çekirdekten diyopsit iken, kenar zonuna doğru ojite değişmektedir. YV-1b serisine ait bazaltik andezit örneğindeki klinopiroksen mineralinin bileşimi çekirdekten kenara ojit-diyopsit şeklinde değişim göstermektedir.



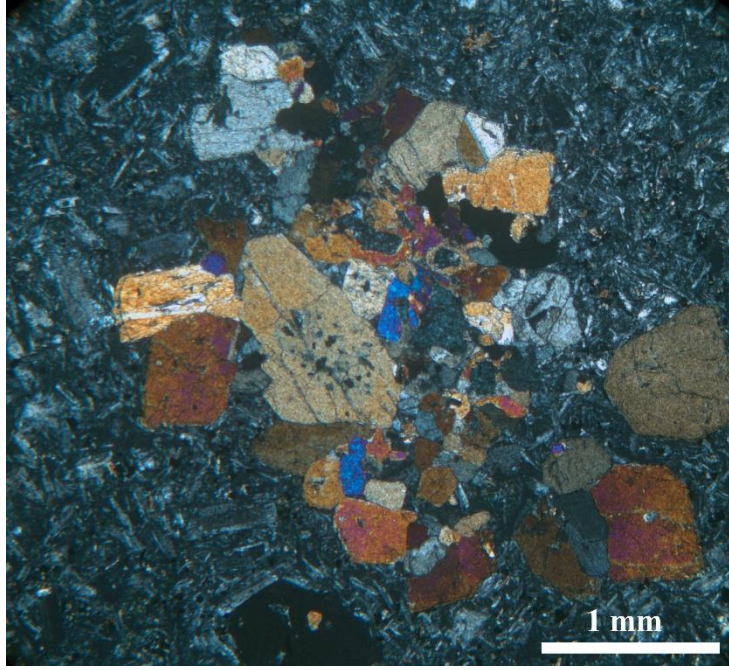
Şekil 3.2: a,b) Basit ikizlenme gösteren klinopiroksen fenokristali (TN,ÇN), c,d) Plajiyoklas ve opak mineral kapanımları içeren özşekli ortopiroksen fenokristali camsı bir hamur içerisinde (TN,ÇN).

Olivinler, YV-1a serisine ait örneklerde genellikle ileri alterasyon sonucu serpantinleşmiş veya kırmızımsı kahve-sarımsı renklerdeki iddingsite dönüşmüştür. iddingsitleşmiş halde bulunurlar. Çekirdek kısmında sağlam kalmış olivinler piroklastik birimin içerisinden derlenen bazalt bloklarında tanınmıştır (Şekil 3.3c,d). Ortalama 0,1 mm – 1 mm boyutlarında, özşekilsiz fenokristaller halindedirler. Olivinler bazaltik örneklerde klinopiroksen ve bazen de plajiyoklas fenokristalleriyle glomeroporfirik doku sergilemekte olup, bazı kesitlerde ise klinopiroksenlerin içerisinde kapanım halinde bulunurlar.



Şekil 3.3: **a)** Tamamen serpantinleşmiş özşekilsiz olivin minerali (TN), **b)** özşekilli ortopiroksen fenokristali ve psödomorf iddingsit minerali (TN), **c,d)** Özşekilsiz olivin fenokristalinde iddingsitleşme (TN,ÇN) (Ol: olivin, Opx:ortopiroksen, Srp:serpantin, İdg: iddingsit, TN: tek nikol, ÇN:çift nikol).

Opak mineraller ise genellikle hamur içinde saçılmış halde ve yer yer plajiyoklas ve piroksen fenokristalleri içinde kapanım olarak bulunmaktadır. Bu birime ait olan kesitler incelendiğinde ikincil olarak iddingsit, kalsit ve epidot oluşumuna rastlanmıştır. Ayrıca killeşme ve serisitleşme de gözlenmiştir.



Şekil 3.4: Glomeroporfitik dokulu bazaltik andezit örneği (Çift nikol görünümü).

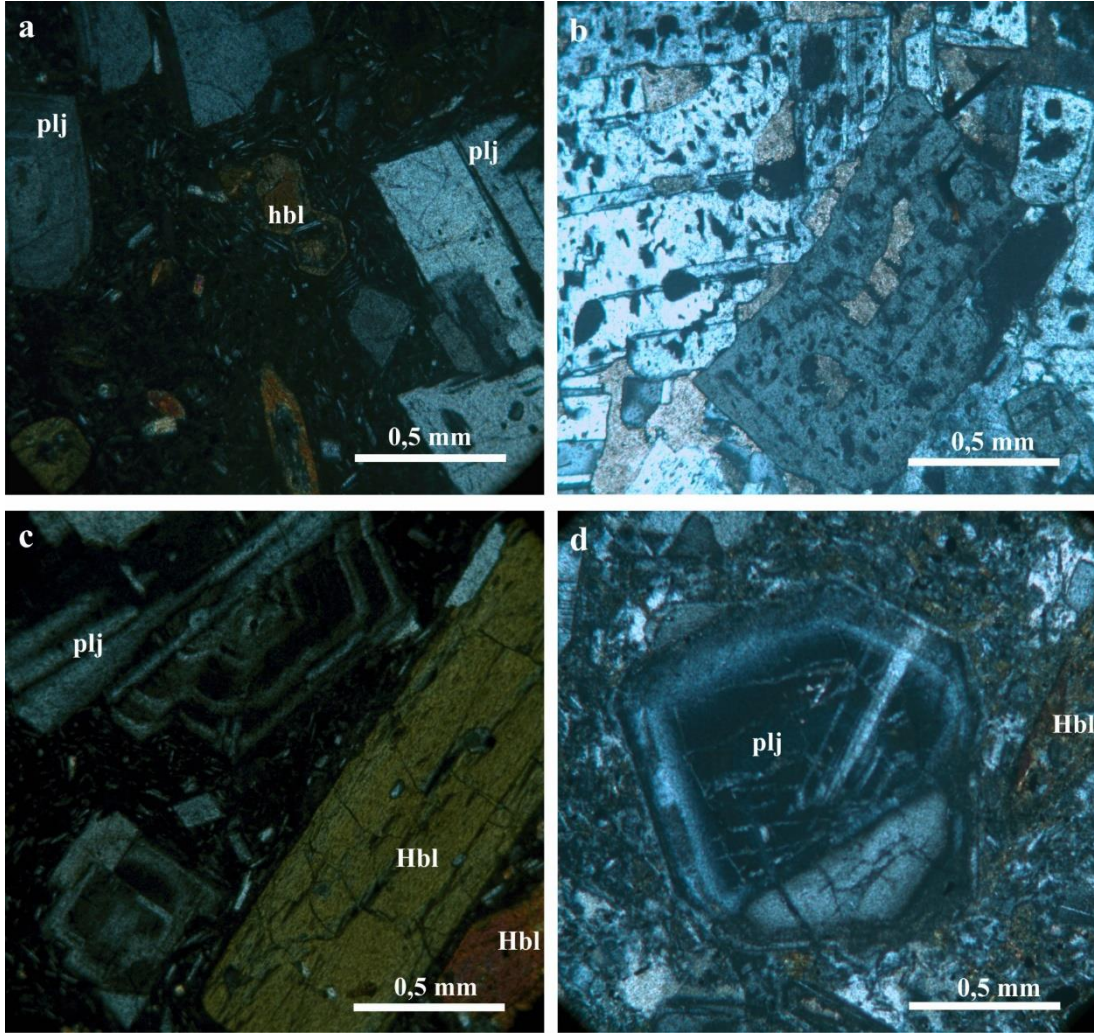
Bazaltik ve bazaltik andezitik lavlar benzer mineralojiye sahiptirler. Petrografik sınıflandırma yapılırken bu iki kaya türü birbirinden plajiyoklas türüne göre ayrılmıştır. Bazaltlar daha kalsik olan anortit-bitovnit-labradorit bileşiminde plajiyoklaslar içerirken, bazaltik andezitlerde labradorit yanında daha ortaç karakterli andezin bileşiminde plajiyoklaslar bulunur. Ayrıca ince kesitlerinde dokusal olarak farklılık göstermektedirler. Genellikle hemikristalen porfirik dokulu olan susuz seri örnekleri % 20 ile % 40 arasında değişken oranlarda hamur içermektedir. Genellikle volkanik camdan oluşan hamur içerisinde değişken oranlarda plajiyoklas mikrolitlerine rastlanmıştır. Bazı örnekler çok fazla altere olduğu için hamuru tanımlamak güçtür. Yıldızeli grubu içinde yer alan bazaltlarda volkanik camın çok, mikrolitlerin çok az olduğu vitrofirik doku egemendir, bazı kesitlerinde ise mikrolitlerin biraz daha fazla olduğu hyalopilitik ve trakitik doku da gözlenir. YV-1b serisinde ise bol plajiyoklas mikrolitli, çok az volkanik cam kapsayan örneklerde mikrolitlerin rastgele sıralandığı mikrokristalin intersertal doku gelişmiştir. Bazalt ve bazaltik andezit örnekleri de glomeroporfirik doku görülmektedir. Genellikle piroksen ve plajiyoklaslar hamur içerisinde glomeroporfirik yığınlar halinde bulunur (Şekil 3.4).

3.1.2 Sulu seri (andezitik ve traki-andezitik lavlar; YV-2)

Yıldızeli Grubu volkaniklerinden mafik mineral olarak amfibol, biyotit gibi molekül suyu içeren minerallerin egemen olduğu, yine de az miktarda piroksen içeren lavlar “sulu seri” olarak tanımlanmıştır. Bu seriye ait lavlar genellikle ortaç bileşimli lavlarla temsil edilir.

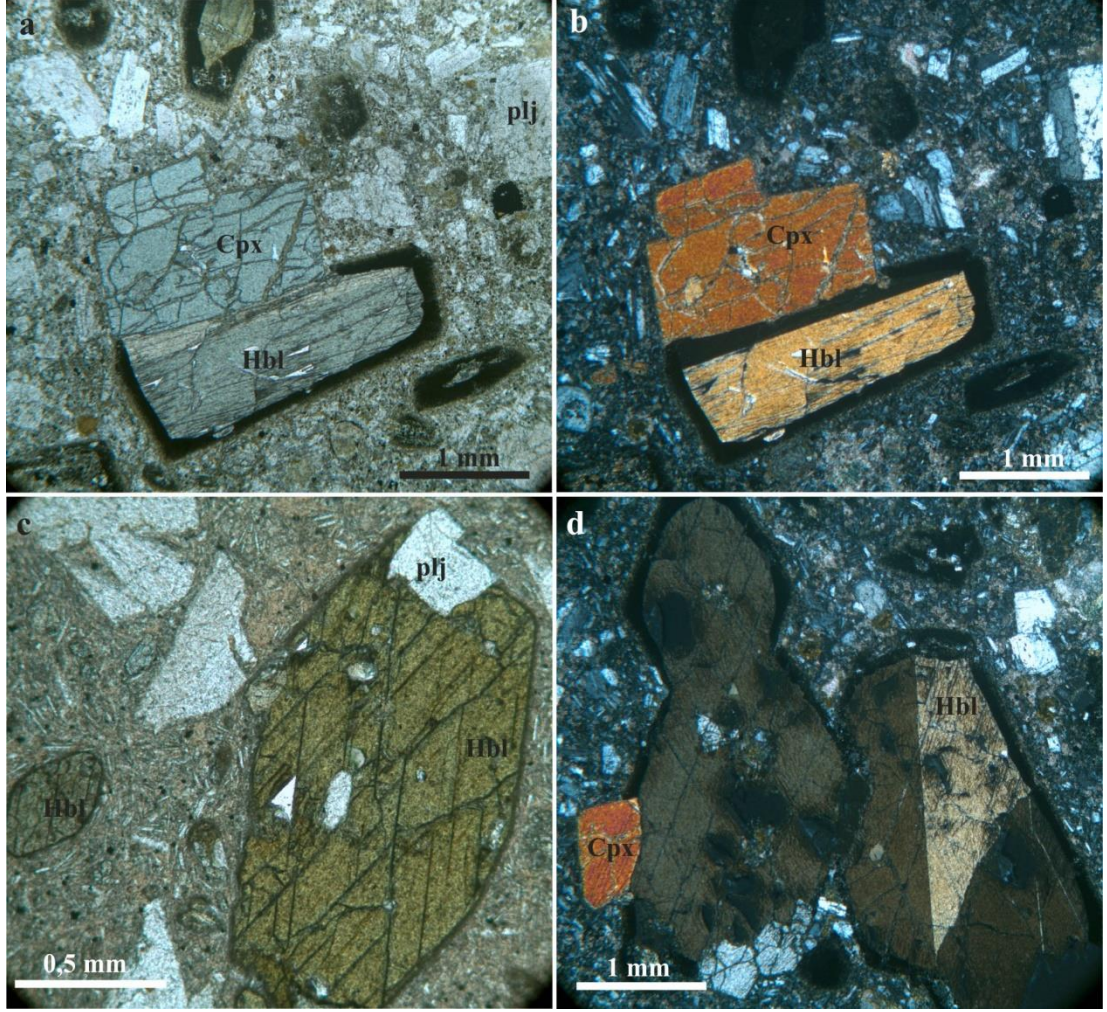
Amfibol içerenler (YV-2): Plajiyoklas + Hornblend ± Piroksen ± Biyotit + Opak mineraller

YV-2 serisine ait lavlar bolluk oranına göre başlıca mineral bileşimi plajiyoklas, amfibol, klinopiroksen, biyotit, opak mineral ve ikincil mineraller (serizit, kalsit) şeklindedir. Andezit ve traki-andezit olarak iki farklı kaya türü tanımlanmıştır. İki örnek dışında YV-2 serisinin tümü andezit olarak sınıflanırlar. Traki-andezitler andezitlerden farklı olarak sodik plajiyoklas ve çok az oranda alkali feldspat (sanidin) içermektedir. Hamur genellikle plajiyoklas mikrolitleri ve camdan oluşur. Genellikle porfirik, mikrolitik ve glomeroporfirik doku sergilemektedirler. Glomerofirik yığınlar 3 mm - 4 mm boyutunda olup özellikle piroksenler ve plajiyoklas fenokristallerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.5: a) Vitrofirik, trakitik dokulu, polisentetik ikiz ve zonlanma gösteren plajiyoklas lataları ve trakitik doku sergileyen mikrolitler (ÇN), b) plajiyoklaslarda sünger dokusu ve bozuşma sonrası oluşmuş kalsit dolguları (ÇN), c) salınlı ve karmaşık zonlanma gösteren plajiyoklaslar ve hornblend fenokristali trakitik hamur içerisinde (ÇN), d) Plajiyoklasın kenar zonlarında görülen reaksiyon kuşağı (ÇN).

Plajiyoklaslar fenokristaller ya da hamurda mikrolitler halinde bulunmaktadır. Fenokristalleri yarı özşekilli-öz şekilsiz olup boyutları 0, 5 mm – 5 mm arasında değişmektedir. Bu seride polisentetik ikizlenme ve magma karışmasının göstergesi olabilecek salınlı zonlanma oldukça yaygın gözlenir (Şekil 3.5). Plajiyoklaslardaki elek (sieve) dokusu YV-1 serisine oranla daha seyrek görülmektedir. Çoğunlukla bu seriye ait örneklerde plajiyoklaslar tamamen bozuşmuş, serisitleşmiş ve kalsitleşmiştir. Hamurda görülen plajiyoklas mikrolitleri genellikle trakitik doku sergilemektedir (Şekil 3.5a). Mineral kimyası analizlerinden andezit örnekleri içerisindeki plajiyoklasların labradorit-andezin türünde (An_{31-52}) olduğu belirlenmiştir (Karacık ve diğ., 2016).



Şekil 3.6: **a,b)** Kenar zonları opaklaşmış hornblend ve klinopiroksen (TN,ÇN), **c)** Hornblend fenokristali çift yönde mükemmel gelişmiş dilinim (TN), **d)** İkizlenme gösteren hornblend fenokristali (ÇN).

Hornblendler genellikle özşekilli, yarı-özşekilli veya prizmatik fenokristaller ve psödomorflar halinde 0,3 mm - 5 mm boyutlarında bulunmaktadır. Açık kahverengiden yeşile giden bir pleokroizma ve mükemmel baklava dilinimi belirgin olarak görülmektedir (Şekil 3.6c). Bazı kesitlerinde hornblendlerde ikizlenme göstermektedir. İri fenokristallerinin kenar zonları genellikle opaklaşmıştır. Hornblendler opak mineral ve 0,2 mm boyutunda plajiyoklas kapanımları içermektedir. Çoğunlukla plajiyoklaslarla kenar zonları temas halindedir ve hamur tarafından korozyona uğratılmış olarak görülürler (Şekil 3.6c). Daha camsı hamura sahip örneklerde plajiyoklas mikrolitleri hornblend minerallerinin çevresinde akıntı dokusu sergiler. Şeyhhalil köyü civarından alınan örneklerde ise hornblendler bozuşmuş, kloritleşmiş psödomorflar halinde ve/veya holokristalen ksenolitlerin içerisinde kümülatlar halinde bulunmaktadır. YV-2 serisine ait hornblendlerin sönme açıları 15-20° arasındadır. D-27 numaralı örnekteki amfibol minerallerinden yapılan

mineral kimyası ölçümleri sonucunda bunların kalsik amfibol türünde oldukları ve edenit ve magnesyo-hastingsit kimyasal bileşimi sergiledikleri belirlenmiştir (Karacık ve diğ.,2016).

YV-2 serisindeki piroksenler genellikle hamurda mikrokristaller ve/veya nadiren özşekilsiz fenokristaller halde bulunur. Fenokristallerin boyutları maksimum 2 mm, ortalama 0,5 mm'dir. Genellikle bol çatlak içeren klinopiroksenler, opak mineral ve 0, 2 mm büyüklüğünde plajiyoklas kapanımları içermektedir. Bazı kesitlerinde çift yönde iyi dilinim görmek mümkündür. Bazı kesitlerle piroksenler hamur tarafından kemirilmiş, korozyona uğramış olarak görülür. Sönme açıları 33-40° arasında değişiklik göstermektedir. D-27 numaralı andezit örneğinde ölçülen klinopiroksen minerali diyopsit bileşenlidir ($Wo_{45-47} En_{40-44} Fs_{10-13} Mg\#76-81$) (Karacık ve diğ.,2016). Biyotitler çoğu örnekte hidrotermal etkilerle opasitleşmiş halde bulunur. Andezitik D27 örneğindeki kahverengi mikalar tür belirleme diyagramlarına düşürüldüğünde flogopit uç üyesine yakın olarak saptanmıştır (Karacık ve diğ.,2016).

Sulu YV-2 serisine ait andezitik lavlar hemikristalen porfirik dokulu, % 15 ile % 55 arasında değişken oranlarda hamur içermektedir. Hamur değişken oranlarda piroksen, alkali feldispat ve plajiyoklas mikrokristallerinden, bazı örneklerde ise yarı cam ve plajiyoklas mikrolitlerinden oluşmaktadır. Altere örneklerde hamur kalsit ve serisit minerallerince zengindir. Bu seriye ait örneklerde hornblend minerallerinin etrafında yoğunlaşan akıntı (trakitik) doku hakimdir.

4. JEOKİMYA

Çalışmanın bu bölümünde, Yıldızeli volkaniklerinin ana, iz, nadir toprak element (REE) ve izotop analizleri doğrultusunda volkanik kayaların jeokimyasal özelliklerini belirlemek ve bu volkanikleri oluşturan magmanın köken ve evrimini anlamak amaçlanmıştır.

4.1 Jeokimyasal Sınıflama

Yıldızeli volkaniklerinden derlenen ve analiz edilen tüm örneklerle ait ana oksit, iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Petrografik olarak sulu ve susuz seri olarak sınıflandırılan Yıldızeli volkanikleri, bu bölümde mineralojik birlikteliklerine göre 3 gruba ayrılmıştır. Tüm örneklerin jeokimyasal sınıflamaları, jeokimyasal sonuçların sulu fazda (LOI değeri ana element oksitlere dağıtılmadan) hesaplanmış ve bu değerler kullanılarak sınıflandırma diyagramlarına iz düşürülmüştür.

Yıldızeli volkaniklerinin jeokimyasal sınıflamasında Le Bas ve diğ. (1986) ‘nin SiO_2 ’ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (toplam alkali-silika), Peccerillo ve Taylor’ (1976)’ın Na_2O ’ya karşı K_2O diyagramları kullanılmıştır. TAS diyagramı üzerine Irvine ve Baragar (1971) tarafından önerilen alkali-subalkali ayırım çizgisi eklenmiş, daha sonra subalkali serileri kendi içinde Fe-Mg-Alkali içeriklerine göre ayrılarak Irvine ve Baragar (1971)’in AFM diyagramı üzerine düşürülmüştür.

Çizelge 4.1: Yıldızeli lav örneklerine ait ana oksit, iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları (UTM ED50 6 derece formatındadır).

Örnek No	YV-68	YV-51	YV-49	YV-551	YV-39	YV-28	YV-63	YV-22
Lokasyon (UTM)	0292819 / 4418252	0261373 / 4412398	0265284 / 4412272	0659546 / 4542640	0290048 / 4414667	0286943 / 4413411	0259668 / 4415305	0283244 / 4414168
Seriler	YV-1a	YV-1a	YV-1a	YV-1a	YV-1a	YV-1a	YV-1a	YV-1b
SiO ₂	53,86	47,27	51,16	51,24	51,94	50,02	47,77	54,17
TiO ₂	0,82	0,91	0,83	0,81	0,99	0,94	0,74	0,76
Al ₂ O ₃	18,87	17,59	20,07	20,50	18,41	20,72	18,82	20,74
Fe ₂ O ₃	7,38	8,11	7,99	7,85	8,16	7,76	7,00	5,89
MnO	0,13	0,15	0,12	0,12	0,16	0,08	0,11	0,10
MgO	3,42	3,92	3,83	3,80	3,99	2,61	3,85	1,71
CaO	8,22	10,69	9,96	9,65	9,51	10,48	12,34	8,35
Na ₂ O	3,93	2,73	3,26	3,31	3,51	3,58	2,74	4,31
K ₂ O	1,14	1,37	0,84	0,94	0,92	1,29	1,09	1,56
P ₂ O ₅	0,20	0,13	0,16	0,16	0,19	0,25	0,21	0,31
LOI	1,80	6,90	1,60	1,40	2,00	2,10	5,00	1,90
TOTAL	99,78	99,75	99,80	99,81	99,76	99,79	99,73	99,78
Sc	19,00	30,00	21,00	21,00	24,00	22,00	23,00	11,00
V	189	272	238	232	237	263	223	135
Cr			20,5	21,4	20,5			
Co	19,4	25,5	20,4	20,0	22,5	17,8	26,7	12,6
Cu	36,5	68,2	52,0	51,2	28,5	40,1	55,7	37,6
Zn	42	48	46	49	51	35	46	53
Ga	15,2	16,4	16,9	16,7	18,0	18,5	15,9	19,1
Cs	2,0	0,6	0,3	0,5	1,4	0,2	0,1	1,2
Rb	40,80	32,50	16,40	19,10	38,70	35,10	12,60	41,60
Sr	433,9	627,3	439,3	419,6	497,4	518,4	840,9	599,3
Y	22,6	17,3	18,1	18,2	20,9	19,9	17,3	23,0
Zr	132,2	77,2	73,8	73,8	113,8	97,3	80,3	136,9
Nb	6,1	3,7	3,4	3,6	5,0	5,3	4,0	8,5
Ba	397	325	256	257	385	378	317	524
La	19,10	11,50	13,90	14,30	17,10	23,20	17,50	28,00
Ce	37,50	25,50	26,70	25,60	33,90	44,60	40,50	52,30
Pr	4,33	2,96	3,40	3,39	4,25	4,92	4,43	6,12
Nd	18,40	13,10	14,00	14,40	17,70	19,90	17,90	23,20
Sm	3,67	2,83	3,17	3,53	3,77	3,92	3,96	4,37
Eu	1,09	1,05	1,04	0,96	1,19	1,11	1,17	1,35
Gd	4,24	3,35	3,72	3,49	4,26	4,05	3,84	4,64
Tb	0,65	0,53	0,57	0,58	0,65	0,64	0,53	0,72
Dy	4,06	3,34	3,61	3,41	3,86	3,88	2,99	4,35
Ho	0,86	0,70	0,69	0,72	0,87	0,79	0,65	0,93
Er	2,73	1,78	2,08	1,97	2,34	2,33	1,85	2,72
Tm	0,36	0,26	0,33	0,32	0,36	0,35	0,26	0,41
Yb	2,68	1,79	2,12	2,03	2,32	2,45	1,63	2,70
Lu	0,40	0,27	0,30	0,31	0,34	0,35	0,25	0,43
Hf	3,5	2,2	2,3	2,2	3,1	2,5	2,5	3,6
Ta	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,1	0,5
Pb	2,2	1,7	3,5	4,3	1,6	1,1	3,1	2,7
Th	6,1	2,4	3,2	3,6	5,4	6,7	2,3	8,5
U	2,1	0,6	0,7	1,1	1,4	1,4	1,0	2,4
EuN/Eu*	0,84	1,04	0,93	0,84	0,91	0,85	0,92	0,92
(La/Yb)N	4,80	4,33	4,42	4,75	4,97	6,38	7,24	6,99
Mg#	47,9	48,9	48,7	49	49,2	40	52,1	36,5

Çizelge 4.1 (devam): Yıldızeli lav örneklerine ait ana oksit, iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları.

Örnek No	YV-46	YV-33	YV-555	YV-66	YV-64	YV-62	YV-50	YV-47
Lokasyon	0265809 /	0283450/	0259850/	0260172 /	0260314 /	0259174 /	0265233 /	267780 /
(UTM)	4410552	4419100	4411120	4410785	4414504	4415536	4413886	4414355
Seriler	YV-1b	YV-1b	YV-1b	YV-1b	YV-1b	YV-2	YV-2	YV-2
SiO ₂	54,44	51,54	50,56	49,88	53,60	54,49	53,85	52,61
TiO ₂	0,71	0,66	0,83	0,83	0,71	0,70	0,70	0,79
Al ₂ O ₃	18,72	17,39	21,11	21,38	18,65	18,98	18,86	19,87
Fe ₂ O ₃	7,35	6,43	6,89	6,62	6,76	7,23	7,32	6,95
MnO	0,13	0,10	0,13	0,12	0,14	0,15	0,14	0,13
MgO	3,94	5,36	3,50	3,01	3,75	3,40	3,94	3,01
CaO	8,08	7,01	7,04	7,10	8,54	8,26	8,48	6,05
Na ₂ O	3,61	5,53	4,90	5,52	3,79	3,81	3,66	5,40
K ₂ O	1,21	1,23	1,20	0,81	0,79	0,77	0,75	1,49
P ₂ O ₅	0,18	0,21	0,18	0,18	0,18	0,24	0,15	0,19
LOI	1,40	4,20	3,50	4,40	2,90	1,80	1,90	3,30
TOTAL	99,79	99,71	99,81	99,81	99,77	99,78	99,77	99,81
Sc	18,00	17,00	16,00	15,00	19,00	15,00	18,00	13,00
V	194	161	210	203	190	177	187	166
Cr			28,8					
Co	15,6	23,3	13,9	12,9	16,3	15,6	17,1	15,0
Cu	24,8	43,6	51,6	75,2	16,5	27,8	16,3	56,6
Zn	43	40	50	48	35	27	33	47
Ga	16,6	16,7	16,5	16,1	16,4	17,5	17,4	16,8
Cs	0,2	1,0	1,7	3,1	2,9	1,5	2,8	1,2
Rb	26,30	27,40	23,50	18,80	30,70	29,90	48,60	30,50
Sr	414,5	909,1	405,1	376,5	481,5	530,9	458,7	404,9
Y	20,5	13,6	19,7	19,7	19,3	20,0	19,9	20,7
Zr	100,6	76,5	76,0	78,5	101,3	99,4	95,8	98,5
Nb	5,2	4,7	3,2	3,8	5,5	4,2	5,0	4,4
Ba	381	323	303	270	466	395	355	303
La	20,90	16,80	13,70	13,70	20,90	21,00	19,10	16,90
Ce	39,10	35,80	25,30	27,60	39,80	38,00	36,10	31,80
Pr	4,23	4,17	3,35	3,18	4,32	4,46	3,94	3,80
Nd	16,90	16,20	14,40	14,10	16,00	18,00	15,90	15,10
Sm	3,75	3,24	3,20	2,95	3,39	3,74	3,40	3,53
Eu	1,09	0,97	1,03	1,03	1,03	1,19	1,03	1,12
Gd	3,78	3,36	3,31	3,34	3,84	3,85	3,48	3,70
Tb	0,61	0,48	0,58	0,57	0,58	0,63	0,60	0,59
Dy	3,96	2,76	3,70	3,24	3,63	3,79	3,71	3,72
Ho	0,77	0,49	0,74	0,72	0,78	0,74	0,74	0,79
Er	2,34	1,60	2,02	2,14	2,21	2,38	2,29	2,28
Tm	0,35	0,22	0,32	0,30	0,36	0,37	0,32	0,38
Yb	2,23	1,48	2,04	2,07	2,20	2,25	2,19	2,40
Lu	0,33	0,22	0,31	0,30	0,33	0,36	0,33	0,39
Hf	2,6	2,4	2,2	2,0	2,7	2,5	2,3	2,6
Ta	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
Pb	7,5	2,1	1,5	4,7	1,8	2,1	1,9	1,7
Th	5,8	3,5	3,0	3,1	6,4	4,9	5,8	4,2
U	1,7	0,9	1,2	0,9	1,8	1,3	1,6	1,7
EuN/Eu*	0,89	0,90	0,97	1,00	0,87	0,96	0,92	0,95
(La/Yb)N	6,32	7,65	4,53	4,46	6,40	6,29	5,88	4,75
Mg#	51,5	62,3	50,2	47,4	52,4	48,2	51,6	46,2

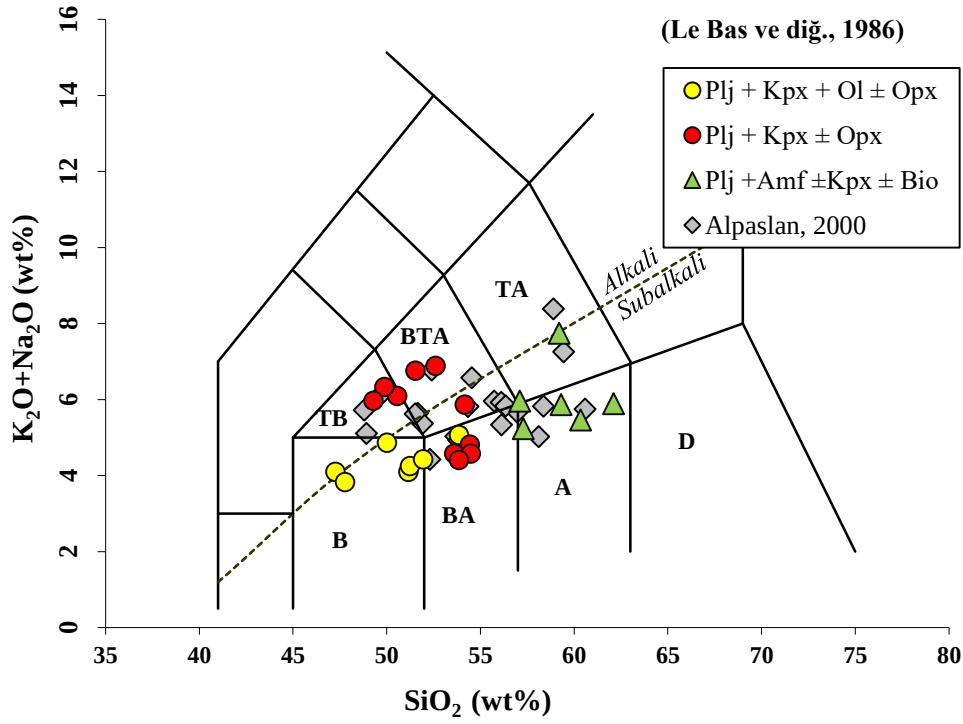
Çizelge 4.1 (devam): Yıldızeli lav örneklerine ait ana oksit, iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları.

Örnek No	YV-14	YV-26	YV-27	YV-45	YV-43	YV-58	YV-60
Lokasyon	0290416 /	0289875 /	0288892/	0279723 /	0280805 /	0253012 /	0253012 /
(UTM)	4417888	4415575	4414760	4408530	4410455	4413221	4413221
Seriler	YV-2	YV-2	YV-2	YV-2	YV-2	YV-2	YV-2
SiO ₂	49,30	57,11	59,21	57,29	60,34	62,10	59,30
TiO ₂	0,70	0,80	0,61	0,67	0,58	0,50	0,58
Al ₂ O ₃	19,15	17,57	17,07	18,08	16,07	16,67	17,14
Fe ₂ O ₃	8,19	6,28	4,43	4,90	5,05	4,51	5,11
MnO	0,14	0,13	0,11	0,11	0,13	0,05	0,06
MgO	4,83	3,05	2,19	3,41	1,21	1,90	3,05
CaO	7,05	6,55	5,71	7,09	7,76	4,97	5,19
Na ₂ O	4,57	4,34	3,93	3,94	3,68	4,05	4,22
K ₂ O	1,40	1,62	3,82	1,30	1,79	1,85	1,65
P ₂ O ₅	0,29	0,21	0,19	0,19	0,14	0,15	0,15
LOI	4,10	2,10	2,50	2,80	3,10	3,10	3,30
TOTAL	99,72	99,74	99,78	99,76	99,84	99,81	99,78
Sc	14,00	16,00	9,00	15,00	14,00	9,00	12,00
V	197	146	130	157	105	94	123
Cr				27,4			
Co	23,0	14,4	10,4	13,4	8,8	10,9	14,9
Cu	43,1	14,2	25,9	28,8	6,5	23,9	30,4
Zn	57	31	47	19	14	44	48
Ga	17,5	16,3	17,0	15,2	14,7	16,2	15,0
Cs	0,9	3,8	0,5	3,2	0,4	0,6	0,4
Rb	34,20	101,20	88,30	78,70	33,70	44,10	40,20
Sr	805,0	357,3	377,1	580,2	409,9	457,6	490,6
Y	19,2	29,4	17,9	13,9	13,3	14,0	12,7
Zr	90,7	212,3	166,7	127,2	104,8	114,7	114,5
Nb	5,3	12,5	10,6	6,1	6,3	6,8	6,3
Ba	373	694	744	529	451	629	561
La	26,90	36,80	34,40	24,10	19,70	18,00	17,40
Ce	55,50	65,10	56,50	42,80	33,30	32,80	33,60
Pr	6,68	7,14	5,85	4,49	3,71	3,58	3,48
Nd	27,80	26,20	21,30	17,20	13,40	12,60	12,50
Sm	5,46	5,15	3,55	3,01	2,88	2,96	2,77
Eu	1,44	1,15	0,96	0,87	0,77	0,82	0,84
Gd	4,39	5,29	3,38	2,74	2,61	2,27	2,65
Tb	0,63	0,83	0,51	0,43	0,39	0,38	0,39
Dy	3,54	5,23	3,06	2,57	2,52	2,10	2,55
Ho	0,66	1,05	0,61	0,50	0,50	0,45	0,45
Er	2,12	3,31	2,01	1,42	1,37	1,34	1,52
Tm	0,29	0,49	0,29	0,23	0,22	0,21	0,21
Yb	1,96	3,34	1,92	1,52	1,52	1,50	1,46
Lu	0,31	0,50	0,31	0,23	0,25	0,22	0,25
Hf	2,2	5,3	4,3	3,2	2,5	3,2	3,2
Ta	0,3	0,8	0,7	0,4	0,4	0,5	0,5
Pb	2,7	2,0	4,3	1,6	1,3	3,3	1,8
Th	4,2	19,0	20,5	8,6	7,4	5,4	5,6
U	1,4	5,9	6,3	2,5	1,0	1,8	1,8
EuN/Eu*	0,90	0,67	0,85	0,93	0,86	0,97	0,95
(La/Yb)N	9,25	7,43	12,08	10,69	8,74	8,09	8,03
Mg#	53,9	49	49,5	58	32,2	45,5	54,2

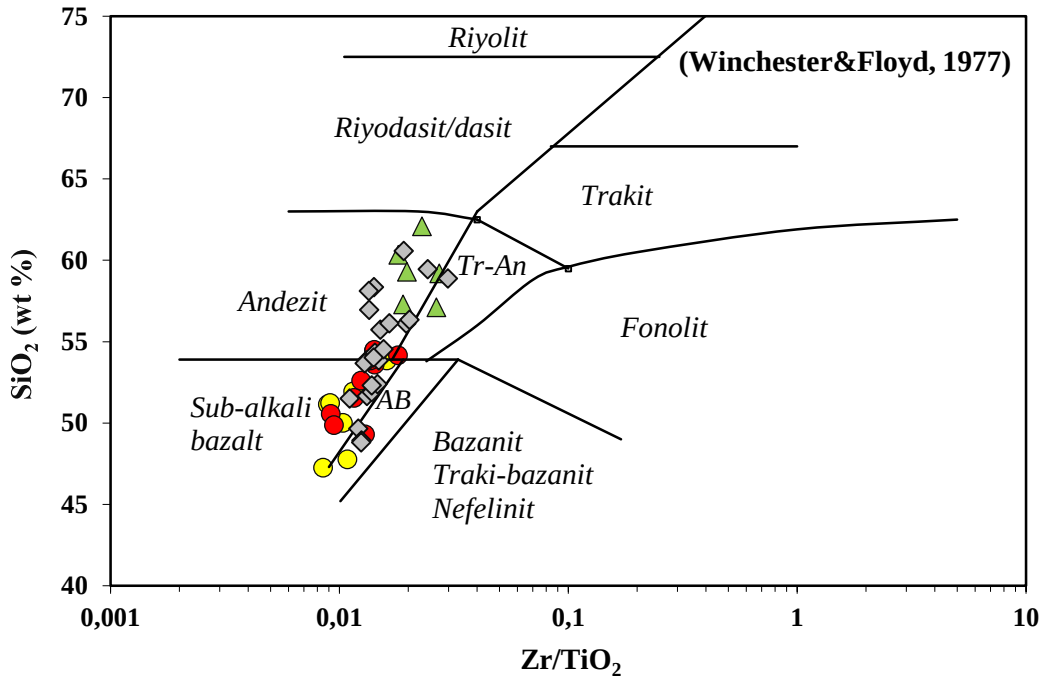
SiO₂ içerikleri 47,27 % - 62,10 % arasında değişen örnekler petrografik gözlemlerle uyumlu olarak toplam alkalilere karşı silika (TAS) diyagramında bazalt ve trakiandezit arasında yer alırlar (Şekil 4.1). TAS diyagramına bakıldığında Yıldızeli susuz magma serisi olivin ve piroksen içeren lavlardan 6 örnek bazalt alanına iz düşerken 3'ünün bazaltik andezit alanına iz düştüğü, Plj+ Kpx serisine ait örneklerden 5'inin trakibazalt-bazaltik traki andezit alanlarına, 3'ünün ise bazaltik andezit alanına iz düştüğü görülmektedir. YV-2 serisine ait amfibol içeren lavlardan biyotitçe zengin bir örnek hariç hepsi andezit alanına iz düşmektedir. Lavların çoğunun sub-alkali alana, bir kısmının alkali alana iz düştüğü görülmektedir. Saha ve petrografik özelliklerine bakıldığında bazı örneklerde ileri dereceli alterasyon izlerine rastlanmıştır. Bu alterasyonun bazı element göçlerine sebep olabileceği düşüncesiyle aynı örnekler Winchester ve Floyd (1977) tarafından önerilen ve düşük dereceli alterasyon ve metamorfizmaya uğramış kayalar için yaygınca kullanılan Zr/TiO₂'ye karşı SiO₂ diyagramına iz düşürülmüşlerdir (Şekil 4.2).

Yıldızeli volkanikleri'ya SiO₂'ye karşı K₂O (Peccerillo and Taylor, 1976) diyagramına iz düşürüldüğünde yüksek K alanına düşen biyotitli bir örnek ile Şekil 4.1 'de alkalın olarak sınıflanan bir örnek dışında kalanların tümü orta potasyum (K) serisi olarak sınıflanabilirler (Şekil 4.3). Subalkalen olan lav örnekleri Irvine ve Baragar'ın (1971) AFM diyagramına göre iz düşürüldüklerinde kalk-alkalin olarak sınıflanmaktadırlar (Şekil 4.4).

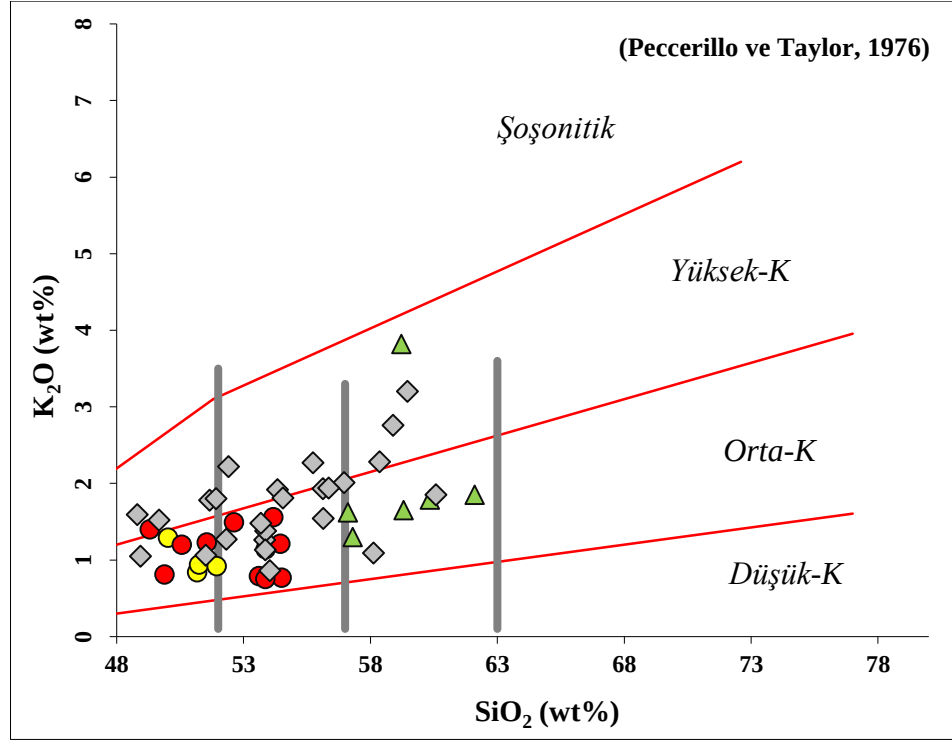
Winchester ve Floyd'un (1977) Zr/TiO₂'ye karşı SiO₂ diyagramından elde edilen sonuçların büyük oranda TAS diyagramıyla uyumlu olduğu söylenebilir. TAS diyagramında traki bazalt ve bazaltik traki andezit alanlarına düşen alkali YV-1 lavlarından yalnızca iki tanesi Zr/TiO₂'ye karşı SiO₂ diyagramında alkali bazalt alanına düşmektedir (Şekil 4.2). Bu iki diyagrama bakıldığında ikisi arasında kısmi olarak uyumluluk vardır, fakat bazı örnek için alterasyonun ana element oksitler (Na₂O, K₂O) üzerindeki etkisi gözardı edilemez. Bu sebeple Winchester ve Floyd (1977)'un diyagramının jeokimyasal sınıflama için kullanılması daha doğru olacaktır.



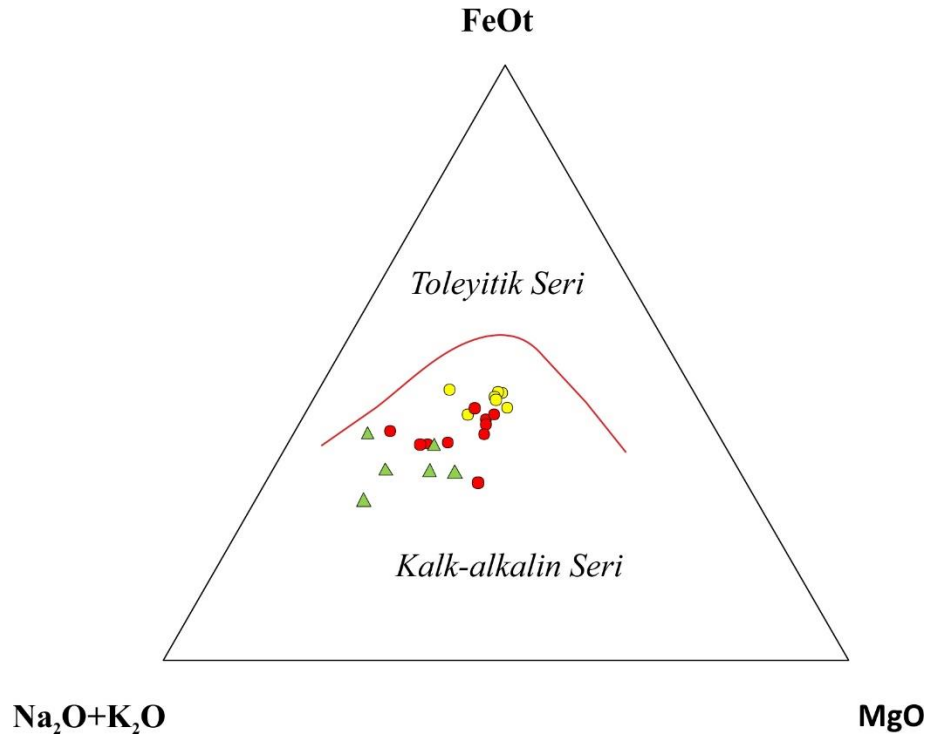
Şekil 4.1: Yıldızeli volkaniklerinin Le Bas ve diğ. (1986)'nin TAS diyagramındaki yerleri. B:bazalt;BA:bazaltik-andezit; A:andezit, T:Trakit, TA:trakiandezit; BTA:bazaltik-trakiandezit; TB: trakibazalt, kesikli çizgi: IB:Irvine ve Baragar (1971), alkali-subalkali ayırtlama çizgisidir.



Şekil 4.2: Yıldızeli volkaniklerinin Winchester ve Floyd (1977)'un SiO_2 'ye karşı Zr/TiO_2 diyagramındaki yerleri. (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).



Şekil 4.3: Yıldızeli volkaniklerinin Peccerillo ve Taylor (1976)'ın K₂O'ya karşı SiO₂ değişimleri (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).



Şekil 4.4: Yıldızeli Grubu lavalarının kalk-alkalin toleyitik ayırım (AFM) diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971) (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).

4.2 Ana Element Ayrımlaşma Trendleri (Harker Diyagramları)

Yıldızeli volkaniklerinin ana oksit - SiO₂ Harker değişim diyagramları Şekil 4.5’de verilmektedir. Üst kıta kabuğunun etkisini anlamak amacıyla lav örneklerinin ana element oksit değerleri dışında, diyagramlara Taylor ve McLennan (1985)’in önermiş olduğu üst kıta kabuğu (UCC) ana element bileşimi de iz düşürülmüştür. Ana element ayrışma trendleri incelendiğinde, genel olarak Na₂O haricindeki tüm ana oksitler artan SiO₂ içeriklerine karşı azalma göstermektedir. Harker diyagramlarında görülen bu azalmanın sebebi kristallenme sırasında magmanın ayrışması (diferansiyasyon) ile bu elementlerin tüketilerek mineral bileşimine katılmalarıdır. Genel olarak tüm örnekler TiO₂, Fe₂O ve CaO kısmen düzgün, doğrusala yakın bir trend gösterirken, Al₂O₃, MgO, P₂O₅, MnO’da saçılmalar, Na₂O’de ise bükülme görülmektedir.

Yıldızeli volkaniklerini oluşturan magma bileşiminde artan SiO₂’ye karşılık MgO, FeO ve CaO’nun tüketilmesinin sebebi, sıcaklığın düşmesiyle birlikte bu elementlerin Ca-plajiyoklas, olivin ve/veya piroksenin bünyesine girerek kristallenmesiyle ilişkili olmalıdır.

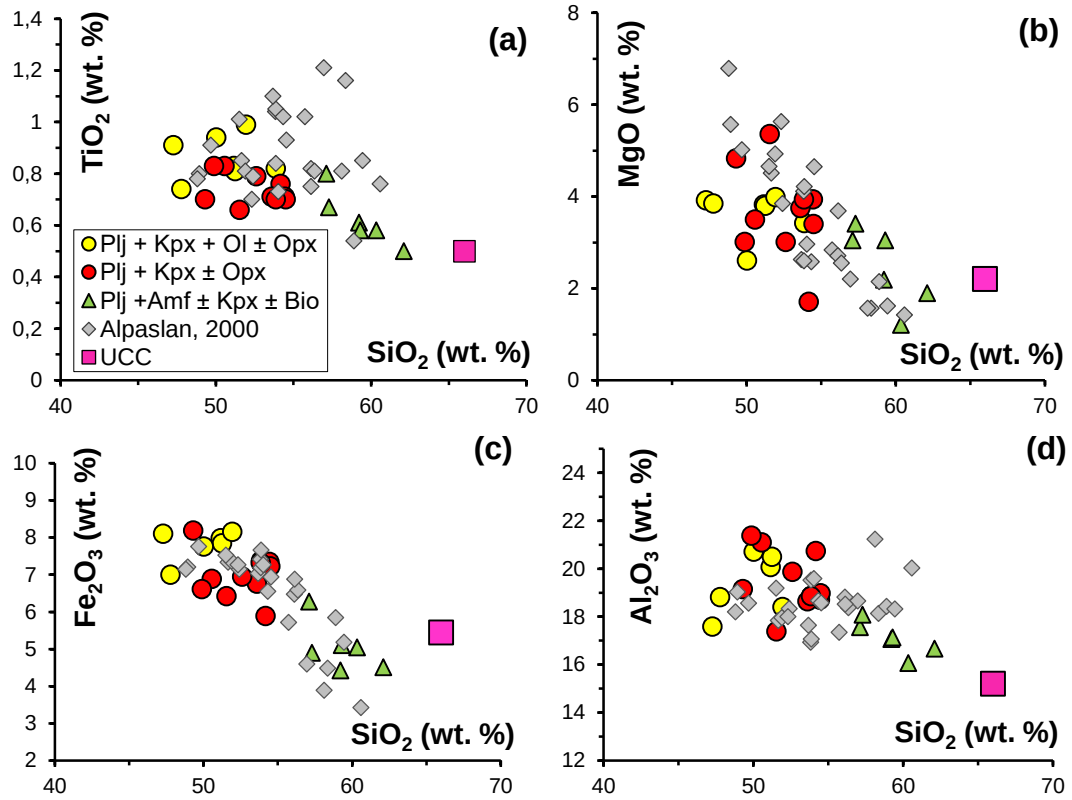
CaO’in trendi incelendiğinde her iki seriye ait lavların SiO₂’ye karşı düzgün bir azalış içinde olduğu, ancak YV-1 serisinden olivin ve piroksen içeren lavların birkaçının ana trend’den farklı olarak yataya yakın bir trend izlediği görülmektedir (Şekil 4.5e). CaO’nun genellikle magmada tüketilmesi, Ca-plajiyoklas ve/veya klinopiroksen kristallenmesiyle ilişkili olmalıdır. Birkaç örnekte görülen yataya yakın davranış ise bu örneklerde klinopiroksen kristallenmesinin etkin olduğunu gösterir.

Al₂O₃ ise genel olarak azalan bir trend sergilerken, bazı örneklerde artan silika ile birlikte Al₂O₃’te önce artış sonra azalma gözlenmektedir. CaO sürekli olarak tüketilirken; bazı örnekler için Al₂O₃’in önce artıp sonra tüketilmesinin sebebi; piroksenin kristallenmesi sırasında ergiyikte önce Ca’un tüketilmesi, ardından plajiyoklas kristallenmesiyle birlikte Ca ve Al’un birlikte tüketilmesi ile açıklanabilir.

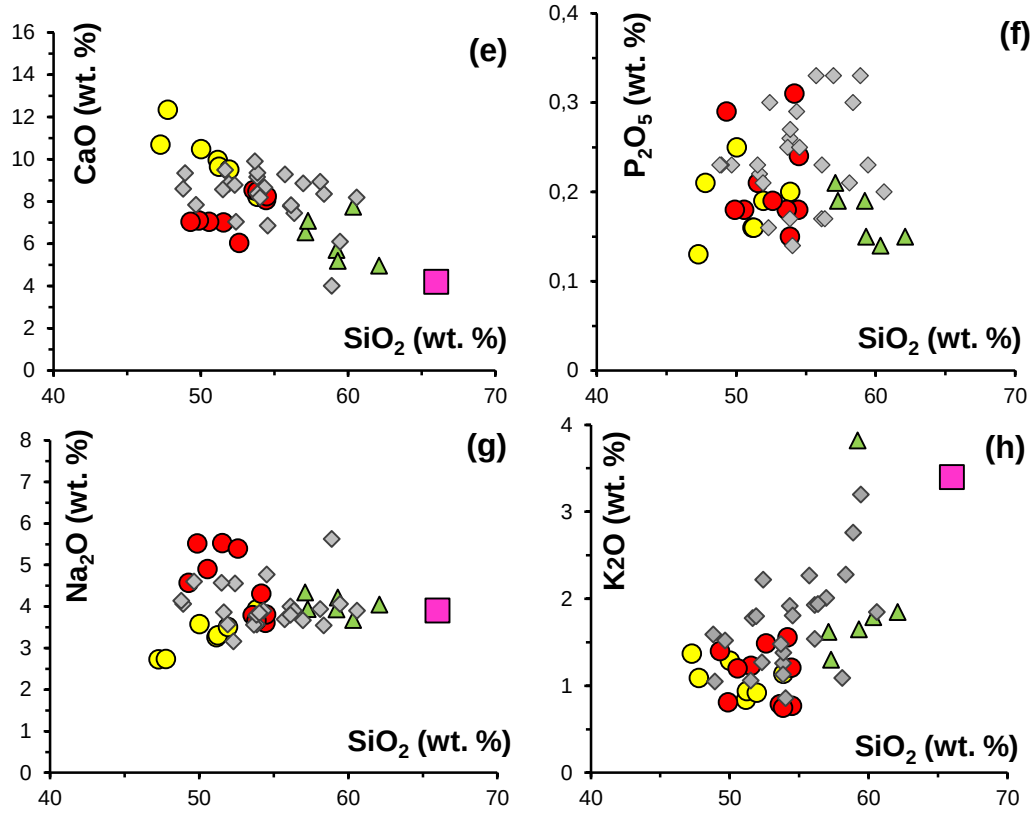
Na₂O YV-1 serisindeki olivin ve piroksen içeren lavlarda %54 SiO₂ değerine kadar artış gösterir, bu seriye ait diğer lavlar ise bunlara paralel farklı bir trend sergilemektedirler. YV-2 serisine ait lavlar ise SiO₂ %57’ye ulaştığı anda bu trendi

terkederek düşük açılı, yataya yakın bir trend gösterir. Bu da Yıldızeli volkaniklerini oluşturan magmanın katılaşması sırasında plajiyoklasın fraksiyonel kristallenmesi ile ilgili olabileceğini düşündürmektedir.

P_2O_5 'in SiO_2 'ye karşılık değişim diyagramı incelendiğinde genel olarak önce artan sonra azalan bir trend görülür (Şekil 4.5f). Bazı lavlarda azalan trend görülmesi, bu elementin apatit bünyesine girerek kristallenmesiyle ilişkili olmalıdır. K_2O trendinde ise genel olarak artan trendin yanında bazı lav örneklerinin azalan bir trend oluşturduğu görülmektedir. Bu örneklerde feldspat ayrışmasının önemli olduğunu gösterir. Alparslan (2000)'den alınan gri ile gösterilen örneklerin ve bir adet biyotit içeren örneğin üst kıta kabuğu bileşimine doğru yaklaşarak artan bir trend gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.5: Yıldızeli grubu lavlarının SiO_2 'ye karşı ana oksit element Harker değişim diyagramları. Lejantta UCC olarak gösterilen üst kıta kabuğu ana element bileşimleri Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır.



Şekil 4.5 (devam): Yıldızeli grubu lavalarının SiO_2 'ye karşı ana oksit element Harker değişim diyagramları. Lejantta UCC olarak gösterilen üst kıta kabuğu ana element bileşimleri Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır.

4.3 İz Element Ayrışma Trendleri

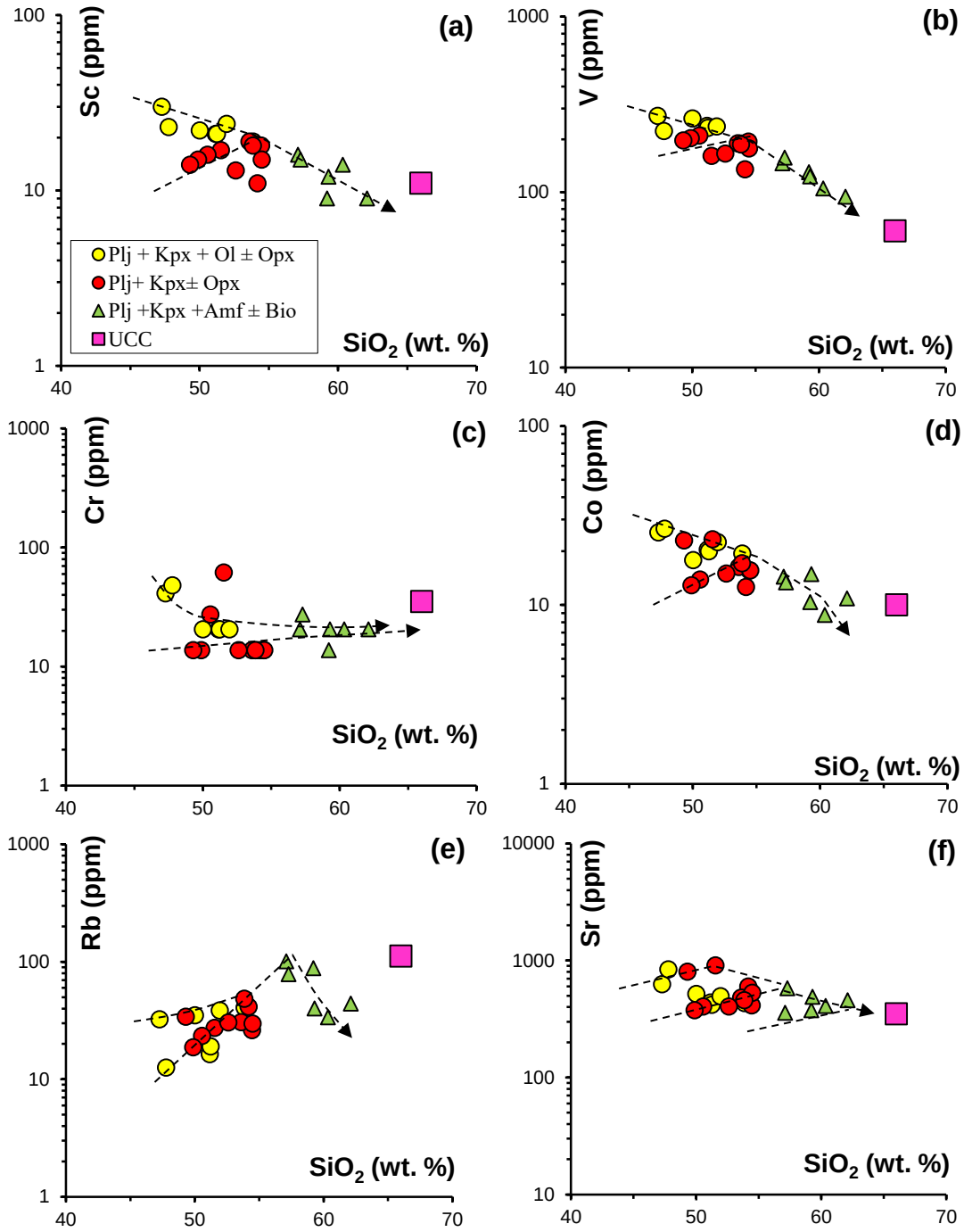
Yıldızeli volkaniklerinin SiO_2 'ye karşı iz element Harker değişim diyagramları Şekil 4.6'da verilmektedir. Bu diyagramların ana oksit Harker diyagramlarından farkı, iz element değerlerinin logaritmik eksende olmasıdır. Genel olarak geçiş metallerinde (Sc, V, Ti, Cr, Co, Pb) artan SiO_2 ile düzgün bir azalma trendi görülürken, Ga hariç REE ve Sr hariç diğer iz elementlerde %57 SiO_2 değerinde keskin, doğrusal bir yön değişimi görülmektedir.

Geçiş metallerinin paternleri incelendiğinde, Sc, V, Ti, Cr ve Co gibi uyumlu elementlerin artan SiO_2 ile birlikte negatif doğrusal bir trendi izlediği görülmektedir. Bunun sebebi bu elementlerin magma evrimi sürecinde çeşitli minerallerin bünyelerine girerek ergiyikte fakirleşmiş olmalarıdır. V ve Ti elementleri erken evrede oluşmuş manyetit, ilmenit ve titanomanyetit gibi Fe-Ti oksitlerin bünyelerine girerek, magma ergiyiğinde fakirleşmiş olmalıdır. Co ve Sc elementleri olivin, klinoprosken ve mikaların yapısında Mg, Fe ve Al'un yerini alabilmektedir. Bu minerallerin fraksiyonlanması ile ergiyikte bu elementlerin miktarları gittikçe

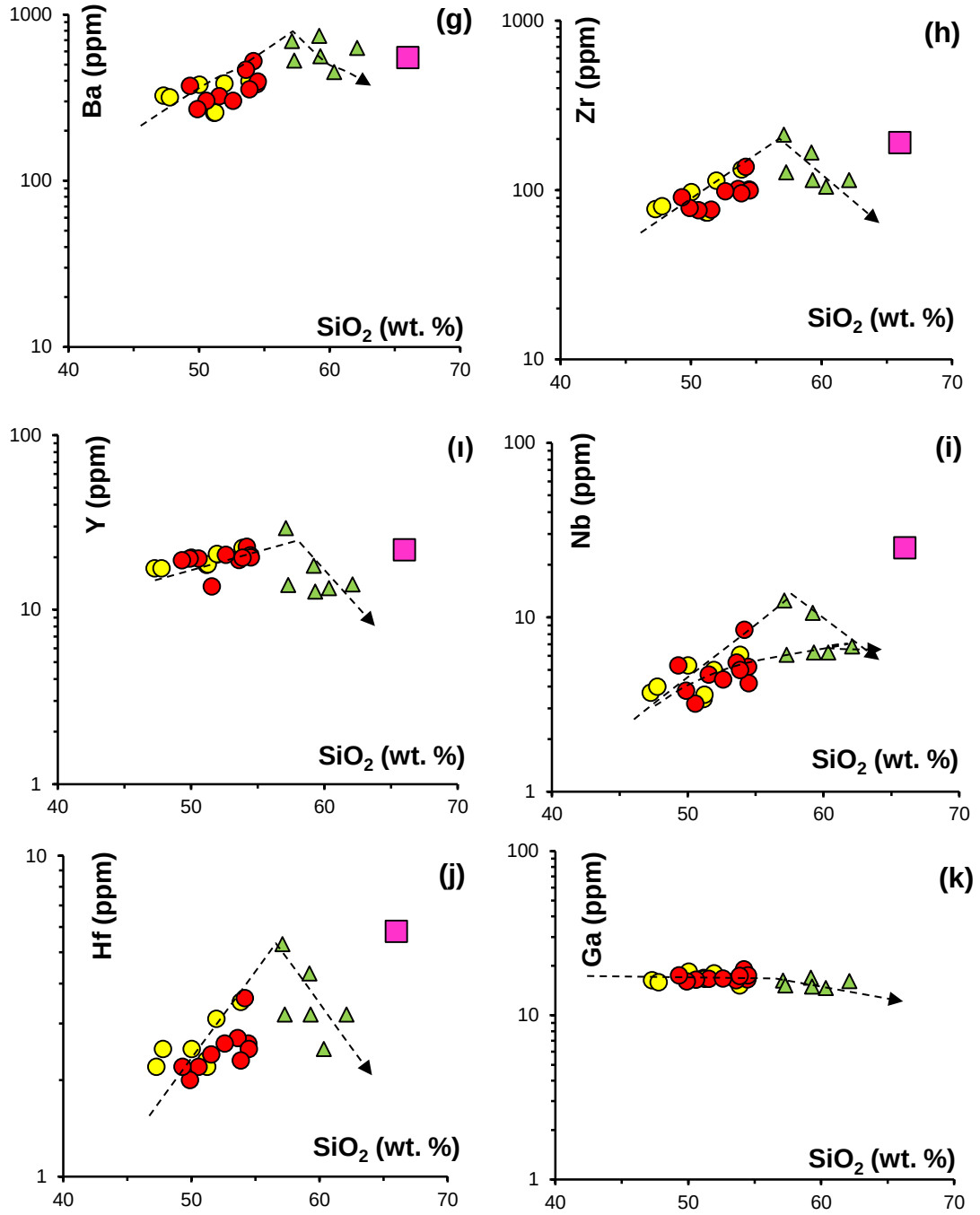
azalmakta ve dolayısıyla SiO_2 ile negatif bir uyum göstermektedirler. Sc'a ait Harker diyagramında olivin içeren lavlarda görülen negatif trend klinopiroksenin kristallenmesine işaretken, SiO_2 %52 değerinden sonra trend eğiminin artması, bu noktada ortaç magma bileşiminde amfibol/biyotit kristallenmesinin başladığını gösteriyor olabilir. Sc'un Harker diyagramında plj-kpx içeren lavların dört tanesi de ana trendin aksine artan bir yol izlemesi bu örneklerde klinopiroksen kristallenmesinin etkin olmadığını gösterir (Şekil 4.6a). Co elementi ise olivin minerallerinin bünyesine girerek ergiyikten uzaklaşma eğiliminde olduğundan, artan SiO_2 ile gittikçe azalan bir trend sergiler (Şekil 4.6d).

Rb elementine ait Harker diyagramında, bazik YV-1 serisi lavlar artan bir trend gösterirken, %57 SiO_2 değerindeki sapma ile birlikte YV-2 serisi amfibolün kristallenmesiyle hızla azalan bir trend sergilerler. Rb elementi amfibol ve biyotit mineralleri içerisindeki K'un yerini kolayca alabilmektedir. Buradan sapma noktasına kadar Rb'un bazik bileşimli magma içerisinde uyumsuz davrandığı, bu noktadan sonra ise ortaç magma bileşiminde uyumlu hale gelerek amfibol/biyotit minerallerine katılarak magmada fakirleştiği söylenebilir. Sr önce artar, %57 SiO_2 değerinde ise bükülerek azalır ve düze yakın bir trend gösterir. Bazik magma bileşimlerinde uyumlu davranan Sr elementi plajiyoklas minerali içerisinde Ca'un yerini alabilmektedir. Bu trendin sebebi plajiyoklasın kristallenmesi ve sonrasında Sr'un plajiyoklas kristallenmesindeki etkisinin azalması anlamına gelebilir. Bu noktada YV-2 lavları için Eu davranışına bakıldığında plajiyoklas kristallenmesinde Sr'un önemini yitirdiği anda Eu'un devreye girerek plajiyoklas ve amfibol kristallenmesinde etkili olduğu söylenebilir. Benzer olarak Zr, Ba, Hf, Nb, Th, Ta, U ve REE (La, Nd, Eu, Y, Dy, Lu) elementler SiO_2 %57'ye varana kadar artmakta, sonrasında ise azalmaktadır. Farklı olarak Nb elementinde iki örnek artan SiO_2 'ye karşı düşüş göstermektedir. Nb'daki bu düşüş bu örneklerin amfibol ayrımsal kristallenmesi tarafından denetlenmiş olabileceğini göstermektedir.

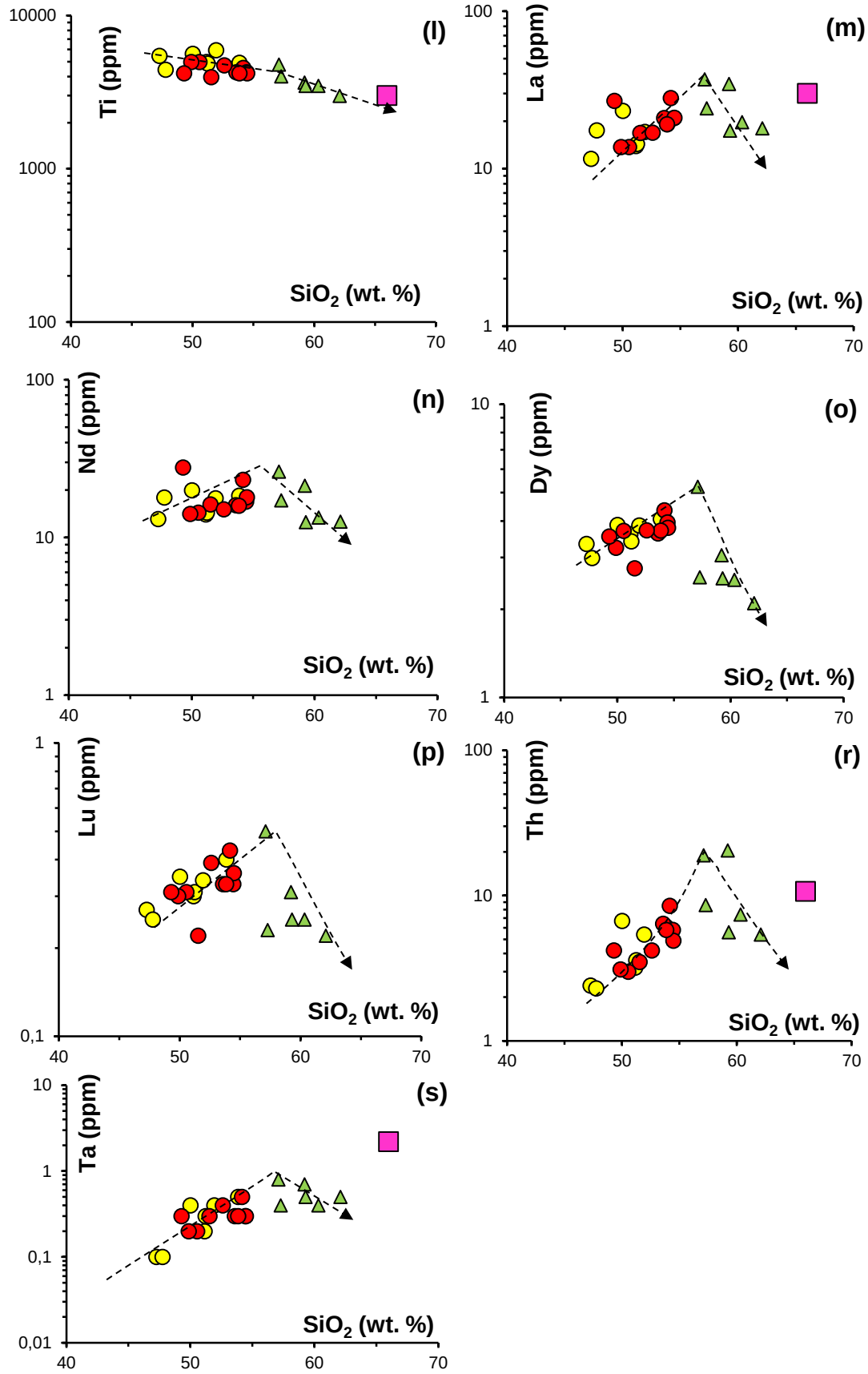
Ağır nadir toprak elementlerden (HREE) Lu ve Yb elementleri granatın bünyesine yüksek konsantrasyonlarda girebilmektedir. Bu elementlerin artan SiO_2 ile birlikte tüketilmeleri, magma odasında bir miktar magmatik kökenli granatın kristallenmesiyle ilişkili olmalıdır.



Şekil 4.6: Yıldızeli grubu lavlarının SiO_2 'ye karşı iz element Harker değişim diyagramları. Lejantta UCC olarak gösterilen üst kıta kabuğu ana element bileşimleri Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır.



Şekil 4.6 (devam): Yıldızeli grubu lavalarının SiO₂'ye karşı iz element Harker değişim diyagramları. Lejantta UCC olarak gösterilen üst kıta kabuğu ana element bileşimleri Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır.



Şekil 4.6 (devam): Yıldızeli grubu lavlarının SiO₂'ye karşı iz element Harker değişim diyagramları. Lejantta UCC olarak gösterilen üst kıta kabuğu ana element bileşimleri Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır.

4.4 Örümcek Diyagramlar

Çalışma alanındaki Yıldızeli Grubu lavlarının kökeni ve ait olduğu kaynak alan doğasını anlamak amacıyla çoklu element ve REE element örümcek diyagramları oluşturulmuş ve bu elementlerin Harker diyagram davranışları ile ilişkilendirilerek yorumlanmaya çalışılmıştır. Bazaltların bilinen en primitif halinin MORB ve Kondirit bileşimleri olduğu varsayılmaktadır. Örümcek diyagramları, Yıldızeli Grubu lavları ile en primitif bileşimli kaynağın iz element verilerini karşılaştırmamızı, kaynak alanın doğasına ve kristalizasyonun evrimine dair yaklaşımlarda bulunmamızı sağlar. Çalışma alanına ait analiz edilen örneklerin iz element içerikleri örümcek diyagramlarda sırasıyla Sun ve McDonough (1989) tarafından önerilmiş N-MORB ve Boynton (1984)'ın ortalama Cl kondritik meteorit değerlerine göre normalize edilmiştir. Referans örnek olarak primitif magma bileşimine en yakın ve en bazik olan YV-33 numaralı lav örneği (MgO:5,36%, SiO₂:51,54%, Mg#:62,3) seçilmiştir. Örümcek diyagramlarda her lav serisi için o serinin SiO₂ aralığını temsil eden ve ateşte kaybı düşük örnekler seçilerek ayrı diyagramlarda gösterilmişlerdir (Şekil 4.7).

4.4.1 Çoklu element diyagramları

Yıldızeli Grubu lavlarının N-MORB'a normalize çoklu element diyagramları Şekil 4.7 'de verilmiştir. Bu diyagramlarda Pearce (1982)'ın önermiş olduğu ve Pearce ve diğ. (1990)'da yenilenen element sıralaması kullanılmıştır. Yatay eksenindeki element sıralamasında uyumsuzluk Yb'dan Th'a, Th'dan Sr'a doğru artış göstermektedir.

Zayıf yükler taşıyan büyük iyonlara sahip Sr, K, Rb, Ba gibi LIL (light ion lithophile) elementler mobil elementlerdir ve mantodaki ana minerallerin içerisine girmekte zorlanırlar. Bu yüzden sulu akışkan fazlar ile kontrol edilen bu elementler genellikle kıtasal kabukta konsantre olurlar. Güçlü yükler taşıyan küçük iyon çaplı REE, Ta, Nb, Zr, Ti, Hf gibi HFS (high field strenght) elementler ise metamorfizma ve aşınmaya karşı immobil davranan elementlerdir.

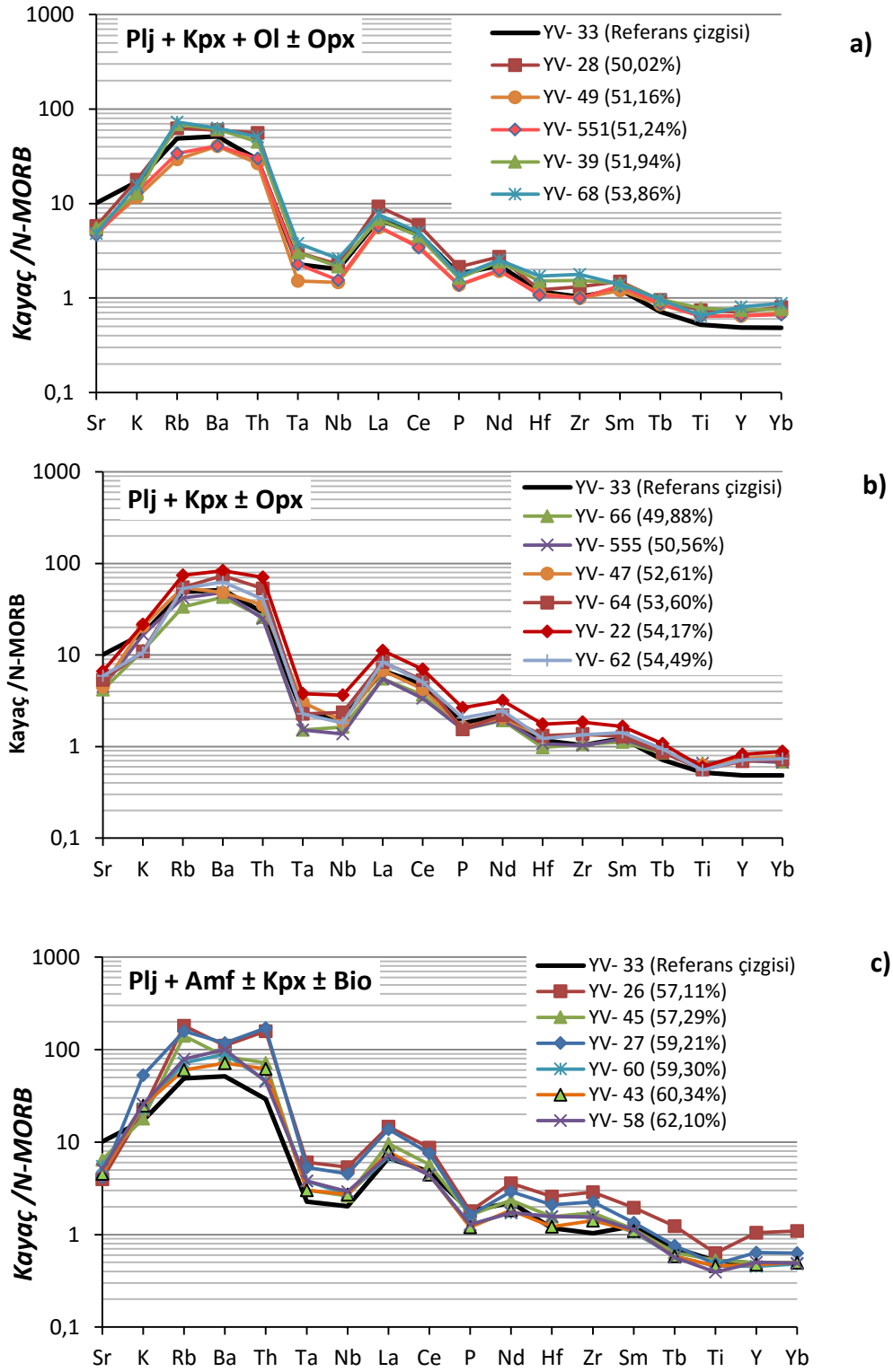
Yıldızeli Grubu lavlarının N-MORB'a normalize çoklu element paternleri incelendiğinde, genel olarak tüm lav serilerinde MORB'a göre LIL (Sr, K, Rb, Ba, Th) elementlerde belirgin, LREE (hafif nadir toprak elementleri; La, Ce, P, Nd)'de ise hafif bir zenginleşme görülür. HFS elementlerden uyumsuz Ta ve Nb elementleri

MORB'a göre çok az artış gösterirken, daha az uyumsuz Ti, Hf ve Zr elementleri ile HREE (ağır nadir toprak elementleri; Tb, Y, Yb)'ler MORB 'a göre düşüş göstermektedir.

LIL elementler (Sr, K, Rb, Ba) ve LREE 'ler (La, Ce, P, Nd) HFS elementlere göre zenginleşme, HFS (Ta, Nb, Hf, Zr) ve HREE (Ti, Y, Yb) elementlerde ise LIL elementlere göre tüketilme gözlenmektedir. Plj + amf ± kpx grubundaki lavların N-MORB'a normalize çoklu element diyagramında (Şekil 4.7c) YV-26 ve YV-27 örneklerinin paternlerine bakıldığında Rb ve Th'da, diğer lavlardan farklı olarak ani bir artış ve Ba'da düşüş gözlenir.

Çalışma alanındaki tüm lav gruplarında HFSE ve HREE'ye göre LILE ve LREE'de görülen zenginleşme paterni yitim imzası ve/veya kabuksal kirlenmeye dayandırılabilir. Ayrıca Ta-Nb elementlerinin LIL elementlere göre düşük değerlerde olması ve uyumsuz Ta-Nb elementlerin daha az uyumlu HFS elementlerinden N-MORB'a göre daha fazla zenginleşme göstermesi, Yıldızeli Grubu lavlarının yitim ile zenginleşen bir manto kaynağından türemiş olabileceklerini düşündürmektedir (Pearce, 1982). Bunun yanında, bu tür Ta-Nb negatif anomalileri, kıtasal kabuğun Nb bakımından fakir olması nedeniyle, kabuksal kirlenmeden de kaynaklanmış olabilir.

N-MORB'a normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında Y ve Yb gibi HREE elementlerin çok hafif tüketilmiş oldukları görülmektedir (Şekil 4.7). Bu elementler granat ile uyumlu elementlerdir ve bu durum kaynak alanda magmatik kökenli granatın varlığına işaret ediyor olabilir. Fakat plj+amf+kpx serisine ait YV-26 örneği için Y ve Yb elementlerinde N-MORB'a göre hafif bir zenginleşme söz konusudur. Magma ağır nadir toprak elementleri (HREE) bakımından hafif derecede fakirleşmiştir, fakat yine de kaynak alanda kalıntı granatın varlığı şüphelidir. Bu durum ilerideki paragraflarda ele alınmıştır.



Şekil 4.7: (a,b,c) Yıldızeli grubu volkaniklerinin N-MORB'a göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş çoklu iz element diyagramları. Parantez içinde gösterilen değerler SiO₂ içerikleridir.

4.4.2 Nadir toprak element (REE) paternleri

Güneş sisteminin ana bileşimini oluşturan kondritik meteoritlerin en primitif bileşim olarak kabul edilme nedeni dünyadaki kayalardan farklı olarak ayrılaşmaya uğramamış olmalarıdır. Yıldızeli Grubu lavlarının kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element (REE) paternleri Şekil 4.8’de verilmiştir. REE elementler çözünürlüğü en az olan, düşük dereceli alterasyon ve metamorfizma benzeri koşullarda hareketsiz (immobil) kalabilen elementlerdir. Bu sebeple bu elementlerin ilksel magma bileşimine göre davranışı, kaynak alanının doğasını anlamak ve kristalizasyon evriminin değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Genellikle tüm örneklerde LREE’ler (hafif nadir toprak elementler) MREE (orta ağırlıktaki nadir toprak elementler) ve HREE’lerden (ağır nadir toprak elementleri) daha fazla zenginleşme göstermektedir.

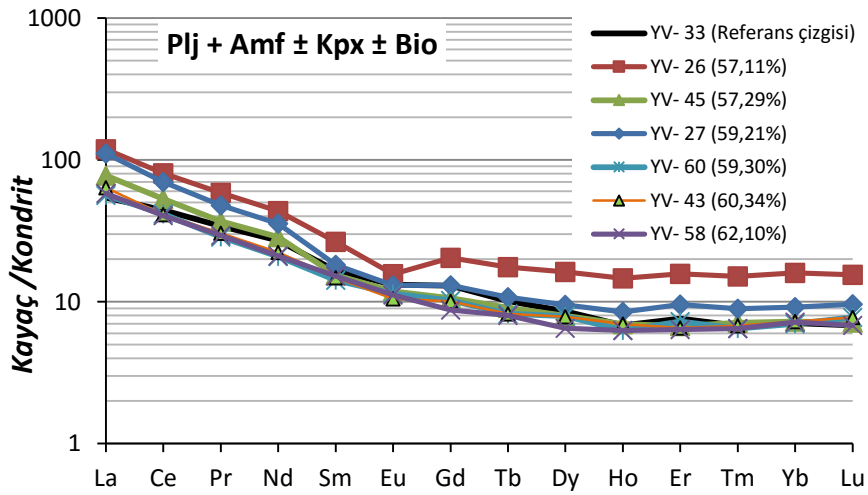
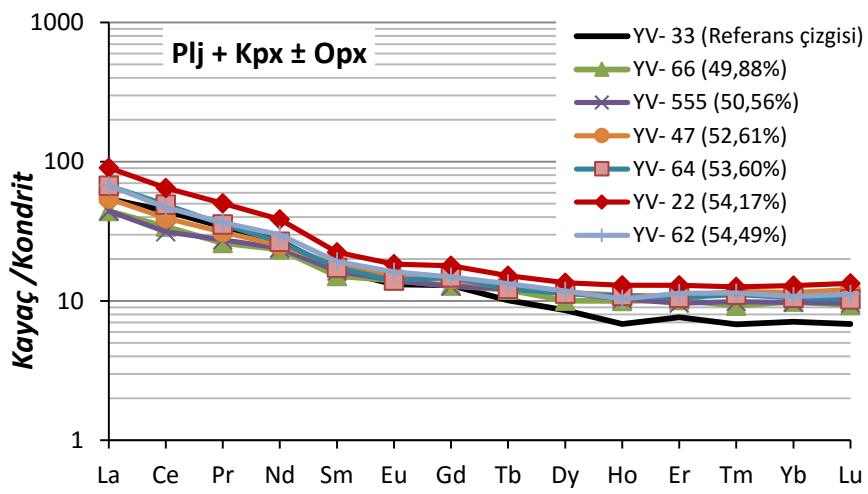
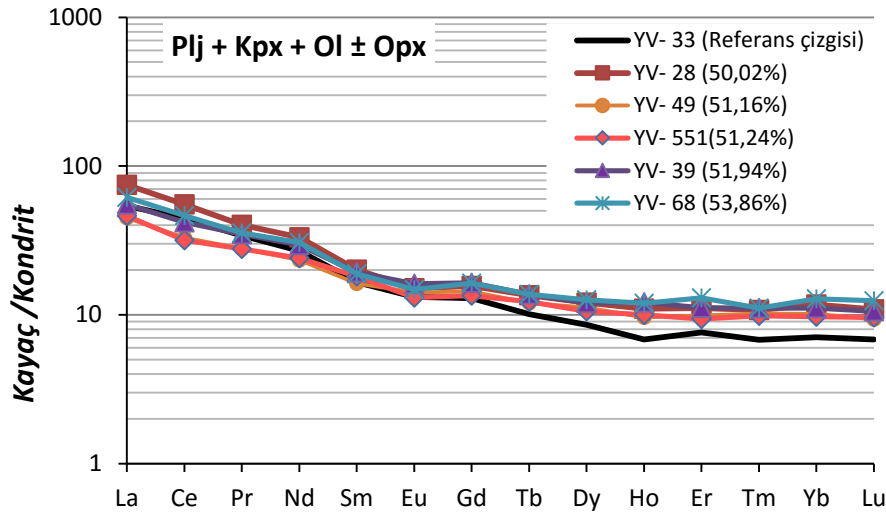
Yıldızeli grubu lavlarının kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramlarında referans çizgisi olarak seçilen YV-33 lav örneği Cl kondrit değerine göre LREE (La-Nd) zenginleşmesi ve HREE’lerde (Tb-Lu) düz bir patern sergilemektedir. Olivin içeren ve piroksen içeren tüm lavlar YV-33 referans çizgisinden daha yüksek MREE ve HREE konsantrasyonları içerirken, amfibol içeren lavlar daha düşük REE konsantrasyonları içerir. Benzer olarak diğer lav serilerine ait örnekler de bu paternle uyumludur.

YV-1 serisi (olivin ve klinopiroksen içeren) lav örneklerinde artan SiO₂ ile LREE değerlerinde belirgin, MREE’lerde ise hafif bir zenginleşme görülmektedir. Plj + Amf ± Kpx ± Bio serisine ait örneklerde ise SiO₂ değeri arttıkça LREE’lerde azalma görülür.

Lav serilerinin tümünde hiç ya da çok hafif negatif Eu anomali (Eu/Eu* < 1) görülmektedir. Eu/Eu* değerleri $Eu_N / \sqrt{(Sm)_N \cdot (Gd)_N}$ formülüyle hesaplanmıştır. Tüm lav serileri için Eu/Eu* değerleri 0,7-1,0 aralığında değişmekte olup, YV-1a lav serisinde 0,8-1,0; YV-1b serisinde 0,9-1,0; YV-2 serisinde ise 0,7-1,0 aralığında değişmektedir. Amfibollü seride YV-26 ve YV-27 örneklerinde plajiyoklas kristallenmesine işaret eden belirgin bir Eu negatif anomali görülmektedir. Bu da bu lavların evriminde plajiyoklas kristallenmesinin önemli olduğunu düşündürmektedir.

LREE (hafif toprak elementleri) ve HREE (ağır toprak elementleri) arasındaki ilişkiyi anlamak için (La_N/Yb_N) oranları hesaplanmıştır. Bu oran YV-1a serisi lavlarda (4,3-7,2), YV-1b serisi lavlarda (4,5-9,3), YV-2 serisi lavlarında ise (7,4-12,1) aralığında değişmektedir. Buna göre YV-1a lav serisine ait örneklerde LREE'lerde HREE'lere göre hafif bir zenginleşme görülürken, YV1-b ve amfibol içeren YV-2 lav serisinde daha fazla zenginleşme görülmektedir. Hafif nadir toprak elementleri (LREE), ağır nadir toprak elementlere (HREE) göre zenginleşme göstermektedir. Bu zenginleşmenin sebebinin olivin, ortopiroksen ve klinopiroksen kristallenmesi olabileceği düşünülmektedir. LREE/MREE oranlarına bakıldığında, (La_N/Sm_N) değerleri YV-1a serisi lavlarda (2,6-3,7), YV-1b serisi lavlarda (2,7-4,0) YV-2 serisi lavlarında ise (3,8-6,1) aralığında değişmektedir. Bu oranlardan LREE'lerin MREE'lere göre zenginleştiği bu zenginleşmenin amfibollü YV-2 serisinde daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca MREE/HREE ($Sm_N/Yb_N = 1,5-3,0$) ve MREE/LREE ($Sm_N/La_N = 0,2-0,4$) oranları dikkate alındığında MREE'nin HREE'lere ve LREE'lere göre zenginleştiği ve hafif konkav bir gidiş sergilediği görülür. MREE (Sm, Eu, Gd)'lerin HREE'lere göre çok hafif zenginleşme göstermesi lavların evriminde amfibol kristallenmesinin etkili olduğunu gösteriyor olabilir.

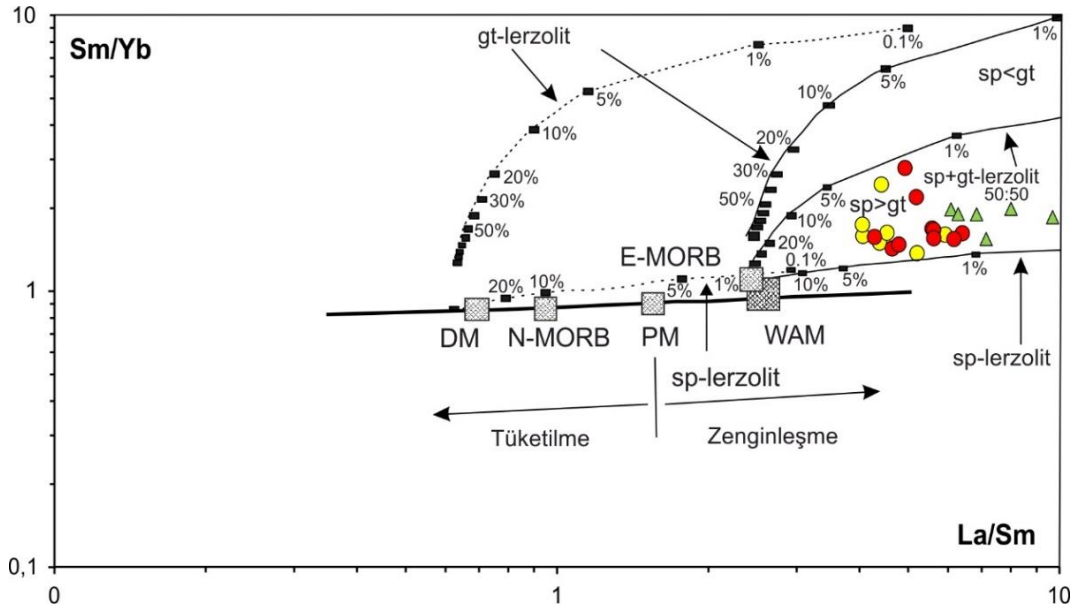
Tüm lav serilerine ait kondrite normalize edilmiş REE diyagramlarında, HREE'ler MREE ($Yb_N/Sm_N = 0,3-0,7$) ve LREE'lere ($Yb_N/La_N = 0,1-0,2$) göre önemli bir negatif anomali göstermemektedir.



Şekil 4.8: (a,b,c) Yıldızeli grubu volkaniklerinin Kondrit'e (Boynton, 1984) normalize edilmiş nadir toprak element (REE) diyagramları. Parantez içinde gösterilen değerler SiO₂ içerikleridir.

Bazalt ve bazaltik-andezit bileşimli örneklerde kondrite göre çok az miktarda Yb tüketiminin olduğu görülmektedir (Şekil 4.8a,b). Benzer şekilde N-MORB'a normalize örümcek diyagramlarda (Şekil 4.7) Y ve Yb elementlerinin düze yakın bir trend halinde N-MORB'a göre hafif negatif anomali göstermesi, kaynak alanda granatın olabileceğini düşündürmektedir. Bunu anlayabilmek amacıyla; kaba bir yaklaşımla, Aldanmaz ve diğ. (2000)'nin Batı Anadolu volkanikleri için kullanmış olduğu kısmi ergime eğrilerinden yararlanılarak Yıldızeli volkaniklerine ait tüm lav örnekleri La/Sm'ya karşılık Sm/Yb diyagramına iz düşürülmüştür (Şekil 4.9). Aldanmaz ve diğ. (2000)'den alınan bu diyagramda mineral/matriks ayrışma katsayıları ve tüketilmiş manto (DM) değerleri McKenzie ve O'Nions (1991,1995)'dan alınmış; PM, N-MORB ve E-MORB bileşimleri ise Sun ve McDonough (1989)'dan derlenmiştir. WAM Batı Anadolu Mantosunu temsil ederken, kalın çizgi DM (tüketilmiş manto) ve PM (primitif manto) bileşimleriyle tanımlanmış manto trendini gösterir. Kesikli ve kesiksiz ergime eğrileri sırasıyla DM ve WAM'a göre. Eğrilerin üzerindeki kalın işaretler kısmi ergime derecesinin karşılığıdır.

REE elementlerinin kullanıldığı Yıldızeli volkaniklerinin iz düşürüldüğü kısmi ergime modelleme diyagramında manto kaynak alanının spinel lertzolitik ve spinel+garnet lertzolit ergime eğrileri arasında bir alanda konumlandıkları görülmüştür. Bu veriler ışığında kaynak alanın olasılıkla baskın olarak spinel-lertzolitik bir kaynak olduğu görülmektedir. Örneklerin kısmen %50 spinel-%50 granat ergime çizgisine doğru yönelim gösterdiği dolayısıyla magma gelişiminde egemen olarak spinelli kaynak sözkonusu iken bir miktar granatlı kaynağın da ergimesi ile volkaniklerin oluştuğu söylenebilir.



Şekil 4.9: La/Sm'ye karşılık Sm/Yb diyagramı. Ergime eğrileri Aldanmaz ve diğ. (2000)'den alınmıştır.

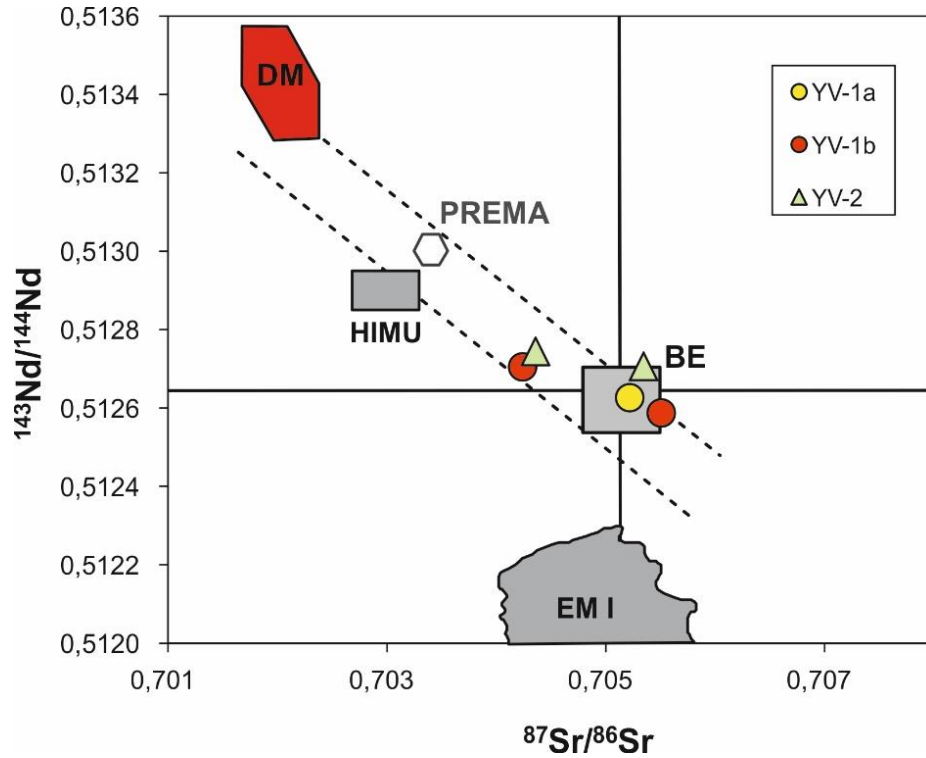
4.5 İzotop Jeokimyası

Yıldızeli Volkaniklerinin Sr-Nd izotop sistematüğini ortaya koymak için, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinden yola çıkarak, yüzeysel ve hidrotermal alterasyondan en az etkilenmiş, her bir seriyi temsil edecek, tüm-kayaç ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırması yapılmış olan taze örnekler seçilmiştir. Bu bölümde Yıldızeli Grubu lavlarından elde edilen 1 adet YV-1a, 2 adet YV-1b ve 2 adet YV-2 serilerine ait toplam 5 örneğin $^{87}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}/^{144}\text{Nd}$ izotop bileşimleri değerlendirilerek akışkan-mineral etkileşimine ve magmatik petrojenez süreçlerine ışık tutulmaya çalışılmıştır.

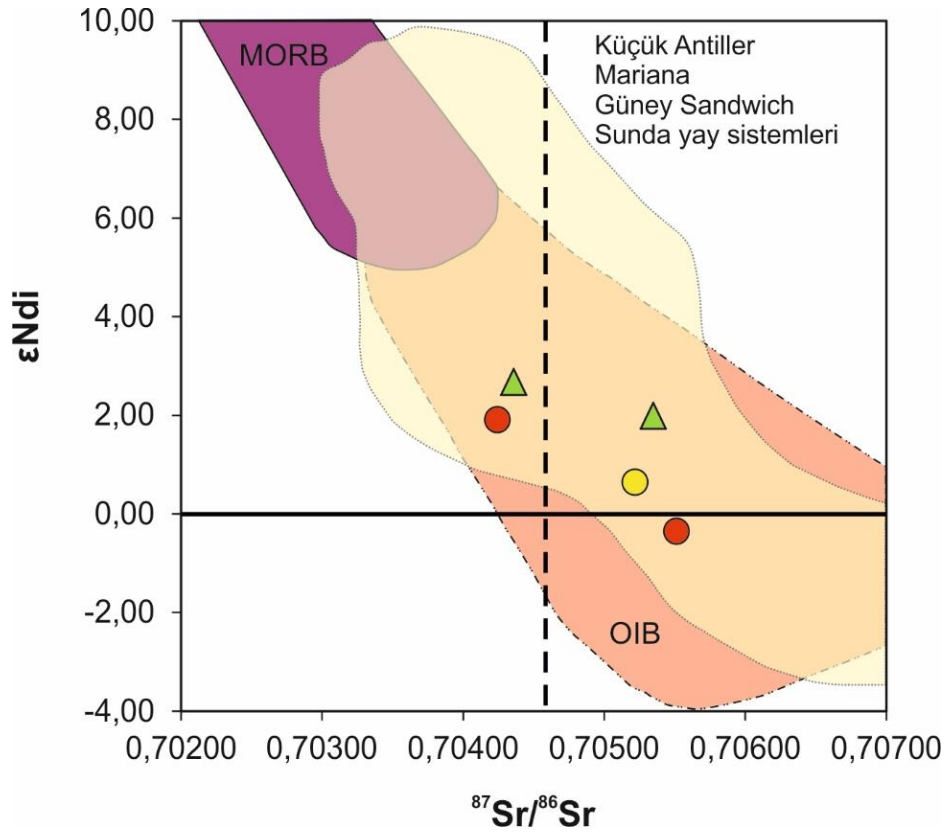
Yıldızeli grubu lavlarına ait örneklerin izotop değerleri $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,704389-0,706291), $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0,512620-0,512775), $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ oranları 0,704242 ile 0,705512, $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ oranı ise 0,512586 ile 0,512744 arasında, ϵNd_i değerleri ise -0,4 ile +2,7 aralığında değişmektedir. Eosen volkaniklerinin $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ ve $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ değerlerine göre tüm örnekler manto alanına yakın bir alanda konumlanmaktadır (Şekil 4.10).

Rb ve Nd elementleri Sr ve Sm elementlerine oranla daha uyumsuz elementler olduklarından, yerkürenin rezervuarlarına ayrışması sırasında manto düşük Sr-yüksek Nd oranlarına, kıtasal kabuk ise yüksek Sr-düşük Nd oranlarına sahiptir. Zindler ve Hart (1986) tarafından tanımlanan manto rezervuarlarını gösterir $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 'ye karşılık $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ diyagramında YV-1 serisine ait örnekler manto

trendi içerisinde yer alırken, YV-2 serisine ait bir örneğin hafif manto trendinin dışına izdüştüğü görülmektedir (Şekil 4.10). Yıldızeli Grubu lavlarına ait tüm örneklerin izotop verileri BE (Bulk Earth, toplam yerküre) değerlerine benzemektedir. Eosen volkaniklerinin ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)i ve ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)i değerlerine göre manto alanına yakın bir bölgeden başlar ve BE (Bulk Earth) bileşimine doğru zenginleşme gösterirler. Manto bölgesindeki bu zenginleşme için altere olmuş okyanus kabuğunun yitim zonunda mantoya karışması, Pb ve Rb elementlerinin metasomatik akışkanlarla mantodan taşınması gibi mekanizmalar öne sürülmektedir.



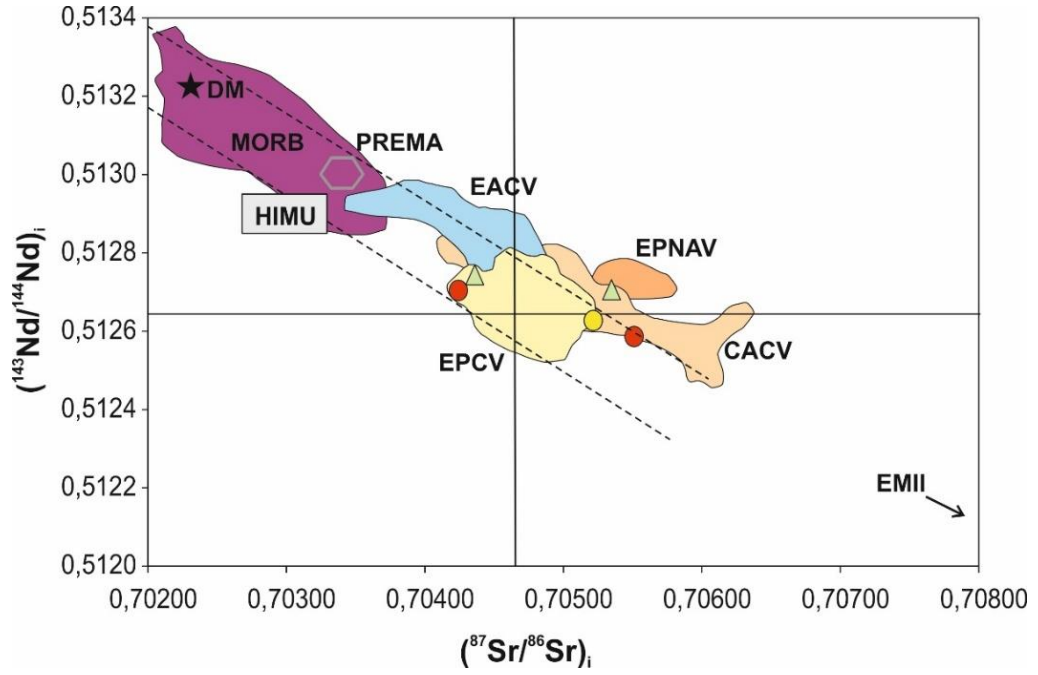
Şekil 4.10: Zindler ve Hart (1986) tarafından tanımlanan manto rezervuarlarını gösterir Sr-Nd izotop korelasyon diyagramı (BE: toplam yerküre bileşimi, DM: Tüketilmiş manto, EM I ve EM II: zenginleşmiş manto, HIM: yüksek U/Pb oranına sahip manto, PREMA:Yaygın Manto bileşimi) (Rollinson,1993'den alınmıştır).



Şekil 4.11: Yıldızeli grubu volkanikleri için hazırlanmış Sr/Sr'ye karşılık ϵ_{Ndi} korelasyon diyagramı. (MORB, OIB, Küçük Antiller, Mariana ve Güney Sandwich adaları ile Sunda yay değerleri Faure ve Mensing (2005)'den alınmıştır.

İncelenen volkanitlerin tamamı pozitif ϵ_{Ndi} değerlerine sahipken, YV-1b serisinden bir örneğin negatif ϵ_{Ndi} değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.11). Bu değerlerin çoğu örnekte pozitif olması ana magmanın izotoplarca tüketilmiş bir manto kaynağından türediğine ve/veya tüketilmiş bir mantodan türeyen son üye olduklarına işaret etmektedir. Negatif (-) ϵ_{Ndi} değeri ise Yıldızeli volkaniklerinin yiten kabuk malzemesinin karışımı ile akışkanlar tarafından hafif zenginleşmiş bir manto kaynağından türemiş olabileceklerini, yani manto kaynağındaki kabuk bileşeni katkısını işaret etmektedir.

Şekil 4.11'de görülen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 'ye karşılık ϵ_{Ndi} korelasyon diyagramında tüm örnekler ada yayları ile OIB arasında konumlanmaktadır (Şekil 4.11). Bu da magmatizmanın tipik bir manto kaynak alanından değil, giderek zenginleşen bir kıta altı litosferik manto kökenli olduğunu düşündürmektedir.



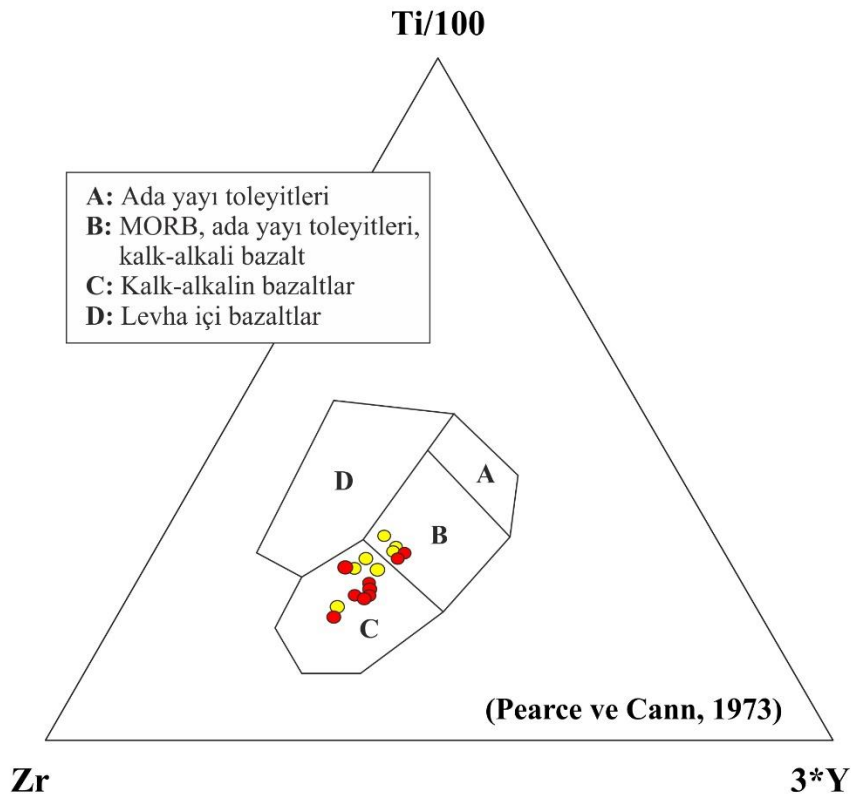
Şekil 4.12: Yıldızeli volkaniklerinin $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 'ye karşılık $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ diyagramı. (DM: Tüketilmiş manto, EM I, EM II: zenginleşmiş manto, HIM: yüksek U/Pb oranına sahip manto, PREMA: Yaygın manto bileşimi).

Şekil 4. 12 'de görülen diyagramda ise PREMA yaygın manto bileşimi Zindler ve Hart (1986)'dan alınmıştır; MORB ve Manto trendi Wilson (1989); Arculus ve Powell (1986), McCulloch ve diğ. (1994) 'den alınmıştır. Ayrıca tüm örnekler Pontid ve Orta Anadolu Senozoyik yaşlı kalkalkalin ve alkalın volkanik kayalarıyla korelasyonlu olarak iz düşürülmüştür. EACV; Doğu Anadolu kalkalkalin volkanik kayalarını (Pearce ve diğ.,1990, Buket ve Temel 1998, Keskin ve diğ. 2006, Kaygusuz ve diğ. 2011, CACV; Orta Anadolu kalkalkalin kayalarını (Deniel ve diğ. 1998, Temel ve diğ. 1998, Varol ve diğ. 2007; Kurt ve diğ.. 2008); EPCV; Doğu Pontid kalkalkalin kayalarını (Kaygusuz ve diğ. 2011; Temizel ve diğ. 2012, Arslan ve diğ.. 2013); EPNAV ise Doğu Pontid Neojen alkalın volkanik kayalarını temsil etmektedir.

4.6 Tektonik Ayırtlama Diyagramları

Yıldızeli grubu lavlarının oluştuğu paleotektonik ortama yaklaşımda bulunabilmek amacıyla 3 farklı tektonik ayırım diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 4.13, 4.14, 4.15). Tektonik ayırım diyagramlarında düşük dereceli metamorfizma ve alterasyon olaylarından fazlaca hareketlenmeyen (immobille) iz elementlerden yararlanılmış ve diyagramlara yalnızca $\text{SiO}_2 < \% 57$ olan bazalt, traki-bazalt, bazaltik andezit, traki-bazaltik andezit örnekleri iz düşürülmüştür.

Pearce ve Cann (1973)'ın $\text{Ti}/100\text{-Zr-Y}^*3$ diyagramı, ada yayı toleyitleri, kalkalkalin bazaltlar ve levha içi bazaltları birbirinden ayırt etmek için kullanılmaktadır. Bu diyagrama göre Yıldızeli grubu lavlarının bir kısmı kalk-alkali bazalt (C), bir kısmı ise MORB, ada yayı toleyitleri ve kalk-alkali bazalt alanlarında (B) konumlandıkları görülmektedir (Şekil 4.13). Bu diyagramdan doğru sonuçların alınabilmesi için Y/Nb oranı en düşük olan alkali bazalt örneklerinin ve $\%20 > \text{CaO} + \text{MgO} > \%12$ bileşimindeki toleyitik bazaltların kullanılması gerekir (Rollinson, 1993).

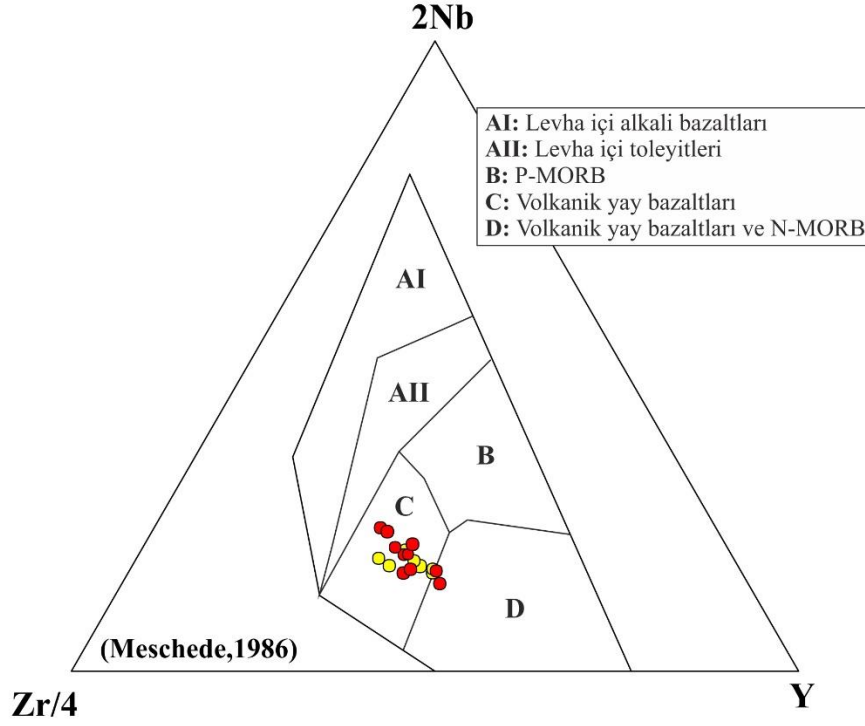


Şekil 4.13: Yıldızeli grubu lavlarının Pearce ve Cann (1973) tarafından bazaltik bileşimli lavlar için önerdiği Ti-Zr-Y ayırtlama diyagramındaki konumları (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).

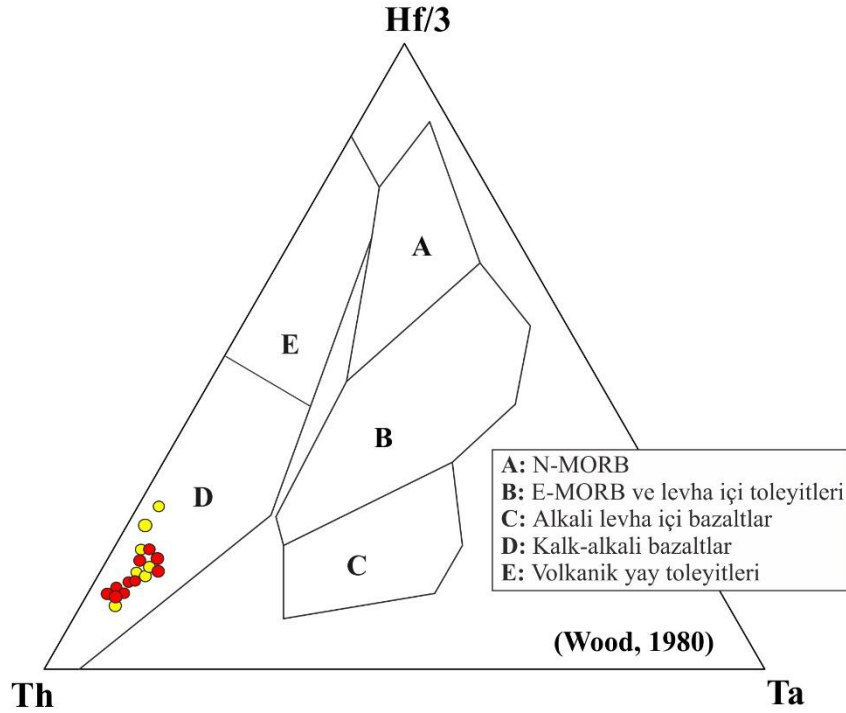
Meschede (1986), immobil Nb iz elementinden yararlanarak Pearce ve Cann (1973)'den farklı olarak diyagramında iki tip okyanus tabanı bazalt (N-MORB ve E-MORB) alanı tanımlamıştır. Bunlardan N-MORB (normal okyanus ortası bazaltları) uyumsuz iz elementlerce tüketilmişken, E-MORB (plum kaynaklı okyanus ortası bazaltlar) uyumsuz iz elementlerce zenginleşme göstermektedir. Yıldızeli Grubu lav örnekleri bu diyagrama iz düşürüldüğünde örneklerin büyük çoğunluğunun volkanik yay bazaltı, iki tanesinin ise volkanik yay bazaltları ve N-MORB alanında konumlandıkları görülmektedir (Şekil 4.14).

Wood (1980) tarafından önerilen HFS (yüksek alan şiddetli) immobil elementlerin kullanıldığı Th-Hf/3-Ta ayrılama diyagramı Şekil 4.15'de verilmiştir. Bu diyagramın özelliği Meschede (1986) diyagramında olduğu gibi N-MORB ve E-MORB olmak üzere iki farklı MORB alanı tanımlanmış olması, bazaltın yanında ortaç ve felsik magma bileşimlerine de uygulanabilir olmasıdır. Yıldızeli grubu lav örneklerinin tümünün kalk-alkali bazalt alanını temsil eden D alanına iz düştükleri görülmektedir (Şekil 4.15).

Çalışma alanındaki tektono-magmatik ayırtlama diyagramlarının tümüne bakıldığında, Yıldızeli grubuna ait bazaltik bileşimli tüm örneklerin belirgin bir yitim imzası (yay benzeri) taşıdığı ve kalk-alkali karakter sergiledikleri görülmektedir.



Şekil 4.14: Yıldızeli grubu lavlarının Meschede (1986) tarafından önerilen Nb-Zr-Y ayrımlama diyagramındaki konumları (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).



Şekil 4.15: Yıldızeli grubu lavlarının Wood (1980) tarafından önerilen Hf-Th-Ta ayrımlama diyagramındaki konumları (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).

4.7 Jeokimya Verilerinin Tartışılması

İnceleme alanı kapsamında yapılan jeokimyasal çalışmalar sonucunda Yıldızeli lavlarını üreten magmatizmanın kökenini, geliştikleri tektonik ortamı ve manto kaynak alanının doğasını anlayabilmek adına çeşitli diyagramlar üzerine izdüşürülerek detaylı olarak incelenmiştir. Bu bölümde; yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek önceki çalışmalarla tutarlılığı irdelenmiştir.

Ana, iz ve nadir toprak elementlerin SiO_2 'ye göre iz düşürüldüğü Harker diyagramlarında iki farklı trend görülmektedir. Bu durum lavların heterojen bir kaynaktan türemiş olabileceklerini işaret eder. Yıldızeli Grubu lavları iz ve nadir toprak element paternlerinde gözlenen HFSE ve HREE'ye göre LILE ve LREE'deki zenginleşme ile tüm örneklerin N-MORB ve Kondritre göre zenginleşme gösteriyor olmaları manto kaynak alanında bir akışkanın varlığını, dolayısıyla bölgedeki lavların yitim imzası içerdiğini ortaya koymaktadır. Tektonik ayırtlama diyagramları dikkate alındığında ise bunu destekler şekilde tüm lavların volkanik yay magmatik serilerine benzediği ve kalk-alkali özellikte oldukları anlaşılmıştır.

Kondritre ve N-MORB'a normalize diyagramlarda ortaya çıkan paternlerde HREE'lerde hafif tüketilmeler gözlenir. Bu durum kaynak alanda kalıntı garnetin varlığına işaret eden önemli bir veridir. Kaynak alanın karakterine yaklaşım yapmak amacıyla örnekler Aldanmaz ve diğ. (2000) 'nin kullanmış olduğu petrolojik kısmi ergime modellemesine izdüşürülmüş ve spinel>garnet alanında konumlandıkları görülmüştür. Bu veriler ışığında Yıldızeli volkaniklerini oluşturan kaynak alanda garnetin çok az miktarda bulunduğu, kaynak alanın egemen olarak spinel-lerzolit bileşiminde olduğu söylenebilir.

Çalışılan volkanik kayaların yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.704242\text{--}0.705512$, düşük $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512620\text{--}0.512775$ ve 45-46 milyon yıla göre hesaplanmış olan $\epsilon\text{Ndi} = -0,4$ ile $+2,7$ aralığındaki izotop değerleri, manto kaynak alanının Nd izotopları açısından tüketilmiş, Sd izotopları açısından ise kısmen zenginleşmiş olduğunu gösterir. Bu durum yitimle zenginleşmiş kıta altı litosferik bir manto kaynağını (SCLM) işaret ediyor olabilir.

Orta Pontid ve Doğu Pontid kuşağı boyunca oluşan Eosen yaşlı volkanosedimanter toplulukların magmatik evrimine ilişkin önceki çalışmalarda birçok farklı jeodinamik model ortaya atılmıştır; (1) yay ardı modeli (Robertson ve diğ., 2006, 2007; Vincent ve diğ., 2005), (2) IAESZ boyunca kalınlaşan kabuğun delaminasyonu (Dilek ve diğ. 2010, Arslan ve diğ., 2013), (3) çarpışma sonrası slab-breakoff modeli (Altunkaynak, 2007; Boztuğ ve diğ., 2007; Dilek ve diğ., 2010; Keskin ve diğ., 2008). Bu modellerden Keskin ve diğ. (2008)'nin Orta Pontidler'de yaptıkları çalışmaya ait Eosen yaşlı Merzifon Grubu volkanikleri jeokimyasal sonuçları Yıldızeli Grubu lavları ile yakın benzerlikler göstermektedir. Keskin ve diğ. (2008) tarafından önerilen dilim kopması (slab break-off) modeli, Orta Eosen magmatizmasının neden kısmen güney kıta (Kırşehir kıtası), kuzey kıta (Sakarya kıtası) ve yaygın olarak da kenet kuşağı üzerinde geliştiğini açıklamak açısından mantıklı görünmektedir.

Bu izotopik veriler ile jeolojik ve jeokimyasal veriler birlikte değerlendirildiğinde, Orta Eosen yaşlı Yıldızeli volkaniklerinin Geç Kretase-Erken Tersiyer dönemindeki çarpışma sonrası bir jeodinamik ortamda oluştuğu; ana magmanın Geç Kretase dönemindeki yitim süreciyle bileşimi değişen, zenginleşen yarı kıtasal bir litosferik manto (SCLM) kaynağından türemiş olduğu ve kıtasal kabuk malzemesi ile (AFC) kirletilmiş olduğu sonucuna varılmaktadır.

5. YAPISAL JEOLJİ

Bu bölümde arazi çalışmalarının yanı sıra eski çalışmalardan da yararlanarak Yıldızeli Bölgesinde görülen başlıca tektonik yapılar ele alınmıştır. Bölgedeki en önemli uyumsuzluklara ve faylara ilişkin bilgiler verilmiştir.

5.1 Uyumsuzluklar

İnceleme alanı içerisinde yüzeyleyen birimler arasında gözlenen en önemli uyumsuzluk, Kırşehir Masifi metamorfik temel kayaları ile Orta Eosen yaşlı Yıldızeli Grubu kayaları arasında görülmektedir. Genellikle bu iki birim tektonik dokanaklı olup, çalışma alanının güneyinde ve kuzeyinde faylı ve çeşitli boyutlarda, köşeli metamorfik çakıllar içeren taban çakıltası olarak tanımlanan Tokuş Formasyonu ile sınırlanmaktadır.

Kretase-Alt Eosen yaşlı Hıdırnalı Grubu çökel kayaları ile Lütisiyen (Orta Eosen) yaşlı Yıldızeli volkano-sedimanter birimler arasında alt dokanak ilişkisi arazide izlenememiştir. Epiklastik kayalar Hıdırnalı grubu kayalarıyla litolojik olarak benzer özellikte olduğundan sahada bu iki birim yanyana geldiklerinde ayrılmaları oldukça güçtür. Radyometrik ve fosil verileriyle ortaya konmuş olan yaş farkı iki birim arasında bir uyumsuzluğun olabileceğini düşündürmektedir. Bu ilişki bölgede komşu alanlarda yapılmış olan çalışmalarda açıklıkla ortaya konmuş durumdadır. Örneğin, Yılmaz ve diğ. (1997b) ve Keskin ve diğ. (2008) Orta Eosen birimlerinin bölgedeki tüm diğer birimler üzerinde, bölgesel ölçeğe, açısal uyumsuzluk ile oturduğunu ortaya koymuşlardır.

Akarsu ortamında depolanmış olan Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu ise diğer birimleri açısal diskordansla örter. Yılmaz ve diğ. (1995)'ne göre; Geç Miyosen-Pliyosen yaşı verilen bu birimin Sivas Tersiyer Havzası içerisinde Oligosen-Erken Miyosen yaşlı birimler üzerinde de açısal uyumsuzlukla bulunması, tektonik hareketlerin, Geç Miyosen'e kadar devam ettiğini göstermektedir.

5.2 Faylar

İnceleme alanının içerisinde bulunduğu kuşak, Üst Kretase'den Erken Tersiyer sonlarına kadar süren sıkışma tektoniğinin yapılarını barındırmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Kuzey Anadolu Bindirmesi olarak bilinen D-B uzanımlı bindirme fayı, çalışma alanında görülen en büyük tektonik yapılardan birisidir. Bölgedeki diğer tektonik yapılar ise DKD-BGB uzanımlı oblik faylar, yersel doğrultu atımlı faylar ve genellikle bunlara dik oluşmuş küçük ölçekli normal faylardan oluşmaktadır.

5.2.1 Kuzey Anadolu bindirmesi

Bölgesel ölçekteki en önemli tektonik yapılardan birisi olan, Kuzey Anadolu Bindirme kuşağının güney sınırını oluşturan ana bindirme düzlemi, ofiyolitleri güneydeki diğer birimlerden ayırmaktadır. Bu bindirme fayı, Tatar (1982) tarafından “Orta Anadolu Ofiyolit Bindirmesi”, Yılmaz ve Özer (1984) tarafından “Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağı” olarak adlandırılmıştır. Kuzey-güney yönlü sıkışmaya bağlı olarak gelişen bu bindirme, çalışma alanı dışında Yozgat ile Erzincan arasındaki alanda yaklaşık 400 km uzunluğundaki “Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağı’nın” yaklaşık 20 km uzunluğundaki kısmını kapsamaktadır. Çalışma alanının kuzey kesimlerinde batıda Bayazıt’tan doğuda Yıldızeli Göleti’ne kadar uzanan bindirme fayı, Çamlıbel Tepe dolaylarında KD-GB doğrultusunda, Çamlıbel Tepe ile Sivas-Tokat karayolu arasında D-B doğrultusunda gidişlidir. Bindirme boyunca inceleme alanının temelini oluşturan Tekelidağ karmaşığı, kuzeyden güneye doğru Üst Kretase ve Eosen birimleri üzerine itilmiştir. Bindirme fayının en iyi yüzeylendiği yerler Subaşı köyü 2 km kuzeydoğusundaki Çamlıbel Tepe’de ve Ilıca’nın 3 km kuzeyinde Osmanyurt mevkiinde görülmektedir. Genellikle D-B yönelimli olan bindirme fayı, Gündoğan kuzeyinde, Çobansaray kuzeybatısında ve Çamlıbel Tepe civarında KD-GB doğrultusunda devam eder ve Üst Kretase birimlerini üzerler. Kaman kuzeyinde ise KB-GD doğrultusunda uzanmakta olup, Tekelidağ Karmaşığını doğrudan Orta Eosen birimleri üzerine getirir. Bu dokanak ilişkisine göre bindirmenin Orta Eosen’e kadar devam ettiği söylenebilir. Subaşı Köyü güneyinde bindirme fayı dönerek D-B gidişli oblik atımlı bir fay tarafından kesilmektedir.

Ana bindirme fayı dışında Hıdırnalı Grubu kayaları içerisinde küçük bindirme fayları bulunmaktadır. Bu bindirmeler sebebiyle Hıdırnalı grubuna ait fliş tipi sedimanter birim düşük dereceli dinamik metamorfizma izleri göstermektedir. Yıldızeli Göleti ve Ilıca kuzeyinde Hıdırnalı Grubu'na ait mikritik kireçtaşlarında ise bindirmeye bağlı gelişen sürüklenme kıvrımlarına rastlanmıştır. Ilıca köyü kuzeyinde yer alan bu bindirme fayı daha önceki çalışmalarda "Ilıca-Yiğitler Bindirmesi" olarak tanıtılmış olup Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağı'nın yeniden hareketlenmesi sonucunda geliştiği öne sürülmüştür (Tatar,1982).

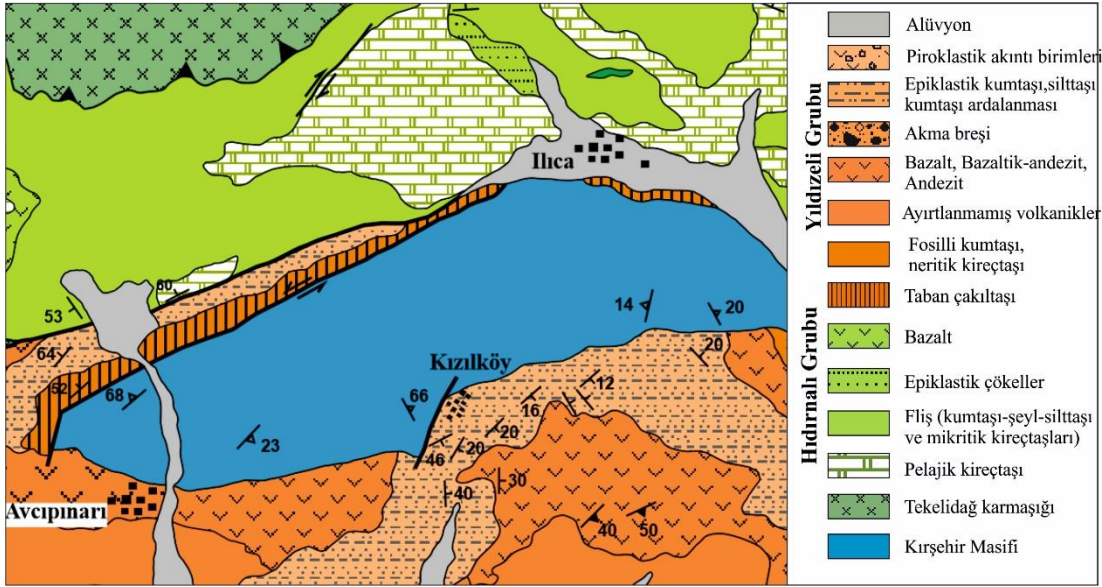
Kuzey Anadolu bindirmesinin başlıca Tekelidağ karışığı ile yaşı Alt Eosen'e değin çıkan Hıdırnalı Grubu arasında gözlenmesi, Çobansaray'ın KB'sında İncesu Formasyonuna ait karasal akarsu çökelleri tarafından örtülmesi, oluşum hareketinin Alt Eosen sonu ile Miyosen öncesi bir dönemde gerçekleştiğine işaret etmektedir. Sahada yer yer Tekelidağ karışığının Yıldızeli grubu üzerine itilmiş gibi görülmesine rağmen bu itilmenin uzun genlikli olmadığı, aksine bindirme Yıldızeli grubu üzerine geldiğinde sonlanıyor olması, derin kazılmış tektonik pencere gibi yerlerde (inceleme alanı dışında) melanjin altından Yıldızeli grubu kayalarının çıkmıyor olması (Yılmaz ve diğ., 1997b; Keskin ve diğ., 2008) Kuzey Anadolu bindirme kuşağının Alt Eosen sonu-Orta Eosen aralığında gelişmiş olması gerektiğini düşündürmektedir.

5.2.2 Pazarcık fay zone

Geç Kretase'den itibaren sıkışmalı ve genişlemeli rejimlerin etkisinde kalmış tektonik ve magmatik aktivitelerin yoğun olduğu çalışma alanında oblik atımlı faylanmalar meydana gelmiştir.

Bu fay zone Kırşehir Masifi metamorfik kayaları, Üst Kretase yaşlı birimler ile Orta Eosen yaşlı Yıldızeli Grubu'na ait birimlerin sınırını oluşturmaktadır. Daha önce bu zonda yer alan fayların bir kısmı farklı isimlendirmelerle Tatar (1982), Gürsoy ve diğ. (1997) ve Alpaslan (1996) tarafından yapılan çalışmalarda bindirme fayı, Gökten (1993) tarafından da normal fay olarak değerlendirilmiştir. Mesci ve Gürsoy (2002) ise Kaman köyü ve Çobansaray köyü civarında yaptıkları bir çalışmada bindirme fayı olarak değerlendirmiştir. Ancak bu tez kapsamında yapılan arazi çalışmaları sırasında Kaman kuzeyi, Avcıpınar kuzeyi ve Ilıca güneydoğusu

civarında yapılan gözlemlerde fayın yer yer ters, bazı bölgelerde ise normal atım bileşeni kazanan sol yanal atımlı oblik bir fay olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.1: Ilica güneybatısında yer alan KD-GB doğrultulu, ters bileşenli sol yanal atımlı oblik fayın haritadaki görünümü.

Pazarcık fay zone bölgenin batısında Şeyhhalil'den başlayarak doğuda Yıldızeli kuzeyine Öksüz Tepe civarına kadar uzanmaktadır. Genellikle megaolistostromlar halinde Eosen havzasına aktarılmış olan Kırşehir Masifi metamorfikleri ve Hıdırnalı grubu kayaları ile Orta Eosen yaşlı Yıldızeli Grubuna ait farklı litolojileri ayırmaktadır. Bu fay zone boyunca Kırşehir Masifi Metamorfikleri ile Orta Eosen yaşlı Yıldızeli Grubu kayaları arasında Eosen yaşlı köşeli metamorfik çakıllar içeren taban çakıltaşları yer almaktadır. Fay sınırlarında görülen bu çakıl taşları, Eosen öncesi ve Eosen boyunca fayın aktif olduğuna işaret etmektedir. Pazarlık Fay zone boyunca genç ve yaşlı birimlerin yan yana gelmesi, derelerin ötelenmesi ve yer yer fay yüzeylerinde görülen oblik fay çizikleri bu fayın oblik atımlı bir fay olduğunu gösterir.

Çalışma alanı içerisinde D-B ve KD-GB uzanımlı faylardan oluşan Pazarlık fay zone yaklaşık 36 km boyunca kesikli olarak devam etmektedir. Bunlardan D-B uzanımlı olanlar genellikle sol yanal doğrultu atımlı faylardan ya da ters bileşenli sol yanal atımlı oblik faylardan oluşmaktadır. Ilica, Avcıpınar Belçik ve Kavak köyleri civarında yoğunlaşan KD-GB uzanımlı fay düzlemleri 50-75°GB'ya eğimlidir. Fay düzlemlerinde düzgün fay çiziklerine rastlamak aşınmadan dolayı mümkün

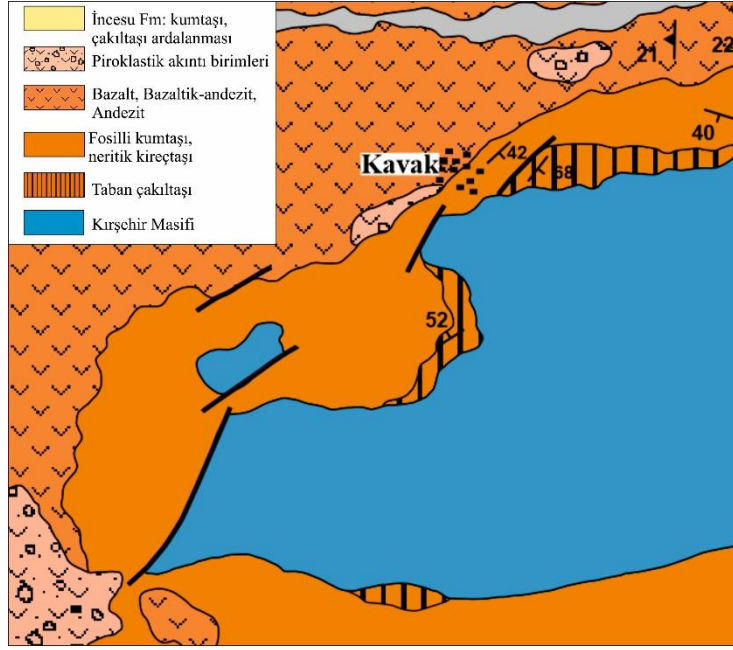
olmamıştır. Ancak fay aynası üzerindeki izlerden ve kırıklı yapılardan bu fayların ters atım bileşenli oblik faylar oldukları söylenebilir.



Şekil 5.2: Kavak Köyü güneybatısında KD-GB uzanımlı sol yanal atımlı oblik fay düzlemi

5.2.3 Normal faylar

Kızılköy, Avcıpınarı, Kavak güneyi ve Nuğ ağılı bölgelerinde yaklaşık 1-2 km uzunluğunda, K-G doğrultulu, 65° eğimli normal faylar, Kırşehir metamorfikleriyle Eosen birimlerini yan yana getirmektedir. Bölgedeki genişlemenin etkisiyle gerçekleşen normal faylanma sonucu, metamorfikler yükseltilirken, Yıldızeli Grubu kayaları düşürülmüştür. Bu faylara ilişkin görünür atım miktarı birkaç 10 m dolayındadır.



Şekil 5.3: Kavak güneybatısındaki KD-GB uzanımlı normal fayların haritadaki konumu.

Bunun dışında çalışma alanının orta kesimlerinde, Üyük Yaylası ve Çobansarayı arasındaki alanda Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu içerisindeki çökellerde küçük ölçekli normal faylanmalar gözlemlenmiştir. K80B doğrultulu, 72°GD eğimli birbirine paralel faylanmalarda düşey atım miktarı 1-2 metredir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4: Çobansarayı köyü güneyinde, Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu içerisinde gelişmiş normal fayların görünümü.

6. JEOLJİK EVRİM

Bu bölümde, Bölüm 2’de tanıtılan birimlerin stratigrafisi göz önünde bulundurularak Yıldızeli Bölgesinin jeolojik evrimi irdelenmiştir. İzmir-Ankara Erzincan Sütur zonunun güneyinde (IAESZ) yer alan Yıldızeli (Sivas) bölgesi, Anatolid -Pontid çarpışmasını takip eden dönemde çarpışmayla ilişkili oluşan Tersiyer yaşlı havzaların geliştiği ve bu havzalara bağlı oluşan volkanizmanın eşlik ettiği bir alanı kapsamaktadır. İnceleme alanının jeolojik evrimi Neo-Tetis Okyanusunun kuzey kolunun Üst Kretase başında olasılıkla Senomaniyen’de kuzeye doğru yiterek kapanmaya başlamasına bağlı gelişmiştir. Kuzeyde görülen bu ofiyolitik melanj, yitim ile kapanan okyanus malzemesini temsil etmektedir. Bölgede yapılmış olan çalışmalar Erken Tersiyer döneminde Kırşehir masifi ve Pontidler’in çarpışmasının gerçekleştiği, bu çarpışmaya rağmen kalık bir okyanusal/derin denizel havzanın Erken Eosen sonlarına değin varlığını sürdürdüğü ve tüm farklı tektonik birlikleri üzerinde Orta Eosen döneminde yaygın bir volkano-sedimanter birimin gelişmiş olduğuna işaret etmektedir.

Kırşehir Masifi temel kayaları ile örtü birimleri arasında büyük bir zaman farkı bulunmaktadır. Tetis içerisinde yay-hendek ilişkili olarak gelişen havzalar kısmen bu tür masifler üzerinde açılmışlar ve ofiyolit dilimlerini de içeren Kırşehir masifi Üst Kretase-Tersiyer çökellerine temel oluşturmuşlardır (Gökten, 1993).

Geç Kretase başında (Senomaniyen) Tetis okyanusunun kuzeye doğru yitimi, Tekelidağ Karmaşığını (ofiyolitik melanj) ve bu temel üzerinde varlığını sürdüren kalık bir derin denizel havzayı meydana getirmiştir. Yitim süresince okyanus kabuğunun tüketilmesine bağlı bir yayönü volkanizması ve okyanusal bir ortamda ofiyolitik melanj üzerinde derin denizel pelajik kireçtaşları ile bunlarla girik fliş çökelleri oluşmuştur. Geç Kretase’den Erken Eosen’e kadar melanjın güneyinde kalık bir okyanus havzası varlığını sürdürmüş, bu havzanın kenarında ve volkanizmanın olduğu kesimlerde, derin denizel karakterli mikritik kireçtaşları ve pelajik kireçtaşları çökelmiştir (Yılmaz ve diğ., 1997b). Bej renkli mikritik kireçtaşlarının temsil ettiği sakin, derin denizel ortam daha sonra yerini yüksek enerjili, tektonik olarak daha aktif fliş ortamına bırakmıştır. Havzadaki fliş nitelikli çökeller içerisinde okyanus kabuğuna ve Kırşehir masifine ait mega-olistolitler bulunmaktadır. Yılmaz (1983) bu mega-olistolitlerin Orta Eosen yaşlı kayaların

çökelimi sırasında havza içerisine nap dilimleri halinde ilerleyerek havza içerisine yeniden aktarıldığını düşünmektedir. Kuzey-güney yönlü sıkışmanın etkisiyle melanjın kısalarak kalınlaşması ortamın sıkışmasına sebep olmuştur. Paleosen-Erken Eosen'e doğru giderek sıkışan karakterdeki fliş çökelimi volkanizmayla eş zamanlı olarak devamlılığını sürdürmüş ve bunlara bağlı olarak Hıdırnalı grubunun gri renkli fliş benzeri volkanik arakatkılı çökel birimleri oluşmuştur. Yer yer bloklar içeren olistostromal nitelikteki kırıntılı istif çökelimi Geç-Kretase'den Lütésiyen başına kadar sürmüştür. Pelajik mikritik kireçtaşları istiftin üst seviyelerine doğru azalarak kaybolurken, volkanik arakatkılı kırıntılı malzeme artmaktadır. Erken Eosen sonunda kalık havza yok olmuş, bölge deniz seviyesinin tamamen üzerinde kalarak yerini karasal bir ortama bırakmıştır (Yılmaz ve diğ., 1995, 1997a,b). Kuzeye dalmakta olan Neotetis okyanusal litosferinin çekme kuvveti etkisi sonucu bölgenin çökmüş (subsidence) olabileceği, daha sonra levha kenarının kopmasıyla (slab-breakoff) geri teperek (rebounding) deniz seviyesinin üzerine çıkarak bölgenin yükseldiği düşünülmektedir (Keskin ve diğ., 2008). Bu hızlı yükselmenin ardından D-B gidişli yüksek açılı oblik faylanmalar ve yeni bir çökelme evresi başlamıştır. Metamorfik kaynaklı köşeli çakıllar içeren taban çakıltaşları bu yeni çökelme evresinin tabanında yer alır. Taban çakıltaşlarının üzerine Orta Eosen yaşı veren neritik kireçtaşı ve foraminiferli kumtaşlarının çökmesi, sığ denizel bir ortama doğru geçişi göstermektedir. Bunların üzerine yanal ve düşey yönde girik epiklastik kayalar ile bazaltik, bazaltik andezitik lavlardan türemiş breşik lav akıntıları gelmektedir. Bu durum, Orta Eosen'de başlayan yeni çökelme dönemine bazik-ortaç bileşimli yeni bir volkanizma fazının eşlik etmeye başladığını göstermektedir. Volkanizmanın ileriki dönemlerinde soğuma çatlaklı ve "aa" lav yüzeyli bazaltik andezitik ve andezitik bileşimli lavlar ve bunlarla ilişkili piroklastikler üretilmiştir. Birimin alt dokanak ilişkisinin ayırt edilebildiği alanlarda birimin Hıdırnalı Grubu kayalarıyla ilişkisinin tektonik olduğu görülmüştür.

KD-GB gidişli yüksek açılı oblik faylardan Üst Eosen'de bölgenin sıkışmalı bir tektonizma etkisinde kalarak, hızlı bir yükselme ile karasallaştığı anlaşılmaktadır. İnceleme alanının dışında Oligosen yaşlı sığ denizel evaporitik bir ortamda çökelmiş jipslerin varlığı bilinmektedir (Yılmaz ve diğ., 1997b). Yıldızeli güneyinde daha genç yamaç molozu ve karasal ortamı temsil eden İncesu Formasyonu çökellerinin Orta Eosen yaşlı Yıldızeli Grubu kayaları üzerine açıl diskordansla gelir. Miyosen

yaşı İncesu Formasyonu akarsu ortamını temsil eder. Bu durum bölgenin bu dönemde yükselmesinden çok Messiniyen tuzluluk krizine bağlı çekilmesi olayına dayandırılır (Cater ve diğ., 1991). Üst Miyosen yaşı çökellerin içerisinde görülen normal faylanmalardan bölgenin bu dönemde bölgesel bir genişlemenin etkisinde olduğu anlaşılmaktadır. Tüm bu veriler göz önüne alındığında, Yıldızeli Grubu volkanik aktivitesinin sık denizel bir ortamda başladığını, volkanizmaya eş zamanlı olarak gerçekleşen sedimantasyon sonucu Yıldızeli grubu kayalarının oluştuğu ve bunu takiben Oligosen döneminde magmatizmanın bittiği ve ortamın hızlı bir yükselme ile karasallaştığı, Üst Miyosen'de tümüyle karasal ortamın yaygın olduğu anlaşılmaktadır.

7. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında varılan sonuçlar aşağıda maddeler halinde açıklanmaktadır:

1) Yıldızeli (Sivas) bölgesinin kuzeyinde Neotetis okyanusu kuzey kolunun yitimine rağmen kalık derin denizel bir havzanın varlığı ve bu havzada çökelimin Geç Kretase'den Erken Eosen'e kadar kesintisiz olarak devam etmiş olduğu anlaşılmıştır. Orta Eosen yaşlı Yıldızeli Grubu yeni bir çökelim rejimini ve buna eşlik eden yeni bir magmatizma evresini temsil etmektedir

2) Yıldızeli Grubu olarak tanımlanan bazalt, bazaltik andezit bileşimli lav akıntıları ve bunlarla ilişkili epiklastik ve piroklastiklerden oluşan birim ilk kez litolojik türlere göre ayrıntılı olarak haritalanmıştır.

3) Yıldızeli (Sivas) bölgesindeki volkanik kayalardan elde edilen radyometrik yaş tayinleri 40.526 ± 0.085 ile 46.59 ± 0.37 milyon yıl aralığında değişmektedir. Buradan bölgede volkanizmanın Lütesiye (Orta Eosen) döneminde aktif olduğu ortaya çıkmaktadır.

4) Daha önceki çalışmaların aksine Yıldızeli bölgesinde Tekelidağ Karmaşığı ile fliş karakterli Hıdırnalı Grubu kayalarını ayıran tek bir ana bindirme fayının varlığı tespit edilmiştir.

5) Eosen yaşlı Yıldızeli Grubu kayaları ile Kırşehir masifi temel kayalarının dokanağı çoğunlukla yüksek açılı oblik faylarla sınırlanırken, normal dokanak ilişkisinin görüldüğü yerlerde taban çakıltaşlarının temel kayalarını diskordan olarak örtmekte olduğu belirlenmiştir. Bu da Lütesiye-Bartoniye döneminde bölgede önemli bir uyumsuzluğun olduğunu göstermektedir.

6) Yapılan petrografik incelemeler sonucunda lav akıntılarının bazalt- bazaltik andezit ve andezit bileşimli olduğu tespit edilmiş; bunlarla uyumlu olarak jeokimyasal sınıflandırmalar doğrultusunda Yıldızeli volkaniklerinin bazalt-trakiandezit aralığında bir bileşime sahip olduğu, alkali eğilimli iki örnek dışında tümünü kalk-alkali ve orta-yüksek-K karakterinde olduğu belirlenmiştir.

7) Ana, iz ve nadir toprak element trendleri tüm lavların aynı magmadan türemiş olmaları gerektiğini gösterir. Susuz YV-1 serisine ait lavlar için piroksen ve

plajiyoklas, sulu YV-2 serisine ait lavlar için ise amfibol fraksiyonel kristallenmesi magma evrim sürecinde etkili olmuştur.

8) Örümcek diyagramlarda tüm lavlar yitimle ilişkili karakteristik bir özellik olan HFS elementlere göre LIL ve LRE elementlerince zenginleşme gösterir. Tektono-magmatik ayırtlama diyagramları Th/Yb'a karşı Ta/Yb diyagramı ile birlikte değerlendirildiklerinde Yıldızeli grubuna ait lavların belirgin yitim imzaları taşıdığı ve kıtasal kabuk malzemesi ile kirletilmiş olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

9) Yıldızeli grubu lavlarına ait örneklerin izotop değerleri $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,704389-0,706291), $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0,512620-0,512775), ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)i oranları 0,704242 ile 0,705512, ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)i oranı ise 0,512586 ile 0,512744 arasında, ϵNd_i değerleri ise -0,4 ile +2,7 aralığında değişmektedir. Eosen volkaniklerinin ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)i ve ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)i değerlerine göre tüm örnekler manto alanına yakın bir alanda konumlanmaktadır.

10) Çalışma konusu olan Orta Eosen yaşlı Yıldızeli Grubu volkaniklerinden elde edilen petrografik ve jeokimyasal veriler, arazi gözlemleri ile birlikte değerlendirilip yorumlandığında; bu volkanitlerin çarpışma sonrası ortamda, dilim kopması (slab break-off) mekanizması ile önceki bir yitim ile zenginleşmiş kıta altı litosferik manto kaynağının (SCLM) kısmi ergimesiyle türemiş olduğu ve ayrıca kıtasal kabuk gereci ile de kirletilmiş olabilecekleri sonucuna varılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F., Mitchell, J.G.** (2000). Petrogenetic evolution of Late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **102**, Pg. 67 – 95.
- Alpaslan M., Guezou C. J., Bonhomme M., Boztuğ D.** (1996). Yıldızeli metasedimanter grubu içindeki Fındıcak metamorfizmasının metamorfizması ve yaşı. Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt **39**, 1, Sf. 19-29, Şubat.
- Alpaslan, M.** (2000). Pazarcık Volkanitinin (Yıldızeli-Sivas) Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt **43**, sayı. 2.
- Altunkaynak Ş.** (2007). Collision-driven slab breakoff magmatism in northwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Geology*. **115**, Sf. 63–82
- Arculus, R.J. and Powell, R.** (1986). Source component mixing in the regions of Arc magma generation. *Journal of Geophysical Research* 91.
- Arslan M., Temizel İ., Abdioğlu E., Kolaylı H., Yücel C., Boztuğ D. Şen C.** (2013). ^{40}Ar – ^{39}Ar dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin. Contributions to mineralogy and petrology, Cilt. **166**, Sf. 113-142.
- Aydın F., Karşı O., Chen B.** (2008). Petrogenesis of the neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey. *Lithos* **104**. Sf. 249–266.
- Boynton, W.V.** (1984). Geochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies. In: Henderson, P. (Ed.). Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier, Amsterdam, pp. 63-114.
- Bozkurt, E., Koçyiğit A.** (1995). Almus Fault Zone: its Age, Total Offset and Relation to the North Anatolian Fault Zone. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **4**, Sf. 93-104.
- Boztuğ D.** (1998). Post–Collisional Central Anatolian Alkaline Plutonism, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **7**, Sf. 145-165.
- Boztuğ D., Yağmur M., Otlı N., Tatar S., Yeşiltaş A.** (1998). Petrology of the Post-Collisional, Within Plate Yıldızdag Gabbroic Pluton, Yıldızeli-Sivas Region, Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **7**, Sf. 37-51.

- Boztuğ D., Jonckheere R.C., Wagner G.A., Erçin A.I., Yegingil Z.** (2007) Titanite and zircon fission-track dating resolves successive igneous episodes in the formation of the composite Kaçkar batholith in the Turkish Eastern Pontides. *Int J Earth Sci* **96**, pp. 875–886
- Boztuğ D.** (2008) . Petrogenesis of the Köseadağ pluton, Suşehri-NE Sivas, east-central Pontides, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* **17**, 241–262.
- Burgucu M. P.** (2006). Kavik (Yıldızeli Güneybatısı-B Sivas) ve Banaz (Yıldızeli Kuzeydoğusu-KB Sivas) Plütonlarının Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J.** (1980). An Introduction to the Rock Forming Minerals. 1st Edition (20th Impression), Longman, London, pp. 528.
- Dilek Y., Imamverdiyev N., Altunkaynak Ş.** (2010). Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint. *Int Geol Rev* **52** (4–6), pp.536–578.
- Erkan Y., Ataman G.** (1981). Orta Anadolu Masifi (Kırşehir Yöresi) metamorfizma yaşı üzerine K-Ar yöntemi üzerine bir inceleme. *Yerbilimleri*, **8**, Sf. 27-30,
- Faure, G., Mensing, T.M.** (2005). Isotopes: Principles and Applications. John Wiley & Sons.
- Fisher, R.V.** (1966). Rocks composed of volcanic fragments and their classification. *Earth Science Reviews* **1**, 287-298.
- Gökten, E.** (1993). Yıldızeli (Sivas) güneyinde Akdağ metamorfizmaları ve örtü kayalarının stratigrafisi ve tektoniği, Türkiye Jeoloji Bülteni, **36**, Sf. 83-93.
- Göncüoğlu, M.C.** (1986). Geochronological data from the southern part (Niğde Area) of the Central Anatolian Massif. *MTA Dergisi (For.Edit.)*, 105/106, Sf. 83-96.
- Görür N., Tüysüz O., Şengör A.M.C.** (1998). Tectonic Evolution of the Central Anatolian Basins, *International Geology Review*, Cilt **40**, Sayı 9, 831-850.
- Gürsoy, H., Piper, J.D.A., Tatar, O. & Temiz, H.** (1997). A palaeomagnetic study of the Sivas Basin, central Turkey: crustal deformation during lateral extrusion of the Anatolian Block. *Tectonophysics*, **271**, 89–105.

- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A.** (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.* **8**, Sf. 448-523.
- Karacık Z., Genç, Ş.C., Göçmengil G., Topbay C.D.**, (2016). Yıldızeli (Sivas) ve Almus (Tokat) ilçeleri arasında yer alan Senozoyik yaşlı magmatik birimlerin petrojenezi ve bölgenin jeotektonik evriminin araştırılması. TUBİTAK ÇAYDAG Proje No: 112Y120.
- Keskin M., Genç, Ş. C., Tüysüz O.** (2008). Petrology and geochemistry of post-collisional Middle Eocene volcanic units in North-Central Turkey: evidence for magma generation by slab breakoff following the closure of the Northern Neotethys Ocean. *Lithos* **104**, pp. 267–305
- Köksal, S., and Göncüoğlu, M. C.** (2008). Sr and Nd isotopic characteristics of some S-, I, and A-type granitoids from Central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, Sayı 17, Sf. 111-127.
- Kürkçüoğlu B., Furman T, Hanan B.** (2008). Geochemistry of post-collisional mafic lavas from the North Anatolian Fault zone, northwestern Turkey. *Lithos* **101**, pp. 416–436.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B.** (1986). A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*. **27**, 445-450.
- McCulloch M.T., Kyser T.K., Woodhead J.D., Kinsley L.** (1994). Pb–Sr– Nd–O isotopic constraints on the origin of rhyolites from the Taupo Volcanic zone of New Zealand: evidence for assimilation followed by fractionation of basalt. *Contrib Mineral Petrol* **115**, Sf. 303–312
- McKenzie, D.P., O'Nions, R.K.** (1991). Partial melt distribution from inversion of rare earth element concentrations. *J. Petrol.* **32**, pp. 1021-1991.
- McKenzie, D.P., O'Nions, R.K.** (1995). The source regions of Ocean Island Basalts. *J. Petrol.* **36**, pp. 133-159.
- Meschede, M.**, (1986). A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*. Sayı 56, Sf. 207-218.
- Mesci B.L., Gürsoy H.** (2002). Çobansaray-Karakaya (Yıldızeli Kb-Sivas) Arasındaki Orta Anadolu Bindirme Kuşağının (Kuzey Neotetis Kenedi) Tektonostratigrafik ve Yapısal Özellikleri 2002. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri, Cilt **19**, Sayı. 2, Sf. 135-150.
- Otlı N, Yalçın H, Bozkaya, Şakar İ, Yeşildağ H.** (2010). Yıldızeli (Sivas) yöresi Karakoç Mafik/Ultramafik Plütoniklerinin Mineraloji-Petrografi ve Jeokimyası. Cumhuriyet Yer Bilimleri Dergisi, Cilt. **27**, Sayı. 1, Sf. 31-54, Ocak.

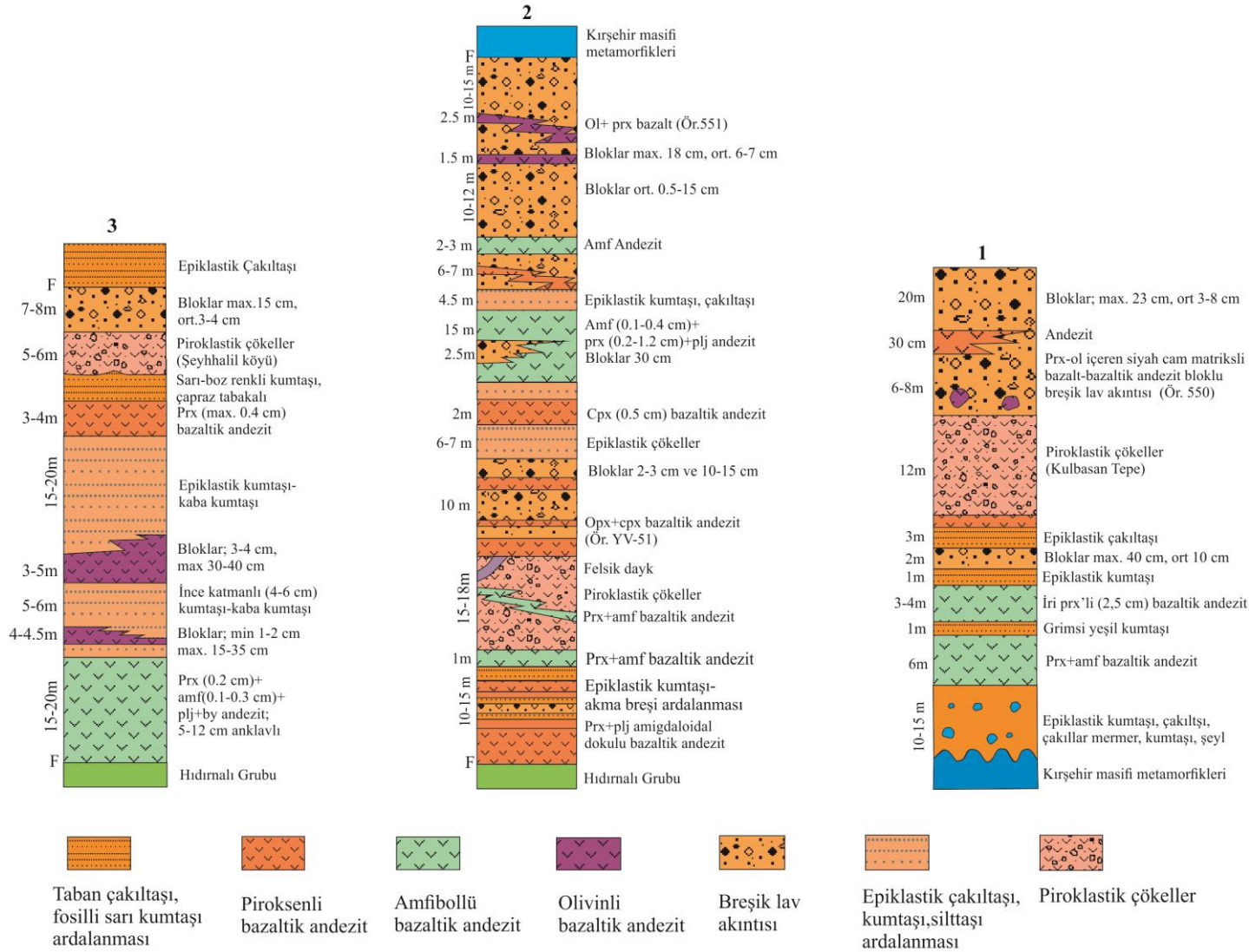
- Özer, S., Göncüoğlu, M.C.** (1983). Orta Anadolu Masifi doğusunda AkdağmadeniYıldızeli) ilginç metamorfik parajenezler. MTA Dergisi, 95/96, Sf. 173-174.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Oral, A., Özer, S., Sumengen, M., Tekeli, O.,** (1980). Kuzey Anadolu Fayı-Kirsehir Masifi arasinin temei jeolojisi: Ankara, Gen. Dir. Min. Res. Explorat., Report no. 6722. Sf. 121.
- Pearce, J.A., Cann, J.R.** (1973). Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planet. Sci. Lett.* **19** , Sayı 2, Sf. 290–300.
- Pearce J.A.** (1982). Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries R.S. Thorpe (Ed.), *Andesites*, Wiley, Chichester (1982), Sf. 525–548
- Pearce, J.A.** (1983). Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds.), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva. Cheshire, UK, pp. 230-249.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., DeLong, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Saroglu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, J.G.** (1990). Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *J. Volcanology. Geotherm. Res.* **44**, 189-229.
- Robertson A.H.F., Parlak O., Rızaoğlu T., Ünlügenç U., İnan N., Tash K., Ustaömer T.** (2007). Tectonic evolution of the South Tethyan ocean: evidence from the Eastern Taurus Mountains (Elazığ region, SE Turkey) ,in: A.C. Ries, R.W.H. Butler, R.H. Graham (Eds.), *Deformation of the Continental Crust: The Legacy of Mike Coward*, Geological Society, London, Special Publications, 272 (2007), pp. 231–270
- Rollinson, H.R.** (1993). *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. Longman, London.
- Peccerillo, A., Taylor, S.R.** (1976). Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.* Pp 58, 63-91.
- Seymen, İ.** (1975). Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği. İ.T.Ü. Maden Fakültesi Doktora Tezi. İstanbul.
- Sun, S.S., McDonough, W.F.** (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*, Geol. Soc., London, Spec. Publ. 42, pp. 313-345.
- Sengör, A.M.C., Yılmaz, Y.** (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics* **75**, Pg.181-241.
- Tatar, Y.,** (1977). Ofiyolitli Çamlıbel (Yıldızeli) Bölgesinin Stratigrafisi ve Petrografisi. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi* **88**, 56-72, Ankara.

- Tatar, Y.** (1982) Yildizeli (Sivas) kuzeyinde Camlibel dalarinin tektonik yapisi: Bull. Earth. Sci., Geol., Black Sea University., Trabzon, 2, Sf.1- 20.
- Taylor S. R. , McLennan S. M.** (1985). The continental crust: its composition and evolution. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Whitney, D. L., Teyssier, C., Fayon, A. K., Hamilton, M. A., & Heizler, M.** (2003). Tectonic controls on metamorphism, partial melting, and intrusion: timing and duration of regional metamorphism and magmatism in the Niğde Massif, Turkey. *Tectonophysics*, 376(1), 37-60.
- Wilson M.** (1989). Igneous Petrogenesis. Oxford University Press, Oxford.
- Winchester J.A. , Floyd P.A.** (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology* 20, pp. 325–343.
- Wood, D.A.** (1980). The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas on the British Tertiary Volcanic Province. *Earth and Planetary Science Letters*, Cilt 50, Sf. 11-30.
- Vache, K.** (1963). Akdağmadeni kontakt yatakları ve bunların Orta Anadolu kristalinine karşı olan jeolojik çerçevesi: MTA Bull., 60, 22-36.
- Vincent, S.J., Allen, M.B., Ismail-Zadeh, A.D., Flecker, R., Foland, K.A., and Simmons, M.D.** (2005), Insights from the Talysh of Azerbaijan into the Paleogene evolution of the South Caspian region: GSA Bulletin, Sayı 117, Sf. 1513–1533.
- Yılmaz, A.,** (1980). Tokat ile Sivas Arasındaki Bölgede Ofiyolitlerin Kökeni, İç Yapısı ve Diğer Birimlerle İlişkisi. A.Ü. Fen Fakültesi, Jeoloji Kürsüsü, Doktora Tezi, Ankara. Sf. 136.
- Yılmaz, A.** (1981). Tokat ile Sivas Arasındaki Bölgede Ofiyolitli Karışığın İç Yapısı ve Yerleşme Yaşı. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 31-36.
- Yılmaz, A.** (1982).Tokat (Dumanlıdağı) ile Sivas (Çeltekdağı) Dolaylarının Temel Jeoloji Özellikleri ve Ofiyolitli Karışığın Konumu. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, Rapor no.7230, 99-100 Sf. 1-19.
- Yılmaz, A. ve Ercan, T.** (1984). Tokat ile Sivas Arasında Yer Alan Yıldızdağı Gabrosu'nun Petrokimyasal Özellikleri. Jeoloji Mühendisliği, 20, 11-16.
- Yılmaz, A. ve Özer, S.,** (1984), Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağının Akdağmadeni (Yozgat) ile Karaçayır (Sivas) arasındaki bölümünün temel jeoloji incelemesi ve Tersiyer havzasının yapısal evrimi; Ketin Sempozyumu, Türk Jeol. Kur. Yayını, 163-174, Ankara.

- Yılmaz, A., Uysal, Ş., Bed, Y., Yusufoglu, H., Havzoğlu, T., Ağan, A., Göç, D., Aydın, Ş.N.** (1994). Akdağ Masifi ve Dolayının Jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü. Rapor No: 9721, Ankara, Sf. 49.
- Yılmaz, A., Uysal, Ş., Bedi Y., Yusufoglu, H., Havzoğlu, T. Ağan, A., Göç, D., Aydın, N.** (1995). Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi 117. 125-138,
- Yılmaz, A., Uysal, Ş., Ağan A., Göç D., Aydın, N.** (1997). 1: 100.000 ölçekli Açınama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritası, Sivas – F23 Paftası No:47, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdları Dairesi, Ankara.
- Yılmaz, A., Yılmaz, H.** (2004). Geology and Structural Evolution of the Tokat Massif (Eastern Pontides, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, **13**, Sf. 232-247.
- Yılmaz, A., Yılmaz, H.** (2006). Characteristic Features and Structural Evolution of a Post Collisional Basin: The Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, **27**, Sf. 164 – 176.
- Yılmaz, Y., Gürpınar, O., Yiğitbaş, E., Yıldırım, M., Genç, Ş. C., Gürer, Ö.F., Elmas, A., Bozcu, M., Çalışkan B.A.** (1993). Tokat Masifi ve Yakın Çevresinin Jeolojisi. TPAO Arama Grubu Başkanlığı Rapor No: 3390. Ankara.
- Yılmaz, Y., Serdar, H.S., Genç C., Yiğitbaş E. , Gürer Ö. F., Elmas A., Yıldırım M., Bozcu M. & Gürpınar O.** (1997). The Geology and Evolution of the Tokat Massif, South-Central Pontides, Turkey, *International Geology Review*, **39**,4, Sf. 365-382
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., Şengör, A.M.C.** (1997b). Geology and tectonic evolution of the Pontides, In: A.G. Robinson (Ed.), “Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region”, AAPG Memoir 68, 183-226.
- Zindler, A., Hart, S.** (1986). Chemical geodynamics. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* **14**, Pg. 493-571.

EKLER

EK A: Ölçülü Stratigrafik Kesitler



Şekil A.1: Ölçülü Stratigrafik Kesitler; 1) Yıldızeli kuzeyinin ölçülü stratigrafik kesiti (Y₁-Y₁'), 2) Yukarı Ekecik civarının ölçülü stratigrafik kesiti (Y₂-Y₂'), 3) Yıldızeli batısındaki Şeyhhalil köyü civarının ölçülü stratigrafik kesiti (Y₃-Y₃').

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : C. Doğa Topbay

Doğum Yeri ve Tarihi : Kadıköy-İstanbul, 14.07.1990

E-Posta : cansudoa@gmail.com, topbay@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
- **Yükseklisans** : Mezuniyet yılı, Üniversite, Anabilim Dalı, Program

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 19.07.2011-28.08.2011** ZETAS- Zemin Etüd ve Tasarım A.Ş., Levent ve Ataşehir şantiyeleri (Staj)
- 03.07.2012-12.08.2012** İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeokimya Araştırma Laboratuvarı, örnek hazırlama, XRF ve ICP-MS (Staj)
- 20.01.2016- (.....)** Matel Hammadde Sanayi ve Ticaret A.Ş.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Lisans Tezi, 2013

- “Gökçeören-Tilkiköy (Ankara,Kalecik) çevresinin jeolojisi ve Üst Kretase Yaşlı Volkanik Kayaların Petrografik Özelliklerinin İncelenmesi

Tübitak Projesi, 2012-2013

- “Ankara-Erzincan kenet kuşağı üzerinde yer alan Geç Kretase (?) yaşlı lösitli bazaltlar ile lamprofirlerin petrolojik evrimi ve tektonik anlamı (*Can Genç, Okan Tüysüz, Zekiye Karacık, Fatma Gülmez, Michael F. Roden, Willis Hames ile*).

Proje Asistanı, 2013-2015

- “Yıldızeli (Sivas) ve Almus (Tokat) İlçeleri Arasında Yer Alan Senozoyik Yaşlı Magmatik Birimlerin Petrojenezi ve Bölgenin Jeotektonik Evriminin Araştırılması (*Zekiye Karacık, Can Genç ve Gönenç Göçmengil ile*).

- Topbay C. D., Karacık Z., Genç Ş.C., Göçmengil G., 2015. Petrology and petrogenesis of the Eocene Volcanic rocks in Yıldızeli area (Sivas), Central Anatolia, Turkey. European Geosciences Union General Assembly 2015. Vol.17, Viyana 2015, 12-17 Nisan.
- Topbay C. D., Karacık Z., Genç Ş.C., Göçmengil G., 2015. Yıldızeli (Sivas) yöresi Eosen yaşlı volkanik serilerinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri, 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara 2016, 11-15 Nisan.