



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YAYINI

PUBLISHED BY GÜMÜŞHANE UNIVERSITY SCIENCE AND TECHNOLOGY INSTITUTE




ULAKBİM TR DİZİN




CROSSREF.ORG
THE CITATION LINKING BACKBONE

ISSN 2146-538X

CİLT/VOLUME: 7

SAYI/NUMBER: 1

YIL/YEAR: 2017

Gümüşhane University Science and Technology Institute Bağlarbaşı Mahallesi 29100 Gümüşhane/TURKEY
gufbed@gumushane.edu.tr Tel: 0 456 233 12 85 Belge Geçer: 0 456 233 12 86



Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Published by Gümüşhane University Science and Technology Institute

Cilt/Volume:7 Sayı/Number:1 Yıl/Year:2017

Altı ayda bir yayınlanır/ Published twice a year

ISSN 2146-538X



Sahibi / Owner

Prof. Dr. İhsan GÜNAYDIN

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adına

On the behalf of Gümüşhane University Science and Technology Institute

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editor in Chief

Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN

Editörler / Editorial Board

Yrd. Doç. Dr. Serhat DAĞ

Yrd. Doç. Dr. Bülent AKAR

Yrd. Doç. Dr. Cemalettin BALTACI

Yayın Kurulu / Associate Editors

Prof. Dr. Murat KÜÇÜK

Doç. Dr. Ahmet GÖKDOĞAN

Doç. Dr. Selim ŞEN

Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK

Yrd. Doç. Dr. Bülent AKAR

Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI

Yrd. Doç. Dr. Mehmet BAŞOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Hasan Tahsin BOSTANCI

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAVUŞOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Selim KAYA

Yrd. Doç. Dr. Kemal KUVVET

Yrd. Doç. Dr. Seda NEMLİ

Yrd. Doç. Dr. Yasin OĞUZ

Yrd. Doç. Dr. Melih OKCU

Yrd. Doç. Dr. Zuhale OKCU

Yrd. Doç. Dr. Birol ŞAHİN

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Nuri URAL

Dergi Sekreteryası / Secretariat

Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali GÜCER

Öğr. Gör. Salih TÜRK

Arş. Gör. Ömer KARPUZ

Yayın Türü / Publication Type

Yaygın süreli ve hakemli/ Common term and refereed

Yayın Tarihi / Publication Date

31.Ocak.2017

Hakemli bir dergi olan Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi yılda iki kez online olarak yayınlanmaktadır. Akademik usullere uygun atıf yapmak suretiyle Dergide yapılan çalışmalardan yararlanılabilir. Bu dergide yayınlanan çalışmaların bütün sorumluluğu yazarlara aittir.



Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Published by Gümüşhane University Science and Technology Institute

Cilt/Volume:7 Sayı/Number:1 Yıl/Year:2017

Altı ayda bir yayınlanır/ *Published twice a year*

ISSN 2146-538X



Danışma Kurulu/Advisory Board

Emel ABDİOĞLU-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Bülent AKAR-Gümüşhane Üniversitesi
Enver AKARYALI-Gümüşhane Üniversitesi
Vecihi AKSAKAL-Bayburt Üniversitesi
Eda Feyza AKYÜREK-Gümüşhane Üniversitesi
Kadri Cemal AKYÜZ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Selçuk ALEMDAĞ-Gümüşhane Üniversitesi
Mehmet ALKAN-Yıldız Teknik Üniversitesi
Gökhan APAYDIN-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fetullah ARIK-Selçuk Üniversitesi
Mehmet ARSLAN-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yusuf AŞIK-Gümüşhane Üniversitesi
Emre AYDINÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Bilge BAHAR-Gümüşhane Üniversitesi
Cemalettin BALTAÇI-Gümüşhane Üniversitesi
Hasan BALTAŞ-Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Hacı Alim BARAN-Batman Üniversitesi
Turan BATAR-Dokuz Eylül Üniversitesi
Bahri BAYRAM-Gümüşhane Üniversitesi
Hasan Tahsin BOSTANCI-Gümüşhane Üniversitesi
Fikri BULUT-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Kamil COŞKUNÇELEBİ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Günay ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Tufan ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Zafer ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Özlem ÇAVDAR-Gümüşhane Üniversitesi
Kemal ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi
Necati ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi
Mustafa ÇULLU-Gümüşhane Üniversitesi
Serhat DAĞ-Gümüşhane Üniversitesi
Adem DOĞANGÜN-Uludağ Üniversitesi
Abdurrahman DOKUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Fatih DÖNER-Gümüşhane Üniversitesi
İbrahim DÜZGÜN-Gümüşhane Üniversitesi
Çiğdem SAYDAM EKER-Gümüşhane Üniversitesi
Murat EKİNCİ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Saffet ERDOĞAN-Afyon Kocatepe Üniversitesi
Yener EYÜBOĞLU-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Ertan GÖKALP-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Candan GÖKÇEOĞLU-Hacettepe Üniversitesi
Ahmet GÖKDOĞAN-Gümüşhane Üniversitesi
Mehmet Ali GÜCER-Gümüşhane Üniversitesi
Levent GÜMÜŞEL-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Ali GÜNDOĞDU-Gümüşhane Üniversitesi
Oğuz GÜNGÖR-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Zülfü GÜROCAK-Fırat Üniversitesi

Abdullah KAYGUSUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Özgün KALKIŞIM-Gümüşhane Üniversitesi
Musa KARAALP-Gümüşhane Üniversitesi
S. Mustafa KARABIDAK-Gümüşhane Üniversitesi
Hakan KARSLI-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Afşin KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Elif ÇELENK KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Selami KESLER-Pamukkale Üniversitesi
Kemal KUVVET-Gümüşhane Üniversitesi
Murat KÜÇÜK-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Nurçin KÜÇÜK KENT-Gümüşhane Üniversitesi
Abdurrahman LERMİ-Niğde Üniversitesi
Nafiz MADEN-Gümüşhane Üniversitesi
Halim MUTLU-Ankara Üniversitesi
Salim Serkan NAS-Gümüşhane Üniversitesi
Melih OKCU-Gümüşhane Üniversitesi
Zuhal OKCU-Gümüşhane Üniversitesi
Müdahir ÖZGÜL-Atatürk Üniversitesi
Emre ÖZKOP-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Serkan ÖZTÜRK-Gümüşhane Üniversitesi
Sultan ÖZTÜRK-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Sevim Beyza ÖZTÜRK SARIKAYA-Gümüşhane Üniversitesi
İsmet SEZER-Gümüşhane Üniversitesi
Ferkat SİPAHI-Gümüşhane Üniversitesi
Abdulveli SİRAT-Gümüşhane Üniversitesi
Biol ŞAHİN-Gümüşhane Üniversitesi
Selim ŞEN-Gümüşhane Üniversitesi
Uğur ŞİMŞEK-Iğdır Üniversitesi
Emine TANIR-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Kamil TEKE-Hacettepe Üniversitesi
Yener TOP-Gümüşhane Üniversitesi
Ayhan TOZLUOĞLU-Düzce Üniversitesi
İbrahim TURAN-Gümüşhane Üniversitesi
Ahmet TUTUŞ-Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Osman ÜÇÜNCÜ-Gümüşhane Üniversitesi
Birgül VANİZÖR KURAL-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Alaaddin VURAL-Gümüşhane Üniversitesi
Mualla YALÇINKAYA-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Şükrü YETGİN-Gümüşhane Üniversitesi
Faruk YILDIRIM- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Volkan YILDIRIM-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Hilal YILDIZ-Neşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Ali Osman YILMAZ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Özcan YİĞİT-Çanakkale 18Mart Üniversitesi
Halil YOLCU-Gümüşhane Üniversitesi
Tahsin YOMRALIOĞLU-İstanbul Teknik Üniversitesi

İçindekiler/Contents

UZUNDUMLU A S., KILIÇ B., TOZLU G.; Fındık Üretiminde Kimyasal İlaç Kullanımını Etkileyen Faktörlerin Analizi: Giresun İli Örneği.....	1-9
FIRAT Y.; Modellenmiş Kavram Latisleriyle Bilgisayarlı Anlam Çözümleme Çalışması.....	10-24
ÖZTÜRK S.; Gümüşhane ve Civarındaki Güncel Deprem Aktivitesinin Bölgesel ve Zamana Bağlı Değişimleri: İstatistiksel Bir Değerlendirme.....	25-40
TURAN İ., DEMİR S., ALİYAZICIOĞLU R., MISIR S., ALİYAZICIOĞLU Y.; <i>Dianthus carmelitarum</i> Ekstraktının Antioksidan ve Sitotoksik Özelliklerinin İncelenmesi.....	41-50
AYDINÇAKIR E.; Taşlıyayla (Çaykara, Trabzon, KD Türkiye) Cıvarı Geç Kretase Yaşlı Kalk-alkali Volkanik Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri.....	51-78
YÜCEL C.; Akçaabat (Trabzon) Güneyi ve Çevresindeki Kampaniyen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografisi, Jeokimyası, Jeokronolojisi ve Petrojenezi.....	79-101

Fındık Üretiminde Kimyasal İlaç Kullanımını Etkileyen Faktörlerin Analizi: Giresun İli Örneği

Ahmet Semih UZUNDUMLU^{1*}, Burhan KILIÇ², Göksel TOZLU³
¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 2524,0 Erzurum
²Tarsim Giresun Bölge Müdürlüğü, 28100, Giresun
³Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 25240, Erzurum

Geliş tarihi/Received 22.07.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 13.12.2016

Kabul tarihi/Accepted 22.12.2016

Öz

Bu çalışmanın amacı, Giresun İli Merkez, Bulancak, Espiye, Görele, Keşap ve Tirebolu ilçelerinde fındık üretiminde çiftçilerin tarımsal ilaç kullanım durumunu etkileyen faktörleri tespit etmektir. Araştırmada 24 köyde yapılan 100 anket çalışması sonuçlarından, yerli ve yabancı literatür ile kamu kuruluşlarından elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Çalışmada üreticilere 2012 yılındaki üretimleri ile ilgili sorular sorulmuştur. Giresun ilindeki çiftçilerin fındık alanlarında, bitki koruma yönünden hastalık ve zararlılar bakımından önemli problemler yaşadıkları belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; fındık kurdu zararlısı (Curculio nucum) ortaya çıktığında ve hanelerde sırt pülverizatörü sayısı arttıkça kimyasal ilaç kullanımı artmaktadır. Ayrıca arazinin eğimi ve aile reisinin yaşı arttıkça kimyasal ilaç kullanımı azalmaktadır.

Anahtar kelimeler: Fındık, Giresun, Kimyasal ilaç kullanımı, Tobit analizi

Analysis of Factors Affecting Pesticide Use in Hazelnut Production: The Case Study of Giresun

Abstract

The aim of the study was to determine factors that influence pesticide using in the hazelnut production of farmers in Central, Bulancak, Espiye, Gorele, Kesap and Tirebolu districts in Giresun province. It has been benefited from 100 surveys results conducted in 24 villages, domestic-foreign literature and public institutions in the research. Questions were asked to producers regarding hazelnut production in 2012. It was determined that farmers were confronted with significant plant protection problems in terms of diseases and pest in the hazelnuts orchards in Giresun province. According to survey results, pesticide using is increasing when the number of backpack sprayers and detrimental of nut weevil (Curculio nucum) increases. Also pesticide using is decreasing when the slope of the land and age of householder decrease.

Keywords: Hazelnut, Giresun, Pesticides using, Tobit analysis

* Ahmet Semih UZUNDUMLU, asuzsemi@atauni.edu.tr, Tel: (0442) 231 25 88

1. Giriş

Fındık, Huşgiller (*Betulaceae*) familyasından *Corylus* cinsini oluşturan çalı ve ağaç türünden bir bitki olup, meyvesi 15-25 mm uzunluğunda, 10-15 mm genişliğinde ve oval, kabuklu bir yapıdadır (Anonim, 2016a).

Fındık, ılıman ve nemli iklim bölgelerine uyum sağlayan, nemli ve serin topraklarda 6-7 m, kıraç ve güneye dönük arazilerde 2-2.5 m kadar boylanabilen çalı formunda bir bitkidir. 100 g fındık içinde 13 g protein, 61 g yağ, 13 g karbonhidrat ve 5.6 g su bulunmaktadır. Genellikle 600-650 adet fındık yaklaşık bir kg gelmekte ve randımanı %48-55 arasında değişmektedir. Fındık periyodisite özelliği gösteren bir bitki olup, ortalama ocak başına verim 2 kg, (80-100 kg/da) civarındadır (Doğanay, 2005). Mineral maddelerce (Fe, Mg, Cu, Mn, K, P, Zn ve Ca) zengin olan fındık, kemik gelişimi ve sağlığı açısından da oldukça önemli bir besin olup, B1, B6 ve doğal antioksidan olan E vitamini içeriği açısından, diğer bitkisel yağlardan sonra en iyi ikinci kaynaktır. 100 g fındık tüketimi ile günlük B1 vitamini ihtiyacının %33'ü, B6 vitamini ihtiyacının %35'i ve E vitamini ihtiyacının %24'ü karşılanabilmektedir (Kılıç, 2014).

Fındığın yetiştirilmesi için uygun şartları sağlayan birkaç ülkeden biri olan Türkiye, dünya fındık üretiminin ve ihracatının yaklaşık %75'ine sahiptir (Anonim, 2016b). Türkiye dünyadaki en büyük ihracatçı ülke olduğu ve diğer ülkelere göre daha kaliteli fındık üretimini gerçekleştirdiği için dünya fındık pazarında fındık fiyatını oluşturmada büyük rol oynamaktadır (Secer, 2008). Fındık ihracatı yapan başlıca ülkeler Türkiye, İtalya, İspanya, ABD ve Yunanistan olup, son yıllarda Gürcistan ve Azerbaycan da fındık üretiminde dünyada ön sıralarda yer alarak dünya fındık ihracatında her geçen yıl paylarını artırmaktadır (Kilic ve Alkan, 2006). Son 5 yıl ortalaması dikkate alındığında dünya fındık üretiminin %7.2'si Gürcistan ve Azerbaycan ülkelerinden sağlanmıştır.

Türkiye'de 2011-2015 yılı itibari ile 43 ilde fındık üretimi yapılmakta Ordu, Sakarya,

Giresun, Samsun ve Düzce illeri en fazla fındık üretimi yapılan illerdir (Anonim, 2016c).

Zararlı böcekler tüm dünyada fındığın verim ve kalitesini düşüren unsurların başında gelmektedir. Dünyada fındık üretiminin yapıldığı ülkelerde, fındığa zarar veren 250 böcek türü belirlenmiş olup, bunların bazıları, her yıl önemli miktarda ekonomik zarara neden olmaktadır (Tuncer, 2013; Kılıç, 2014). Uzundumlu (2005)'in belirttiği gibi Türkiye'de yapılan çalışmalarda %2-10'luk bir ilaçlama masrafıyla %35-45'lik bir ürün kaybının önlenebileceği ve ilaçlama şekli ve zamanının doğru tercih edilmesiyle ilaçlamanın insan ve doğaya daha az zararlı şekilde etkide bulunacağı gözlemlenmiştir.

Türkiye'de fındık üretimi yapılan alanlarda 150 fındık zararlı türü tespit edilmiş olup, bunlardan 10-15 tür bölgelere ve yıllara bağlı olarak önemli zararlar yapmaktadır (Tuncer vd., 2002). Birçok çalışmada, Türkiye'de fındığın en önemli zararlısının Fındık kurdu (*Balaninus nucum* L.) (Coleoptera: *Curculionidae*) olduğu belirtilmektedir. Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalarda yazıcı böceklerden *Xyleborus dispar* (F.) ve *Lymantor coyli* Perris (Coleoptera: *Scolytidae*)'in de önemli zararlı grubunda yer aldığı görülmüştür (Ak vd., 2004).

Bu çalışma, Giresun ili Merkez, Bulancak, Espiye, Görele, Keşap ve Tirebolu ilçelerinde fındık üreticilerinin bitki koruma yönünden karşılaştıkları sorunları ve tarımsal ilaç kullanımını etkileyen faktörleri tespit etmek amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırmanın birincil verilerini bölgede pazara yönelik fındık üretimi yapan tarım işletmelerinden anket yoluyla toplanan veriler oluşturmuştur. Bunlara ilave olarak konu ile ilgili kamu ve özel kuruluşların kayıtlarından derlenen ikincil verilerden geniş ölçüde yararlanılmıştır. Ayrıca, Türkiye'de ve diğer ülkelerde konu ile ilgili olarak yapılan birçok

araştırma incelenerek bu çalışmada kaynak olarak kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Örnek büyüklüğünün belirlenmesinde uygulanan yöntem

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Giresun İl Müdürlüğü verilerinden elde edilen sonuçlara göre, Giresun ilinde fındık tarımının yoğun olarak yapıldığı Merkez, Bulancak, Espiye, Görele, Keşap ve Tirebolu ilçeleri ile bunlara bağlı köyler (Tablo 1) anket çalışması için seçilmiştir. Bu köylerdeki tarım işletmelerinde 2013 yılının Mart-Nisan-Mayıs aylarında çalışmalar yürütülmüştür.

Bu örnekleme kitlesinin belirlenmesinde kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir (Newbold, 1995; Şahin vd., 2008; Uzundumlu vd., 2011; Topcu, 2012).

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\sigma_{px}^2 + p(1-p)}$$

Burada;

n: Örnek hacmi,

N: Giresun ilinde fındık üretimi yapan işletme sayısı (74785),

P: Fındık yetiştiriciliği konusunda yeterli bilgi sahibi olan üreticilerin oranı (%50),

σ_{px}^2 : Varyansı (0.0026) ifade etmektedir.

Giresun ilinde 2012 yılı itibari ile fındık yetiştiriciliği yapan 74785 aktif işletme mevcut olup, bu işletmeler %90 güven aralığında örneklem eşitliğine dâhil edildiği zaman, örnek hacmi 96 işletme olarak hesaplanmıştır. Anketteki her türlü aksaklık nedeniyle anket sayısı %4 artırılarak 100 anketle çalışma yürütülmüştür. Tablo 1’de, 2012 yılında Giresun ilinde fındık üretimi yapan ilçelerdeki fındık işletme ve anket sayıları verilmiştir.

Tablo 1. Giresun ilinde fındık üretimi yapan ilçelerdeki fındık işletme ve anket sayıları

İlçeler	Köyler	İşletme sayıları	Anket Sayıları
1. Bulancak	-	10622	22
Merkez	İnce	436	7
Merkez	Küçükada	333	6
Aydındere	Aydınlı M.	287	5
Kovanlık	Elmalı	258	4
2. Giresun Merkez	-	9571	20
Merkez	Sayca	365	6
Merkez	Boztekke	362	6
Çaldağ	Osmaniye M.	303	4
Merkez	Darıköy	294	4
3. Tirebolu	-	8141	17
Merkez	Arslanlık	362	5
Merkez	İstiklal M.	299	4
Merkez	Çeğel	293	4
Merkez	Kuzgun	277	4
4. Görele	-	7690	16
Merkez	İnanca	269	4
Merkez	Derekuşçulu	252	4
Merkez	Tepeköy	240	4
Merkez	Terziali	215	4
5. Keşap	-	6362	13
Merkez	Düzköy	316	4
Karabulduk	Çamlıca	263	3
Merkez	Karabedir M.	256	3
Merkez	Küçükgeriş	252	3
6. Espiye	-	6193	12
Merkez	Kaşdibi	301	3
Merkez	Cibril Mah.	294	3
Merkez	Ericcek	289	3
Merkez	Hacımahmutlu	289	3

Kaynak: (Anonim, 2013).

2.2.2. Anket formlarının hazırlanmasında uygulanan yöntem

Ankete katılan üreticilere ekonomik ve demografik soruların yanı sıra, fındık üretimi ile ilgili sorular sorulmuştur.

2.2.3. Verilerin istatistiksel analizinde uygulanan yöntemler

Verilerin analizinde yani ilaç kullanımı etkileyen faktörlerin belirlenmesinde Tobit yöntemi kullanılmıştır.

Sınırlı bağımlı değişkenlerin ele alındığı modellere Tobit model adı verilmektedir (Tobin, 1958). Bu modeller aynı zamanda sansürlü veya kesikli regresyon modeli olarak adlandırılmaktadır (Amemiya, 1984; Gujarati, 2004).

Bağımlı değişkenin değişim aralığına ilişkin bir sınır bulunan regresyon modellerinde, eğer belirli bir aralığın dışındaki gözlemler tamamen kaybedilmekte ise elde edilen modele “kesikli model”; böyle bir modelde bağımsız değişkenler gözlenebiliyorsa “sansürlü model” olarak adlandırılmaktadır. Sansürlü regresyon modele Tobit model de denilmektedir (McDonald ve Moffitt, 1980).

3. Araştırma Bulguları

3.1. İncelenen Fındık Üreticisi İşletmelerinin Yapısal Özellikleri

Hane halkı reislerinden 30-45 yaş grubunda 22 kişi olup, bu gruptakilerin yaş ortalaması 38.77'dir. Çiftçilerin yıllık gelir durumu ortalama 29758 TL'dir. Eğitim düzeyi

bakımından bu yaş grubunda 2 kişi okula gitmemiş, fakat okuma-yazma biliyor, 6 kişi ilköğretim mezunu, 9 kişi lise mezunu, 5 kişi ise üniversite mezunudur. Bu 22 kişiden 18'i de tarım dışı mesleklerle uğraşmaktadır.

46-59 yaş grubunda 46 kişi olup, bu gruptakilerin yaş ortalaması 53.20'dir. Çiftçilerin yıllık gelir ortalaması 28869 TL'dir. Eğitim düzeyi bakımından bu yaş grubunda 7 kişi okula gitmemiş, fakat okuma-yazma biliyor, 20 kişi ilköğretim mezunu, 12 kişi lise mezunu, 7 kişi ise üniversite mezunu olup, bu 46 kişiden 35'i de tarım dışı mesleklerle uğraşmaktadır. Tarım dışı mesleklerle en çok uğraşan yaş grubu olup, bu meslekler; sağlık memuru, esnaf, inşaat işçisi, öğretmen, şoför, polis, emekli memur, işçi, ilaç ve gübre bayi, gardiyan ve muhtardır.

60-84 yaş grubunda 32 kişi olup, bu gruptakilerin yaş ortalaması 69.21'dir. Çiftçilerin yıllık gelir durumu 26073 TL'dir. Eğitim düzeyi bakımından bu yaş grubunda 2 kişi okuma yazma bilmiyor, 11 kişi okula gitmemiş, fakat okuma-yazma biliyor, 15 kişi ilköğretim, 3 kişi lise mezunu, 1 kişi ise üniversite mezunu olup, bu 32 kişiden 17'si de tarım dışı mesleklerle uğraşmaktadır (Tablo 2).

3.2. İncelenen İşletmelerde Fındıkta Kullanılan Kimyasal İlaçlar

İşletmelerde fındık kurdu ve fındık filiz güvesi zararlılarının çok yoğun olması ve bu zararlıların fındık meyvesinin oluşmasını engellediği düşüncesiyle bu türlere karşı kimyasal ilaç kullanımı oldukça yaygındır.

Tablo 2. Hane halkı reislerinin yaş, eğitim, gelir ve tarım dışı mesleği

Yaş Grupları	Yaş Ort.	Gelir Durumu (TL)	Eğitim Düzeyi (kişi)					Tarım Dışı Mesleği Olan (kişi)
			Oyd	Oy	İö	L.	Ö.Ls	
30-45	38.77	29758	0	2	6	9	5	18
46-59	53.20	28869	0	7	20	12	7	35
60-84	69.21	26073	2	11	15	3	1	17
Toplam veya Ortalama	55.15	28170	2	20	41	24	13	70

***Oyd:** Okur-yazar değil, **Oy:** Okur-yazar, **İö:** İlköğretim, **L:** Lise, **Ö.Ls:** Ön Lisans

Fındık kurdu ilaçlaması aynı zamanda fındık kokarcası zararlısına da etki etmektedir. Ancak, çıkış zamanlarında farklılık olduğundan fındık kokarcasına karşı da ayrı bir ilaçlama yapılması gerekmektedir. Hangi zararlıya hangi ilacın hangi miktarda kullanılacağı Tablo 3’de verilmiştir.

3.3. Fındıkta Kimyasal İlaç Kullanım Miktarını Etkileyen Faktörler

3.3.1. Tobit analizi

Üretim döneminde hanelerin fındık zararlılarına karşı ilaç kullanıp kullanmama durumu söz konusu olduğundan bu doğrusal regresyon modelleri probit modellere benzemektedir. Yani bağımlı değişken 0-1 değerlerini almaktadır. Bu regresyon modelleri içerisinde tobit modeli olarak bilinen yöntemden anlamlı sonuçlar elde edilmektedir. Tobit modelinde değişim aralığının herhangi bir şekilde sınırlandırıldığı regresyon modellerinde eğer belirli bir aralığın dışındaki gözlemler tamamen kaybediliyorsa kesikli model, ancak en azından bağımsız değişkenler gözlenebiliyorsa sansürlü model olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada kimyasal ilaç kullanım miktarı dikkate alındığı için sansürlü

tobit modelini kullanmak daha uygun olmaktadır. Eğer çalışmada kesikli tobit modeli kullanılmış olsaydı probit model ile aynı sonuçlar elde edilecekti.

Tablo 4’de Tobit modelinde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenlerin isimleri, ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri verilmiştir.

Tablo 5’de kimyasal ilaç kullanım miktarını etkileyen faktörler Tobit analizi ile değerlendirilmiştir. İlaç kullanım miktarı üzerine etkili olan değişkenlerden anlamlı olanlar 4 tane olup, sadece bu anlamlı olan değişkenler yorumlanmıştır. Aile reisinin yaşı arttıkça ilaç kullanım miktarı azalmaktadır. Genelde genç üreticiler ilaçlama konusunda biraz daha araştırmacı kişiliğe sahip olup, genç üreticilerde ilaç kullanım miktarı daha fazladır. Bu durum istatistiki açıdan %5’de bile önemlidir. İşletmelerde sırt pülverizatörü sayısı arttıkça daha fazla ilaç kullanılmaktadır. Bunun nedeni bu işletmelerde genelde fındık zararlılarına daha önce muzdarip oldukları için ellerinde bir veya daha fazla sırt pülverizatörü bulundurmakta ve bu aileler daha fazla ilaç kullanımını yapmaktadır.

Tablo 3. Fındık zararlıları için kimyasal mücadelede kullanılan ilaçlar ve debara dozları

Kullanılan ilaçların etkili madde isimleri	Kullanılan miktar (ml/da)	Zararlı türler
Alphacypermethrin 100 g/l	40-50	Fındık kurdu
Azadirachtin A 10 g/l	300	Kahverengi Koşnil
AzinphosMethyl 230 g/l	150	Fındık Virgül Biti
Carbaryl 85%	100	Fındık Kurdu + Fındık Kokarcası
Carbosülfan 480 g/l	100	Fındık Kurdu
Deltamethrin 20 g/l +Thiacloprid 150 g/l	40	Fındık Kurdu + Fındık Kokarcası
Diazinon 185 g/l	150	Fındık Filiz Güvesi
Esfenvalerate 200 g/l	100	Fındık Kurdu
LambdaCyhalothrin 50 g/l	10	Fındık Kurdu + Fındık Kokarcası
Malathion 190 g/l	150-200-300	Fındık Filiz Güvesi
Methidathion 426 g/l	100	Fındık Kurdu
Methiocarb 50%	100	Fındık Kurdu + Fındık Kokarcası
Omethoate 565 g/l	80-150	Fındık Kozalak Akarı + Kahverengi Koşnil
ParathionMethyl 360 g/l	100-150-200	Fındık Filiz Güvesi
Thiamethoxam 25%	15	Fındık Filiz Güvesi
Triflumuron 25%	15	Fındık Filiz Güvesi

Tablo 4. Tobit modelinde kullanılan değişkenlerin isim ve deskriptif istatistikleri

Değişkenler ve Açıklamaları	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
İLMİK (Kullanılan İlaç Miktarı (ml/da))	123.55	108.64	0.00	400.00
YAŞ (Aile Reisinin Yaşı)	55.15	12.31	30.00	84.00
EGİTİM (Aile Reisinin Eğitim Düzeyi (3: Orta Okul, 4: Lise, 5: Üniversite))	3.26	0.99	1.00	5.00
GELİR (Ortalama Fındık Geliri (TL/yıl))	27822.30	9902.63	2200.00	60000.00
DESTEK (Alınan Tarımsal Destekleme (TL/yıl))	2834.65	1777.00	0.00	9500.00
ZİRODA (Ziraat Odasına Üye Olma:1, Olmama:0)	0.90	0.30	0.00	1.00
KOOP (Tarım Kredi Kooperatifine Üye Olma:1, Olmama:0)	0.19	0.39	0.00	1.00
PULVER (Sırt Pülverizatörü Sayısı (adet))	0.84	0.42	0.00	2.00
URETİM (Elde Edilen Fındık (ton))	2692.50	1559.47	200.00	6600.00
ÇİFTGÜBRE (Atılan Çiftlik Gübresi (kg/ocak))	15.72	13.33	0.00	70.00
KİSGÜBRE (Atılan Kışık Gübre (kg/ocak))	0.64	0.39	0.00	1.50
FINKURDU (Fındık Kurdu Sorunu) Var:1, Yok:0	0.61	0.49	0.00	1.00
MAKİNE (Arazi Yapısı Nedeniyle Makine Kullanımı Sınırlı)	0.00	1.00	-5.30	1.86

Tablo 5. Tobit analizi sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	Z-Değeri
Sabit Sayı	-103.77	0.33
YAS	-2.15**	0.04
EGİTİM	25.91	0.12
GELİR	-0.001	0.37
DESTEK	0.01	0.22
ZİRODA	28.62	0.56
KOOP	-0.96	0.97
PULVER	100.11***	0.01
URETİM	-0.002	0.89
ÇİFTGÜBRE	1.04	0.26
KİSGÜBRE	48.31	0.12
FINKURDU	129.03***	0.00
MAKİNE	-21.60*	0.07
Sigma	105.02***	0.00
Loglikelihoodfunction	-474.65	
LM test [df] fortobit	26.91[13]	
Normality Test, LM	51.03[2]	
ANOVA based fit measure	0.21	
DECOMP based fit measure	0.22	

* %10 ihtimal düzeyinde önemli

** %5 İhtimal düzeyinde önemli

*** %1 ihtimal düzeyinde önemli

Bu durum istatistiki açıdan %1'de bile önemlidir. İşletmelerde fındık kurdu sorunu ortaya çıktığında daha fazla ilaç kullanılmaktadır. Bu durum istatistiki açıdan %1'de bile önemlidir. Son olarak arazi yapısı nedeniyle makine kullanımının sınırlı olduğu işletmelerde daha fazla ilaç kullanılmaktadır. Bu durum istatistiki açıdan %10'da önemlidir. Aile reisinin eğitimi ve alınan tarımsal destek arttıkça, ziraat odasına üye olanlar olmayanlara göre, atılan çiftlik ve kışık gübre miktarı arttıkça kullanılan ilaç miktarı artmaktadır. Birim fındık geliri ve elde edilen fındık miktarı arttıkça ve Tarım Kredi Kooperatifine üye olma durumuna göre ilaç kullanımı azalmaktadır. Ancak bu durumlar istatistiki açıdan %10'da bile önemli değildir.

Kimyasal ilaç kullanım miktarını etkileyen faktörlerin Tobit analizi ile marjinal etkileri Tablo 6'da değerlendirilmiştir.

Kimyasal ilaç kullanım miktarı üzerine etkili olan değişkenlerden anlamlı olanlar 4 tane olup, sadece bu anlamlı olan değişkenler yorumlanmıştır. Aile reisinin yaşı bir yaş arttığında ilaç kullanım miktarı 1.77 ml'e

azalmaktadır. İşletmelerde sırt pülverizatörü sayısı bir adet arttıkça ilaç kullanım miktarı 82.58 ml artmaktadır. İşletmelerde fındık kurdu görülen işletmeler görülmeyenlere göre 39.85 ml daha fazla ilaç kullanılmaktadır. Arazinin eğimi bir birim arttığında 17.81 ml daha az ilaç kullanılmaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Giresun ili Merkez, Bulancak, Espiye, Görele, Keşap ve Tirebolu ilçeleri fındık üretiminde önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmanın amacı, adı geçen ilçelerde fındık üreticilerinin bitki koruma yönünden karşılaştıkları sorunlar ile tarımsal ilaç kullanım durumunu belirlemektir.

Araştırma alanını temsil edebilecek biçimde seçilen merkez ve 5 ilçede toplam fındık üretimi yapan 100 işletme basit tesadüfi örnekleme yöntemi ile belirlenmiş olup anket formları doldurulmuştur.

Giresun ve ilçelerinde fındık bölgenin önemli bir ürünü olup geniş üretim alanlarına sahiptir. Arazi şartları ve konumu gereği tek tip ürün yetiştiriciliği bulunmaktadır.

Tablo 6. Marjinal etki sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	Z-Değeri
YAS	-1.77**	0.04
EGİTİM	21.37	0.12
GELİR	-0.001	0.37
DESTEK	0.01	0.22
ZİRODA	23.62	0.56
KOOP	-0.79	0.97
PULVER	82.58***	0.01
URETİM	-0.002	0.89
CİFTGÜBRE	0.86	0.26
KİSGÜBRE	39.85	0.12
FINKURDU	106.44***	0.00
MAKİNE	-17.81*	0.07
Marjinal etkiler için ölçek faktörü		0.82
Örnek noktasında koşullu ortalama		108.02

* %10 ihtimal düzeyinde önemli

** %5 İhtimal düzeyinde önemli

*** %1 ihtimal düzeyinde önemli

Çalışmada anket yapılan işletmelerde hane halkı reislerinden 30-45 yaş grubunda 22, 46-59 yaş grubunda 46 ve 60-84 yaş grubunda 32 kişi yer almaktadır. Bu gruptaki çiftçilerin sırasıyla yıllık gelir durumu ortalaması 29758 TL, 28869 TL, 26073 TL'dir.

Eğitim düzeyi bakımından bu yaş gruplarında toplam 2 kişi okuma yazma bilmiyor, 20 kişi okula gitmemiş fakat okuma-yazma biliyor, 41 kişi ilköğretim, 24 kişi lise, 13 kişi ise üniversite mezunudur. 70 kişi tarım dışı meslekle uğraşmaktadır. Bu meslekler sağlık memuru, esnaf, inşaat işçisi, öğretmen, şoför, polis, emekli memur, işçi, zirai ilaç ve gübre bayi, gardiyan ve muhtardır. Anketler en çok 46-59 yaş grubunda olan kişilerle yapılmıştır.

Üreticilerin yoğun olarak ilaçlama yaptığı zararlıların başında gelen Fındık kurduna karşı; Alphacypermethrin 100 g/l, Carbaryl 85%, Deltamethrin 20 g/l + Thiacloprid 150 g/l, Esfenvalerate 200 g/l, LampdaCyhalothrin 50 g/l, Methiocarb 50 % etken maddeli ilaçları kullanmaktadırlar, Fındık Filiz Güvesine karşı ise; Diazinon 185 g/l, Malathion 190 g/l, ParathionMethyl 360 g/l, Thiamethoxam 25% ve Triflumuron 25% adlı etken maddelere sahip ilaçları kullanmaktadırlar. Fındıkta ilaç kullanımı üzerine demografik faktör olarak yaş pozitif olarak etkilidir. Ayrıca ilaç pülverizatörü fazla olan işletmelerde ilaç kullanımı daha fazladır. Fındık kurdu görülen işletmeler daha fazla ilaç kullanmaktadır. İlaçlamada dekara ortalama 123 ml ilaç kullanılmakta ve en fazla ilaç kullanımı fındık kurdu için yapılmaktadır. Genelde fındık kurdu için 100 ml ilaç kullanılmakta buda gösteriyor ki işletmelerde fındık kurdu dışında da ilaçlama yapılmaktadır. Ayrıca arazisi eğimli olan işletmelerde daha az ilaç kullanıldığı tespit edilmiştir. Yani arazi eğimi arttıkça ilaç kullanımı azalmaktadır.

Yapılan araştırma sonucunda, üreticilerin desteklemeler konusunda yeterli bilgiye sahip olmaması, fındık ürününü düşük fiyata satmaları, arazisinde kısıtlı makine kullanımı, iş gücü maliyetinin fazla olması, teknik bilgi eksikliği ve ürün sigortası yaptırmaması gibi sorunlarla karşılaştıkları ortaya konmuştur.

Bu sorunların ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından yeteri kadar ziyaret edilmemesinden, arazi eğiminin fazla olmasından, kalifiye eleman bulamamasından, fındığı alacak resmi bir kurumun yetersizliğinden, üreticilerin köy olarak bütünlük sağlayamamasından ve iklim koşullarından kaynaklandığı saptanmıştır. Bu sorunların çözümü için fındık üreticilerinin ilgili kurum ve kuruluşlarca en az ayda bir kez ziyaret edilerek işletmelerin sorunları dinlenmeli ayrıca üniversitelerden ve diğer ilgili kurumlardaki uzmanlardan destek alınarak fındık üreticilerine yardım etmeleri sağlanmalıdır. Arazi eğimi ve iklimden kaynaklanan sorunların çözümünde işletmelerin ürün sigortası yapması için teşvikler verilmesi gerekmektedir. Köy olarak fındık üreticilerinin hem sorunlarında hem de girdi temininde bir araya gelerek hem fiyat indirimi hem de sorunları çözüme güç birliğini sağlaması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Ak, K., Uysal, M. ve Tuncer, C., 2004, Giresun, Ordu ve Samsun İllerinde Fındık Bahçelerinde Zarar Yapan Yazıcıböcek (Coleoptera: Scolytidae) Türleri ve Bulunuş Oranları. Türkiye I. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 8-10 Eylül, Samsun.
- Amemiya, T., 1984, Tobit Models: A Survey, Journal of Econometrics 24, Jan./Feb.
- Anonim, 2013, Giresun İl ve İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü Kayıtları. (Erişim Tarihi: 05.02.2013).
- Anonim, 2016a, <http://en.wikipedia.org/wiki/Hazelnut>. Erişim Tarihi: 03.06.2016.
- Anonim, 2016b, <http://www.ftg.org.tr/en/turkish-hazelnut-turkeys-hazelnut.html>. Erişim Tarihi: 03.01.2015.
- Anonim, 2016c, TÜİK, Fındık Üretimi, <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Erişim Tarihi: 03.01.2015.

- Doğanay, S., 2005, Trabzon İlinde Fındık Tarımı. Doğu Coğrafya Dergisi. Erişim Tarihi: 03.05.2016.
- Gujarati, D. N., 2004, Basic Econometrics, 4. Edition, The Mcgraw–Hill Companies. S. 504. 2004.
- Kılıç, B., 2014, Giresun İli Merkez, Bulancak, Espiye, Görele, Keşap ve Tirebolu İlçelerinde Fındık Üreticilerinin Bitki Koruma Yönünden Karşılaştıkları Sorunlar ile Tarımsal İlaç Kullanım Durumunu Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kilic, O. ve Alkan, I., 2006, The Developments in the World Hazelnut Production and Export, the Role of Turkey. Journal of Applied Sciences, 6(7): 1612-1616.
- McDonald, J, F. ve Moffitt, R, A., 1980, The Uses of Tobit Analysis, The Review of Economics and Statistics 62: 318-321.
- Newbold, P., 1995, Statistics for Business and Economics. Prentice Hall Inc., USA. Pages 1016.
- Secer, A., 2008, An Investigation on Turkish Hazelnut Export Concentration. Journal of Applied Sciences Research, 4(11): 1557-1560.
- şahin, A., Cankurt, M., Gnden, C. ve Miran, B., 2008, Çiftçilerin Risk Davranışları: Bir Yapısal Eşitlik Modeli Uygulaması. Dokuz Eyll Univ., İ.İ.B.F. Dergisi, 23(2): 153-172.
- Tobin, J., 1958, Estimation of Relationshipsfor Limited Dependent Variables, Econometrica, 26: 24-36.
- Topcu, Y., 2012, Uygulamalı Tarımsal Pazarlama Araştırma Teknikleri Ders Notları (Basılmamış). Atatürk Univ. Ziraat Fak., Tarım Ekonomisi Bl., Erzurum.
- Tuncer, C., 2013, Fındık Zararlıları Web Sitesi. Hazelnut Pests Homepage. <http://www.findikci.net>. (Erişim tarihi: 24.04.2014).
- Tuncer, C., Saruhan, İ. ve Akça, İ., 2002, Karadeniz Bölgesi Fındık Üretim Alanlarındaki nemli Zararlılar. Eko-Kalite. Samsun Ticaret Borsası Yayın Organı, 2(2): 43-54.
- Uzundumlu, A.S., 2005, Erzurum İli Pasinler İlçesinde Patates Üretim Maliyeti ve Tarımsal İlaç Kullanımının Maliyetler Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Uzundumlu, A.S., 2011, Erzurum İlinde İşlenmiş ve İşlenmemiş İçme Sütü Tüketim Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Modellenmiş Kavram Latisleriyle Bilgisayarlı Anlam Çözümleme Çalışması

Yelda FIRAT*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Geliş tarihi/Received 13.08.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 01.12.2016

Kabul tarihi/Accepted 22.12.2016

Öz

Son yıllarda özellikle bilişsel dilbilimi üzerine yapılan çalışmalar, insan zihninin yapısını anlamaya yöneliktir. İnsan zihni, beynin üst düzey süreçlerini (düşünme, algılama, vs.) kapsayan bir yapıya sahiptir. Dil ise, bu zihinsel işlevlerin şekillenmesinde ve yorumlanmasında temel bir rol oynayarak anlam ile biçim arasında bir köprü görevini görür. Dilin özellikle anlamsal çözümlenmesi gerçekliğin bir modelini kullanmayı gerektirir. İnsan zihni tarafından yaratılan en genel model ontolojilerdir. Ontolojiler doğaları gereği büyük olmalarından dolayı, hata ve eksiklikler barındırma potansiyeli taşırlar. Bu da ontolojilerin, bilgisayar ortamında biçimsel bir dil kullanarak oluşturulmalarını gerektirir. Böylece tematik rol latisleriyle gerçeklik modelleri yaratma yoluna gidilir. Ayrıca, bu gerçeklik modellerinin bilgisayarlı gerçekleştirimi, Türkçe'nin anlamsal çözümlenmesine de katkı sağlar.

Anahtar kelimeler: Biçimsel ontoloji, Kavram latisleri, Tematik roller

The Computered Semantic Analysis Study Through Modelled Concept Lattices

Abstract

In recent years, the studies which have been implemented, particularly on cognitive linguistics aim at understanding the structure of the human mind. The human mind has a structure that covers the high-level processes of the brain (thinking, perception, etc.). Whereas, by playing a key role in the formation and interpretation of these mental functions, language acts as a bridge between formation and meaning. The semantic analysis of language especially requires using a model of reality. The most general models created by the human mind are ontologies. Ontologies, due to their large sizes in nature, they contain the potential of errors and omissions. This requires that ontologies should be created in computer environment using a formal language. Thus, it is resorted to the way of creating reality models with thematic role lattices. On the other hand, the computerized implementation of these reality models contributes to the semantic analysis of Turkish.

Keywords: Formal ontology, Concept lattices, Thematic roles

* Yelda FIRAT, yfirat@comu.edu.tr, Tel: (0286) 218 00 18

1. Giriş

İnsan zihni, beynin üst düzey süreçlerini (düşünme, algılama, vs.) kapsayan bir yapıya sahiptir. Dil ise, insan zihninin bu karmaşık yapısı içinde birincil öneme sahip bir olgudur. Zihinsel işlevlerin şekillenmesinde ve yorumlanmasında temel bir rol oynayan dil, anlam ile biçim arasında bir köprüdür (Eijk, 2010; Jones, 2007).

Bu anlamda son yıllarda yapılan gerek doğal dil işleme gerekse hesaplamalı dilbilmi çalışmaları, insan zihninin biçimsel yapısını ve içeriğini anlamaya yöneliktir. İnsan zihni tarafından yaratılan en genel model ontolojilerdir. Böylece ontolojilerle dil arasında bir ilişkinin kurulması gerekir. Bu da dilin insan zihnindeki anlam üretme süreçlerini matematiksel olarak gerçekleştirmeyi gerektirir (Chomsky,1957).

Bu çalışmanın amacı; dilin anlamsal çözümlenmesini, tematik rol latisleriyle matematiksel olarak göstermektir.

Bu matematiksel yapının oluşturulmasında ontoloji tabanlı gerçeklik modellerinin kullanılması ise bir gerekliliktir. Anlamsal gösterimler için ontolojiler basit alt yapılardır (Masolo vd., 2002).

Bu basit yapılar doğaları gereği büyük olmaları nedeniyle, insan emeği ile oluşturulmalarında hata ve eksiklikler barındırırlar. Ayrıca, bu şekilde oluşturulmuş olan bir ontolojinin uygulama alanlarında kullanımları da güç olur (Fırat vd., 2013).

Dolayısıyla, ontolojilere dayalı olarak oluşturulan gerçeklik modelleri bilgisayar ortamında biçimsel olarak hazırlanmalıdır. Hazırlanan bu modeller özellikle bilgisayarlı dilbilim uygulamalarında makine çevirisi sistemleri için bir model görevi görerek oluşabilecek zorlukları da ortadan kaldırır (Curran vd., 2007).

Bu amaçla yapılan çalışmalardan özellikle SUMO (Suggested Upper Merged Ontology) ontolojisinin, İngilizce için hazırlanmış WorNet sözlüksel kaynakla ilişkisi yapılarak

dil ile bağlantısının sağlandığı görülür. İsim, fiil ve sıfat kökenli sözcükler için eş anlam kümeleri (synonym set-synset) ve bunlar arasındaki bazı anlamsal ilişkileri gösteren WordNet, kavramların zengin anlamsal detaylarını ve biçimsel tanımlarını içermez. SUMO ile ilişkisinde ise sadece isim kümeleri için eşleştirmesi mevcuttur (Miller vd., 1990; Niles ve Pease, 2003).

Bu nedenle anlam ile biçim arasında uyumu sağlamada tematik rollerin kullanılması bir gereklilik haline gelir. Bu rollerin fraktal latislerde kullanılmasıyla da kavramların yer aldığı sözlük kaynakları da biçimlendirilerek, matematiksel yapılarının oluşturulmaları sağlanır. Ayrıca bilgisayar ortamında oluşturulan bu yapı ile bir eyleme ait olan sözcüklerin ya da kavramların bilgi tabanı da yaratılır.

Özellikle elektronik ortamdaki çeviri sistemleri için bir sözlük kaynağı gibi kullanılan bu bilgi tabanı, Türkçe'nin anlamsal çözümlenmesine de katkı sağlar (Kılıçaslan vd., 2012).

Anlamsal çözümlenmeye yönelik bu çalışmada, Türkçe bir derleme ihtiyaç duyulur. Bugüne kadar Türkçe olarak hazırlanmış ve çeşitli çalışmalarda kullanılan birçok derlem mevcuttur. Bunlardan en önemlisi METU Türkçe derlemidir. Bu derlem her ne kadar çoğu çalışma için yeterli olsa da bazı fiilleri hiç içermemekte veya çok az sayıda içermektedir. Ayrıca bu derleme ait işaretlemeler biçimbirimsel/sözdizimsel değildir. Halbuki Türkçe'nin eklemeli bir dil olduğu göz önünde bulundurulduğunda yapılan bu çalışma için kullanılan derlemde işaretlemeler biçimbirimsel, sözdizimsel ve anlamsal olarak gerçekleştirilir.

Bu bağlamda; çalışmanın ikinci bölümünde tematik rol ve biçimsel ontoloji tanımlarına, üçüncü bölümde biçimsel ontoloji tabanlı tematik rol latisleriyle oluşturulmuş gerçeklik modellerine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise, derlem tabanlı işaretleme yöntemi ile tematik rol latisleriyle oluşturulmuş bir gerçeklik modelinin bilgisayarlı gerçekleştirimi gösterilmiştir. Bu

bilgisayarlı gerçekleştirmede Türkçe'nin anlamsal çözümlenmesi hedeflenmiştir. Beşinci bölümde ise nihai sonuçlar anlatılmıştır.

2. İlgili Alanyazın

2.1. Tematik Roller

Yapılan dilbilim çalışmalarında, *tematik rol* terimi bir ad öbeğinin tümcenin eylemi ile girdiği anlamsal ilişkisi olarak ifade edilir (Fırat vd., 2013).

Bir başka ifadeyle dilin söz dizimi ile anlamı arasında bir ara-yüz dr.

Aşağıda bu çalışmada kullanılan belli başlı geleneksel tematik rollerin bir listesi yer almaktadır. Verilen tümcelerde vurgulanan ad öbekleri, tanımlanan tematik rolü taşımaktadır (Fırat vd., 2013; Jackendoff, 1972):

TEMA (THEME)– Hareket eden veya bir yerde olan

(1) **Aslı** hastanede.

ETKİLEYEN (AGENT) – Bir eylemi başlatan, yapan

(2) **Aslı** topu fırlattı.

ETKİLENEN (PATIENT) – Bir eylemden etkilenen

(3) **Aslı topu** fırlattı.

KAYNAK (SOURCE) – Hareketin ıkış noktası

(4) **Aslı Çanakkale'den** İzmir'e hareket etti.

HEDEF (GOAL) – Hareketin yöneldiği Őey

(5) **Aslı Çanakkale'den İzmir'e** hareket etti.

KONUM (LOCATION) – Bir Őeyin bulunduğu yer

(6) **Kedi avluda**.

YOL (PATH) – Bir varlığın hareket ettiği yol

(7) **Aslı okulda koridordan** geçerek müdür odasından sınıfa doğru yürüdü.

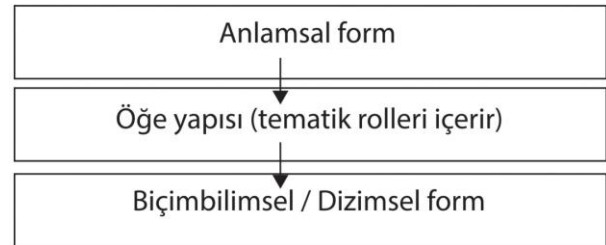
DENEYİMLEYEN (EXPERIENCER) – Bir olayı hisseden, algılayan veya fark eden

(8) **Kedi** fareyi gördü.

ARAÇ (INSTRUMENT) – Bir eylemi gerçekleştirmek için kullanılan

(9) **Aslı eti satırla** parçalara ayırdı.

1970'li yıllardan beri tümce ge yapılarındaki değişimlerden dolayı tematik roller üzerindeki görüşlerde de değişiklikler olmaktadır. Tmcelerin ögelerini birbirinden ayırmaya yarayan dizimsel kategoriler ile gelişen ge yapıları, dilbilgisinde tematik rolleri de barındıran bir konumu ifade eder. Şekil 1'de tematik rollerin konumları açık bir Şekilde verilmiştir.



Şekil 1. Dilbilgisi teorilerinde ge yapısının rolü

2.2. Biçimsel Ontoloji

Genel anlamda, matematiksel olarak dilin anlamsal çözümlenmesini gerçekleştiren gerçeklik modellerine biçimsel ontoloji denir.

Ontolojiler, kavramların tanımlarını ve bir domain içinde bunların birbirleriyle ilişkilerini ifade eder. Doğaları gereği büyüktürler. İnsan eli ile oluşturulmalarında hatalar barındırırlar. Bu nedenle bilgisayar ortamında hazırlanmalıdırlar. Bu da onların biçimsel olmasını gerektirir. Böylece Biçimsel Kavram Analizi Kuramı ile bir matematiksel model yaratma yoluna gidilir (Gruber, 1993).

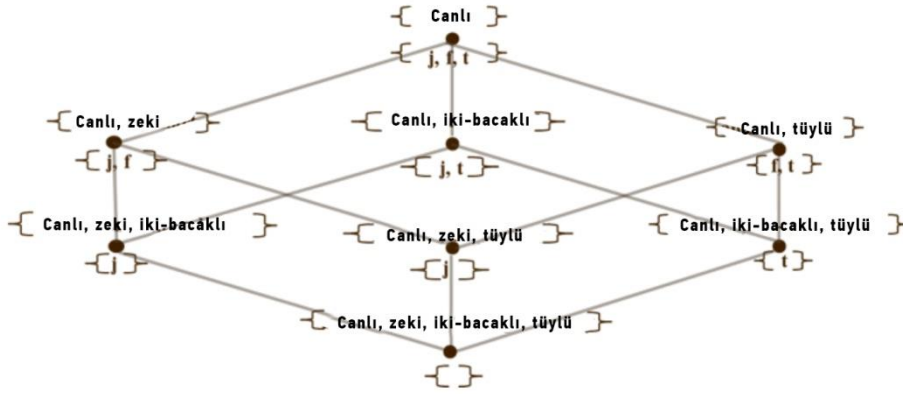
Biçimsel Kavram Analizi, veri kümeleri arasında kavramsal yapıları tanımlayan bir veri analizi kuramıdır. Kavramların matematiksel teorisidir. Bir başka deyişle bir kavram hiyerarşisidir. Biçimsel bağlamda verilen bir kavram özelliklerden ve bu özellikleri taşıyan nesnelere oluşur.

Bu nesnelere ve özellikler bütün ontoloji tiplerinde ortak olarak paylaşılan özel koşullardır (Benes ve Snasel, 2002; Ganter ve Wille, 1999).

Bu hiyerarşide bütün kavramlar alt kavram-üst kavram ilişkisi ile sıralanır. Bu yolla sıralanan küme, kavram latisi olarak isimlendirilir. Bu kavram latisi bir diyagram şeklinde gösterilir. Özellikle dili oluşturan öğeler veya kavramlar bu diyagramda bir

düğümü temsil edecek şekilde üst kavramdan alt kavrama çizgiler şeklinde birleştirilmiş olarak yerlerini alır.

Bu çalışmada geliştirilen örnek kavram latisinde ise nesnelere; *Jale (j)*, *Fino (f)* ve *Tivity (t)* özellikler ise; *canlı*, *zeki*, *iki-bacıklı* ve *tüylü* olarak ifade edilirler. Şekil 2’de grafiksel gösterimi verilmiştir (Fırat vd., 2014).



Şekil 2. Örnek kavram latisi

Dilbilimcilerin de ifade ettikleri gibi ontolojiler ve dil arasındaki ilişki son yıllarda doğal dil işlemenin önemli konularından biridir. Böylece söylemi oluşturan öğeler tarafından kullanılan ontolojiler ifadelerin kavramsal içeriklerinin önemli kaynaklarıdır. Özellikle tematik rollerle birlikte biçimlendirilmiş bu yapılar anlamsal teknolojilerde sözlükle beraber bir model gibi kullanılırlar. Bu bağlamda karşımıza tematik ilişkiler kavramı çıkar. Tematik ilişkiler, dilin öğelerinin biçimbirimsel ve dizimsel pozisyonları tarafından kodlanarak elde edilen dilbilgisel ilişkilerinin anlamsal bağıdır. Anlamsal yapılar bağlamında bu ilişkinin içerik kısmı Jackendoff tarafından geliştirilmeye başlanmıştır (1993).

Jackendoff’un teorisinde anlam, birbirinden bağımsız fakat birbiri ile etkileşim halinde olan katmanlar içinde organize edilir. Her bir katman farklı özellikleri ile anlama veya

kavramsallaşmaya katkı sağlar (Jackendoff, 1993).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda tematik roller, doğrusal bir hiyerarşiyle gösterildiğinden oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle matematikleştirilmiş bir yapının doğal dile entegre edilmesi gerekir. Bu da, tematik rollerin kullanıldığı kavram latisleri ile gerçekleşir.

3. Tematik Rol Latisleri

Bu bölümün amacı latislerde gösterilen tematik rollerin, dilin anlamsal çözümlenmesine nasıl katkı sağlayabileceğini göstermektir. Örneğin;

(10) Öğretmen öğrenciye bir kitap verdi.
tümcesinde görüldüğü gibi, *öğretmen* ETKİLEYEN, *bir kitap* TEMA, *öğrenciye* ise hem ETKİLENEN hem de HEDEF tematik rollerini alır. Aslında bir sözcüğün tümce içinde tek bir rol alması gerektiği

düşünülürse, yapısal latislerle bu anlam belirsizlikleri çözüme kavuşur.

3.1. Latislerde Tematik Alanlar

Biçimsel Kavram Analizini kullanmak sureti ile elde edilen yapısal latisler, verileri hiyerarşik bir organizasyon içinde modellenmesine imkan verir. Bu hiyerarşik organizasyon, iki temel katman üzerinde oluşturulur (tematik katman ve eylem katmanı). Tematik roller ise bu katmanların temel taşlarını meydana getirir (Gildea ve Jurafsky, 2002).

Gestalt psikolojisi de dikkate alındığında anlam, FİGÜR ve YER ikilisi içinde oluşur. Buradaki FİGÜR terimi, bu çalışmada TEMA rolü olarak ele alınarak tüm bu roller üzerinden çalışan rol olarak görev yapar. Dolayısıyla merkezi rol olarak çalışır. Bu anlamda TEMA rolü eylem katmanında da gösterilebilir. (AKTÖR ve ETKİLENEN, TEMA rolünü üstlenebilir) Bununla birlikte DENEYİMLEYEN ve ALGI rolleri de aynı figüral ve konumsal roller gibi ele alınabilir. Bu rollere psikolojik roller de denilir. Bu rollerin işaretlenmesi şu şekilde örneklendirilir:

(11) Hizmetçi DENEYİMLEYEN bir fare ALGILANAN gördü.

(12) Hizmetçi ETKİLEYEN doğradı.

(12) nolu tümcede *hizmetçi* AKTÖR rolünü üstlenirken istemli olarak bir işin yapılması söz konusu olduğundan (DENEYİMLEYEN rolü de geçerli olacağından) AKTÖR ETKİLEYEN rolüne dönüşür.

(13) O DENEYİMLEYEN hizmetçiyi AKTÖR bıçakla ARAÇ soğanı ETKİLENEN doğrarken gördü. tümcesinin öznesi DENEYİMLEYEN rolünü alırken, *hizmetçi* AKTÖR, *soğan* ETKİLENEN, *bıçak* ise ARAÇ rolünü alır.

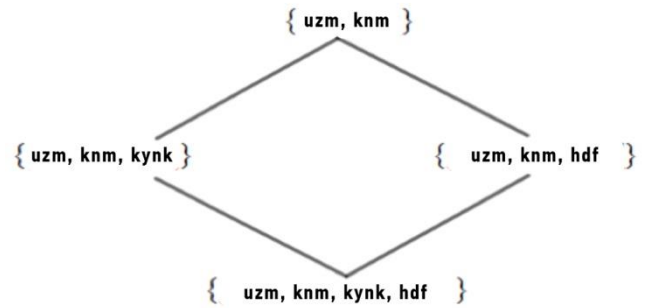
Özetlemek gerekirse yapılan bu çalışmada tematik roller üç alt gruba ayrılır:

{{KONUM, KAYNAK, HEDEF, YOL},
{TEMA, AKTÖR, ETKİLENEN, ARAÇ},
{DENEYİMLEYEN}}

Buradan da anlaşılacağı üzere, gruplandırma konumsal roller, figüral roller ve psikolojik roller diye gerçekleşir.

Konumsal Alana Ait Tematik Roller: Gruber'in (1993) Konumsal Ayrıştırma Teori'sinden türetilen prensiple konumsal tematik roller ayrıştırılarak daha da genelleştirilebilir. Böylece yapısal latislere aktarılabilir. Buna göre, bütün konumsal roller uzamsal konum ile ilişkilidir. Her bir konumsal rol uzamsallık içeren grup içinde ayrıştırılmalıdır.

KONUM = {UZAMSAL, KONUM}
KAYNAK = {UZAMSAL, KONUM, KAYNAK}
HEDEF = {UZAMSAL, KONUM, HEDEF}
YOL = {UZAMSAL, KONUM, KAYNAK, HEDEF} olur. Matematiksel gösterim için uzamsal konumlanma alanı (tematik katman) şöyle ifade edilir: {{UZAMSAL, KONUM}, {UZAMSAL, KONUM, KAYNAK}, {UZAMSAL, KONUM, HEDEF}, {UZAMSAL, KONUM, KAYNAK, HEDEF}} Şekil 3'deki uzamsal konum latisinde roller; *uzamsal (uzm)*, *konum (knm)*, *kaynak (kynk)*, *hedef (hdf)* dir.

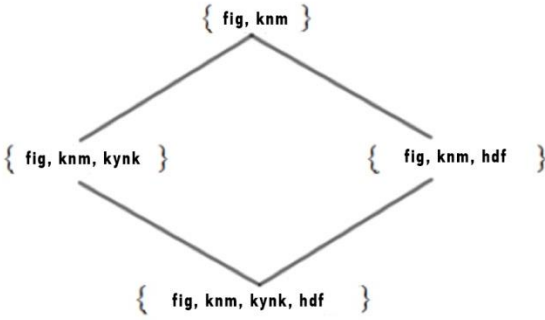


Şekil 3. Uzamsal konum latisi

Figüral Alana Ait Tematik Roller: Eylem katmanına ait figüral roller ise herhangi bir yere konumlanan yani biçimsel (figüral) rollerdir. Dolayısıyla bu katmanı tanımlayabilmek için birincil giriş *figüral* olmalıdır. Bu alanın tüm rolleri *figüral* girişe göre ayrıştırılmalıdır.

TEMA = {FİGÜRAL, KONUM}
ETKİLEYEN = {FİGÜRAL, KONUM, KAYNAK}
ETKİLENEN = {FİGÜRAL, KONUM, HEDEF}

ARAÇ = {FİGÜRAL, KONUM, KAYNAK, HEDEF} Şekil 4'de de görüldüğü gibi konumsal rollerle figüral roller arasında bir paralellik kurulmuştur.



Şekil 4. Figüral konum latisi

Psikolojik Alana Ait Tematik Roller: Son olarak psikolojik alana ait roller için, Gruber'in yaptığı soyut geçişin bilgisel teması tanımına benzer bir rol tanımlanması yapılır (Gruber, 1965).

Aşağıdaki tümcede de bu açık olarak görülür. (14) Can dünyanın düz olduğunu Bekir'den öğrendi.

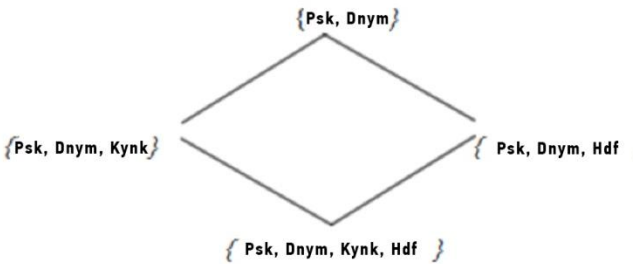
(14) nolu tümcede *dünyanın düz oluşu* bilgisinin KAYNAK'tan (Bekir'den) HEDEF'e (Can'a) doğru geçişi vardır. Bir başka deyişle izah edilmek istenen, bilginin soyut bir yol üzerinden bir zihinden başka bir zihne geçiştir. Dolayısıyla;

KONUM = {PSİKOLOJİK, DENEYİMLEYEN}

KAYNAK = {PSİKOLOJİK, DENEYİMLEYEN, KAYNAK}

HEDEF = {PSİKOLOJİK, DENEYİMLEYEN, HEDEF}

YOL = {PSİKOLOJİK, DENEYİMLEYEN, KAYNAK, HEDEF} olur. Psikolojik alanın hiyerarşik organizasyonu Şekil 5'deki gibidir.



Şekil 5. Psikolojik alanın hiyerarşik organizasyon latisi

Şekil 5'deki psikolojik roller, *psikolojik (psk)*, *deneyimleyen (dny)* şeklinde ifade edilir. Ayrıca her konumsal rolün psikolojik rol içeren grup içinde ayrıştığı görülür.

3.2. Kavram Latislerinde Tematik Rol Yapıları

Yukarıda anlatılan bilgilerden yola çıkılarak tematik rollerin kullanıldığı gelişmiş kavram latisleri oluşturulabilir. Öncelikli olarak tematik katmanın matematiksel yapısının oluşumu ele alındığında;

(15) Çocuk evde koridordan geçerek oturma odasından mutfığa doğru yürüdü.

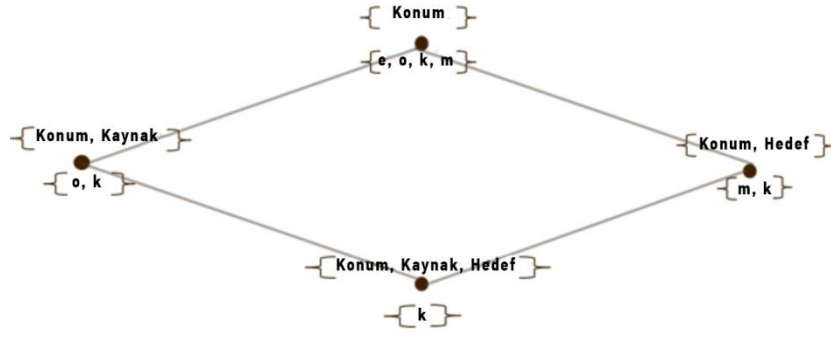
eyleminde *ev, oturma odası, mutfak, koridor* sırasıyla KONUM, KAYNAK, HEDEF ve YOL tematik rollerini aldığı görülür. Bununla beraber *oturma odası, koridor* ve *mutfak* çocuğun eylemin farklı zamanlarında bulunduğu yer olarak KONUM tematik rolünü üstlenen öğelerdir. Ayrıca *koridor*, eylemin başlangıç noktasında çocuğun hareket ettiği yer olarak düşünüldüğünde HEDEF tematik rolünü alır. Olayın sonuçlanmasında ise KAYNAK tematik rolünü üstlenir. Aynı zamanda bu tümcenin öznesi *çocuk* TEMA rolünü alır. Tematik katmana ait bu roller Şekil 6'daki kavram latisinde görülebilir. Şekil 6'daki bu diyagramda *ev, oturma odası, mutfak* ve *koridor* sırasıyla *e, o, m, k* harfleri ile sembolize edilmiştir.

Bazı durumlarda tümcenin öğeleri hem eylem katmanına ait rolleri alırken, hem de konumla ilgili rollere sahip olabilir. Anlam belirsizliğine neden olan bu durum (16) nolu örnek tümcede rahatlıkla görülebilir.

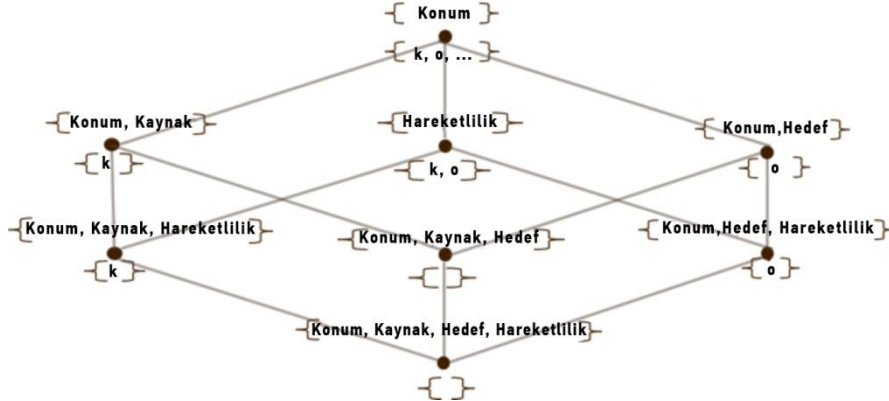
(16) Kız oğlana top ile vurdu.

tümcesinde *top* TEMA tematik rolünü alır. *kız* ve *oğlan* sırasıyla KAYNAK ve HEDEF rollerini alırken aynı zamanda eylem katmanına ait ETKİLEYEN ve ETKİLENEN rollerini üstlenir.

Şekil 7'de geliştirilen latis diagramı ile (16) nolu tümceye ait öğelerin tematik ve eylem katmanlarındaki konumları ayrıştırılarak anlam belirsizliği de ortadan kaldırılmış olur (Firat vd., 2014).



Şekil 6. Tematik katmana ait örnek kavram latisi



Şekil 7. İki katman arasındaki bağlantı noktası

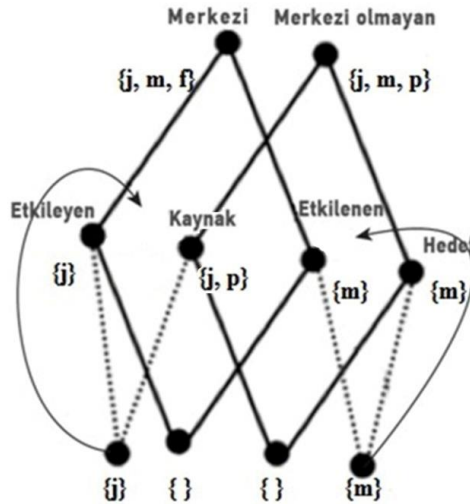
Şekil 7’de geliştirilen latis diagramı ile (16) nolu tümceye ait öğelerin tematik ve eylem katmanlarındaki konumları ayrıştırılarak anlam belirsizliği de ortadan kaldırılmış olur (Fırat vd., 2014). Şekil 7’de *k* ve *o* harfleri sırasıyla *kız* ve *oğlan* sözcüklerini temsil eder.

Bununla birlikte farklı bir örnek tümce üzerinden de tematik ve eylem katmanına ait

rollerin birlikte kullanıldığı latis tabanlı bir gerçeklik modeli Şekil 8’de gösterilebilir.

(17) *Jale Meltem'e Paris'den Fido'yu gönderdi.*

tümcesinde görüldüğü üzere *Jale* ETKİLEYEN rolünü, *Meltem* hem ETKİLENEN hem de HEDEF rolünü *Paris* ise *from* ilgecinden dolayı KAYNAK rolünü üstlenir.



Şekil 8. Kavram latisleriyle oluşturulan bir gerçeklik modeli

Şekil 8'de nesnelar düğümlerin alt kısmında ifade edilirken, özellikler düğümün üst kısmına yerleşir. Nesnelar kümesini oluşturan harfler ise; *j* (*Jale*), *m* (*Meltem*), *f* (*Fido*), *p* (*Paris*) dir.

4. Materyal ve Yöntem

Bu bölümün amacı, bir gerçeklik modelinin bilgisayarlı gerçekleştirimini göstermektir. Uygulama, derlem içinde yer alan 1033 tane Türkçe tümcenin işaretlemesi ile geliştirilmiştir. İşaretleme için bilgisayar ortamında hazırlanmış olan işaretleme arayüzü (annotation tool) kullanılmıştır. Bu arayüz PHP (Hypertext Preprocessor) dili ve MySQL'de (My Sequential Query Language)

oluşturulan veritabanı kullanılarak geliştirilmiştir.

Şekil 9'da yelda_tool.sql veri tabanını oluşturan tablolar ve bunlara ait alanlar (fields), Şekil 10'da ise elimizdeki derleme ait örnek bir Türkçe tümcenin biçimbirimsel/dizimsel ve tematik rol işaretleme yapıldığı arayüz görülür.

Şekil 11'den de seçilen örnek tümceye ait öğelerin tematik rolleri üzerinden gerçek anlamlarını veren, otomatik olarak çıkarılmış latis diyagramına erişilir (Fırat vd., 2013). Şekil 10'daki işaretleme arayüze ait kodlar EK-A'da verilmiştir.

Table Name	Field Name	Data Type	Size
pointers	id	INTEGER	11
	parent_id	INTEGER	11
	pointer_name	VARCHAR	25
	code	VARCHAR	20
	visible	INTEGER	11
sentences	id	INTEGER	11
	sentence_tr	TEXT	
	sentence_en	TEXT	
tree_rules	id	INTEGER	11
	pointer1	INTEGER	11
	pointer2	INTEGER	11
	pointer3	INTEGER	11
	equal	INTEGER	11
tagged_items	id	INTEGER	11
	sentence_id	INTEGER	11
	fe_id	INTEGER	11
	text	TEXT	
	start	INTEGER	11
	total_characters	INTEGER	11

Şekil 9. yelda_tool.sql veritabanına ait tablolar

19 - 'kenain için ne arıyorsun?'

20 - Rab'bin yolunu düzleyin

21 - Yahya'ya gönderilen bazı Ferisiler ona. "Sen Mesih. İlyas ya da beklediğimiz peygamber de'İlsen. nive vafiz ediyorsun?" diye

YahyaO'na tanıklık etti.

Selected characters : **Yahya**

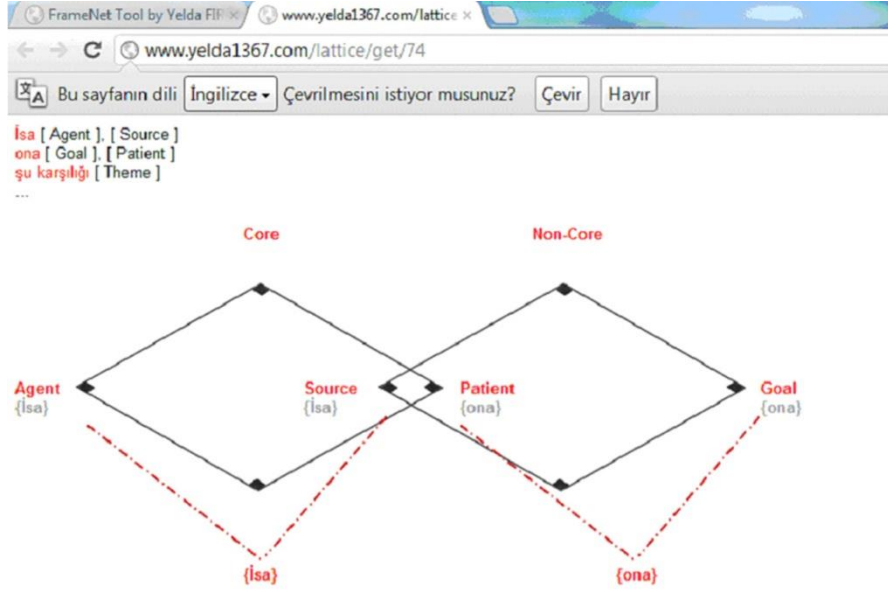
Selected Positions : [0:6]

[Verb]	=>	"tanıklık et"	Delete label
[Agent]	=>	"Yahya"	Delete label
[Goal]	=>	"O'na"	Delete label
[T]	=>	"ti"	Delete label
[VP]	=>	"tanıklık et"	Delete label
[Case]	=>	"na"	Delete label
[DP]	=>	"O"	Delete label
[NP]	=>	"Yahya"	Delete label

FE

Semantic Analysis
--Core Thematic Roles
--Actor
--Actee
--Actor & Actee
--Agent

Şekil 10. Örnek bir tümcenin işaretleme arayüzü



Şekil 11. İşaretli bir tümcenin latis diyagramı

5. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada, sözcüklerin ya da öğelerin biçimbirimsel/dizimsel ve anlamsal olarak tematik rol latisleri üzerinden modellenmesi ile gerçek anlamlara gidildiği görülür. Geliştirilen bu gerçeklik modelinde Biçimsel Kavram Analizi yönteminin kullanıldığı hiyerarşik bir yapı vardır. Tematik roller ise bu yapının temel taşlarıdır. Eğer dilden görece bağımsız anlamsal yapılar istenirse oluşturulan bu gerçeklik modellerine bakmak gerekir. Böylece insana ait zihin yapısını veren ontolojiler ile dil arasındaki bağ açık bir şekilde kurulmuş olur. Ayrıca bu çalışma Türkçe'nin anlamsal çözümlenmesine katkı sağlarken, doğal dil işleme ve hesaplamalı dilbilmi çalışmalarına da önemli bir kaynak teşkil eder.

Kaynaklar

- Benes, M., Snasel, V., 2002, Deducing Design Class Hierarchy from Object Properties, ISM'2002, Rožnov pod Radhoštěm, Czech Republic.
- Chomsky, N., 1957, Syntactic Structures, The Hague/Paris: Mouton, 13.

Curran, J. R., Clark, S., Bos, J., 2007, Linguistically Motivated Large-Scale NLP with C & C and Boxer, Proceedings of the ACL 2007 Demo and Poster Sessions, Association for Computational Linguistics, 33-36.

Eijk, J. V., 2010, Computational Semantics with Functional Programming, Cambridge University Press.

Fırat, Y., Kılıçaslan, Y. ve Uçar, Ö., 2013. Bilgisayar Ortamında Biçimsel Ontoloji Oluşturulması, Yükseköğretim ve Bilim Dergisi / Journal of Higher Education and Science, 3(1), 80-84.

Fırat, Y., Uçar, Ö., Kılıçaslan, Y., 2014, Semantic Analysis with a Lattice-Based FrameNet, Journal of International Scientific Publications: Language, Individual & Society, 8, Bulgaria, p. 512-518.

Ganter, B. and Wille, R., 1999, Formal Concept Analysis, Mathematical Foundation, Berlin: Springer, Verlag.

- Gildea, D. and Jurafsky, D., 2002. Automatic Labeling of Semantic Roles, In: Computational Linguistics, 28(2), 245-288.
- Gruber, J., 1965, Studies in Lexical Relations, MIT Dissertation, Bloomington: Indiana University Linguistics Club, [Reprint 1970].
- Gruber, T. R., 1993. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, Knowledge Acquisition, 5(2), 199-220.
- Jackendoff, R., 1972, Semantic Interpretation in Generative Grammar, Cambridge: MIT Press.
- Jackendoff, R., 1993. On the Role of Conceptual Structure in Argument Selection: A Reply to Emonds, Natural Language and Linguistic Theory 11, 11(2), 279-312.
- Jones, K. S., 2007, Words and Intelligence II: Semantic primitives: the tip of the iceberg, Essays in Honor of Yorick Wilks. Ahmad, K., Brewster, C. and Stevenson, M. (eds.), Computer Laboratory, University of Cambridge, Text, Speech and Language Technology, Volume 36, 235-253, Berlin: Springer.
- Kılıçaslan, Y., Uçar, Ö. ve Özkan, Y., 2012. FrameNet Tekniği ile İki Dilli Ontoloji Hizalaması, NWSA – Engineering Sciences, 7(2), 505-520.
- Masolo, C., Borgo, S., Gangemi, A., Guarino, N., Oltramari, A. and Schneider, L., 2002, The WonderWeb Library of Foundational Ontologies Preliminary Report, Padova, Italy.
- Miller, G. A., Beckwith, R., Fellbaum, C., Gross, D. and Miller, K., 1990. Introduction to WordNet: An On-line Lexical Database, Int J Lexicography, 3(4), 23-244.
- Niles, I., Pease, A., 2003, Linking lexicons and ontologies: Mapping wordnet to the suggested upper merged ontology, In Proceedings of the 2003 International Conference on Information and Knowledge Engineering, vol. 2, June 23-26.

Ek-A

Şekil 10'daki arayüzün işaretleme yapma class'ına ait kodları:

```
class Tool extends CI_Controller {
    function __construct()
    {
        parent::__construct();
        $this->load->model('tool_model');
        $this->load->model('sentences_model');
        $this->load->model('tree_model');
        $this->load->library('form_validation'); // Form doğrulama kütüphanesi çağrılıyor.

        check_login();
    }
    public function index()
    {
        $data['sentences'] = $this->sentences_model->sentences_list(); // Model aracılığıyla
        tümceler alındı data dizisine gönderildi.
        $this->load->view('block/header'); // Üst kısım
        $this->load->view('block/sidebar'); // Yan kısım
        $this->load->view('tool/index_view',$data);
    }
}
```

```

        $this->load->view('block/footer'); // alt kısım
    }
    function save()
    {
        $selection = $this->input->post('selected');
        $first     = $this->input->post('first');
        $positions = $this->input->post('positions');
        if($first == " || $selection == ")
        {
            echo '<span style="font-weight:bold;color:red;">Please select</span>';
        }
        elseif($first == 'lu')
        {
            if( $this->tool_model->save_lexical_unit() )
            {
                echo '<span style="font-weight:bold;color:green;">Save Succesful
<br>['.$this->input->post('selected').']</span>';
            }
        }
        elseif($first == 'fe' && $this->input->post('fe') == ")
        {
            echo '<span style="font-weight:bold;color:red;">Select frame
element</span>';
        }
        elseif( $positions == " )
        {
            echo '<span style="font-weight:bold;color:red;">Positon error</span>';
        }
        else
        {
            if( $this->tool_model->save_frame_element() )
            {
                echo '<span style="font-weight:bold;color:green;">Save Succesful
<br>['.$this->input->post('selected').']</span>';
            }
        }
    }
}
/*
check_selected_item methodu taglenen öğeleri Tool Modelinden alır ve listesini döndürür.
*/
function check_selected_item()
{
    $item_data = $this->tool_model->get_tagged_items();
    $items = '<table cellspacing="5">';
    foreach($item_data as $item)
    {
        $items .= '<tr><td>['.$item->pointer_name.']</td><td>&nbsp; =>&nbsp;
</td><td width="285">&nbsp; <span style="color:#000;">".$item->text."</span>&nbsp;
</td><td>&nbsp;<a href="javascript:void(0)" onclick="delete_label('.$item->id.')">Delete
label</a></td></tr>';
    }
    echo $items.'</table>';
}

```

```

    }
/*
delete_label methodu id numarası verilen tagleme işlemini siler. Önce var olup olmadığına bakar
daha sonrada silip “ok” döndürür.
*/
function delete_label( $label_id )
{
    if( $this->tool_model->exist_label_id($label_id) > 0 )
    {
        if( $this->tool_model->delete_label($label_id) )
        {
            echo 'ok';
        }
    }
}
function tree( $id )
{
    // böyle bir sentence var mı kontrol edilir. varsa işleme devam ettirilir.
    echo '<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" /> ';
    $words = $this->tool_model->get($id);
    $subject = $this->tool_model->exist_subject($id);
    $conj    = $this->tool_model->exist_conj($id);
    $c      = $this->tool_model->exist_c($id);
    $tree = array();
    $counter = 0;
    $conj_counter = 0;
    $need = null;
    if($c == 0 && $conj == 0)
    {
        for($i=0;$i<=count($words)-1;$i++)
        {
            if($counter == 0)
            {
                $need = $words[$i]->id;
            }
            else
            {
                if(count($tree) == 0)
                {
                    if( $this->tool_model->check_rules( $need, $words[$i]->id )
                    )
                    {
                        $tree[] = $this->tool_model->get_equal( $need, $words[$i]->id );
                    }
                }
            }
            else
            {
                print_r($tree);
                die('Kural eksikliği var. Ağaç çıkarılmıyor!.$this->tree_model-
                >get_rule_name($need).'.$this->tree_model->get_rule_name($words[$i]->id));
            }
        }
    }
    else

```

```

        {
        if( $this->tool_model->check_rules( end($tree), $words[$i]->id ) )
        {
            $tree[] = $this->tool_model->get_equal( end($tree), $words[$i]->id );
        }
        else
        {
            print_r($tree);
            die('Kural eksikliği var. Ağaç çıkarılmıyor.'. $this->tree_model->get_rule_name(end($tree)).', '. $this->tree_model->get_rule_name($words[$i]->id));
        }
        }
        $counter++;
    }
}
print_r($tree);
//$this->load->view('tool/tree_view',$data);
}
/*
İd si verilen tümcenin kelimelerini Tool Modelindeki get methodundan ister.
*/
function check($id)
{
    print_r($this->tool_model->get($id));
}
function sub()
{
    echo $this->tool_model->exist_subject(5);
}
function aktar()
{
    $rules = $this->db->get('tree_rules')->result();
    $i = 1;
    foreach($rules as $rule)
    { /*
        if($rule->pointer1 != "")
        {
            $this->db->where('pointer_name',$rule->pointer1);
            $row = $this->db->get('pointers')->row();
            if(empty($row))
            {
                echo 'aranan : '.$rule->pointer1.' - Bulunan : -----
                -----<br>';
            }
            else
            {
                //echo 'aranan : '.$rule->pointer1.' - Bulunan : '.$row->pointer_name.' ('.$row->id.')<br>';
                $this->db->update('tree_rules',array('pointer1' => $row->id),array('pointer1' => $rule->pointer1)); echo 'eklendi --<br>';
            }
        }
    }
}

```

```

    }
}
if($rule->pointer2 != "")
{
    $this->db->where('pointer_name',$rule->pointer2);
    $row = $this->db->get('pointers')->row();

    if(empty($row))
    {
        echo 'aranan : '.$rule->pointer2.' - Bulunan : -----
-----<br>';
    }
    else
    {
        //echo 'aranan : '.$rule->pointer1.' - Bulunan : '.$row-
>pointer_name.' ( '.$row->id.' )<br>';
        $this->db->update('tree_rules',array('pointer2' => $row-
>id),array('pointer2' => $rule->pointer2)); echo 'eklendi --<br>';
    }
}
if($rule->pointer3 != "")
{
    $this->db->where('pointer_name',$rule->pointer3);
    $row = $this->db->get('pointers')->row();
    if(empty($row))
    {
        echo 'aranan : '.$rule->pointer3.' - Bulunan : -----
-----<br>';
    }
    else
    {
        //echo 'aranan : '.$rule->pointer1.' - Bulunan : '.$row-
>pointer_name.' ( '.$row->id.' )<br>';
        $this->db->update('tree_rules',array('pointer3' => $row-
>id),array('pointer3' => $rule->pointer3)); echo 'eklendi --<br>';
    }
}
*/
if($rule->equal != "")
{
    $this->db->where('pointer_name',$rule->equal);
    $row = $this->db->get('pointers')->row();
    if(empty($row))
    {
        echo 'aranan : '.$rule->equal.' - Bulunan : -----
-----<br>';
    }
    else
    {
        //echo 'aranan : '.$rule->equal.' - Bulunan : '.$row-
>pointer_name.' ( '.$row->id.' )<br>';

```

```
$this->db->update('tree_rules',array('equal' => $row-  
>id),array('equal' => $rule->equal)); echo 'eklendi --<br>';  
    }  
  }  
}
```


Gümüşhane ve Civarındaki Güncel Deprem Aktivitesinin Bölgesel ve Zamana Bağlı Değişimleri: İstatistiksel Bir Değerlendirme

Serkan ÖZTÜRK*

Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane

Geliş tarihi/Received 22.08.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 13.12.2016

Kabul tarihi/Accepted 20.12.2016

Öz

Bu çalışmada, Gümüşhane ve civarındaki deprem aktivitesinin bölgesel ve zamana bağlı değişimlerinin istatistiksel bir analizi yapılmış ve güncel deprem karakteristikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. İstatistiksel analizler için, 21 Eylül 1970-26 Haziran 2016 yılları arasında süre magnitudü $M_D \geq 1.1$ olan ve 2500 depremi içeren yaklaşık 45.76 yıllık bir deprem kataloğu kullanılmıştır. Bununla birlikte, standart normal sapma Z-değerinin hesabı için $M_D \geq 2.8$ olan ve 1336 depremi içeren ayrıştırılmış deprem kataloğu kullanılmıştır. Deprem büyüklükleri genellikle 2.5-3.5 arasında değişim gösterirken $M_D = 2.8$ değerinde bir maksimuma ulaşmıştır. 2011 yılına kadar deprem sayılarında gözlenen sistematik artış 2011 yılından sonra bir azalım sürecine girmiştir. Çalışma alanı için tamlık magnitudü $M_c = 2.8$ olarak alınmış ve b-değeri 1.01 ± 0.02 olarak hesaplanmıştır. Gümüşhane ve civarındaki depremlerin magnitud-frekans dağılımı genel olarak $b = 1.0$ ile verilen değerle iyi temsil edilir. 1970-2016 yılları arasındaki bölge için büyük sayılabilecek bazı depremlerden önce b-değerinde önemli düşüşler gözlenmekle birlikte son yıllarda önemli bir azalım gözlenmemiştir. Bölgesel ölçekte düşük b-değerleri, Kelkit ve Köse'yi içine alan doğu ve kuzey doğu kısımlar ile Köse'nin kuzeyinde ve Kelkit'in güneyinde gözlenmiştir. Düşük b-değerlerinin gözlendiği bu bölgeler gelecekteki olası deprem potansiyeli açısından önemli olabilir. Depremlerin tekrarlama zamanları ve yıllık olasılıkları üzerine yapılan analizler, Gümüşhane ve civarının büyük sayılabilecek deprem oluşumları açısından önemli bir deprem potansiyeline sahip olmadığını göstermektedir. Depremsellik oran değişimlerine bağlı olarak, 2016 yılı ortalarında herhangi bir sismik durgunluk anomalisi gözlenmemiştir. Sonuç olarak istatistiksel değerlendirmeler, Gümüşhane sınırları içerisinde kısa vadede önemli bir deprem tehlikesi potansiyelinin olmadığını ortaya koyar.

Anahtar kelimeler: b-değeri, Depremsellik, Gümüşhane, Tamlık magnitudü, Z-değeri

Regional and Temporal Variations of Current Earthquake Activity in and around Gümüşhane: A Statistical Assessment

Abstract

In this study, a statistical analysis of regional and temporal changes of earthquake activity in and around Gümüşhane is made and the current earthquake characteristics are tried to identify. For the statistical analyses, a catalog about 45.76 years including 2500 earthquakes with the duration magnitude $M_D \geq 1.1$ between September 21, 1970 and July 26, 2016 is used. At the same time, declustered earthquake catalog including 1336 earthquakes with $M_D \geq 2.8$ is used for the

* Serkan ÖZTÜRK, serkanozturk@gumushane.edu.tr, Tel: (0456) 233 74 25

calculation of standard normal deviate Z -value. Earthquake magnitudes generally changes between 2.5 and 3.5 while they reach a maximum in $M_D=2.8$. Systematic increase in the earthquake numbers until 2011 shows a decreasing trend after 2011. For the study region, completeness magnitude is taken as $M_c=2.8$ and b -value is estimated as 1.01 ± 0.02 . The frequency-magnitude distribution of earthquakes in and around Gümüşhane is well represented with a b -value typically close to 1.0. Although important decreases in b -values before some strong earthquakes in the region between 1970 and 2016 are observed, a significant decrease is not observed in recent years. Small b -values in regional scale are observed in the east and northeast parts including Kelkit and Köse with in the north of Köse and in the south of Kelkit. These regions in which low b -values are observed may be important in terms of the future possible earthquake potential. Analyses on the recurrence times and annual probabilities of earthquakes show that Gümüşhane and vicinity have not a significant earthquake potential with regard to occurrences of strong earthquakes. Depending on the seismicity rate changes, any seismic quiescence anomalies are not observed in the mid-2016. Consequently, statistical assessments reveal that there is not an important earthquake hazard potential within the boundary of Gümüşhane in the short-term.

Keywords: b -value, Seismicity, Gümüşhane, Completeness magnitude, Z -value

1. Giriş

Son yıllarda Türkiye'nin ve dünyanın farklı bölgeleri için deprem aktivitelerinin bölgesel ve zamana bağlı değişimleri, istatistiksel ve fiziksel olarak birçok araştırmacı tarafından analiz edilmiş ve birçok önemli sonuç ortaya konulmuştur (örneğin, Frohlich ve Davis, 1993, Wiemer ve Wyss, 2000, Awad vd., 2005, Öncel ve Wilson, 2007, Polat vd., 2008, Öztürk vd., 2008, Öztürk, 2011, 2014, 2015a,b, Öztürk ve Bayrak, 2012, Öztürk ve Sarı, 2013, Ormeni vd., 2016). Bu araştırmacılar, deprenselliğin bölgesel ve zamana bağlı fiziksel davranışlarını tanımlayabilmek için sismolojik ölçekleme yasalarını kullanan birçok istatistiksel model önermişlerdir. Bu çalışma kapsamında kullanılan temel sismotektonik ölçekleme parametreleri ise: (i) depremlerin güç-yasası dağılımını tanımlayan b -değeri, (ii) deprensellik oran değişimlerinin analizinde kullanılan standart sapma Z -değeri olarak verilebilir. Ayrıca, b -değeri ve Z -değerinin bölgesel ve zamana bağlı değişimleri, tamlik magntüdü M_c -değeri, deprem aktivitesinin bölge-zaman-magnitüd dağılımları ile bir bölgedeki farklı magnitüd seviyeleri için depremlerin tekrarlama zamanı ve yıllık olasılıklarının hesaplanması, deprem aktivitesinin davranışlarının anlaşılması açısından önemli sonuçlar ortaya koyar.

b -değeri Gutenberg-Richter ilişkisinden (Gutenberg ve Richter, 1944) elde edilir ve sismolojide en iyi bilinen deneysel ilişkilerden biridir. b -değerinin tahmini, depremlerin frekansı ile sismik moment, enerji ve fay uzunluğu arasında bir ilişki ortaya koyar. b -değeri yalnızca bir bölgedeki büyük ve küçük depremlerin sayılarının kısmi oranlarını yansıtmaz aynı zamanda bölgedeki gerilme koşullarıyla da ilişkilidir. Sonuç olarak b -değeri, depremlerin boyut ölçeklendirme davranışını tanımlayan ve en yaygın olarak kullanılan deprensellik parametrelerinden biridir. Dünyanın birçok bölgesinde sismik durgunluk üzerine yapılan çok sayıdaki araştırma, verilen bir bölgedeki öncü anomalileri tespit edebilmek amacıyla yapılmaktadır. Deprensellik oranının istatistiksel olarak önemli bir azalımı öncü sismik durgunluk olarak tanımlanır (Wiemer ve Wyss, 1994) ve öncü durgunluk olgusunu içeren bölge-zaman deprensellik oluşumları, depremlere neden olabilen sismotektonik süreçlerle ilişkili olabilir. Dolayısıyla, sismotektonik parametreler arasındaki ilişkilerin potansiyel bölge-zaman analizleri, deprem karakteristiklerinin tanımlanmasında önemli katkılar sağlayabilir.

Bu çalışmada kapsamında, Gümüşhane ve civarındaki güncel deprem aktivitesinin istatistiksel bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bu amaçla, sismotektonik b ve Z -değeri ile

Mc-değerinin bölgesel ve zaman bağlı değişimleri haritalanmış, depremselliğin bölge-zaman-magnitüd dağılımları analiz edilmiş, deprem oluşumlarının tekrarlama zamanları ile yıllık oluşma olasılıkları hesaplanmıştır. Sonuçta, Gümüşhane ve civarındaki güncel sismik aktivite, deprem tehlikesi açısından bölgesel ve zamana bağlı olarak değerlendirilmiştir.

2. Gümüşhane ve Civarının Jeolojik-Tektonik Yapısı ve Depremselliği

Gümüşhane, Kuzeydoğu Türkiye’de pontid Orojenik kuşağının doğusunda ve genellikle çökel tipinde kayaçların yüzeyletiği doğu Pontid tektonik birliğinin güney zonunda yer alır (Taş vd., 2003). Bölgenin taban kayaçları Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar ile bunları keserek yükselen Gümüşhane granitlerden oluşur. Genel olarak metamorfik kayaçlar ve granitlerle bilinen Paleozoyik dönemin ardından Mesozoyik dönemde denizel ortamlarda birikmiş formasyonlarda belirgindir. Denizel ortamda çökelmiş bu birimler başlıca kömür ara katmanlı çakıl taşı, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve kil taşlarından oluşan tortul kayaç ve andezit, bazalt ve piroklastiklerden oluşan volkanik kökenli kayaçlardan oluşur (Taş vd., 2003). Birçok araştırmacı Jura döneminde oluşan bu kayaç topluluklarının yaklaşık doğu-batı yönünde uzanan bir rift havzasında biriktiğini ifade etmiştir.

Gümüşhane tektonik ve depremsellik açısından Türkiye’nin en sakin bölgelerinden biridir ve aktivitesi yüksek fay hatları bulunmamaktadır. Buna karşın, yaklaşık 80 km güneyden geçen ve Türkiye’nin en aktif doğrultu atımlı fay zonlarından biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonuna (KAFZ) olan yakınlığı nedeniyle bu zon üzerinde meydana gelebilecek büyük depremlerden etkilenme potansiyeli olan bir bölgedir. Özellikle Harşit çayı boyunca dere yataklarındaki alüvyon zeminler üzerine inşa edilmiş olan yüksek katlı yapılar, KAFZ üzerinde meydana gelebilecek olası bir büyük depremden etkilenecektir. Gümüşhane ve civarının güncel sismotektonik konumunu kazanmasında etkili olan faktörler başlıca kırık

sistemleri ve kıvrım tektoniğidir. Kırık zonları genellikle KAFZ’ye yakın bölgelerde olup genellikle normal, ters ve doğrultu atımlı faylardan oluşur. Kıvrımlı yapılar genellikle asimetric antiklinal ve senklinallerden meydana gelmiştir (Taş vd., 2003).

KAFZ dünyada en iyi bilinen sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan birisidir. Bu transform fay zonu doğuya doğru Kuzey Anadolu ile Doğu Anadolu arasında bir sınır oluşturur ve jeodezik verilere göre 24-30mm/yıllık sağ yönlü bir hareket sergiler (Reilinger vd., 1997). KAFZ, tek bir kırık düzlemi olmayıp birbirine paralel veya kademeli faylardan oluşan bir fay zonu durumundadır. Gümüşhane ve civarının ana tektonik yapısı Şaraoğlu vd. (1992) ile Bozkurt (2001)’den derlenmiş ve Şekil 1a’da verilmiştir. Şekil 1a’da görüldüğü gibi, Gümüşhane’nin Şiran, Kelkit ve Köse ilçeleri ile Bayburt ve Erzincan’dan geçen KAFZ ile ilişkili Kelkit Fay segmenti (KLFS), Kelkit baseni (KLB), Bayburt baseni (BYB), Kelkit-Çoruh Fay zonu (KÇFZ), Akdağ-Çayırılı Fay zonu (AÇFZ), Tercan-Aşkale Fay zonu (TAFZ) ve Dağyolu fayı (DYF) gibi birçok fay segmenti ve fay zonları mevcuttur. KÇFZ yaklaşık olarak 600 km uzunluktadır ve sol yönlü doğrultu atımlı fay zonedir. Bu fay zonu güney batıdan kuzey doğuya doğru Kelkit, Çoruh, Posof ve Borjomi-Kasbeg fay segmentleri olmak üzere dört segmentten oluşur. KLFS yaklaşık 100 km’lik bir uzunlukla KAFZ’den ayrılır. Kelkit civarında bu fay segmenti iki kola ayrılır ve bir basen ile sonuçlanır (Bozkurt, 2001). TAFZ yaklaşık 150 km uzunlukta olup 2-4 km genişliktedir ve sol yönlü doğrultu atımlı fay zonedir. Bu fay zonu KAFZ’ye yakın bir şekilde Erzurum’un batısından geçer ve yaklaşık 2-20 km uzunluğa sahip birbirine paralel çok sayıda fay segmentini içerir. (Bozkurt, 2001). Gümüşhane sınırına en yakın bölge için büyük sayılabilecek iki deprem 19 Ocak 1979 ($M_D=5.0$) ve 12 Ağustos 1985 ($M_D=5.0$) depremleridir. Gümüşhane ve civarında 1970-2016 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin episantr dağılım haritası Şekil 1b’de verilmiştir. Şekil 1b’de görüldüğü gibi magnitüdü 5.0’den büyük depremlerin büyük

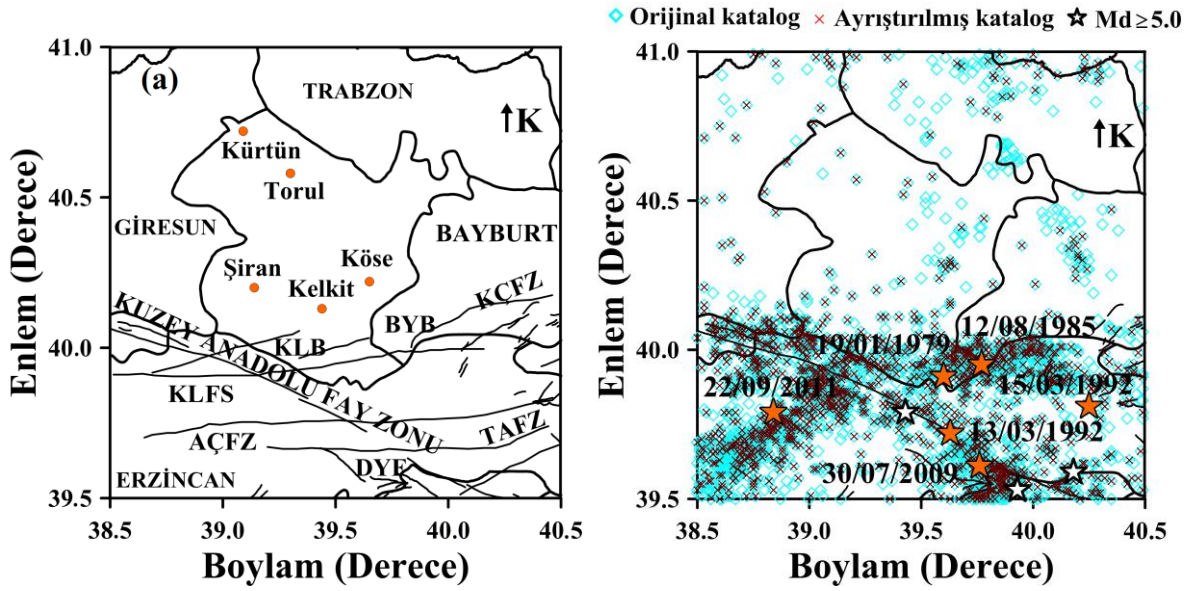
bir kısmı KAFZ ve civarında meydana gelirken (13 Mart 1992, $M_D=6.5$ ve 15 Mart 1992, $M_D=5.3$ Erzincan) diğer depremler Gümüşhane'nin KAFZ'ye yakın alanlarda yoğunlaşmıştır. Bu depremlerden son yıllarda gözlenenler, 30 Temmuz 2009 ($M_D=5.0$) Erzincan-Çağlayan ve 22 Eylül 2011 ($M_D=5.6$) Erzincan-Refahiye depremleridir. Gümüşhane ve civarının jeolojik, tektonik ve sismik yapısının anlatıldığı çalışmalar Taş vd., (2003) ile Bozkurt (2001)'de detaylı olarak mevcuttur.

3. Çalışmada Kullanılan Deprem Kataloğu ve Ayrıştırma İşlemi

Çalışmada kullanılan deprem verisinin 1970-2006 yılları arasındaki bölümü Öztürk (2009)'tan alınmıştır. 1970-2006 yılları arasında Türkiye ve civarını kapsayan ve 73,530 depremi içeren bu aletsel deprem kataloğu süre magnitudüne (M_D) göre homojendir. Bu veri seti, farklı magnitud türlerini de içermekle birlikte genel olarak M_D türünden verilmiştir. Öztürk (2009), 1970-2006 yılları arasında homojen ve sürekli bir deprem kataloğu hazırlayabilmek için bazı istatistiksel ilişkiler kullanmıştır (farklı magnitud türleri için geliştirilen tüm bağıntılar ayrıca Bayrak vd., 2009'ta bulunabilir). 1970-2006 yılları arasında M_D 'si bilinmeyen az sayıdaki orta ve üzeri büyüklükteki depremlerin M_D değerleri bu istatistiksel ilişkiler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu veriye ek olarak 2006-2016 yılları arasındaki deprem verisi ise Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) web sayfasında verilen deprem kataloğundan derlenmiştir. KRDAE, depremler için süre magnitudünün hesaplanmadığı durumlarda genellikle yerel magnitudü (M_L) hesaplar. KRDAE deprem kataloğu incelendiğinde deprem verisinin 2010 yılına kadar olan kısmının genellikle M_D türünden verildiği görülür. Ancak, 2011 yılı itibariye deprem kataloğunda bazı depremlerin yerel magnitud (M_L) değerlerinin de verildiği görülmektedir. Dolayısıyla, 45.76 yıllık bir deprem verisinin yalnızca yaklaşık son 6 yıllık kısmının M_L ile verildiği dikkate alındığında, farklı magnitud türleri arasındaki dönüşümlerden kaynak-

lanan hataların mümkün olduğunca en aza indirgenmesi sonuçların doğruluğu açısından önemlidir. Dolayısıyla, 2006-2016 yılları arasında KRDAE kataloğunda Öztürk (2009) tarafından verilen ilişkiler kullanılarak M_D hesaplanmış ve bu zaman periyodu için Türkiye ve civarında 114,701 deprem elde edilmiştir. Sonuç olarak, 1970-2016 yılları arasında Türkiye için M_D 'ye göre homojen olan ve 188,231 depremi içeren bir katalog hazırlanmıştır. $39.5^\circ\text{K}-41.0^\circ\text{K}$ enlemleri ile $38.5^\circ\text{D}-40.5^\circ\text{D}$ boylamları arasında kalan bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir. Tüm deprem kataloğu içerisinde Gümüşhane ve civarını içine alan bu bölgede, 1970-2016 yılları arasında yaklaşık 45.76 yıllık bir zaman periyodunda $1.1 \leq M_D \leq 6.5$ olan 2500 depremi içeren bir katalog elde edilmiştir. $M_D \geq 1.1$ olan tüm depremlerin (orijinal katalog) ve $M_D \geq 5.0$ olan bölge için büyük sayılabilecek depremlerin episantr dağılımları Şekil 1b'de verilmiştir.

Sismik durgunluğa bağlı olarak deprem tehlikesini değerlendirme çalışmalarının güvenilir olarak yapılabilmesi için deprem kataloglarının ana şok öncesinde ve sonrasında oluşabilecek sarsıntılar veya ana şoklardan bağımsız olarak gelişen yığılımlar deprem kataloğundan çıkarılmalıdır. Öncü şok, artçı şok ve deprem yığılımı gibi olaylar genellikle deprem sayılarının zamana bağlı değişimlerini ve ilişkili istatistikleri etkilediği için, depremsellik oran değişimlerinin nicel bir değerlendirmesini yapabilmek ve öncü sismik durgunlukları güvenilir bir şekilde ortaya koyabilmek için, deprem kataloğu içerisindeki bağımlı olayların ayrıştırılması gerekir. Sismik durgunluk değişimlerini belirleyebilmek için, bölgesel bir deprem kataloğunun ana şok ve ikincil deprem oluşumlarına ayrılması yani bağımlı ve bağımsız olayların birbirinden ayrılması gerekir (Öztürk, 2009). Bu bağımlı olayları bağımsız depremlerden ayırabilmek ve deprem kataloğunu tekdüze hale getirebilmek için Reasenber (1985) ayrıştırma algoritması kullanılır. Bu işlem bölgesel bir deprem kataloğunu ana olaylara ve ikincil olaylara ayrıştırır ve tüm bağımlı olayları her bir kümeden uzaklaştırır (Arabasz ve Hill, 1996).



Şekil 1. (a) Gümüşhane ve civarı için ana tektonik yapı. Faylar, Şaroğlu vd., (1992) ve Bozkurt, (2001)'den değiştirilerek alınmıştır. (b) 1970-2016 yılları arasındaki $M_D \geq 1.1$ olan tüm depremlerle birlikte (orijinal katalog) $M_D \geq 2.8$ olan ayrıştırılmış depremler. Yıldız sembolü $M_D \geq 5.0$ olan bölge için büyük sayılabilecek depremleri göstermektedir. Bazı büyük depremlerin (★ sembolü) meydana geliş tarihleri şekil üzerinde verilmiştir.

Aslında bu ayrıştırma işlemi, ana olayların episantrına kıyasla küçük veya büyük bölge ve zaman aralığındaki ikincil olayların uzaklaştırılmasını sağlayan bir aşamadır. Depremlerin sismik durgunluk analizlerinin tam bir deprem kataloğu yani öncü şok, artçı şok, deprem yığılımları ve deprem çiftleri gibi ikincil olayları içeren bir deprem kataloğu kullanılarak yapılması güvenilir ve doğru sonuçlar ortaya koymayabilir ve dolayısıyla tüm kümelenmiş olayların ayrılması gerekir. Aksi takdirde büyük ana şokların tahmini için yanlış tahminler yapılabilir çünkü magnitüd-frekans eğrisinin eğimi ana şok olmayan olaylardan etkilenir. Dolayısıyla, bağımlı olayların uzaklaştırılması, magnitüd-frekans eğrisini daha az eğimli yapacak ve deprem oluşumlarının tahmininde daha güvenilir sonuçlar verecektir (Öztürk, 2009). Birçok araştırmacı dünyanın farklı bölgeleri için, ayrıştırma işleminin farklı deprem kataloglarına uygulanabileceğini göstermiş ve önemli sonuçlar elde etmişlerdir (örneğin, Arabasz ve Hill, 1996, Katsumata ve Kasahara, 1999, Console vd., 2000, Chouliaras ve Stavrakakis, 2001, Wu ve Chiao., 2006, Öztürk, 2011, 2015b).

Bu çalışmada öncü sismik durgunluk analizinde kullanılan deprem kataloğu, Reasenber (1985) ayrıştırma yöntemi ile elde edilmiştir. Orijinal deprem kataloğu $M_D \geq 1.1$ olan 2500 depreme sahiptir. Ayrıştırma işlemi kullanılarak 438 deprem katalogdan çıkarılmış ve 2062 deprem ayrıştırılmıştır. Gümüşhane ve civarı için tamlik magnitüdü $M_c = 2.8$ olarak hesaplanmış ve $M_D < 2.8$ olan depremler katalogdan çıkarılmıştır. Bu işlem sonucunda 726 deprem daha katalogdan uzaklaştırılmıştır. Böylece toplamda yaklaşık olarak depremlerin % 46.56'sı katalogdan çıkarılmış ve sismik durgunluk analizi için kullanılan deprem sayısı 1336 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, ayrıştırma işlemi çalışmanın amacına yönelik olarak daha kullanılabilir ve tek düze bir deprem kataloğu ortaya koyar. $M_D \geq 2.8$ olan ayrıştırılmış depremlerin episantr dağılım haritası orijinal katalogla birlikte Şekil 1b'de verilmiştir.

4. Sismotektonik b -değeri ve Standart Normal Sapma Z-Testi

Deprem aktivitesinin bölgesel ve zamana bağlı davranışlarını karakterize edebilmek

için bazı istatistiksel boyut ölçeklendirme parametreleri kullanılır. Bu bölümde, deprem oluşumları için Gutenberg-Richter ilişkisi ile verilen sismotektonik b -değeri ve deprensellik oran değişimlerini veren standart normal sapma Z -değerinin hesaplanması ile ilgili yöntemlerden kısaca bahsedilecektir.

4.1. Gutenberg-Richter İlişkisi (b -değeri) ve Tamlık Magnitüdü (M_c)

Depremlerin sayısı ile magnitüdü arasındaki ilişki ilk kez Gutenberg-Richter (1944) tarafından verilmiştir. Depremlerin bu güç yasası dağılımı aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$\log_{10} N(M) = a - bM \quad (1)$$

Burada $N(M)$, verilen bir zaman periyodunda magnitüdü M 'den büyük veya eşit olan depremlerin beklenen sayısı, b -değeri deprem sayısı-magnitüd dağılımının eğimi ve a -değeri ise deprem aktivite oranı ile ilişkili bir parametredir. a -değeri bölgeden bölgeye değişir ve bu değişim çalışma alanının büyüklüğün, gözlem periyoduna ve ayrıca depremlerin büyüklüğüne bağlıdır. Utsu (1971), b -değerinin farklı bölgelere bağlı olarak genellikle 0.3-2.0 arasında değiştiğini ifade etmiştir. b -değerindeki değişimler ayrıca bir bölgedeki büyük ve küçük depremlerin sayısı, jeolojik karmaşıklık, gerilme, yamulma ve kırıklı ortamın heterojenite derecesi gibi faktörlere de bağlıdır. Yüksek b -değerlerinin gözlenmesi genel olarak bölgede büyük olaylara nazaran küçük olayların sayısında bir artış olduğunu, buna karşın düşük b -değerleri ise büyük olayların sayısında bir artma olduğunu gösterir. Frohlich ve Davis (1993)'te ifade edildiği gibi, bölgesel olarak ortalama b -değerinin 1.0'a eşit olduğu kabul edilir.

Tamlık magnitüdü M_c , özellikle Gutenberg-Richter ilişkisinin tahmini başta olmak üzere birçok istatistiksel deprensellik çalışmalarında en önemli parametrelerden biridir. Yüksek kalitede ve güvenilir tahminler için maksimum deprem sayısının kullanılması çok önemlidir. Magnitüde karşı

Gutenberg-Richter güç yasası dağılımı M_c -değerini tahmin etmek için kullanılabilir ve M_c -değerindeki değişimler hareketli bir zaman penceresi tekniği ile hesaplanabilir (Wiemer ve Wyss, 2000). M_c -değerindeki zamana bağlı değişimler özellikle b -değeri olmak üzere deprensellik parametreleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Eğer M_c -değeri zamanın bir fonksiyonu olarak sistematik bir şekilde değişim gösteriyorsa yanlış M_c -değeri hatalı deprensellik parametrelerinin hesabına neden olabilir. Dolayısıyla, M_c analizi önemli bir işlemdir ve istatistiksel analizler için en uygun M_c -değerinin seçilmiş olması gerekir.

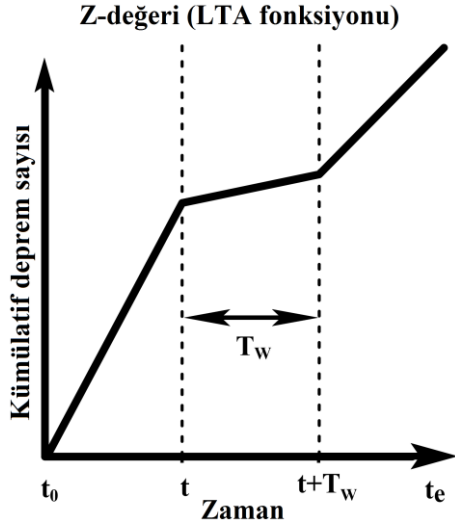
4.2. Standart Normal Sapma Z -Testi

Deprem aktivite oranındaki değişimleri analiz eden modeller genellikle sismik durgunluk olgusu üzerinde odaklanır. Standart normal sapma Z -testi, deprem aktivitesindeki oran değişimlerinin ölçümü için en sık kullanılan ve en iyi bilinen istatistiksel yöntemlerden biridir. Bu test Wiemer ve Wyss (1994) tarafından verilen yöntem ve Wiemer (2001) tarafından verilen $ZMAP$ yazılımı ile yapılabilir. Bu teknik, bölgesel ve zamana bağlı deprem aktivite oran değişimlerini sürekli bir görüntü olarak haritalamaya ve yorum yapabilmeye olanak sağlar. Durgunluğun önemini ortaya koyabilmek için LTA (Log Term Average) fonksiyonunu oluşturan standart normal sapma Z -testi kullanılır:

$$Z = (R_1 - R_2) / (S_1^2 / N_1 + S_2^2 / N_2)^{1/2} \quad (2)$$

Burada R_1 ; verilen bir t_0 - t_e aralığındaki zaman penceresini (T_W) içeren tüm zamanlardaki ortalama deprensellik oranı (deprem sayısı), R_2 ; t' den $t+T_W$ 'ye kadar olan düşünülen zaman penceresindeki ortalama oran, S_1^2 ve S_2^2 ise bu periyotlardaki sismik yoğunluk fonksiyonlarının standart sapmaları ifade eder. N_1 ve N_2 ise ölçülen deprensellik oranındaki örneklerin sayısı ile ilişkilidir. t_0 ile $t_e - T_W$ arasındaki tüm t zamanları için (2) denklemi ile hesaplanan Z -değeri (Şekil 3), bir T_W (bazen iwl) zaman penceresindeki (ayrıca iwl olarak ta verilir) deprensellik oran

değişimlerinin ölçümü için istatistiksel bir değerlendirme ortaya koyar. Zamanın bir fonksiyonu olarak Z-değeri LTA olarak adlandırılır. Durgunluğun süresi hesaplanacak önemli bir parametredir. Durgunluğun ne zaman sona ereceği bilinmediği için zaman penceresi 1.5-5.5 yıl arasında değiştirilir. Çünkü bu değer dünyanın farklı bölgeleri için, kabuksal ana şoklardan önce rapor edilen sismik durgunluk oranı ile uyumludur (Wyss, 1997).



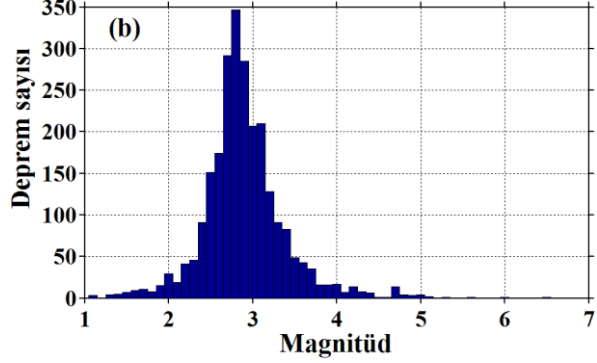
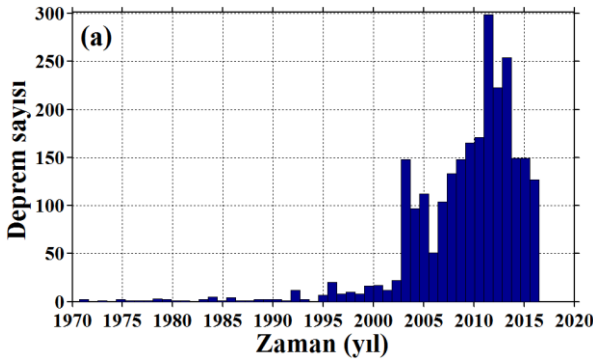
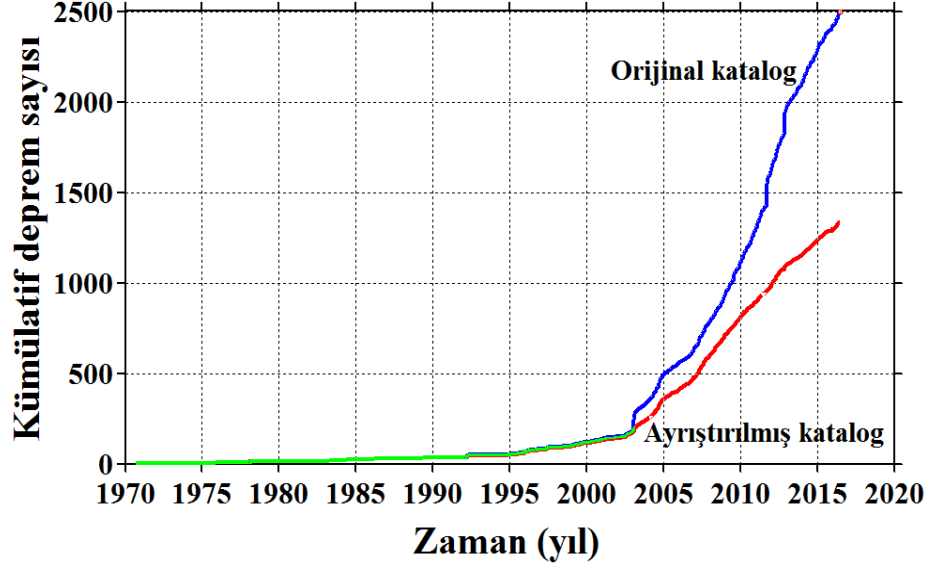
Şekil 2. Z-değerlerinin nasıl hesaplandığını gösteren grafik. R_1 ; tüm periyottaki ortalama oran (t_0-t_e aralığında), R_2 ; t 'den $t+T_w$ 'ye kadar olan zaman penceresindeki ortalama oranı ifade eder. Burada t ; mevcut zamandır ($t_0 < t < t_e$) ve T_w ; yıl olarak zaman penceresinin uzunluğudur.

5. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında Gümüşhane ve civarındaki deprem aktivitesinin bölgesel ve zamana bağlı değişimleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Orijinal deprem kataloğu ve ayrıştırılmış katalog için kümülatif deprem sayısının zamanla değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi 1970-1995 yılları arasında önemli bir deprem aktivitesi yoktur fakat 1995'ten 2003'e kadar olan sürede deprem sayısında bir artış söz konusudur. Bununla birlikte 2003 yılından itibaren deprem sayısında önemli bir artış gözlenmektedir. Ayrıca Şekil 4a'da verilen zaman histogramından görüleceği gibi, 2003 yılında deprem sayılarında önemli bir artış

kaydedilirken deprem sayısındaki maksimum artış 2011 yılında gözlenmiştir. Bununla birlikte, 2011 yılından itibaren kaydedilen deprem sayıları tekrar bir azalış sürecine girmiştir. KRDAE özellikle 2000'li yıllardan sonra istasyon sayısındaki artışla birlikte internet üzerinden ve uzaktan kontrollü modem vasıtasıyla gerçek zamanlı verileri kullanıcının hizmetine sunmaktadır. İstasyon ağındaki bu artış, daha önceki yıllarda kayıt altına alınamayan birçok depremin 2000'li yıllardan sonra düzenli olarak kayıt edilmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca, çalışma alanı içerisinde büyük sayılabilecek depremlerin en sonuncusu 2011 yılında meydana gelmiştir. Dolayısıyla, 2003-2011 yılları arasında deprem sayısında gözlenen bu artış, çalışma alanına yakın olan Erzincan'da meydana gelmiş orta büyüklükte veya büyük depremlerin artçı şoklarının veya devam eden süreçteki diğer deprem aktivitelerinin çalışma alanına düşmüş olmasından kaynaklanabilir. Şekil 4b'de görüldüğü gibi katalogdaki deprem magnitüdüleri 1.1 ile 6.5 arasında değişim gösterir ve üstel olarak azalır. Depremlerin büyük bir kısmı 2.5-3.5 magnitüd seviyesinde değişim gösterirken $M_D=2.8$ değerinde bir maksimum söz konusudur. Deprem sayılarında son yıllarda gözlenen artışın sebebi, Şekil 1b'de görüldüğü gibi KAFZ ve civarında 2003 yılından itibaren bölge için büyük sayılabilecek depremlerin sayısındaki artış olarak verilebilir. Ayrıca, bu bölgelerde son yıllarda kurulmuş olan istasyonların sayısında olan artışla birlikte gerçek zamanlı verilerin kayıt edilmesi de bu artış üzerinde etkilidir. Şekil 3'te görüldüğü gibi zamanın bir fonksiyonu olarak $M_D \geq 2.8$ olan ayrıştırılmış depremlerin kümülatif sayıları orijinal kataloga kıyasla daha düz bir eğime sahiptir. Dolayısıyla, Reasenber (1985) algoritması kullanılarak yapılan ayrıştırma işlemi bağımlı olayları katalogdan çıkarmış ve sonuçta deprensellik oran değişimleri için daha homojen, güvenilir ve tekdüze bir deprem kataloğu elde edilmiştir. Sismik durgunluk ve magnitüd-deprem sayısı ilişkisini araştırabilmek için, hareketli pencere tekniği ile M_c -değerinin zamanla değişimi analiz edilmiştir.

Şekil 3. $M_D \geq 1.1$ olan 2500 depremi içeren orijinal katalog ve $M_D \geq 2.8$ olan 1336 depremi içeren ayrıştırılmış katalog için kümülatif deprem sayısının zamanla değişimi.



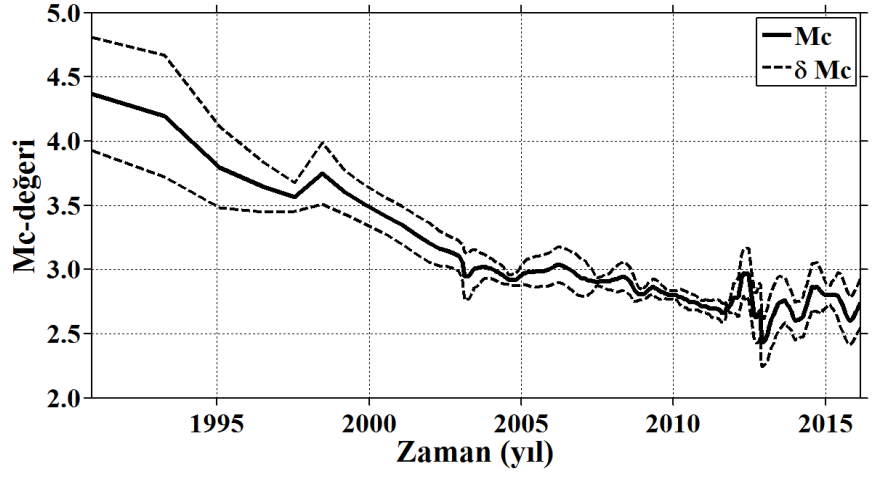
Şekil 4. Gümüşhane ve civarı için 1970-2016 yılları arasındaki (a) zaman histogramı (b) magnitüd histogramı.

Şekil 5, Gümüşhane ve civarı için M_c -değerinin zamanla değişimini göstermektedir. M_c -değerinin analizinde $M_D \geq 1.1$ olan ve 2500 depremi içeren orijinal deprem kataloğu kullanılmış ve M_c -değeri pencere başına 100 örnek kullanılarak hesaplanmıştır. M_c -değeri 2000 yılına kadar oldukça yüksektir ve 3.5-4.5 arasında değişim gösterirken 2000-2005 yılları arasında $M_c=3.0$ seviyesine kadar azalım gösterir. Daha sonra 2005 yılından itibaren 3.0'dan daha düşük değerler sergiler ve 2005-2016 yılları arasında 2.5 ile 3.0 seviyelerinde değişim gösterir. M_c -değeri zamanla sabit bir değer değildir ve birçok depremsellik çalışmasında büyük bir öneme sahiptir. Sonuç olarak Gümüşhane ve civarı

için M_c -değeri 2.5-3.0 arasında değişim gösterir ve istatistiksel analizlerde ortalama olarak $M_c=2.8$ kabul edilmiştir.

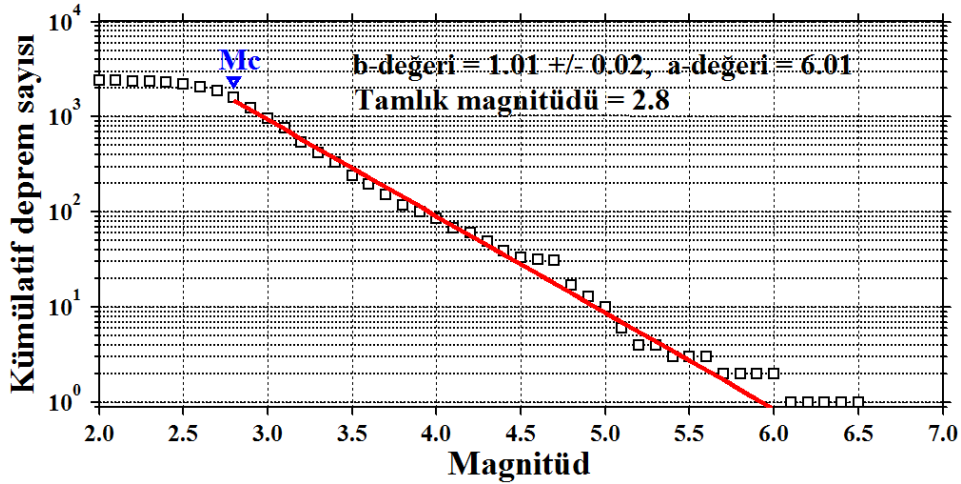
Gutenberg-Richter ilişkisindeki b -değeri ve standart sapması maksimum olasılık yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır çünkü en küçük kareler yöntemine kıyasla daha doğru bir yaklaşım sunar (Aki, 1965). Şekil 6, Gümüşhane ve civarı için Gutenberg-Richter ilişkisini ve b -değerini göstermektedir. Orijinal deprem kataloğu kullanılarak M_c -değeri 2.8 olarak alınmış ve $b=1.01 \pm 0.02$ olarak hesaplanmıştır. Tektonik depremler genellikle $b \approx 0.5-1.5$ arasındaki değerlerle karakterize edilir.

Şekil 5. Gümüşhane ve civarı için 1970-2016 arasında M_c -değerinin zamanla değişimi. Şekil üzerinde standart sapma (δM_c) değeri de verilmiştir. M_c -değeri pencere başına 100 deprem kullanılarak grafiklenmiştir.



Hesaplanan değerden de görüleceği gibi, Gümüşhane ve civarı için b -değeri tektonik depremlerin genel karakteristiği ile uyumludur yani depremlerin magnitüd-

frekans dağılımı tipik olarak ortalama $b=1.0$ ile verilen Gutenberg-Richter ilişkisi ile çok iyi temsil edilir.



Şekil 6. Gümüşhane ve civarı için 1970-2016 arasındaki tüm depremler için Gutenberg-Richter ilişkisi ve magnitüd-frekans dağılımı. Gutenberg-Richter ilişkisindeki a -değeri ile birlikte tamlık magnitüdü, b -değeri ve standart sapması da şekil üzerinde verilmiştir.

Gümüşhane ve civarı için b -değerinin zamanla değişimi Şekil 7'de verilmiştir. b -değerinin zamanla değişimi pencere başına 300 depremlik bir örnekleme ile hesaplanmıştır. 2003 yılı başlarına kadar b -değerinde sistematik bir artış söz konusudur ve $b \sim 1.5$ değerine kadar yükselmiştir. Bununla birlikte bölge için büyük sayılabilecek hiçbir deprem olmamasına rağmen 2003-2004 yılları arasında b -değerinde bir düşüş gözlenmiş ve $b \sim 1.3$

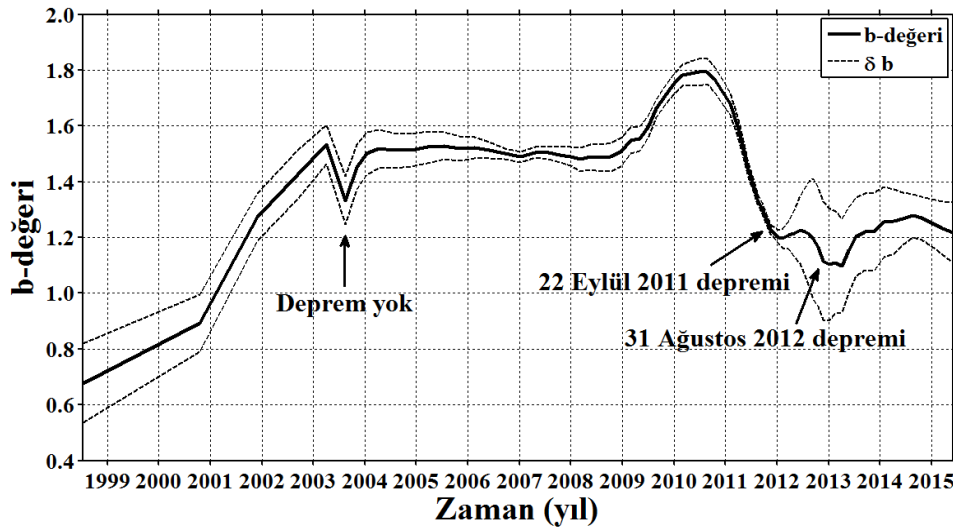
civarına kadar azalmıştır. 2004-2009 yılları arasında $b \sim 1.5$ değerinde durağan bir dağılım gösteren b -değeri 2010 yılının sonlarına kadar sistematik bir artış göstermiş ve $b \sim 1.8$ civarına kadar yükselmiştir. 2011 yılından itibaren keskin bir düşüş gösteren b -değeri, 2013 yılına kadar azalmaya devam etmiştir. Öztürk (2011), ana şoklardan önce b -değerinde gözlenen düşüşe gerilmedeki bir atışın neden olabileceğini ve bu tür anomalilerin gelecek depremlerin tahmininde

kullanılabileceğini ifade etmiştir. Şekil 7’de görüldüğü gibi, 22 Eylül 2011 ve 31 Ağustos 2012 depremlerinden önce b -değerlerinde güçlü azalmalar söz konusudur. Bununla birlikte b -değeri genel olarak 1.0’dan büyüktür ve 2013 yılından itibaren bir artış eğiliminde olan b -değeri 2014 yılından itibaren $b \approx 1.3$ değerinde durağan bir dağılım göstermektedir.

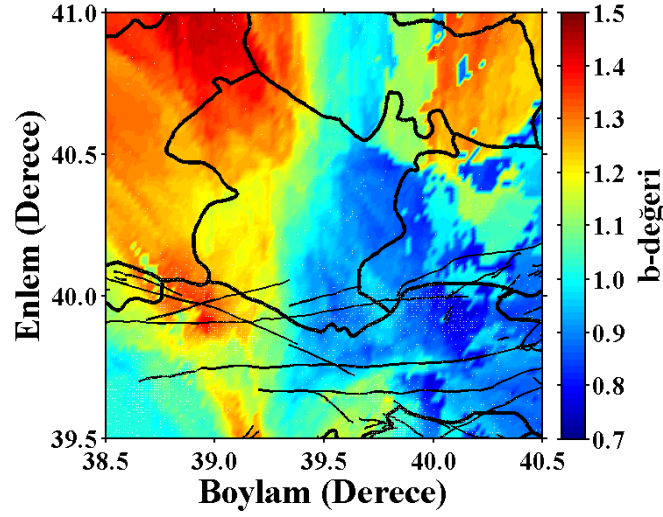
Gümüşhane ve civarı için b -değerinin bölgesel değişimi, orijinal deprem kataloğu kullanılarak $0.02^\circ \times 0.02^\circ$ ’lik bir grid aralığı ile pencere başına 400 deprem alınarak maksimum olasılık yöntemiyle haritalanmış ve Şekil 8’de verilmiştir. b -değeri bölgesel olarak 0.7-1.5 arasında değişim göstermektedir. En yüksek b -değerleri (>1.2) Kürtün, Torul ve Şiran’ı içine alan batı ve kuzey batı kısımlar ile Şiran’ın güneyinde hesaplanmıştır. En düşük b -değerleri ise (<0.9) Kelkit ve Köse’yi içine alan doğu ve kuzey doğu kısımlar ile Köse’nin kuzeyinde ve Kelkit’in güneyinde gözlenmiştir. Bir bölge için b -değeri yalnızca büyük ve küçük depremlerin sayısını yansıtmaz aynı zamanda bölgedeki gerilme koşullarıyla da ilişkilidir (Utsu, 1971). Genel olarak, Gutenberg-Richter yöntemi kullanılarak maksimum olasılık yöntemiyle tahmin edilen b -değerleri

tektonik ve deprenselliğe iyi bir uyum sağlamaktadır ve düşük b -değerlerinin gözlemlendiği bölgelere dikkat edilmelidir.

Şekil 9, Gümüşhane ve civarındaki depremler için farklı magnitüd seviyelerindeki yıllık olasılıkları ve tekrarlama zamanlarını göstermektedir. Şekil 9a’da görüldüğü gibi, farklı magnitüd seviyelerindeki deprem oluşumlarının yıllık olasılıkları 3.5-4.0 magnitüd seviyeleri arasında nispeten 1’den daha yüksek değerler gösterirken 4.0’dan daha küçük magnitüd seviyeleri için 1’den daha küçük yıllık olasılıklar göstermektedir. Şekil 9b, farklı magnitüd seviyeleri için deprem oluşumlarının tekrarlama zamanlarını göstermektedir. Şekil 9b’den görüldüğü gibi depremlerin tekrarlama zamanları, 3.5-5.0 magnitüd seviyeleri arasında 10 yıldan daha az iken 5.0-6.0 magnitüd seviyeleri için 10-100 yıl arasında ve 6.0’dan daha büyük magnitüd seviyeleri içinse 100 yıldan daha fazladır. Genel bir sonuç olarak, belirli magnitüd seviyeleri için deprem oluşumlarının tekrarlama zamanları ve olasılıkları üzerine yapılan bu analizler, Gümüşhane ve civarının bölge için büyük sayılabilecek deprem oluşumları açısından kısa vadede önemli bir deprem tehlikesi potansiyeline sahip olmadığını göstermektedir.



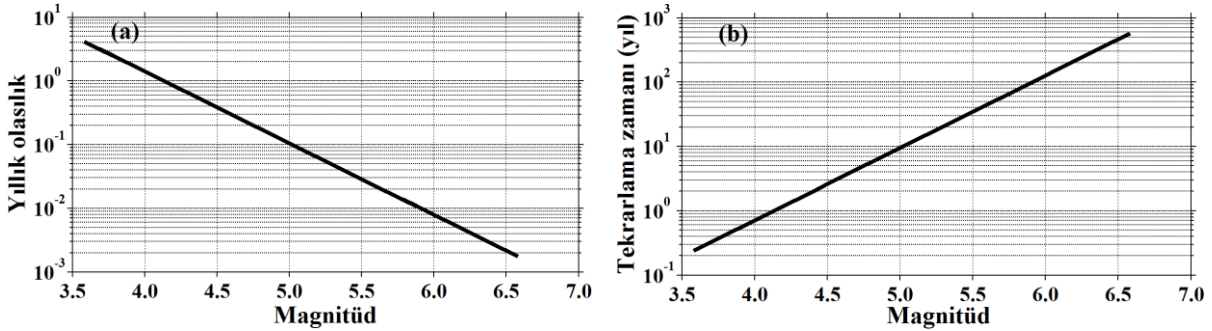
Şekil 7. Gümüşhane ve civarı için b -değerinin zamanla değişimi. b -değeri pencere başına 300 örnek kullanılarak hesaplanmıştır. b -değerinin standart sapması da (δb) şekil üzerinde verilmiştir. Oklar, Gümüşhane ve civarındaki güçlü depremlerin oluşumundan önce b -değerindeki düşüşleri göstermektedir.



Şekil 8. Gümüşhane ve civarı için sismotektonik b -değerinin bölgesel değişim haritası.

Gümüşhane ve civarı için 2016 yılı ortalarında standart normal sapma Z -değerinin bölgesel değişimleri Şekil 10 'da gösterilmiştir. Her bir Z -değeri farklı renklerle tanımlanmıştır. En düşük Z -değeri mavi renkle gösterilmiştir ve depremsellik oran değişimlerinin önemli olmadığını gösterir. Buna karşın en yüksek Z -değeri kırmızı renkte verilmiştir ve depremsellik oranında bir azalmayı gösterir. Daha öncede ifade edildiği gibi, Z -değerinin bölgesel değişim haritasını oluşturabilmek için $M_D \geq 2.8$ olan ve Reasenber (1985) ile

ayrıştırılmış deprem kataloğu kullanılmıştır. Çalışma alanı enlem ve boylamda $0.02^\circ \times 0.02^\circ$ lik grid aralıklarına bölünmüş ve birkaç testten sonra her bir grid aralığı için en yakın episantrların sayısı $N=75$ ve örnekleme aralığı 28 gün alınarak $T_w=4.5$ yıllık bir hareketli zaman penceresi ile 2016 yılı ortalarında sismik durgunluk Z -değerinin güncel değişimi haritalanmıştır. Öncü sismik durgunluğun süresi hesaplanması gereken önemli bir parametredir ve güvenilir sonuçlar için hesapların seçilen T_w değerinden bağımsız olması istenir.



Şekil 9. Gümüşhane ve civarındaki deprem oluşumları için farklı magnitüd seviyelerindeki (a) yıllık olasılıklar (b) tekrarlama zamanları.

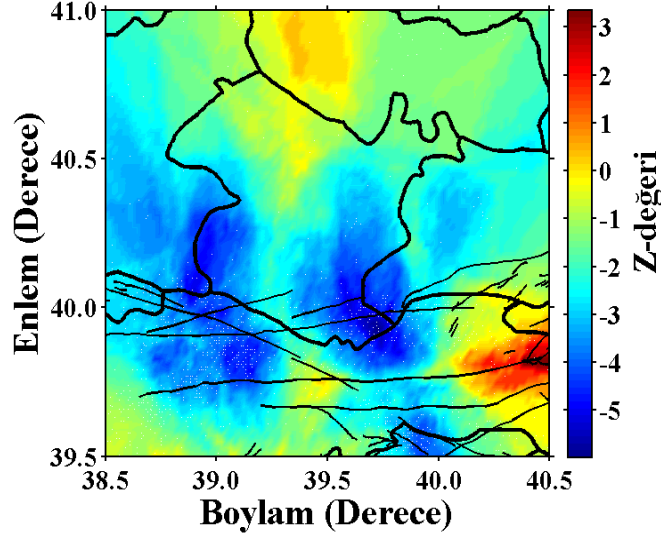
Arabasız ve Wyss (1996), büyük depremlerden önceki sismik durgunluk süresinin ortalama 4.5 ± 3 yıl olduğunu ifade etmişlerdir. Dolayısıyla, sismik durgunluğun ne zaman sona ereceği bilinmediği için zaman penceresi 1.5-5.5 yıl arasında değiştirilir. Çünkü bu değer dünyanın farklı

bölgeleri için, kabuksal ana şoklardan önce rapor edilen sismik durgunluk oranı ile uyumludur (Wyss, 1997). Sismik durgunluğun görüntüsü zaman penceresinin uzunluğuna bağlıdır ve pencerenin uzunluğu artarsa LTA fonksiyonunun istatistiksel güvenilirliği de artar (Wiemer ve Wyss,

1994). Çalışma kapsamında T_w 'nin farklı değerleri için yapılan analizlerden sonra zaman penceresi $T_w=4.5$ yıl olarak alınmıştır çünkü deprensellik oran değişimlerinin en net görüntüsü bu zaman penceresi için elde edilmiştir. Sonuç olarak N ve T_w , sismik durgunluk sinyalinin daha net görüntüleyebilmek için değiştirilir ve bu seçim sonuçları etkilemez. Şekil 10, Gümüşhane ve civarı için Z -değerinin

bölgesel dağılımını göstermektedir. Şekil 10'da görüleceği gibi Gümüşhane sınırları içerisinde 2016 yılı ortalarında herhangi bir önemli sismik durgunluk anomalisi gözlenmemiştir. Dolayısıyla, güncel deprem aktivite oranında herhangi bir dalgalanma yoktur ve bu sonuç, Gümüşhane sınırları içerisinde öncül sismik durgunluk açısından önemli bir deprem tehlikesi potansiyelinin olmadığını gösterir.

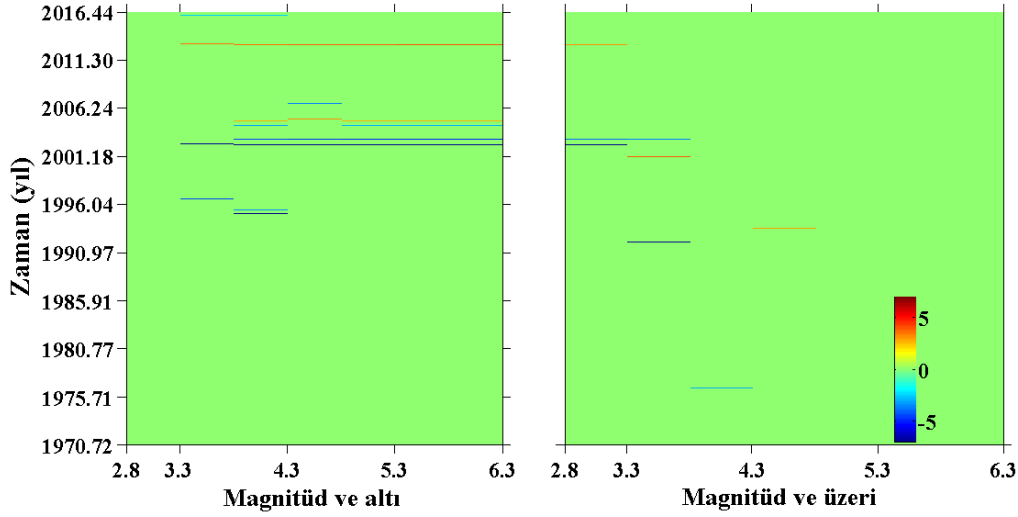
(LTA); 1970.7219-2016.484 - kesme zamanı: 2011.984; $iwl = 4.5$ yıl



Şekil 10. Gümüşhane ve civarı için $T_w (iwl)=4.5$ yıllık zaman penceresi ile 2016 yılı ortalarında Z -değerinin bölgesel değişimi. Z -değerinin haritalanmasında $M_D \geq 2.8$ olan ve 1336 depremi içeren ayrıştırılmış deprem kataloğu kullanılmıştır.

Gümüşhane ve civarı için deprem kataloğundaki önemli oran değişimlerinin tümünü görebilmek için *GENAS* (Habermann, 1983) algoritması kullanılmıştır. *GENAS*, farklı magnitüd değerleri için kümülatif sayıları hesaplar ve gözlenen değişimleri ayrı ayrı ortaya koyar. Magnitüd aralıklarının ayrı ayrı araştırılmasının amacı, belirgin değişimlerin olduğu magnitüd bandlarını birbirinden ayırmaktır. Şekil 11, farklı magnitüd aralıkları için önemli değişimleri ortaya koyan *GENAS* sonuçlarını göstermektedir. Bu algoritma, verinin sonundan başlayarak farklı magnitüd bandları için sismik aktivitedeki önemli değişimleri araştırır ve zamanın bir fonksiyonu olarak ortaya koyar. Şekil 11'de verilen tüm magnitüd bandları için "magnitüd ve altı", M_D 'den daha küçük bir magnitüde sahip tüm

depremleri, "magnitüd ve üzeri" ise M_D 'den daha büyük bir magnitüde sahip tüm depremleri ifade eder. Şekil 11'de görüldüğü gibi, 2002, 2003, 2004 ve 2016 yıllarında küçük depremlerin sayısında önemli artışlar gözlenirken, 2005 ve 2013 yıllarında küçük depremlerin sayısında güçlü azalmalar söz konusudur. Ayrıca, 1995, 1996 ve 2007 yıllarında küçük depremlerin sayısında küçük artışlar mevcuttur. Bununla birlikte, 1976, 1992, 2002 ve 2003 yıllarında büyük depremlerin sayısında bir artma gözlenirken 1993, 2001 ve 2013 yıllarında büyük depremlerin sayısında bir azalma söz konusudur. Sonuç olarak, *GENAS* sonuçları ile sismik durgunluk değişimleri, deprensellik oran değişimlerinin detaylı olarak analiz edilmesine olanak sağlar.



Şekil 11. $M_D \geq 2.8$ olan ayrıştırılmış deprem kataloğu için GENAS sonuçları. Zamanın bir fonksiyonu olarak önemli deprensellik oran değişimleri gösterilmiştir. Magnitüd bandının bir fonksiyonu olarak deprensellik oran değişimlerinin zamanları, düşüşler için kırmızı renkte artışlar içinse mavi renkte % 99 güven seviyesinde verilmiştir.

Deprem aktivitesinin bölgesel ve zamana bağlı değişimlerinin analizi edilmesi ile gerek Türkiye gerekse dünyanın farklı birçok bölgesi için deprem istatistiği çalışmaları bir ivme kazanmıştır. Ülkemizde özellikle 17 Ağustos 1999 İzmit ($M_w=7.4$) ve 12 Kasım 1999 ($M_w=7.2$) depremleri ile birlikte Türkiye'nin farklı birçok bölgesi için deprem tehlikesi üzerine yapılan çalışmalar atış göstermiştir. Depremlerin olma potansiyeli ve olası yerlerinin doğru olarak tahmin edilebilmesi için istatistiksel analizlerde kullanılan veri sayısı oldukça önemlidir. Dolayısıyla, deprensellik çalışmalarında daha güvenilir sonuçların elde edilebilmesi için maksimum veri sayısının kullanılmasına ve buda istasyon sayısının artmasıyla birlikte küçük depremlerin daha fazla kayıt edilmesine bağlıdır. Ülkemizde, özellikle 2000'li yıllardan sonra istasyon sayısındaki artışla birlikte daha fazla küçük deprem kaydedilmeye başlanmış ve buda deprem istatistiği üzerine yapılan çalışmaları olumlu yönde etkilemiştir. Gümüşhane ili tektonik ve deprensellik açısından tehlikeli bir bölge olmamasına karşın, Türkiye'nin en aktif doğrultu atımlı fay zonlarından biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonuna olan yakınlığı nedeniyle bu civarda oluşabilecek büyük depremlerden etkilenme potansiyeli olan bir bölgedir. Sonuç olarak, Gümüşhane ve

civarındaki deprem istatistiği çalışmaları deprem sayısının son yıllarda artış göstermesi ile daha güvenilir bir şekilde yapılmıştır.

6. Sonuçlar

Bu çalışmada, Gümüşhane ve civarında 2016 yılı ortalarındaki güncel deprem aktivitesinin bölgesel ve zamana bağlı olarak istatistiksel bir analizi yapılmış ve deprem tehlikesi açısından bölgesel ve zamana bağlı olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, sismotektonik b -değeri, sismik durgunluk Z -değeri, tamlık magnitüdü M_c -değeri, depremlerin bölge-zaman-magnitüd dağılımları, deprem oluşma olasılıkları ve tekrarlama zamanları gibi birçok istatistiksel parametre kullanılmıştır. İstatistiksel analizler ZMAP tekniği kullanılarak yapılmıştır. Deprem kataloğu Boğaziçi Üniversitesi KRDAE'den temin edilmiştir. Katalog süre magnitüdü M_D 'ye göre homojendir ve 21 Eylül 1970-26 Haziran 2016 yılları arasında 45.76 yıllık bir zaman periyodunda $M_D \geq 1.1$ olan 2500 depremi içermektedir.

Gümüşhane ve civarındaki deprensellik 2003-2011 yılları arasında önemli bir artış gösterirken 2011 yılında tekrar bir azalım sürecine girmiştir. Deprem oluşumları genellikle 2.5-3.5 magnitüd aralığında

değişim gösterirken 2.8 civarında bir maksimuma sahiptir. Gümüşhane ve civarı için tamlik magnitüdü $M_c=2.8$ olarak alınmış ve Gutenberg-Richter ilişkisindeki b -değeri 1.01 ± 0.02 olarak hesaplanmıştır. Bu değer tektonik depremler için ortalama $b=1.0$ ile verilen Gutenberg-Richter ilişkisi ile çok iyi temsil edilir. b -değeri zaman içerisinde ana şok oluşumlarından önce önemli azalmalar göstermekle birlikte son yıllarda önemli bir düşüş söz konusu değildir. Düşük b -değerleri (<0.9) Kelkit ve Köse'yi içine alan doğu ve kuzey doğu kısımlar ile Köse'nin kuzeyinde ve Kelkit'in güneyinde gözlenmiştir ve düşük b -değerlerinin gözlemlendiği bu bölgeler gelecekteki olası deprem tehlikesi açısından önem arz etmektedir. Belirli magnitüd seviyeleri için deprem oluşumlarının tekrarlamaya zamanları ve olasılıkları üzerine yapılan analizler, Gümüşhane ve civarının bölge için büyük sayılabilecek deprem oluşumları açısından kısa vadede önemli bir deprem tehlikesi potansiyeline sahip olmadığını ortaya koymaktadır. Depremsellik oran değişimlerinin hesabı için $M_D \geq 2.8$ olan ve 1336 depremi içeren ayrıştırılmış deprem kataloğu kullanılmıştır. Gümüşhane ve civarında 2016 yılı ortalarında herhangi bir öncü durgunluk anomalisi gözlenmemiştir ve buda, güncel depremsellik oranında önemli bir sismik durgunluğun olmadığını ortaya koyar. Sonuç olarak istatistiksel analizler, Gümüşhane sınırları içerisinde kısa vadede önemli bir deprem potansiyelinin olmadığını ortaya koyar.

Teşekkür

İstatistiksel analizler için ZMAP yazılımını sağlayan Prof. Dr. Stefan Wiemer'e ve yapıcı katkılarından dolayı hakem kuruluna teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca deprem kataloğunu temin etmemde yardımcı olan Boğaziçi Üniversitesi KRADE'ye teşekkür ederim.

7. Kaynaklar

Aki, K., 1965. Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits, Bulletin of the

Earthquake Research Institute, Tokyo University, 43, 237-239.

Arabasz, W. J. ve Hill, S. J., 1996. Applying Reasenberg's cluster analysis algorithm to regional earthquake catalogs outside California (abstract), Seismological Research Letters, 67(2), p. 30.

Arabasz, W. J. ve Wyss, M., 1996. Significant precursory seismic quiescence in the extensional Wasatch front region Utah, EOS Trans. AGU 77, F455.

Awad, H., Mekkavi, M., Hassib, G. ve Elbohoty, M., 2005. Temporal and three dimensional spatial analysis of seismicity in the Lake Aswan area, Egypt, Acta Geophysica Polonica 53(2), 152-166.

Bayrak, Y., Öztürk, S., Çınar, H., Kalafat, D., Tsapanos, T. M., Koravos, G. Ch. ve Leventakis, G. A., 2009. Estimating earthquake hazard parameters from instrumental data for different regions in and around Turkey, Engineering Geology, 105, 200-210.

Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey-a synthesis, Geodinamica Acta, 14, 3-30.

Chouliaras, G. ve Stavrakakis, G. N., 2001. Current seismic quiescence in Greece: Implications for seismic hazard, Journal of Seismology, 5, 595-608.

Console, R., Montuori, C. ve Murru, M., 2000. Statistical assessment of seismicity patterns in Italy: Are they precursors of subsequent events?, Journal of Seismology, 4, 435-449.

Frohlich, C. ve Davis, S., 1993. Teleseismic b -values: Or, much ado about 1.0, Journal of Geophysical Research, 98(B1), 631-644.

Gutenberg, B. ve Richter, C. F., 1944. Frequency of earthquakes in California,

- Bulletin of the Seismological Society of America, 34, 185-188.
- Habermann, R. E., 1983. Teleseismic detection in the Aleutian Island arc, Journal of Geophysical Research, 88 (B6), 5056-5064.
- Katsumata, K. ve Kasahara, M., 1999. Precursory seismic quiescence before the 1994 Kurile earthquake (Mw=8.3) revealed by three independent seismic catalogs, Pure Applied Geophysics, 155, 443-470.
- Ormeni, R., Öztürk, S. ve Gjuzi, O., 2016. Regional and temporal evaluation of seismicity in the Vlora-Elbasani-Dibra Transversal Fault Zone, Albania, 3rd International Balkans on Challenges of Civil Engineering, 3-BCCCE, 10-20 pp., Tirana, Albania.
- Öncel, A. O. ve Wilson, T. H., 2007. Anomalous seismicity preceding the 1999 Izmit event, NW Turkey, Geophysical Journal International, 169 (1), 259-270.
- Öztürk, S., Bayrak, Y., Çınar, H., Koravos, G. Ch. ve Tsapanos, T. M., 2008. A quantitative appraisal of earthquake hazard parameters computed from Gumbel I method for different regions in and around Turkey, Natural Hazards, 47, 471-495.
- Öztürk, S., 2009. An application of the earthquake hazard and aftershock probability evaluation methods to Turkey earthquakes, PhD Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon, 346 pp (in Turkish with English abstract).
- Öztürk, S., 2011. Characteristics of Seismic Activity in the Western, Central and Eastern Parts of the North Anatolian Fault Zone, Turkey: Temporal and Spatial Analysis, Acta Geophysica, 59(2), 209-238.
- Öztürk, S. ve Bayrak, Y., 2012. Spatial variations of precursory seismic quiescence observed in recent years in the eastern part of Turkey, Acta Geophysica, 60 (1), 92-118.
- Öztürk, S. ve Sarı, M., 2013. Forecasting the location of future earthquakes based on the Pattern Informatics in the Western Anatolian Part of Turkey, 7th Congress of Balkan Geophysical Society, 18626, Tirana, Albania.
- Öztürk, S., 2014. Türkiye'nin Batı Anadolu bölgesi için deprem istatistiği ve olası güçlü depremlerin orta vadede bölgesel olarak tahmini üzerine bir çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(1), 75-93
- Öztürk, S., 2015a. Fractal Dimension of Seismicity and a Modeling on the Intermediate-Term Forecasting for the Locations of Expected Strong Earthquakes: Eastern Anatolian Region, Turkey, Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute, 5(1), 1-23.
- Öztürk, S., 2015b. A study on the correlations between seismotectonic b -value and D_c -value, and seismic quiescence Z -value in the Western Anatolian region of Turkey, Austrian Journal of Earth Sciences, 108 (2), 172-184.
- Polat, O., Gok, E. ve Yılmaz, D., 2008. Earthquake hazard of the Aegean Extension region (West Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences, 17, 593-614.
- Reasenber, P. A., 1985. Second-order moment of Central California seismicity, 1969-1982, Journal of Geophysical Research, 90 (B7), 5479-5495.
- Reilinger, R. E., McClusky, S. C., Oral, M.B., King, W. ve Toksöz, M. N., 1997. Global Positioning System measurements of present-day crustal

- movements in the Arabian-Africa-Eurasia plate collision zone. Journal of Geophysical Research, 102, 9983-9999.
- Şaroğlu, F., Emre, O. ve Kuşcu, O., 1992. Active fault map of Turkey, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey.
- Taş, N., Okumuş, E., Öner, Ş., Köksal, C., İcat, M. Y., Tanış, S. ve Aslan, N., 2003. Gümüşhane il çevre durum raporu, 179 sayfa, Gümüşhane Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Gümüşhane.
- Utsu, T., 1971. Aftershock and earthquake statistic (III): Analyses of the distribution of earthquakes in magnitude, time and space with special consideration to clustering characteristics of earthquake occurrence (1). Journal of Faculty of Science, Hokkaido University, Series VII (Geophysics), 3, 379-441.
- Wiemer, S. ve Wyss, M., 1994. Seismic quiescence before the Landers (M=7.5) and Big Bear (M = 6.5) 1992 earthquakes, Bulletin of the Seismological Society of America, 84, 3, 900-916.
- Wiemer, S. ve Wyss, M., 2000. Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: Examples from Alaska, the Western United States, and Japan, Bulletin of the Seismological Society of America, 90(3), 859-869.
- Wiemer, S., 2001. A software package to analyze seismicity: ZMAP, Seismological Research Letters, 72, 3, 373-382.
- Wu, Y. M. ve Chiao, Y. L., 2006. Seismic quiescence before the 1999 Chi-Chi, Taiwan, M_w 7.6 earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, 96, 1, 321-327.
- Wyss, M., 1997. Nomination of seismic quiescence as a significant precursor, Pageoph, 149(1), 3-16.

***Dianthus carmelitarum* Ekstraktının Antioksidan ve Sitotoksik Özelliklerinin İncelenmesi**

İbrahim TURAN^{1,2}, Selim DEMİR^{3*}, Rezzan ALİYAZICIOĞLU⁴
Sema MISIR⁵, Yüksel ALİYAZICIOĞLU⁶

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, 29100, Gümüşhane

²Gümüşhane Üniversitesi, Tıbbi Bitkiler, Geleneksel İlaçlar Uygulama ve Araştırma Merkezi, 29100, Gümüşhane

³Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 61080, Trabzon

⁴Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Temel Eczacılık Bölümü, Biyokimya Anabilim Dalı, 61080, Trabzon

⁵Cumhuriyet Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Temel Eczacılık Bölümü, Biyokimya Anabilim Dalı, 58140, Sivas

⁶Karadeniz Teknik Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, 61080, Trabzon

Geliş tarihi/Received 10.10.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 30.11.2016

Kabul tarihi/Accepted 05.12.2016

Öz

Dianthus carmelitarum Reut. Ex Boiss. *Dianthus* cinsi ve Caryophyllaceae familyasına mensup bir bitki olup, bu cins bitkiler sıklıkla geleneksel tedavide kullanılmaktadırlar. Farklı *Dianthus* türlerinin farklı ekstraktlarının antioksidan ve sitotoksik etkilerini konu alan çok sayıda çalışma olmasına rağmen, *D. carmelitarum* ekstraktlarının bu özellikleri ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı *D. carmelitarum*'un dimetil sülfoksitli ekstraktının antioksidan özelliklerini ve sitotoksik etkilerini belirlemektir. Ekstraktın toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı ve indirgeyici antioksidan güç tayini spektrofotometrik yöntemler kullanılarak belirlendi. Ekstraktın sitotoksik etkisi ise insan serviks (HeLa), akciğer (A549), meme (MCF-7) ve prostat (PC-3) kanser hücre serilerinde MTT yöntemi kullanılarak değerlendirildi. Ekstraktın toplam fenolik madde miktarı ve indirgeyici antioksidan güç değerleri 100 g örnek başına sırasıyla 853.9 ± 19.4 mg gallik asit eşdeğeri ve 1378.7 ± 87.4 mg troloks eşdeğeri olarak bulundu. Ekstrakt çalışılan tüm kanser hücre serileri üzerinde sitotoksik etki gösterdi ve IC_{50} değerleri 117.4-142.1 $\mu\text{g/mL}$ arasında hesaplandı. Bu çalışma *D. carmelitarum* ekstraktının kanser hücre serileri üzerindeki in vitro sitotoksik etkisini ortaya koyan ilk çalışmadır. Ekstrakttaki etken molekülleri ve bunların etki mekanizmalarını belirleyebilmek için daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Antioksidan aktivite, *Dianthus carmelitarum*, Kanser, Sitotoksisite

Investigation of Antioxidant and Cytotoxic Properties of *Dianthus carmelitarum* Extract

Abstract

Dianthus carmelitarum Reut. Ex Boiss. belongs to the genus *Dianthus* and the family Caryophyllaceae and this genus is frequently used in traditional medicine. Numerous studies have investigated the antioxidant and cytotoxic effects of various extract of different *Dianthus* species,

* Selim DEMİR, selim.demir@ktu.edu.tr, Tel: (0462) 377 88 41

but there have been no studies about the antioxidant and cytotoxic effect of *D. carmelitarum*. The aim of this study was to determine the antioxidant properties and cytotoxic effects of dimethyl sulfoxide extract of *D. carmelitarum*. The total polyphenolic contents (TPC), total flavonoid content (TFC) and reducing antioxidant power of extract were evaluated using spectrophotometric procedures. The cytotoxic effects of extract were revealed on human cervix (HeLa), lung (A549), breast (MCF-7), and prostate (PC-3) cancer cell lines using thiazolyl blue tetrazolium bromide (MTT) assay. TPC and FRAP values were 853.9±19.4 mg gallic acid equivalents and 1378.7±87.4 mg trolox equivalents per 100 g sample, respectively. The extract showed cytotoxic effects on all studied cancer cell lines and IC₅₀ values ranged from 117.4 to 142.1 µg/mL. This is the first in vitro study to investigate the cytotoxic effect of *D. carmelitarum* extract on cancer cells. Further studies are required to clarify the molecules involved and their mechanisms.

Keywords: Antioxidant activity, Cancer, Cytotoxicity, *Dianthus carmelitarum*

1. Giriş

Kanser; hücre çoğalması ve hücre ölümü arasındaki dengenin aşırı hücre proliferasyonu ya da azalmış apoptoz nedeniyle bozulması sonucu ortaya çıkan patolojik bir durumdur. Kanser oluşum sürecinde baskılanmış ya da azalmış apoptozun önemli rol oynadığı bildirilmektedir (Demir vd., 2016a). Günümüzde her yıl milyonlarca insana kanser teşhisi konulmaktadır. Amerikan Kanser Derneği verilerine göre dünya üzerindeki yıllık ölümlerin yaklaşık %2-3'ünün kanser kaynaklı olduğu ve yılda yaklaşık 3.5 milyon insanın kanserden öldüğü bildirilmektedir (Kathiresan vd., 2006). Kemoterapi, günümüzde kanser tedavisi için sık kullanılan yöntemlerden birisidir. Kemoterapötik ilaçlarla kanser hücrelerinin çoğalmasının önlenmesinde iki hedef mekanizma ön plana çıkmaktadır. Bunlar; hücre büyümesinin durdurulması ya da apoptozun aktiflenmesidir. Hücre döngüsünün durdurulması kanser hücrelerinin elimine edilmesinde etkili bir stratejidir. Apoptoz ise intrinsik ve ekstrinsik sinyal yollarındaki faktörlerin etkisiyle düzenlenmektedir (Liang vd., 2012). Son yıllarda kanser hücrelerine karşı kullanılan antikanser ilaçlara karşı direnç gelişimi ve bu ilaçların kronik kullanımının normal hücrelerde de toksisite göstermesi sebebiyle yeni nesil antikanser ajanlar geliştirme konusu oldukça popüler bir araştırma alanı haline gelmiştir. Bu amaçla gerek sentetik, gerekse de doğal ürünler yeni nesil antikanser ajan araştırmalarında sıklıkla *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarda denenmekte-

dirler (Cenic-Milosevic vd., 2013). Bitkilerin asırlardır insan ve hayvan hastalıklarıyla mücadelede kullanıldıkları bilinmektedir. Bugün klinikte kanser hücrelerinin çoğalmasını baskılamak için kullanılan modern ilaçların yaklaşık % 50'si doğal ürünlerden elde edilmektedir (Rosangkima ve Prasad, 2004). Dünya Sağlık Örgütü tahminlerine göre gelişmiş ülkelerde yaşayan insanların yaklaşık % 80'i primer sağlık sorunlarını gidermek için geleneksel tedaviye başvurmaktadır (Cenic-Milosevic vd., 2013). Bu nedenle doğal ürünlere potansiyel ilaç hammaddeleri gözüyle bakılmaktadır (Demir vd., 2016a).

Dianthus cinsi yaklaşık 300 tür içermekte olup, Kuzey Yarımküre'nin ılıman ve soğuk kuşaklarında yayılım göstermektedir (Hsieh vd., 2004). Türkiye'de ise 76 *Dianthus* türünün bulunduğu ve bunlardan 33 tanesinin endemik olduğu bildirilmektedir. *Dianthus carmelitarum* da bu endemik *Dianthus* türlerinden birisidir (Reeve, 1967; Hamzaoglu vd., 2015). *Dianthus* türleri *Caryophyllaceae* ailesine mensup tıbbi bitkiler olup halk arasında diüretik, anti-inflamatuvar, immün sistemi kuvvetlendirici ve balgam söktürücü olarak kullanıldıkları bildirilmektedir. Faydalı biyolojik etkilerinden dolayı geleneksel tedavide üriner enfeksiyon, çıban, menopoz, bel soğukluğu, öksürük ve kanser tedavilerinde kullanılmaktadırlar (Hsieh vd., 2004; Nho vd., 2012; Yu vd., 2012; Lamula ve Ashafa, 2014). *Dianthus* türlerinin alkaloidler, tanninler, saponinler, siklik peptidler ve fenolik bileşiklerce (benzoik

asidin metoksi türevleri, kuersetin, kaempferol ve dimetoksi flavon gibi) zengin olduğu bildirilmektedir (Gou vd., 2011; Yu vd., 2012; Ding vd., 2013; Lamula ve Ashafa, 2014). *Dianthus* türlerinin içerdikleri faydalı flavonoid ve steroid yapıdaki bileşiklerden dolayı antimikrobiyal, pro-apoptotik, antioksidan ve antidiyabetik etkileri belirlenmiştir (Yu vd., 2007; Yu vd., 2012; Lamula ve Ashafa, 2014; Kazeem ve Ashafa, 2015). *Dianthus* türlerinin kanser hücreleri üzerindeki sitotoksik etkinliğini konu alan çalışmalarda ise; Yu vd. (2012) *Dianthus superbis*'un etanollü ekstraktının petrol eter, etil asetat, bütanol ve su fraksiyonlarının insan karaciğer kanseri (HepG2 ve Bel-7402) ve serviks kanseri (HeLa) hücre serilerinde sitotoksik etkisini araştırmışlar ve en iyi sonuçların etil asetat fraksiyonunda elde edildiğini göstermişlerdir (Yu vd., 2007). Nho vd. (2012) ise *Dianthus chinensis*'in etanollü ekstraktının HepG2 hücre serisinde mitokondri bağımlı apoptoz yolağını aktifleyerek kaspaz aktivasyonu ile sitotoksik etki gösterdiğini rapor etmişlerdir (Nho vd., 2012). Böyle olduğu halde literatürde *Dianthus carmelitarum* ekstraktlarının sitotoksik etkinliğini konu alan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Buradan hareketle hazırlanan bu çalışmanın amacı; *Dianthus carmelitarum*'un dimetil sülfoksit (DMSO) ekstraktının antioksidan özelliklerinin tespit edilmesi ve ekstraktın insan serviks (HeLa), akciğer (A549), meme (MCF-7) ve prostat (PC-3) kanser hücre serileri üzerindeki sitotoksik etkisinin belirlenmesidir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Bitkisel Materyal

Çalışmada kullanılan *Dianthus carmelitarum* bitki örnekleri 2015 yılı yaz mevsiminde Sinop'tan toplandı. Bitkinin tür teşhisi Karadeniz Teknik Üniversitesi Eczacılık Fakültesi öğretim üyesi Prof. Dr. Ufuk Özgen tarafından yapıldı ve AEF-26695 herbaryum numarası ile Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi (AEF) herbaryumuna kaydedildi.

2.1.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Antioksidan aktivite ve sitotoksikite analizlerinde kullanılan tüm kimyasallar analitik ya da HPLC sınıfı saflıkta olup Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD) firmasından satın alındı. Hücre kültüründe kullanılan EMEM (Eagle's Minimum Essential Medium) besiyeri ile tripsin çözeltisi Lonza (Verviers, Belçika), fetal bovin serum (FBS) Biochrom (Berlin, Almanya) ve gentamisin ise Biological Industries (Kibbutz Beit Haemek, İsrail) firmalarından temin edildi.

2.1.3. Kullanılan Laboratuvar Cihazları

Bu çalışma yapılırken laboratuvar değirmeni (Retsch ZM 200, Haan, Almanya), mikropleyt okuyucu (Molecular Devices Versamax, California, ABD), hücre kültürü kabini (Heraeus KS-12, Langensfeld, Almanya), CO₂ inkübatörü (Thermo Forma 381, Marietta, ABD), ters faz mikroskop (Nikon Eclipse TS100, Tokyo, Japonya), santrifüj (Eppendorf 5804, Hamburg, Almanya) ve hassas analitik terazi (Mettler Toledo AB204-S, Greifensee, İsviçre) gibi laboratuvar cihazları kullanıldı.

2.2. Metot

2.2.1. Ekstraksiyon

Bitki numuneleri oda sıcaklığında 20 gün boyunca kurutuldu, süre sonunda toprak üstü kısımları dikkatlice ayrılıp laboratuvar değirmeni yardımıyla toz haline getirildi. Toz haline getirilmiş örneklerden 0.5 g alınarak 10 mL saf DMSO ile karıştırıldı. Karışım iyice vortekslendikten sonra 45°C'de 150 rpm'de sürekli çalkalanarak 24 saat inkübasyona bırakıldı. İnkübasyondan sonra karışım 1800×g'de 10 dakika santrifüjlendi. Süpernatant süzgeç kağıdından süzüldü ve ardından 0.22 µm'lik filtrelerden geçirildi. Elde edilen DMSO'lu ekstrakt deneylerde kullanılmak üzere alikotlanıp -20°C'de, karanlıkta saklandı.

2.2.2. Ekstraktın Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi

2.2.2.1. Toplam Fenolik Madde Tayini

Ekstraktın toplam fenolik madde içeriği, modifiye edilmiş Folin-Ciocalteu metoduna göre spektrofotometrik olarak belirlendi (Slinkard ve Singleton, 1977). 12.5 µL örnek, 62.5 µL Folin reaktifi (1:10 saf su ile seyreltilmiş) ve 125 µL % 20'lik sodyum karbonat çözeltisi ile karıştırılıp oda sıcaklığında, karanlıkta 30 dakika inkübe edildi. Süre sonunda 760 nm'de mikropleyt okuyucuda absorbans ölçümü gerçekleştirildi. Standart olarak gallik asit kullanıldı ve toplam fenolik madde miktarı mg gallik aside eşdeğer/g örnek olarak hesaplandı.

2.2.2.2. Toplam Flavonoid Madde Tayini

Ekstraktın toplam flavonoid içeriği, alüminyum klorür kolorimetrik metodu ile belirlendi (Moreno vd., 2000). 20 µL örnek; 172 µL % 80'lik etanol, 4 µL % 10'luk alüminyum klorür ve 4 µL 1 M potasyum asetat çözeltisi ile karıştırılıp oda sıcaklığında, karanlıkta 40 dakika inkübe edildi. Süre sonunda 415 nm'de mikropleyt okuyucuda absorbans ölçümü gerçekleştirildi. Standart olarak kuersetin kullanıldı ve toplam flavonoid madde miktarı mg kuersetine eşdeğer/g örnek olarak hesaplandı.

2.2.2.3. Demir İndirgeyici Gücün Belirlenmesi

Demir indirgeyici gücün belirlenmesi için Oyaizu'nun geliştirdiği yöntem modifiye edilerek kullanıldı (Oyaizu, 1986). 40 µL numune; 100 µL 0.2 M fosfat tamponu (pH:6.6) ve 100 µL potasyum ferrisiyanat ile karıştırılıp, karanlıkta 50°C'de 20 dakika inkübe edildi ve süre sonunda su altında soğutuldu. Karışımın üzerine 100 µL % 10'luk trikloroasetik asit ilave edildi ve karışım 3000×g'de 10 dakika santrifüjlendi. Üst fazlardan 100'er µL örnek alınarak 96 kuyucuklu mikropleyte aktarıldı ve üzerine 100 µL distile su ve 20 µL demir (III) klorür ilave edildi. Son karışım oda sıcaklığında, karanlıkta 5 dakika inkübe edildi. Süre sonunda 700 nm'de mikropleyt okuyucuda absorbans ölçümü gerçekleştirildi. Standart olarak troloks kullanıldı ve demir indirgeyici

güç mg troloksa eşdeğer/g örnek olarak hesaplandı.

2.2.3. Hücre Kültürü

Çalışmada kullanılan HeLa, A549, MCF-7 ve PC-3 insan kanser hücre serileri Amerikan Tıp Kültür Koleksiyonu (ATCC)'den satın alındı. Hücreler % 10 fetal bovine serum (FBS) ve % 1 gentamisin ile zenginleştirilmiş L-glutamin içeren EMEM besiyeri içerisinde % 5 CO₂ ortamında, 37°C'de, T-75'lik flasklarda, inkübatörde çoğaltıldı.

2.2.3.1. Sitotoksikite Analizleri

Ekstraktın kanser hücre serileri üzerindeki sitotoksik etkisinin belirlenmesinde MTT metodu (Mosmann, 1983) modifiye edilerek kullanıldı. Sitotoksikite deneylerinde pozitif kontrol olarak cisplatin kullanıldı. Cisplatin DMSO ile çözüldü ve ara stok çözeltileri hücre kültürü besiyeri ile hazırlandı. Hücrelerin maruz kaldığı final DMSO konsantrasyonu tüm deneylerde % 0.5'in altında tutuldu. Tripsinizasyon ile flasklardan kaldırılan hücreler sayıldıktan sonra 96 kuyucuklu steril hücre kültür pleytinin her kuyucuğuna 5000 hücre düşecek şekilde 200 µL besiyeri içinde ekildi. Başlangıçtan 24 saat sonra; pleytler inkübatörden alındı, içerikleri uzaklaştırıldı ve her bir kuyucuğa 200'er µL taze besiyeri eklendi. Taze besiyerleri üzerine son konsantrasyonları 5-500 µg/mL olacak şekilde ekstraktan ve 1-10 µg/mL olacak şekilde cisplatin çözeltisinden uygun hacimlerde ilaveler yapıp hücrelerin bu maddelerin farklı konsantrasyonları ile 37°C'de 72 saat inkübasyonu sağlandı. Süre sonunda pleyt içerikleri uzaklaştırıldı ve bütün kuyucuklara 190'er µL taze besiyeri eklendi. Her bir kuyucuğa son konsantrasyonu 0.25 mg/mL olacak şekilde 10'er µL MTT boyası eklendi ve pleytler 3 saat daha 37°C'de inkübe edildi. İnkübasyon sonunda pleyt içerikleri uzaklaştırıldı. Her bir kuyucuğa 200'er µL DMSO eklendi ve pleytler formazan kristallerin çözünmesi için 90 dakika çalkalayıcıda bekletildi. Her bir kuyucukta oluşan mor tonundaki rengin absorbansı mikropleyt okuyucuda 570 nm dalga boyunda okundu. Her örneğin her bir

konsantrasyonu için elde edilen absorban değerinin, herhangi bir muamele görmeyen kontrol absorban değerine oranı 100 ile çarpılarak her bir maddenin her bir konsantrasyonu için % hücre canlılık değerleri hesaplandı. Elde edilen % hücre canlılığı değerlerinin logaritmik konsantrasyona karşı grafiğe geçirilmesi ile elde edilen grafikten her bir hücre serisinde ekstrakt ve cisplatin için IC₅₀ (yarı maksimum inhibitör konsantrasyonu) değerleri elde edildi.

2.2.4. İstatistiksel Analiz

Sonuçlar üç bağımsız deneyin ortalaması ve standart sapma (mean±SD) alınarak hesaplandı. Deney sonuçları, SPSS (Statistics Program for Social and Science) 13.0.1 istatistik programına yüklenerek normal dağılıma uygunlukları Kolmogorov-Smirnov testi ile kontrol edildi. Normal dağılıma uygun oldukları görüldükten sonra ANOVA testi, gruplar arasındaki ilişkinin ortaya konabilmesi için ise post-hoc Tukey analizleri kullanıldı. p<0.05; istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

3. Bulgular ve Tartışma

Oksidatif stres reaktif oksijen türlerinin miktarının arttığı ve/veya bu radikalleri temizlemekle görevli antioksidan sistemin gücünün azaldığı durumlarda ortaya çıkabilen patolojik bir durumdur. Günümüzde oksidatif stresin kanser, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar gibi pek çok patolojik durumun etiolojisinde rol aldığına inanılmaktadır (Aliyazicioglu vd., 2011). Antioksidan aktivite bu nedenle insan sağlığı için önem arz etmektedir ve özellikle son yıllarda pek çok biyolojik aktivitenin de antioksidan etkiden

kaynaklandığı ileri sürülmeye başlanmıştır. Doğal ürünlerin de sahip oldukları fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri nedeniyle canlıları oksidatif stres ile ilişkili kronik hastalıklara karşı koruyabileceğine inanılmaktadır. Test edilen doğal bir ürünün antioksidan aktivitesinin belirlenmesi, bu nedenle daha geniş kapsamlı çalışmalar için bir başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir (Kaur ve Kapoor, 2001). Bitkisel ekstraktların *in vitro* antioksidan özelliklerinin belirlenmesinde pek çok yöntem kullanılmakta olup, çalışmalarda en az iki bağımsız yöntem yer verilmesi gerektiği önerilmektedir (Nuutila vd., 2003). Toplam fenolik ve flavonoid madde tayinleri kullanışlı, hızlı ve ucuz olmalarından dolayı bitkisel ekstraktların antioksidan özelliklerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadırlar. Demir indirgeyici güç yöntemi ise sıklıkla bir bileşiğin antioksidan gücünü belirlemek için tercih edilmektedir (Turan vd., 2015a). Bu nedenlerden dolayı çalışmada hazırlanan DMSO'lu *Dianthus carmelitarum* ekstraktının antioksidan özellikleri, toplam fenolik madde tayini, toplam flavonoid madde tayini ve indirgeyici güç analizi metodları kullanılarak belirlendi ve sonuçlar Tablo 1'de gösterildi.

Cai vd. (2004) *Dianthus superbus*'un metanollü ve sulu ekstraktının toplam fenolik madde içerik değerlerini sırasıyla 590 ve 690 mg gallik asit eşdeğeri/100 g örnek olarak belirlerken (Cai vd., 2004), Gou vd. (2011) *Dianthus superbus*'un sulu ekstraktının toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerini sırasıyla 2404 mg gallik asit eşdeğeri/100 g örnek ve 327 mg rutin eşdeğeri/100 g örnek olarak rapor etmişlerdir (Gou vd., 2011).

Tablo 1. *Dianthus carmelitarum* ekstraktının antioksidan özellikleri

Antioksidan Aktivite Tayin Yöntemi	
<i>Toplam fenolik madde miktarı*</i>	853.9±19.4
<i>Toplam flavonoid madde miktarı**</i>	636.5±13.1
<i>Demir indirgeyici güç***</i>	1378.7±87.4

*Toplam fenolik madde miktarı mg gallik aside eşdeğer/100 g örnek olarak verildi.

** Toplam flavonoid madde miktarı mg kuersetine eşdeğer/100 g örnek olarak verildi.

*** Demir indirgeyici güç mg troloksa eşdeğer/100 g örnek olarak verildi.

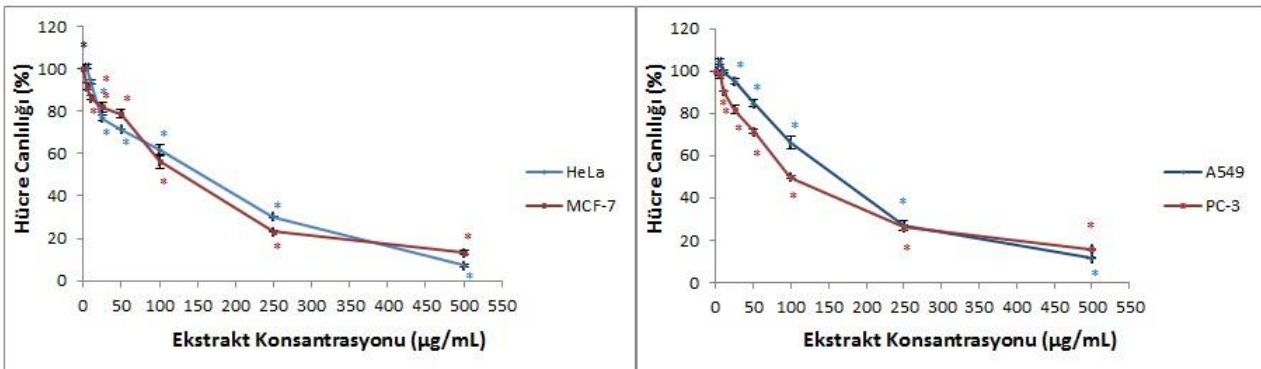
Tüm ölçümler üç kere tekrarlandı ve sonuçlar aritmetik ortalama±standart sapma olarak verildi.

Dianthus chinensis'in etanollü ekstraktının toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri ise sırasıyla 1900 mg gallik asit eşdeğeri/100 g örnek ve 6570 mg kuersetin eşdeğeri/100 g örnek olarak bildirilmiştir (Lee vd., 2016). Çalışmada elde edilen antioksidan aktivite değerlerinin literatür verileriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Aradaki farklılıkların kullanılan bitki türünün, bitkinin toplandığı bölgenin iklimsel özelliklerinin, kullanılan çözücü türünün veya ekstraksiyon metodunun farklı olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Kanser; hücre sinyal yollarında meydana gelen çoklu değişimler sonucu ortaya çıkan, genetiksel öyküyü ve çevresel etkileri de barındırabilen heterojen bir hastalıktır. Kemoterapi kanserle mücadelede sıklıkla başvurulan metod olup etkisizlik, ciddi toksisite ve çoklu ilaç direnci gibi dezavantajlar başarı yüzdesini düşürmektedir. Bundan dolayı antikanser ilaçlara karşı olan direnci yenebilmek için yeni stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır. İşte bu noktada doğal ürünlere yeni ilaç keşifleri için potansiyel hammadde gözüyle bakılmakta ve doğal ürünlere bulunan polifenoller bu anlamda yapıları ve aktiviteleri ile ön plana çıkmaktadırlar. Doğal ürünlerin gerek bütün haldeki ekstraktlarının, gerekse de doğal ürünlere izole edilen bileşiklerin antikanser etkilerinin araştırılması oldukça popüler çalışma alanlarından birisi haline gelmiştir (Demir vd., 2016a; Demir vd., 2016b).

Dianthus türleri *Caryophyllaceae* ailesine mensup tıbbi bitkiler olup alkaloidler, tanninler, saponinler, siklik peptidler ve fenolik bileşiklerce zengin oldukları bildirilmektedir (Gou vd., 2011; Yu vd., 2012; Ding vd., 2013; Lamula ve Ashafa, 2014). Çeşitli *Dianthus* türlerinin *in vitro* sitotoksik etkisini inceleyen çalışmalar bulunmakla birlikte (Yu vd., 2007; Nho vd., 2012) literatürde *Dianthus carmelitarum* ekstraktlarının sitotoksik etkisini konu alan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Aday moleküllerin ya da doğal ürün ekstraktlarının sitotoksik etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda öncelikle *in vitro* deneylerin gerçekleştirilmesi önerilmekte, bu çalışmalardan pozitif sonuçların elde edilmesi durumunda *in vivo* ve klinik çalışmalara geçilmesi gerektiği tavsiye edilmektedir. Bu nedenle *Dianthus carmelitarum*'un sitotoksik etkinliğinin de incelendiği bu çalışma 4 farklı kanser hücre serisi üzerinde *in vitro* koşullarda gerçekleştirildi (Demir vd., 2016a; Demir vd., 2016b). Ekstraktın insan serviks, akciğer, meme ve prostat kanser hücre serileri üzerindeki sitotoksik etkisi MTT metodu ile değerlendirildi ve artan ekstrakt konsantrasyonuna karşı % hücre canlılık değerlerinin değişimleri Şekil 1'de gösterildi.

Literatürde yayınlar arası bütünlüğün sağlanması amacıyla doğal ürün ekstraktı ya da herhangi bir kimyasal maddenin sitotoksik etkinliği IC₅₀ değerleri cinsinden ifade edilmektedir.



Şekil 1. *Dianthus carmelitarum* ekstraktının farklı konsantrasyonlarının 72 saatlik inkübasyon süresinde hücrelerin canlılığı üzerine etkisi (n=3). *Negatif kontrol grubuyla karşılaştırıldığında anlamlı fark görüldü (p<0.05).

IC₅₀; Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından negatif kontrol grubuyla kıyaslandığında % 50 absorpsiyon azalması oluşturan ilaç ya da kimyasal konsantrasyonu olarak tarif edilmektedir (Demir vd., 2016a). Ekstraktın her bir hücre serisi üzerindeki sitotoksik etkisi hücre büyüme eğrilerinden yola çıkılarak IC₅₀ cinsinden hesaplandı ve sonuçlar Tablo 2’de sunuldu.

Sonuçlar incelendiğinde ekstraktın çalışılan 4 kanser hücre serisindeki IC₅₀ değerlerinin 117-142 µg/mL konsantrasyon aralığında değiştiği görülmektedir. Literatürdeki *Dianthus* türlerinin sitotoksik etkinliğini konu alan çalışmalarda ise; Yu vd. (2012) *Dianthus superbus*’un etanollü ekstraktının etil asetat fraksiyonunun HepG2 hücre serilerinde mitokondri bağımlı apoptoz yolağını aktifleyerek apoptotik özellik sergilediğini bildirirlerken (Yu vd., 2012), Shin vd. (2013) *Dianthus chinensis*’in metanollü ekstraktının ağız kanseri hücre serilerinde specificity protein 1 (Sp1) seviyelerini azaltarak apoptotik etki gösterdiğini rapor etmişlerdir (Shin vd., 2013). Naghibi vd. (2014) yaptıkları çalışmada *Dianthus orientalis* Adams bitkisinin metanollü ekstraktlarının insan HepG2, MCF-7, A549 ve kolon kanseri (HT-29) hücre serilerinde 100 µg/mL konsantrasyona kadar herhangi bir sitotoksik etki göstermediğini bildirirlerken (Naghibi vd., 2014), Lee vd. (2016) *Dianthus chinensis*’in etanollü ekstraktının insan akciğer kanseri (H1299) ve kolon kanseri (HCT-116) hücre serilerinde 250-1000 µg/mL konsantrasyon aralığında sitotoksik etki gösterdiğini rapor etmişlerdir (Lee vd., 2016). Son yıllarda sadece *Dianthus* ekstraktlarının değil, aynı zamanda bu ekstraktlardan izole edilen çeşitli bileşiklerin de sitotoksik etkinliğini konu alan çalışmalara rastlanılmaktadır. Hsieh vd. (2005) *Dianthus superbus*’dan izole edilen longicalycinin A

etkeninin HepG2 hücre serisinde sitotoksik etkisini bildirirlerken (Hsieh vd., 2005), Martinetti vd. (2010) *Dianthus caryophyllus*’dan izole edilen kaempferide triglikozid bileşiğinin insan kolon kanseri (HCT-8) hücre serisinde hücre döngüsünü G₀/G₁ evresinde durdurarak antiproliferatif etki sergilediğini göstermişlerdir (Martinetti vd., 2010). Ding vd. (2013) ise *Dianthus superbus*’un etil asetat fraksiyonundan izole edilen 2-[(2,4 dihidroksibenzoil) amino]-4-metoksi-benzoik asit’in HepG2 hücre serisinde güçlü bir sitotoksik etkisi olduğunu, kaempferol, kuersetin, 3,5,7-trihidroksi-3’,5’-dimetoksil-flavon ve 1-monopalmitin’in ise aynı hücre serisinde orta derecede sitotoksik etki gösterdiğini bildirmişlerdir (Ding vd., 2013).

Polifenoller sekonder bitkisel metabolitlerin önemli bir sınıfı olup kuvvetli antioksidan özellik sergileyebildikleri bildirilmektedir. Polifenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri; reaktif oksijen türlerine elektron verebilmeleri, radikal oluşumunu hızlandıran ağır metal iyonlarını şelatlayabilmeleri ve antioksidan/detoksifikasyon enzimlerini uyarabilmeleri mekanizmaları ile açıklanmaktadır (Surh, 2003; Turan vd., 2015b). Polifenolik bileşiklerin bu özelliklerinden dolayı antioksidan, antikanser, antimutajenik, anti-aterosklerotik, antimikrobiyal ve anti-inflamatuvar etkiler sergileyebildikleri bildirilmektedir (Li vd., 2014). Polifenolik bileşiklerin antikanser etkinliklerinin ise, karsinogen metabolizmasını modüle edebilme, gen ekspresyon seviyelerini değiştirebilme, hücre döngüsünü durdurabilme, apoptozu indükleyebilme ve çeşitli hücre çoğalma sinyal yollarını inhibe edebilme özelliklerinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Huang ve Cai, 2010).

Tablo 2. *Dianthus carmelitarum* ekstraktının ve cisplatinin sitotoksik etkisi (IC₅₀, µg/mL) (n=3)

	HeLa	A549	MCF-7	PC-3
Ekstrakt	131.1±4.9	142.1±8.9	117.4±4.4	118.7±3.1
Cisplatin	0.69±0.02	0.73±0.03	0.55±0.03	0.71±0.05

Dianthus türlerinin kaempferide, kaempferol, apigenin, luteolin ve kuersetin gibi fenolik bileşikler ve bunların glikozid türevleri yönünden zengin oldukları yapılan çalışmalarla gösterilmiş olup (Obmann vd., 2011a; Obmann vd., 2011b), bu bileşiklerin çeşitli kanser hücreleri üzerinde antikanser özellikler sergilediklerine dair literatürler de mevcuttur (Ravishankar vd., 2013). Buradan hareketle *Dianthus carmelitarum* ekstraktının sitotoksik etkinliğinin içerdiği bu fenolik bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışma *Dianthus carmelitarum* ekstraktının *in vitro* sitotoksik etkisinin incelendiği ilk çalışmadır. Bu açıdan bakıldığında, bu çalışmanın yeni farmakolojik çalışmalara ışık tutması beklenmektedir. Ekstraktın sitotoksik etkisinin hangi mekanizmalar üzerinden gerçekleştiğinin belirlenebilmesi için daha kapsamlı çalışmalar gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) birimi tarafından 15.F5119.02.02 proje numarası ile desteklenmiştir. Bitki kimliklendirilmesi konusundaki yardımlarından dolayı Karadeniz Teknik Üniversitesi Eczacılık Fakültesi öğretim üyesi Prof. Dr. Ufuk Özgen'e teşekkür ederiz.

4. Kaynaklar

Aliyazicioglu, Y., Demir, S., Turan, I., Cakiroglu, T.N., Akalin, I., Deger, O. ve Bedir, A., 2011. Preventive and protective effects of Turkish propolis on H₂O₂-induced DNA damage in foreskin fibroblast cell lines, Acta Biologica Hungarica, 62, 4, 388-396.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M. ve Corke, H., 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer, Life Sciences, 74, 2157-2184.

Cenic-Milosevic, D., Tambur, Z., Bokonjic, D., Ivancajic, S., Stanojkovic, T., Grozdanic, N. ve Juranic, Z., 2013. Antiproliferative effects of some medicinal plants on HeLa cells, Archives of Biological Sciences, 65, 1, 65-70.

Demir, S., Aliyazicioglu, Y., Turan, I., Misir, S., Mentese, A., Ozer Yaman, S., Akbulut, K., Kilinc, K. ve Deger, O., 2016a. Antiproliferative and proapoptotic activity of Turkish propolis on human lung cancer cell line, Nutrition and Cancer, 68, 1, 165-172.

Demir, S., Turan, I. ve Aliyazicioglu, Y., 2016b. Selective cytotoxic effect of *Rhododendron luteum* extract on human colon and liver cancer cells, Journal of Balkan Union of Oncology, 21, 4, 883-888.

Ding, C., Zhang, W., Li, J., Lei, J. ve Yu, J., 2013. Cytotoxic constituents of ethyl acetate fraction from *Dianthus superbus*, Natural Product Research, 27, 18, 1691-1694.

Gou, J., Zou, Y. ve Ahn, J., 2011. Enhancement of antioxidant and antimicrobial activities of *Dianthus superbus*, *Polygonum aviculare*, *Sophora flavescens*, and *Lygodium japonicum* by pressure-assisted water extraction, Food Science and Biotechnology, 20, 1, 283-287.

Hamzaoglu, E., Koc, M., Buyuk, I., Aksoy, A. ve Soydam Aydin, S., 2015. Presence of *Dianthus roseoluteus* Velen. (*Caryophyllaceae*) in Turkey and a new species: *Dianthus macroflorus* Hamzaoglu, Systematic Botany, 40, 208-213.

Hsieh, P.W., Chang, F.R., Wu, C.C., Wu, K.Y., Li, C.M., Chen, S.L. ve Wu, Y.C., 2004. New cytotoxic cyclic peptides and dianthramide from *Dianthus superbus*, Journal of Natural Products, 67, 1522-1527.

- Hsieh, P.W., Chang, F.R., Wu, C.C., Li, C.M., Wu, K.Y., Chen, S.L., Yen, H.F. ve Wu, Y.C., 2005. Longicalycinin A, a new cytotoxic cyclic peptide from *Dianthus superbis* var. *longicalycinus* (MAXIM.) WILL, Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 53, 3, 336-338.
- Huang, W.Y. ve Cai, Y.Z., 2010. Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: potential use for cancer prevention, Nutrition and Cancer, 62, 1, 1-20.
- Kathiresan, K., Boopathy, N.S. ve Kavitha, S., 2006. Coastal vegetation-an underexplored source of anticancer drugs, Natural Product Radiance, 5, 115-119.
- Kaur, C. ve Kapoor, H.C., 2001. Antioxidants in fruits and vegetables-the millennium's health, International Journal of Food Science & Technology, 36, 703-725.
- Kazeem, M.I. ve Ashafa, A.O.T., 2015. *In-vitro* antioxidant and antidiabetic potentials of *Dianthus basuticus* Burt Davy whole plant extracts, Journal of Herbal Medicine, 5, 158-164.
- Lamula, S.Q.N. ve Ashafa, A.O.T., 2014. Antimicrobial and cytotoxic potential of *Dianthus basuticus* used in Basotho traditional practice, Bangladesh Journal of Pharmacology, 9, 105-111.
- Lee, J., Seo, Y., Lee, J. ve Ju, J., 2016. Antioxidant activities of *Dianthus chinensis* L. extract and its inhibitory activities against nitric oxide production and cancer cell growth and adhesion, Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 45, 1, 44-51.
- Li, A.N., Li, S., Zhang, Y.J., Xu, X.R., Chen, Y.M. ve Li, H.B., 2014. Resources and biological activities of natural polyphenols, Nutrients, 6, 12, 6020-6047.
- Liang, C.H., Wang, G.H., Chou, T.H., Wang, S.H., Lin, R.J., Chan, L.P., So, E.C. ve Sheu, J.H., 2012. 5-epi-sinuleptolide induces cell cycle arrest and apoptosis through tumor necrosis factor/mitochondria-mediated caspase signaling pathway in human skin cancer cells, Biochimica et Biophysica Acta, 1820, 1149-1157.
- Martineti, V., Tognarini, I., Azzari, C., Sala, S.C., Clematis, F., Dolci, M., Lanzotti, V., Tonelli, F., Brandi, M.L. ve Curir, P., 2010. Inhibition of *in vitro* growth and arrest in the G₀/G₁ phase of HCT8 line human colon cancer cells by kaempferide triglycoside from *Dianthus caryophyllus*, Phytotherapy Research, 24, 1302-1308.
- Moreno, M.I., Isla, M.I., Sampietro, A.R. ve Vattuone, M.A., 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina, Journal of Ethnopharmacology, 71, 1-2, 109-114.
- Mosmann, T., 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays, Journal of Immunological Methods, 65, 55-63.
- Naghibi, F., Irani, M., Hassanpour, A., Pirani, A. ve Hamzeloo-Moghadam, M., 2014. Cytotoxic effects of selective species of *Caryophyllaceae* in Iran, Research Journal of Pharmacognosy, 1, 2, 29-32.
- Nho, K.J., Chun, J.M. ve Kim, H.K., 2012. Ethanol extract of *Dianthus chinensis* L. induces apoptosis in human hepatocellular carcinoma HepG2 cells *in vitro*. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Article ID: 573527, doi: 10.1155/2012/573527.
- Nuutila, A.M., Puupponen-Pimia, R., Aarni, M. ve Oksman-Caldentey, K.M., 2003. Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity, Food Chemistry, 81, 485-493.

- Obmann, A., Zehl, M., Purevsuren, S., Narantuya, S., Reznicek, G., Kletter, C. ve Glasl, S., 2011a. Quantification of flavonoid glycosides in an aqueous extract from the traditional Mongolian medicinal plant *Dianthus versicolor* Fisch, Journal of Separation Science, 34, 292-298.
- Obmann, A., Werner, I., Presser, A., Zehl, M., Swoboda, Z., Purevsuren, S., Narantuya, S., Kletter, C. ve Glasl, S., 2011b. Flavonoid C- and O-glycosides from the Mongolian medicinal plant *Dianthus versicolor* Fisch, Carbohydrate Research, 346, 1868-1875.
- Oyaizu, M., 1986. Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine, Japanese Journal of Nutrition, 44, 307-315.
- Ravishankar, D., Rajora, A.K., Greco, F. ve Osborn, H.M., 2013. Flavonoids as prospective compounds for anti-cancer therapy, International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 45, 12, 2821-2831.
- Reeve, H., 1967. *Dianthus* L. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Davis, P.H. (ed), Edinburgh University Press, Edinburgh. pp. 99-131.
- Rosangkima, G. ve Prasad, S.B., 2004. Antitumour activity of some plants from Meghalaya and Mizoram against murine ascites Dolton's lymphoma, Indian Journal of Experimental Biology, 42, 981-988.
- Shin, J.A., Kim, J.J., Choi, E.S., Shim, J.H., Ryu, M.H., Kwon, K.H., Park, H.M., Seo, J.Y., Lee, S.Y., Lim, D.W., Cho, N.P. ve Cho, S.D., 2013. *In vitro* apoptotic effects of methanol extracts of *Dianthus chinensis* and *Acalypha australis* L. targeting specificity protein 1 in human oral cancer cells, Head & Neck, 35, 7, 992-998.
- Slinkard, K. ve Singleton, V.L., 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods, American Journal of Enology and Viticulture, 28, 49-55.
- Surh, Y.J., 2003. Cancer chemoprevention with dietary phytochemicals. Nature Reviews Cancer, 3, 10, 768-780.
- Turan, I., Demir, S., Misir, S., Kilinc, K., Mentese, A., Aliyazicioglu, Y. ve Deger, O., 2015a. Cytotoxic effect of Turkish propolis on liver, colon, breast, cervix and prostate cancer cell lines, Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 14, 5, 777-782.
- Turan, I., Deger, O., Aliyazicioglu, Y., Demir, S., Kilinc, K. ve Sumer, A., 2015b. Effects of Turkish propolis on expression of hOGG-1 and NEIL-1, Turkish Journal of Medical Sciences, 45, 804-811.
- Yu, J.Q., Liao, Z.X., Lei, J.C. ve Hu, X.M., 2007. Antioxidant and cytotoxic activities of various fractions of ethanol extract of *Dianthus superbus*, Food Chemistry, 104, 1215-1219.
- Yu, J.Q., Yin, Y., Lei, J.C., Zhang, X.Q., Chen, W., Ding, C.L., Wu, S., He, X.Y., Liu, Y.W. ve Zou, G.L., 2012. Activation of apoptosis by ethyl acetate fraction of ethanol extract of *Dianthus superbus* in HepG2 cell line, Cancer Epidemiology, 36, e40-e45.

Taşlıyayla (Çaykara, Trabzon, KD Türkiye) Civarı Geç Kretase Yaşlı Kalk-alkali Volkanik Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri

Emre AYDINÇAKIR*

Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane

Geliş tarihi/Received 16.11.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 13.01.2017

Kabul tarihi/Accepted 15.01.2017

Öz

Sakarya Zonu'nun kuzeydoğusunda yer alan Doğu Pontidler'de Geç Kretase volkanik ve plütonik faaliyetin en yoğun olduğu dönemdir. Bu dönemde, asidik ve bazik volkanik evrelerde oluşan volkanik ve volkano-klastik kayaçlar kalın istif oluşturmuşlardır. Bu çalışmada, Çaykara (Trabzon) İntrüzif Kompleksine ait plütonik kayaçların kesmiş olduğu, Geç Kretase yaşlı Taşlıyayla volkanik kayaçlardan elde edilen ilk veriler sunulmuştur. İncelenen volkanik kayaçlar hem Geç Kretase hem de Eosen yaşlı plütonik kayaçlar tarafından kesilmiş, yer yer alterasyona uğratılmıştır. El örneklerinde sarımsı-yeşilimsi-siyahımsı renkli, afanitik dokuludurlar. Mikroskop altında mikrolitik porfirik (plajiyoklas porfirleri içeren) ve entersertal doku gösterirler. Yarı öz ve öz şekilli plajiyoklas minerallerinin An oranları 35-55 arasında değişmektedir. Kimyasal analiz sonuçlarından, bu kayaçların bazalt-bazaltik andezit-andezit-dasit bileşimde olduklarını, Mg# 30-65 arasında değiştiği göstermektedir. İksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element diyagramlarında negatif Nb, P, Ti anomalileri ile pozitif Pb anomalisi gözlenmekte olup, büyük iyon çaplı elementler (LILE) yüksek çekim alanlı elementlere (HFSE) göre daha fazla zenginleşmiştir. Kondirite göre normalleştirilmiş nadir toprak element (REE) değişim diyagramlarında (La/Lu)_N oranı 4-15 arasında olup, bazı örnekler hafif pozitif anomalisi gösterirken bazı örnekler negatif Eu anomalisi göstermektedir. Örnekler tektonik ayırtman diyagramlarına düşürüldüğünde ada yayı bazaltlarını temsil eden alanda yer alırlar. Volkanitlerin gelişiminde fraksiyonel kristallenme, magma karışımı±kontaminasyon ve asimilasyon olayları etkili olmuştur. Tüm veriler dikkate alındığında, incelenen Geç Kretase volkanitlerin kaynağının yitim sonucu metasomatizmaya uğramış zenginleşmiş litosferik manto olabileceğini gösterir.

Anahtar kelimeler: Çaykara, Doğu Pontidler, Geç Kretase, Jeokimya, Taşlıyayla volkanitleri

Petrographical and Geochemical Features of Late Cretaceous Calc-alkaline Volcanics Around Taşlıyayla (Çaykara, Trabzon, NE Turkey)

Abstract

Late Cretaceous era is characterized by densely volcanic and granitic activities in the Eastern Pontides that is northeast part of the Sakarya Zone. In this era, thick pile of volcanic-volano-clastic rocks occurred during the activities of acidic and basic volcanic cycles. In this study, preliminary geochemical results of Late Cretaceous aged volcanic rocks that were cut by the plutons of Çaykara

* Emre AYDINÇAKIR, aydincakir61@gmail.com, Tel: (0456) 233 10 00-1706

Intrusive Complex (Trabzon) are presented. Investigated rocks are cut by both Late Cretaceous and Eocene aged plutonic rocks; therefore, they are altered in some of the locations. They are yellowish- greenish-blackish in hand specimens and show aphanitic textures. They show microlithic porphyritic (including plagioclase porphyries) and intersertal textures under microscope. Euhedral and subhedral plagioclase crystals are anorthite 35 to 55 in composition. From the results of chemical analysis, the volcanic rocks are basalt, basaltic andesite, andesite and dacite in composition and their Mg# is ranging 30 to 65. In the primitive mantle normalized trace element diagram, the samples display negative Nb, P and Ti and positive Pb anomalies. In general, large ion lithophile (LIL) elements enriched compared to the high field strength (HFSE) elements in the same diagram. In chondrite normalized rare earth elements diagram, (La/Lu)_N ratios are ranging from 4 to 15. While some samples are shown slightly negative Eu anomaly, some others show slightly positive anomaly. When the samples are plotted in tectonic discrimination diagrams, they fall in island arc volcanic fields. The main solidification processes involved in the evolution of the volcanics consist of fractional crystallization, crustal contamination ± magma mixing. In the light of all evidence supports the conclusion that the parental magma(s) of the Late Cretaceous volcanics probably derived from an enriched lithospheric mantle, previously metasomatized by subduction.

Keywords: *Çaykara, Eastern Pontide, Late Cretaceous, Geochemistry, Taşlıyayla volcanics*

1. Giriş

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Alpin Metalojen Kuşağı içinde yer alan Doğu Pontidler, Jura, Kretase ve Eosen'deki orojenik aktiviteler sonucu gelişmiş magmatik kayalardan oluşmaktadır (Adamia vd., 1977; Eğin vd., 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Kazmin vd., 1986; Korkmaz vd., 1995; Çamur vd., 1996; Arslan vd., 1997). Alpin-Himalaya orojenik kuşağında yer alan Pontidler'in jeolojik evrimi, Geç Kretase döneminde Neo-Tetis Okyanusu'nun kuzeye yitimine bağlı olarak oluşan bir yay ortamını yansıtmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Aydınçakır, 2016). Pontid yayı kuzeyde Sakarya ve güneyde Anatolid-Torid ya da Kırşehir bloklarının en erken Paleosen'de çarpışmasıyla sonlanmış ve İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı oluşmuştur (Okay ve Tüysüz, 1999; Şekil 1a). Pontid yayının Karadeniz kıyısı boyunca kalkalkalen andezitik tipte volkanitler, bunlarla ilişkili piroklastik, epiklastik birimler ve çoğunlukla granitik intrüzyonlar ile temsil edilirken (Arslan vd., 1997; Aydınçakır, 2006; Kaygusuz ve Şen, 2011; Aydınçakır ve Kaygusuz, 2012; 2013, 2014; Boztuğ vd., 2006; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009; 2011; Aydın, 2014; Aydınçakır, 2016) nispeten daha güneyde alkali potasik kayalar gözlenmekte-

dir (Bektaş ve Gedik, 1988; Alther vd., 2008; Eyüboğlu, 2010; Gülmez ve Genç, 2015; Aydınçakır, 2016). Doğu Pontidler, Özsayar vd. (1981)'ne göre, yaklaşık olarak Ardanuç-İspir-Kemaliye-Reşadiye sınırı ile kuzey ve güney olmak üzere iki zona ayrılmaktadır. Pontidlerde Üst Kretase'de belirgin farklılıklar olup, kuzey zonda volkanik kayaların, güney zonda tortul kayalar yaygın birimler olarak gözlenmektedirler (Güven, 1993). Ayrıca, Doğu Karadeniz'deki önemli masif sülfid yataklarının Geç Kretase yaşlı dasit-riyodasit ve bunların piroklastikleri ile ilişkili olması, bölgede yapılan çalışmaların daha çok maden yatakları ağırlıklı olmasına neden olmuştur.

Geç Kretase yaşlı kayaç birliklerini jeokimyasal özellikleri ve petrolojik açıdan yorumlamaya yönelik, bu zamana kadar birçok çalışma yapılmıştır (Eğin vd., 1979; Manetti vd., 1983; Akıncı vd., 1991; Tokel, 1995; Çamur vd., 1996; Bektaş vd., 1999; Arslan vd., 1997; Yılmaz vd. 2001; Aydın vd., 2003; Karlı vd., 2004; Boztuğ vd., 2006; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009; Karlı vd., 2010; 2012; Eyüboğlu, 2010; Aydın, 2014; Eyuboglu vd., 2014;). Buna rağmen bu kayaların oluşum zamanları, kökenleri ve tektonik ortamları konusunda bir görüş

birliğin olmaması, bu kayaçların halen tartışmaya açık olduğunu göstermektedir. Pontid yayı boyunca özellikle sahil şeridine paralel uzanan Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter kayaç serilerinin bölgedeki gelişimleri daha önce bazı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır; Schultze-Westrum (1961) ve Zankl (1961) Pontidlerin özellikle kuzey kesiminde yer alan Geç Kretase kayaçlarının, (i) tortul ara katkılı alt bazik seri, (ii) dasitik seri ve (iii) tortul ara katkılı üst bazik seri şeklinde üç gruba ayırdığını belirtmişlerdir. Ketin (1966) söz konusu bölgedeki Geç Kretase döneminin litostratigrafik özellikler bakımından kuzey ve güney zon olarak ikiye ayrılabilirliğini; kuzey zonun magmatik aktiviteler açısından yoğun bir bölge olduğunu buna karşın, güney zonun ise tortul çökeller bakımından baskın olduğunu belirtmiştir. Eğin vd. (1979), özellikle Harşit Vadisi boyunca yüzeyleyen Geç Kretase volkanitlerinin genellikle toleyitik karakterde olduğunu belirtmişken, Manetti vd. (1983) söz konusu volkanitlerin Geç Kretase’de kalk-alkali ve alkali-şoşonitik bir özelliğe sahip olduklarını ifade etmiştir. Akıncı vd. (1991), Geç Kretase volkanitlerinin hidrotermal metamorfizmadan etkilenmiş ada yayı toleyitleri olduklarını ve üst mantodan türeyen magmalardan itibaren oluştuklarını ifade etmişlerdir. Çamur vd. (1996), bölgedeki Geç Kretase volkanitlerini; (I) Üst Kretase Alt Volkanik Devri ve (II) Üst Kretase Üst Volkanik Devri olmak üzere iki ana volkanik devire ayırmış, bunların sırasıyla toleyitik ve kalk-alkali özellikte olduklarını ve zenginleşmiş okyanus ortası bazaltlarına benzer bir magmadan itibaren türediklerini ifade etmişlerdir. Altherr vd. (2008) Pontidlerin güney zonunda sınırlı bir alanda yüzeyleyen Maastrihtiyen-Geç Paleosen yaşlı plajiyolösitleri Neotetis yitiminin son evresinin ürünleri olarak yorumlamışlardır. Başer (2016), Artvin-Borçka çevresinde yer alan Geç Kretase yaşlı volkanitleri kökenlerini ve yaşlarını belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmayla, Çatak ve Kızılkaya formasyonlarına ait iki adet felsik kayaktan elde edilen U-Pb zirkon yaşları (sırasıyla 86.5 ± 1 ve 83.5 ± 1.2 My) elde etmiştir. Çalıştığı kayaçların Sr-Nd-Pb izotopik bileşimlerinin, hem kendi içinde hem de

bölgedeki aynı yaşlı ve yitim ilişkili I tip kalk alkali granitoidlerle önemli farklılıklar gösterdiklerini ortaya koymuştur. Mafik kayaçlar için, tüketilmiş ve sonrasında metazomatizmaya uğramış bir manto, felsik kayaçlar için ise asimilasyon ve fraksiyonel kristallenme sürecine maruz kalmış manto ve/veya alt kabuk-ilişkili mafik-ortaç ergiyikler kaynak olarak düşünülmüştür. Pontidlerin kuzeyindeki Geç Kretase yaşlı granitoidik ve subvolkanik kayaçların kökeni ve tektonik ortamı üzerine yapılan çalışmalar, bunların çoğunlukla mafik magmatik anklav içerdiklerini, genellikle I-tipinde (Harşit, Zigana, Maçka, Torul, İkizdere, Kaçkarlar) (Yılmaz-Şahin, 2005; Boztuğ vd., 2006; 2007; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009; Karslı vd. 2010; Aydın, 2014), bazen de A-tipinde (Pirnalli Plütunu; Karslı vd. 2012) kalk-alkali bir özellik sunduklarını ve muhtemelen alt kabuk ve mantodan türeyen kimyasal olarak farklı bileşimdeki eş yaşlı mafik ve felsik magmaların karışımları sonucunda oluştuklarını ortaya koymuştur.

Bu çalışmanın amacı, Doğu Pontid Tektonik Kuşağı'nın doğusunda yer alan Taşlıyayla (Çaykara/Trabzon) civarında Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemektir.

2. Genel Jeoloji

İnceleme alanı ilk kez Ketin (1966) tarafından sınırlandırılan ve coğrafik olarak Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'ne karşılık gelen "Pontid Tektonik Birliği"nin Doğu kesimini oluşturan ve "Doğu Pontid Orojenik Kuşağı" olarak isimlendirilen birlik içinde yer alır. "Doğu Pontid Orojenik Kuşağı"nın jeodinamik gelişimi sistematik jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik verilerin eksikliği nedeni ile halen tartışmalıdır. Genel olarak bölgenin jeodinamik gelişimi ile ilgili üç farklı görüş vardır: 1. Bölgenin Paleozoyik'ten Eosen'e kadar devam eden süreçte kuşağın güneyinde yer alan okyanusal litosferin kuzeye doğru yitimi ile şekillendiği (Adamia vd., 1977 ve 1981; Tokel 1981; Ustaömer ve Robertson 1996; Rice vd., 2009; Dilek vd., 2010), 2. Bölgenin Paleozoyik'ten Dogger'e kadar

kuşağın kuzeyinde yer alan Paleotetis okyanus litosferinin güneye doğru yitimi ve Dogger'den sonra da güneyde açılmış olan Neotetis okyanusunun da kuzeye doğru yitimi ve Paleosen'de gerçekleşen çarpışma safhası ile şekillendiği (Şengör ve Yılmaz, 1981; Karlı vd., 2010; Karlı vd., 2012; Dokuz vd., 2013), 3. Bölgenin, kuşağın kuzeyinde yer alan Paleotetis okyanus litosferinin Paleozoyik'ten Eosen'e kadar güney yönlü yitimi ile şekillendiğidir (Bektaş vd., 1999; Eyüboğlu vd., 2007, 2011a, 2011b; Eyüboğlu 2010).

Alp-Himalaya kuşağındaki kritik alanlardan biri olan Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın en yaşlı kayaçları Güney Zon'da yüzeyleme veren Pulur (Topuz vd., 2004a, b, 2007), Ağvanis (Okay, 1984) ve Tokat metamorfik masifleri (Alp, 1972; Özcan vd., 1980; Tüysüz 1996; Yılmaz vd., 1997; Eyüboğlu, 2006), Kurtoğlu (Gümüşhane, Topuz vd., 2007, 2010), Karadağ (Yusufeli, Dokuz, 2000; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010), Kopuzsuyu (Bayburt) metamorfikleri, Gümüşhane ve Köse Granitoidleri (Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011) ile temsil edilmektedir (Şekil 1b). Ayrıca, metamorfizma yaşları tam olarak bilinmemekle birlikte Kuzey Zon'da Dereli (Giresun) ve Çaykara (Trabzon) yörelerinde yüzeyleme veren metamorfik kayaçlarında bölgenin taban kayaçlarını temsil ettiği görüşü yaygındır (Schultze-Westrum, 1961; Zankl, 1962; Boynukalın, 1990). Ayrıca, küçük mostralarda halinde Tonya güneyinde Derinoba ve Kayadibi granitleri (Kaygusuz vd., 2012), Özdil yöresinde Özdil Granitoidi ve Maçka yöresinde Soğuksu ve Seslikaya granitleri (Kaygusuz vd., 2016) ile temsil edilirler. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Triyas dönemini temsil eden kayaçların varlığı tartışmalıdır. Bayburt Demirözü yöresinde metamorfik kayaçlar üzerine gelen ve kırıntılı kayaçlardan oluşan istifin (Karakaya Formasyonu) Triyas yaşlı olabileceği birçok araştırmacı tarafından ileri sürülmüştür (Ağar, 1977; Yılmaz vd., 1997b; Topuz vd., 2004a). Ayrıca Benzer olarak Amasya yöresinde Tokat masifini oluşturan metamorfik kayaçlar üzerine gelen ve çok düşük dereceli metamorfizma izleri taşıyan

kırıntılı kayaçlardan oluşan Karasenir Formasyonu'nun Triyas yaşlı olduğu ileri sürülmüş (Alp, 1972) ancak bu kayaçların otokton mu yoksa allohton mu olduklarına dair tartışmalar bir sonuca bağlanamamıştır. Her iki formasyon için paleontolojik bulguların olmayışı nedeni ile bölgede Triyas'ın varlığı ile net bir bilgiye ulaşılamamıştır. Ancak, son yıllarda Eyüboğlu vd. (2010) tarafından yapılan çalışmalarda Pulur ve Tokat metamorfik masiflerini kesen ultramafik ve mafik intrüzyonlardan Ar/Ar ve U-Pb yaşlandırma metodları ile Geç Triyas yaşı (191 ± 5 ile 212 ± 4 My arasında) elde edilmiş ve daha önce okyanusal kabuğa ait olduğu düşünülen bu kayaçların aslında yaklaşan plaka kenarlarında gelişen yüksek alüminyumca zengin yitim ilişkili magmaların ürünleri olan Alaskan-tip intrüzyonlar olduğu ortaya konulmuştur. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Paleozoyik ve Triyas yaşlı kayaçlar Erken-Orta Jura yaşlı volkano-tortul istif tarafından uyumsuz olarak örtülür. Kuşağın Kuzey Zonu'nda Jura yaşlı sedimanter oluşuklara seyrek rastlanılmakta (Giresun, Dereli) olup, birim genellikle volkanik kayaçlar ile temsil edilmektedir (Boynukalın, 1990; Eyüboğlu vd., 2006; Şen 2007). Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu'nda Kuzey Zon'dan farklı olarak Erken-Orta Jura dönemi sedimanter ağırlıklı bir istif ile temsil edilir ve daha geniş alanlarda yüzeyleme verir. Değişik araştırmacılar tarafından farklı adlarla isimlendirilen bu birim, birbirleriyle yanal geçiş gösteren ve kısa mesafelerde kalınlık farkları sunan rift ilişkili birimleri içerir (Karatepe Formasyonu, Seymen, 1975; Temeyaylası Formasyonu, Yüksel, 1976; Hacıören Formasyonu, Pelin, 1977; Hamurkesen Formasyonu, Ağar, 1977; Zimonköy Formasyonu, Eren, 1983; Şenköy Formasyonu, Kandemir, 2004). Geç Jura-Erken Kretase dönemi Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın tamamında tektonik ve magmatik açıdan duraylılık dönemine karşılık gelmekte olup, tüm bölgede karbonat çökelişi egemendir. İlk kez Pelin (1977) tarafından Alucra (Giresun) yöresinde tipik yüzeylemesini verdiği Berdiga Dağları'na atfen Berdiga Formasyonu olarak

isimlendirilmiş olan bu birim, Kuzey Zon'da genellikle masif tabakalanmalı, gri-bej renkli, yanal devamlılığı olmayan kireçtaşları ile temsil edilir (Taslı, 1984). Bazı kesimlerde ise (Kürtün-Gümüşhane, Doğan kent-Giresun) Geç Kretase volkanitleri içinde bloklar şeklinde izlenirler (Eyüboğlu vd., 2006). Magmatik yaygın güney kesiminde ise "Berdiga Formasyonu" genel olarak gri-bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, çok zengin bentik foraminifer fosilleri içeren, taban seviyeleri yer yer dolomitlerden üst seviyeleri ise çört yumru ve bantlı kireçtaşlarından oluşan, sığ denizel bir istif özelliği sunar (Taslı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002).

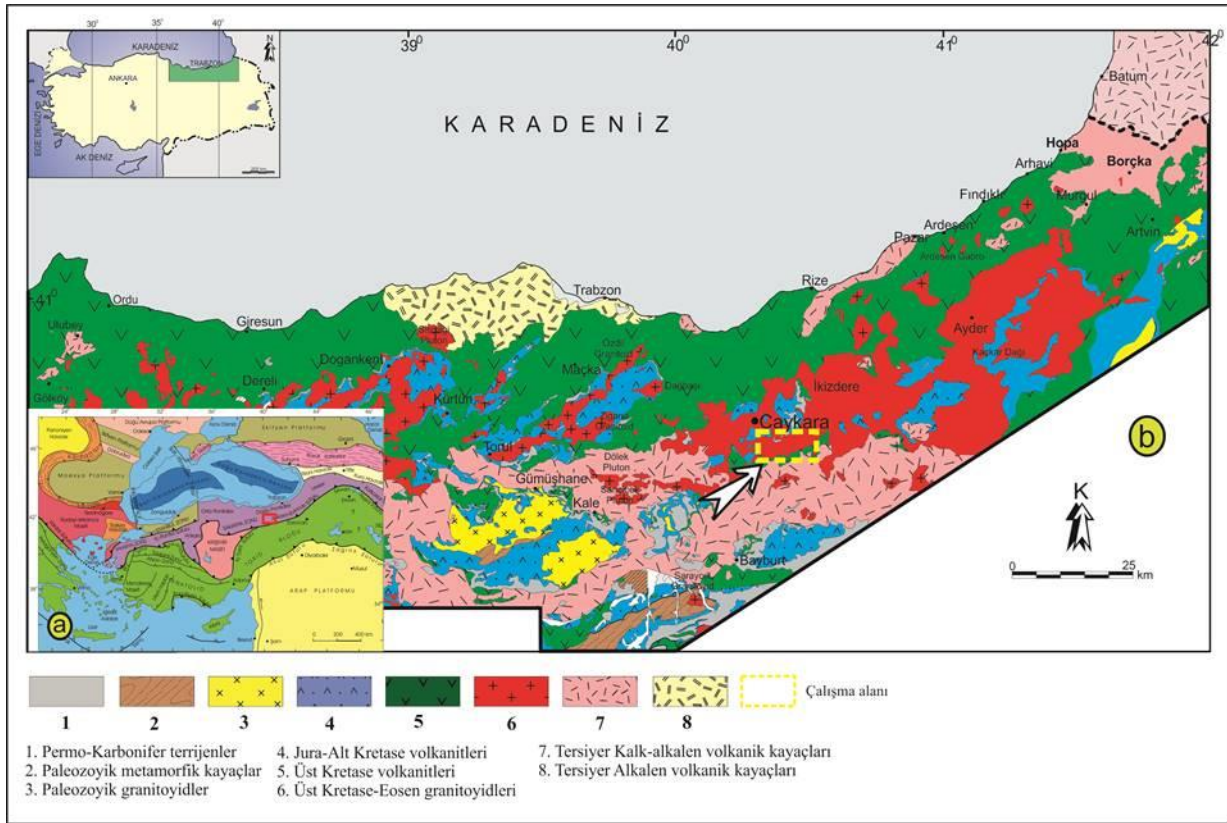
Geç Kretase dönemi, Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda kuzeyden güneye doğru önemli litolojik farklılıklar gösterir. Kuzey Zon'da şiddetli bir magmatizmanın ürünü olan volkanik kayalar ve granitik intrüzyonlar baskın litolojiyi oluşturur (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Karlı vd., 2004; Boztuğ vd., 2006; Kaygusuz vd., 2010; Kaygusuz ve Aydınçakır 2009, 2011; Karlı vd., 2010; Aydınçakır ve Şen, 2013; Aydınçakır, 2016). Magmatizmanın durakladığı dönemlerde ise tortul ara seviyelerin çökelişi söz konusudur. Güneye doğru ilerledikçe magmatizmanın şiddeti azalır, potasyum içeriği yükselir ve magmatik kayalar ağırlıklı istif yerini sedimanter kayalar ağırlıklı bir istife bırakır. Sedimanter kayalar arasında yer yer tuf ara seviyelerini gözlemek mümkündür. Daha güneyde Bayburt-Amasya hattı boyunca ise Geç Kampaniyen'de başlayan ve Maastrihtiyen sonuna kadar devam eden yüksek potasyumlu magmatizma yaygın olarak gözlenir (Altherr vd., 2008; Topuz vd., 2010; Eyüboğlu, 2010; Gülmez ve Genc, 2015; Aydınçakır, 2016).

Senozoyik dönemi Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın güney kesiminde sedimanter, kuzey kesiminde ise magmatik ağırlıklı bir istif ile temsil edilmektedir. Güneyde Senozoyik magmatizması Kop Dağları ve Erzincan hattı üzerinde Geç Paleosende başlamış ve kuzeye doğru ilerleyerek Erken Eosen döneminde Gümüşhane-İspir hattı

boyunca asidik magmatizmanın ve volkanosedimanter istif özelliğindeki ürünleri oluşturmuştur (Tokel, 1977; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Topuz vd., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Karlı vd., 2007; Temizel ve Arslan, 2009; Aslan, 2010; Karlı vd., 2010b, 2011a; Kaygusuz, 2009; Kaygusuz vd., 2011; Kaygusuz ve Öztürk, 2015). Bu magmatizmayı takip eden süreçte aynı alanlarda Eosen havzaları açılmaya başlamış ve bu havzalarda sedimanter kayalar istifleri çökelmeye başlamıştır. Doğu Pontid'lerin Kuzey Zon'unda Senozoyik dönemde magmatizma Güney Zon'dakine göre daha şiddetlidir ve bu dönemde kalk-alkalin granitik ve bazik volkanik kayaların oluşumu söz konusudur (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Şen vd., 1998; Arslan vd., 2000; Boztuğ vd., 2004; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013; Aydınçakır, 2014; Aydınçakır, 2016; Temizel vd., 2016; Şekil 1b). Sahil kesiminde ise Neojen yaşlı alkalin volkanizma bölgedeki magmatik faaliyetlerin son ürünlerine vücut vermiştir (Aydın, 2003, Aydın vd., 2008; Yücel vd., 2014a; Yücel vd., 2014b; Şekil 1b). Güneyde Neojen tortulları jipsli, tuzlu sığ deniz, lagün ve gölsel fasiyesler olarak gözlenmiştir (Erentöz, 1974; Ketin, 1983).

Doğu Pontid Tektonik Birliği Kuzey Zon'unda yer alan ve genellikle volkanik ve granitik kayaların egemen olduğu çalışma alanında, en yaşlı kayaları Erken Jura-Geç Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu'na ait kireçtaşları oluşturur (Şekil 2). Birimin adı, net olarak gözlemlendiği Taşlıyayla'ya ithafen Yılmaz Şahin (2005) tarafından verilmiştir. Taşlıyayla volkanik kayaları, Geç Kretase-Paleosen yaşlı Boğalı ve Gündoğdu Plütonları ve Eosen yaşlı Uzuntarla Plütonu tarafından kesilmektedir (Yılmaz-Şahin, 2005; Aydınçakır vd., 2016).

Taşlıyayla volkanitleri, çalışma alanında en geniş yüzeylemeye sahip birim olup, genellikle andezit ve bazaltlardan oluşmaktadır. Birime ait volkanik kayalar, el örneklerinde, grimsi-siyahımsı afanitik doku (çoğunlukla mikrolitik, yer yer mikrolitik porfirik) gösteren masif, çatlaklı şekilde görülür.



Şekil 1. (a) İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki yeri (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır), **(b)** Doğu Pontidler'deki volkanitleri ve bunları kesen sokulumların yayılımını gösteren jeolojik harita (Güven, 1993 ve Aydınçakır, 2012'den değiştirilerek).

Plütonların dokanaklarına yakın kısımlarında aşırı derecede çatlaklı, kırıklı ve ayrılmış, bazen pirit gibi sülfürlü mineraller içeren, sarımsı-yeşilimsi renkli, mikrolitik dokulu kayalar şeklinde gözlenirler. Ayrışmanın yoğun olduğu Pelitli Mahallesi civarında eksfoliasyon yapıları gözlenmekte ve kuzeyinde ise yoğun alterasyona uğramış piritli örnekler rastlanılmaktadır.

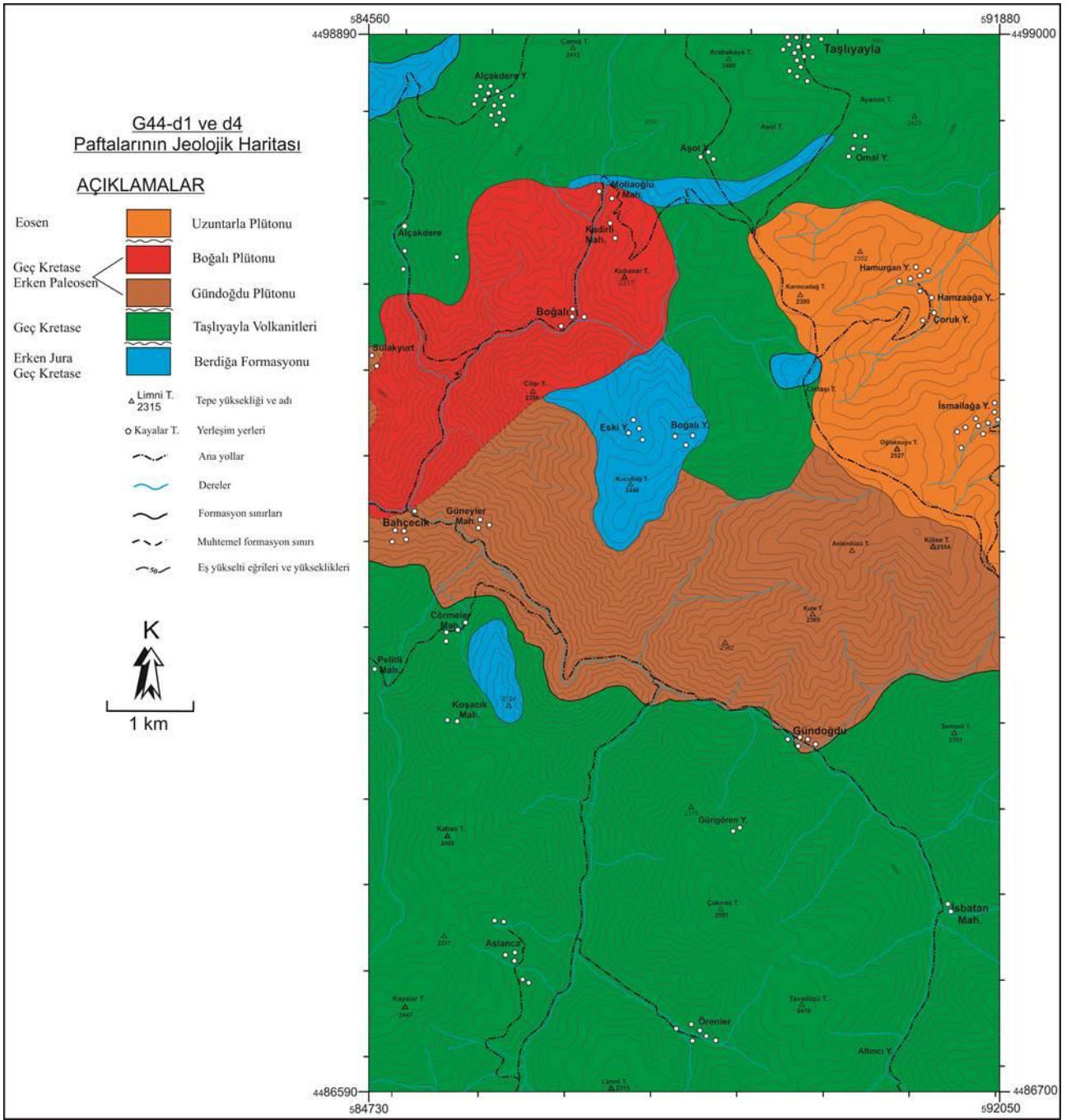
3. Analiz Yöntemler

Çalışma kapsamında, araziden alınan yaklaşık 75 adet el örneğinin ince kesitleri hazırlanarak polarizan mikroskopta ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu örneklerin petrografik özellikleri belirlenerek modal analizleri yapılmış ve adlandırılmışlardır. Arazi çalışmaları ve petrografik incelemeler sonucu mümkün olduğunca ayrışmadan etkilenmemiş 20 örnekten ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Önce çeneli, sonra halkalı öğütücüde yaklaşık 200 meshe kadar öğütülen örnekler ana oksit, iz ve nadir

toprak element analizleri için ACME Analitik Laboratuvarı (Kanada)'na gönderilmiştir. Burada ana oksit ve iz elementler ICP, nadir toprak elementler ise ICP-MS ile analiz edilmiştir. Toz örneklerden 0.2 g alınarak 1.5g LiBO₂ ile karıştırılmış, %5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmüştür. Toz örneklerden 0.250 g dört farklı asit içinde çözündürülmüş ve ppm olarak nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ppm olarak ölçülmüştür.

4. Mineraloji ve Petrografi

Çalışmanın ana konusunu oluşturan Geç Kretase yaşlı Taşhyayla volkanitlerine ait bazalt, andezit ve dasit türü kayaların dokusal özellikleri ile mineralojik-petrografik bileşimleri incelenmiştir. Bazaltların petrografik incelemesinde genellikle mikrolitik porfirik, glomeroporfirik ve poykilitik doku gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 3a, b).



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası

Fenokristal olarak; plajiyoklas, piroksen (ojit) ve opak mineraller içermektedir. Plajiyoklas, genellikle öz ve yarı öz şekilli mikrolitler halinde hamur içerisinde dağılmış halde bulunmakla birlikte, az oranda iri kristaller halinde de bulunur. Albit ikizi gösterenlerde yapılan cins tayinleri An içeriğinin 55-65 arasında değiştiğini ve labrador bileşiminde olduklarını göstermiştir (Şekil 3b). Bazı minerallerde yer yer albit ve polisentetik ikiz görülmekte olup, yaygın bozuşma ürünü

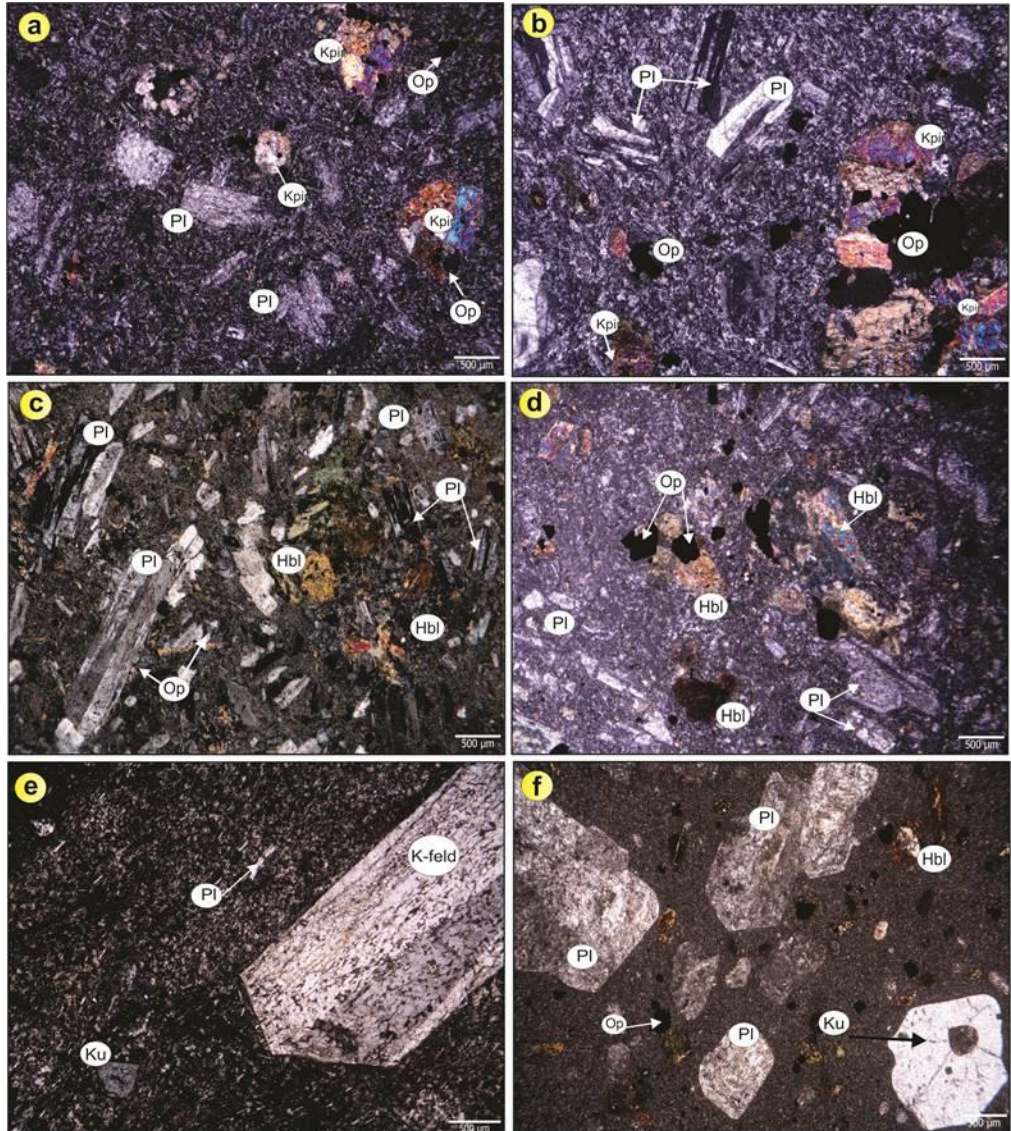
olarak da serizit, kalsit ve kil mineralleri görülmektedir. Piroksenler genellikle yarı öz şekilli, küçük latalar halinde yada matriks içerisinde yer yer kümelenmiş halde bulunmaktadırlar. Yaygın bozuşma ürünü olarak kloritleşmiş ve epidotlaşmışlardır. Piroksenler genellikle ojit bileşimlidirler. Opak mineraller, küçük daneler halinde olup, hamur içerisinde dağınık halde bulunmaktadır. İkincil mineraller, kalsit, klorit ve epidot minerallerinden oluşur. Hamur, plajiyoklas,

klinopiroksen ve opak minerallerin küçük kristallerinden oluşmaktadır (Şekil 3).

Andezitlerin mikroskobik incelemesinde genellikle traktik, porfirik ve mikrolitik porfirik doku gösterdikleri belirlenmiştir. Fenokristal olarak kuvars, plajiyoklas, hornblend ve opak mineraller içermektedir. Plajiyoklaslar, genellikle öz ve yarı öz şekilli, hamur içerisinde dağılmış mikrolitler halinde ve yer yer iri kristaller halinde bulunmaktadır. İri plajiyoklas mineralleri genel olarak zonlu doku göstermektedir (Şekil 3c). Plajiyoklaslarda yaygın bozuşma ürünü olarak serizitleşme görülmektedir. Kuvarlar, nadiren öz şekilli, genel olarak hamur içerisinde küçük yuvarlağımsı şekillerde görülmekte olup, yer yer gözlenen iri

kuvarlar yuvarlak, hamur tarafından yenilme-kemirilme dokusu göstermektedir. Hornblendler, genellikle öz ve yarı öz şekilli kristaller halinde bulunurlar (Şekil 3d). İri kristaller çoğunlukla prizmatik şekilde gözlenirken, öz şekilsiz olan kristaller ince plakalar şeklinde hamur içerisinde dağılmış halde bulunurlar. Çoğunlukla kloritleşme ve epidotlaşma gibi ayrışma ürünleri sergilerler. Opak mineraller, küçük daneler halinde, çoğunlukla hornblendlerin etrafında ve üzerlerinde yuvarlak-kırıklı şekillerde görülmektedirler. İkincil mineraller, serizit, kalsit ve kil minerallerinden oluşur. Hamur, mikrolitler halindeki plajiyoklas, hornblend, kuvars ve opak minerallerin çok küçük kristallerinden oluşmaktadır (Şekil 3c, d).

Şekil 3. Taşhyayla Volkanitlerine ait, (a) bazaltlarda gözlenen mikrolitik porfirik doku, (b) poyikilitik ve glomeroporfirik doku, (c, d ve e) andezitlerde gözlenen mikrolitik porfirik ve traktik doku, (f) dasitlerde gözlenen hamur tarafından yenmiş iri kuvars mineralleri (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Op: Opak mineral, Ku: Kuvars, Kpir: Klinopiroksen).



Dasitlerin mikroskopik incelemesinde mikrolitik porfirik doku göstermektedirler. Fenokristal olarak; plajiyoklas, kuvars, alkali feldispat, hornblend ve opak mineraller içermektedir. Plajiyoklaslar iri, öz şekilli levhamsı kristaller, hamurda da mikrolitler halinde bulunur. Plajiyoklaslar bolluk sırasına göre albit ve albit-karlsbad ikizleri gösterirler. 010'a dik kesitlerde yapılan cins tayininde cinsinin % 35-45 An içerikli andezin olduğu saptanmıştır. Bazı örneklerde zonlanma görülmektedir. En yaygın ayrışma türü serizitleşme, kalsitleşme ve killeşme şeklindedir. Alkali Feldispatlar iri, öz veya yarı öz şekilli kristaller halinde olup hamurda küçük kristaller halinde bulunur. Bazı minerallerde karlsbad ikizlenmesi gözlenir (Şekil 3e). Kuvars genelde iri ve özsekilli kristaller halindedir. İri kristallerin bazılarının kenarları hamur tarafından yenmiştir (Şekil 3f). İri kristaller genelde dalgalı sönme gösterirler ve kırıklı yapıdadır. Hornblendler iri öz ve yarı öz şekilli prizmatik kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde görülür. Bazı mineraller plajiyoklas ve opak mineral inklüzyonları içerirler. Opak mineraller, küçük daneler halinde olup, hamur içerisinde dağınık halde bulunmaktadırlar. İkincil mineraller, ayrışma ürünü olarak serizitleşme, killeşme, kloritleşme ve yer yer de epidotlaşmalar görülmektedir. Hamur, genel olarak mikrolitler halindeki plajiyoklaslar ile kuvars, hornblend ve opak minerallerin küçük kristallerinden oluşmaktadır.

5. Taşlıyayla Volkanitlerinin Jeokimyası

5.1. Kimyasal Sınıflama

İnceleme alanı içerisinde yer alan ve Geç Kretase'de gelişen volkanik kayalardan (Taşlıyayla Volkanikleri) alınan örneklerin bazılarında ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonuçları yorumlanarak volkanitlerin meydana geldikleri magma türleri, kimyasal özellikleri ve bölgenin jeotektoniğine ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Taşlıyayla volkanitlerinden alınan 20 adet volkanik kayalık örneğinin ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Taşlıyayla Volkanikleri'ni oluşturan

kayaçlarda SiO₂ % 45.48-70.11, Al₂O₃ % 13.18-19.77, CaO % 1.46-9.57, Na₂O % 0.72-6.82, K₂O % 0.71-6.26, TiO₂ % 0.16-1.21, Ni 0.8-65.5 ppm, Rb 13.9-218.3 ppm, Ba 104-1579 ppm, Sr 163.1-1037.7 ppm, Mg# 21.86-49.96, A/CNK değerleri 0.73-1.08 ve K₂O/ Na₂O oranları 0.16-7.08 arasındadır (Tablo 1). İncelenen volkanik kayalık örnekleri, Le Maitre vd. (1989)'un ana element oksit sınıflama diyagramına aktarıldığında, Taşlıyayla örneklerinin bazalt, trakibazalt, bazaltik andezit, bazaltik trakiandezit, trakiandezit, andezit, dasit ve riyolit bileşimde oldukları belirlenmiştir (Şekil 4a). Kayaçlarda gözlenen alterasyon nedeniyle artan Na-K mobilitesi ve SiO₂'daki zenginleşmeden dolayı daha az hareketli olan Zr, Y, Nb, Ti, Ga, Cr, Ni, P, Th ve nadir toprak elementleri jeokimyasal ve petrolojik amaçlı kullanılmaktadır (Irvine ve Baragar, 1971). Taşlıyayla örnekleri: SiO₂-Zr/TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) ve Nb/Y-Zr/TiO₂ (Winchester ve Floyd, 1977)'in kimyasal adlandırma diyagramlarına düşürüldüğünde örneklerin yarı alkali bazalt, andezit, riyolit/dasit bileşim sundukları görülmüştür (Şekil 4b, 4c). Volkanik kayalıkların afinitelerini belirlemek üzere kullandığımız AFM üçgen diyagramında, Irvine ve Baragar, (1971)'a ait yönsemeye göre örneklerin tamamı kalk-alkali alanda yer almaktadır (Şekil 4d).

5.2. Ana, iz ve Nadir Toprak Elementler

SiO₂'ye karşı ana ve iz element değişim diyagramlarının (Şekil 5 ve 6) çoğunlukla iyi korelasyon vermeleri, volkanitlerin gelişiminde ayrışmanın önemli rol oynadığına işaret etmektedir. SiO₂'ye karşı hazırlanan ana element değişim diyagramlarında; CaO, MgO, P₂O₅, Na₂O, MnO, Al₂O₃, Fe₂O₃*, TiO₂'de negatif yönde azalan bir yönelim söz konusu iken, K₂O'da ise pozitif yönde artan bir yönelim görülmektedir (Şekil 5). SiO₂'ye karşı hazırlanan iz element değişim diyagramlarında (Şekil 6) Ba, Th, Pb, Rb, Hf'da pozitif, Eu, Y ve Co'da ise negative bir ilişki gözlenmektedir. SiO₂'nin artışıyla CaO, Fe₂O₃* ve Al₂O₃ azalması önemli ölçüde plajiyoklas ve piroksen ayrışmasını yansıtmaktadır. SiO₂'ye karşı Al₂O₃* azalması, volkanik kayalıkların gelişiminde amfibollerin ayrışmasının da etkili

olabileceğini göstermektedir. Amfibollerin kalk-alkalin karakterli volkanik kayaların gelişiminde önemli bir ayırılma fazı olduğu da bilinmektedir (Cawthorn ve O'Hara, 1976). SiO₂'ye karşı Fe₂O₃* ve TiO₂ azalması magnetit ayırılmasını ifade etmektedir. SiO₂'ye karşı P₂O₅ azalması apatit ayırılmasını, Fe₂O₃, MgO, MnO azalması biyotit ve amfibol ayırılmasını

desteklemektedir. Ayrıca artan SiO₂'ye karşı artan Rb, Ba, Th, Hf elementleri genellikle feldispatların ve amfibollerin ayırılmasını ifade etmektedir. SiO₂'ye karşı Ni ve Co azalması, bu elementlerin klinopiroksen yapısındaki Mg, Fe ve Al'un yerini alması nedeniyle klinopiroksen ayırılmasını desteklemektedir.

Tablo 1. Taşlıyayla Volkanitlerine ait kayaların ana (%) ve iz (ppm) element analizleri

Kayaç	Taşlıyayla Volkanitleri																				
	Örnek no	44	81	139	167	175	160	121	3	12	80	153	78	38-A	BG-10	GB-1	GB-2	148-B	134	149	66
SiO ₂	59.45	64.40	48.16	59.14	52.35	45.48	52.33	48.01	57.12	49.92	50.97	52.84	55.40	57.81	70.11	71	52.46	52.52	52.83	52.83	48.65
TiO ₂	0.46	0.79	1.12	0.71	0.84	0.98	1.13	1.21	0.51	0.99	0.72	0.67	0.54	0.6	0.21	0.16	0.85	0.62	1.09	0.71	
Al ₂ O ₃	15.62	15.97	18.19	16.96	18.67	17.21	19.77	16.85	14.95	18.73	17.97	17.03	16.10	18.87	14.22	13.18	17.42	17.99	16.92	17.15	
Fe ₂ O ₃ *	5.59	4.11	8.13	6.44	8.77	11.03	7.38	9.54	5.77	9.14	8.60	7.14	6.12	5.73	2.13	1.73	9.04	6.45	9.03	8.75	
MnO	0.11	0.09	0.06	0.14	0.07	0.20	0.14	0.14	0.12	0.18	0.19	0.22	0.14	0.12	0.06	0.07	0.12	0.1	0.16	0.19	
MgO	2.53	1.15	7.16	2.88	2.75	5.07	2.43	6.67	3.04	4.04	4.81	2.86	2.06	2.7	0.81	0.55	4.67	6.44	4.77	3.92	
CaO	5.57	3.75	6.68	5.79	7.82	8.23	8.24	6.21	5.04	6.59	5.99	4.60	5.78	3.41	1.46	3.32	7.89	9.57	8.24	6.77	
Na ₂ O	2.72	3.06	3.65	3.54	4.39	3.08	0.72	4.63	3.54	4.44	2.75	5.01	3.77	6.82	2.29	2.32	3.33	3.17	3.36	4.47	
K ₂ O	3.06	4.70	0.80	2.61	0.71	1.93	5.10	0.72	3.49	1.96	1.41	2.80	2.74	2.5	6.26	3.5	1.48	1.87	1.1	1.41	
P ₂ O ₅	0.16	0.23	0.25	0.23	0.07	0.29	0.27	0.23	0.19	0.38	0.13	0.31	0.21	0.2	0.04	0.05	0.24	0.1	0.39	0.34	
LOI	4.5	1.5	5.5	1.3	3.4	6.2	2.2	5.5	5.9	3.3	6.3	6.3	6.9	1	2.2	4	2.2	0.8	1.8	7.3	
Toplam	99.77	99.75	99.70	99.74	99.84	99.70	99.71	99.71	99.67	99.67	99.84	99.78	99.76	99.76	99.79	99.88	99.70	99.63	99.69	99.66	
Ba	1047	1055	185	741	104	906	1148	372	1130	651	235	664	1073	497	1180	770	760	245	349	1579	
Ni	6	1	66	6	18	3	24	60	5	3	28	7	3	4.1	2.1	1.1	9.4	42.4	40.2	4.5	
Cu	31.8	10.6	4.6	46.0	64.5	27.5	11.1	1.4	39.8	122.1	1.6	205.5	5.0	63	16.8	4.6	6.9	42.3	7.1	63.7	
Ga	14.3	15.4	16.2	15.9	17.0	16.8	14.9	15.1	14.0	18.0	16.4	17.5	13.4	17.3	13.6	9.9	15.9	17.2	16.6	16.9	
Hf	2.8	5.5	2.8	4.0	1.8	2.6	3.7	2.5	2.2	2.5	1.9	3.2	2.8	5.1	5.5	2.8	3.2	3.1	4.3	2.8	
Nb	6.0	12.7	5.4	8.7	3.1	5.3	5.7	6.0	5.7	5.5	4.2	7.1	5.3	8.6	8.6	7.1	5.9	1.5	11.6	5.5	
Rb	71.3	101.1	13.9	50.9	29.1	43.6	157.2	21.7	101.4	33.0	52.2	70.1	63.5	33.5	218.3	107.8	27.1	50.6	24.3	57.8	
Pb	4	12	1	16	4	5	5	1	5	5	2	27	10	1.8	15	13.6	3.9	1.3	1.5	2.4	
Sr	527.8	403.2	550.8	424.3	235.2	571.2	163.1	599.3	886.7	1037.7	247.2	342.3	461.0	388.3	103.5	272.7	531.2	929.7	563.7	481.6	
Ta	0.5	0.9	0.2	0.5	0.1	0.3	0.2	0.4	0.5	0.3	0.2	0.4	0.3	0.5	0.8	0.6	0.4	<0.1	0.6	0.2	
Th	8.0	12.6	1.9	8.9	1.9	3.1	5.4	2.0	10.5	1.6	2.0	9.3	6.5	9	23.7	12.7	4.3	2.6	5.8	4.5	
U	2.8	3.5	0.4	2.6	0.5	0.6	1.5	0.4	2.8	0.6	0.6	2.5	1.2	2.6	7.2	3	1.3	0.6	1.1	1	
V	141	65	199	154	245	283	261	175	162	258	165	167	95	118	22	27	229	176	174	197	
W	1.1	1.0	<0.5	1.2	0.7	0.6	1.5	0.5	1.2	<0.5	1.1	5.3	0.6	0.7	2.8	2	0.6	1.4	<0.5	1.9	
Zr	96.2	200.5	108.9	149.1	63.4	97.7	127.6	101.9	80.5	90.1	70.2	113.9	107.3	189.2	199.6	95.6	115	101.7	185.6	110.9	
Y	12.1	30.4	23.4	25.1	17.5	22.3	23.1	20.9	12.9	25.9	18.4	18.6	15.0	22.4	16.4	8.9	19.7	11.9	22.6	19	
Mg#	31.16	21.86	46.83	30.90	23.87	31.49	24.77	41.15	34.51	30.65	35.87	28.60	25.18	32.03	27.55	24.12	34.06	49.96	34.57	30.94	
K ₂ O/Na ₂ O	1.13	1.54	0.22	0.74	0.16	0.63	7.08	0.16	0.99	0.44	0.51	0.56	0.73	0.37	2.73	1.51	0.44	0.59	0.33	0.32	

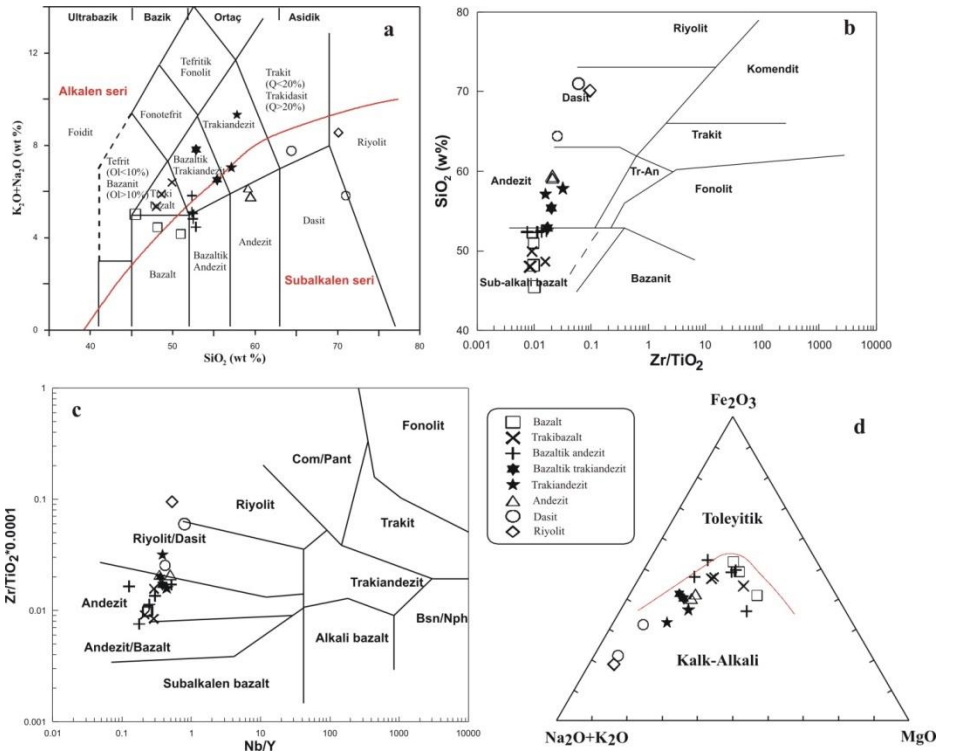
Fe₂O₃* : Fe₂O₃ cinsinden toplam demir, LOI (loss on ignition=ateşte kayıp) : Toplam uçucu içeriği, Mg# = 100*MgO/(MgO+Fe₂O₃*), A/CNK = Mol Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O).

Tablo 2. Taşlıyayla Volkanitlerine ait kayaların Nadir Toprak Element (ppm) analizleri

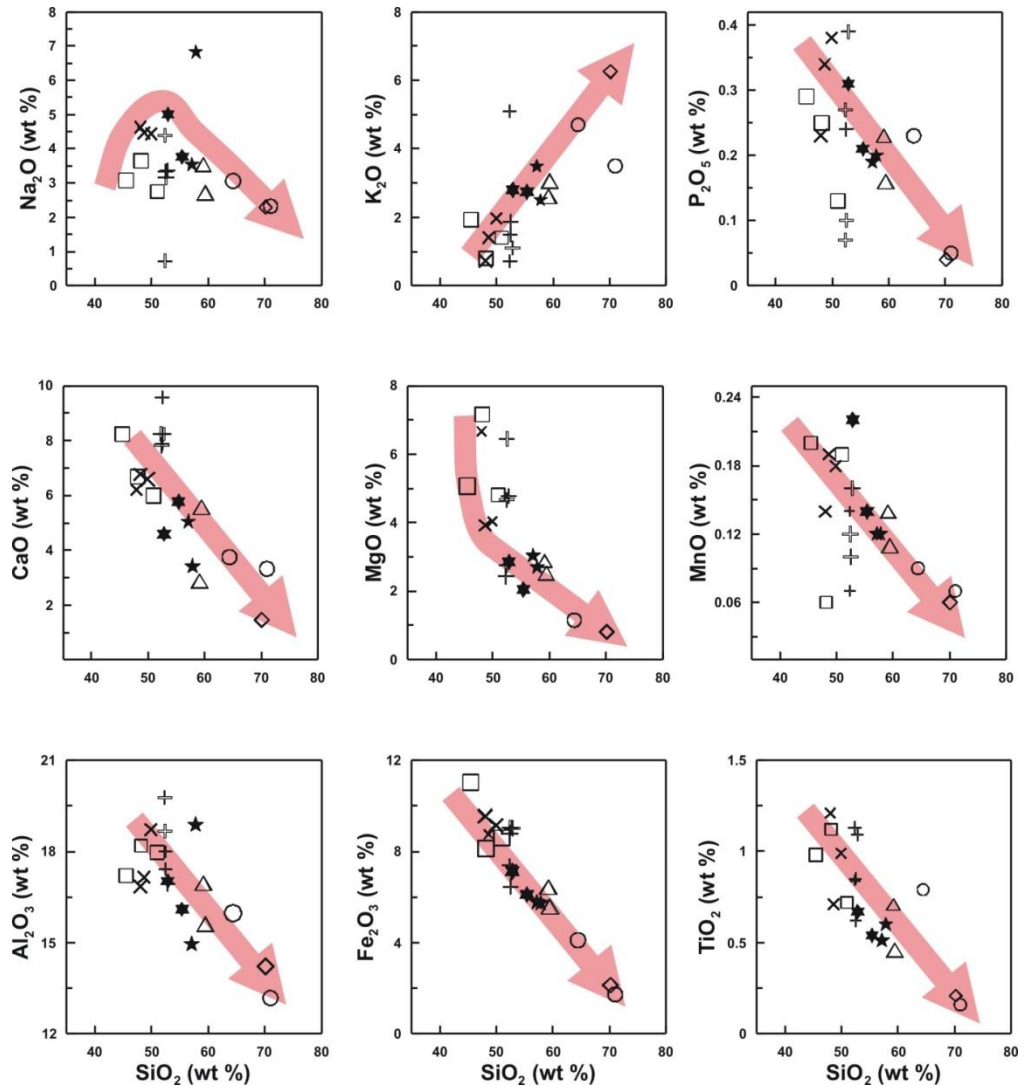
Örnek No	44	81	139	167	175	160	121	3	12	80	153	78	38-A	BG-10	GB-1	GB-2	148-B	134	149	66
La	19.8	35.6	13.7	27.6	9.4	19.8	19.6	12.8	29.4	19.2	12.9	27.8	24.3	34.3	37	22	20.4	9.5	35.2	23
Ce	38.5	69.8	33.9	54.4	20.9	45.0	41.4	28.9	54.5	43.7	26.8	57.0	47.5	66.5	69.8	33.9	43.1	21.1	70.3	47.3
Pr	4.07	7.84	4.23	6.34	2.51	5.45	5.18	3.64	5.81	5.69	3.34	6.42	5.48	7.46	7.59	3.42	5.41	2.72	8.41	5.89
Nd	15.8	29.7	17.2	23.8	10.6	23.2	22.0	16.5	22.0	25.0	13.9	26.5	21.6	28.7	25.4	11.9	22.6	11.6	33.1	23.6
Sm	2.85	6.16	4.07	5.03	2.72	5.15	4.54	3.54	4.15	5.69	3.20	4.94	4.21	5.09	4.19	1.76	4.26	2.29	6.16	4.71
Eu	0.78	1.40	1.42	1.05	1.04	1.37	1.09	1.16	1.02	1.60	1.06	1.24	1.20	1.35	0.61	0.45	1.21	0.82	1.66	1.27
Gd	2.55	5.74	4.22	4.83	2.83	4.95	4.48	3.85	3.16	5.47	3.43	4.29	4.03	4.6	3.27	1.57	4.52	2.28	5.37	4.25
Tb	0.38	0.91	0.67	0.75	0.50	0.73	0.71	0.65	0.44	0.82	0.57	0.64	0.49	0.64	0.44	0.22	0.65	0.34	0.73	0.58
Dy	2.17	5.25	3.99	4.47	3.24	4.03	4.26	4.09	2.32	5.21	3.52	3.57	2.87	3.73	2.7	1.36	3.97	2.26	4.31	3.64
Ho	0.41	1.06	0.81	0.88	0.69	0.82	0.91	0.84	0.48	0.97	0.74	0.70	0.52	0.72	0.53	0.26	0.72	0.44	0.8	0.65
Er	1.17	2.93	2.51	2.49	1.97	2.42	2.36	2.31	1.45	2.78	2.15	1.83	1.52	2.25	1.66	0.88	2.29	1.23	2.35	1.98
Tm	0.19	0.42	0.35	0.38	0.30	0.32	0.38	0.33	0.19	0.40	0.32	0.28	0.24	0.34	0.28	0.13	0.33	0.2	0.36	0.26
Yb	1.34	3.05	2.21	2.55	1.96	2.10	2.59	2.17	1.44	2.39	2.16	1.89	1.51	2.46	1.82	1.01	2.16	1.26	2.3	1.96
Lu	0.21	0.46	0.36	0.39	0.28	0.32	0.37	0.31	0.21	0.42	0.33	0.27	0.24	0.38	0.27	0.18	0.32	0.2	0.34	0.29
(La/Lu) _N	9.79	8.03	3.95	7.35	3.49	6.42	5.50	4.29	14.53	4.75	4.06	10.69	10.51	9.37	14.23	12.69	6.62	4.93	10.75	8.23
Eu=(Eu/Eu*) _N	0.87	0.71	1.04	0.64	1.14	0.82	0.73	0.96	0.83	0.87	0.97	0.81	0.88	0.84	0.49	0.81	0.84	1.09	0.86	0.85

Eu* = (Sm+Gd)/2, N: Kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiştir.

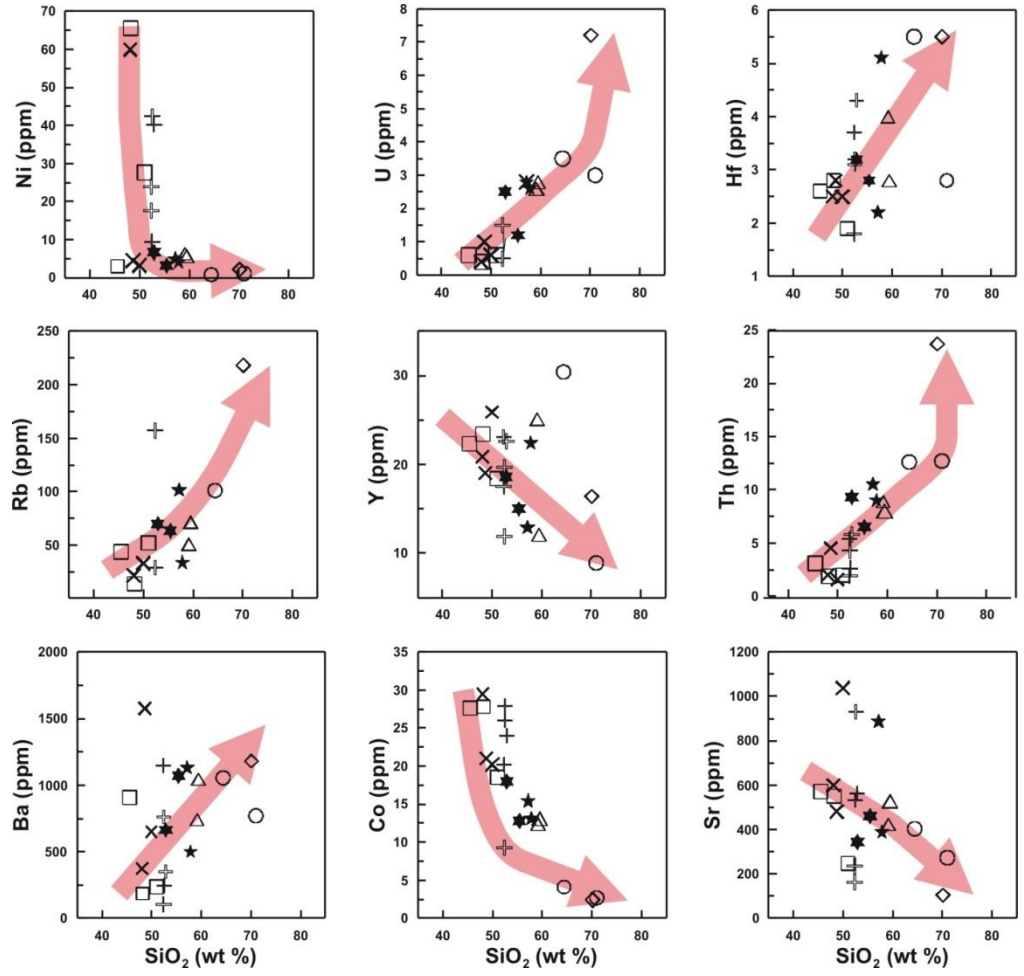
Şekil 4. Taşlıyayla volkanik kayaların (a) SiO₂'ye karşı Na₂O+K₂O (TAS) diyagramı (Le Maitre vd., 1989, Alkali-Subalkali eğrisi (Irvine ve Baragar, 1971), (b) SiO₂-Zr/TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977), (c) Nb/Y-Zr/TiO₂ sınıflama diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977), (d) AFM diyagramı (Toleyitik-kalk alkali eğrisi Irvine ve Baragar, 1971'den alınmıştır).



Şekil 5. Taşlıyayla volkanitlerinin SiO₂'ye karşı ana element değişim diyagramları (Semboller Şekil 4d'deki gibidir).



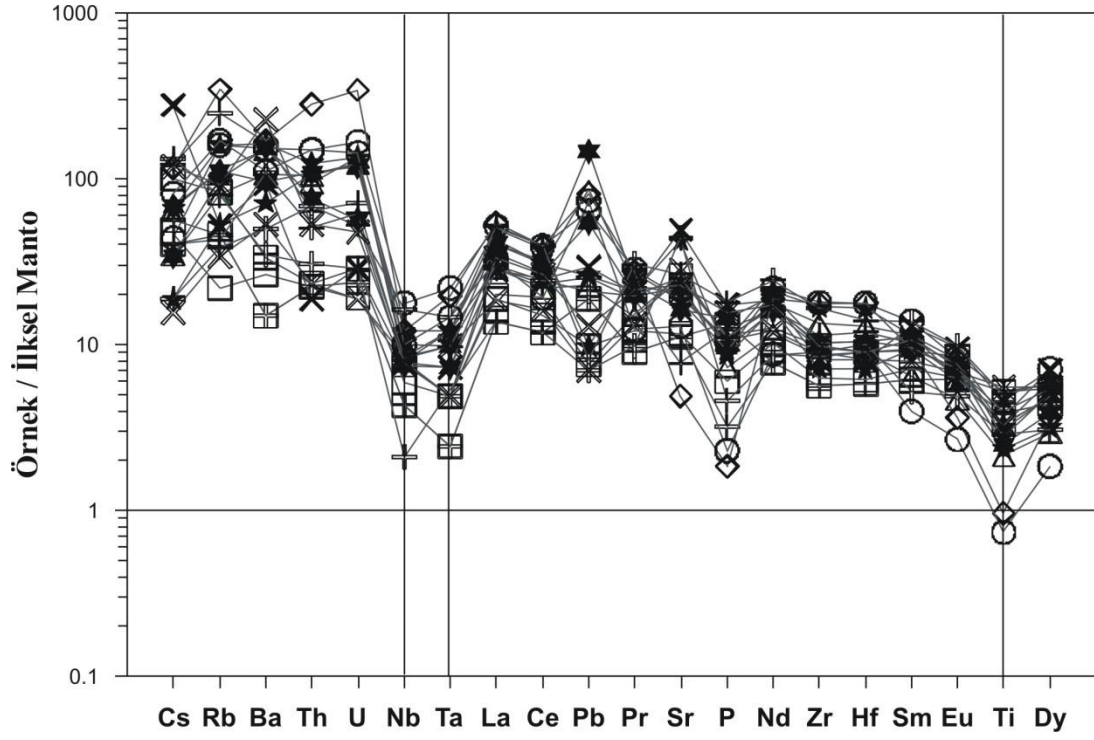
Şekil 6. Taşlıyayla volkanitlerinin SiO_2 'ye karşı iz element değişim diyagramları (Semboller Şekil 4d'deki gibidir).



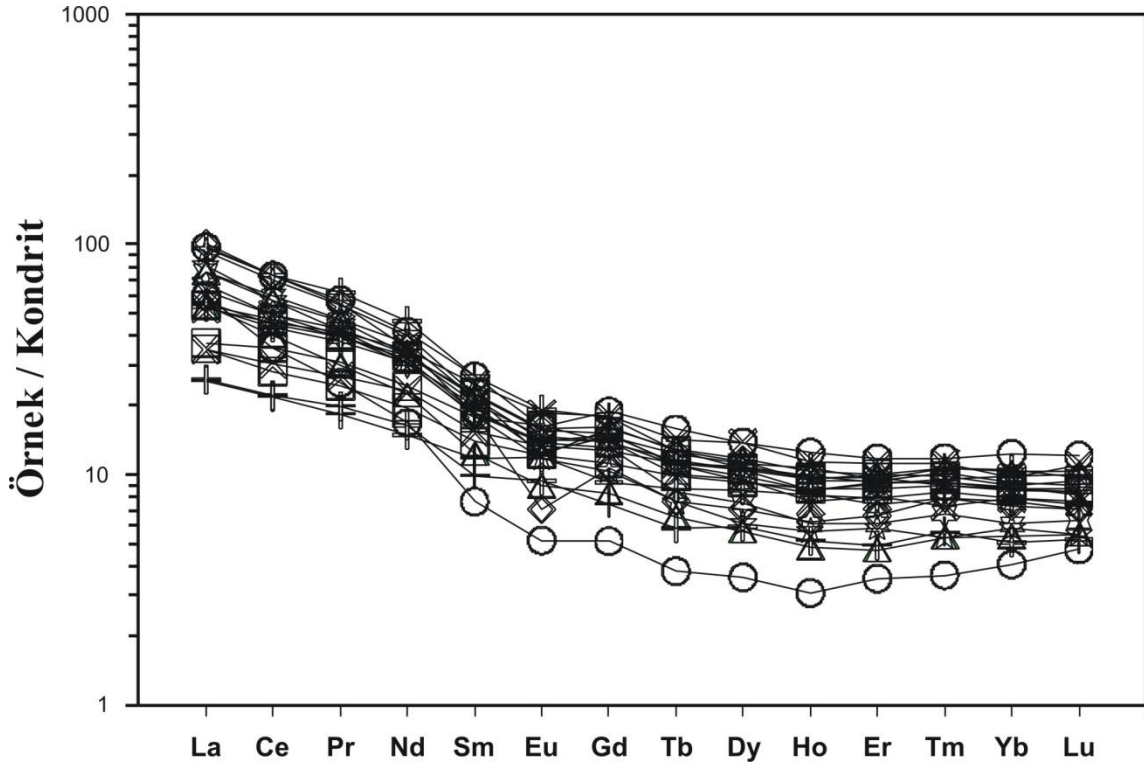
Örneklerin ilksel manto'ya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları Şekil 7'de verilmiştir. Genel olarak örnekler kendi içlerinde zenginleşme gösterirken, büyük iyonlu litofil elementlerin (LILE), yüksek çekim alanlı elementlere (HFSE) göre daha fazla zenginleşmiş oldukları görülmektedir. Yüksek Sr, Rb ve Ba (LILE) içeriği volkanik kayalarda kontaminasyonu \pm magma karışımının varlığına işaret etmektedir. Net bir şekilde gözlenen Nb, Ta ve Ti anomalisi ise, kayaların ana magmasının gelişiminde yitim bileşeninin etkili bir şekilde rol oynadığını göstermektedir (Pearce, 1983). İncelenen volkanik kayaların bütün özellikleri dikkate alındığında, Taşlıyayla Volkanitleri'nin iz element karakteristikleri, genel olarak yay volkaniklerine benzerlik sunmaktadır (Pearce, 1982).

İncelenen volkanitlerin kondrite (Taylor ve McLennan, 1985) normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılım diyagramında,

örnekler birbirlerine paralel yönde dağılım göstermektedir (Şekil 8) Bu da volkanitleri oluşturan kayaların benzer manto kaynağından türediklerini doğrulamaktadır. İncelenen volkanik kayaların, kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımlarında (NTE) kayaların Eu değerlerinde belirgin olmamakla birlikte hafif negatif anomalinin görülmesi kayaların gelişiminde az da olsa plajiyoklas ayrımlaşmasının etkisini göstermektedir. Dağılımların orta kısmının çukur olması ve hafif nadir toprak elementlere doğru gidildikçe yukarıya doğru hafif konkav bir yapı sunması, volkanik kayaların gelişiminde piroksen ayrımlaşmasının etkili bir rol oynadığını sunmaktadır. Örneklerin $(\text{Eu}/\text{Eu}^*)_N$ oranları 0.49-1.14 arasında değişim göstermekte olup, $(\text{La}/\text{Lu})_N$ değerleri 3.95-14.53 arasındadır. Volkanitlerin geneline bakıldığında hafif nadir toprak elementler (HNTE), ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre daha fazla zenginleşmiştir (Şekil 8).



Şekil 7. Taşlıyayla volkanitlerinin ilksel mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı (Semboller Şekil 4d'deki gibidir)



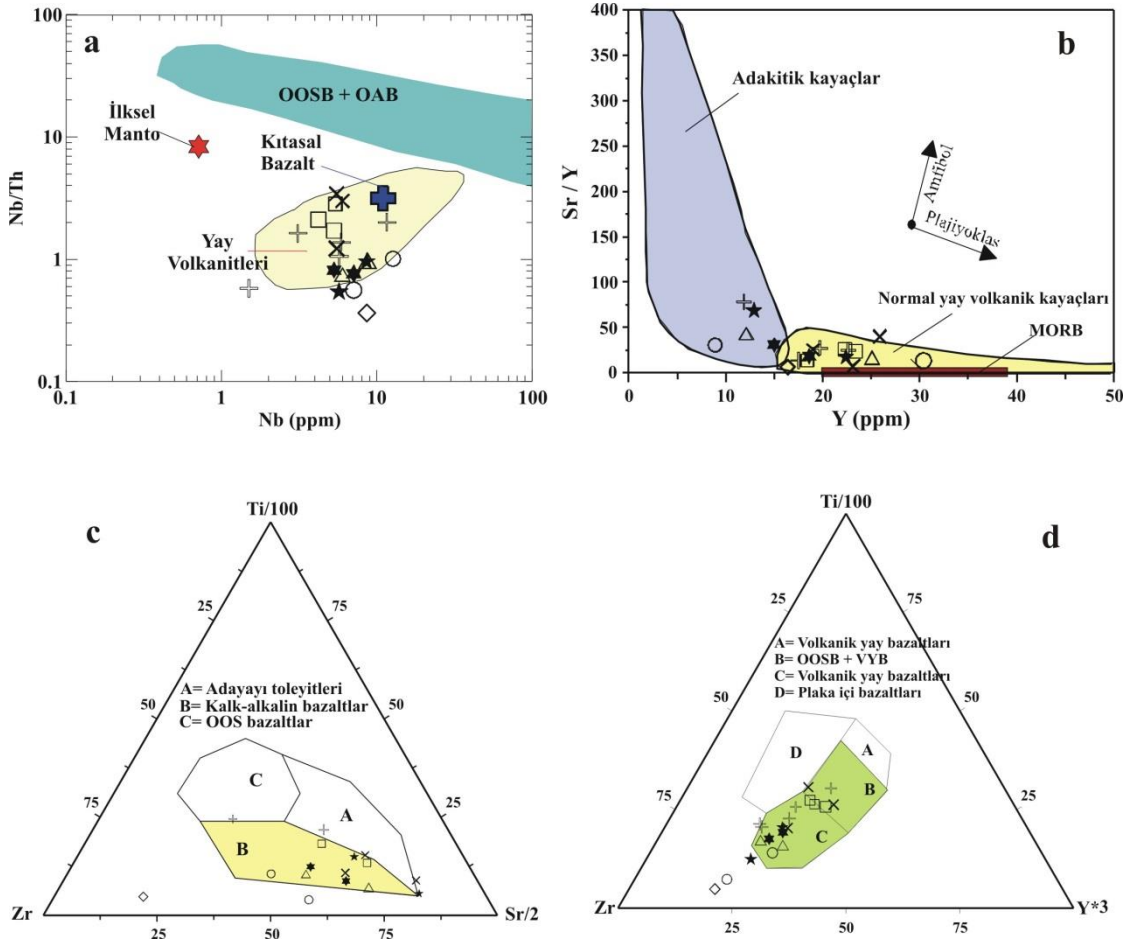
Şekil 8. Taşlıyayla volkanitleri'nin kondritte göre (Taylor ve McLennan, 1985) normalize edilmiş nadir toprak element diyagramı (Semboller Şekil 4d'deki gibidir)

6. Tartışma

6.1. Tektonik Ortam

Taşlıyayla volkanitlerinin jeokimyasal diyagramlarındaki değişimlerine bakıldığında iz element değişimlerinde Nb, Ta, Zr ve Ti bakımından tüketilme, Sr, K, Ba, Rb ve HNTE bakımından bir zenginleşme görülmekte olup, bu değerler volkanitlerin magmasının bir yitim zonu ortamında geliştiğini göstermektedir (Pearce and Peate, 1995; Turner, 2005). Taşlıyayla volkanitleri, OOSB, OAB ve plaka içi bazaltlarından daha yüksek Ba/La (10-69) ve daha düşük Nb/La (0.16-0.47) oranlarıyla orojenik volkanik kayalara benzemektedirler (Sun ve

McDonough, 1989). İncelenen volkanitlerin, alterasyondan fazla etkilenmediği bilinen Ti, Zr, Sr ve Nb gibi elementlerin birbirleriyle ilişkilerine göre tektonik ortamları belirlenmeye çalışılmıştır. Nb'ye karşı Nb/Th (Pearce ve Cann, 1973) tektonik ayırtman diyagramına göre, örnekler yay volkanitleri alanına düşmektedir (Şekil 9a). Sr/Y-Y (Defant ve Drummond, 1990) ayırtman diyagramında örnekler normal yay volkanik serisi alanına düşmektedir (Şekil 9b). Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramında (Şekil 9c) ise örneklerin büyük bir kısmı kalk-alkali bazalt alanlarına düşmektedirler. Ayrıca, yine Ti/100-Zr-Y*3 tektonik ayırtman diyagramında örneklerin volkanik yay bazaltları alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 9d).

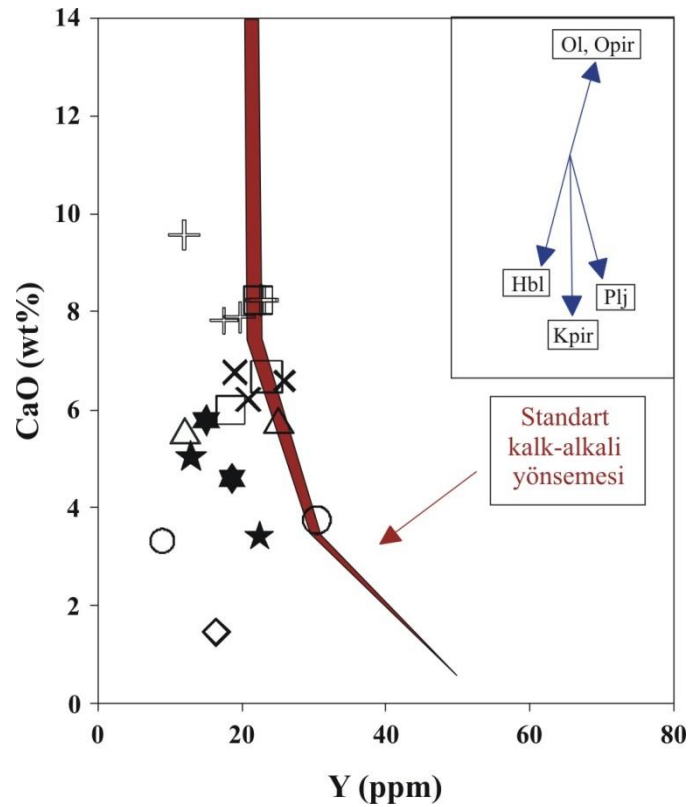


Şekil 9. Taşlıyayla volkanitlerine ait tektonik ayırtman diyagramları (Pearce ve Cann, 1973). (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı (ilksel manto Hoffmann, 1988), kıtasal bazalt-OOSB+OAB ve Yay volkanitleri alanları (Schmidberger ve Hegner, 1999)'dan alınmıştır, (b) Sr/Y-Y ayırtman diyagramı (Defant ve Drummond, 1990), (c) Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramı, (d) Ti/100-Zr-Y*3 diyagramı (Semboller Şekil 4d'deki gibidir)

6.2. Ayrılma

Taşlıyayla volkanitleri düşük MgO, Ni ve Co içeriklerine sahiptirler. Ana ve iz element değişim diyagramları volkanitlerin oluşumunda ayrılmanın etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 5 ve 6). Taşlıyayla volkanitlerinin artan SiO₂ içeriğine karşılık TiO₂ ve Fe₂O₃* içeriklerinin giderek azalması Fe-Ti oksitlerin ayrılmasına gösterirken, SiO₂'e karşı CaO, Fe₂O₃* ve MgO daki negatif ilişkiler plajiyoklas (An>50) ve klinopiroksen fazların ana magmadan ayrıldığına işaret etmektedir. SiO₂'e karşı Fe₂O₃* ve Al₂O₃ deki negatif ilişki hornblend ayrılmasını işaret etmektedir. İncelenen volkanik kayaların kondrite normalize edilmiş NTE dağılımlarında kayaların Eu değerlerinde belirgin negatif anomalinin olmaması kayaların gelişiminde plajiyoklas

ayrılmasının fazla etkili olmadığını göstermektedir (Şekil 8). Ana ve iz element değişim diyagramları kayaların gelişiminde klinopiroksen, hornblend, Fe-Ti oksit, plajiyoklas ve apatit mineral ayrılmasının önemli rol oynadığını göstermektedir. Lambert ve Holland (1974) kalk-alkali kayalarda, Y (ppm) elementinin zenginleşmesine ve fakirleşmesine bağlı olarak, J- ve L-tipi olmak üzere değişik farklılaşma yönsemeleri belirlenmiştir (Şekil 10). Buna göre Taşlıyayla volkanitleri, standart kalk-alkali yönsemesine yakın veya biraz daha düşük Y içeriklerine sahip olup, zayıf J-tipi bir yönseme sunarlar. Bu diyagrama göre, volkanik kayaların gelişiminde ilk önce klinopiroksen kontrollü, daha sonra da hornblend kontrollü bir ayrılmanın etkisinin olduğu görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Taşlıyayla volkanitlerinin Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974; Vektörler, bazaltik bileşim için minerallerin ayrılma yönlerini göstermektedir (Semboller Şekil 4d'deki gibidir)

6.3. Özümseme

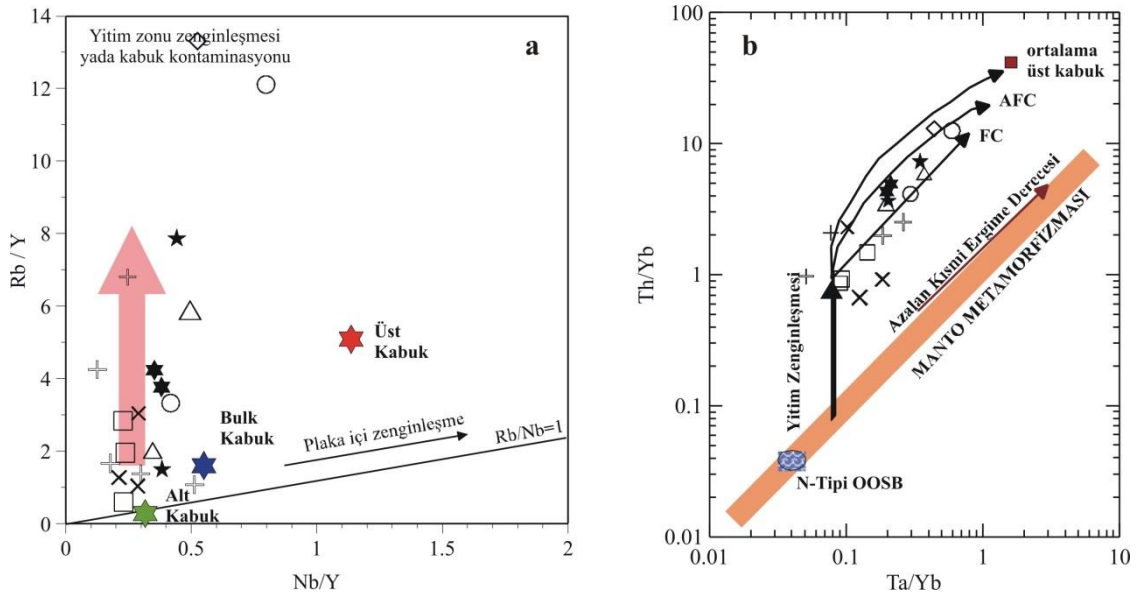
Kayaçlarda gözlenen yüksek SiO_2 , La ve Ce içerikleri, LILE element zenginleşmeleri, ana magmanın yükselimi sırasında kabuk malzemesi ile etkileşim içinde olduğunu göstermektedir. Bu zenginleşme, muhtemelen magmanın yükselimi sırasında kıtasal kabuk asimilasyonu veya fraksiyonel kristallenme ile gelişen asimilasyon (AFC) (DePaolo, 1981; Grove vd., 1982) ile açıklanabilir. İncelenen Taşlıyayla volkanitlerinin yitim zonu zenginleşmesi ve/veya kabuk özümlemesi ve ayrımlaşması arasındaki ilişki, Nb/Y'ye karşı Rb/Y gibi iz element oranlarının kullanıldığı diyagramda açıklanabilir (Şekil 11a). Bu diyagramda, Taşlıyayla volkanitleri yitim zonu zenginleşmesi veya kabuk kirlenmesini belirten düşey yönsemelere sahiptir.

İncelenen volkanitlerinin Ta/Yb'ye karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd., 1990) kaynak zenginleşmesinin varlığını belirlemede

kullanılabilir (Şekil 11b). Bu elementlerin varlığı kaynak çeşitliliği ve/veya kabuk kirlenmesinin varlığını belirlemek için de etkin bir şekilde kullanılabilir. Bu diyagramda, volkanik kayaçlar manto yönsemesine paraleldir. Ayrıca grafiğe göre, yitim bileşenlerince zenginleştirilmiş (metasomatize edilmiş) bir kaynaktan itibaren magmalar türemiştir. Kayaçların gelişiminde ayrımlaşmanın (FC) rolünün çok olduğunu ve kayaçların yitim zonu ile ilişkili bir kaynaktan türediğini göstermektedir (Şekil 11a ve b).

6.4. Ana Magmanın Kökeni

Taşlıyayla volkanitlerinin incelenen iz element değişim diyagramlarında göstermiş oldukları Nb, Zr ve Ta gibi yüksek çekim alanlı elementlerce tüketilme, Sr, K, Rb, Ba ve yüksek Ba/La oranları gibi büyük iyon yarıçaplı elementlerce zenginleşme (Şekil 7) değerleri ile tipik olarak yitim zonu volkanik kayaçları özelliği sunarlar (Ewart, 1982; Elburg vd., 2002; Baier vd., 2008).



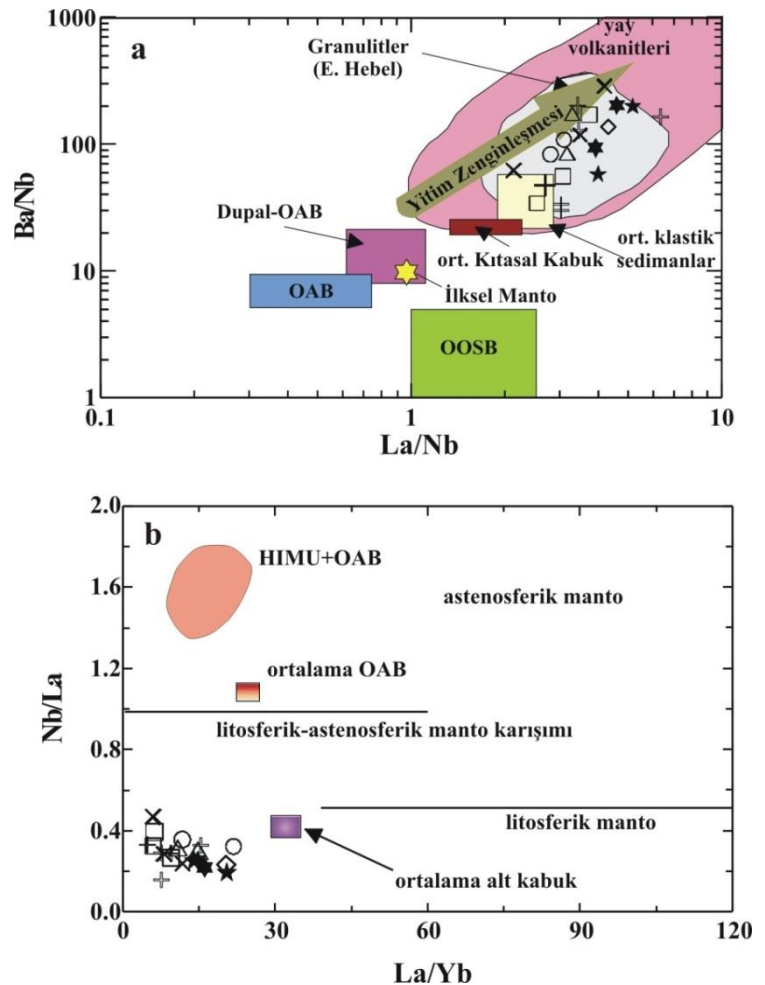
Şekil 11. Taşlıyayla volkanitlerinin (a) Nb/Y'a karşı Rb/Y diyagramı (Üst kabuk, bulk kabuk, alt kabuk bileşimleri, Taylor ve McLennan (1985)'dan alınmıştır), (b) Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd., 1990, FC (ayrışma), AFC (özümleme+ayrışma), yitim zenginleşmesi ve manto metasomatizmasını gösterir vektörler Pearce vd., (1990)'dan alınmıştır; N-tipi OOSB ve ortalama üst kabuk değerleri Sun ve McDonough (1989) ve Taylor ve McLennan (1985)'ten alınmıştır) (Semboller Şekil 4d'deki gibidir).

Yitim ilişkili kıtasal yay magmaları HFSE göre LILE'ce zenginleşme, ANTE'ye göre HNTE'ce zenginleşme ve negatif Nb, Ta, Zr, Hf ve Ti anomalileri ile karakteristiktir (Pearce, 1982; Morris vd., 1990; McCulloch ve Gamble, 1991; Kelemen, 1993; Thirlwall M.F. vd., 1994; Kelemen vd., 2003). LILE ve HNTE'ce (Şekil 7 ve 8) zenginleşme, dalan okyanusal litosferden ve/veya dalan litosfer üzerindeki sedimentlerden açığa çıkan akışkanlar tarafından zenginleştirilmiş (metasomatizmaya uğratılmış) bir kaynak bölgeden (muhtemelen litosferik manto) ana magmanın türeyebileceğini göstermektedir (Ringwood, 1990; Hawkesworth vd. 1991; Cameron vd., 2003; Münker vd., 2004). Kondrite normalize edilmiş NTE diyagramlarında volkanitlerin ANTE değerleri yataya yakın bir yönseme sergilemektedirler. ANTE değerlerindeki bu yatay yönseme volkanitleri oluşturan ana magmanın muhtemelen garnet içeren bir lertzolitik magma kaynağından daha ziyade spinel lertzolitik (<50 km derinlik) bir manto

kaynağından oluşabileceğini işaret etmektedir (Şekil 8).

İncelenen Taşlıyayla volkanitleri OOSB, OAB ve kıtasal volkanitlerle karşılaştırıldığında yüksek La/Nb (2-6) ve Ba/Nb (30-287) oranlarına sahip olup, bu özellikleriyle yay volkanitlerine benzerlik sunarlar (Sun ve McDonough 1989; Şekil 12a). Ayrıca bu düşük değerler, volkanitlerin ana magmasının normal astenosferik mantodan türemediğini göstermektedir. Bradshaw ve Smith (1994) ve Smith vd., (1999)' göre litosferik manto HNTE'lere göre YÇAE'lerce (Nb ve Ta gibi) daha çok tüketilmişlerdir. Bazaltik magmalar için yüksek Nb/La oranı ($\sim >1$) astenosferik manto kaynağını gösterirken, düşük ($\sim <0.5$) oranı ise litosferik manto kaynağını göstermektedir. Taşlıyayla volkanitlerine ait en bazik örneklerin Nb/La oranı (0.15-0.21) iken, La/Yb oranı ise (3-30) arasında olup, bu değerler litosferik manto kaynağını işaret etmektedir (Şekil 12b).

Şekil 12. Taşlıyayla volkanitlerinin (a) Ba/Nb'a karşı La/Nb (Jahn vd., 1999) diyagramı (Yay volkanitleri ve Arkeen granülitleri, Jahn ve Zhang, 1984'den; İlk Manto, Sun ve McDonough, 1989'dan; ort. Kıtasal kabuk, Taylor ve McLennan, 1985 ve Condie, 1993'den; Dupal-OAB, Jahn vd., 1999'dan alınmıştır), (b) La/Yb'a karşı Nb/La diyagramı (ortalama OAB değerleri, Fitton vd., 1991'den, ortalama alt kabuk değerleri, Chen ve Arculus, 1995'den; HIMU+OAB alanları, Weaver vd., 1987'den, astenosferik, litosferik ve karışım manto alanlarını ayıran çizgi Smith vd., 1999'dan alınmıştır) (Semboller Şekil 4d'deki gibidir)



7. Sonuçlar

Doğu Pontid Tektonik Kuşağı'nın Kuzey Zonu'nda yer alan Taşlıyayla (Çaykara/Trabzon) volkanitlerin ana ve iz element içerikleri genel hatlarıyla incelenerek bulgular sunulmuştur. Geç Kretase volkanitlerinin kimyasal özelliklerini ve petrolojisini irdeleyen bu çalışma, Doğu Pontid'ler de daha önce yapılmış Geç Kretase yaşlı volkanikleri konu alan çalışmaların (Çamur vd., 1996; Arslan vd., 1997; Aydınçakır ve Kaygusuz, 2012; Başer, 2016) bulgularıyla uyumluluk göstermektedir.

Geç Kretase yaşlı Taşlıyayla volkanitleri bazalt, andezit ve dasit bileşiminde, kalk-alkalen karakterli olup, $(La/Lu)_N$ değerleri 4-15 arasındadır (Tablo 2). Örneklerin tümü LILE elementlerce zenginleşmiş, HFSE elementlerce fakirleşmiş olarak görülürler. Negatif Nb ve Ta anomalisi kayaçların ana magma gelişiminde yitimin varlığını işaret etmektedir.

Jeokimyasal değişimler, volkanitlerin gelişiminde piroksen, hornblend, plajiyoklas ve Fe-Ti oksit ayrışması etkili olduğunu gösterir. Plajiyoklas minerallerinde görülen elek dokusu, kemirilme ve tekrarlanmalı zonlanma; kuvars minerallerinde gözlenen kemirilme; hornblendlerde gözlenen bozunma yapıları ve opaklaşma ve bazı minerallerin diğer minerallerin içinde inklüzyonlar şeklinde bulunması, Taşlıyayla volkanitlerinin gelişiminde magma karışımının da etkili olduğunu göstermektedir. Örneklerde gözlenen yüksek SiO₂, La, Ce içerikleri, LILE element zenginleşmeleri, ana magmanın kabuk malzemesi ile girişim yaptığına işaret etmektedir.

Sonuç olarak, petrografik ve jeokimyasal veriler volkanitlerin ana magmasının alt kabuk ve/veya üst mantodan türemiş olabileceğini, kayaçların fraksiyonel kristallenme, magma karışımı±kontaminasyon ve asimilasyon olayları sonucunda geliştiklerini ve volkanitlerin kaynağının Geç Kretase'de yitim sonucu metasomatizmaya uğramış zenginleşmiş litosferik manto olabileceğini göstermiştir.

8. Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 114Y219 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir. Bu çalışma sırasında görüş ve önerilerinden yararlandığım Prof. Dr. Cüneyt Şen'e, arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı Jeoloji Mühendisleri Sinan Yılmaz ve Buket Dünder'a teşekkür ederim. Ayrıca, makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılarından dolayı editör ve hakemlere teşekkür ederim.

9. Kaynaklar

- Adamia, S.A., Lordkipanidze, M.B., Zakariadze, G.S., 1977. Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of Caucasus, Tectonophysics, 40, 183-199.
- Adamia, S.A., Chkhotua, T., Kekelia, M., Lordkipanidze, M., Shavishvili, I., Zakariadze, G., 1981. Tectonics of the Caucasus and adjoining regions: implications for the evolution of the Tethys ocean, Journal of Structural Geology, 3, 4, 437-447.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.
- Akıncı, Ö., Barbieri, M., Calderoni, G., Ferrini, V., Masi, U., Nicoletti, M., Petruciani, C., Tolomeo, L., 1991. The Geochemistry of Hydrothermal Altered Rocks of the Lower Volcanic Cycle from the Eastern Pontides (Trabzon, NE Turkey), Chemie der Erde, 51, 173-186.
- Alp, D., 1972. Amasya Yöresinin Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fak. Monografileri, 22, İstanbul, 135.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P., Satır, M., 2008. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic

- characteristics of Paleocene plagioclinites from the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 105, 149-161.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S., Kurt, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey, Chemi der Erde, 57, 157-187.
- Arslan, M., Şen, C., Aliyazıcıoğlu, İ., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. 2000. Comparative geology, mineralogy and petrology of Eocene (?) volcanics in Trabzon and Gümüşhane areas (NE, Turkey). Earth Science and Mining Conference, Journal of Conference Book 1, 39-53.
- Arslan, M., Aliyazıcıoğlu, İ., 2001. Geochemical and Petrological Characteristics of the Kale (Gümüşhane) Volcanic Rocks: Implications for the Eocene Evolution of Eastern Pontide Arc Volcanism, Northeast Turkey, International Geology Review, 43, 595-610.
- Arslan, M., Aslan, Z., 2006. Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, NE Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 177-193.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D., ve Şen, C., 2013. 40Ar-39Ar 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, 166, 113-142.
- Aslan, Z., 2010. U-Pb zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 187, 3, 329-346.
- Aydın, F. 2003. Değirmendere vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) volkanitlerinin mineral kimyası, petrolojisi ve petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, F., Karslı, 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, 249-266.
- Aydın, F., 2014, Geochronology, Geochemistry and Petrogenesis of the Maçka Subvolcanic Intrusions: Implications for the late Cretaceous Magmatic and Geodynamic Evolution of the Eastern Part of the Sakarya Zone, Northeastern Turkey, International Geology Review, 56,10, 1246-1275.
- Aydınçakır, E., 2012. Borçka (Artvin, KD-Türkiye) Yöresi tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, Jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 200s.
- Aydınçakır, E., Kaygusuz, A., 2012. Geç Kretase Yaşlı Dağbaşı (Araklı, Trabzon) Volkanitlerinin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, KD Türkiye, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(2), 123-142.
- Aydınçakır, E., Şen, C., 2013. Petrogenesis of the post-collisional volcanic rocks from the Borçka (Artvin) area: implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 172-173, 98-117.

- Aydıncakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early Eocene Non-adakitic Volcanism in NE Turkey: Constraints on the Geodynamic Implications, Lithos, 208/209, 361-377.
- Aydıncakır, E., 2016. Subduction-related Late Cretaceous high-K volcanism in the Central Pontides orogenic belt: Constraints on geodynamic implications, Geodinamica Acta, 28(4), 379-411.
- Aydıncakır, E., Yılmaz, S., DüNDAR, B., Al-Mashramah, Y. A. A., Aydın, F., Dokuz, A., Şen, C., 2016. Taşlıyayla volkanitlerinin (Çaykara güneyi-Trabzon) Jeokimyasal Özellikleri, 7. Jeokimya Sempozyumu, Bildiri Özleri Kitabı, 16-18 Mayıs, Ankara Üniversitesi, Antalya, 244-245.
- Baier, J., Audetat, A., Kepler, H., 2008. The origin of the negative niobium tantalum anomaly in subduction zone magmas, Earth and Planetary Science Letters, 267, 290-300.
- Başer, R., 2016. Artvin-Borçka (KD-TÜRKİYE) Çevresindeki Geç Kretase Volkanitlerinin Petrolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 110s.
- Bektaş, O., Gedik, İ. 1988. A new formation with leucitebearing shoshonitic volcanism in the Kop area (Everekhanları Formation) and its relationship with the evolution of the eastern Pontide arc, NE, Turkey. Geological Society of Turkey Bulletin, 31, 11-19.
- Bektaş, O., Sen, C., Atici, Y., Köprübasi, N. 1999. Migration of the Upper Cretaceous subduction-related volcanism towards the back-arc basin of the Eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey), Geological Journal, 34, 95-106.
- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) baraj yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi ve çevre kayaçlarının jeomekanik özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R.c., Wagner, G.A., Yeğingil, Z., 2004. Slow Senonian and fast Paleocene-Early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: apatite fission-track results. Tectonophysics, 382, 213-228.
- Boztuğ, D., Erçin, A.İ., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, İ., İskenderoğlu, A., 2006. Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 27, 286-302.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R.C., Wagner, G.A., Erçin, A.I., Yeğingil, 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. International Journal of Earth Sciences, 96, 875-886.
- Bradshaw, T.K., Smith, E.I., 1994. Polygenetic Quaternary volcanism at Crater Flat, Nevada, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 63, 165-182.
- Cameron, B.I., Walker, J.A., Carr, M.J., Patino, L.C., Matias, O., Feigenson, M.D., 2003. flux versus decompression melting at stratovolcanos in southeastern Guatemala, Journal of Volcanology Geothermal Research, 119, 21-50.
- Chen, W., Arculus, R.J., 1995. Geochemical and isotopic characteristics of lower crustal xenoliths, San Francisco Volcanic Field, Arizona, USA, Lithos, 110, 99-119.

- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales, Chemical Geology, 104, 1-37.
- Çamur, M.Z., Güven, T.B., Er, M., 1996. Geochemical characteristics of the eastern Pontide volcanics: An example of multiple volcanic cycles in arc evolution, Turkish Journal of Earth Sciences, 5, 123-144.
- Chawthorn, R.G., O'Hara, M.J., 1976. Amphibole fractionation in calcalkaline magma genesis, American Journal of Science, 276, 309-329.
- Çoğulu, E. 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrografik ve Jeokronolojik Araştırmalar, İTÜ Kütüphanesi, 1034, İstanbul.
- Defant, M. J., Drummond, M. S., 1990. Derivation of Some Modern Arc Magmas by Partial Melting of Young Subducted Lithosphere, Nature, 347, 662-665.
- DePaolo D. J., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization, Earth and Planetary Science Letters, 53, 189-202.
- 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, International Geology Review, 52, 4-6, 536-578.
- Dokuz, A., 2000. Yusufeli Yöresinin Jeolojisi, Jeotektoniği, Magmatik-Metamorfik Kayaçların Jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dokuz, A., Tanyolu, E., 2006. Geochemical constraints on the provenance, mineral sorting and subaerial weathering of lower Jurassic and Upper Cretaceous clastic rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Arvin), NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 15, 181-209.
- Dokuz, A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Köse composite pluton, Godwana Research, 19, 926-944.
- Dokuz, A., Uysal, İ., Siebel, W., Turan, M., Duncan, R., Akçay, M., 2013. Post-collisional adakitic volcanism in the eastern part of the Sakarya Zone, Turkey: evidence for slab and crustal melting, Contributions to Mineralogy and Petrology, 166, 1443-1468.
- EğİN, D., Hirst, D.M., Phillips, R., 1979. The petrology and geochemistry of volcanic rocks from the northern Harşit river area, Pontid Volcanic Province, Northeast Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 6, 105-123.
- Elburg, M.A, Bergen, M.V., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarmain, I., Nasution, A., 2002. Geochemical trends across an arc-continent collision zone: magma sources and slab-wedge transfer processes below the Pantar Strait volcanoes, Indonesia, Geochimica et Cosmochimica Acta, 66, 2771-2789.
- Erentöz, C., Ketin İ. 1974. Explanatory text of the geological map of Turkey at 1/500.000 G scale (Kars): Spec. Publ. Of Min.Res. and Expl., 57.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Pul, D., 2007. Mid-Cretaceous olistostromal ophiolitic melange developed in the back-arc basin of the eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey), International Geology Review, 49, 12, 1103-1126.

- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous high-K volcanism in the eastern Pontide orogenic belt, and its implications for the geodynamic evolution of NE Turkey, International Geology Review, 52, 2/3, 142-186.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O., Akaryali, E., 2011a, Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting, Gondwana Research, 19, 413-429.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L., Akaryali, E., 2011b. Migration magmatism in a continental arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean revisited, Journal of Geodynamics, 52, 2-15.
- Eyuboglu, Y., Santosh, M., Yi, K., Tuysuz, N., Korkmaz, S., Akaryali, E., Dudas, F.O., Bektas, O., 2014. The Eastern Black Sea-type volcanogenic massive sulfide deposits: geochemistry, zircon U–Pb geochronology and an overview of the geodynamics of ore genesis, Ore Geology Review, 59, 29–54.
- Ewart, A., 1982. The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. In R.S. Thorpe, (eds.) *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. John Wiley, New York, 29-95.
- Fitton, J.G., James, D., Leeman, W.P., 1991. Basic magmatism associated with Late Cenozoic extension in the western United States: compositional variations in space and time, Journal of Geophysical Research, 96, 13693-13712.
- Grove, T.L., Gerlach, D.C., Sando, T.W., 1982. Origin of Calcalkaline Lavas at Medicine Lake Volcano by Fractionation, Assimilation and Mixing, Contributions to Mineralogy and Petrology, 80, 160-182.
- Gülmez, F., Genc, S. C., 2015. Amasya Civarı Geç Kretase Yaşlı Ultrapotasyik Volkaniklerinde Farklılaşma Süreçleri. Maden Teknik Arama Dergisi, 151, 153–172.
- Güven İ.H. 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25.000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu, MTA (Ankara), (yayınlanmamış).
- Hawkesworth, C.J., Hergt, J.M., McDermott, F., Ellam, R.M., 1991. Destructive Magmatic Magmatism and the Contributions from the Mantle Wedge and Subducted Crust, Australian Journal of Earth Sciences, 38, 577-594.
- Hofmann, A.W., 1988. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust and oceanic crust, Earth and Planetary Science Letters, 90, 297-314.
- Irvine, T. N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- Jahn, B.M., Zhang, Z.Q., 1984. Archean granulite gneisses from eastern Hebei Province, China: rare earth geochemistry and tectonic implications, Contributions to Mineralogy and Petrology, 85, 224-243.
- Jahn, B.M., Wu, F.Y., Lo, C.H., 1999. Crust-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: geochemical and Sr-Nd isotopic evidence from post-collisional mafic-ultramafic intrusions of the northern Dabie Complex, Central China, Chemical Geology, 157, 119-146.

- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karlı, O., Aydın, F., Sadıklar, B., 2004. The morphology and chemistry of K-feldspar megacrysts from İkizdere Pluton: evidence for acid and basic magma interactions in granitoid rocks, NE Turkey, Chemie der Erde-Geochemistry, 64, 155-170.
- Karlı, O., Chen, B., Aydın, F., Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sarıççek Plutons, Eastern Turkey: implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting, Lithos, 98, 67-96.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Bin, C., Kandemir, R., Wijbrans, J.R., 2010. Relative contributions of crust and mantle to generation of Campanian high-K calc-alkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harşit pluton, Eastern Turkey, Contribution to Mineralogy and Petrology, 160, 467-487.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R., Wijbrans, J.R., 2010b. Generation of the Early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implication for crustal thickening to delamination, Lithos, 114, 109-120.
- Karlı, O., Caran, Ş., Dokuz, A., Çoban, H., Chen, B., Kandemir R., 2012. A-type granitoids from the Eastern Pontides, NE Turkey: Records for generation of hybrid A-type rocks in a subduction-related environment, Tectonophysics, 530-531, 208-224.
- Kaygusuz, A., 2009. K/Ar ages and geochemistry of the collision related volcanic rocks in the Ilıca (Erzurum) area, eastern Turkey, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 186, 21-36.
- Kaygusuz, A., Aydınçakır, E., 2009. Mineralogy, whole rock and Sr-Nd isotope geochemistry of mafic microgranular enclaves in Cretaceous Dağbaşı granitoids, eastern Pontides, NE Turkey: evidence of magma mixing, mingling, and chemical equilibration, Chemie der Erde-Geochemistry, 69, 247-277.
- Kaygusuz, A., Wolfgang, S., İlbeyli, N., Arslan, M., Satir, M., Şen, C., 2010. Insight into magma genesis at convergent plate margins – a case study from the eastern Pontides (NE Turkey). Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 187/3, 265-287.
- Kaygusuz, A. ve Şen, C., 2011. Calc-alkaline I-Type plutons in the Eastern Pontides, NE Turkey: U-Pb zircon ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions. Chemie der Erde, 71, 59-75.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B., Aydınçakır, E., 2013. Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl intrusion in the Eastern Pontides: Implications for magma genesis in the arc setting. Geoscience Frontiers, 4; 423-438.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F., Temizel, İ., 2016. U–Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution, Gondwana Research, 39, 327-346.
- Kaygusuz, A., Aydınçakır, E., 2011. U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of

- Cretaceous plutons in the eastern Pontides (NE Turkey): The Dağbaşı pluton, Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 188, 3, 211-233.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel W., Şen, C., 2011. Geochemical and Sr-Nd Isotopic Characteristics of Post-Collision Calc-Alkaline Volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 137-159.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F., İlbeyli, N., 2012. Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, Eastern Pontides, Turkey. International Geology Rewieve, 54 (15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Öztürk, M., 2015. Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontide, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-K calc-alkaline magmatism. Journal of Asian Earth Sciences, 108, 97-116.
- Kazmin, V.G., Sbertshikov, I.M., Ricou, L.E., Zonenshain, L.P., Boulin, J., Knipper, A.I., 1986. Volcanic belts as marker of the Mesozoic-Cenozoic evolution of Tethys, Tectonophysics, 123, 123-152.
- Kelemen, P.B., 1993. Genesis of high Mg andesites and the continental crust: Role of melt/rock reaction in the upper mantle, Eos (Transactions, American Geophysical Union), 74, 684.
- Kelemen, P.B., Yogodzinski, G.M., Scholl, D.W., 2003. Along strike variation in the Aleutian island arc: genesis of high-Mg# andesite and implications for continental crust. In: Eiler, J. (ed.) Inside the Subduction Factory, Geophysical Monograph, American Geophysical Union, 138, 223-276.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA Yayını, 66, 113-127, Ankara.
- Ketin, İ., 1983. Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, İ.T.Ü. Kütüphanesi, 1259, 536.
- Kırmacı, Z., 1992. Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşı'nın Sedimentolojik İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Korkmaz, S., Tüysüz, N., Er, M., Musaoğlu, A., Keskin, İ., 1995. Stratigraphy of the Eastern Pontides, NE-Turkey. Geology of the Black Sea Region, MTA, Ankara, 59-69.
- Lambert, R.J., Holland, J.G., 1974. Yttrium Geochemistry Applied to Petrogenesis Utilizing Calcium-Yttrium Relationships in Minerals and Rocks, Geochimica et Cosmochimica Acta, 38, 1393-1414.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R., Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford.
- Manetti, P., Peccerillo, A., Poli, G., Corsini, F., 1983. Petrochemical Constraints on the Models of Cretaceous-Eocene Tectonic Evolution of the Eastern Pontic Chain (Turkey), Cretaceous Research, 4, 159-172.
- McCulloch, M.T., Gamble, J.A., 1991. Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism, Earth and Planetary Science Letter, 102, 358-374.
- Morris, J.D., Leeman, W.P., Tera, F., 1990. The subducted component in island arc lavas constraints from Be isotopes

- and B-Be systematics, Nature, 344, 31-36.
- Münker, C., Wörner, G., Yogodzinski, G., Churikova, T., 2004. Behaviour of high field strength elements in subduction zones: constraints from Kamchatka-Aleutian arc lavas, Earth Planet. Sci. Lett., 224, 275-293.
- Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication, 17, 455-466.
- Okay, A.I., Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: Robinson, A.G. (Editor), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, American Association Petroleum Geologist, 68, 291-311.
- Okay, A., Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Serane, M. (Eds.), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen, Geological Society, London, Special Publications, 156, 475-515.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümegeç, M., Tekeli, O., 1980. Amasya-Turhal Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, MTA Rap. No: 6722.
- Özsayar, T., Gedikoglu, A., Pelin, S., 1981. Artvin Yöresi Yastık-Lavların Yaşına İlişkin Paleontolojik Veriler, KTÜ.,Yerbilimleri Dergisi, 1, 1, 38-42.
- Pearce, J.A., Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth and Planetary Science Letters, 19, 290-300.
- Pearce. J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate margins. In: R. S. Thorpe (ed.), Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks. Wiley. New York. 525-548.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In C. J., Hawkesworth ve M. J. Norry, (eds.), Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva, Cheshire, 230-249.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, J.J., 1990. Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44, 189-229.
- Pearce, J.A., Peate, D.W., 1995. Tectonic implications of composition of volcanic arc magmas, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 23, 251-285.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydogu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, K.T.Ü. Yayinlari, 87, 103.
- Rice, S.P., Roberson, A.H.F, Ustaömer, T., İnan, T., Taşlı, K., 2009. Late Cretaceous-early Eocene tectonic development of the Tethyan suture zone in the Erzincan area, eastern Pontides, Turkey, Geological Magazine, 146, 4, 567-590.
- Ringwood, A.E., 1990. Slab-mantle Interactions: 3. Petrogenesis of Intraplate Magmas and Structure of the Upper Mantle, Chemical Geology, 82, 187-207.
- Schmidberger, S.S., Hegner, E., 1999. Geochemistry and isotope systematics of calc-alkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW German)-implications for Late Variscan

- orogenic development, Contributions to Mineralogy and Petrology, 135, 373-385.
- Schultze-Westrum, H.H., 1961. Giresun Civarındaki Aksu Deresinin Jeolojik Profili, Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontus Cevher ve Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile İlgili Mütealalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Smith, E.I., Sanchez, A., Walker, J.D. ve Wang, K., 1999. Geochemistry of mafic magmas in the Hurricane Volcanic field, Utah: implications for small and large scale chemical variability of the lithospheric mantle, Journal of Geology, 107, 433-448.
- Şen, C., Arslan, M., Van, A., 1998. Doğu Pontid (Kd Türkiye) Eosen (?) Alkaleen Volkanik Provensinin Jeokimyasal ve Petrolojik Karakteristikleri, Tübitak Yayınları, Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 231-239.
- Şen, C., 2007. Jurassic Volcanism in the Eastern Pontides: Is it Rift Related or Subduction Related?, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Taşlı, K., 1984. Hamsiköy (Trabzon) Yöresinin Jeolojisi, K.Ü., Dergisi, 3, 69-76.
- Taşlı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust, Its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford, 312.
- Temizel, İ., Arslan, M., 2009. Mineral Chemistry and Petrochemistry of Post-Collisional Tertiary Mafic to Felsic Cogenetic Volcanics in the Ulubey (Ordu) Area, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 29-53.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G., Peucat, J.J., 2012. Petrochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopic systematic of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: implications for extension-related origin and mantle source characteristics, Lithos, 128, 126-147.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu, E., Ruffet, G., 2016. Geochronology and geochemistry of Eocene-aged volcanic rocks around the Bafra (Samsun, N Turkey) area: Constraints for the interaction of lithospheric mantle and crustal melts, Lithos, 258-259, 92-114.
- Thirlwall, M. F., Smith, T.E., Graham, A.M., Theodorou, N., Hollings, P., Davidson, J.P., Arculus, R.J., 1994. High field strength element anomalies in arc lavas; source or process? Journal of Petrology, 35, 3, 819-838.
- Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Eosen Yaşlı Kalkalkalen Andezitler ve Jeotektonizma, TJK Bülteni, 20, 1, 49-54.
- Tokel, S., 1981. Plaka Tektoniğindeki Magmatik Yerleşimler ve Jeokimya: Türkiye'den Örnekler, Yeryuvarı ve İnsan, 6, 53-65.

- Tokel, S., 1995. Magmatic and geochemical evolution of the Pontide segment of the Northern Tethys subduction system. In: Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örçen, S. (eds), *Geology of the Black Sea Region. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey Publications*, 163-170.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Wemer, O., Schwarz, W.H., 2004a. Aluminous granulites from the Pulur complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization, *Lithos*, 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M., Schwarz, W.H., 2004b. Low-grade metamorphic rocks from the Pulur complex, NE Turkey: implications for pre-Liassic evolution of the Eastern Pontides, *International Journal of Earth Science (Geol Rundsch)*, 93, 72-91.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M., Dokuz, A., 2005. Postcollisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey), *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 441-455.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A., Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex. Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang, S., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasanözbek, A., Mathias, B., Satır, M., Şen, C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey), *Lithos*, 116, 92-110.
- Turner, S.P., 2005. Some remarks on magmatic processes beneath island arc volcanoes. *Advances in Science, Earth Sciences, Imperial College Press*, 131-155.
- Tüysüz, O., 1996. Amasya ve Çevresinin Jeolojisi, Türkiye 11. Petrol Kongresi Bildirileri, 32-48.
- Ustaömer, T., Robertson, H.F.A., 1996. Paleotethyan tectonic evolution of the north Tethyan margin in the central Pontids, N Turkey. In: Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örçen, S. (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on the Geology of the Black Sea Region, Ankara*, 24-33.
- Ustaömer, T., Robertson, H.F.A., 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey: stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia, *Special Publications, Geological Society London*, 340, 281-327.
- Weaver, B.L., Wood, D.A., Tarney, J., Joron, J., 1987. Geochemistry of ocean island basalt from the South Atlantic: Ascension, Bouvet, St. Helena, Gough and Tristan da Cunda. In: Fitton, J.G ve Upton, B.G.J. (eds), *Alkaline Igneous Rocks, Geological Society, London, Special Publications*, 30, 253-267.
- Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Yılmaz, C., Şen, C., Özgür, S., 2001. Timing of the Earliest Andesitic Volcanicity Activity in the Eastern Pontide Volcanic Arc, *International Earth Science Collection on the Aegean Region, İzmir*, 47-55.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane- Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve

- Kontrol Etkenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, A., Engin, T., Adamia S., Lazarashvili T., 1997. Geoscientific Studies Of The Area Along Turkish-Georgian Border, MTA, Ankara.
- Yılmaz, S., Boztuğ, D., 1996. Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey, International Geology Review, 38, 935-956.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C., Şengör, A.M.C., 1997b. Geology and tectonics of the Pontides, In: Robinson, A.G. (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, Memoir, American Association of Petroleum Geologists, 68, 183–226.
- Yılmaz-Şahin, S., 2005. Transition from Arc-to Post-Collision Extensional Setting Revealed by K-Ar Dating and Petrology: An Example from the Granitoids of the Eastern Pontides Igneous Terrane, Araklı-Trabzon, NE Turkey, Geological Journal, 40, 425-440.
- Yücel, C., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Arslan, M., Yağcıoğlu, U. C., 2014a. Origin of analcimes in the Tertiary volcanic rocks from the Eastern Pontides (NE Turkey): A textural, mineralogical and geochemical approach, Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 191, 277–299.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., 2014b. Volcanic facies and mineral chemistry of Tertiary volcanics in the northern part of the Eastern Pontides, northeast Turkey: Implications for pre-eruptive crystallization conditions and magma chamber processes, Mineralogy and Petrology, 108, 439–467.
- Yüksel, S., 1976. Şiran Batı Yöresi Mesozoyik Karbonat Kayaçları ve Eosen Flişinin Petrografik ve Sedimentolojik İncelemesi, Doçentlik Tezi, K.T.Ü., Trabzon.
- Zankl, H. 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostrpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, Bayerische Akademie der Wissenschaften. Abhandlungen. Neue Folge, Heft 109, 61-90, München.

Akçaabat (Trabzon) Güneyi ve Çevresindeki Kampaniyen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografisi, Jeokimyası, Jeokronolojisi ve Petrojenezi

Cem YÜCEL*

Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane

Geliş tarihi/Received 18.11.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 03.01.2017

Kabul tarihi/Accepted 06.01.2017

Öz

Doğu Pontid Orojenik Kuşağında Akçaabat (Trabzon) güneyi ve çevresinde yüzeyleme veren Kampaniyen yaşlı volkanik kayaçlar; bazalt, bazaltik andezit ve andezit bileşiminde olup, petrografik olarak klinopiroksen ($Wo_{39-46} En_{40-47} Fs_{8-20}$), plajiyoklas (An_{80-84}), olivin ve opak minerallerden oluşurlar. Tüm kayaç hamurunda uygulanan $^{40}Ar-^{39}Ar$ yaşlandırma yöntemiyle volkanitlerin yaşları 82.61 ± 0.34 My (Üst Kretase, Kampaniyen) olarak belirlenmiştir. Volkanitler kalk-alkalen karaktere sahiptirler. İlkel manto (İM)'ya normalize edilmiş iz element değişim diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİLE; Sr, K_2O , Rb, Ba), Th ve Ce bakımından zenginleşme, Zr, Y, Nb, Ta ve TiO_2 bakımından fakirleşme ile karakterize edilen yitim imzasına sahiptirler. Ayrıca, kondrite normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları, kayaçların düşük-orta derecede zenginleştiklerini göstermiştir ($La_N/Lu_N=2-3.4$). Volkanitlerin ana magmasının gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin rolü magma karışımı ve asimilasyon-fraksiyonel kristalleşmeye (AFC) göre daha etkindir. Tüm bu veriler ışığında Kampaniyen yaşlı volkanitlerin ana magmasının yitim etkisiyle, daha çok akışkanlar tarafından metazomatizmaya uğratılmış spinel lertzolitik bileşimdeki zenginleşmiş bir kaynaktan türediği ve daha sonra kabuk içerisinde özellikle fraksiyonel kristallenme ve daha az oranda da magma karışımı gibi magmatik olayların etkisiyle geliştiği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Ar-Ar yaşlandırması, Doğu Pontidler, Kampaniyen, Mineral kimyası, Jeokimya, Petroloji

Petrography, Geochemistry, Geochronology and Petrogenesis of the Campanian Volcanic Rocks in the South of Akçaabat (Trabzon) and Surrounding Area

Abstract

The Campanian volcanic rocks cropped out in the south of Akçaabat (Trabzon) region and surrounding area in the Eastern Pontides Orogenic Belt are basalt, basaltic andesite and andesite in composition and petrographically consist of clinopyroxene ($Wo_{39-46} En_{40-47} Fs_{8-20}$), plagioclase (An_{80-84}), olivine and opaque minerals. $^{40}Ar-^{39}Ar$ step-heating dating method carried out on groundmass of volcanic rocks yielded 82.61 ± 0.34 Ma (Upper Cretaceous, Campanian). The volcanic rocks have calc-alkaline affinity and primitive mantle (PM) normalized trace element patterns imply subduction fingerprints with enrichment in large ion lithophile elements (LILEs; Sr, K_2O , Rb, Ba), Th and Ce, and depletion in Zr, Y, Nb, Ta and TiO_2 . Additionally, the chondrite-

* Cem YÜCEL, cemyucel@gumushane.edu.tr, Tel: (0456) 233 10 00

normalized rare earth element (REE) patterns show low to medium degree of enrichment ($La_N/Lu_N=2-3.4$). The role of fractional crystallization involved in parental magma generation of the volcanics is more effective than magma mixing and assimilation-fractional crystallization (AFC) processes. In the light of all data, the parental magma(s) of the Campanian volcanics were derived from a enriched lithospheric mantle source in spinel lherzolitic composition, previously enriched by subduction related fluids and it reached the final composition with the effect of fractional crystallization and minor amount of magma mixing.

Keywords: Ar-Ar dating, Eastern Pontides, Campanian, Mineral chemistry, Geochemistry, Petrology

1. Giriş

Alp-Himalaya orojenik kuşağının parçası olan ve karmaşık bir yapı sunan Doğu Pontidler, Doğu Akdeniz ve Pontid orojenik kuşağının tektono-magmatik gelişiminin aydınlatılması adına anahtar öneme sahip bir bölgedir. Doğu Pontidler aynı zamanda yitim öncesi riftleşmeyle başlayıp yay volkanizması ve daha sonra çarpışma sonrası volkanizma ve magmatizmayla karakterize olmuş, eski bir yitim zonuna iyi bir örnek olarak kabul edilebilir (örn. Şengör ve Yılmaz, 1981).

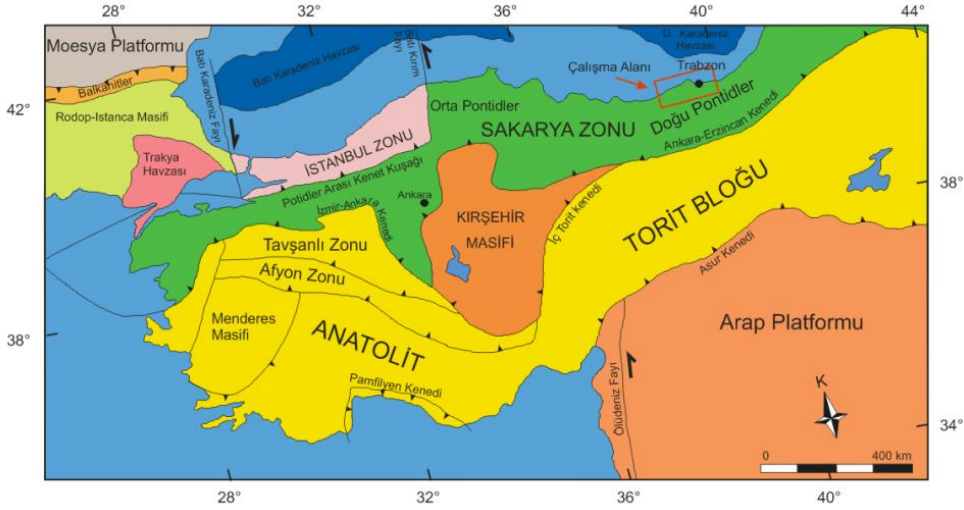
Bölgede Tersiyer dönemini özellikle Eosen magmatizmasını konu alan birçok çalışma bulunmasına rağmen son yıllarda Geç Mesozoyik magmatizması ve jeodinamik gelişimiyle alakalı sınırlı sayıda çalışma vardır. Bunlardan granitik ve gabroyik kayaların mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini (örn. Yılmaz ve Boztuğ 1996; Adın vd., 2003; Karlı vd., 2004; Boztuğ vd., 2006; Temizel vd., 2016a, b), jeokronolojik, izotopik ve petrolojik özelliklerini konu alan bazı çalışmalar göze çarpmaktadır (örn. Kaygusuz vd., 2008; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009; 2011; Karlı vd., 2011; Kaygusuz vd., 2013; Aydın, 2014). Geç Mesozoyik dönemi volkanizmasını konu alan çalışmalar ise daha çok alkalin volkanitler üzerindedir (örn. Alther vd., 2008; Eyüboğlu, 2010; Asan, 2015; Aydınçakır, 2016). Geç Kretase yaşlı volkanik kayalar Doğu Pontidlerde geniş alanlarda yayılım göstermesine rağmen bu kayaları konu alan mineralojik, petrokimyasal, jeokronolojik amaçlı çalışmalar yok denecek kadar azdır.

Bu çalışmada Trabzon İli, Akçaabat ilçesinin güneyinde yüzeyleme veren bazaltik kayalar-

ın jeokronolojisi ile mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve petrojenetik özellikleri irdelenerek, literatürde var olan eksikliklerin giderilmesi ve bölgenin Geç Mesozoyik dönemi jeodinamik evriminin aydınlatılmasına katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

2. Bölgesel Jeoloji ve Çalışma Alanının Jeolojisi

Karadeniz kıyısına paralel şekilde doğu-batı doğrultusunda uzanan Pontid Orojenik Kuşağı, Okay ve Tüysüz (1999) tarafından belirlenen Sakarya Zonu içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Eski bir ada yayını temsil eden bu kuşak İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu boyunca uzanır ve Jura öncesi temel birimlerindeki farklılıklara göre tektonik olarak batı, orta ve doğu Pontidler olmak üzere üç zona ayrılır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997). Alpin orojenezi süresince, bölge Torid-Anatolid platformunun Avrasya plakası ile çarpışmasından etkilenmiş olup, Türkiye'deki Neo-Tetis sisteminin hem aktif hem de pasif kenarları boyunca gelişen magmatizmanın izlerini taşımaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Bozkurt ve Mittweide, 2001). Bu tektono-magmatik olaylar yersel ve zamansal olarak birbirinden ayrı dönemler halinde meydana gelmiş olup farklı jeokimyasal özellikteki aktiviteleri işaret ederler. Literatürde farklı yorumlar bulunsada (Bektaş vd., 1995), Doğu Pontidler yapısal ve litolojik özelliklerine göre güney ve kuzey olmak üzere iki alt birime ayrılmıştır (Özsayar vd, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997).



Şekil 1. Türkiye tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999).

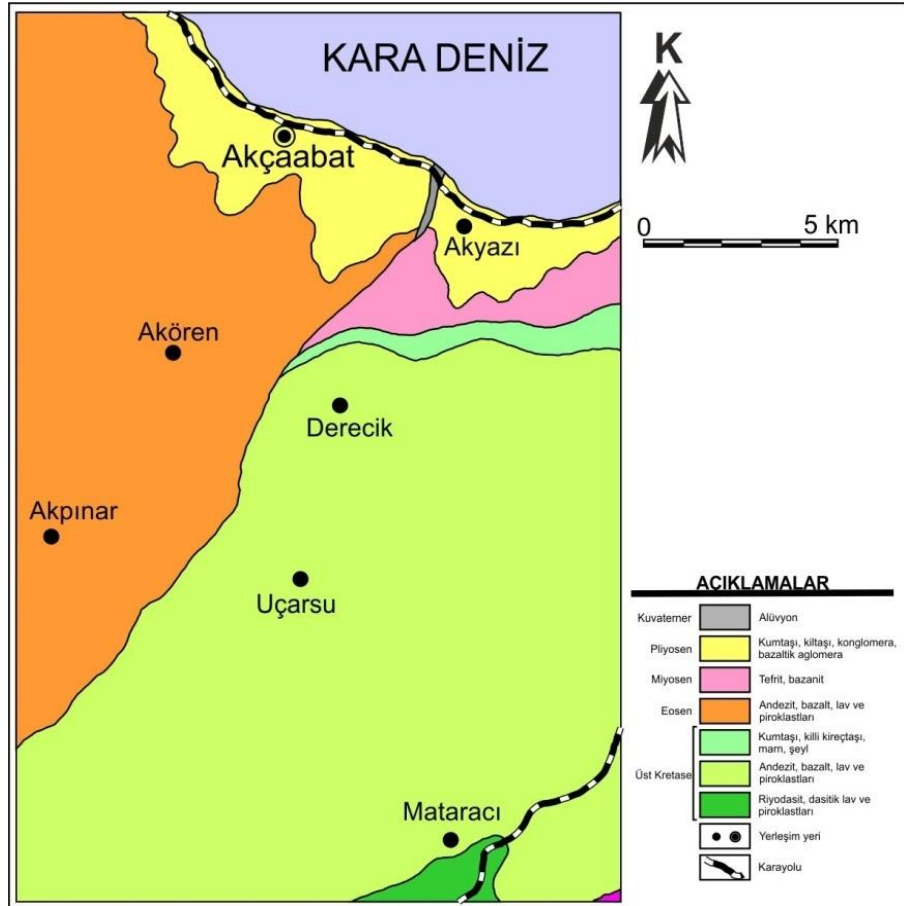
Doğu Pontidlerin kuzeyi genellikle Üst Kretase, Orta Eosen ve Miyosen birimleri tarafından temsil edilirken Güneyi ise daha çok Üst Kretase öncesi birimler tarafından temsil edilmektedir (Arslan vd., 1997; Şen, 2007, Aydınçakır ve Kaygusuz, 2012). Metamorfik kayalar ve bunları kesen granitik intrüzyonlar ve Üst Karbonifer-Alt Permiyen sığ denizel-kıtasa metasedimenter kayaları Pontidler'in kabuk temelini oluştururlar (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2007, 2010, 2011; Ustaömer ve Robertson, 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2012, 2016). Alt-Orta Jura piroklastikleri ile klastik ve karbonat arakatmanlı sedimenter kayaları, Doğu Pontidler'de temel kayalarını uyumsuz olarak örter ve rift ile ilişkili subalkalen karakterli volkano-sedimenter istif olarak yorumlanır (Ağar, 1977; Robinson vd., 1995; Kandemir, 2004; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Şen, 2007; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Volkanik kayalar başlıca toleyitik karakterli olup genellikle bazaltik, az miktarda andezitik, trakiandezitik ve bunların piroklastik eşlenikleridir. Jura-Kretase neritik ve pelajik karbonatları uyumlu olarak Jura volkanik ve volkano-tortul biriminin üzerine gelir. Bu karbonatlar da güneyde tortul kayalardan oluşan, kuzeyde ise volkanik kayalardan oluşan Geç Kretase yaşlı birimler tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Geç Kretase yaşlı volkanitler genellikle toleyitiktan kalk-alkalen karaktere kadar değişen dasit, riyolit, andezit, bazalt ve

bunların piroklastik eşleniklerinden meydana gelmektedir. Bu volkanik birimler ise yine Geç Kretase yaşlı granitler tarafından kesilmektedir (Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 1997; Kaygusuz vd., 2010, Kaygusuz vd., 2013). Eosen volkanik ve volkanoklastik kayaları Geç Kretase yaşlı birimleri uyumsuz olarak örter (Güven, 1993; Arslan ve Aliyazıoğlu, 2001; Kaygusuz vd., 2011; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013; Aydınçakır ve Şen, 2013; Arslan vd., 2014; Aydınçakır, 2014; Temizel vd., 2016c). Doğu Pontidler Paleosen-Alt Eosen döneminde muhtemelen çarpışma nedeniyle deniz seviyesi üzerindedir (Okay ve Şahintürk, 1997; Boztuğ vd., 2004). Bölgede yüzeyleme veren Eosen volkanik ve volkanoklastik kayaları aynı yaştaki granitler tarafından kesilir (Arslan ve Aslan, 2006; Karşı vd., 2012; Kaygusuz ve Öztürk, 2015). Arslan (2003), bölgede Tersiyer volkanitlerini litolojik ve jeokimyasal özelliklerine göre kuzeyde alkalen, güneyde kalk-alkalen olmak üzere iki alt birime ayırmıştır. Eosen sonrası yükselme ve erozyon bölgesel olarak oluşmuş havzalar içerisinde kırıntılı kayaların depolanmasına sebep vermiştir (Korkmaz vd., 1995). Orta Eosen'in sonundan Miyosen'e kadar bölge genellikle deniz seviyesinin üzerinde olup volkanizma ve tortullaşmadan çok az etkilenmiştir. Doğu Pontidler'de Miyosen magmatizması kalk-alkalen ve hafifçe alkalen karakterde olup sığ denizel ya da karasal volkanizmayla temsil edilmektedir

(Şen vd., 1998; Aydın vd., 2008; Temizel vd., 2012; Aslan vd., 2014; Yücel vd., 2014). Bu kayalar Miyosen-Pliyosen yaşlı tortul kayalar ve saprolitik killer (Arslan vd., 2006) ve Kuvaterner yaşlı denizel taraçalar (Keskin vd., 2011) tarafından uyumsuz olarak örtülür. Çalışma alanında (Şekil 2) inceleme konusu Geç Kretase yaşlı volkanitler genellikle bazalt ve andezit bileşiminde olup arazide dayklar, az oranda lav akmaları ve bu kayaların piroklastlarından meydana gelmektedir. İstif

içerisinde yer yer kumlu killi kayalardan oluşan tortul birimler de gözlenmekte olup, özellikle bunlardan birkaç seviye halinde gözlenen kırmızı renkli, ince tabakalı mikritik ve biyomikritik kireç taşları dikkat çekmektedir. Çalışma konusu bazaltik volkanitler bazı alanlarda bu kireçtaşlarının tabaka aralarına yerleşerek uyumlu yapılar sergilemektedirler. Çalışma konusu volkanik kayalar arazide genellikle ayrılmış olup eksfoliasyon yapılarıyla tipiktirler.

Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Güven, 1993'den değiştirilerek)



3. Analitik Metod

3.1. Mineral Kimyası Analizleri

Petrografik gözlemlerle birim en iyi temsil eden ve en taze volkanik kayac örnekleri mineral kimyası analizleri için belirlenmiştir. Minerallerin (klinopiroksen, plajiyoklas ve Fe-Ti oksitler) ana oksit bileşimleri karbon kaplı parlatılmış kesitler üzerinde CAMECA SX100 marka cihaz kullanılarak Magma ve

Volkan Laboratuvarı'nda (Clermont-Ferrand, France) gerçekleştirilmiştir. Analizler sırasında hızlandırma voltajı 15 kV ve ışın akımı 15 nA olup sayma zamanı pik ve arka plan için sırasıyla 10-20 ve 5-10 sn'dir. Matris etkisi CAMECA™ Phi (r) z Peak Sight© yazılımı kullanılarak düzeltilmiştir. Analizlerde kullanılan standartlar, doğal mineral standartları olup, standart sapma (1σ), Si, Ca, Na ve Al için % 0.1 ile 0.3 ve Fe, Cr,

K, Ti, Mg, ve Mn için % 0.03 ile 0.1 arasındadır.

3.2. ⁴⁰Ar-³⁹Ar Yaşlandırma Analizleri

⁴⁰Ar-³⁹Ar yaşlandırma analizleri, yüzeysel ve hidrotermal alterasyondan etkilenmemiş tüm kayaç örnekleri üzerinde, Rennes1 Üniversitesi (Fransa) Yerbilimleri Jeokronoloji Laboratuvarı'nda lazer prob (CO₂ Synrad®) kullanılarak basamaklı ısıtma tekniğiyle gerçekleştirilmiştir. Örnekler 11x11mm boyutunda küçük paketler halinde Al folyoyla sarılmıştır. Bu paketler irradyasyon kolonuna her on örnekte bir monitör örnek koyacak şekilde yerleştirilmiştir. İrradyasyon işlemi McMaster reaktöründe (Hamilton, Kanada) 13.42 saatte (J/h ≈ 3.71x10⁻⁴ h⁻¹). gerçekleştirilmiştir. İrradyasyon standardı TCR sanidindir (28.608 ± 0.033 My; Renne vd, 1998, 2010 ve 2011) Analizlerde basamaklı ısıtma yöntemi Ruffet vd. (1995, 1997) tarafından detaylı olarak tanımlanan yöntemine uygun olarak lazer prob (CO₂ Synrad) ile yapılmıştır. Boş örnekler her ilk veya üçüncü analizde rutin olarak ölçülmüştür ve bir sonraki örneğe ait gaz fazından çıkartılmıştır. İzotop ölçümleri Map215® kütle spektrometresinde yapılmıştır. Plato yaşını belirlemek için serbest kalan toplam ³⁹Ar_K'un asgari %70'ine karşılık gelen üç düzenli ardışık basamağa ihtiyaç vardır. Her bir fraksiyonun yaşı plato segmentlerini tamamlayan yaş ile 1σ veya 2σ arasında uyumlu olmalıdır. Tüm ⁴⁰Ar-³⁹Ar sonuçları 1σ seviyesinde gösterilmiştir.

3.3. Tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element analizleri

Arazi çalışmalarından elde edilen tüm kayaç örnekleri öncelikle çeneli, daha sonra halkalı öğütücüde yaklaşık 200 mesh boyutuna kadar öğütülerek ana, iz ve nadir toprak element analizleri için ACME (Kanada) Analiz Laboratuvarı ve İTÜ JAL (Jeolojik Araştırmalar) Laboratuvarı'na gönderilmiştir. Burada ana ve iz elementler için öğütülmüş kayaç örnekleri indüksiyonlu eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi (ICP-AES), nadir toprak elementler ise eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) tekniği ile

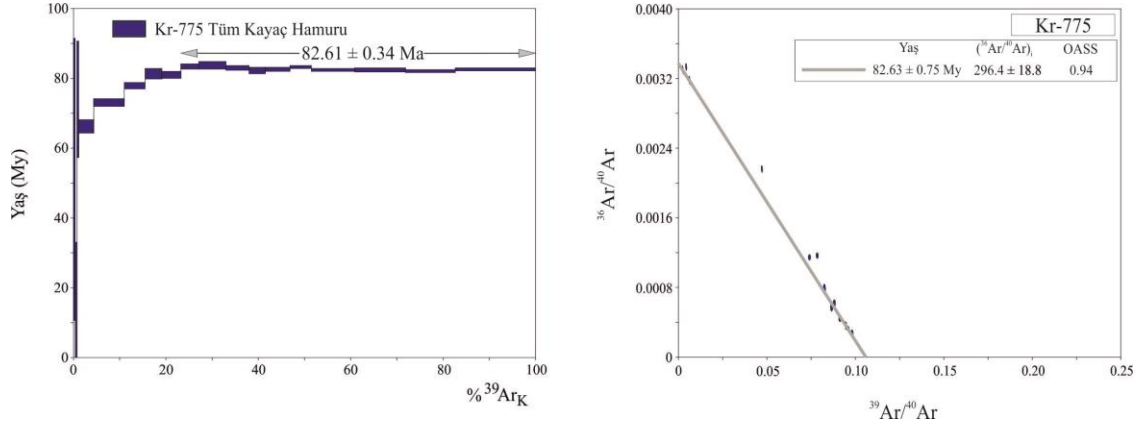
analiz edilmişlerdir. Kayaç toz örneklerinden 0.2 gr alınarak 1.5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, % 5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmüştür. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ise ppm olarak ölçülmüştür. Nadir toprak elementler ise, kayaç toz örneklerinden 0.25 gr alınarak dört farklı asit içerisinde çözündürülmüş ve ppm olarak tespit edilmiştir. Analizlerde saptama limiti; ana elementler için % 0.001-0.04, iz elementler için 0.1-1 ppm ve nadir toprak elementler için 0.01-0.1 ppm dir.

4. ⁴⁰Ar-³⁹Ar yaşlandırması

Bazaltik kayaçların ⁴⁰Ar-³⁹Ar lazer prob analizleri bu kayaçlardan elde edilen tüm kayaç hamuru üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu kayaçlara ait yaş spektrumları ve ters izokron hesaplamalarından elde edilen görünümleri Şekil 3'de yer almaktadır. Elde edilen yaş spektrumunda salınan ³⁹Ar_K yaklaşık olarak % 80'ine karşılık gelen düzgün bir plato görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda gözlemlenen basamaklanmalar, muhtemelen kayaçta meydana gelen yüzeysel bozuşma sonucunda oluşan ikincil mineral fazlarından kaynaklanan gaz salınımı nedeniyle gelişmiştir. Elde edilen yaşların doğruluğunun kontrol edilmesi için plato yaş hesaplamaları izokron hesaplamalarıyla da desteklenmiştir. Yapılan plato ve izokron hesaplamaları sonucunda bazaltik kayaçlardan Geç Kretase, Kampaniyen'e karşılık gelen 82.61±0.34 My plato yaşı ile 82.63± 0.75 My izokron yaşları elde edilmiştir.

5. Petrografi

Çalışma alanında yüzeyleme veren Geç Kretase yaşlı volkanitlerde gerçekleştirilen petrografik çalışmalara göre; kayaçlar genellikle intersertal, mikrolitik porfirik ve kümülofirik doku sergilemektedirler. Kayaçların genel mineralojik bileşimleri klinopiroksen, plajiyoklas, olivin ve opak minerallerden meydana gelmektedir (Şekil 4). Hamur klinopiroksen, plajiyoklas, olivin ve opak minerallerin mikro ve kriptokristalen tanelerinden meydana gelir. Kayaç içerisinde ikincil mineral olarak serisit, kalsit ve zeolitler yer almaktadır.



Şekil 3. İncelenen volkanik kayaların $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş spektrumları, plato ve izokron yaşları.

Klinopiroksenler genellikle öz ve yarı öz şekilli fenokristaller halinde yer alırlar. Kenarlar boyunca kemirilmeler (Şekil 4a, b, c) ve belli hatlar boyunca elek dokusu (Şekil 4a), körfez yapıları (Şekil 4d) sıklıkla gözlenmektedir. Bazı fenokristallerin iç kısımlarında kalıntı merkezler yer alır (Şekil 4c). Ayrıca klinopiroksenlerin bazıları kırıklı bir yapı sunmaktadır. Kayaç içerisinde yer yer olivin ve opak minerallerle bir araya gelerek kümülofrik dokuyu oluştururlar (Şekil 4e). En yaygın ayrışma ürünleri kloritlerdir. Plajiyoklaslar genellikle iri öz ve yarı özşekilli fenokristaller ve hamurda mikrolit ve mikrofenokristaller olarak bulunmaktadır. İri kristallerin bazıları zonlu yapı gösterirler (Şekil 4f). Albit ikizi gösteren kristaller çoğunluktadır. Bazı kristallerde kenarlar boyunca kemirilmeler, zonlu olanlarında ise zonlanmalar boyunca elek dokuları gözlenir. En yaygın ayrışma ürünleri kalsit ve kil mineralleridir. Olivinler genellikle öz şekilsiz fenokristaller halinde bulunur. Kırıklı bir yapı sunar. Kenarlar ve kırıklar boyunca iddingsitleşme gözlenir. Opak mineraller ise hamurda dağınık halde ve özellikle klinopiroksenler içinde kapanım olarak yer alırlar.

6. Mineral Kimyası

İncelenen volkanitler içerisinde yer alan klinopiroksen, plajiyoklas ve opak minerallere ait mineral kimyası verileri Tablo 1'de yer almaktadır.

6.1. Klinopiroksen

Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçlar içerisinde mafik faz olarak en bol bulunan mineral klinopiroksendir. Klinopiroksenler uluslararası mineraloji birliğinin önerdiği sınıflamaya göre (Morimoto vd., 1988) ojit ve diyopsit olarak isimlendirilmişlerdir (Şekil 5a). Bileşimleri $\text{Wo}_{39-46}\text{En}_{40-47}\text{Fs}_{8-20}$ arasında Mg numaraları (Mg#) ise 0.68-0.85 arasında değişmektedir. Bu klinopiroksenler Cr_2O_3 (% 0.04-0.27) ve MgO (% 13.93-16.22), Al_2O_3 (% 1.63-3.49), TiO_2 (% 0.24-0.53) ve FeO (% 5.06-12.00) içeriklerine sahiptirler. Merkez-kenar Mg# dayanılarak klinopiroksenler genellikle normal zonlanma gösterdikleri belirlenmiştir.

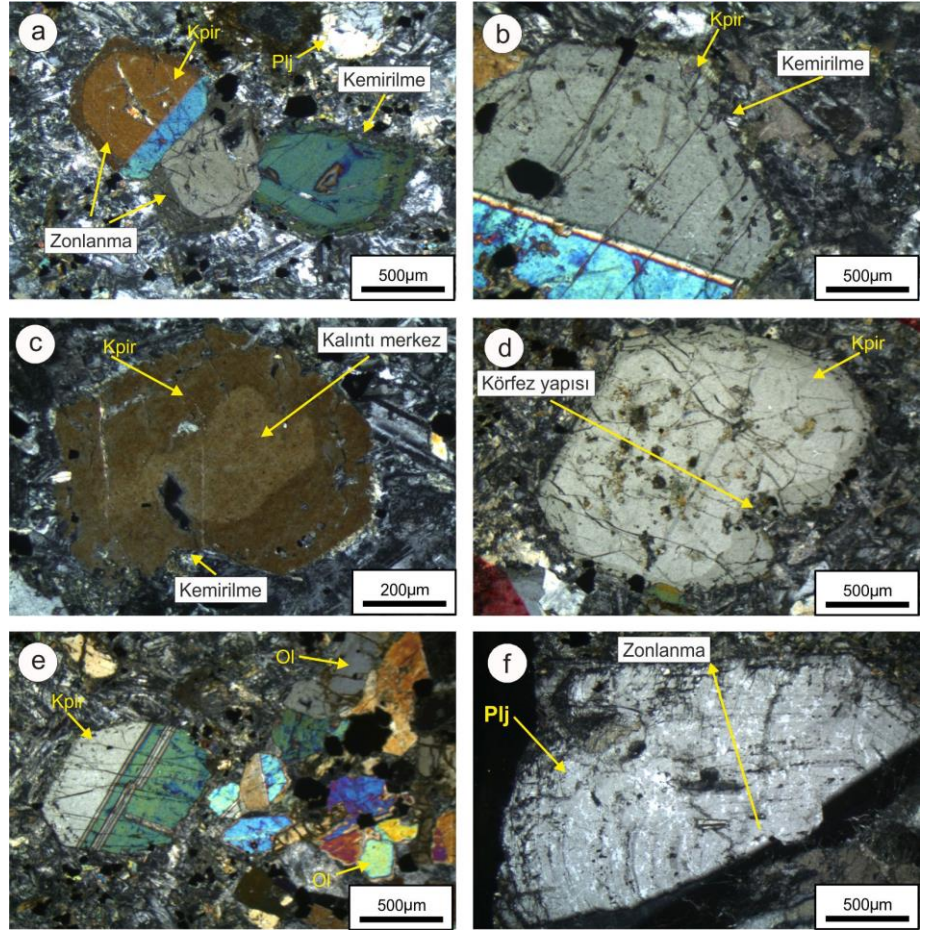
6.2. Plajiyoklas

Plajiyoklas bileşimleri $\text{An}_{80-84}\text{Ab}_{16-20}\text{Or}_{0-1}$ arasında dar bir aralıkta değişim göstermekte olup bitovnit olarak tanımlanmıştır (Şekil 5b). Merkez ve kenar An içeriğine göre aynı volkanik kayaç içerisinde yer alan plajiyoklaslardan bazıları normal zonlanma gösterirken bazıları ters zonlanma gösterirler.

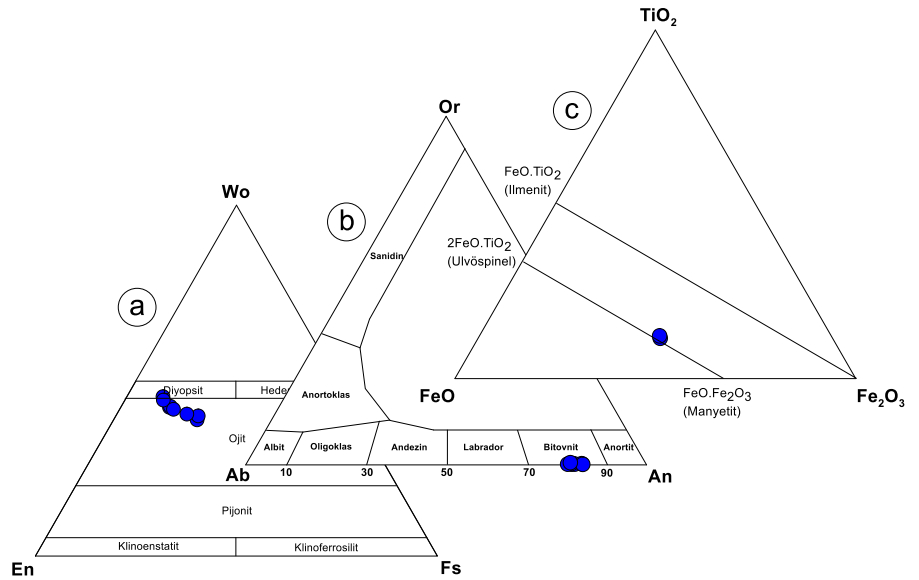
6.3. Opak Mineral

Volkanitlerde özellikle hamurda ve klinopiroksenler içerisinde kapanım olarak bulunan Fe-Ti oksit mineralleri manyetit ve titano-manyetit bileşimindedir (Şekil 5c).

Şekil 4. İncelenen volkanik kayalar içerisindeki (a) zonlu ve kemirilmiş klinopiroksen (kpir) ve plajiyoklas (plj) mineralleri (ÇN), (b) kemirilmiş klinopiroksen (kpir) minerali (ÇN), (c) merkezde kalıntı klinopiroksen (kpir) (d) klinopiroksenlerdeki (kpir) körfez yapıları (ÇN) (e) kümülofrik doku içerisinde klinopiroksen (kpir) ve olivin (ol) (ÇN), (f) elek dokulu ve zonlu plajiyoklas (plj) (ÇN).



Şekil 5. İncelenen volkanik kayalar içerisindeki (a) klinopiroksenlerin (Morimoto vd., 1988), (b) plajiyoklasların (Deer vd., 1992) ve (c) Fe-Ti oksitlerin bileşimlerini gösteren üçgen diyagramlar.



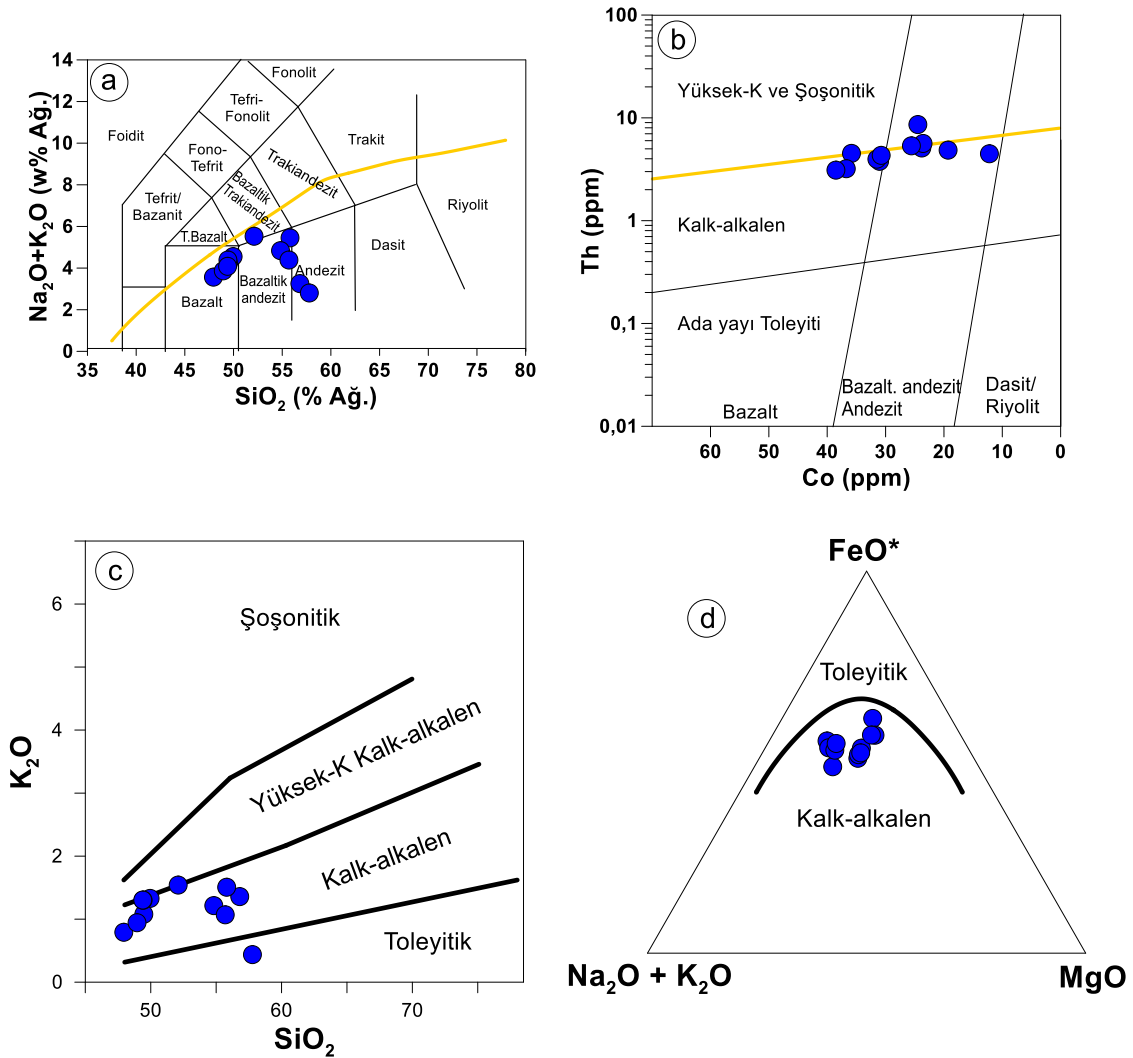
7. Petrokimya

Akçaabat (Trabzon) yöresinde yüzeyleme veren Kampaniyen volkanitlerinin tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element (NTE) analiz sonuçları Tablo 2'de özetlenmiştir.

İncelenen volkanik kayaların SiO_2 içerikleri 47.91 ile 57.78, MgO içerikleri 1.50 ile 4.63, Al_2O_3 içerikleri 11.84 ile 18.30 ve CaO içerikleri 5.59 ile 11.17 arasında değişim

göstermektedir. Kayaçlara ait K_2O/Na_2O oranı ise 0.29 ile 0.79 arasında olup örneklerin Magnezyum numaraları ($Mg\#=100*(MgO/(MgO+Fe_2O_3^*))$) i 17.61 ile 31.10 arasında değişim sunmaktadır. Toplam alkali ($Na_2O + K_2O$) silis (SiO_2) diyagramında (TAS; Le Maitre vd., 1989) incelenen volkanik kayaçlar subalkalen karaktere sahip bazalt, bazaltik andezit ve andezit oldukları görülmektedir (Şekil 6a). Volkanik kayaçların analiz sonuçlarında gözlenen nispeten yüksek AK (Ateşte kayıp) değerleri, bu kayaçların alterasyondan etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bu yüzden, çalışma konusu volkanik

kayaçların sınıflandırılmasında alterasyon esnasında daha az hareketli olan elementler kullanılarak oluşturulan Hastie vd. (2007) diyagramı kullanılmıştır. İnceleme konusu volkanik kayaçlar kalk-alkalen ve yüksek-K şoşonit ayırım çizgisine yakın alanlarda yer alarak bazalt, bazaltik andezit-andezit bir örneğin ise kalk-alkalen ve adayayı toleyiti ayırım çizgisi üzerinde dasit-riyolit alanında yer aldığı görülmektedir (Şekil 6b). SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramı ile AFM diyagramında inceleme konusu volkanik kayaçların kalk-alkalen karaktere sahip oldukları görülmektedir (Şekil 6c, d).



Şekil 6. İncelenen Kampaniyen volkanitlerinin; (a) SiO_2 'ye karşı Na_2O+K_2O (TAS) diyagramı (Le Maitre vd., 1989). Alkali-Subalkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göre, (b) Th (ppm)'a karşı Co (ppm) diyagramı (Hastie vd., 2007), (c) SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976), (d) AFM diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).

Tablo 1. Kampanyen yaşlı volkanik kayalara ait klinopiroksen, opak mineral ve plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları

Klinopiroksen										Opak Mineral										Plajiyoklas									
Örnek	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Örnek	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Örnek	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775	Kr 775		
Mineral	kpir-1	kpir-1	kpir-1	kpir-1	kpir-1	kpir-1	kpir-1	kpir-1	kpir-2	Mineral	Opak	Opak2	Opak	Opak2	Opak	Opak2	Opak	Opak2	Opak	Mineral	Pij1	Pij1	Pij1	Pij1	Pij1	Pij1	Pij1		
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	ink	ink	ink	ink	ink	ink	ink	ink	ink	ink	fenol	fenol	fenol	fenol	fenol	fenol	fenol	fenol		
	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	mer	ken	ken	ken	ken	ken	ken	ken	ken		
SiO₂	51.14	51.42	50.96	51.76	51.55	50.94	51.34	50.98	50.98	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	SiO ₂	47.49	47.14	47.44	47.41	46.70	47.00	47.57		
TiO₂	0.26	0.26	0.45	0.25	0.24	0.54	0.32	0.53	0.53	10.55	11.59	11.59	10.55	11.59	10.55	11.59	10.55	11.59	10.55	Al ₂ O ₃	32.06	32.31	31.80	31.52	32.95	31.91	32.32		
Al₂O₃	3.15	3.02	1.63	3.23	3.08	1.81	3.49	2.40	2.40	2.95	1.08	1.08	2.95	1.08	2.95	1.08	2.95	1.08	2.95	FeO	0.71	0.77	0.75	0.74	0.80	0.71	0.75		
Cr₂O₃	0.24	0.19	0.04	0.21	0.27	0.00	0.04	0.01	0.01	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	CaO	16.73	16.75	16.67	16.20	17.17	17.40	16.44		
FeO	6.96	6.97	12.00	5.06	5.38	11.82	7.62	9.98	9.98	76.55	78.75	78.75	76.55	78.75	76.55	78.75	76.55	78.75	76.55	Na ₂ O	2.11	2.01	2.12	2.19	1.82	1.81	2.11		
MnO	0.21	0.20	0.35	0.11	0.14	0.40	0.23	0.34	0.34	0.33	0.48	0.48	0.33	0.48	0.33	0.48	0.33	0.48	0.33	K ₂ O	0.04	0.04	0.06	0.04	0.06	0.03	0.11		
MgO	16.22	16.08	14.16	16.37	16.42	13.93	15.80	14.84	14.84	0.24	0.04	0.04	0.24	0.04	0.04	0.04	0.24	0.04	0.04	BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
CaO	20.85	20.96	18.73	22.50	21.89	19.35	20.35	19.62	19.62	0.06	0.01	0.01	0.06	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.01										
Na₂O	0.24	0.20	0.21	0.12	0.16	0.26	0.17	0.18	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
K₂O	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
Toplam	99.30	99.30	98.53	99.62	99.14	99.06	99.35	98.87	98.87	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	99.14	99.02	98.84	98.09	99.50	98.86	99.29		
Si	1.89	1.90	1.94	1.90	1.90	1.93	1.90	1.92	1.92	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	Si	8.82	8.77	8.84	8.89	8.66	8.77	8.82		
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	2.50	2.74	2.74	2.50	2.74	2.50	2.74	2.50	2.74	2.50	Al	7.02	7.08	6.99	6.97	7.20	7.02	7.06		
Al	0.14	0.13	0.07	0.14	0.13	0.08	0.15	0.11	0.11	1.09	0.40	0.40	1.09	0.40	1.09	0.40	1.09	0.40	1.09	Fe^(III)	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12		
Cr	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	Ca	3.33	3.34	3.33	3.25	3.41	3.48	3.26		
Fe^(II)	0.21	0.22	0.38	0.16	0.17	0.37	0.24	0.31	0.31	9.81	10.04	10.04	9.81	10.04	9.81	10.04	9.81	10.04	9.81	Na	0.76	0.72	0.77	0.79	0.65	0.66	0.76		
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	10.32	10.63	10.63	10.32	10.63	10.32	10.63	10.32	10.63	10.32	K	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03		
Mg	0.89	0.89	0.80	0.90	0.90	0.79	0.87	0.83	0.83	0.09	0.13	0.13	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Ca	0.83	0.83	0.76	0.88	0.86	0.78	0.81	0.79	0.79	0.11	0.02	0.02	0.11	0.02	0.11	0.02	0.11	0.02	0.11										
Na	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00										
Toplam	4	4	4	4	4	4	4	4	4	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	Toplam	20	20	20	20	20	20	20		
Mg #	0.81	0.80	0.68	0.85	0.84	0.68	0.79	0.73	0.73																				
Wo	43	43	39	46	45	40	42	41	41	10.55	11.59	11.59	10.55	11.59	10.55	11.59	10.55	11.59	10.55	An	81.20	81.98	80.99	80.20	83.63	84.00	80.67		
En	46	46	41	46	47	40	45	43	43	41.45	42.51	42.51	41.45	42.51	41.45	42.51	41.45	42.51	41.45	Ab	18.55	17.79	18.68	19.58	16.03	15.84	18.70		
Fs	11	11	20	8	9	20	13	17	17	39.25	40.50	40.50	39.25	40.50	39.25	40.50	39.25	40.50	39.25	Or	0.25	0.23	0.32	0.22	0.34	0.16	0.63		

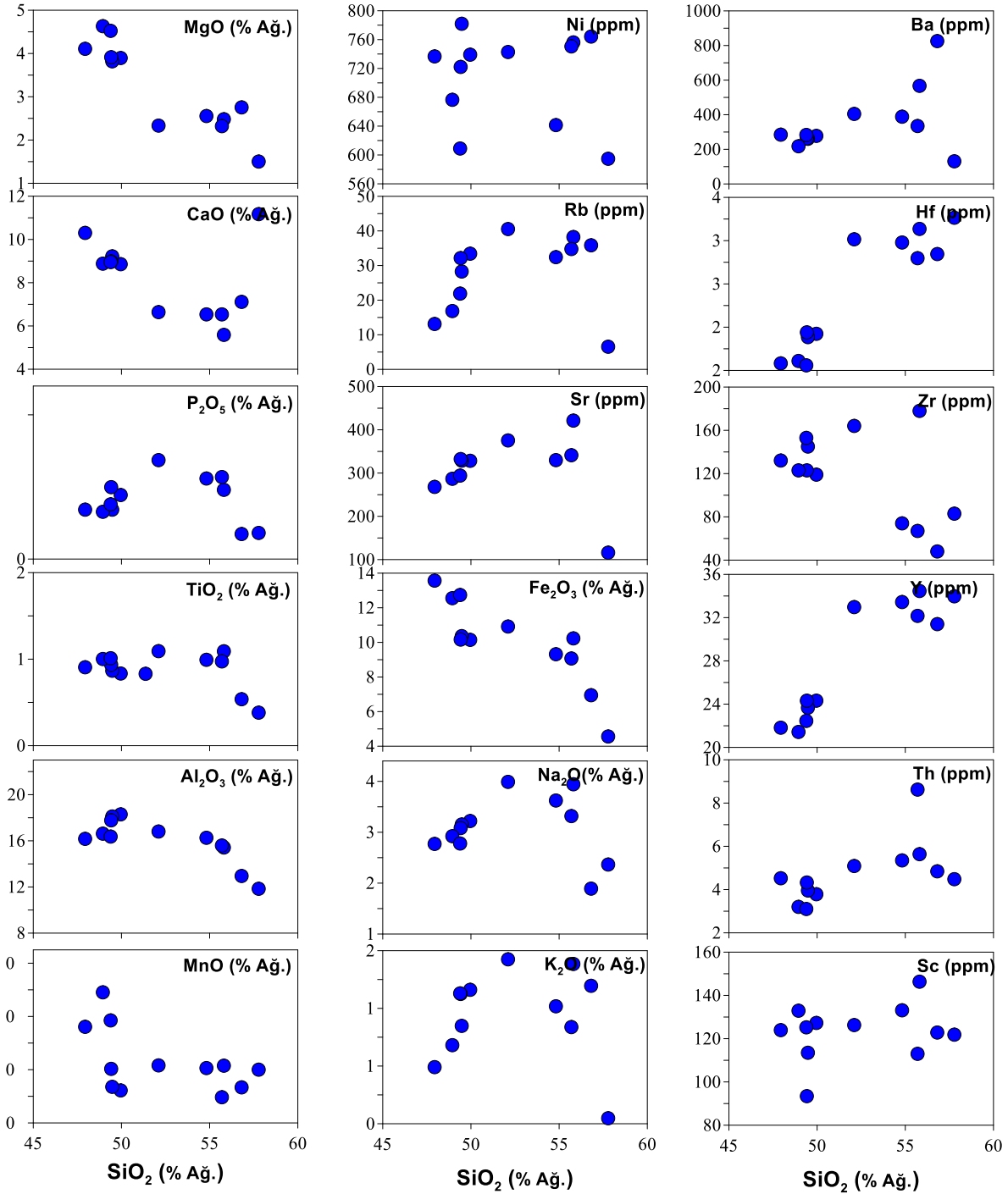
Tablo 2. Kampaniyen yaşlı volkanik kayaların ana (%) ve iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analizleri.

Örnek No	Kr 775	Kr 777	Kr 791	Kr 778	Kr 779	Kr 780	Kr 783	Kr 784	Kr 785	Kr 786	Kr 788	Kr 789	Kr 790
SiO ₂	56.81	47.94	52.10	55.81	57.78	54.82	55.70	49.96	49.48	49.42	48.95	49.39	51.37
TiO ₂	0.54	0.91	1.09	1.09	0.38	0.99	0.97	0.83	0.87	0.93	1.00	1.01	0.83
Al ₂ O ₃	12.95	16.17	16.80	15.42	11.84	16.26	15.59	18.30	18.11	17.77	16.62	16.37	17.59
Fe ₂ O _{3*}	6.95	13.57	10.92	10.23	4.56	9.32	9.07	10.14	10.36	10.16	12.55	12.74	9.17
MnO	0.15	0.19	0.16	0.16	0.16	0.16	0.14	0.14	0.15	0.16	0.22	0.20	0.15
MgO	2.75	4.11	2.33	2.48	1.50	2.55	2.32	3.90	3.82	3.91	4.63	4.52	4.14
CaO	7.11	10.30	6.64	5.59	11.17	6.53	6.54	8.85	9.22	8.98	8.88	8.96	8.56
Na ₂ O	1.89	2.77	3.99	3.94	2.36	3.62	3.32	3.22	3.15	3.08	2.92	2.78	2.72
K ₂ O	1.36	0.79	1.54	1.51	0.44	1.21	1.07	1.33	1.08	1.30	0.94	1.30	1.06
P ₂ O ₅	0.09	0.17	0.34	0.24	0.09	0.28	0.28	0.22	0.17	0.25	0.16	0.19	0.12
AK	8.83	2.87	3.94	3.36	9.64	4.16	4.89	3.00	3.47	3.93	2.99	2.44	4.10
Toplam	99.42	99.79	99.87	99.83	99.93	99.91	99.88	99.90	99.87	99.89	99.87	99.89	99.81
Zr	56.70	48.00	132.00	164.00	178.00	83.00	74.00	67.00	119.00	145.00	123.00	123.00	153.00
Y	20.40	31.40	21.82	32.97	34.46	33.97	33.44	32.16	24.32	23.67	24.32	21.42	22.44
Sr	281.10		267.98	375.37	421.09	115.96	329.69	341.35	328.35	328.53	332.37	286.90	294.10
U	0.70	1.07	0.62	1.31	1.33	1.06	1.24	1.51	0.99	1.12	0.95	0.58	0.65
Rb	20.90	35.85	13.10	40.52	38.24	6.54	32.41	34.76	33.42	28.27	32.14	16.83	21.87
Th	2.50	4.84	4.52	5.09	5.64	4.48	5.35	8.62	3.78	3.96	4.32	3.20	3.10
Ta	0.20												
Pb	3.20	83.83	57.02	38.31	45.88	33.17	65.05	90.04	36.47	32.39	38.66	72.31	38.34
Zn		172.65	264.56	178.87	179.58	126.46	198.73	225.09	149.48	161.05	145.37	300.10	192.29
Cu	33.60	80.63	92.87	71.57	54.41	49.56	89.85	38.03	38.33	44.87	28.25	123.68	145.31
Ni	22.00	764.20	736.70	742.83	756.08	594.68	641.41	750.55	739.04	781.98	722.03	676.50	608.98
Co	25.50	19.28	35.84	23.78	23.57	12.19	25.58	24.45	31.02	31.48	30.76	36.74	38.51
Ba	209.00	825.33	284.44	404.23	566.66	131.13	388.74	334.56	277.42	260.72	262.75	217.59	282.97
Nb	2.40												
Hf	1.50	3.08	2.07	3.21	3.31	3.41	3.18	3.04	2.34	2.31	2.35	2.09	2.05
W	0.50	48.00	132.0	164.0	178.0	83.0	74.0	67.00	119.0	145.0	123.0	123.0	153.0
La	8.60	12.56	8.34	16.49	16.94	15.34	16.50	16.43	11.91	11.68	11.79	8.03	8.35
Ce	19.60	26.00	18.73	34.97	37.04	29.38	36.35	36.03	25.46	24.81	25.39	18.06	18.87
Pr	2.53	3.67	2.61	4.81	4.98	4.23	4.85	4.96	3.49	3.47	3.39	2.61	2.67
Nd	11.10	13.15	10.08	17.29	18.08	15.51	16.50	17.53	12.45	11.97	11.81	9.67	9.46
Sm	2.73	3.64	2.83	4.34	4.82	4.07	4.62	4.56	3.21	3.21	3.32	2.75	2.72
Eu	0.92	1.24	1.06	1.49	1.71	1.07	1.55	1.57	1.21	1.17	1.16	1.08	1.06
Gd	3.11	4.30	3.42	5.30	5.95	4.77	5.33	5.42	3.80	4.02	4.07	3.49	3.42
Tb	0.58	0.94	0.68	0.99	1.14	0.95	0.99	1.09	0.75	0.73	0.81	0.65	0.69
Dy	3.34	4.57	3.47	5.00	5.47	4.98	5.16	5.48	3.72	3.90	3.86	3.55	3.72
Ho	0.74	1.26	0.89	1.35	1.37	1.35	1.33	1.30	0.94	0.90	0.93	0.87	0.86
Er	2.24	3.04	2.32	3.30	3.52	3.45	3.53	3.21	2.65	2.46	2.48	2.23	2.42
Tm	0.31	0.57	0.40	0.56	0.52	0.57	0.62	0.58	0.38	0.36	0.41	0.40	0.42
Yb	1.96	3.29	2.10	3.12	3.23	3.46	3.31	3.33	2.28	2.33	2.12	2.17	2.20
Lu	0.32	0.56	0.43	0.51	0.58	0.65	0.58	0.62	0.39	0.36	0.41	0.36	0.34
Mg#	31.10	28.40	23.24	17.61	19.50	24.79	21.51	20.37	27.75	26.93	27.81	26.94	26.21
(La/Lu) _N	2.79	2.32	2.00	3.36	3.04	2.44	2.94	2.76	3.19	3.35	3.02	2.32	2.54
(Eu/Eu*) _N	0.96	0.96	1.04	0.95	0.98	0.74	0.95	0.96	1.06	0.99	0.96	1.06	1.06
(Dy/Yb) _N	1.11	0.90	1.08	1.04	1.10	0.94	1.01	1.07	1.06	1.09	1.18	1.06	1.10
Ce/Pb	6.13	0.31	0.33	0.91	0.81	0.89	0.56	0.40	0.70	0.77	0.66	0.25	0.49

Fe₂O_{3*}: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K. (Ateşten Kayıp): Toplam uçucu içeriği. Mg# = 100 X MgO / (MgO + Fe₂O_{3*})

SiO_2 'ye karşı ana ve iz element değişim diyagramlarını Şekil 7'de yer almaktadır. Bu diyagramlarda artan SiO_2 'ye karşı ana oksitlerden MgO , CaO , Al_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , TiO_2 ve iz elementlerden Ni , Zr ve Sc negatif ilişki gösterirken, yine iz elementlerden Hf , Y , Ba ve Th pozitif ilişkiler sergilemektedir. P_2O_5 , Na_2O ve K_2O gibi ana oksitler ve iz elementlerden Rb ve Sr 'da ise eğriler şeklinde

bir değişim gözlenmiştir. Bu diyagramlarda gözlenen negatif ya da pozitif düzenli değişimler çalışma konusu volkanitlerin gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin etkinliğini ortaya koyarken eğriler şeklinde gözlenen değişimler bu kayaçların gelişiminde asimilasyonun da etkisini ifade etmektedir.



Şekil 7. İncelenen Kampaniyen volkanitlerinin SiO_2 'ye karşı ana oksit ve iz element değişim diyagramları.

İncelenen Kampaniyen yaşlı volkanik kayaların iz element içerikleri, ilksel mantoya (İM; Sun ve McDonough, 1989) göre oranlanarak elde edilen dağılım diyagramlarıyla (Şekil 8a) köken magma özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. İncelenen volkanitler, genel olarak büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİLE; Sr, K₂O, Rb ve Ba), Th ve Ce içerikleri bakımından zenginleşme, yüksek çekim alanlı elementlerden (YÇAE) olan Zr, TiO₂, Y, Nb ve Ta içerikleri bakımından fakirleşme ile karakterize edilirler.

İncelenen volkanik kayaların kondrite (Taylor ve McLennan, 1985) normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları Şekil 8b'de görülmektedir. Hafif nadir toprak elementlerde (HNTE) zenginleşme yaklaşık 22-46 kat, ağır nadir toprak elementlerde (ANTE) zenginleşme ise 8-17 kat arasında değişmektedir. Bu kayaların La_N/Lu_N oranları 2-3.4 arasında değişim gösterir. İncelenen volkanitlerin kondrite normalize edilmiş NTE dağılımlarında bir örnek hariç (Eu_N/Eu* = 0.74) önemli bir Eu anomalisinin (Eu_N/Eu*) = 0.95-1.06 bulunmaması (Şekil 8b) plajiyoklas fraksiyonlaşmasının fazla etkili olmadığını vurgulamaktadır.

Zr-Yx3-Ti/100 tektonik ortam (Pearce ve Can, 1973) ve ana magma tipleri (Pearce, 1996) ayırtman diyagramında incelenen volkanitler kayalarının büyük bölümü B (adayayı toleyiti) ve C (kalk-alkalen bazalt) alanlarında yer almaktadır (Şekil 9a, b). Genel

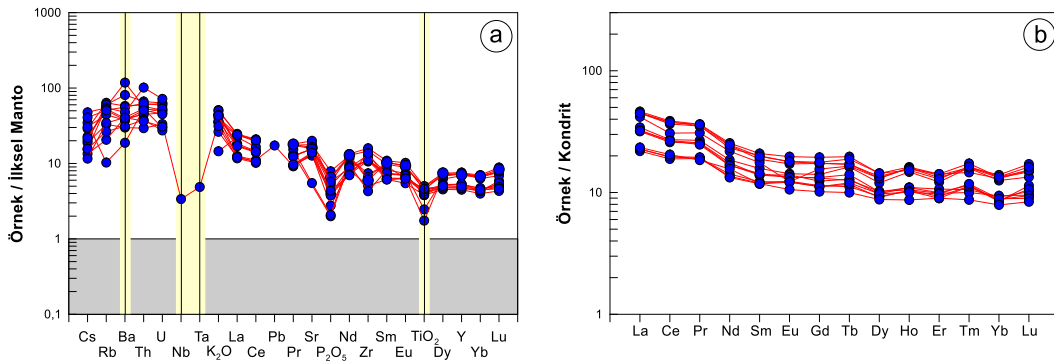
olarak incelenen volkanitlerin büyük bir bölümü çarpışma zonu (VAB/LİB) volkanitlerine ait alana düşmektedir. Ayrıca, volkanitlerin ana magma tiplerinde yitim izi etkisi açıkça görülmektedir.

8. Tartışmalar

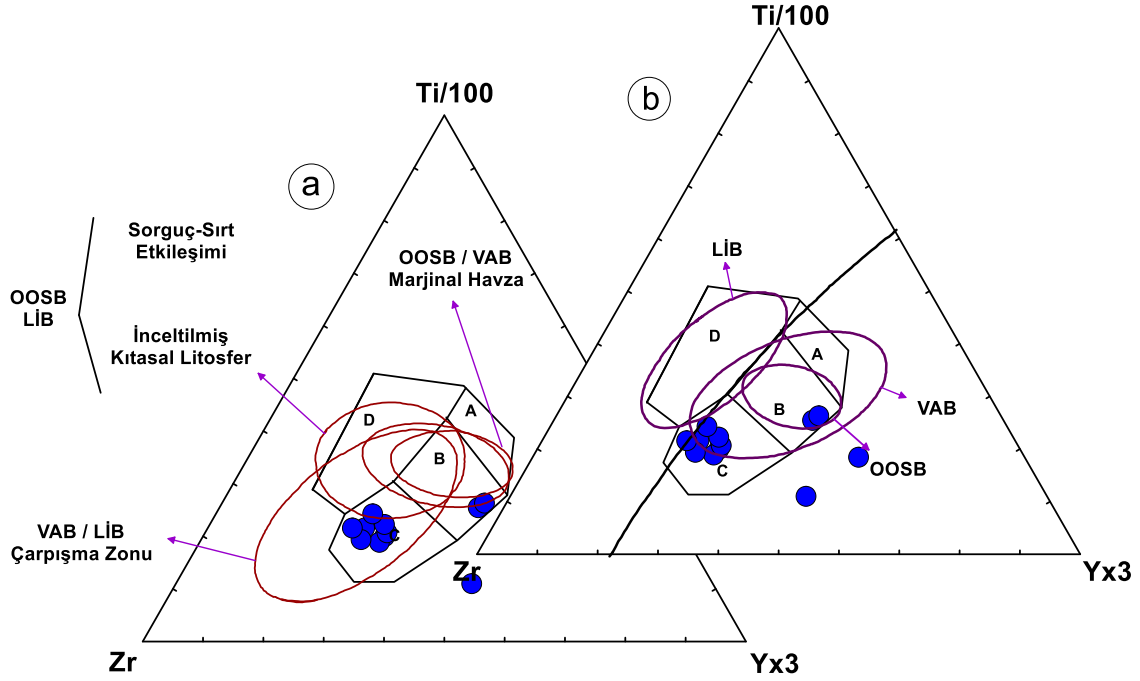
8.1. Ayrılma (Fraksiyonel Kristallenme, FC)

İnceleme konusu volkanitlerin SiO₂'ye karşı ana, iz ve NTE değişim diyagramlarına bakıldığında gözlenen yönsemeler, petrografik olarak bu kayalar içerisinde mafik mineral fazı olarak yer alan olivin, klinopiroksen, plajiyoklas ve Fe-Ti oksit gibi diğer mineral fazlarının ayrılmasına işaret etmektedir.

Kampaniyen yaşlı volkanitlerin gelişiminde ayrılmanın rolünü ortaya koyabilmek için iz element çiftlerinden veya oranlarından yararlanılarak ayrılma yönlerini gösteren vektörler oluşturulmuştur. Teorik olarak oluşturulan Rayleigh ayrılma vektörleri oluşturulurken Keskin (2002) tarafından önerilen FC-Modelleme programından faydalanılmıştır. Modellemede kullanılan mineral ergiyik paylaşım katsayıları Rollinson (1993), Keskin (2002), McKenzie ve O'Nions (1991) ve <http://earthref.org/databases/> web adresindeki GERM sitesinden alınmıştır. Volkanitlerin gelişimi esnasında hangi minerallerin hangi oranlarda ayrılma uğradıkları ele alınmıştır.



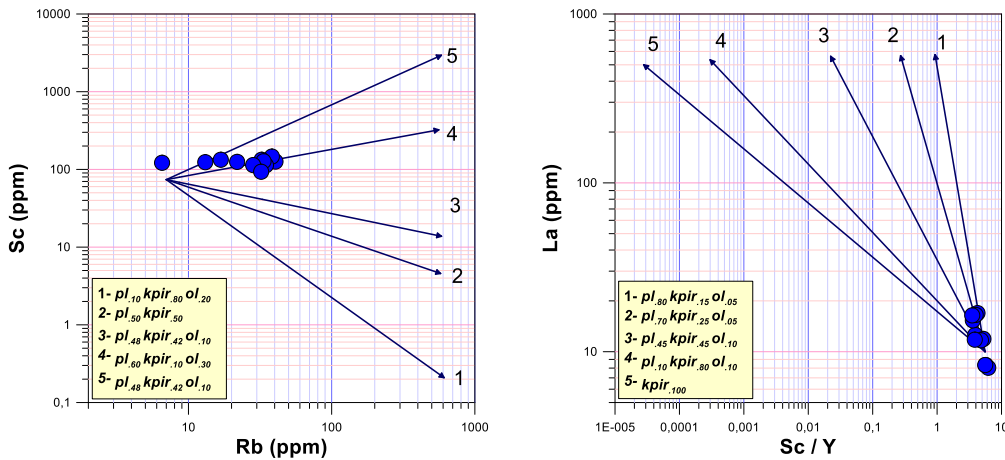
Şekil 8. İncelenen Kampaniyen volkanik kayalarının (a) İM'ye göre normalize edilmiş iz element dağılımları. İM değerleri, Sun ve McDonough (1989)'dan, (b) kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramları. Kondrit değerleri, Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır.



Şekil 9. İncelenen volkanitlerin Zr-Yx3-Ti/100 tektonik ayırtman diyagramları (Pearce ve Cann, 1973). Üçgen diyagramlar üzerindeki elips alanlar Pearce (1996)'dan alınmıştır. (a) ana magma tiplerinin ve (b) geçişli magma tiplerinin görüldüğü diyagram. VAB: volkanik yay bazaltları, OOSB: okyanus ortası sırtı bazaltı, LIB: levha içi bazaltı.

Çizilen bu diyagramlarda hangi elementin hangi oranda ayrılmaya katıldığı Şekil 10a-b' de gösterilirken, ayrılaşma vektörlerinin değerleri ise Tablo 3' de verilmiştir. Buradan yola çıkarak çizilen Sc'ye karşı Rb ve La'ya karşı Sc/Y

diyagramlarında bazik volkanitlerin gelişiminde yaklaşık olarak %40-80 plajiyoklas, %15-42 klinopiroksen ve %10 olivin ayrılaşmasının etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 10. İncelenen volkanik kayaçların gelişiminde etkili olan minerallerin ayrılaşma yönlerini ve oranlarını gösteren değişim diyagramları.

8.2. Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme (AFC) ve Magma Karışımı

Asimilasyon -fraksiyonel kristallenme (AFC), herhangi bir magmanın soğuması esnasında, etkileşime geçtiği kayaçları asimile ederek ilksel bileşimini değiştirmesi ve bu esnada katılaşmakta olan minerallerin magmadan ayrılmasını konu almaktadır. Yani, magmanın soğuması sırasında hem ayrımlaşma hem de asimilasyon aynı anda etkindir. İncelenen Kampaniyen yaşlı volkanitlerin SiO₂'ye karşı ana, iz ve NTE değişim diyagramlarına bakıldığında gözlenen eğriler volkanik kayaçların gelişiminde AFC'nin etkili olup olmadığı sorusunu akla getirmiştir.

İncelenen volkanitlerin iz element içeriklerinden ve/veya oranlarından yararlanarak, bu kayaçların gelişiminde etkisi olması muhtemel AFC, De Paolo (1981) tarafından önerilen formüller kullanılarak hesaplanmaya çalışılmıştır. İz element AFC modellemesinde, ilksel magma kaynağı olarak, Kampaniyen yaşlı bazik bileşimli

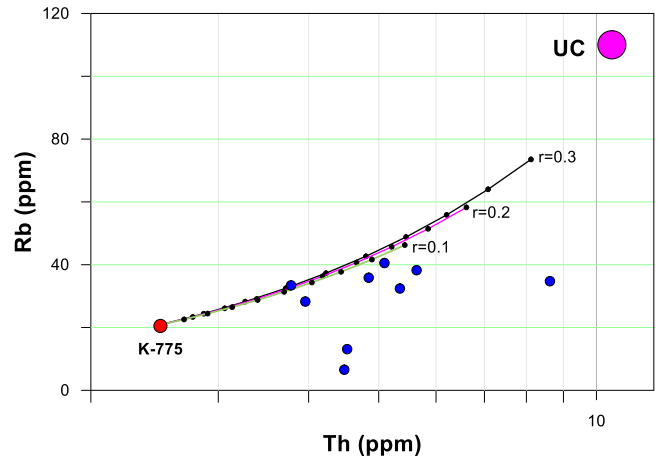
volkanitlerden en mafik bileşime sahip olan Kr-775 numaralı bazalt örneği, kabuk değeri için ise Taylor ve McLennan (1985) tarafından belirlenen Üst Kabuk bileşimi kullanılmıştır. AFC vektörlerinin değerleri Tablo 4'de verilmiştir. Çizilen Rb'a karşı Th diyagramında (Şekil 11), örnekler genellikle bir örnek hariç $r=0.1$ eğrisi altında kalmaktadır. Buradan yola çıkarak inceleme konusu volkanitlerin gelişiminde AFC'nin önemli bir rol oynamadığı söylenebilir.

Kayaçlarda petrografik olarak gözlenen ve dengesiz kristallenmeyi ifade eden klinopiroksenlerde kemirilme, körfez yapıları, elek dokusu ve zonlanmalar, plajiyoklaslarda kemirilmeler, elek dokusu ve albit ikizli ve zonlanma gösteren kristallerin varlığı ve mineral kimyası analizleri sonucunda plajiyoklaslarda belirlenen normal, ters zonlanmalar ve ayrıca aynı kayaç içerisinde hem normal hem ters zonlanmanın görülmesi, incelenen volkanik kayaçların gelişiminde asimilasyondan ziyade magma karışımının etkisini işaret etmektedir.

Tablo 3. Kampaniyen yaşlı bazik volkanitlerin gelişiminde etkili olan minerallerin ayrımlaşma yönlerini belirlemek için hesaplanan C_L (elementin ergiyikteki konsantrasyonu) değerleri. FC-Modelleme Programı'nda (Keskin, 2002) kullanılan dağılım katsayıları Keskin vd. (1998)'den alınmıştır.

Vektör No	Element veya element oranı	Element ve element oranlarına göre hesaplanan C _L değerleri					
		F=%100	F=%80	F=%60	F=%40	F=%20	F=%1
Vektör 1	Rb	7.00	8.69	11.49	17.03	33.36	609.96
	Sc	74.00	55.68	38.59	23.01	9.51	0.21
Vektör 2	Rb	7.00	8.67	11.42	16.83	32.69	575.57
	Sc	74.00	64.67	54.35	42.55	27.99	4.58
Vektör 3	Rb	7.00	8.67	11.44	16.89	32.88	585.19
	Sc	74.00	68.21	61.42	52.97	41.14	13.79
Vektör 4	Rb	7.00	8.66	11.38	16.73	32.36	559.11
	Sc	74.00	79.47	87.13	99.19	123.79	322.58
Vektör 5	Rb	7.00	8.67	11.43	16.88	32.84	583.17
	Sc	74.00	88.46	111.36	154.02	268.17	2945.99
Vektör 1	Sc/Y	5.56	5.10	4.56	3.89	2.98	0.93
	La	10.00	12.17	15.67	22.39	41.19	574.12
Vektör 2	Sc/Y	5.56	4.80	3.98	3.05	1.94	0.27
	La	10.00	12.16	15.65	22.33	40.99	566.24
Vektör 3	Sc/Y	5.56	4.25	3.01	1.85	0.81	0.02
	La	10.00	12.15	15.63	22.28	40.86	561.05
Vektör 4	Sc/Y	5.56	3.45	1.87	0.79	0.18	0.00
	La	10.00	12.13	15.55	22.07	40.17	534.56
Vektör 5	Sc/Y	5.56	3.08	1.44	0.49	0.08	0.00
	La	10.00	12.09	15.44	21.79	39.28	501.19

Şekil 11. İncelenen volkanik kayaların AFC modellemesini gösteren Rb karşı Th diyagramı.



8.3. Kaynak Karakteristikleri

İncelenen volkanitlerin İlk Manto (İM)'ya göre normalize edilmiş iz element değişimlerinde gözlenen özellikle BİLE (Sr, K, Rb ve Ba), Th ve Ce içerikleri bakımından zenginleşme, yüksek çekim alanlı elementlerden (YÇAE) olan Zr, Ti, Y ve Nb, Ta içerikleri bakımından fakirleşmeyle özellikle yitim ile ilişkili ortamlarda oluşan volkanitlerin petrokimyasal özellikleriyle benzerlik sunduğunu söylenebilir (Pearce vd., 1990). Ayrıca, bunların yanı sıra inceleme konusu olan volkanik kayalarda gözlenen yüksek Th/Yb (1.28-2.59 ppm) oranları, volkanitlerin ana magmasının/magmalarının litosferik manto kaynağından türemiş

olabileceğini gösterir (Pearce ve Peate, 1995; Churikova vd., 2001; Elburg vd., 2002; McDermott vd., 2005; Zellmer vd., 2005). Kaynak alanda meydana gelen zenginleşme Ce/Pb sistematiğinden faydalanarak ortaya koyulabilir. Ce'ye kıyasla Pb yitim sırasında ortamda etkin olan akışkan fazında yeralma eğiliminde olup (örn. Miller vd., 1994; Chauvel vd., 1995) düşük Ce/Pb oranı yitim esnasında sedimanların etkisiyle meydana gelen metazomatizmayı işaret etmektedir (örn. Tatsumi, 2000; Kelemen vd., 2003). İnceleme konusu volkanitlerde gözlenen düşük Ce/Pb oranı (0.25-6.19) bu kayaların astenosferik manto kaynağından ziyade yitimin etkisiyle zenginleşmeye uğramış daha sıg bir manto kaynağı göstermektedir.

Tablo 4. Kampaniyen yaşlı volkanitlerin AFC modellemesinde hesaplanan C_L (elementin ergiyikteki konsantrasyonu) değerleri.

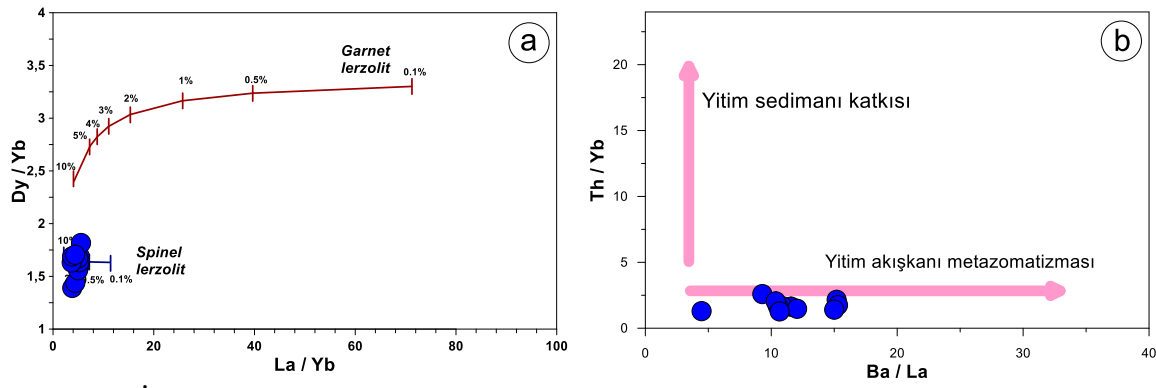
		C_L (Elementin Ergiyikteki Konsantrasyonu) Değerleri									
		$F=1$	$F=0.9$	$F=0.8$	$F=0.7$	$F=0.6$	$F=0.5$	$F=0.4$	$F=0.3$	$F=0.2$	$F=0.1$
Rb	$r=0.1$	20.90	22.57	24.41	26.46	28.76	31.36	34.31	37.70	41.64	46.26
Th		2.50	2.69	2.90	3.14	3.40	3.70	4.04	4.43	4.89	5.43
Rb	$r=0.2$	20.90	23.36	26.08	29.11	32.50	36.32	40.67	45.66	51.44	58.24
Th		2.50	2.77	3.06	3.39	3.76	4.18	4.66	5.21	5.85	6.61
Rb	$r=0.3$	20.90	24.38	28.22	32.50	37.29	42.68	48.81	55.84	63.99	73.54
Th		2.50	2.86	3.27	3.72	4.23	4.80	5.45	6.21	7.08	8.12

Dy_N/Yb_N oranının 1.06'nın üzerinde olan değerler granat lertzolitik bir ergiyiği karakterize ederken, 1.06'nın altında olduğu durumlar ise spinel lertzolitik kaynaktan türeyen ergiyikleri ifade etmektedir (Blundy vd., 1998). İncelenen volkanik kayaların Dy_N/Yb_N oranı 0.90 ile 1.11 arasında değişmekte olup spinel lertzolitik bir kaynağı

ifade etmektedir. Ayrıca, farklı manto kaynaklarına modal olmayan fraksiyonel kısmi ergime modeli uygulanarak elde edilen ergiyiklerin oluşturdukları yönsemeler Dy/Yb karşı La/Yb diyagramında açıkça görülmektedir. Bu manto kaynaklarına ait modal bileşimler ve ergime oranları ile hesaplamalarda kullanılan mineral/ergiyik

ayrılma katsayıları Tablo 5’de verilmiştir. Buna göre, incelenen volkanitlerin ana magmasının düşük derecede (yaklaşık %0.01-0.5) kısmi ergimeye uğramış, spinel içeren lertzolitik bir manto kaynağından türediği söylenebilir (Şekil 12a). LILE ve LREE elementler yitim esnasında yiten plakadan türeyen akışkanlar yoluyla hareketli hale gelerek yitim kamasına doğru yukarıya taşınırlar (Churikova vd., 2001; Elburg vd., 2002). Ba, Pb ve Sr elementlerindeki zenginleşme genellikle sulu akışkanlarla ilişkilendirilmekte olup, yiten plaka kısmi

ergiyiklerinin ise mantoda Nb, Th, La, Ce ve Nd elementleri bakımından zenginleşmeye neden olduğu ileri sürülmektedir (Kelemen vd., 2003; Castillo ve Newhall, 2004). İncelenen volkanitlerin, Ba/La karşı Th/Yb (Şekil 12b) diyagramına bakıldığında, volkanitlerin ana magmasında yitim akışkanı metazomatizmasının izi açıkça görülmektedir. Bu nedenle, İncelenen Kampaniyen yaşlı volkanitlerde gözlenen önemli LILE ve LREE zenginleşmeleri, zenginleşmiş manto kaynağına işaret eder (Rogers vd., 2000; Condie vd., 2002; Zhao vd., 2006).



Şekil 12. İncelenen volkanik kayaçların (a) Dy/Yb’ye karşı La/Yb diyagramı, (b) Ba/La karşı Th/Yb diyagramı.

Tablo 5. Modal olmayan fraksiyonel kısmi ergime modellemelerinde kullanılan değişik manto kaynakları, modal bileşimleri, ergime oranları ve mineral/ergiyik dağılım katsayıları.

Manto kaynakları	Modal Bileşimleri	Ergime Oranları		
Granat lertzolit	Ol _{0.5} Opir _{0.3} Kpir _{0.15} Grt _{0.05}	Ol _{0.05} Opir _{0.2} Kpir _{0.3} Grt _{0.45}		
Spinel lertzolit	Ol _{0.5} Opir _{0.35} Kpir _{0.1} Spl _{0.05}	Ol _{0.22} Opir _{0.3} Kpir _{0.38} Spl _{0.01}		
Dağılım katsayıları :	D_{La}	D_{Dy}	D_{Yb}	
Olivin	0.0028	0.007	0.0015	
Ortopiroksen	0.008	0.022	0.042	
Klinopiroksen	0.002	0.33	0.28	
Granat	0.0014	1.06	4.01	
Spinel	0.01	0.01	0.01	

* Dağılım katsayıları Keskin (1994), Foley vd. (1996), Rollinson (1993), McKenzie ve O’Nions (1991) ve <http://earthref.org/databases/> web adresindeki GERM sitesinden alınmıştır.

* Kaynak bileşimleri: İlksel manto NTE bileşimi Sun ve McDonough, 1989)

* Ol: Olivin, Opir: Ortopiroksen, Kpir: Klinopiroksen, Grt: Granat, Spl: Spinel

9. Sonuçlar

^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırma metodu volkanik kayalarında hamur ayrımlarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan plato ve izokron hesaplamaları sonucunda bazaltik kayalarından Geç Kretase, Kampaniyen'e karşılık gelen 82.61 ± 0.34 My plato yaşı ile 82.63 ± 0.75 My izokron yaşı elde edilmiştir.

Kampaniyen yaşlı bazalt, bazaltik andezit ve andezitler genellikle intersertal, mikrolitik porfirik ve kümülofrik doku sergilemekte olup, başlıca klinopiroksen (Wo_{39-46} En_{40-47} Fs_{8-20}), plajiyoklas (An_{80-84}), olivin ve Fe-Ti oksit içerirler.

Klinopiroksenlerde kemirilme, körfez yapıları, elek dokusu ve zonlanmalar, plajiyoklaslarda gözlenen kemirilmeler, elek dokusu ve albit ikizli ve zonlanma gösteren kristallerin varlığı gibi dokusal özellikler gözlenir. Bunlarla beraber, mineral kimyası analizleri sonucunda plajiyoklaslarda gözlemlenen normal, ters zonlanmalar ve aynı kayaç içerisinde hem normal hem ters zonlanmanın görülmesi incelenen volkanik kayaların gelişiminde magma karışımının etkisini işaret etmektedir.

Ana oksit ve iz element değişim diyagramlarında gözlenen düzgün yönsemeler ve yapılan FC modellemeleri, incelenen volkanik kayaların gelişiminde etkin olan ana magmatik olayın fraksiyonel kristallenme olduğunu göstermektedir.

İncelen volkanitlerin İlksel Manto'ya normalize iz element dağılımları, yitim zonu zenginleşmesinin izlerini taşıyan büyük iyon yarıçaplı elementlerde (Sr, K_2O , Rb, Ba), Th ve Ce zenginleşme, Zr, Y, Nb, Ta ve TiO_2 içeriklerinde fakirleşmeyi işaret etmektedir. Kondrite normalize NTE değişimlerinde düşük-orta derecede zenginleşmeyle ($\text{La}_N/\text{Lu}_N=2-3.4$) genellikle birbirine paralel dağılım göstermeleri, volkanitlerin benzer kaynaktan itibaren oluştuğunu gösterir. İncelenen volkanitlerdeki BİLE bakımından zenginleşmeler, ana magmalarında kabuk kirlenmesi ve/veya magma karışımının varlığına işaret ederken, negatif Nb ve Ta

anomalileri ise yitim bileşenin katkısını ifade etmektedir.

Tüm bu veriler ışığında Kampaniyen yaşlı volkanitlerin yitim etkisiyle daha çok akışkanlar tarafından metazomatizmaya uğratılmış spinel lertzolitik bileşimdeki zenginleşmiş bir kaynaktan türeyerek daha sonra kabuk içerisinde fraksiyonel kristallenme ve daha az oranda magma karışımı gibi magmatik olayların etkisiyle geliştikleri söylenebilir.

10. Katkı Belirtme

^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırma analizlerinin yapımı sırasındaki yardımlarından dolayı Dr. Gilles Ruffet'a, mikroprop analizleri sırasındaki yardımlarından dolayı Jean-Luc Devidal'e, arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı tüm stajerlere ve değerli görüş ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Mehmet Arslan, Doç. Dr. Emel Abdioğlu Yazar ve Doç. Dr. İrfan Temizel'e teşekkür ederim.

11. Kaynaklar

Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Fakültesi, İstanbul.

Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P ve Satır, M., 2008. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Paleocene plagioclites from the Eastern Pontides (NE Turkey), *Lithos*, 105, 149-161.

Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey, *Chemie der Erde*, 57, 157-187.

Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 177-193.

- Arslan, M., Kadir, S., Abdioğlu, E. ve Kolaylı, H., 2006. Origin and formation of kaolinite in saprolite of the Tertiary alkaline volcanic rocks, Eastern Pontides, NE Turkey. Clay Minerals, 41, 599-619.
- Aslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D. ve Şen C., 2013. 40Ar 39Ar 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, 166, 113-142.
- Aslan, Z., Arslan, M., Temizel, İ., Kaygusuz, A., 2014. K-Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüşhane area: implications for post-collisional volcanism in the Eastern Pontides, Northeast Turkey, Mineralogy and Petrology, 107/4, DOI: 10.1007/s00710-013-0294-2.
- Asan, K., Kurt, H., Francis, D., Morgan, G., (2014) Petrogenesis of the late Cretaceous K-rich volcanic rocks from the Central Pontide orogenic belt, North Turkey. Island Arc doi: 10.1111/iar.12061.
- Aydin, F. (2014). Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Mačka subvolcanic intrusions: Implications for the Late Cretaceous magmatic and geodynamic evolution of the eastern part of the Sakarya Zone, northeastern Turkey. International Geology Review, 56, 1246-1275.
- Aydin, F., Karanlı, O. ve Sadıklar, M.B. 2003. Mineralogy and chemistry of biotites from eastern Pontide granitoid rocks, NE Turkey: Some petrological implications for granitoid magmas, Chemie Der Erde-Geochemistry, 63, 163-182. doi:10.1078/0009-2819-00027.
- Aydin, F., Karanlı, O. ve Chen, B., 2008a. Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey, Lithos 104, 249-266.
- Aydinçakır, E., Kaygusuz, A., 2012. Geç Kretase Yaşlı Dağbaşı (Araklı, Trabzon) Volkanitlerinin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, KD Türkiye, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(2), 123-142 .
- Aydinçakır, E., Şen, C., 2013. Petrogenesis of the post-collisional volcanic rocks from the Borçka (Artvin) area: implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 172-173, 98-117 .
- Aydinçakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early Eocene Non-adakitic Volcanism in NE Turkey: Constraints on the Geodynamic Implications, Lithos, 208/209, 361-377 .
- Aydinçakır, E., 2016. Subduction-related Late Cretaceous high-K volcanism in the Central Pontides orogenic belt: constraints on geodynamic implications, Geodinamica Acta, 28(4), 379-411. DOI: 10.1080/09853111.2016.1208526.
- Bektaş O, Yılmaz C, Taslı K, Akdağ K, Özgür S (1995) Cretaceous rifting of the eastern Pontide carbonate platform (NE Turkey): the formation of carbonates breccias and turbidites as evidences of a drowned platform. Geologia, 57 (1-2):233-244.
- Blundy, JD., Robinson, JAC. ve Wood, BJ., 1998. Heavy REE are compatible in clinopyroxene on the spinel lherzolite solidus, Earth and Planetary Science Letters, 160, 493-504.
- Bozkurt E, Mittwede SK (2001) Introduction to the geology of Turkey-a synthesis, Intern Geol Rev, 43:578-594.

- Boztuğ, D., Erçin, Aİ., Kuruçelik, MK., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A. 2006. Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. Journal of Asian Earth Science, 27, 286-302.
- Castillo, PR. ve Newhall, CG., 2004. Geochemical constraints on possible subduction components in lavas of Mayon and Taal volcanoes, southern Luzon, Philippines, Journal of Petrology, 45, 1089–1108.
- Chauvel C, Goldstein S L, Hofmann AW (1995) Hydration and dehydration of oceanic-crust controls Pb evolution in the mantle. Chem Geol, 126(1): 65-75.
- Churikova, T., 2001. Dorendorf, F. ve Worner, G., Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, Evidence from across-arc geochemical variation, Journal of Petrology, 42, 1567-1593.
- Condie, K.C., Frey, B.A. ve Kerrich, R., 2002. The 1.75-Ga Iron King Volcanics in westcentral Arizona: a remnant of an accreted oceanic plateau derived from a mantle plume with a deep depleted component, Lithos, 64, 49-62.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrografik ve Jeokronolojik Araştırmalar, İTÜ Kütüphanesi, 1034, İstanbul.
- Deer WA, Howie RA, Zussman J (1992) An Introduction to the rock forming minerals, 2nd edn. Longman, London, 696 pp.
- DePaolo, DJ., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wall-rocks assimilation and fractional crystallization, Earth and Planetary Science Letters, 53, 189-202.
- Dokuz, A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: the Köse composite pluton. Gondwana Research, 19, 926–944.
- Dokuz, A., Tanyolu, E., (2006). Geochemical constraints on the provenance, mineral sorting and subaerial weathering of lower Jurassic and upper Cretaceous clastic rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Artvin), NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 15, 181–209.
- Elburg, MA., Bergen, MV., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarnain, I. ve Nasution, A., 2002. Geochemical trends across an arc–continent collision zone: magma sources and slab–wedge transfer processes below the Pantar Strait volcanoes, Indonesia, Geochimica et Cosmochimica Acta, 66, 2771–2789.
- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous high-K volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt, and its implications for the geodynamic evolution of NE Turkey. International Geology Review, 52 (2-3), 142-186.
- Güven İ'H (1993) Doğu Pontidler'in 1:25000 ölçekli jeolojisi ve kompilasyonu [1:25000 Scale Geology and Compilation of the Eastern Pontide]. General Directorate of Mineral Research and Exploration of Turkey (MTA), Ankara (unpublished).
- Hastie, T., Taylor, J., Tibshirani, R. ve Walther, G., 2007. Forward stagewise regression and the monotone lasso. Electron. J. Statist, 1, 1–29.
- Irvine, TN. ve Baragar, WRA., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- Keskin S, Pedoja K, Bektaş O (2011) Coastal Uplift along the Eastern Black Sea Coast: New Marine Terrace Data from Eastern Pontides, Trabzon (Turkey) and a Review. J Coastal Res, 27 (6):63 – 73.
- Kandemir, R., 2004. Sedimentary characteristics and depositional conditions of Lower-Middle Jurassic

- Şenköy Formation in the around of Gümü,shane [Ph.D. thesis]: Trabzon, Turkey, Karedeniz Technical University, unpublished, 274 p.
- Kandemir, R., Yılmaz, C., 2009. Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the lower Jurassic Ammonitico Rosso type sediments (ARTS) in the Gümü,shane area, NE Turkey: Implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys Ocean, Journal of Asian Earth Sciences, 34, 586–598.
- Karlı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, M.B. 2004. The morphology and chemistry of K-feldspar megacrysts from İkizdere Pluton: Evidence for acid and basic magma interactions in granitoid rocks, NE Turkey, Chemie Der Erde-Geochemistry, 64, 155-170. doi:10.1016/j.chemer.2003.02.001.
- Karlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011. Adakite-like granitoid porphyries in Eastern Pontides, NE Turkey: potential parental melts and geodynamic implications, Lithos, 127, 354-372.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R., 2012. Deciphering the shoshonitic monzonites with I-type characteristic, the Sıdağı pluton, NE Turkey: magmatic response to continental lithospheric thinning, Journal of Aesian Earth Science, 51, 45-62.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2009. Mineralogy, Whole-Rock and Sr–Nd isotope geochemistry of mafic microgranular enclaves in Cretaceous Dağbaşı Granitoids, Eastern Pontides, NE Turkey: Evidence of magma mixing, mingling and chemical equilibration. Chemie der Erde, 69, 247-277.
- Kaygusuz A, Aydınçakır E (2011) U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of Cretaceous plutons in the eastern Pontides (NE Turkey): The Dağbaşı pluton. Neues Jahr Miner 188(3):211-233.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satır, M., 2008. Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: The composite Torul Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. International Journal of Earth Sciences, 97, 739-764.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C., 2011. Geochemical and Sr-Nd Isotopic Characteristics of Post-Collisional Calc-Alkaline Volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 137–159.
- Kaygusuz A, Arslan M, Siebel W, Sipahi F, İlbeli N (2012) Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides, Turkey. Int Geol Rev, 54(15):1776–1800.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeli, N., Arslan, M., Chen, B., ve Aydınçakır, E., 2013. Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl intrusion in the Eastern Pontides: Implications for magma genesis in the arc setting. Geoscience Frontiers, 4; 423-438.
- Kaygusuz, A., ve Öztürk, M., 2015. Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontide, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-K calc-alkaline magmatism. Journal of Asian Earth Sciences, 108, 97-116.
- Kelemen, PB., Hanghøj, K. ve Greene, AR., 2003. One view of the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with an emphasis on primitive andesite and lower crust. In: The Crust (ed. R.L., Rudnick) vol. 3. Treatise on Geochemistry (eds. H.D., Holland and K.K., Turekian). Elsevier-Pergamon, Oxford.

- Keskin, M., 2002. FC-Modeler: a Microsoft® Excel© spreadsheet program for modeling Rayleigh fractionation vectors in closed magmatic systems, Computers and Geosciences, 28, 8, 919-928.
- Korkmaz S, Tüysüz N, Er M, Musaoğlu A, Keskin İ (1995) Stratigraphy of Eastern Pontides, NE Turkey. In: Erler A et al (eds) Geology of black Sea Region. Proce. of the Inter. Symp. On the Geology of Black Sea Region, MTA, Ankara, pp 59–6.
- Le Maitre, RW., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford.
- McDermott, F., Delfin, F.G., Defant, M.J., Turner, S. ve Maury, R., 2005. The petrogenesis of magmas from Mt. Bulusan and Mayon in the Bicol arc, the Philippines, Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 652-670.
- McKenzie, D. ve O’Nions, RK., 1991. Partial melt distribution from inversion of rare earth element concentrations, Journal of Petrology, 32, 1021-1091.
- Miller DM, Goldstein SL, Langmuir CH (1994) Cerium/lead and lead isotope ratios in arc magmas and the enrichment of lead in the continents. Nature, 368: 514-520.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, AK., Ginzburg, IV., Ross, M., Seifert, FA., Zussman, J., Aoki, K. ve Gottardi, G., 1988. Nomenclature of pyroxenes. Mineral Mag, 52, 535–550.
- Okay, Aİ. ve Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, A.G. (ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 291-311.
- Okay, A.İ. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. Geological Society of London, Special Publications 156, 475–515.
- Özsayar T, Pelin S, Gedikoğlu A (1981) Doğu Pontidler’de Kretase. KTU Yer Bilimleri Dergisi, 1:65–114.
- Pearce, JA., 1996. A User's Guide to Basalt Discrimination Diagrams. In: Wyman. D.A., ed., Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration: Geological Association of Canada, Short Course Notes, 12, 79-113.
- Pearce, J.A. and Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth and Planetary Science Letters, 19, 290-300.
- Pearce, JA. ve Peate, DW., 1995. Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 23, 251–285.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonon area, northern Turkey, Contributions to Mineralogy and Petrology, 58, 63–81.
- Renne PR, Swisher CC, Deino AL, Karner DB, Owens TL, DePaolo DL (1998) Intercalibration of standards, absolute ages and uncertainties in 40Ar/39Ar dating. Chem Geol, 145:117–152.
- Robinson, AG., Banks, CJ., Rutherford, MM. ve Hirst, JPP., 1995. Stratigraphic and structural development of the Eastern Pontides, Turkey, Journal of the Geological Society of London, 152, 861-872.
- Rogers, N., Macdonald, R., Fitton, J. G., George, R., Smith, M. ve Barreiro, B. 2000. Two Mantle Plumes Beneath the East African Rift System: Sr, Nd and Pb Isotope Evidence from Kenya Rift Basalts. Earth and Planetary Science Letters, 176, 387-400.

- Rollinson, H.R., 1993. Using Geochemical Data: Evolution. Presentation. Interpretation, John Wiley Sons. Inc.
- Ruffet, G., Féraud, G., Ballèvre, M. ve Kiénast, J. R., 1995. Plateau ages and excess argon in phengites: an ^{40}Ar - ^{39}Ar laser probe study of Alpine micas (Sesia Zone, Western Alps, northern Italy). Chemical Geology (Isotopic Geoscience Section), 121, 327-343.
- Ruffet, G., Gruau, G., Ballèvre, M., Féraud, G. ve Philippot P., 1997. Rb-Sr and ^{40}Ar - ^{39}Ar laser probe dating of high-pressure phengites from the Sesia zone (western Alps): underscoring of excess argon and new age constraints on the high-pressure metamorphism. Chemical Geology, 141, 1-18.
- Sun, S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes, In: A.D. Saunders, M.J. Norry, (eds.), Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society of London Special Publication, 42, 313-345.
- Şen C, Arslan M, Van A (1998) Geochemical and petrological characteristics of the Pontide Eocene (?) alkaline province, NE Turkey. Turkish J Earth Sci, 7:231-239.
- Şen, C., 2007. Jurassic Volcanism in the Eastern Pontides: Is it Rift Related or Subduction Related?, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.
- Şengör, AMC. ve Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust, Its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford.
- Temizel, İ., Arslan, M., Abdioğlu, E., Kaygusuz, A. Ve Aslan, Z., 2016a. Petrographical and whole-rock geochemical characteristics of Late Cretaceous aged syenitic intrusions in the Ordu area (NE Turkey). World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS) Abstract Collection Book, 5-9 September, Prague, Czech Republic, 160.
- Temizel, İ., Baki-Eraydın, T., Arslan, M., Abdioğlu, E., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z., 2016b. Mineral chemistry and whole-rock geochemical characteristics of Late Cretaceous aged gabbroic pluton in the Giresun area (NE Turkey). World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS) Abstract Collection Book, 5-9 September, Prague, Czech Republic, 161.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu, A., ve Ruffet, G., 2016c. Geochronology and geochemistry of Eocene-aged volcanic rocks around the Bafra (Samsun, N Turkey) area: constraints for the interaction of lithospheric mantle and crustal melts. Lithos, 258-259, 92-114.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex. Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey, International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbeke, A., Barth, M., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: the Gu'mu's hane pluton (NE Turkey). Lithos 116, 92-110.
- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Zack, T., Satır, M. ve Şen, C., 2011. Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos 125, 131-150.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J.J., 2012. Petrochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopic systematics of the Tertiary collisional

- and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: Implications for extension-related origin and mantle source characteristics, Lithos, 128, 126-147.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A, 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey: stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia, Spacial Publications, Geological Society London, 340, 281-327.
- URL-1, <http://earthref.org/databases>. Paylaşım katsayısı. 21 Mayıs 2013.
- Yılmaz Y (1972) Petrology and structure of the Gümüşhane granite and surrounding rocks, North-eastern Anatolia. PhD Thesis, University of London, 260p.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D. 1996. Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey, International Geology Review, 38, 935-956.
- Yılmaz, A., Engin, T., Adamia S. ve Lazarashvili T. 1997. Geoscientific studies of the area along Turkish-Georgian Border, MTA, Ankara.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., ve Abdioğlu, E., 2014. Volcanic facies and mineral chemistry of Tertiary volcanics in the northern part of the Eastern Pontides, northeast Turkey: Implications for pre-eruptive crystallization conditions and magma chamber processes, Mineralogy and Petrology, 108, 439-467.
- Zellmer, G.F., Annen, C., Charlier, B.L.A., George, R.M.M., Turner, S.P. ve Hawkesworth, C.J. 2005. Magma evolution and ascent at volcanic arcs: constraining petrogenetic processes through rates and chronologies. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 140, 171-191.
- Zhao, D., Lei, J., Inoue, T., Yamada, A., Gao, ve S., 2006. Deep structure and origin of the Baikal rift zone. Earth and Planetary Science Letters, 243, 681-691.

YAZARA BİLGİLER

1. Kapsam ve Genel Bilgi

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (GUFBED), Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün yayın organıdır. Dergi kapsamında bütün Fen, Teknoloji, Mühendislik, Tarım ve Mimarlık Alanlarında daha önce başka yerlerde yayınlanmamış, özgün, araştırma makaleleri, derlemeler ve editöre mektuplar yayınlanır. Dergi **bilimsel ve hakemli** bir dergi olup, Ocak ve Temmuz aylarında olmak üzere yılda iki kez online yayınlanır.

Derginin esas amacı "Gelişen ve Geliştiren Üniversite" sloganı ile yola çıkan Gümüşhane Üniversitesinin hedeflerinin bir parçası olarak araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin bilimsel yayına dönüştürülmesi, ulusal ve uluslararası indekslere girerek evrensel bilime katkı sağlamaktır.

2. Yayın Dili

Dergide yayınlanacak tüm yazılar için yayın dili Türkçe' dir. Sadece başlık, öz ve anahtar kelimeler hem Türkçe hem de İngilizce olarak hazırlanmalıdır. Makalelerde patentli gereçler, özel isimler, simgeler ve uluslararası kısaltmalar dışında tüm sözcükler Türkçe okunuşa ve yazım kurallarına uygun olarak yazılır. Anahtar kelimeler alfabetik sıralamaya uygun olarak verilir. İngilizce anahtar kelimeler (Keywords) ise bu sıralama dikkate alınarak yazılır.

3. Elektronik Ortamda Başvuru

Dergi ile ilgili **tüm yazışmalarda** gufbed@gumushane.edu.tr adresi kullanılmalıdır. Dergi **yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış** makaleler, basılı kopyaya gerek olmaksızın, Dergipark üzerinden <http://dergipark.gov.tr/gumusfenbil> adresi kullanılarak gönderilmelidir. Dergiye makale göndermek isteyen yazarların yazım kuralları ile birlikte aşağıda belirtilen Gönderi Kontrol Listesindeki her maddeyi de kontrol etmeleri gerekmektedir. Makaledeki bilgilerin doğruluğunun sorumluluğu yazar(lar)a aittir.

Yayınlanacak makalelerde, araştırma ve yayın etiğine uygunluk esastır. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi'ne gönderilen makaleler ile birlikte mutlaka "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" ile "Son Kontrol Listesi" Dergi yazışma adresine "gufbed@gumushane.edu.tr" gönderilmelidir. Makale gönderimi ve telif hakkı devir formu doldurulup bütün yazarlar tarafından imzalanmalıdır. Yayın ile ilgili işlemler bu formun tesliminden sonra başlar. Bu formun farklı kopyaları başka şehirlerde yaşayan yazar(lar) tarafından ayrı ayrı imzalanıp gönderilebilir.

Hayvanların veya zararlı maddelerin kullanıldığı araştırmalarda "Etik Kurul İzin Belgesi"nin makaleye eklenmesi gerekir. İnsanların denek olarak kullanıldığı araştırma sonuçlarını içeren makalelerde yazar(lar), "insan denemeleri üzerinde yetkili kurul" etik standartlarına ve gözden geçirilmiş Helsinki bildirgesi 1983'e uygunluğunu belgelemeleri gerekir.

4. Değerlendirme Süreci

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi'ne iletilen yazılar öncelikle dergi editörünün konu başlığı ve anahtar kelimelere dayanılarak yönlendireceği yayın kurulu üyesi tarafından biçimsel açıdan değerlendirilir. Bu ön inceleme aşamasıyla, incelenecek yayının dergi formatına uygun olup olmadığına karar verilir. "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" ile "Son Kontrol Listesi" olmayan veya eksik olan yayınlar ön incelemeye alınmaz. Dergi yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleler düzeltilmek üzere yazara geri gönderilir.

Formata uygun olarak hazırlanan yazılar ilgili yayın kurulu tarafından bilimsel açıdan değerlendirilir. **Ayrıca bu aşamada ilgili yayın kurulu üyesi yazının alıntı olup olmadığını inceler.** Bilimsel açıdan incelemeye değer bulunan yazılar editöre gönderilir.

Editör bilimsel içerik bakımından değerlendirilmek üzere yazıyı, konusuna uygun olarak en az iki ya da üç hakeme yönlendirir. Hakem seçiminde öncelikle konu ile ilgili dergi danışma kurulu üyelerinden ya da alanında uzman başka bir bilim insanından yararlanılır. Hakemler değerlendirmeleri sonucunda, uygun, düzeltilerek yayınlanabilir, düzeltildikten sonra tekrar görmek isterim, istediğim düzeltmelerin kontrolünü derginin uzman bilimsel ekibi tarafından yapılması uygundur veya yayınlanamaz şeklinde kararları verebilirler.

Düzeltilme istenen yazılarla ilgili olarak yazar gerekli düzeltmeleri yapar. Ayrıca katılmadığı hususlarla ilgili olarak gerekçeli yazısını dergiye gönderir.

Hakem kurulu tarafından farklı türde değerlendirilen yazılar için son karar editöre aittir. Editör gerekli görürse yeni bir hakem tayin eder veya yazı ile ilgili kararını sonuçlandırır.

Tüm değerlendirmeler sonucunda kabul ya da red kararı gerekçeleri ile birlikte e-posta olarak yazışmadan sorumlu yazara iletilir.

Değerlendirme sonucu kabul edilen makaleler dergi sekreteryası tarafından esasa bağlı kalınarak yayına uygun formata dönüştürülür.

Dergide yayımlanan makaleler başka hiç bir yerde yayımlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz. Kısmen veya tamamen yayımlanan makaleler kaynak gösterilmeden hiçbir yerde kullanılamaz. Dergiye gönderilen makalelerin içerikleri özgün, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Değerlendirmeye sunulacak çalışmaların bir başka dergiye gönderilmediği veya basılmadığı ön yazı ile belirtilmelidir.

Makale basım için kabul edilmezse "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" nun yasal bir önemi kalmaz ve hükümsüz olarak kabul edilir. Bu Form'un imzalanması ile yazarlar, makalenin "GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ" dergisi ve web sayfasında yayınlamasına ilaveten makalenin tamamı veya bir kısmının yasal olarak çoğaltılması ve dağıtılması hakkını Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne devrederek, kendi haklarından feragat etmektedirler.

5. Makale Türleri

Dergide yayınlanan farklı yayın formatları ile ilgili bilgiler ve yazı türlerine göre yazarların dikkat etmeleri gereken hususlar şu şekildedir:

Araştırma Makaleleri: Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Özet, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Özet, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Amaç, Gereç ve Yöntem, Bulgular, Tartışma ve Sonuçlar, gerekli ise Etik konular, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolara ilgili açıklamalar içermelidir. Makale konunun uzmanları tarafından tekrarlanabilecek şekilde yeterli bilgiyi içermelidir. **Bu tür makalelerde ana metin 3500-4000 kelime arası olmalı, kaynak sayısı 40'ı aşmamalıdır.**

Derlemeler: Dergi kapsamındaki güncel konularda çalışmaları bulunan kişiler tarafından hazırlanan derleme başvuruları incelemeye alınır. Derlemeler, Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Özet, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Özet, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Ana Bölümler, Alt Bölümler, Sonuç, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolara ilgili açıklamalar içermelidir. **Ana metin en fazla 5000 kelime olup kaynak sayısında bir kısıtlama yoktur.**

Editöre Mektup: Dergide yayınlanmış makaleler hakkında veya ilgili diğer konularda soru sormak, görüş bildirmek isteyenlerin yazıları bu türde değerlendirilir. Bu tür yazılarda kapsam ve etik kavramlar göz önünde bulundurulur. Editöre mektup Türkçe olarak yazılır. **Ana metin en fazla 1000 kelime olup kaynak sayısı 10'u geçmemelidir.**

6. Makalenin Hazırlanması

• **Sayfa boyutu, sayısı ve kenar boşlukları:** A4 formatında, en fazla 15 sayfa olmalıdır. Tüm kenarlardan 2 cm boşluk bırakılmalıdır.

• **Sayfa numaraları:** Sayfa numaraları sayfa altında ve ortada verilmelidir.

• **Satır boşlukları:** Bütün satır boşlukları Times New Roman karakterinde ve 12punto olmalıdır.

• **Metin:** Times New Roman karakterinde 12 punto ile sağa ve sola dayalı olarak tek aralıklı yazılmalıdır. Noktadan ve virgülden sonra 1 boşluk bırakılmalıdır.

• **Paragraf:** Her paragraf arasında bir satır boşluk bırakılmalı, paragraf başlarında içerden başlanmamalıdır (Tab tuşu kullanılmamalıdır).

• **Makale başlığı:** Sayfa başından 3 satır boşluk bırakıldıktan sonra, başlık Times New Roman, 16 punto ve koyu olarak yazılmalıdır. Başlıkta yer alan her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde sayfaya ortalanarak yazılmalıdır.

• **Yazar adı veya adları:** Başlıktan sonra 2 satır boşluk bırakılarak, unvan belirtilmeden, Adın ilk harfi büyük olacak şekilde tüm harfleri ve soyadın tamamı büyük harfle yazılmalıdır. Birden fazla yazarlarda aralarına virgül konularak, Times New Roman, 12 punto, normal ve sayfaya ortalanarak yazılmalıdır. Sorumlu yazar isminde üst simge yıldız sembolü olmalıdır.

• **Yazarın/ların adresi/leri:** Yazar adının hemen altına boşluk bırakılmadan, Times New Roman, 10 punto ve *italik* olarak yazılmalıdır. Adresleri aynı olan yazarlar için tek adres, farklı yazar adresleri alt alta boşluk bırakılmadan yazılmalıdır.

• **İletişim yazarının bilgileri:** Unvansız Ad soyad, e-mail adresi, telefon numarası (Tel: (xxx) xxx xx xx.) aralarına virgül konularak 1. sayfanın altına dipnot olarak, (*) sembolü ile belirtilmelidir, Times New Roman, 10 punto ile yazılmalıdır.

• **Türkçe özet:** Adres/ler den 5 satır boşluk bırakıldıktan sonra, **Özet** kelimesi Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto, **koyu, italik** ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Özet metni Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto ve *italik* olarak yazılmalıdır. Özet metninin 250 kelimeyi geçmemesine özen gösterilmelidir. Özet kelimesi ile özet metni arasında boşluk bırakılmamalıdır.

• **İngilizce başlık ve özet (Abstract):** Türkçe anahtar kelimelerin altına 2 satır boşluk bırakılarak, başlık Times New Roman, 16 punto koyu, her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde sayfaya ortalanarak yazılmalıdır. **Abstract**, kelimesi Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto, **koyu, italik** ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Abstract metni Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto ve *italik* olarak yazılmalıdır. Abstract metninin 250 kelimeyi geçmemesine özen gösterilmelidir. Abstract kelimesi ile abstract metni arasında boşluk bırakılmamalıdır.

• **Anahtar kelimeler / Keywords:** Anahtar kelimeler ve Keywords kelimeleri Türkçe özetin ve İngilizce özetin altına bir satır boşluk bırakılarak, Times New Roman, 12 punto, **koyu** ve *italik* olarak yazılmalıdır. En az 3 en fazla 6 adet anahtar kelime verilmeli, anahtar kelimelerin her kelimenin ilk harfi büyük ve aralarına virgül konularak verilmelidir. Anahtar kelimeler alfabetik sıralamaya uygun olarak verilmelidir. İngilizce anahtar kelimeler (Keywords) ise bu sıralama dikkate alınarak yazılmalıdır.

• **Ana başlıklar:** Ana Başlıklar sırasıyla numaralandırılmalıdır (1. Giriş 2. Amaç, Gereç ve Yöntem gibi). **Tüm başlıklar** sola dayalı Times New Roman, 12 punto **koyu** ve her kelimenin ilk harfi büyük yazılmalıdır. Ana başlıklardan önce ve sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır. **Alt başlıklar**, ana başlık numarasına uygun olarak numaralandırılmalıdır. **Tüm alt başlıklar** sola dayalı Times New Roman, 12 punto, **koyu** ve *italik* olarak her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır (2.1. Malzeme 2.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması, gibi). Alt başlıklardan önce ve sonra tek satır boşluk bırakılmalıdır.

• **Şekiller, Resimler ve Fotoğraflar:** Sayfa sınırlarını aşmayacak şekilde ortalanarak, net ve okunaklı olmalıdır. Sıra ile numaralandırılmalıdır. Şekil no ve adları şeklin altında şeklin sol alt kenarına yaslanarak ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olarak verilmelidir. Şekiller ya bir çizim programı ile çizilmiş olmalı ya da en az 300 dpi çözünürlükte taranmış olmalıdır. Şekil olarak gösterilen grafik, resim ve metin kutularında yer alan yazı ve sayıların büyüklüğü makale içinde Times New Roman karakteri ile yazılmış 9 punto boyutundaki bir yazının büyüklüğünden az olmamalıdır. Şekilden önce, şekil adından önce ve sonra birer satır boşluk bırakılmalıdır. **Şekiller metin içine yerleştirilirken mutlaka şekilden önce atıfta bulunulmalıdır.**

• **Tablolar:** Sayfa sınırlarını aşmayacak şekilde ortalanarak konulmalıdır. Sıra ile numaralandırılmalıdır. Tablo no ve adları, tablonun sol üstünde tek satır boşluk ile sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Tablo adı yazılırken üstte ve altta birer

satır, tablodan sonra yine bir satır boşluk bırakılmalıdır. **Tablolara tablodan önce mutlaka metin içerisinde atıfta bulunulmalıdır.** Tablo satır ve sütunlarındaki rakam ve yazılar Times New Roman 12 punto ile yazılmalıdır. Ancak zorunlu kalınan durumlarda yazı boyutu yazı sınırlarını geçmeyecek şekilde en az 9 puntoya kadar düşürülebilir.

- **Denklemler:** Metin içerisine yazılacak denklemler, Word yazım programındaki denklem editörü ile sola dayalı olarak yazılmalı ve eşitliklere sağa dayalı olarak parantez içerisinde sıra ile numara verilmelidir.

- **Semboller:** Makale çok sayıda sembol içeriyor ya da makaledeki sembollerin açıklanması gerekiyorsa uluslararası standarda uygun olarak, semboller, kaynaklardan önce, Times New Roman 12 punto ile *italik* yazılmalıdır. Makalede ondalık gösterimde nokta kullanılmalı, binlikleri ayırırken virgöl kullanılmalıdır.

- **Kaynaklar:** Kaynaklar tez içerisinde “**soyadı ve tarih sistemine**” göre yazılmalıdır. Her kaynak kendi orijinal dilinde verilmelidir. Kaynaklar yazılırken sıralama aşağıdaki şekilde olmalıdır:

“Yazar soyadı-virgöl - ilk ad(lar)ının baş harfi- nokta-virgöl- yayın yılı- nokta - belgenin başlığı - virgöl-yayınlandığı yer (yayın organı ya da yayın evi)- virgöl- cilt no- virgöl- sayı no- virgöl-sayfa no-virgöl-yayınlandığı şehir veya ülke- nokta”.

Yazarlar arası virgöl ile ayrılır, ancak iki ve daha fazla yazarlarda son yazar "ve" ile ayrılır. Aynı yazar(lar)ın farklı yıllarda yayınlanmış eserleri veriliyorsa önce yaptığı yayından başlayarak (eskiden yeniye doğru) sıralama yapılmalıdır. Aynı yazar(lar)ın aynı yıla ait yayınları yayın yılını takip eden a, b, c harfleri ile sıralanmalıdır (Örg: 1998a,b).

Kaynak eserin yazımının bir satırdan daha uzun olması halinde ikinci satır ve diğer satırlar, ***değinen ilk eserin yazar ilk adının baş harfi hizasından başlayarak yazılmalıdır. İkinci ve diğer satırları birinci eserin ikinci satırı hizasından başlanmalıdır.*** Dergi adları ise kısaltma yapılmadan ve altı çizili olarak yazılır.

Metin içerisinde yazarı belli olan internet kaynaklarına atıf yapılırken, yazar soyadı sistemine benzer şekilde yazılmalıdır. Örneğin: (James ve Richard, 2003) David ve Clifford' a (2003) göre ...

Metin içerisinde yazarı belli olmayan internet kaynaklarına atıf yapılırken, büyük harflerle URL-sıra numarası (,), yıl şeklinde yazılmalıdır.

Örneğin:

(URL-4, 2003), (URL 1 ve 2, 2003)

Kaynakların yazılması sırasında literatürde yaygın olarak bilinen ***periyodik dergilerin adları açık olarak yazılmalıdır.*** Örneğin: (Journal of Hydrology).

Kitap, makale, bildiri, tez, standartlar ve yönetmelikler aşağıda gösterilmiştir.

Ulusal-Uluslararası Makaleler:

Ayalew, L., Yamagishi, H., Ugawa, N., 2004. Landslide Susceptibility Mapping Using GIS-Based Weighted Linear Combination, The Case in Tsugawa Area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan, Landslides, 1, 73-81.

Gökçeoğlu, C., Ercanoğlu, M., 2001. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler, Yerbilimleri, H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 23, 201-219.

Kitaplar:

Hem, J.D., 1989, Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters: USGS Professional Paper 2254, US Gov. Print. Office, 263p.

Postel, S., 2000, Son Vaha, Su Sıkıntısıyla Karşı Karşıya, (çev: F. Şebnem Sözer), TUBİTAK-TEMA VAKFI yayınları, ISBN 975-403-188-6, Ankara, 218s.

Tezler:

Dağ, S., 2007, Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, 241s.

Tezcan, L., 1993, Karst Akifer Sistemlerinin Tritiyum İzotopu Yardımıyla Matematiksel Modellemesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 125s.

Raporlar:

Aslaner, M., 1972. Çayeli-Madenköy Cu-Pb-Zn Aramaları Hakkında Kısa Not, MTA Maden Etüd Rap. No. 118,

Baran, I., Kasperek, M., 1989, Marine Turtles Of Turkey; Status Survey 1988 And Recommendations For Conservation And Management: WWF Report, Heidelberg, 123p.

IAEA, 1992. Statistical Treatment of Data on Environmental Isotopes, Technical Reports Series No.331, IAEA Vienna, 781p.

Editörlü Kitaplar:

Zuber, A. 1986, Mathematical models for the interpretation of environmental radioisotopes in groundwater systems. Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. Fritz, P. and Fontes, J.Ch. (eds.), Elsevier, Amsterdam. pp. 1-59.

Bildiriler Kitabı:

Sualtı Günleri-1999, Türkiye’de Sualtı Görüntüleme, Belgeleme ve Arşivleme Çalışmalarının Günümüzdeki Durumu, 26-27 Şubat 1999, Bildiriler Kitabı (editörler: B. Akınoğlu, M. Draman), Sualtı Araştırmaları Derneği, Ankara, 84s.

Bildiri Özeti:

Tezcan, L., Gunay, G., Hotzl, H., Reichert, B., Solomon, K., 1997, Hydrogeology of the Kirkgozler Springs, Antalya, Turkey, International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, 17-21 November 1997, Near East Technical University, Nicosia, North Cyprus. p.76.

Bayarı, C. S., Kurttaş, T., Tezcan, L., 1998b, Köyceğiz Gölü Karışım Dinamiği: Çevresel İzotoplar Ve Üç Boyutlu Yerinde Yoğunluk Ölçümleri, MTA Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bildirileri, 2-6 Kasım 1998, Ankara, s.104-106.

Tam Metni Basılı Bildiriler:

Hamarat, S., Ülkenli, H., Türe, G., 1998, Türkiye kıyıları Aydıncık-Taşucu Deniz Mağaraları Sualtı Araştırmaları, Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, Aralık 1998, İstanbul, Türkiye, s.105-111.

Aktüel Dergi ve Gazete Haberi:

Corliss, Richard, 1993, Sept. 13, Pacific Overtures. Time 142(11), 68-70.

Feder, Barnaby J, 1993, December 18, For Job Seekers, a Toll-Free Gift of Expert Advice. New York Times 30 (late ed.).

İnternet kaynakları:

Başaran, A., Yıldırım, N., Gülal, Z. (2000, 14 Ekim). Depreme karşı nasıl bir bina yapmalı? Cumhuriyet Bilim Teknik, <http://bilimteknik.cumhuriyet.com.tr-/w/b08.-html>.

OCMIP, 2000., Ocean Carbon-Cycle Model Intercomparison Project, IGBP, Global, Analysis, Interpretation And Modeling Task Force, <Http://www.lpsl.jussieu.-fr/OCMIP>.

URL-1, [www.tdk.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster.05 Ağustos 2011](http://www.tdk.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster.05Ağustos2011).



UZUNDUMLU A S., KILIÇ B., TOZLU G.; Fındık Üretiminde Kimyasal İlaç Kullanımını Etkileyen Faktörlerin Analizi: Giresun İli Örneği.....	1-9
FIRAT Y.; Modellenmiş Kavram Latisleriyle Bilgisayarlı Anlam Çözümleme Çalışması.....	10-24
ÖZTÜRK S.; Gümüşhane ve Civarındaki Güncel Deprem Aktivitesinin Bölgesel ve Zamana Bağlı Değişimleri: İstatistiksel Bir Değerlendirme.....	25-40
TURAN İ., DEMİR S., ALİYAZICIOĞLU R., MISIR S., ALİYAZICIOĞLU Y.; <i>Dianthus carmelitarum</i> Ekstraktının Antioksidan ve Sitotoksik Özelliklerinin İncelenmesi.....	41-50
AYDINÇAKIR E.; Taşlıyayla (Çaykara, Trabzon, KD Türkiye) Civarı Geç Kretase Yaşlı Kalk-alkali Volkanik Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri.....	51-78
YÜCEL C.; Akçaabat (Trabzon) Güneyi ve Çevresindeki Kampaniyen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografisi, Jeokimyası, Jeokronolojisi ve Petrojenezi.....	79-101