



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



ISSN 2146-538X

CİLT/VOLUME: 4

SAYI/NUMBER: 1

YIL/YEAR: 2014

Gümüşhane University Science and Technology Institute Bağlarbaşı Mahallesi 29100 Gümüşhane/TURKEY
gufbed@gumushane.edu.tr Tel: 0 456 233 75 36 Faks: 0 456 233 74 27



Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Published by Gümüşhane University Science and Technology Institute

Cilt/Volume:4 Sayı/Number:1 Yıl/Year:2014

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. Cemalettin BALTACI

Yayın Kurulu / Associate Editors

Doç. Dr. Temel BAYRAK

Doç. Dr. Ahmet ÇAVDAR

Doç. Dr. Ahmet GÖKDOĞAN

Doç. Dr. Selim ŞEN

Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI

Yrd. Doç. Dr. Mehmet BAŞOĞLU

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAVUŞOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin DAŞ

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. Serkan ÖZTÜRK

Yrd. Doç. Dr. Birol ŞAHİN

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Nuri URAL

Dergi Sekreteryası / Secretariat

Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI

Arş. Gör. Mehmet Ali GÜCER

Arş. Gör. Leyla ÇÖL

Arş. Gör. Ömer KARPUZ

Arş. Gör. Seda Nur MARABAOĞLU

Yayın Türü / Publication Type

Yaygın süreli ve hakemli/ Common term and refereed

Yayın Tarihi / Publication Date

31.Ocak.2014

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.



Danışma Kurulu/Advisory Board

Emel ABDİOĞLU-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Enver AKARYALI-Gümüşhane Üniversitesi
Vecihi AKSAKAL-Gümüşhane Üniversitesi
Kadri Cemal AKYÜZ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Selahattin ALBAYRAK-Gümüşhane Üniversitesi
Selçuk ALEMDAĞ-Gümüşhane Üniversitesi
Mehmet ALKAN-Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fetullah ARIK-Selçuk Üniversitesi
Mehmet ARSLAN-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yusuf AŞIK-Gümüşhane Üniversitesi
Mustafa ATASOY-Aksaray Üniversitesi
Zekeriya AYDIN-Namık Kemal Üniversitesi
Hamit AYDIN-Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Emre AYDINÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Bilge BAHAR-Gümüşhane Üniversitesi
Cemalettin BALTAÇI-Gümüşhane Üniversitesi
Turan BATAR- Dokuz Eylül Üniversitesi
Temel BAYRAK-Gümüşhane Üniversitesi
Bahri BAYRAM-Gümüşhane Üniversitesi
Hakan BOLAT-Gümüşhane Üniversitesi
Hasan Tahsin BOSTANCI-Gümüşhane Üniversitesi
Fikri BULUT-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Oğuz BURNAZ-Gümüşhane Üniversitesi
Günay ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Tufan ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Zafer ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Ahmet ÇAVDAR-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
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 KARABİDAK- Gümüşhane Üniversitesi
Orhan KARPUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Hakan KARSLI-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Afşin KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Elif Çelenk KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Kemal KUVVET-Gümüşhane Üniversitesi
Mualla YALÇINKAYA-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Nafiz MADEN-Gümüşhane Üniversitesi
Halim MUTLU-Osmangazi Üniversitesi
Salim Serkan NAS-Gümüşhane Üniversitesi
Recep NİŞANCI-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Melih OKCU-Gümüşhane Üniversitesi
Zuhal OKCU-Gümüşhane Üniversitesi
Korhan ÖZGAN-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Ertekin ÖZTEKİN-Gümüşhane Üniversitesi
Serkan ÖZTÜRK-Gümüşhane Üniversitesi
Sultan ÖZTÜRK- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Selçuk REİS- Aksaray Üniversitesi
S. Beyza Ö. SARIKAYA-Gümüşhane Üniversitesi
İsmet SEZER-Gümüşhane Üniversitesi
Ferkan SİPAHİ-Gümüşhane Üniversitesi
Bırol ŞAHİN-Gümüşhane Üniversitesi
Selim ŞEN-Gümüşhane Üniversitesi
Emine TANIR- Karadeniz Teknik Üniversitesi
İbrahim TURAN-Gümüşhane Üniversitesi
Kamil TEKE-Hacettepe Üniversitesi
Yener TOP-Gümüşhane Üniversitesi
Osman ÜÇÜNCÜ-Gümüşhane Üniversitesi
Alaaddin VURAL-Gümüşhane Üniversitesi
Ali YALÇIN- Aksaray Üniversitesi
Şükrü YETGİN-Gümüşhane Üniversitesi
Faruk YILDIRIM- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Mustafa YILDIRIM-Gümüşhane Üniversitesi
Volkan YILDIRIM-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Hilal YILDIZ-Gümüşhane Üniversitesi
Ali Osman YILMAZ- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Özcan YİĞİT-Çanakkale 18Mart Üniversitesi
Halil YOLCU-Gümüşhane Üniversitesi
Tahsin YOMRALIOĞLU-İstanbul Teknik Üniversitesi

İçindekiler/Contents

VURAL A., ERDOĞAN M.; Eski Gümüşhane Kırkpavli Alterasyon Sahasında Toprak Jeokimyası Çalışması, Gümüşhane, Türkiye.....	1-15
AKYÜREK S., SİPAHİ F.; Kibletepe (Trabzon, KD Türkiye) Volkanojenik Masif Zn-Cu Cevherleşmesinin Mineralojisi ve Hidrotermal Alterasyonu.....	16-35
ÇAVDAR Ö., SUNCA F.; 1 Mayıs 2003 Bingöl Depreminde Yıkılmış Betonarme 3 Katlı Bir Okul Binasının Statik ve Dinamik Analizi.....	36-45
ÇAKMAK G., KAYGUSUZ A.; Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri.....	46-63
GÖRÜ DOĞAN T., EBY G.; Türkiye'de Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimine İlişkin Bir Model.....	64-74
ÖZTÜRK S.; Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi İçin Deprem İstatistiği ve Olası Güçlü Depremlerin Orta Vadede Bölgesel Olarak Tahmini Üzerine Bir Çalışma.....	75-93
ÇORUHLU Y.E., DEMİR O.; Vakıf Taşınmazların Yönetim Sorunlarının Tespit Edilmesine Yönelik Bir Durum Tespiti Çalışması.....	94-106
ULUKAVAK S., YALÇINKAYA M.; Toplam Elektron İçeriği (TEC) Değerleri ve Deprem İlişkisinin İncelenmesi.....	107-116
ÇELİK H., BAŞ N., COŞKUN H.G.; Taşkın Modelleme ve Risk Analizinde LİDAR Verisiyle Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi.....	117-125

Eski Gümüşhane Kırkpavli Alterasyon Sahasında Toprak Jeokimyası Çalışması, Gümüşhane, Türkiye

Alaaddin VURAL^{1*}, Murat ERDOĞAN²

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

²CFT Mühendislik Çankaya, Ankara

Geliş tarihi/Received 18.06.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 31.12.2013

Kabul tarihi/Accepted 28.01.2014

Özet

Kırkpavli (Eski Gümüşhane) alterasyon sahası, kuzeydoğu Türkiye'deki Karadeniz tektonik biriminin güney bölümünde bölgedeki aynı isimli kurşun, çinko, bakır ve altın cevherleşmesinin güneyinde, yer almaktadır. Bu kuşak maden yatakları açısından oldukça zengin olup bölgede keşfedilmeyi bekleyen pek çok maden yatağı olduğu da düşünülmektedir. Yoğun alterasyonların varlığı, uygun tektonik yapı ve asit-ortaç magmatizma bölgenin maden potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın amacı inceleme alanında gömülü maden yataklarının aranmasında toprak jeokimyası çalışmasından elde edilen sonuçların istatistiksel metotlar kullanılarak uygulanmasıdır. Bu maksatla Kırkpavli alterasyon sahasından toplanan 29 toprak örneğinde Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi 10 adet önemli iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre sahada arsenik (3-1171 mg/kg), bakır (79,50-341,40 mg/kg), çinko (26,60-880 mg/kg), kurşun (19,70-3725,20 mg/kg), baryum (22,90-258,60 mg/kg), kadmiyum (0,25-12,36 mg/kg), kobalt (11,20-77,30 mg/kg) ve mangan (130-1172 mg/kg) elementleri için dikkat çekici değerler tespit edilmiştir. Analizlerde Au değerleri deteksiyon limitinin altında kalmış, sadece iki örnekte gümüş değerleri (11,90-50,30 mg/kg) gözlenmiştir. Sahadan alınan kayaç örnekleri dikkate alındığında altın ile doğrudan ve/veya dolaylı olarak korelasyon gösteren; Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr ve As elementlerinin altın için iz bulucu element olarak kullanılabileceği sonucuna varılmış, bu elementler için oluşturulan anomali haritalarından yararlanılarak sahadaki muhtemel gömülü altın cevherleşmesine yönelik olarak sondaj noktaları önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak Jeokimyası, Jeostatistik, Altın, Eski Gümüşhane

* Alaaddin VURAL, vural@gumushane.edu.tr, 905053683487

Soil Geochemistry Study at Old Gumushane Kirkpavli Alteration Area, Gumushane, NE Black Sea

Abstract

Kirkpavli (Old Gumushane) alteration are is situated at the North of same name lead, zinc, copper and gold mineralization in the region, the southern part of the Black Sea Tectonic Unit in northern Turkey. There are a large number of ore deposits in this belt and also it is thought that there are a lots of mineral deposits which are waiting to be discovered. The presence of intensely altered areas suitable the tectonic structure and neutral to acidic magmatism indicates that the region has an important potential for ore deposits. The aim of the study is to performe the results from soil geochemistry using statistical methods in exploration buried mineral deposits in the study area. For this purpose, in 29 soil samples collected Kirkpavli alteration area were analyzed for 10 elements concentrations. As a result of the analysis, remarkable values were determined for arsenic (3-1171 mg/kg), copper (79,50-341,40 mg/kg), zinc (26,60-880 mg/kg), lead (19,70-3725,20 mg/kg), barium (22,90-258,60 mg/kg), cadmium (0,25-12,36 mg/kg), cobalt (11,20-77,30 mg/kg) and manganese (130-1172 mg/kg). Gold remained under the detection limit, as well as silver has been detected at only two samples (11,90-50,30 mg/kg). Taken into consideration rock samples collected from the Kirkpavli area, gold is significantly correlated with elements such as Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr and As as directly and/or indirectly and so, it is thought that these elements can be used as pathfinder elements. Drilling locations were purposed for the area using anomaly maps which created for these elements to explore the possible buried gold mineralization.

Anahtar Kelimeler: Soil Geochemistry, Geostatistics, Gold, Old Gumushane

1. GİRİŞ

Çalışma sahası kuzeydoğu Türkiye’de Doğu Pontid Tektonik Birliği’nin güney bölümünde yer alır (Şekil 1). Bu birim Alp- Himayala metolojik kuşağında (Doğu Avrupa merkezi Asya ve Pasifik bölgesine kadar uzanan ve ekonomik cevherleşmelere sahip kuşak) bulunmaktadır. Doğu Karadeniz metal provensi Paleozoik- Miyosen döneminde Tetis Okyanusunun kapanması ile ilişkili magmatik yaydan meydana gelmiştir (Çağatay ve Eastoe, 1995; Dixon ve Pereire, 1974; Şengör ve Yılmaz, 1981).

Porfiri bakır (Au,Mo), skarn yatakları, volkanojenetik masif sülfidit yatakları, hidrotermal damar yatakları ve epitermal değerli metal yatakları gibi çok sayıda maden yatağı bulunan bölgede bu yatakların araştırılması amacıyla birçok maden yatağı çalışması gerçekleştirilmiştir (Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1979; Leitch, 1981; Akçay ve Çavga, 1997; Akçay vd., 1998; Tüysüz, 2000; Çiftçi, 2000; Lermi, 2003; Demir, 2005; Sipahi, 2005; Güner ve Yazıcı, 2008; Akaryalı, 2010; Akçay vd., 2011; Aslan ve Akçay, 2011; Vural vd., 2011; Vural vd., 2012; Akpınar vd.,2013; Vural ve Erdoğan, 2013, Vural ve Erşen 2013). Önemli maden yatakları

Son yıllarda yapılan çalışmalar Gümüşhane’de düşük ve yüksek sülfidli epitermal altın yatakları ve porfiri Cu yataklarının varlığını belirtmektedir (Güner ve Yazıcı, 2008; Akaryalı, 2010; Akçay vd., 2011; Aslan ve Akçay, 2011; Vural vd., 2011, 2012). Doğu Karadeniz metal provensindeki Kırkpavli cevherleşmesi tipik olarak damar tip kurşun, çinko, altın±, gümüş yatağıdır. Bölge toprak örtüsüyle kaplıdır. Kayaçlar ise

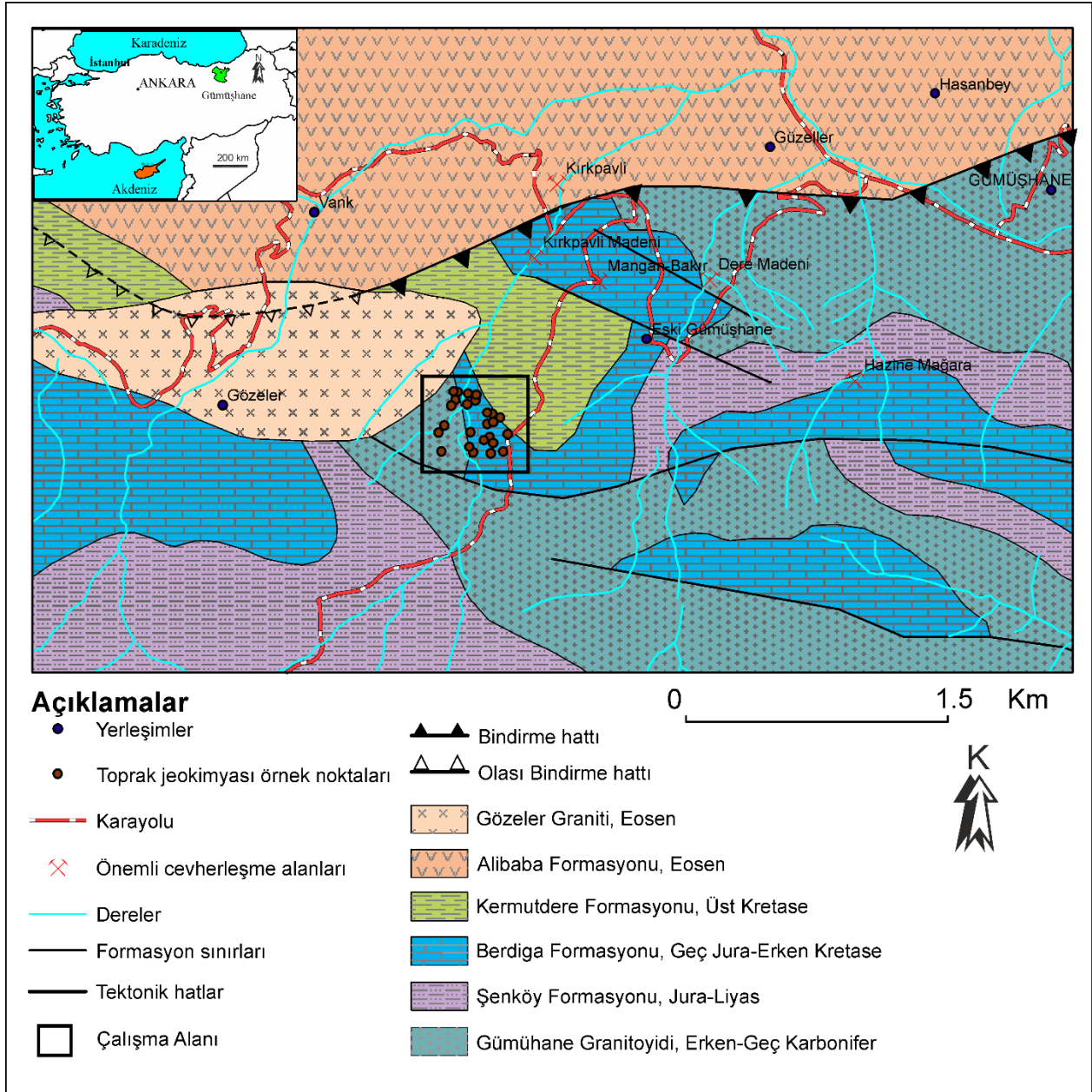
sınırlı alanlarda yüzeylemektedir. Toprak jeokimyası araştırması bu tür sahalar için yaygın kullanılan bir metottur. Bu çalışmanın amacı sahada gömülü olarak muhtemel maden yataklarının araştırılmasında toprak jeokimyasının istatistiksel metotlarla denenmesidir.

1.1. Coğrafik Özellikler

Gümüşhane tektonik geçmişinin bir sonucu olarak GD-KB istikametinde akan Harşit Çayı’nın iki yakası boyunca yerleşmiş bir şehirdir. Bu vadi Türkiye’nin Karadeniz bölgesinde bulunan derin ve dar vadisidir. Kırkpavli altın cevherleşmesi Doğu Pontidlerin güney zonunda bulunan Eski Gümüşhane (Merkez)’de yer alır (Şekil 1). Çalışma sahası ve yakın civarı genel itibariyle bölgenin jeolojik geçmişinden kaynaklı olarak dik bir topoğrafyaya sahiptir. Sahadaki en önemli dere Sarıdere’dir ve sahanın hemen kuzeyinden geçen D-B doğrultulu akış yönüne sahip Harşit Çayı’na bağlanır. Sahada Sarıdere’ye bağlanan tali dereler de vardır. Bunlardan en önemlisi ise Turna deresidir.

Çalışma sahası, yazları sıcak kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Ortalama sıcaklık kış aylarında 0-10 °C, yaz ayları için 20-25 °C olup, bölgede tipik karasal iklim hüküm sürmektedir. En sıcak ay Ağustos ve en soğuk ay ise Ocak’tır. Ortalama yıllık yağış 409,2 mm/yıl’dır. Kavak, söğüt ağacı ve değişik meyve ağaçları (vahşi kuşburnu, elma, ceviz, dut vs.) Harşit Çayı ve özellikle Sarıdere boyunca sahada yaygın olan bitkilerdir.

Sahada iyi gelişmiş bir toprak örtüsüne rastlanmaktadır. Toprak tipi kahverengi podzoliktir ve asidiğe yakındır. Toprak yer yer organik metaryalce zengindir.



Şekil 1. Çalışma sahası ve yakın çevresinin jeolojik haritası (Güven, 1993'ten değiştirilerek)

1.2. Sahanın Jeolojisi

Jeolojik olarak çalışma sahası Doğu Pontidler içerisinde, önemli miktarda cevher içeren Alpin metalojenik kuşağı içindedir. Bölgede temel kayaları Gümüşhane İli'nin güney kesiminde bulunan esas olarak gnays ve biyotitşistlerden oluşan ve DKD-BGB yönünde uzanan Paleozoik yaşlı Pulur Metamorfikleri oluşturmaktadır (Ketin, 1950; Korkmaz ve Baki, 1984). Temeli oluşturan bu metamorfiterler; başlıca granodiyorit, kuvarslı mikrodiorit, granit ve dasitlerden oluşan Gümüşhane Plütunu

(Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2010) ve Köse Kompozit Plütunu (Dokuz, 2011) gibi Orta-Geç Karbonifer yaşlı granitik sokulumlar tarafından kesilmiştir. Temel kayalar uyumsuz olarak ve yer yer taban konglomerası seviyeleri ile birlikte; volkanoklastik karakterdeki bazen spilitik karakterli lavlar, çört, dasidik tüf ve kumtaşı içeren bazaltik kayalardan oluşan Erken Jura yaşlı Şenköy Formasyonu tarafından üzerlenir. Bu birimi uyumlu olarak, Berdiga Formasyonu olarak adlandırılan (Pelin, 1977) Geç Jura-Erken Kretase yaşlı, genelde bölgenin güney kesiminde yayılım gösteren grimsi beyaz

ve beyaz renkte, çoğunlukla masif tabakalı ve dolomitik özellikteki birim örtmektedir. Berdiga formasyonunun üzerine uyumlu olarak Kermutdere formasyonu gelir. Kermutdere formasyonunun büyük bir kısmını oluşturan alt üyesi kalkerli silt taşları içeren, çok faylı, filiş karakterli ve fosilli tortul bir birimdir. Alt kesimlerinde bazaltik lavlar olmasına karşın üste doğru andezitik lavlar, breşik lav, aglomera, lapilli tuf ve orta- ince taneli tüflere geçiş göstermektedir. Tüm bu birimler geç Kretase intrüzyonları (Kaygusuz vd., 2008, 2010) tarafından kesilir. Eosen; Gümüşhane yöresinde Geç Kretase volkanik ve/veya sedimanter kayaçları açısız uyumsuzlukla örter. Alibaba formasyonu (Tokel, 1972) olarak adlandırılan Eosen yaşlı bu volkano-tortul kayaçlar, Gümüşhane ve yakın yöresinde, tabanda yersel olarak konglomeralar, kumtaşı ve tufit ara katkılı nummulitli kireçtaşları ile başlayarak, üst seviyelere doğru andezit ve ilişkili piroklastikleri ile devam eder. Birim yer yer aşınmış olarak bulunan kireçtaşı, kumtaşı, marn tuf ardalanması ile son bulmaktadır (Aliyazıcıoğlu, 1999). Bu birimler yine aynı yaşlı intrüzif kayaçlar tarafından kesilmektedir (Karlı vd., 2010; Eyuboglu vd., 2011). Çalışma sahası yakın çevresinde bu kayaçlar Gözeler ve yakın çevresinde yüzeylediği için Gözeler graniti olarak adlandırılmıştır. Kuvaterner yaşlı traverten, yamaç molozları ve alüvyonlar bölgedeki en genç birimlerdir (Şekil 2).

Gümüşhane ve yakın çevresi, çok sayıda kurşun, çinko, bakır ve altın cevherleşmesi içeren ana metalojenik provenislerden biridir. Çalışma sahasının hemen yakınında bulunan Kırpavli altın zenginleşmesi Alt Jura-Liyas yaşlı

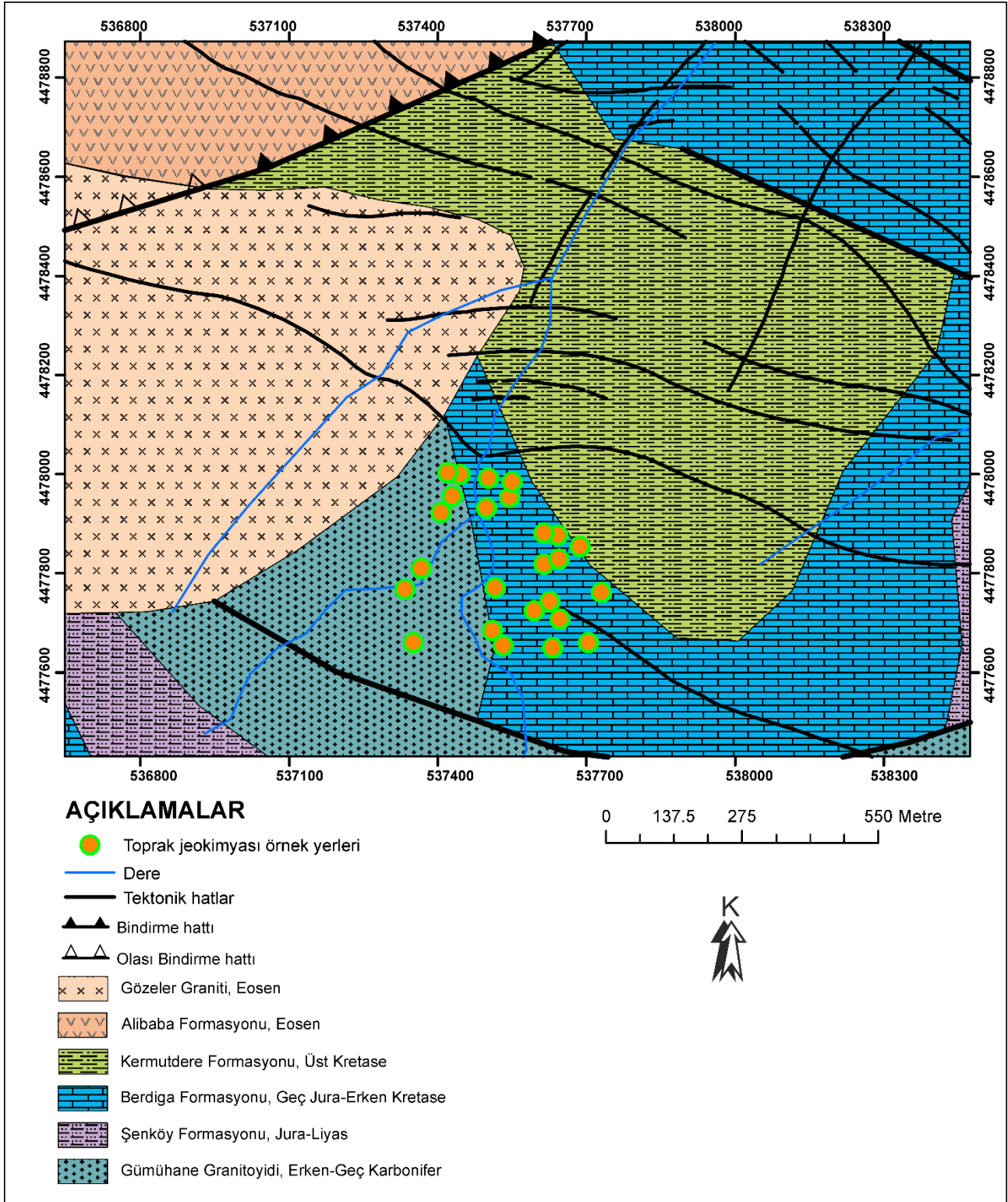
volkanoklastik ve özellikle de Geç Jura-Erken Kretase karbonat kayaçları içerisinde tektonik hatlarla ilişkili damar ve damarcıklar şeklinde oluşmuştur. Çalışma sahasındaki alterasyonlar ise Kırpavli sahasının bir parçası olup, bu sahanın kuzeyinde yer almaktadır. Saha tektonik faaliyetlerden oldukça etkilenmiş durumdadır. Sahadaki genel tektonik eğilimle ilişkili olarak K 60 °B yönelimli paralel faylar görülmektedir.

Çalışma sahasında hidrotermal alterasyon zayıf olmasına rağmen, özellikle kırık hatları boyunca gelişmiştir ve sahada silisleşme, hematitleşme, arjileşme, limonitleşme ve dış kısımda propilitik alterasyon söz konusudur. Çalışma sahasının yakınında bulunan Eosen volkanik kayaçlarındaki alterasyon ise limonitleşme ve hematitleşme tipinde olup cevherleşme ve alterasyon sahasının daha uzağında yer alır. Arjilik alterasyon ise cevherleşmeye doğru gelişmiştir. Silisleşme cevherleşme zonlarında yaygındır. Ayrıca fay yönelimlerine paralel yönde andezitleri kesen dayklar da söz konusudur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Toprak Örneklerinin Alımı ve Analizi

Jeokimya çalışması kapsamında 29 toprak örneği pusula ve el tipi GPS yardımıyla sistematik olarak alınmaya gayret edilmiştir. Örnekler arası mesafe 75-100 m arası genişlikte değişmekle birlikte topoğrafyanın dikliği ve sahanın genel özellikleri dikkate alınarak örnek yeri seçiminde bazen esnek davranılmıştır. Genel olarak örnek yerleri KB-GD ve KD-GB yönlü hatlardan oluşmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Toprak jeokimyası örnek alım noktaları ve sahanın jeoloji haritası (jeoloji haritası Güven 1993'ten değiştirilerek alınmıştır).

Çalışma sahasındaki toprak örtüsü genellikle 0.5-2 m arasında kalınlığa sahiptir. Toprak örnekleri plastik spatula kullanılarak 0-30 cm derinlikteki, arama amaçlı çalışmalarda en iyi

anomali konsantrastını veren B zonundan alınmıştır. Toplanan örnekleri özelliklerini korumak ve kirlilik oluşmaması için kilitli naylon poşetlere konulmuştur. Tüm örnekler

oda sıcaklığında 1-2 hafta bekletilmiş daha sonra 60 °C' ta iki gün boyunca etüvde bekletilerek nemi uzaklaştırılmıştır. Uygun tane boyutunu elde etmek için kuru örnekler -200 mesh elekten geçirilmiş ve Trabzon Tarım İl Müdürlüğü Laboratuvarı'na analiz için gönderilmiştir. Analizler esnasında 1 gr toprak numunesi 2 ml HNO₃ çözeltisinde bir saat bekletilmiştir. Daha sonra örnekler 6 ml 2:2:2 HCL- HNO₃-H₂O çözeltisi eklenmiştir. 95 °C'ta bir saat çözüldükten sonra ICP-AES ile analiz edilmiştir.

2.2. İstatistiksel Analizler

Analiz sonuçları IBMSPSS 19.0, Arcgis 10 ve Microsoft Excel programları kullanılarak değerlendirilmiştir. Toprak örneklerinde tanımlayıcı istatistik parametreleri, histogram, korelasyon analizi ve varyogram analizleri gerçekleştirilmiştir.

3. Verilerin Elde Edilmesi ve Yorumlanması

3.1. Tanımlayıcı İstatistikler

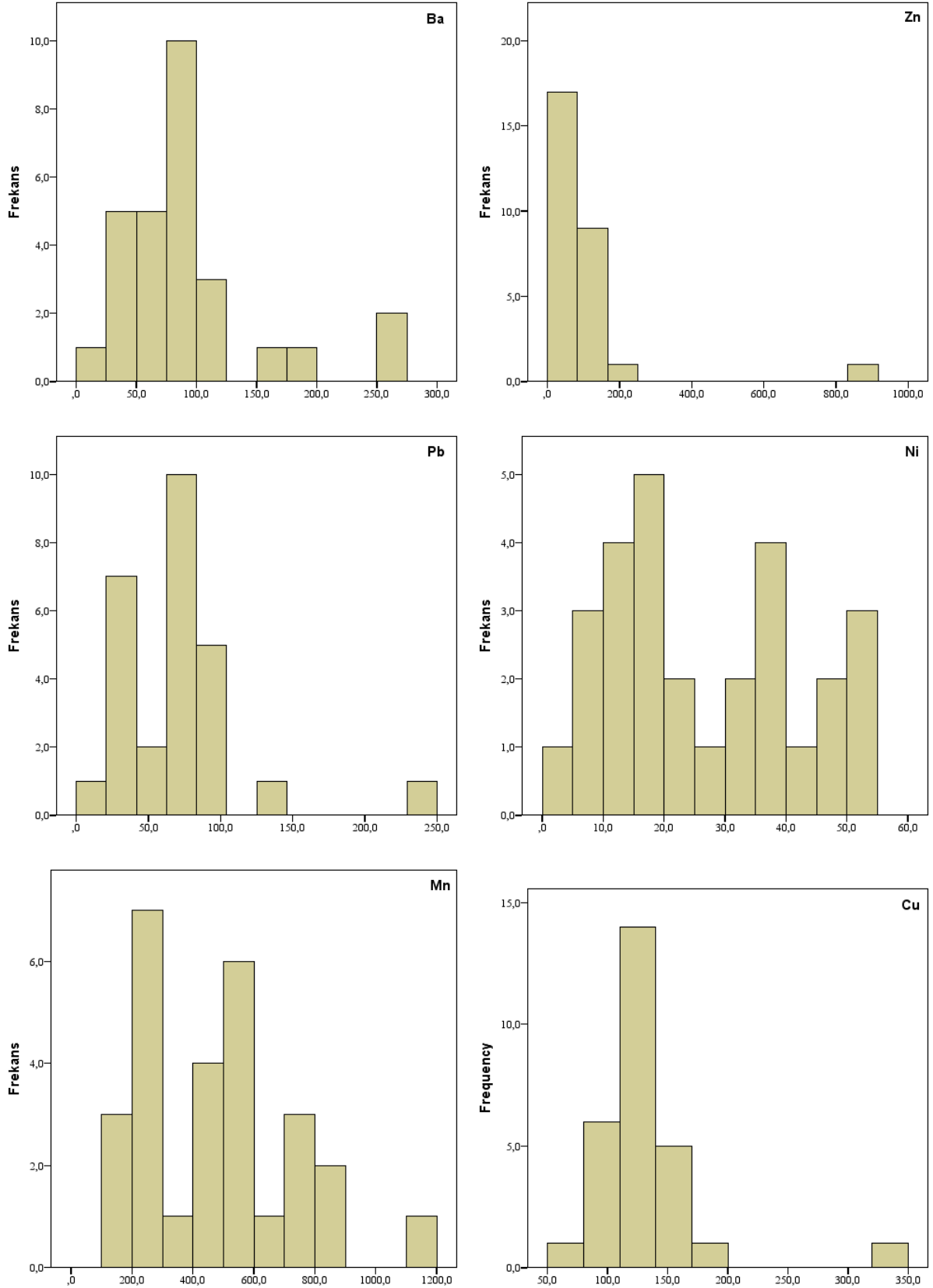
Tablo 1: Kırkpavli sahası toprak jeokimyası örneklerinin tanımlayıcı istatistik parametreleri ve dağılım parametrelere (Ag değerleri µg/kg diğerleri mg/kg)

	Ortalama	Ortanca	Varyans	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Çarpıklık	Basıklık	Logaritmik		Yüzdeler		
									Çarpıklık	Basıklık	25	75	95
Ag	31,10	31,10	737,28	27,15	11,90	50,30					11,90		
As	54,39	5,90	54192,81	232,79	3,00	1171,00	4,99	24,92	3,45	13,78	4,45	8,20	834,22
Ba	91,30	80,40	3499,45	59,16	22,90	258,60	1,76	3,05	0,14	0,32	51,20	99,70	257,66
Cd	1,35	0,94	4,74	2,18	0,25	12,36	5,14	26,89	2,32	11,29	0,83	1,13	7,61
Co	52,70	54,65	210,52	14,51	11,20	77,30	-1,17	1,67	-2,46	7,23	47,55	64,03	72,89
Cr	41,02	40,00	224,93	15,00	14,10	74,00	0,19	-0,79	-0,53	-0,20	28,23	54,98	68,11
Cu	131,04	123,55	2234,73	47,27	79,50	341,60	3,39	15,08	1,50	5,66	109,88	144,53	264,61
Mn	477,68	465,00	64351,34	253,68	130,00	1172,00	0,74	0,47	-0,36	-0,69	252,75	628,75	1028,90
Ni	26,46	21,65	235,40	15,34	2,20	51,90	0,25	-1,27	-1,08	1,41	13,78	38,50	51,68
Pb	202,60	76,60	478366,62	691,64	19,70	3725,20	5,26	27,77	2,62	10,71	37,08	85,88	2152,45
Zn	103,30	74,25	23996,72	154,91	26,60	880,00	5,01	25,89	2,11	8,82	57,85	92,38	564,33

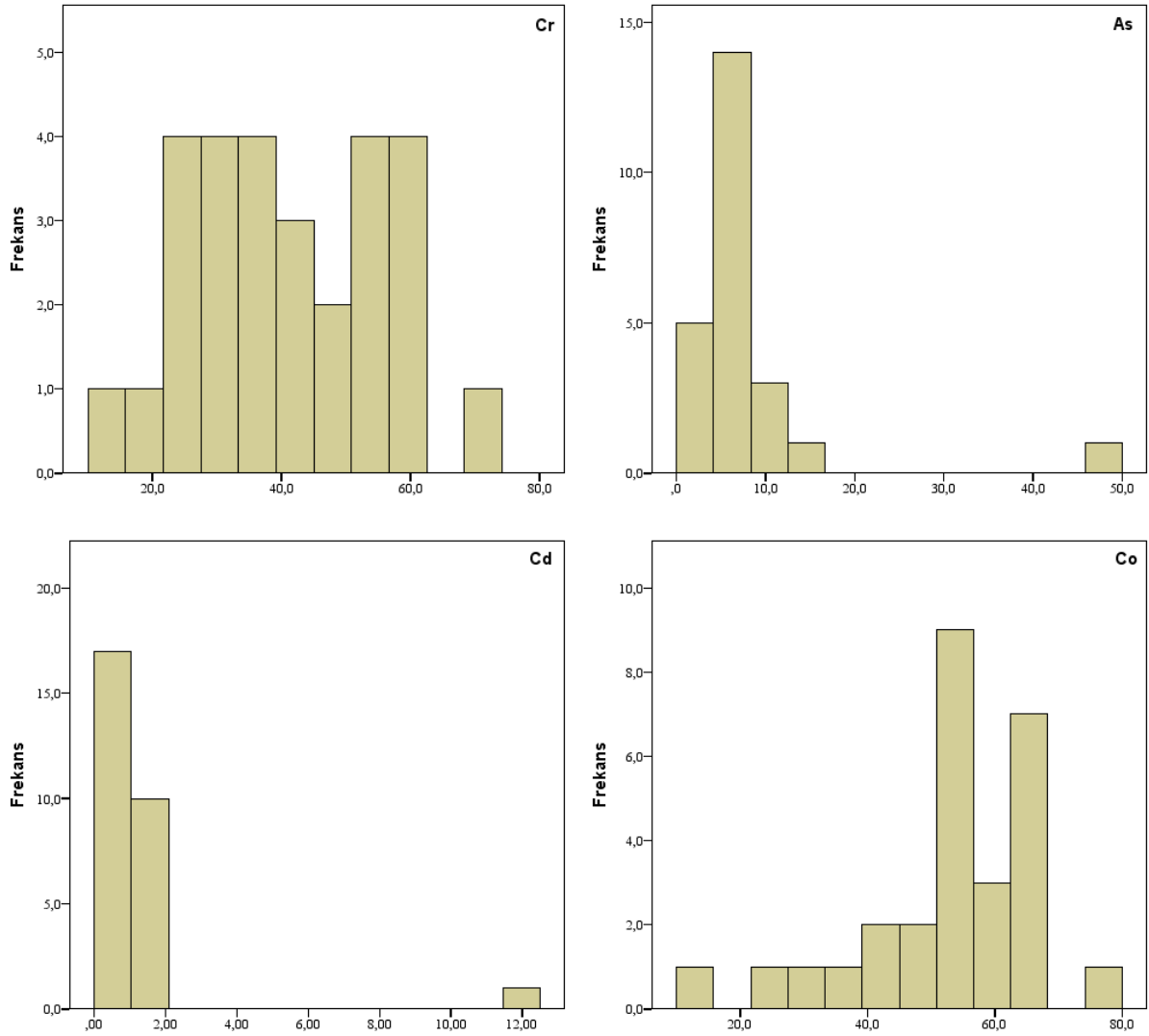
Her bir element için çizilen histogramlardan da görüleceği gibi genel olarak veriler logaritmik dağılım göstermektedirler (Şekil 2). Co, Cr ve Mn elementleri ise hafif sola çarpık normal dağılıma yakın değerler göstermiştir. Elementlerin genel itibarıyla logaritmik dağılım göstermesi nedeniyle basit korelasyon katsayıları hesap edilmiştir (Tablo 2). Sahadan alınan örneklerde altın değerleri deteksiyon limitinin altında olduğu için tespit

Ortalama, ortanca, varyans, standart sapma, en küçük ve en büyük değerleri ve yüzdeler (% 25, % 75, % 95) gibi tanımlayıcı istatistikleri ve veri topluluklarının şekil parametreleri her bir element için hesap edilmiştir (Tablo-1). Veri topluluklarının ortalama ve ortanca değerlerinin birbirinden farklı olması, çarpıklık değerlerinin sıfırdan farklı, basıklık değerlerinin de üçten farklı olması, aynı şekilde varyans değerlerinin sıfırdan farklı olması veri topluluğunun normal dağılım göstermediğinin işaretidir. Veriler incelendiğinde As, Pb, Zn elementlerinin normal dağılım göstermediği tablodan rahatlıkla görülmektedir. Elementler için histogramlar oluşturulduğunda benzer sonuçlar histogramlarda da görülmektedir (Şekil 3). As için 1171 mg/kg değeri ve Pb için 3725,2 mg/kg değerleri diğer analiz sonuçlarına göre çok yüksek değerler oldukları için gerek histogram oluşturmada gerekse varyogram hesaplamalarında kullanılmamıştır. Çarpıklık verilerin logaritmik değerleri alınmasına rağmen yeterince giderilememiştir (Tablo 1). Tüm elementlerin ham veri setinde genellikle pozitif yakın çarpıklık gözükmektedir (Tablo 1).

edilememiştir. Ancak Vural 2013 tarafından sahadan alınan özellikle altın ile ilişkili ağırlıklı kireçtaşı, yer yer volkanik kayalara ait örneklerden yapılan analizlerde altın ile Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr ve As elementleri ile iyi korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu tespitten yola çıkarak bu elementlerin altın için iz bulucu element olarak kullanılabilceği kanaatine varılmıştır.



Şekil 3: Kırkpavli sahası toprak örneklerindeki elementlere ait histogramlar



Şekil 3: Kırkpavli sahası toprak örneklerindeki elementlere ait histogramlar (devam).

Tablo 2: Spearman korelasyon katsayıları

	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
As	1.00									
Ba	0.30	1.00								
Cd	0.557**	0.461*	1.00							
Co	0.15	0.572**	0.487**	1.00						
Cr	0.20	0.326	0.235	0.314	1.00					
Cu	0.525**	0.381*	0.501**	0.569**	-0.082	1.00				
Mn	0.486**	0.660**	0.522**	0.732**	0.363	0.540**	1.00			
Ni	0.38	0.629**	0.412*	0.514	0.738**	0.188	0.748**	1.00		
Pb	0.568**	0.619**	0.774**	0.591**	0.365	0.439*	0.756**	0.599**	1.00	
Zn	0.605**	0.582**	0.569**	0.565**	0.536**	0.460*	0.844**	0.828**	0.659**	1.00

** Korelasyon çift yönlü 0.01 önemlilikte

* Korelasyon çift yönlü 0.05 önemlilikte

İz bulucu elementler genel anlamda normal dağılım göstermedikleri için normal dağılıma dönüştürülmüşlerdir. Bu tip veri setlerinin normalleştirilmesinde veri dönüşümleri çok önemlidir. Logaritmik dönüşümler pozitif çarpıklık gösteren verilen normalleştirilmesinde

yaygın olarak kullanılır (McGrath vd., 2004, Yaylalı-Abanuz vd., 2011). Logaritmik dönüşümlerin sonucu olarak ham verilerde bulunandan daha küçük çarpıklık katsayısı elde edilir (Tablo 1).

Tablo 3: Elementlerin birbirleriyle korelasyonu (Vural 2013'ten alınmıştır)

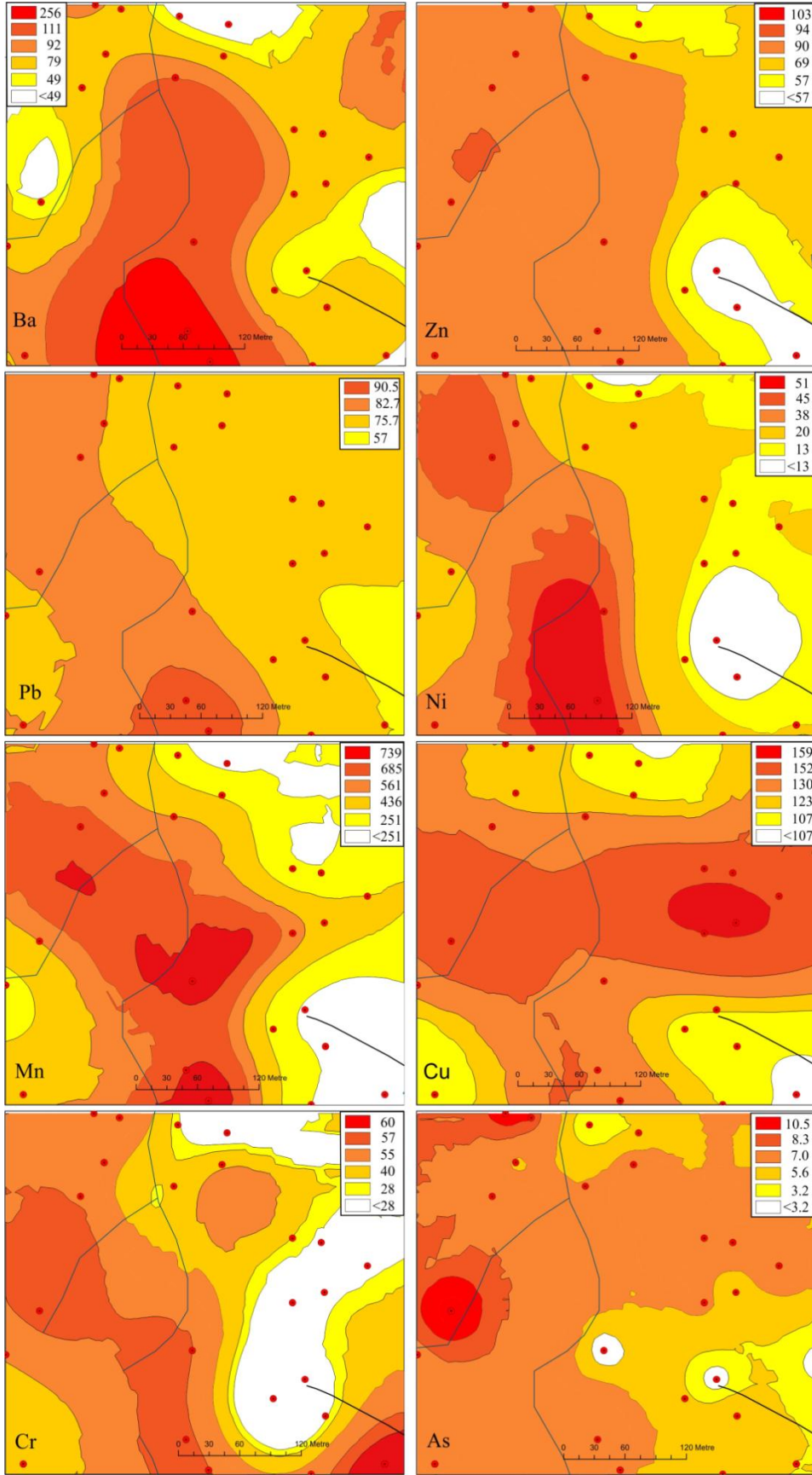
	<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Sb</i>	<i>Bi</i>	<i>Ag</i>	<i>Au</i>
Mn	1,00											
Mo	-0,52	1,00										
Cu	0,52	-0,72	1,00									
Pb	0,53	-0,56	0,28	1,00								
Zn	0,70	-0,63	0,45	0,90	1,00							
Ni	-0,43	0,76	-0,23	-0,30	-0,39	1,00						
As	0,78	-0,37	0,14	0,72	0,77	-0,35	1,00					
Cd	0,85	-0,63	0,56	0,71	0,92	-0,43	0,84	1,00				
Sb	-0,05	-0,49	0,28	0,68	0,50	-0,21	0,21	0,27	1,00			
Bi	-0,45	-0,34	0,20	0,31	0,17	0,59	-0,20	-0,05	0,89	1,00		
Ag	0,48	-0,28	0,00	0,94	0,87	0,15	0,83	0,70	0,47	0,12	1,00	
Au	0,22	-0,24	-0,11	0,68	0,58	-0,18	0,76	0,52	0,57	0,33	0,79	1,00

3.2. Anomali Haritalarının Oluşturulması

Sahada toprak jeokimyası çalışmalarından yararlanarak iz bulucu elementler için kriging tekniği ile anomali-eşkonsantrasyon haritaları oluşturulmuştur. Bu teknikte örnek noktaları için en uygun alansal ağırlıkları belirlemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Model, altın için iz bulucu element olarak kabul edilen; Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr, elementlerine nugget etki ve stabil tipte, As elementine ise nugget etki sıfır alınarak stabil tipte uyarlanmıştır. Nugget etkinin sıfır olması As elementinin kısa mesafelerde önemli bir değişim göstermediğinin göstergesidir başka bir ifadeyle analiz sonuçları tekrar edilebilir. Örnek noktalarından toplanacak yeni toprak örneklerinin element konsantrasyonlarının benzer değerler vereceği anlamına gelir. Anomali haritaları için yarı varyogram kriging metodu kullanılmıştır. Bu metot bilinen değerlerin değişimleri ile çevredeki diğer noktaların bilinmeyen değerlerini tahmin etmek için geliştirilmiş en kullanışlı metotlardan biridir (Matheron, 1971, Yaylalı-Abanuz vd., 2011) Kriging tekniği semivaryogramlardan elde edilen yapısal unsurları kullanarak örneklenmemiş noktalardaki değişimleri doğruya yakın

gerçeklikte tahmin etmeyi kolaylaştırır. Bundan dolayı diğer metotlara göre daha çok tercih edilmektedir. Semivaryogram modelinden elde edilen verilerle kriging metodu altın için iz bulucu olan tüm elementlere uygulandı ve elementlerin ortanca, % 75, % 84 ve % 97.5 değerlerinden yararlanılarak anomali-eşkonsantrasyon haritaları hazırlandı (Şekil 4).

Altın için iz bulucu element olarak değerlendirilen elementler için oluşturulmuş anomali-eşkonsantrasyon haritaları incelendiğinde, sahadaki anomalilerin ağırlıklı olarak KB-GD doğrultulu olduğu, ikinci bir anomali doğrultusunun ise yaklaşık KD-GB/D-B doğrultulu olduğu görülmektedir (Şekil 4). Anomali alanları ağırlıklı olarak çalışma sahasının güneybatısında yer almakta olup, yer yer anomali alanının çapı 500 m'ye ulaşmaktadır. Genel olarak Ba, Zn, Pb, Ni ve Cr elementlerine ait anomali dağılımı benzer bir görünüm sunmakta olup, ağırlıklı olarak K-KB/G-GD doğrultulu bir geometri göstermektedir. Mn, Cu ve As elementlerine ait anomali dağılımı K-KB/G-GD doğrultulu geometriye ilaveten yaklaşık D-B bir dağılım da göstermektedirler.



Şekil 4. Çalışma alanında Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr ve As elementlerine ait eşkonsantrasyon haritaları

4. Sonuçlar

Çalışma sahasında toplanan örneklerde yapılan ve kayaç örneklerinde yapılan istatistiksel çalışmalar, öncelikli olarak; Pb, Zn, Cu, Mn, As elementlerinin altın için iz bulucu element olarak değerlendirilebileceği sonucunu vermiştir. Saha için kriging metodu kullanılarak oluşturulan anomali-eş konsantrasyon haritalarında özellikle Pb, Zn, Mn, As elementlerinin alterasyon sahasında geniş anomaliye sahip olduğu görülmüştür. Sahanın genel jeolojik özellikleri ve anomali geometrisi incelendiğinde sahadaki cevherleşmelerin K-KB/G-GD doğrultulu ve D-B doğrultulu bir yönetime sahip olduğu dolayısıyla bölgenin tektonik eğilimi de uyumlu olduğu görülmüştür. Sahada cevherleşmenin varlığının araştırılmasına yönelik olarak yapılacak sondaj planlamalarında çalışma sahasının batı kesiminin özellikle KB ve GD bölümlerinin tercih edilmesinin yararlı olacağı kanaatine varılmıştır.

Katkı Belirtme

Yazarlar, TÜBİTAK (Ankara) Üniversite Öğrencileri Yurt İçi/Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı'na (Program Kodu 2209), toprak analizlerindeki yardımları için Ali Gündoğdu'ya (Gümüşhane Üniversitesi) ve arazi çalışmaları sırasındaki yardımlarından dolayı Jeoloji Lisans öğrencilerinden Aytekin YAĞLI ve Pınar ÇELEBİ'ye teşekkür ederler.

5. Kaynaklar

Akaryalı, E., 2010, Arzular (Gümüşhane Kd-Türkiye) Altın Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelenmesi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Doktora Tezi, 223 s.

Akçay, M. ve Çavga, H., 1997, Geology, mineralogy and genesis of the auriferous quartz veins in the Olucak (Gümüşhane) area, Selçuk University 20th Anniversary Geology Symposium, May 12-16, 1997, Konya, pp. 189-202.

Akçay, M., Gündüz, Ö. ve Çoban, H., 1998, A Multi-phase Intrusion Around the Gümüşhane Village (Artvin) and Associated Mineralisation Types: A Geologic and Geochemical Approach, *Geosound*, 33, 1-18.

Akçay, M., Gündüz, Ö., Yaşar, R., ve Gümrük, O., 2011, Hazine Mağara ve Kırkpavli (Gümüşhane) Polimetalik Pb-Zn-Cu-Au-Ag Madenlerinin Jeokimyasal ve Kökensele Özellikleri. 64. TJK Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 25-29 Nisan 2011, Ankara, s. 183-184.

Akpınar, İ., Sipahi, F., Vural, A., Uzunlar, N., Çorumluoğlu, Ö., Asri, İ., 2013, Gümüşhane'deki (Türkiye) Killerin Mineralojik ve Kimyasal Özellikleri ve Uzaktan Algılama Çalışmaları İle Haritalanması. 1-5 Nisan 2013. 66. TJK Bildiri Özleri Kitabı. s.518-519. Ankara.

Aliyazıcıoğlu, İ., 1999, Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, xxs.

Aslan, N. ve Akçay, M., 2011, Mastra (Gümüşhane) Au-Ag Yatağının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. 64. TJK Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 25-29 Nisan 2011, Ankara, s. 181-182.

Aslaner, M., 1977, Türkiye Bakır-kurşun-çinko yataklarının jeolojik ve bölgesel sınıflanmasıyla plaka tektoniği yönünden incelenmesi. Trabzon: KTÜ Yerbilimleri Fakültesi, Yayın No:12.

Çağatay, M., ve Eastoe, C., 1995, A sulfur isotope study of volcanogenic massive sulphide deposits of the Eastern Black Sea Province, Turkey, *Mineralium Deposita*, 30, 55-66.

- Çiftçi, E. (2000). Mineralogy, Paragenetic Sequence, Geochemistry and Genesis of the Gold and Silver Bearing Upper Cretaceous Mineral Deposits, North eastern Turkey, University of Missouri-Rolla, Ph. D Thesis, Missouri.
- Çoğulu, E., 1975, Gümüşhane ve Rize Granitik Plutonlarının Mukayeseli Petrojeolojik ve Jeokronolojik Etüdü, İTÜ Fen Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Doktora Tezi.
- Demir, Y., 2005, İstala ve Köstere (Zigana/Gümüşhane) Cu-Pb-Zn Madenleri ve Yan Kayaçlarının Mineralojisi ve Dokusal Özelliklerinin Karşılaştırılmalı İncelenmesi., K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Yüksek Lisans Tezi.
- Dixon, J. ve Pereire, J., 1974, Plate tectonics and mineralization in the Tethyan Region, Mineralium Deposita, 9, 185–198.
- 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(4), 926-944.
- Eyuboglu, Y., Chung, SL., Dudas, F.O., Santosh, M., Akaryali, E. 2011. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting. Gondwana Research 19, 413-429.
- Güner, S., Er, M., & Gümüşel, A., 1985, Gümüşhane-Eski Gümüşhane Yöresindeki Cevherleşmelere Ait Jeoloji Raporu. MTA Raporu:8029.
- Güner, S. ve Yazıcı, E., 2008, Gümüşhane Bayburt Yörelere ait Epitermal Altın Arama Raporu, MTA Raporu No:11075, Ankara.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R.ve Wijbrans, J. 2010. Generation of the Early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: Implications for crustal thickening to delamination. Lithos 114: 109–120.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satır, M., ve Şen, C., 2010, Insight into magma genesis at convergent plate margins – a case study from the eastern Pontides (NE Turkey). Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen, 187/3, 265–287.
- Kaygusuz, A., Wolfgang, S., 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.
- Ketin, İ., 1950, Bayburt Bölgesinin Jeolojisi. MTA Enstitüsü, Derleme, Rapor No. 1949.
- Krige, D.G., 1951, A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand, Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa 52 (6), 119–139.
- Korkmaz, S. ve Baki, Z., 1984, Demirözü (Bayburt) Güneyinin Stratigrafisi. TJK Kurultayı Bülteni, 5, 107-115.
- Leitch, C., 1981, Mineralogy and Textures of the Lahanos and Kızılkaya Massive Sulfide Deposits, Northeastern Turkey, and their Similarity to Kuroko Ores. Mineralium Deposita, 16, 241-257.

- Lermi, A., 2003, Midi (Karamustafa/Gümüşhane, KD Türkiye) Zn-Pb Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensel İncelemesi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Doktora Tezi.
- Matheron, G., 1971. Theory of Regionalized Variables and its Applications. Cahiers du Centre de Morphologie Mathematique Fasc, 5 ENSMP, Paris, 212 p.
- Matheron, G., 1963. Principals of geostatistics. Economic Geology 58, 1246–1266.
- McGrath, D., Zhang, C.S., Carton, O.T., 2004, Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in Silver Mines Area, Ireland, Environmental Pollution 127, 239–248.
- Pejatoviç, S., 1979, Pontid Tipi Masif Yataklarının Metalojenisi. Ankara: MTA Yayın No: 177.
- Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi. Doçentlik Tezi, Yayın No: 87, , K.T.Ü., Trabzon.
- Sipahi, F. (2005). Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası. Doktora Tezi, KTÜ, Trabzon.
- Şengör, A. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181–241.
- Tokel, S., 1972, Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region. Doktora Tezi, University College, London.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W., Zack, T., Hasözbeke, A., Barth, M.; Satır, M.; ve Şen, C.; 2010, Carboniferous High-potassium I-type Granitoid Magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane Pluton (NE Turkey), Lithos, 116, 92-110.
- Tüysüz, N., 2000, Geology, Lithochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE Turkey. Chemie der Erde, 60, 231-250.
- Tüysüz, N. ve Akçay, M., 1997, The gold occurrences in the volcanic arc of the Eastern Pontides, NE-Turkey. Mineral Deposits: Research and Exploration, Where Do They Meet, Proceedings of the 4th Biennial SGA Meeting, pp. 331-334, Finland.
- Vural, A., 2013, Eski Gümüşhane (Argyropolis) Manganez Cevherleşmesi ve Sahadaki Diğer Cevherleşmelerle İlişkisi, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Raporu, Gümüşhane, 56s.
- Vural, A. ve Erdoğan, M., 2013, İz Bulucu Elementlerden Yararlanarak Toprak Jeokimyası İle Altın Cevherleşmesinin Araştırılması: Kırkpavli, Gümüşhane-Türkiye. 1-5 Nisan 2013. 66. TJK Bildiri Özleri Kitabı. s.424-425. Ankara
- Vural, A. ve Erşen, F., 2013 Eski Gümüşhane (Argyropolis) Manganez Yataklarının Jeolojik Ve Jeokimyasal Özellikleri. 1-5 Nisan 2013. 66. TJK Bildiri Özleri Kitabı. s.422-423. Ankara
- Vural, A., Çorumluoğlu, Ö. ve Asri, İ., 2011, Gümüşhane (Hazine Mağarası-Deremadeni) Sahasında Litolojik Farklılıkların ve Alterasyonların Uzaktan Algılama Teknikleri İle Araştırılması. TUFUAB VI. Teknik Sempozyumu, 21 Şubat 2011, Antalya.

- Vural, A., Çorumluoğlu, Ö. ve Asri, İ., 2012, Eski Gümüşhane (Süleymaniye) ve Yakın Çevresindeki Alterasyon Alanlarının Landsat Uydu Görüntüsü Kullanılarak Crosta Tekniği İle Araştırılması, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2:1, 36-48.
- Yaylalı-Abanuz, G., Tüysüz, N. ve Akaryalı, E., 2011, Soil Geochemical Prospection for Gold Deposit in the Arzular Area (NE Turkey). Journal of Geochemical Exploration, 112, 107-117.
- Yılmaz, Y., 1972, Petrology and Structure of the Gümüşhane granite and surroundings Rocks, North-Eastern Anatolia, University of London, London, PhD Thesis.

Kibletepe (Trabzon, KD Türkiye) Volkanojenik Masif Zn-Cu Cevherleşmesinin Mineralojisi ve Hidrotermal Alterasyonu

Sema AKYÜREK¹, Ferkan SİPAHİ^{2,*}

¹MTA Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü, Trabzon, Türkiye

²Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-29100, Gümüşhane, Türkiye

Geliş tarihi/Received 10.07.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 16.11.2013

Kabul tarihi/Accepted 13.01.2014

Özet

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Kibletepe (Araklı, Trabzon) ve çevresindeki volkanik kayalar Geç Kretase yaşlı olup, tabanda bazalt, andezit ve piroklastları, bunların üstündeki dasit, riyolit ve piroklastları ile bunları kesen bazalt ve andezit dayklarından oluşmaktadır. Geç Kretase yaşlı dasitik ve riyolitik kayalar hyalo-porfirik ve sferulitik dokuda olup, başlıca plajiyoklas, kuvars ve hornblend minerallerinden oluşmaktadır.

Kibletepe Cevherleşmesi ağsal, saçınımlı ve breşik yapıda bulunmaktadır. Pirit, sfalerit, kalkopirit ve daha az oranda fahlerz, dijenit, kovellin ve malahit cevher minerallerini oluşturmaktadır. Gang mineralleri ise kalsit, kuvars ve kil mineralleridir. Sfalerit ile kalkopirit ayrılma dokusu oluşturmaktadırlar. Cevherleşmelerin etrafındaki yan kayalarda genellikle serizitleşme, silisleşme, killeşme ve daha az karbonatlaşma, kloritleşme, hematitleşme ve limonitleşme türü alterasyonlar izlenmektedir. Başlıca kil mineralleri illit, kaolinit, klorit ve simektit olup, az oranda illit/simektit aratabakalaşması belirlenmiştir.

Sonuç olarak, Kibletepe'deki volkanitler, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki masif sülfür yataklarının gösterdiği ayrışma özelliklerine benzer ayrışmalar göstermekte ve bunlardaki cevherleşme Doğu Karadeniz ada yayı volkanizmasına bağlı olarak gelişen hidrotermal çözeltilerle ilişkilidir.

Anahtar Kelimeler: Felsik Kayalar, Doğu Karadeniz Bölgesi, Hidrotermal Alterasyon, Masif Sülfür Cevherleşmesi

Mineralogy and Hydrothermal Alteration of Kibletepe (Trabzon, NE Turkey) Volcanogenic Massive Zn-Cu Mineralization

Abstract

In the Kibletepe (Araklı, Trabzon) and its surrounding areas at the eastern Black Sea Region, Late Cretaceous volcanic rocks consist of basalt, andesite and their pyroclastics that they are overlain by dacite, rhyolite and their pyroclastics at the basement cutting off by dykes of basalt and andesite. Late Cretaceous aged dacitic and rhyolitic rocks have hyalo-porphyric and spherulitic textures and consist of plagioclase, quartz and hornblende minerals.

*Ferkan SİPAHİ, ferkansipahi@gmail.com, Tel: 0 456 233 7425

The Kibletepe mineralization is observed in the form of stockwork, disseminated and brecciated texture. The main ore minerals are pyrite, sphalerite and chalcopyrite with minor amounts of fahlore, digenite, covellite and malachite. Quartz, calcite and clay minerals are found as gang minerals. Exsolution lamellia texture was developed sphalerite together with chalcopyrite. Sericitization, silicification, clay alteration and lesser amount carbonatization, chloritization, hematization and limonitization are generally observed in the wall rocks around the mineralizations. As clay minerals, illite, kaolenite, chlorite, simectite and less amount of interlayered illite/simectite were determined.

As a result, the volcanics in the Kibletepe reflect similarities to the hydrothermal alteration of the massive sulphide deposits in the eastern Black Sea Region and the ore are developed from hydrothermal fluids related to the eastern Black Sea island arc volcanism.

Key Words: *Felsic Rocks, Eastern Black Sea Region, Hydrothermal Alteration, Kibletepe, Massive Sulphide Mineralization,*

1. Giriş

Doğu Karadeniz Bölgesi volkanik provensi, doğu-batı yönünde yaklaşık 400 km ve kuzey-güney yönünde 60 km uzunluğunda olup, çok sayıda maden yatağı içermekte ve Tetis-Avrasya metalojenik kuşağının bir parçası olarak Karadeniz Bölgesi (Pontid) metalojenik kuşağı diye tanımlanmaktadır (Pejatoviç, 1979; Akıncı, 1980). Bu kuşak içinde çok sayıda volkanojenik masif sülfid (VMS) tip yataklar bulunmakta olup, dasitik kayalar içinde yer almaktadır. Ayrıca çok sayıda araştırmacı (Pejatoviç, 1979; Çağatay, 1980; Kolaylı, 1989; Van, 1990; Lermi 1996; Tüysüz ve Er, 1995; Tüysüz, 1999; 2000; 2003; Akçay ve Arar, 1999; Akçay ve Moon, 2001; Akçay, 2003; Çiftçi vd., 2005; Sipahi, 2005; Abdioğlu, 2008; Sipahi ve Sadıklar, 2011; Karakaya vd., 2012, Aydınçakır ve Kaygusuz, 2012) bu yataklar ve içinde buldukları kayaları genellikle jeoloji, petrografi, maden yatakları ve daha az olarak da alterasyon mineralojisi açısından ele almıştır.

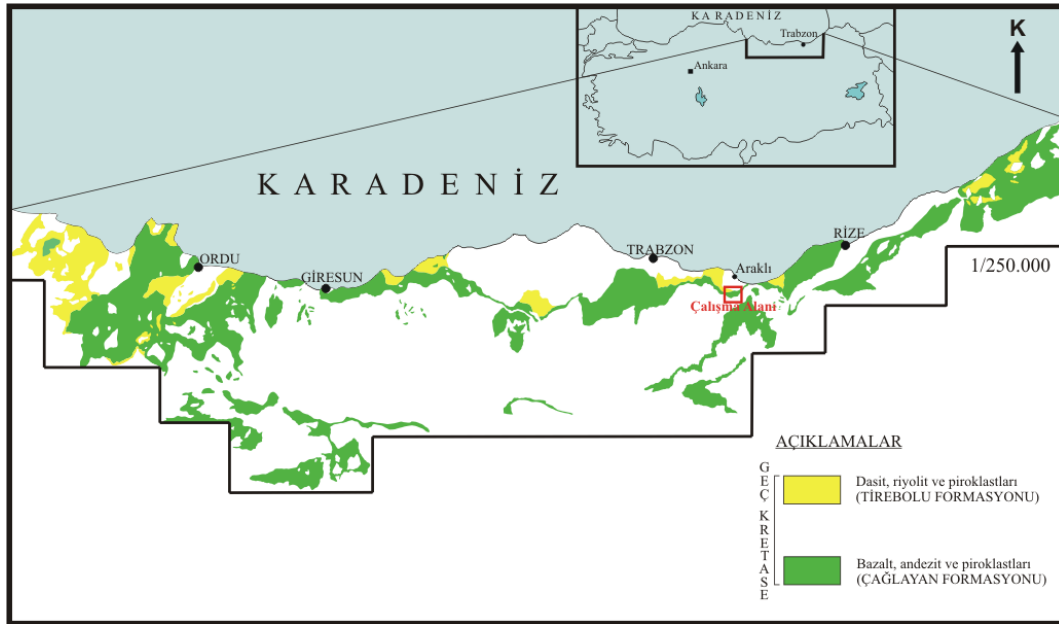
Bölgedeki VMS yatakları Japonya'daki Kuroko Tipi yataklara benzer özellikler göstermekte (Sato, 1977; Urabe ve Marumo, 1991; Çağatay, 1993; Barrett ve MacLean, 1999; Akçay ve Moon, 2001) ve bu yataklara önemli hidrotermal alterasyonlar eşlik etmektedir.

Dolayısıyla hidrotermal alterasyona uğramış kayaların özellikle cevherleşme içeren kayaların hidrotermal alterasyon mineralojilerinin ve yayılımlarının tanımlanması oldukça önemlidir.

Çalışma konusunu oluşturan Kibletepe volkanik masif Zn-Cu cevherleşmesi Doğu Pontid metalojenik kuşağı içerisinde bulunmakta (Şekil 1) olup, bugüne kadar bu cevherleşmenin içinde bulunduğu saha ile ilgili olarak prospeksiyon amaçlı genel jeoloji ve maden yatakları çalışmaları yapılmıştır (Alpan, 1971; Yılmaz vd., 1982; Güven, 1993). Çalışma sahasında gözlenen alterasyon hakkında şu ana kadar ayrıntılı bilgi verilmemiştir. Yapılan bu çalışmayla Kibletepe ve yakın civarında yer alan yoğun alterasyon ve mineralizasyon incelenerek alterasyon mineralojisi ve haritası oluşturulmuştur.

2. Analitik Yöntem

Yöredeki felsik kayalardan yüzden fazla örnek derlenmiş ve bu örnekler petrografik olarak incelendikten sonra, 12 adet örnek kimyasal analizler (ana, iz ve nadir toprak element) için seçilmiştir. Kimyasal analizler Kanada'da ACME Analytical Laboratory'de yaptırılmıştır. Kayaç örneklerinden yaklaşık 10 gr ağırlığında, ACME (Vancouver, Kanada) Analitik Laboratuvarı'na gönderilmiş ve öncelikle çelik kırıcılarla kırılmış, daha sonra tane büyüklüğü 200 mesh'den daha küçük olacak biçimde agat bir havan içinde öğütülmüştür. Ana ve iz element içerikleri, 0.2 gr toz kayaç örneğinin 1.5 gr LiBO₂ ile çözündürülmesi ve daha sonra 100 ml % 5 HNO₃'de çözülmesinden sonra ICP-MS ile ölçülmüştür. NTE içerikleri 0.25 gr toz kayaç örneğinin dört farklı asit içerisinde çözündürülmesinden sonra ICP-MS ile analiz edilmiştir. Ateşte kayıp (AK), örnekler 1000



Şekil 1. Çalışma alanını içine alan bölgedeki Geç Kretase yaşlı Çağlayan ve Tirebolu formasyonlarının yayılımı (Güven, 1993'den değiştirilerek).

°C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe_2O_3 cinsinden ifade edilmiştir. Deteksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 - 0.04, iz elementler için 0.1 - 8 ppm ve NTE için 0.01 - 0.3 ppm arasında değişmektedir. Analizler Jenner vd. (1990) ve Longerich vd. (1990) tarif ettiği yöntemle yapılmış ve kalibrasyon için cihaza standartlar okutulduktan sonra örnekler analiz edilmiştir.

Tüm kayaç ve kil fraksiyonu XRD analizleri toplam 63 örnekte gerçekleştirilmiştir. Örneklerden kil fraksiyonunun (<2 μm) elde edilebilmesi için sedimantasyon ve kimyasal çözme (Jackson, 1956; Mehra ve Jackson, 1960; Kunze, 1965) işlemleri uygulanmıştır. XRD analizleri Rigaku Dmax 3C model (MTA Genel Müdürlüğü, Ankara) x-ışınları difraktometre (XRD) aletinde gerçekleştirilmiştir. Yönlendirilmiş kil fraksiyonu örneklerinin normal, etilen glikollü (60 °C 16 saat) ve fırınlı (350 ve 500 °C) difraktogram çekimleri yapılmıştır.

3. Jeoloji ve Petrografi

3.1. Jeoloji

Karadeniz Bölgesi (Pontidler) Kaledoniyen, Hersiniyen ve Alpin orojenezinin etkisinde

kaldığı için dalma, bindirme, yay ve yay gerisi oluşumu gibi birçok olay sonucunda şekillenmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Doğu Karadeniz Bölgesi Jura-Tersiyer süresince etkili denizaltı volkanizmasıyla iyi korunmuş bir ada yayı karakteristiği gösterir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Akıncı, 1984; Okay ve Şahintürk, 1997). İnceleme alanını da içine alan bölgede Geç Kretase yaşlı volkanitler tabandan itibaren bazalt, andezit ve bunların piroklastları ile başlamakta ve içerdikleri ekonomik cevherleşmeler nedeniyle cevherli dasit olarak adlandırılan felsik kayaçlarla devam etmektedir.

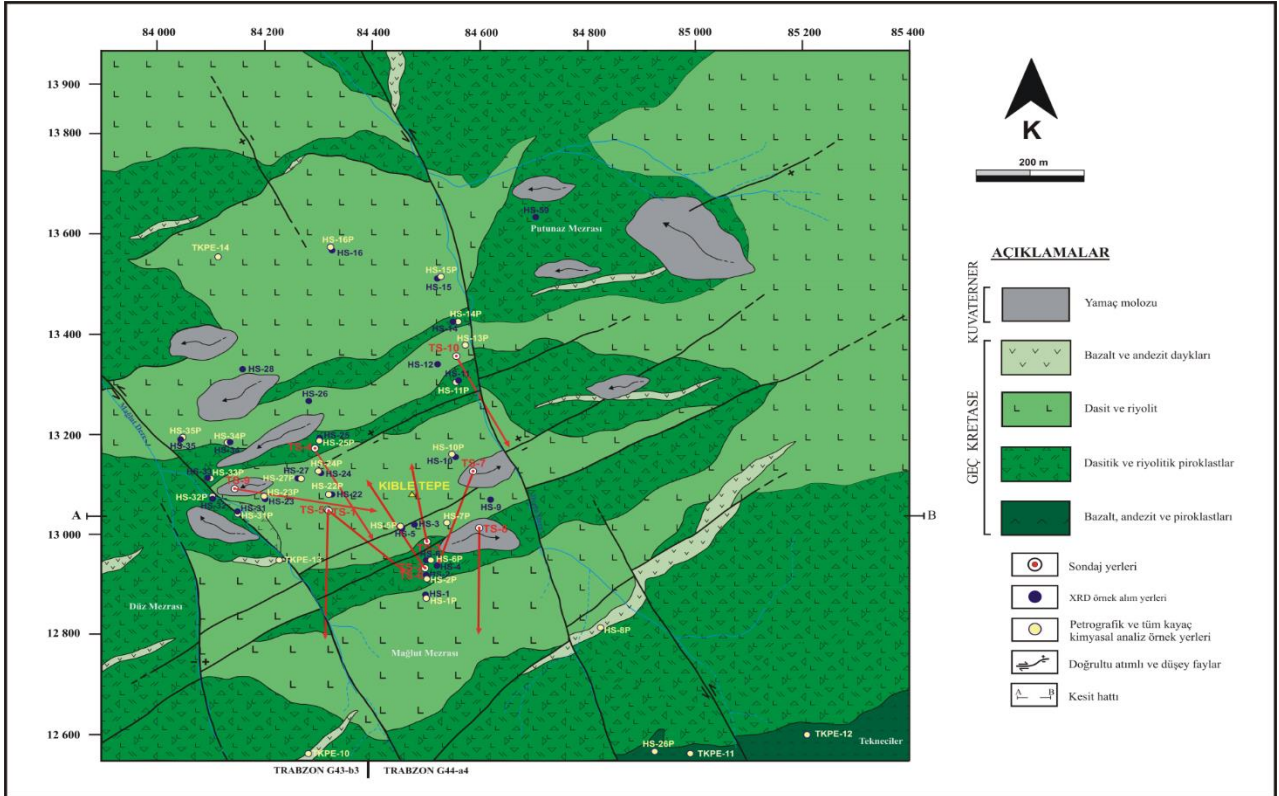
Çalışma alanının tabanını Çağlayan Formasyonu (Güven, 1993) olarak adlandırılan bazalt, andezit ve piroklastlarından oluşan birim oluşturmaktadır. Çağlayan Formasyonu'nun üzerine Tirebolu Formasyonu (Güven, 1993) olarak adlandırılan dasit, riyolit ve bunların piroklastları gelmektedir (Şekil 2). Bu birimi Geç Kretase (?) yaşlı bazalt ve andezit daykları kesmektedir (Şekil 2). Kuvaterner yaşlı yamaç molozları inceleme alanındaki en genç birimleri oluşturmaktadır.

3.2. Petrografi

Dasit, Riyolit ve Piroklastları: Çalışma alanında gözlenen bu birim Çağlayan formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Dasit ve

riyolitlerden oluşan birim genellikle sert ve kompakt yapılı olup, gri-bej renklerde görülmektedir. Piroklastlar genelde breş ve tüflerden oluşmakta olup (Şekil 3a), oldukça yoğun killeşmeler (kaolinleşme) izlenmektedir. Birim içerisinde gelişmiş olan ağsal tip cevherleşmeler çoğunlukla pirit, kalkopirit ve sfalerit mineralizasyonundan oluşmaktadır. Dasitler genelde gri, yer yer beyaz, bazen de yeşilimsi renkte ve makroskobik olarak akıntı

ve oto breşik dokuludurlar. Dasitler pirit içeriğinin fazla olduğu yerlerde sarımsı ve kahverengimsi bir görünüm sunmaktadır (Şekil 3b). Dasitik kayalar aşırı derecede alterasyona uğramışlardır. Bu alterasyonlar silisleşme, limonitleşme, kloritleşme, kaolinleşme, piritleşme ve serizitleşme şeklinde görülmektedir.



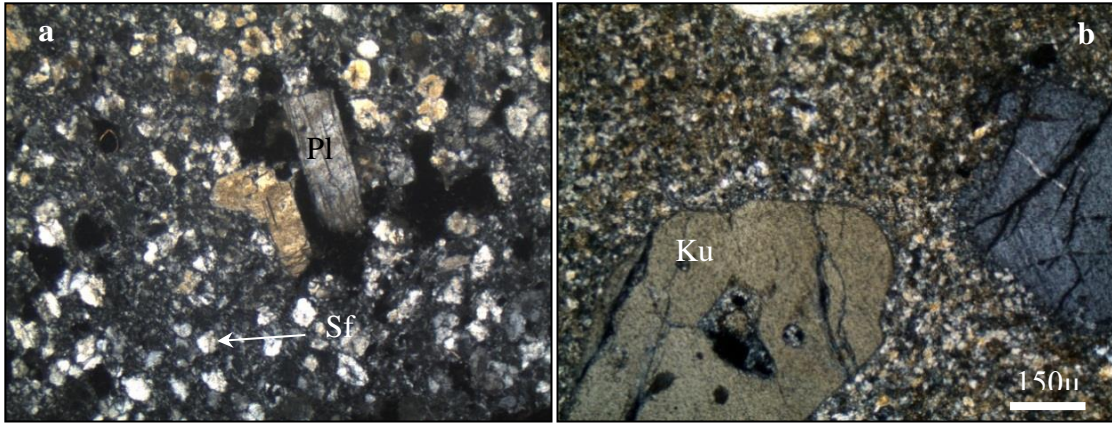
Şekil 2. Kibletepe ve civarının jeoloji, petrografi ve sondaj yerlerini gösteren harita.



Şekil 3. Kibletepe sahasında a) Dasitlerle dasitik piroklastların sınırı, b) Beyaz renkli, kaolinleşmiş, silisleşmiş felsik tüflerin görünümü.

Dasitik kayalar hyalo-porfirik ve sferulitik dokuda (Şekil 4a) olup, başlıca plajiyoklas, kuvars ve hornblendden oluşmaktadır. Plajiyoklas mineralleri iri ve ince taneli olup, serizitleşmişlerdir. Plajiyoklaslar kayacın yaklaşık % 50'sini oluştururlar. Öz ve yarı özşekilli olarak bulunurlar. Albit ikizi gösteren 010'a dik kesitlerde yapılan cins tayinlerine göre oligoklas (An_{26-28}) bileşimindedir. Kuvars mineralleri iri ve ince taneli olup, bazıları kemirilmişlerdir (Şekil 4b). Kuvarslar yarı

özşekilli ve özşekilsizdirler. Kayacın yaklaşık % 40'ını oluştururlar. Kayacın kırık ve çatlaklarında, ayrıca hamurda ikincil kuvarslar görülmektedir. Hornblendler iri olup, bazılarının kenarları opasitleşmiş, bazıları ise kloritleşmiştir. Kayaçta yaklaşık % 5-10 arasında bulunmaktadır. Opak mineraller genelde yarı özşekilli ve özşekilsiz olarak, saçınım halinde bulunmaktadır. Opak minerallerin ayrışması sonucu Fe-oksit oluşumları gelişmiştir.



Şekil 4. Dasit, riyolit ve piroklastlarının ince kesitte çift nikoldeki görünüşleri. a) Sferulitik doku (Örn. No: HS-16P), b) Porfirik doku ve korrode olmuş kuvars minerali (Örn. No: HS-2P). Pl: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, Sf: Sferulit

Riyolitlerde sıkça akma bantlı ve sferulitik doku görülmektedir. Kuvars açık renkli minerallerin yaklaşık % 50-60'ını oluşturmaktadır. Sferulitik doku içerisinde kuvars ve alkali feldispat birlikte bulunurlar. Plajiyoklaslar yarı özşekilli latalar halinde ve tamamen serizitleşmiş ve kaolinleşmiştir. Ayrıca opak minerallerin ayrışma ürünü olarak Fe-oksit boyamaları mevcuttur.

4. Cevherleşme

Çalışma alanında VMS tip Zn-Cu cevherleşmeleri bulunmaktadır. Bu cevherleşmeler, Tirebolu Formasyonu içerisinde yer alan asidik volkanizma ürünü olan dasit ve riyolitlere bağlı olarak gelişmiştir (Şekil 2). Cevher mineralleri pirit, sfalerit ve kalkopirit, gang mineralleri ise kalsit ve kuvarstır. Sahadaki bu cevherleşmelerin VMS tip ağsal damarcıklar, saçınım ve breşik yapıları olup, yüksektenördür (ortalama % 1 Zn, % 0.1 Cu).

Sahada gözlenen cevherleşmeleri takip etmek için MTA tarafından 10 adet sondaj (TS-1, TS-2, TS-3, TS-4, TS-5, TS-6, TS-7, TS-8, TS-9 ve TS-10) yapılmıştır (Tablo 1). Sahada yapılan etüt ve sondaj çalışmalarıyla sfalerit cevherleşmesinin izlendiği alanlarda (TS-1, TS-2, TS-3, TS-6, TS-7 ve TS-9 sondajlarında) Zn >10.000 ppm değerleri elde edilmiştir. Sfalerit, pirit ve kalkopiritle beraber, genellikle altere dasitik piroklastlar içerisinde saçınımlı ve damarcıklar şeklinde gözlenmektedir. Özellikle TS-2 (68.50-163 m arasında) ve TS-3 (68-85 m, 105.50-130 m ve 194-222 m arasında) sondajlarında saçınım şeklinde, TS-7 (175-410 m arasında) ve TS-9 (230-275 m, 290-306 m, 410-430 m arasında) sondajlarında ise dissemine ve ağsal damarcıklar şeklinde bulunmaktadır.

Sahadaki cevherli zonlar 100 - 150 m kalınlığında, 200 - 700 m uzunluğunda, KD-GB istikametli ve 70° - 80°KB eğimlidirler. Cevherleşmeler yüzeyde açık gri - açık sarı

Tablo 1. Sondajların koordinat noktaları ve yönlerinin konumu.

Sondaj numarası	Koordinatlar		Z (kot)	İstikamet/Eğim	Derinlik (metre)
	X (yukarı)	Y (sağa)			
TS-1	4513051	584324.8	854.95 m	130/60	379.00
TS-2	4512935	584503.6	941.33 m	330/60	420.00
TS-3	4512990	584507.5	955.68 m	350/70	434.00
TS-4	4513175	585298.5	841.83 m	150/60	431.40
TS-5	45 13053	584321.9	854.31 m	180/60	508.00
TS-6	4512935	584503.6	941.33 m	Dik	665.00
TS-7	4513128	584592.1	899.11 m	200/70	592.40
TS-8	4513014	584604.8	921.12 m	180/70	591.00
TS-9	4513095	584149.8	743.11 m	100/60	548.00
TS-10	4513360	584506	818 m	150/70	590.50

renkte, silisleşmiş - yer yer killeşmiş mostralarda oluşmaktadır.

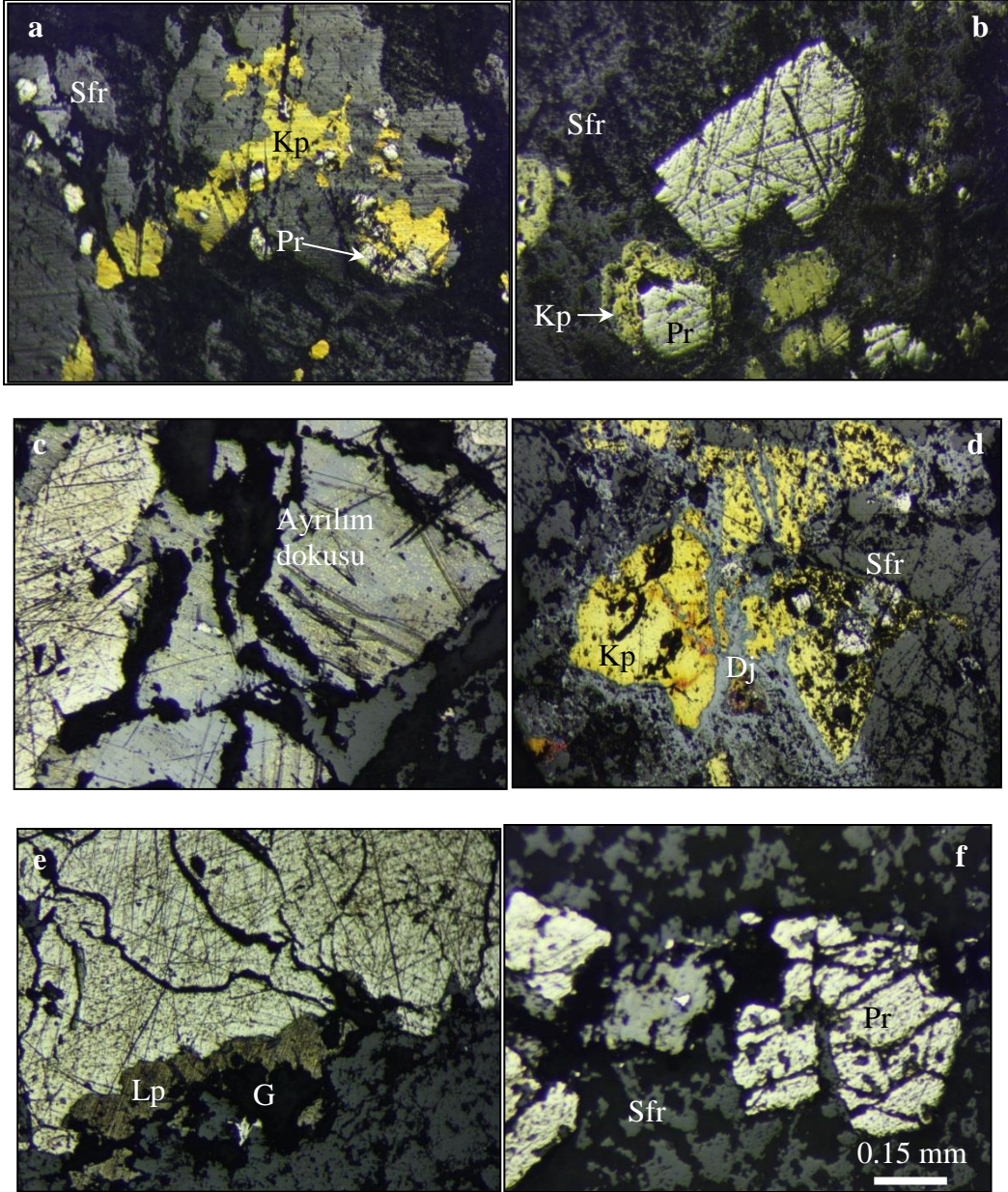
4.1. Cevher Mineralleri ve Parajenez

Çalışma alanında mostradan ve sondajlarla kesilen cevherli zonlardan alınan örneklerin incelenmeleri sonucunda belirlenen mineral parajenezi Tablo 2’de verilmiştir. Örneklerde pirit baskın olup, sfalerit ve kalkopirit daha azdır (Şekil 5). Sfalerit, piritten sonra en fazla izlenen cevher mineralidir. Pirit; irili-ufaklı öz ve yarı öz şekilli taneler halinde (Şekil 5a ve b) ve kalkopiritlerin içerisinde kapanım şeklindedir (Şekil 5b). Boşluklu, bol kırıklı ve parçalanmış olan piritler yer yer kataklastik (Şekil 5e ve f), yer yer de masif yapı sunarlar ve bazen gang içerisine dağılmış, bazen de kümelenmiş şekilde

gözlenirler. Genel olarak piritlerin boşluk ve kırıkları gang mineralleri tarafından doldurulmuştur. Ayrıca piritlerin çatlak ve kenar kısımlarında götit-lepidokrosit mineralleri izlenmektedir (Şekil 5e). Piritten sonra en bol bulunan sfalerit, kalkopirit ile birlikte ayrılım dokusunu oluşturur (Şekil 5c). Sfalerit bazen piritlerin ara boşluklarını ve kırıklarını doldurur. Kalkopirit ise sfalerite oranla daha az olup, öz şekilsiz kristaller şeklinde, kenarları ve kırıkları boyunca yer yer dijenite dönüşmüşlerdir (Şekil 5d). Ayrıca sfalerit içerisinde genç kalkopirit damar-damarcıkları görülür. Gang minerali olarak kuvars, kalsit ve kil mineralleri izlenirken ayrıca bakırlı, demirli ve titanlı boyamalar da gözlenir.

Tablo 2. Kibletepe Cevherleşmesi’nin mineral parajenezi ve süksesyonu.

Mineraller	I. Faz	II. Faz	III. Faz	Süperjen Faz
Pirit	_____	_____	_____	_____
Sfalerit	_____	_____	_____	_____
Kalkopirit	_____	_____	_____	_____
Fahlerz	_____	_____	_____	_____
Dijenit	_____	_____	_____	_____
Gang Mineralleri	_____	_____	_____	_____
Kovellin	_____	_____	_____	_____
Malahit	_____	_____	_____	_____
Limonit	_____	_____	_____	_____
Götit-Lepidokrosit	_____	_____	_____	_____



Şekil 5. Cevher minerallerinin parlak kesitteki //N görünüşleri. (a) Kalkopirit ve sfalerit içerisindeki pirit kapanımları (Örn. No: HS-5P-B2), (b) Kalkopirit içindeki pirit kapanımı (Örn. No: HS-5P-B3), (c) Sfaleritle kalkopiritin ayrılım dokusu (Örn. No: HS-22P-B1), (d) Dijenite dönüşmüş kalkopirit (Örn. No: HS-5P-B1), (e) Piritlerin kenarlarında gelişen götit-lepidokrosit (Örn. No: HS-22P-B1), (f) Kataklastik doku (Örn. No: HS-22P-B2). Pr: Pirit, Kp: Kalkopirit, Sfr: Sfalerit, Dj: Dijenit, Lp: Lepidokrosit, G: Gang mineral.

5. Yan Kayaçlarda Görülen Hidrotermal Alterasyonlar

Kibletepe’de görülen alterasyon alanı 600 x 200 m civarında bir sahayı kapsamakta olup, Tirebolu formasyonu olarak adlandırılan dasit, riyolit ve piroklastları içerisinde gelişmiştir. Bu alanda yapılan sondaj çalışmalarında alterasyon zonunun düşey yönde devamlılığı 400 m

derinde tespit edilmiş olup, cevherleşmeler (pirit, sfalerit, kalkopirit) yüzeyde genellikle yoğun hematit+limonit ve silisli zonlarla birlikte bulunmaktadır. Bu zonlarda yoğun killeşmeler (kaolin) ve piritleşmeler (Şekil 6) mevcuttur. Cevherleşmelerin etrafındaki yan kayaçlarda ise genellikle serizitleşme, silisleşme, karbonatlaşma ve kloritleşme türü alterasyonlar izlenmektedir.



Şekil 6. (a) Kibletepe'nin batısında felsik tüflerdeki ağsal saçınımlı piritler, (b) Killeşmiş plajiyoklaslar (Örn. No: HS-13P, +N). Pl: Plajiyoklas.

5.1. Yan Kayaçtaki Hidrotermal Ayrışmanın Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Cevherleşmenin bulunduğu dasitik ve riyolitik tüflerde yoğun hidrotermal ayrışma görülmektedir. Dasitik ve riyolitik tüfler içerisinde genelde kuvars-serizit, silisleşme, killeşme, kuvars-klorit ve hematit-limonit ayrışma türleri görülmektedir (Şekil 7a ve b). Kuvars-serizit ve silisleşmeye bağlı olarak saçınımlı, ağsal ve damar-damarcıklar şeklinde kalkozin-kovellin, malahit-azurit, pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenit belirlenmiştir. Diğer birimlerde propilitik ayrışmayla (Şekil 7b) birlikte saçınım ve damarcıklar şeklinde pirit izlenmektedir. Shirozu (1974)'e göre masif sülfid yataklarında tabandan tavana doğru dört ayrı hidrotermal ayrışma zonu bulunmaktadır. Bunlar; beslenme kanalları çevresindeki hidrotermal ayrışma bacası, cevher merceğinin altındaki hidrotermal ayrışma zonu, cevherli zonun çevresindeki hidrotermal ayrışma zonu ve tavan kayacındaki hidrotermal ayrışmadır.

Kibletepe masif sülfid cevherleşmesinde, hidrotermal ayrışma zonundaki simektit ve kaolinit cevherleşmenin dış kısımlarında bulunmaktadır. Kaolinitler pH'ın 4-5 civarında olduğu, düşük sıcaklık (<150-200 °C) koşullarında oluşmaktadır (Henley vd., 1980; Sillitoe, 1993; Arribas, 1995). Saçınım ve ağsal yapıda bulunan cevherleşmeye kuvars ve illit/serizit bakımından zengin bir ayrışma zonu eşlik etmektedir (Şekil 7). İllit, pH'ın 7-8 arasında olduğu alkali şartlarda ve 300 °C altında oluşmaktadır. Bu zonun dış ve alt

kısımlarında propilitik ayrışma zonuna karşılık gelen kuvars ve klorit ile birlikte saçınım ve damarcıklar şeklinde piritlerden oluşan bir ayrışma zonu bulunmaktadır. Kibletepe masif sülfid cevherleşmesinde, bölgenin tektonik yapısından dolayı tavan kayacı ve cevherleşme merceğinin yeri tam olarak belirlenememesine rağmen, bu hidrotermal ayrışma modelinin bir kısmı görülmektedir.

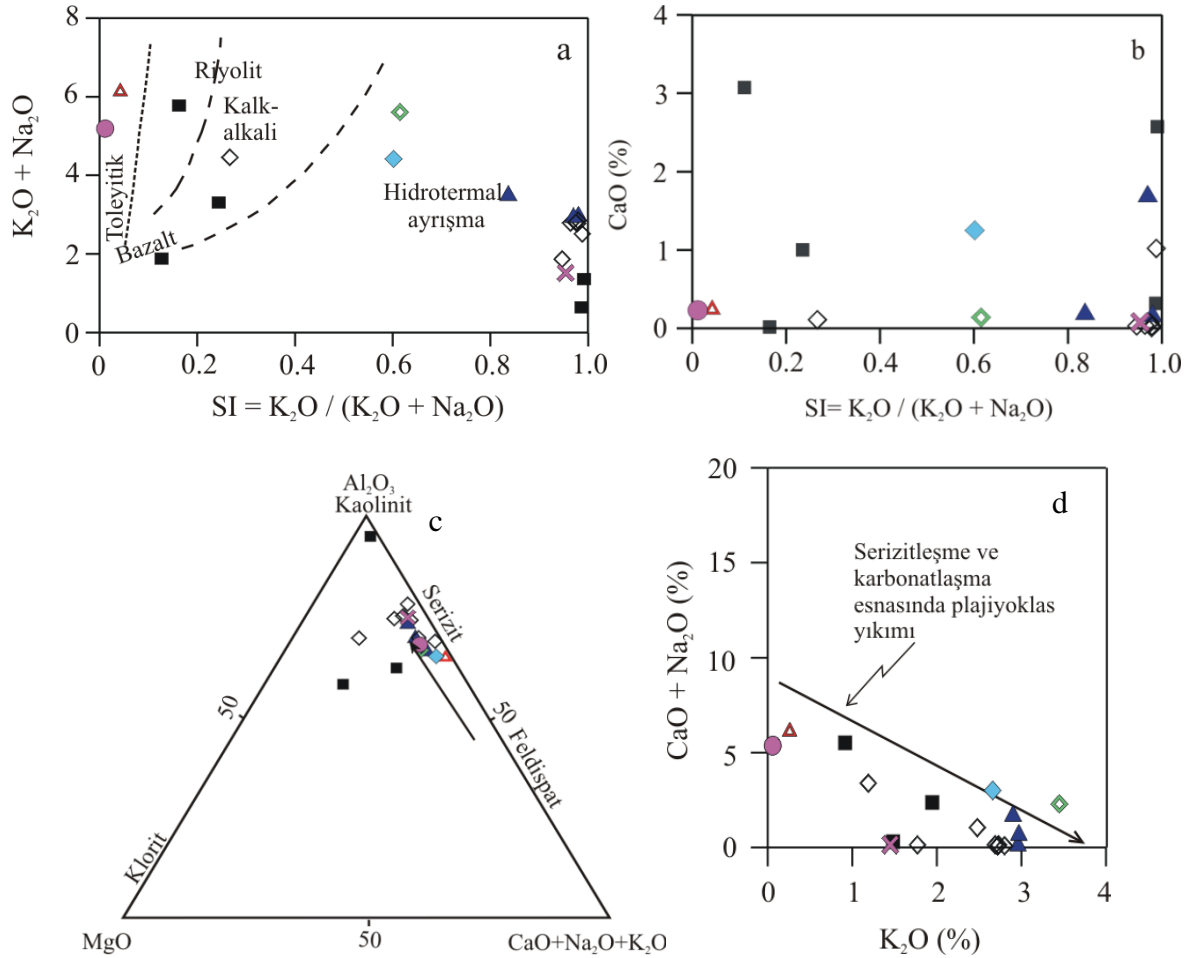
5.2. Yan Kayaçtaki Hidrotermal Ayrışmanın Türleri

5.2.1 Serizitleşme/İllitleşme

Çalışma alanındaki volkanitlerde belirlenen en yaygın ayrışma türü olup, tüm kayaçlarda az veya çok oranda görülmektedir. Serizitleşme / illitleşme, kayaçlardaki feldispatlarda ayrışma ürünü (Şekil 6b) olarak mevcut olup, bazı feldispatların yerini tamamen aldığı ve bu feldispatları tanınmayacak hale getirdiği gözlenmiştir.

Hamurda da yaygın olarak serizit/illit oluşumu mevcuttur. Birçok kesitte feldispatlarda ayrışma sonucu oluşan serizite ikincil kuvars eşlik etmektedir.

Kayaçların serizitleşme indeksi (SI= $K_2O/(K_2O+Na_2O)$); Myers ve MacLean, 1983) hesaplanıp, (K_2O+Na_2O)'e karşı diyagrama aktarıldığında (Şekil 8a), örneklerin genel olarak hidrotermal ayrışma alanında yer aldığı görülmektedir. Ayrıca SI değeri arttıkça, bazı altere örneklerde (K_2O+Na_2O) değeri



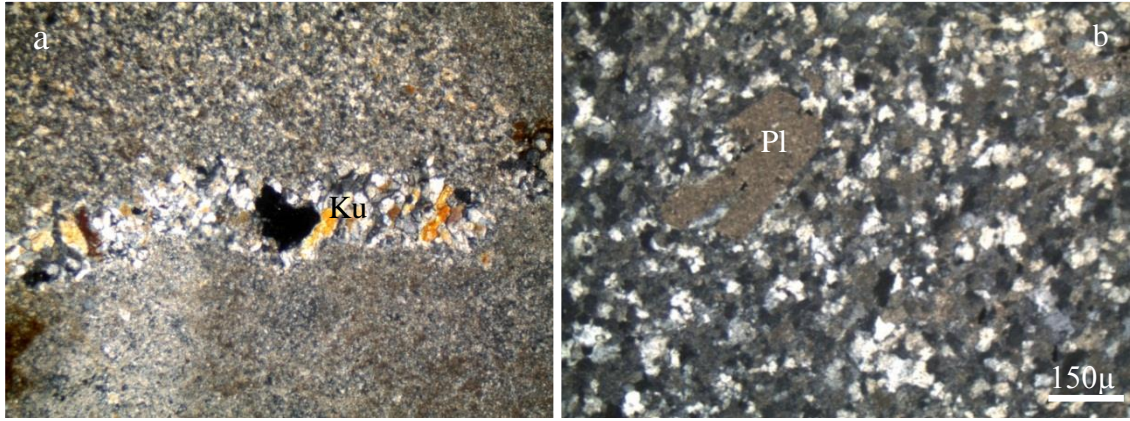
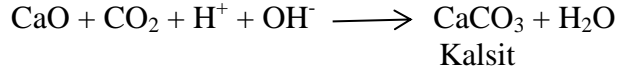
Şekil 8. Riyolitlerin serizitleşme indeksine (SI) karşı (a) ($K_2O + Na_2O$) ve (b) CaO diyagramındaki (MacLean ve Hoy, 1991'den değiştirilerek), (c) Al_2O_3 -MgO-(CaO+Na₂O+K₂O) üçgen diyagramındaki (Van Gerven, 1995'den değiştirilerek), (d) K_2O 'e karşı ($CaO+Na_2O$) diyagramındaki (Barret vd., 1993'den değiştirilerek) dağılımları. ▲: En az altere örnek, △: Az altere örnek, ◇: Altere örnek, ■: Tüysüz (2000), ◆: Dasit-I (Sipahi, 2005), ◇: Dasit-II (Sipahi, 2005), ●: En az altere örnek (Abdioğlu, 2008), ×: Altere örnek (Abdioğlu, 2008)

5.2.2. Silisleşme

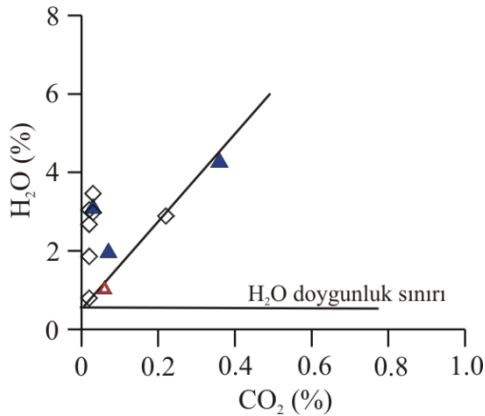
Silisleşme; Kibletepe'de görülen alterasyonun merkezi kısmında serizitleşme ile birlikte ve dış kısımlarda yer almaktadır. Kayaçtaki silisleşme, hem hamurda hem de kayacın kırık ve çatlaklarında ikincil kuvars minerallerinin gelişmesi şeklindedir (Şekil 9a). İkincil kuvarslar öz, yarı öz ve öz şekilsiz kristaller şeklinde olup kuvars damarcıkları değişken kalınlıklara sahiptir. Silisleşme kırık zonlarından uzaklaştıkça azalmaktadır. Bazı örneklerde silisleşmeye karbonat ve klorit oluşumu da eşlik etmektedir (Şekil 9b). Ayrıca ayrılmış bazı kayaçların silisleşmeden dolayı sertleştiği görülmektedir.

5.2.3. Karbonatlaşma

Çalışma alanında görülen volkanitler içerisindeki feldispat minerallerinde ve hamurda ayrışma sonucu karbonatlaşma oluşmuştur (Şekil 9b). Karbonatlar oluşurken kayaçların su içerikleri artmaktadır. Bu durum, yani CO_2 ile H_2O arasındaki değişim bir diyagrama aktarıldığında, karbonat mineralleri içeren örneklerin göstermiş oldukları pozitif ilişki daha iyi görülmektedir (Şekil 10). Dolayısıyla, kayaçların H_2O içeriğinin belli bir değere erişmesinden sonra kayaçta CO_2 görülür (Sipahi, 2005). Bazı kayaçların CO_2 içeriği, dolayısıyla karbonat minerali içerikleri artarken, su içerikleri de artmaktadır. Bu olay, kalsit oluşturan tepkime ile de açıklanabilir.



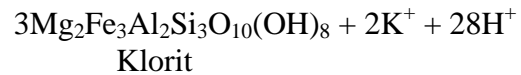
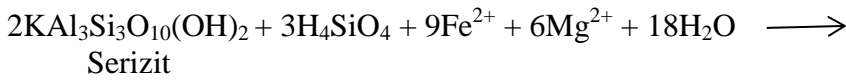
Şekil 9. Mikroskopta dasitlerde (a) Kırık zonu boyunca gelişen ikincil kuvarslar (Örn. No: HS-10P), (b) Tamamen karbonatlaşmış plajiyoklas. (Örn. No: HS-27P), Ku: Kuvars Pl: Plajiyoklas



Şekil 10. Riyolitlerin H₂O (%) ve CO₂ (%) içerikleri arasındaki ilişki, (Sipahi, 2005'den düzenlenerek).

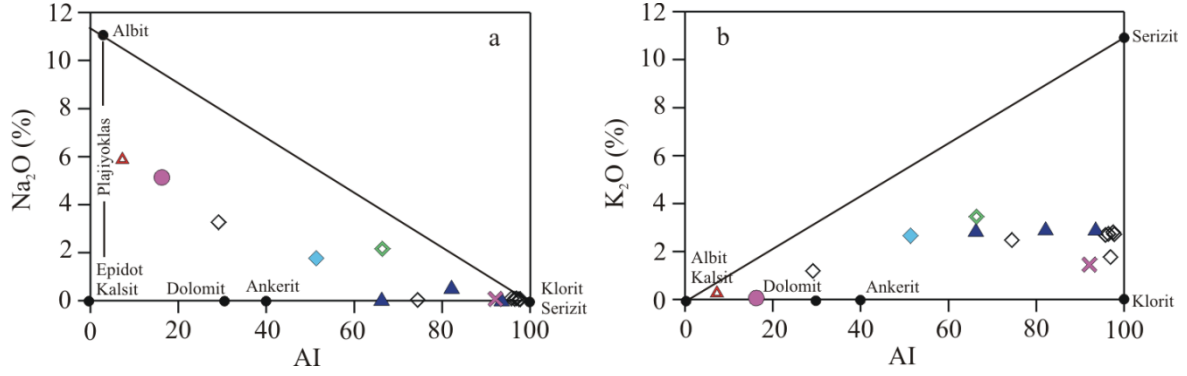
5.2.4. Kloritleşme

Çalışma alanındaki kayalarda kloritleşme çok az tespit edilmiştir. Kloritleşme, volkanitlerdeki oval ve yuvarlağımsı boşluklar ve biyotitlerin dilinimleri ve kırıkları boyunca gelişmiş olarak görülmektedir ve bazı örneklerde hamuru ornatmış, bazılarında ise boşluklarda oluşmuştur. Kloritleşme genelde silisleşmeye eşlik etmektedir. Volkanitlerde, plajiyoklasların bozuşması ile oluşan serizitlerdeki K⁺'un ortamdandan ayrılıp, Fe²⁺ ve Mg²⁺ iyonlarının ortama gelmesiyle kloritler oluşmaktadır (Large vd., 2001).



Kalk-alkali volkanit serileri için oluşturulan Ishikawa ayrışma indeksi (AI) (Ishikawa vd., 1976)'ne karşı Na₂O ve K₂O diyagramları incelendiğinde plajiyoklasların bozuşması ile serizit ve klorit oluşumu daha iyi görülmektedir (Şekil 11). Kayaç örneklerinde, AI artışına bağlı olarak Na₂O azalması ile albit-plajiyoklas

kenarından klorit-serizit köşesine doğru bir yönelim görülmektedir (Şekil 11a). Bu grafiğe göre altere örneklerde daha fazla klorit ve serizit oluşumu söz konusudur. AI'ne karşı K₂O grafiğine göre (Şekil 11b) altere örneklerdeki klorit oluşumu, en az altere örneklerdeki klorit oluşumundan daha fazla görülmektedir.



Şekil 11. Volkanitlerin AI'ya karşı a) Na₂O ve b) K₂O diyagramlarındaki konumları (Large vd., 2001'den değiştirilerek). Semboller Şekil 8 ile aynıdır.

5.2.5. Hematitleşme ve Limonitleşme

Çalışma alanında çok az bir kısımda görülmektedir. Hematit ve limonitler kayaçların kırık zonları boyunca ve Fe'li minerallerin (pirit, biyotit gibi) bozuşması sonucu oluşmaktadır. Çoğunlukla benekler, bantlar ve damarcıklar şeklinde gözlenen hematit ve limonitler, dasitik ve riyolitik kayaçların bünyesinde yer almaktadırlar (Şekil 12).

5.2.6. Killeşme

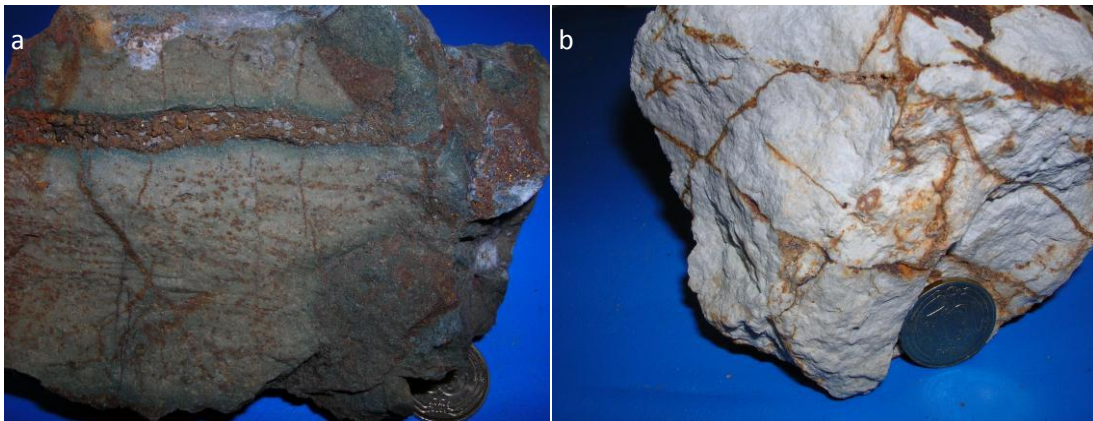
Killeşme hem taban dasitik ve riyolitik kayaçlarda hem de piroklastlarda görülen bir alterasyon türüdür. Bu alterasyon, kayaçlardaki kuvars dışındaki minerallerin kil minerallerine dönüşmesiyle meydana gelmiştir. Çalışma alanında killeşme, serizitleşmenin dış kısmında (batısında ve güneybatısında) görülmektedir. El örneklerinde beyaz, sarımsı beyaz renklerde ve dağınık bir yapıdadır. Kil mineralleri XRD analizleri ile tespit edilmiş olup, başlıca illit,

kaolinit, klorit, simektit ve az oranda da illit/simektit grubu olarak belirlenmiştir. Tüm kayaç XRD analizlerine göre kil dışı mineral olarak % 6-73 kuvars, % 1-68 feldispat ve % 1-47 dolomit belirlenmiştir.

6. Tartışma

6.1. Cevherleşmenin Oluşumu ve Kökeni

Kibletepe Zn-Cu cevherleşmesi Geç Kretase yaşlı bazalt, andezit ve piroklastlarının üzerinde bulunan Geç Kretase yaşlı felsik volkanikler içerisinde, 200 m x 120 m'lik bir alanda silisleşmiş zon içerisinde yer almaktadır. Kibletepe'nin 100 m kot farkı bulunan üst ve alt kısımlarında cevherleşme gözlenmektedir. Buna göre tepe noktasından itibaren cevherleşme en az 100 m'lik bir kalınlığa sahiptir. Arazide sivri bir tepe şeklinde izlenen Geç Kretase yaşlı felsik kayaçların özellikle kuzeybatı ve güney kesimlerinde silisleşmiş kırık zonları mevcuttur.



Şekil 12. Dasitik kristal tüfteki (a) hematit bantlarının ve beneklerinin (Örn. No: HS-5P) ve (b) hematit-limonit damarcıklarının görünüşleri (Örn. No: HS-10P).

Cevherleşme, tektonik oluşumların ardından kırık hatlarını takip ederek masif sülfid oluşumlar şeklinde, kayacın kırık ve çatlakları ile gözenekli kısımlarına yerleşerek gelişmiştir. Kırık zonlarında yoğun silisleşme ile beraber saçınımlı ve ağsal yapıda çok ince kuvars damarcıklarında (en fazla 3-4 mm kalınlıkta) sfalerit, kalkopirit, kalkozin, kovellin, malahit ve azurit görülmektedir. Pirit ve kalkopiritlerde gözlenen kataklastik doku cevherin oluşumu sırasında veya sonrasında tektonik olaylara maruz kaldığının göstergesidir (Eldridge vd., 1983). Ayrıca sfaleritin kalkopiritle ayrılma dokusu gösteren lamelli büyümeleri (Ramdohr, 1975), cevherleşmenin yüksek sıcaklıklarda meydana geldiğine işaret eden bir kanıttır.

Çalışma alanında yer alan Kibletepe cevherleşmesi jeolojik, mineralojik ve dokusal özellikleri ile element içeriğine göre yapılan sınıflamaya göre (Hutchinson, 1980; Sawkins, 1976) Zn-Cu-Pb grubu içerisinde yer alır ve yakın özellikleri nedeniyle Japonya'daki Kuroko VMS yatakları ile büyük benzerlik gösterir. Yaklaşımın temel noktası; her iki bölgedeki (Kuroko ve Kibletepe) yatakların bulunmuş olduğu tektonik ortam (ada yayı) ve cevherleşmelerdeki dokusal özelliklerin (breşik) benzerliğidir. Çalışma alanındaki cevherleşmeler; tabüer, uyumlu, masif piritik kütleler şeklinde felsik volkanik birimler içerisinde yer almasıyla karakteristiktir. Ayrıca, Mesozoyik (Geç Kretase) yaşlı ve yitim zonuna bağlı oluşan bimodal volkanizmayla yakın ilişkilidirler. Dolayısıyla sahada gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda cevherleşme tüm özellikleri ile Lahanos (Espiye-Giresun; Tüysüz ve Er, 1995), Çayeli (Rize; Akçay ve Arar, 1999) ve Kuruko tipi VMS tip (Franklin vd., 1981) yataklarının şekline uymaktadır.

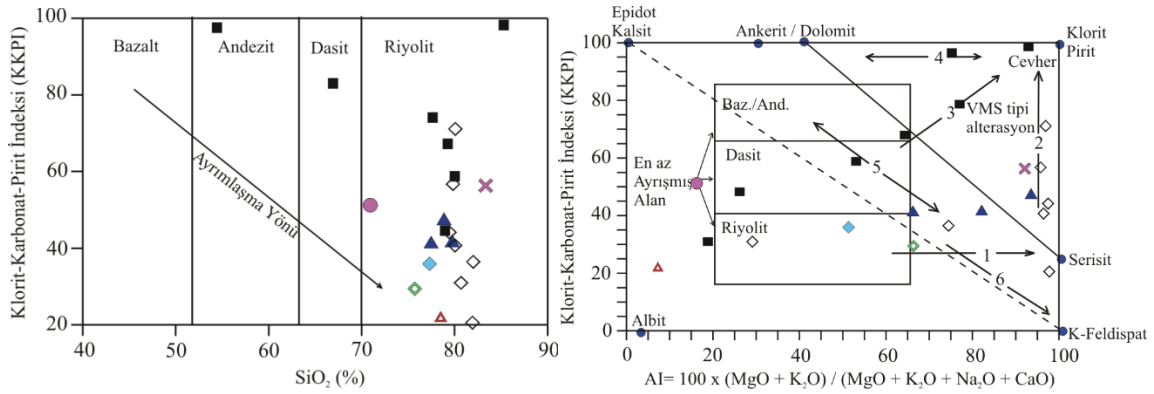
6.2. Kibletepe Volkanitlerinde Görülen Ayrışmanın Bölgedeki Masif Sülfid Yataklarıyla Karşılaştırılması

Volkanitlerde gözlenen ayrışmanın kimyasını ortaya koymak ve çeşitli amaçlarla (kayaçları tanımlamak, ayrışma mineralojisini ortaya koymak, ayrışmadan hareketle cevher içeren sahaları bulmak v.s.) kullanmak üzere birçok yazar (Barrett ve McLean, 1991; Barrett vd., 1993; MacLean ve Barrett, 1993; Lentz, 1999)

tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çalışma alanını da içine alan Doğu Karadeniz Bölümü'nde Geç Kretase yaşlı felsik volkanitlerde masif sülfid yataklarının bulunduğu bilinmektedir (Buser ve Cvetic, 1973; Altun, 1978; Nebioğlu, 1975; Tüysüz, 1995 ve 1999; Akçay ve Arar, 1999; Çöl, 2012). Bu nedenle, inceleme alanındaki volkanitlerle literatürdeki ve bölgedeki masif sülfid yataklarına eşlik eden benzer volkanitlerin kimyasal özellikleri ve ayrışması karşılaştırılarak benzer ve farklılıkların araştırılması düşünülmüştür. Bunun için, önce bu kayaçların kimyasal özellikleri irdelenmiştir. Eski ve güncel masif sülfid yataklarında yapılan çalışmalar, bunların yerleşiminin tektonizma ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Halbach vd., 1989a, 1989b ve 1993a; Binns ve Scott, 1993). Eski ve güncel masif sülfitlerin içinde bulunduğu kayaçların genellikle toleyitik-geçiş ve kalk-alkali yay ortamında ve bimodal bir volkanizmanın ürünü olduğu daha önceki çalışmalarla (Altun, 1978; Buser ve Cvetic, 1973; Hutchinson, 1973; Nebioğlu, 1975; Sillitoe, 1982; Lentz, 1996; Tüysüz, 1999) bilinmektedir.

Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki masif sülfid yatakları Geç Kretase yaşlı dasitik volkanitler içinde yer almakta olup mercek şekilli masif kütle ve bunların alt kısmında bulunan ağsal cevherleşmeden oluşur. Ağsal ve saçınımlı cevher dasitik kayaçlar içinde bulunurken, masif cevher dasitlerin üzerinde bulunur ve biyomikrit, çört, marn, volkaniklastik kayaçlar ve bazaltlarla uyumlu olarak örtülürler. Dasitler ve bazaltlar toleyitik karakterli olup bimodal volkanizmanın ürünüdürler. Çalışma alanındaki volkanitler de toleyitik-geçiş volkanik yay ortamında oluşmuş olup yer yer biyomikrit, Fe'li çört ve andezitlerle örtülüdürler. Ayrıca, çalışma alanındaki volkanitler de bimodal volkanizmanın ürünüdürler.

Çalışma alanındaki volkanitler SiO₂'e karşı KKPI (klorit-karbonat-pirit indeksi) diyagramına aktarıldığında ayrışma görülmemiştir. Bu diyagramda çalışma alanındaki kayaçların yine riyolit alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 13a). Ayrıca, KKPI değerleri aynı kayaçların AI değerlerine karşı irdelendiğinde herhangi bir ilişki



Şekil 13. Volkanit örneklerinin (a) SiO_2 – KKPI (Large vd., 2001a) ve (b) AI – KKPI (Gemmell ve Large, 1992’den değiştirilerek) diyagramlarındaki dağılımları. 1: Serisitik ayrışma, 2: Serizit–klorit ± pirit ayrışması, 3: Klorit ± serizit ± pirit ayrışması, 4: Klorit–karbonat ayrışması, 5: Serisit–karbonat ayrışması 6: K-Feldispat–serizit ayrışması (Large vd., 2001a). Semboller Şekil 8 ile aynıdır.

göstermemektedir (Şekil 13b).

AI-KKPI diyagramında epidot+kalsitten K-Feldispat’a doğru olan kesikli çizgi hidrotermal ayrışma ile diyajenetik ayrışma yönsemesini ayırmaktadır (Large vd., 2001a). Bu çizginin üst kısmı hidrotermal, alt kısmı ise diyajenetik ayrışmayı göstermektedir. Diyajenetik ayrışma, aynı zamanda düşük dereceli metamorfizmayı (albitleşme, kalsit ve epidot oluşumu gibi) belirtmektedir. Bu ayrışma yönsemeleri denizaltı volkanizması ve hidrotermal sistemler için oluşturulmuştur. Buna göre, çalışma alanındaki örneklerin bir kısmında düşük dereceli metamorfizma görülmektedir. Volkanitlerde gözlenen en yaygın hidrotermal yönsemeler serizit-klorit±pirit ve serizitik ayrışmadır (Şekil 13b).

Ayrışma sonucu oluşan Na ve K değişimine bağlı olarak gelişen albitleşme ve serizitleşme çok azken, hidroliz sonucu feldispat bozuşması yaygındır (Şekil 14a). Kloritleşme ve serizitleşme silisleşmenin artmasıyla azalmaktadır (Şekil 14b, c ve d).

Sonuç olarak, Kibletepe’deki volkanitler Doğu Karadeniz Bölümü’ndeki masif sülfür yataklarının gösterdiği ayrışma özelliklerine benzer ayrışmalar göstermektedir. Ancak bu ayrışmalar, çalışma alanındaki kayalarda masif sülfür yataklarında olduğu gibi düzenli değildir. Bu durum, çalışma alanındaki yoğun tektonizmadan kaynaklanmıştır.

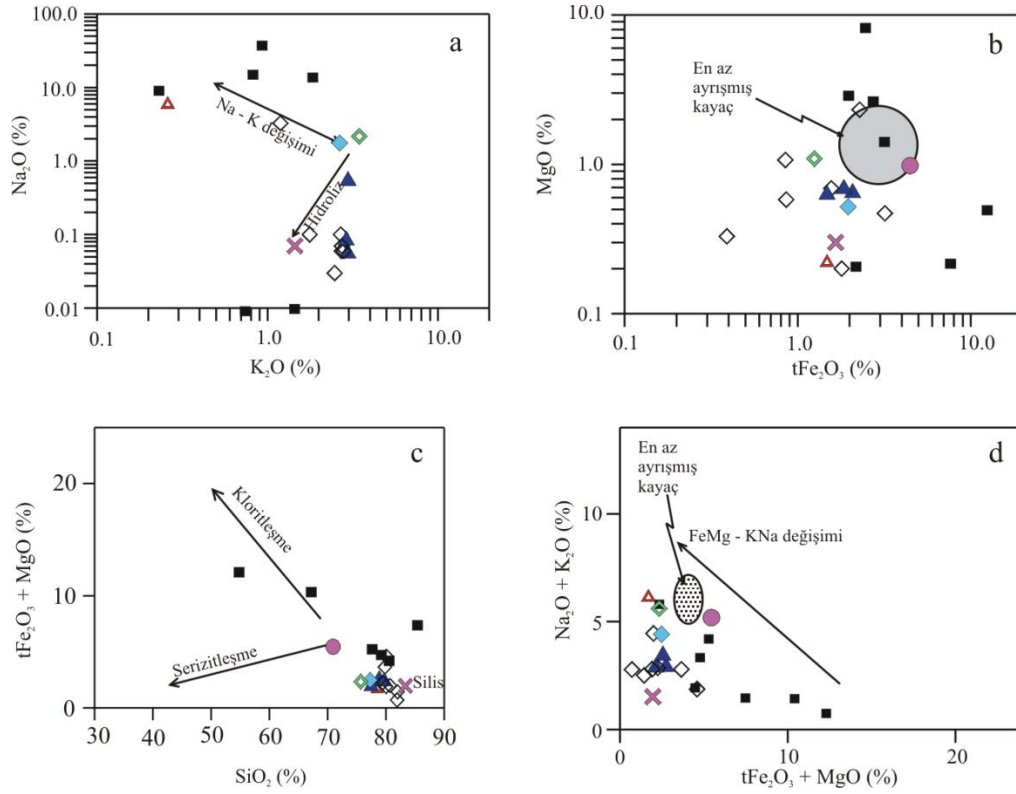
7. Sonuçlar

Kibletepe cevherleşmesi felsik volkanizma ürünü olan dasit ve riyolitlere bağlı olarak gelişmiş olup, riyolitlerde akma bantlı doku ve dasitlerde hyalo-porfirik doku görülmektedir. Dasit ve riyolitler başlıca plajiyoklas, kuvars ve hornblend minerallerinden oluşmaktadır.

Kibletepe cevherleşmesi ağsal, saçınım ve breşik yapıda bulunmaktadır. Başlıca cevher mineralleri pirit, sfalerit ve kalkopirittir. Kalsit, kuvars ve kil mineralleri ise gang minerallerini oluşturmaktadır.

Serizitleşme/illitleşme, silisleşme, killeşme, karbonatlaşma, kloritleşme ve hematitleşme-limonitleşme inceleme alanında gözlenen alterasyon türlerini oluşturur. Kil mineralleri illit, kaolinit, klorit, simektit ve illit/simektit olarak tespit edilmiştir. Hidrotermal alterasyon zonu içerisinde simektit ve kaolen cevherleşmeden uzak kesimlerde bulunmaktadır. Cevherleşmenin merkezinde ise illit/serizit ve kuvars bakımından zengin bir zon yer almaktadır. Kloritleşme ve serizitleşme silisleşmenin artmasıyla azalmaktadır.

Riyolitlerde $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}$ değeri azalırken, K_2O değeri artmakta, yani plajiyoklasların ayrışması ile serizit oluşumu gerçekleşmektedir. Ayrışma sonucu oluşan Na ve K değişimine bağlı olarak



Şekil 14. Riyolitlerdeki a) K_2O 'in Na_2O 'e, b) tFe_2O_3 'in MgO 'e, c) SiO_2 'nin tFe_2O_3+MgO 'e d) tFe_2O_3+MgO 'in Na_2O+K_2O 'e göre değişimleri. Semboller Şekil 8 ile aynıdır.

gelişen albitleşme ve serizitleşme çok azken, hidroliz sonucu feldispat bozuşması yaygındır.

Çalışma alanındaki cevherleşme tek bir jeolojik zaman aralığında (Kampaniyen-Maestrihtiyen) oluşmuştur. Kibletepe cevherleşmesi Kuruko tip VMS yatakları grubunda yer alır ve bimodal volkanizmayla ilişkilidir. Cevherleşmenin bulunduğu volkanitler Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki masif sülfid yataklarının gösterdiği ayrışma özelliklerine benzer ayrışmalar göstermektedir. Ancak bu ayrışmalar, çalışma alanındaki kayalarda bölgenin tektonik yapısından dolayı diğer masif sülfid yataklarında olduğu gibi düzenli değildir.

Teşekkür

Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümü olup, Gümüşhane Üniversitesi Araştırma Fonu (GÜBAP) tarafından 2012.02.1710.6 nolu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar makaleyi inceleyip katkıda bulunan hakemler ve editöre teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Abdioğlu, E., 2008. Kutlular (Sürmene Trabzon) Masif Sülfid Yatağı Hidrotermal Alterasyonunun Kil Mineralojisi, Jeokimyası, Duraylı İzotop Özellikleri ve Kökeni, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akçay, M. ve Arar, M., 1999. Geology, Mineralogy and Geochemistry of the Çayeli Massive Sulphide Ore Deposit, Rize, NE Turkey, Mineral Deposits: Processes to Processing, Stanley et al., Eds., Balkema, Rotterdam, 459-462.
- Akçay, M. ve Moon, C.J., 2001. Geochemistry of Pyrite-Bearing- and Purple Dacites in North-Eastern Turkey: A New Exploration Tool for the Kuroko Type Deposits, Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century, A. Piestrzyski, Ed., Krakow, Poland, 210-213.

- Akçay, M., 2003. Karadeniz Bölgesindeki Masif Sülfid Yataklarının Tabanında ve Tavanında Bulunan Dasitlerin Jeokimyasal Özellikleri: Kuruko Tip Yataklar İçin Yeni bir Arama Kriteri, Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Potansiyeli Sempozyumu, Özler Kitabı, 22-25 Ekim, 81-83.
- Akıncı, Ö.T., 1980. The Major Copper Metallogenetic Units and Genetic Igneous Complexes of Turkey, European Copper Deposits, S. Janković, R. Sillitoe, Eds., Belgrade, Belgrade Univ. Faculty Geology and Mining, 199-208.
- Akıncı, Ö. T., 1984. The Eastern Pontide volcanosedimentary belt and associated massive sulphide deposits, J.E. Dixon, A.H.F. Robertson, Eds., The geological evolution of the Eastern Mediterranean, Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 17, 415-428.
- Alpan, T., 1971. Trabzon-Of Arasının Jeolojik Etüt Raporu, MTA Rapor No:1177, Ankara.
- Altun, Y., 1978. Çayeli-Madenköy Bakır-Çinko Yatağının Jeolojisi ve Cevherleşmeye İlişkin Sorunlar, MTA Dergisi, 89, 10-24.
- Arribas, A. Jr., 1995. Characteristics of High-Sulfidation Epithermal Deposits and Their Relation to Magmatic Fluid, J. F. H. Thompson, Ed., Magmas, Fluids and Ore Deposits, Mineralogical Association of Canada, Short Course, 23, 419-454.
- Aydınçakır, E. ve 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.
- Barret, T. J., Cattalani, S. ve MacLean, W.H., 1993, Volcanic Lithochemistry and Alteration at the Delbridge Massive Sulphide Deposits, Noranda Quebec, Journal of Geochemical Exploration, 48, 135-173.
- Barret, T.J. ve MacLean, W.H., 1991, Chemical, Mass, and Oxygen Isotopic Changes During Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Economic Geology, 86, 406-414.
- Barrett, T.J. ve MacLean, W.H., 1999, Volcanic Sequences, Lithochemistry and Hydrothermal Alteration in Some Bimodal Volcanic-Associated Massive Sulfide Systems, Volcanic-Associated Massive Sulfide Systems: Processes and Examples in Modern and Ancient Settings, C.T. Barrie, M.D. Hannington, Eds., Reviews in Economic Geology, 8, 101-131.
- Binns, R.A. ve Scott, S. D., 1993, Actively Forming Polymetallic Sulfide Deposits Associated with Felsic Volcanic Rocks in the Eastern Manus Back-Arc Basin, Papua New Guinea, Economic Geology, 88, 2226-2236.
- Buser, S. ve Cvetič, S., 1973, Geology of the Environs from the Murgul Copper Deposits, Turkey, MTA Bull., 81, 22-45.
- Çağatay, M.N., 1993. Hydrothermal Alteration Associated with Volcanogenic Massive Sulfide Deposits, Examples from Turkey, Economic Geology, 88, 606-621.
- Çağatay, N., 1980. Doğu Karadeniz Bölgesi Volkanojenik Masif Sülfid Yataklarının Hidrotermal Alterasyonu. Türkiye Jeo. Kur. Bül. 23, 69-78.
- Çiftçi, E., Kolaylı, H., Tokel, S., 2005. Lead-arsenic soil geochemical study as an exploration guide over the Killik volcanogenic massive sulfide deposit, Northeastern Turkey. Journal of Geochemical Exploration, 86,1, 49-59.
- Çöl, L., 2012. Elmaalan (Arsin-Trabzon) masif sülfid cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Date, J., Watanabe, Y. ve Saeki, Y., 1983. Zonal Alteration Around the Fukazawa Kuroko Deposits, Akita Prefecture, Northern Japan, Economic Geology Monograph, 5, 365-386.
- Eastoe, C.J., Solomon, M. ve Walsh, J.L., 1987. District-Scale Alteration Associated with Massive Sulphide Deposits in the Mount Read Volcanics, Western Tasmania, Economic Geology, 82, 1239-1258.
- Eldridge, C.S., Barton, P.B. Jr. ve Ohmoto, H., 1983. Mineral Textures and Their Bearing on Formation of the Kuroko Ore Bodies. Economic Geology, Monograph, 5, 570-594.
- Franklin, J.M., Lydon, J.W. ve Sangster, D.F., 1981. Volcanic-Associated Massive Sulfide Deposits, Economic Geology, 75 th Anniversary, 485-627.
- Gemmell, J.B. ve Large, R.R., 1992. Stringer System and Alteration Zones Underlying the Hellyer Volcanogenic Massive Sulfide Deposit, Tasmania, Economic Geology, 87, 620-649.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara (yayınlanmamış).
- Halbach, P., Nakamura, K., Wahsner, M., Lange, J., Sakai, H., Kaselitz, L., Hansen, R. D., Yamano, M., Post, J., Prause, B., Seifert, R., Michaelis, W., Teichmann, F., Kinoshita, M., Marten, A., Ishibashi, J., Czerwinski, S. ve Blum, N., 1989a. Probable Modern Analogue of Kuruko-Type Massive Sulphide Deposits in the Okinawa Trough Back-Arc Basin, Nature, 338, 496-499.
- Halbach, P., Pracejus, B. ve Marten, A., 1993. Geology and Mineralogy of Massive Sulphide Ores From the Central Okinawa Trough, Japan, Economic Geology, 88, 274-289.
- Halbach, P., Wahsner, M., Kaselitz, L., Sakai, H. ve Hein, U., 1989b. The Jade Hydrothermal Field in the Okinawa Trough-First Discovery of Massive Sulphide in an Intracontinental Back-Arc Basin, In Miles, D.L. (Ed.), Water-Rock-Interaction, 6,279-283.
- Henley, J.J., Montoya, J.W., Marinenko, J.W. ve Luce, R.W., 1980. Equilibria in the System Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O and Some General Implications for Alteration/Mineralization Processes, Economic Geology, 75, 210-228.
- Hutchinson, R.W., 1973. Volcanogenic Sulphide Deposits and Their Metallogenic Significance, Economic Geology, 68, 1223-1246.
- Hutchinson, R.W., 1980. Massive Base Metal Sulphide Deposits as Guides to Tectonic Evolution; in the Continental Crust and its Mineral Deposits, Strangway, D.W., Editor, Geological Association of Canada, Special Paper 20, 659-684.
- Ishikawa, Y., Sawaguchi, T., Iwaya, S. ve Horiuchi, M., 1976. Delineation of Prospecting Targets for Kuroko Deposits Based on Models of Volcanism of Underlying Dacite and Alteration Haloes, Mining Geology, 26, 105-117.
- Jackson, M.L., 1956. Soil Chemical Analysis-Advanced Course, Department of Soil Science, University of Wisconsin, Madison.
- Jenner, G.J., Longrich, L.P., Jackson, S.E. ve Fryer, B.J., 1990. ICP-MS a powerful tool for high precision trace-element analysis in earth sciences; evidence from analysis of selected U.S.G.S. reference samples. Chemical Geology, 83, 133 - 148.
- Karakaya, M.Ç., Karakaya, N., Küpeli, Ş. ve Yavuz, F., 2012. Mineralogy and Geochemical Behavior of Trace Elements of Hydrothermal Alteration Types in the Volcanogenic Massive Sulphide Deposits, NE Turkey, Ore Geology Reviews, 48, 197-224.

- Kolaylı, H., 1989. Alterasyondaki Kimyasal Değişimlerin İncelenmesiyle Kutlular (Sürmene) Tipi Sülfid Yataklarında Merceğin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kunze, G.W., 1965. *Methods of Soil Analysis*, Agronomy Society of America Inc., C.A. Black, Ed., 44, 568-577.
- Large, R.R., Allen, R.L., Blake, M.D. ve Hermann, W., 2001. Hydrothermal Alteration and Volatile Element Halos for the Rosebery K Lens Volcanic-Hosted Massive Sulfide Deposit, Western Tasmania. *Economic Geology*, 96, 1055-1072.
- Large, R.R., Gemmel, J.B., Paulick, H. ve Huston, D.L., 2001a. The Alteration Box Plot: A Simple Approach to Understanding the Relationship Between Alteration Mineralogy and Lithochemistry Associated with Volcanic-Hosted Massive Sulphide Deposits, *Economic Geology*, 96, 957-971.
- Large, R.R., McPhie, J., Gemmel, J.B., Herrmann, W. ve Davidson, G.J., 2001b. The Spectrum of Ore Deposit Types, Volcanic Environments, Alterations Halos and Related Exploration Vectors in Submarine Volcanic Successions: Some Examples from Australia. *Economic Geology*, 96, 913-938.
- Lentz, D.R., 1996. Recent Advances in Lithochemical Exploration for Massive-Sulfide Deposits in Volcano-Sedimentary Environments: Petrogenetic, Chemostratigraphic and Alteration Aspects with Examples from the Bathurst Camp, New Brunswick. New Brunswick Department of Nature Resources and Energy, Minerals and Energy Division Mineral Resource, 96-1, 73-119.
- Lentz, D.R., 1999. Petrology, Geochemistry and Oxygen İsootope İnterpretation of Felsic Volcanic and Related Rocks Hosting the Brunswick 6 and 12 Massive Sulfide Deposits (Brunswick Belt), Bathurst Mining Camp, New Brunswick, Canada, *Economic Geology*, 94, 57-86.
- Lermi, A., 1996. Kanköy (Yomra-Trabzon) Cevherinde Toprak-Bitki Jeokimyasının Uygulanması ve İndikatör Bitki Türü Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Longerich, H.P., Jenner, G.A., Fryer, B.J. ve Jackson, S.E., 1990. Inductively coupled plasma mass spectrometric analysis of geological samples: Case studies. *Chemical Geology*, 83, 105-118.
- MacLean, W.H. ve Barrett, T.J., 1993. Lithochemical Techniques Using İmmobile Elements, *Journal of Geochemical Exploration*, 48, 109-133.
- MacLean, W.H. ve Hoy, L.D., 1991. Geochemistry of Hydrothermal Altered Rocks at the Horne Mine, Noranda, Quebec. *Economic Geology*, 86, 3, 506-528.
- Mehra, O.P. ve Jackson, M.L., 1960. Iron oxides removed from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*, 7, 317-327.
- Myers, R.E. ve MacLean, W.H., 1983. The Geology of the New Inco Copper Deposit, Noranda District, Quebec, *Canadian Jour. Earth. Sci.*, 20, 1291-1304.
- Nebiöglu, T.Y., 1975. Rize-Çayeli Madenköy I Sahasındaki Bakır Yatağına Ait Sonuç Raporu, M.T.A. Rapor No: 4173, Ankara.
- Okay, A.I., Şahintürk, O., 1997. Geology of the eastern Pontides, A.G. Robinson, Ed, *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, AAPG Memoir, 68, 291-311.
- Pearce, J.A., 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.
- Pejatoviç, S., 1979. Metallogeny of the Pontid-Type Massive Sulphide Deposits, Mineral Geochemistry of Massive Sulphide-Associated Hydrothermal Sediments of the Brunswick Horizon, Bathurst Mining Camp, New Brunswick, Canadian Journal of Earth Sciences, 33, 252-283.
- Pirajno, F., 1992. Hydrothermal Mineral Deposits: Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist. Springer-Verlag, Berlin, 709 s.
- Ramdohr, P., 1975. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. 4. Auflage, Berlin.
- Sato, T., 1977. Kuroko deposits: their geology, geochemistry and origin. In: Volcanic Processes in Ore Genesis. Geological Society of London, Special Publications 7, 153-161.
- Sawkins, F.J., 1976. Massive Sulphide Deposits in Relation to Geotectonics: Geological Association of Canada Special Paper 14, 221-240.
- Shirozu, H., 1974. Clay Minerals in Altered Wall Rocks of the Kuroko-Type Deposits, Geology Of Kuroko-Type Deposits, S.Ishihara, K. Kanehira, A. Sasaki, T. Sato, Y. Shimazaki, Eds., The Society of Mining Geologists of Japan, 6, 303-310.
- Sillitoe, R.H., 1982. Extensional Habitats of Rhyolite-Hosted Massive Sulphide Deposits, Geology, 109, 403-407.
- Sillitoe, R.H., 1993. Epithermal Models: Genetic Types, Geometrical Controls and Shallow Features, Mineral Deposit Modeling, R. V. Kirkham, W. D. Sinclair, R. I Thorpe, J. M. Duke, Eds., Geological Association of Canada, 40, 403-417.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, M.B., 2011. Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Mineralojisi ve Kütle Değişimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 53, 2-3, 97-128.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics 75, 181-241.
- Tüysüz, N. ve Er, M., 1995. Lahanos (Espiye) ve İsraildere (Tirebolu) Masif Sülfid Cevherleşmeleri Çevresinde Görülen Hidrotermal Alterasyon Zonlarındaki Kimyasal ve Mineralojik Değişimler, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 10, 104-113.
- Tüysüz, N., 1995. Lahanos (Espiye-Giresun) Masif Sülfid Yatağına Ait Cevher Mineralleri ve Dokularının Cevher Oluşumu Açısından İncelenmesi, Geosound/ Yerbilimleri, 26, 79-92.
- Tüysüz, N., 1999. Artvin-Ordu Arasındaki Masif Sülfid Bakır, Kurşun, Çinko Yataklarının Jeokimyasal Yöntemlerle Araştırılması. Sonuç Raporu, KTÜ Araştırma Fonu Başkanlığı, Proje Kodu: 96.12.005.9.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE-Turkey. Chemie der Erde, 60, 231-250.
- Tüysüz, N., 2003. Doğu Karadeniz Yöresindeki Masif Sülfid Yataklarının Jeolojisine ve Arama Tekniklerine Yeni Bir Yaklaşım. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Potansiyeli Sempozyumu, Bildiri Özleri Kitabı, 20-21.
- Urabe, T. ve Marumo, K., 1991. A new model for Kuroko-type deposits of Japan. Episodis 14, 246-251.

- Van, A., 1990. Pontid Kusağında Artvin Bölgesinin Jeokimyası, Petrojenezi ve Masif Sülfid Mineralizasyonları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Van Gerven, M., 1995. Geochemische Nebengesteinsalterationen und Erfassung Signifikanter Zonierungen im Bereich des Jade-Erzfeldes, Okinawa-Trog, Japan, Dipl.-Geol., Freie Universitate, Rohstoff- und Umweltgeologie, Berlin, 186s.
- Winchester, J.A., ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobike Elements, Chemical Geology, 20, 325-343.
- Yılmaz, T., Yazıcı, E., Boğuşlu, M. ve Tüysüz, N., 1982. Trabzon-Sürmene-Of-Araklı Yörelerinin Jeolojisi ve Maden Yatakları Raporu, MTA Rapor No:1894, Ankara.

1 Mayıs 2003 Bingöl Depreminde Yıkılmış Betonarme Üç Katlı Bir Okul Binasının Statik ve Dinamik Analizi

ÖZLEM ÇAVDAR*, FEZAYİL SUNCA

Gümüşhane Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bağlarbaşı, Gümüşhane.

Geliş tarihi/Received 10.07.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 31.12.2013

Kabul tarihi/Accepted 07.01.2014

Özet

Bu çalışmada 1 Mayıs 2003 depreminde yıkılmış olan üç katlı bir okul binasının çeşitli analiz yöntemleriyle deprem davranışları karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Binanın taşıyıcı sisteminin incelenmesinde; eşdeğer deprem yükü, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında çözümleme yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen yerdeğiştirme ve kesit etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Böylece, betonarme binaların deprem yükleri altındaki güvenliğinin belirlenmesinde statik ve dinamik çözümleme yöntemlerinin uygulaması ve sonuçları kısa olarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Statik analiz, dinamik analiz, Bingöl depremi, betonarme okul binası

Static and dynamic analysis of a RC three story school building collapsed during the Bingöl Earthquake on May 1, 2003

Abstract

In this study, a three story school building collapsed during the Bingöl earthquake on May 1, 2003 is examined by the seismic behavior of the structure defined according to different analysis methods. The methods of the equivalent earthquake load and the superposition of the modal responses as well as the solution in the time domain are used in the analysis of the structural system of the building. The displacement and internal forces obtained from results of analysis is investigated comparatively. Thus, the use of the static and dynamic analysis in the evaluation of the seismic safety of existing buildings is discussed briefly.

Keywords: Static analysis, dynamic analysis, Bingöl earthquake, RC school building

* Özlem ÇAVDAR, ozlem_cavdar@hotmail.com, Tel: 0 456 233 7425

1. Giriş

Türkiye topraklarının büyük bir bölümü deprem riski altındadır. Meydana gelen her deprem neticesinde yaşanan can ve mal kaybı büyük olmaktadır. Bu nedenle betonarme yapıların yapı-deprem ilişkisinin ve buna bağlı olarak da yapı güvenliğinin yüksek güvenilirlik derecesinde saptanması ve sağlanması gerekmektedir. Bilindiği üzere, dünyanın en etkin deprem kuşaklarının biri üzerinde bulunan Türkiye'nin geçmişte birçok yıkıcı deprem sonucuyla karşı karşıya kaldığı, gelecekte de yine benzer deprem olaylarıyla karşılaşacağı bir gerçektir. Deprem bölgeleri haritasına göre Türkiye'nin %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusunun da %95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'inin ve barajlarımızın da %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir (Celep, 2000; Korkmaz, 2008).

Bingöl'de 1 Mayıs 2003 günü saat 03.27'de meydana gelen, Kandilli Rasathanesi verilerine göre 6,1 büyüklüğünde cereyan eden deprem, ülkenin içinde bulunduğu gerçeği, doğal uyarı şeklinde yeniden gözler önüne sermiştir (Sağlamer, 2003). Deprem Bingöl merkezinde 70 insanın hayatını kaybetmesine, 520 insanın yaralanmasına, 82 binanın tamamen yıkılmasına, 1602 bina, 4919 konut ve 599 işyerinin ağır hasar görmesine neden olmuştur (Sağlamer, 2003).

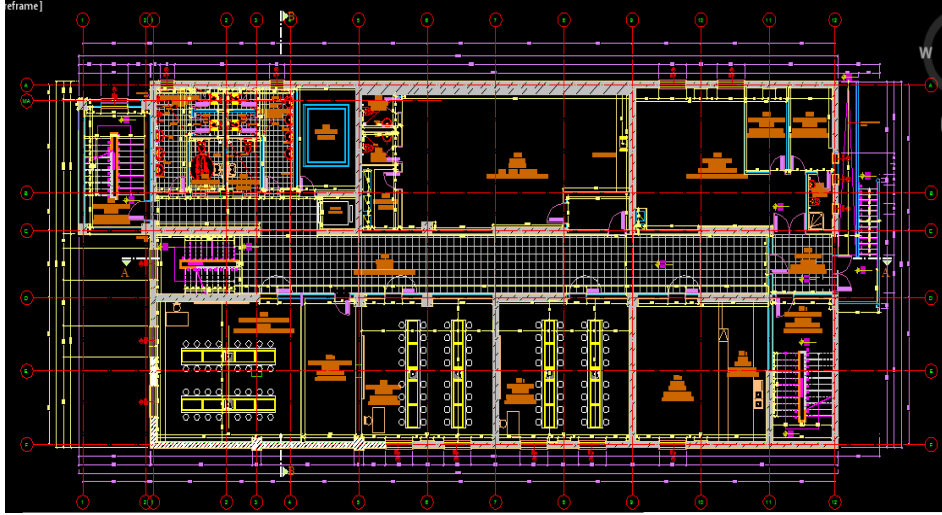
Bu çalışmanın amacı, 1 Mayıs 2003 tarihinde Bingöl'de meydana gelen deprem sonucu yıkılan üç katlı bir okul binasının deprem analizlerini gerçekleştirmek ve yapının projeye uygun bir şekilde yapılıp yapılmadığını araştırmaktır. Çalışmada, SAP 2000 (Wilson, 1998) programı kullanılarak 3 katlı, X yönünde 17, Y yönünde 9 açıklıklı olan betonarme çerçeve ve

perdelere oluşan okul binası öncelikle SAP 2000 programında modellenmiştir. Daha sonra okul binasının önce Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemine göre statik analizleri gerçekleştirilmiştir. Mod Birleştirme yöntemi ve Zaman-Tanım Alanında Analiz yöntemine göre de dinamik analizleri yapılmıştır.

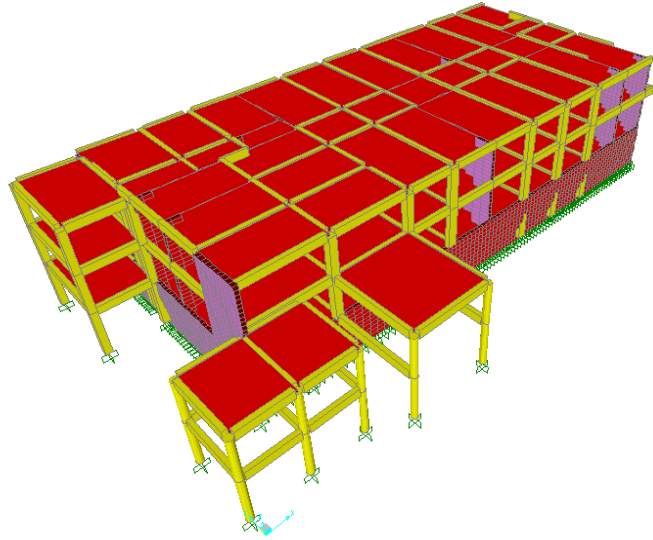
Bu analizler sonucu elde edilen yapıya ait periyotlar, yerdeğıştirmeler ve her analiz sonucunda kesitte meydana gelen kesit etkileri incelenerek karşılaştırmalar yapılmış olup, bir kesitte analizlere göre elde edilen kesit etkileri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

2. İncelenen Okul Binası

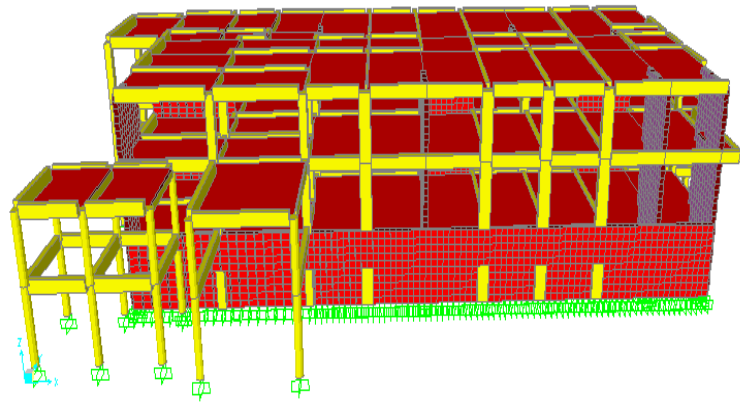
Okul binası 3 katlı olup kalıp planı Şekil 1'de verilmiştir. Bina; zemin kat ve iki normal kattan meydana gelmektedir. İncelemede, projede belirtildiği gibi, beton sınıfı C20, beton çeliği S420 olarak ve bunlara ait hesap değerleri esas alınmıştır. Kat yüksekliği bodrum katta 3.60 m, normal katlarda 3.20 m'dir. Binadaki kiriş boyutları 25x60 cm ve 30x60 cm'dir. Döşeme kalınlığı ise tüm katlarda birbirine eşit olup 12 cm olarak belirlenmiştir. Yapı son Türkiye deprem haritasına göre 1. derece deprem bölgesinde bulunmakta ve buna bağlı olarak hesaplamalarda zemin sınıfı Z1, yapı bina önem katsayısı $I=1.4$ (okul tipi yapı) ve etkin yer ivme katsayısı $A_0=0,4$ olarak alınması gerekmektedir (DBYBHY-2007). Çalışma kapsamında incelenen betonarme 3 katlı çerçeve perde elemanlardan oluşan yapıya ait üç boyutlu (3D) model ve okul binasının yandan görünüşü Şekil 2-3'de verilmektedir.



Şekil 1. İncelenen Okul Binasının Kalıp Planı



Şekil 2. Okul Binasının 3D Modeli



Şekil 3. Okul Binasının Yandan Görünüşü

2.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Statik Analiz

Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde yapının kendi ağırlığından yararlanılarak yapının üzerinde bulunduğu gerçek zemin sınıfı ve deprem bölgesi değerleri kullanılarak hesaplar yapılmıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi yapı 1.

derece deprem bölgesinde ve Z1 sınıfı zemin üzerinde bulunmaktadır. Buna bağlı olarak, sabit yük döşemeler için 2 kN/m^2 düzeyinde, hareketli yük ise TS500 Tablo 1’de verilen ölçülerde dikkate alınmıştır. Kirişlere gelen sabit yükler ise $8,5 \text{ kN/m}^2$ olarak hesap edilmiştir.

Tablo1. Okul İçin Hesaplarda Dikkate Alınacak Hareketli Yükler

Sınıflar	$3,5 \text{ kN/m}^2$
Koridor	$5,0 \text{ kN/m}^2$
Merdiven	$5,0 \text{ kN/m}^2$
Çatı Döşemesi	$1,5 \text{ kN/m}^2$

İnceleme yapılan okul binasının hakim periyotları $T_{1X} = 0,1261 \text{ s}$ ve $T_{1Y} = 0,1135 \text{ s}$ olarak elde edilmiştir. Yukarıda hesaplanan periyotlara göre, her iki yöndeki spektrum katsayıları da;

X yönünde $S(T_{1X})=2,5$ ($T_A \leq T \leq T_B$)
Y yönünde $S(T_{1Y})= 2,5$ ($T_A \leq T \leq T_B$)
olarak belirlenmektedir.

Buna göre Toplam Deprem Yükleri Tablo 2’de verilen kat ağırlıkları esas alınarak, 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’te (DBYBHY-2007) verilen 1 numaralı bağıntıya göre hesap edilmiştir.

$$V_t = \frac{A(T_1)}{R_a(T_1)} w \geq 0,10 A_0 I W \quad (1)$$

Tablo 2. Yapının Kat Ağırlıkları

Kat	Kütle (Mi) (kg)	Ağırlık (Wi) (kN)
3	725,4	7116,2
2	1156,4	11344,3
1	1557,4	15278,1
Toplam	3439,2	33738,6

X Yönünde

$$V_{1x}=33738,6 \times 0,4 \times 1,4 \times 2,5 / 7 = 6747,72 \text{ kN}$$

Y Yönünde

$$V_{1y}=33738,6 \times 0,4 \times 1,4 \times 2,5 / 7 = 6747,72 \text{ kN}$$

Binanın N'inci katına (en üst kotuna) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ' nin değeri Denklem 2'deki bağıntı ile belirlenmiştir.

$$\Delta F_N = 0,0075 \times N \times V_t \quad (2)$$

$$\Delta F_{N_x} = 0,0075 \times 3 \times 6747,72 = 151,82 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{N_y} = 0,0075 \times 3 \times 6747,72 = 151,82 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N. kat dahil olmak üzere

DBYBHY’te verilen 3 numaralı bağıntı ile bina katlarına dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta FN) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N (W_j H_j)} \quad (3)$$

Bu yüklerin katlara dağıtılmış değerleri aşağıdaki Tablo 3’de verilmektedir.

Tablo 3. Herbir Kata Gelen Eşdeğer Deprem Yükü

Kat	hi (m)	Hi	Wi (kN)	WixHi	oran	F _{ix} (kN)	F _{iy} (kN)	F _{ix} +ΔF _{Nx} (kN)	F _{iy} +ΔF _{Ny} (kN)
3	3,2	10	7116,2	71162,0	0,350	2308,56	2308,56	2460,38	2460,38
2	3,2	6,8	11344,3	77141,2	0,379	2499,84	2499,84	2499,84	2499,84
1	3,6	3,6	15278,1	55001,1	0,271	1787,49	1787,49	1787,49	1787,49
Toplam			33738,6	203304,4	1,0	6595,90	6595,90	6747,72	6747,72

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre Sap 2000 programıyla statik analizlerin gerçekleştirilmesinde 16 farklı kombinasyon kullanılmıştır (bkz. Tablo4). Tablo 4’te verilen kombinasyonlarda G sabit yükü, Q hareketli

yükü, EX ve EY ise sırasıyla X ve Y yönlerinde etkiyen deprem yüklerini ifade etmektedir. Her kombinasyon için yapıda oluşan yer değiştirme değerleri Tablo 4 ve Tablo 5’te verilmektedir.

Tablo 4. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre X Yönü Yerdeğiştirme Değerleri

Kombinasyolar	Yer Değiştirmeler (cm)	Kombinasyonlar	Yer Değiştirmeler (cm)
G+Q+EXP	0,1442	0,9G-EXN	0,1293
G+Q-EXP	0,1262	0,9G+EYP	0,5553
G+Q+EXN	0,1435	0,9G-EYP	0,5656
G+Q-EXN	0,1254	0,9G+EYN	1,5131
G+Q+EYP	0,8514	0,9G-EYN	0,5233
G+Q-EYP	0,5695	1,4G+ 1,6Q	0,0133
G+Q+EYN	0,5092	0,9G-EXP	1,1391
G+Q-EYN	0,5273	0,9G+EXN	0,1396

Tablo 5. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Y Yönü Yerdeğiştirme Değerleri

Kombinasyolar	Yer Değiştirmeler (cm)	Kombinasyonlar	Yer Değiştirmeler (cm)
G+Q+EXP	0,0291	0,9G-EXN	0,0215
G+Q-EXP	0,0200	0,9G+EYP	0,9960
G+Q+EXN	0,0004	0,9G-EYP	0,0136
G+Q-EXN	0,0266	0,9G+EYN	0,8551
G+Q+EYP	0,9910	0,9G-EYN	0,8723
G+Q-EYP	0,0186	1,4G+ 1,6Q	0,0197
G+Q+EYN	0,8502	0,9G-EXP	0,0070
G+Q-EYN	1,8772	0,9G+EXN	0,0045

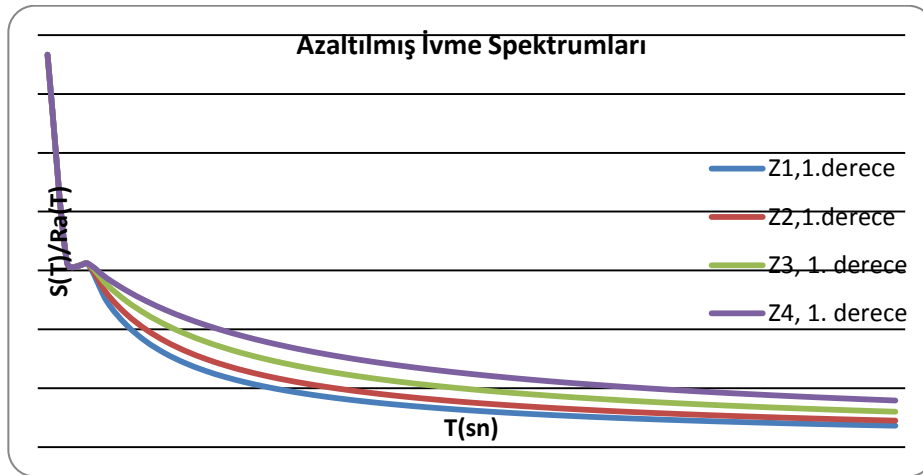
2.2. Mod Birleştirme Yöntemiyle Dinamik Analiz

Mod birleştirme yöntemine göre gerçekleştirilen dinamik analiz sonuçlarının daha iyi değerlendirilmesi ve yapının farklı zemin sınıfı,

farklı deprem bölgesi için çıkan değerlerin karşılaştırılması için Tablo 6’ da verilen değerlere göre de dinamik analizler ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Şekil 4’te mod birleştirme yöntemiyle gerçekleştirilen dinamik analizlerde kullanılan farklı zemin sınıfları için azaltılmış ivme spektrum grafiği görülmektedir.

Tablo 6. Dinamik Analiz İçin Kullanılan Zemin Sınıfı ve Deprem Bölgeleri

Z1 Zemin Sınıfı İçin	1. Derece Deprem Bölgesi 2. Derece Deprem Bölgesi 3. Derece Deprem Bölgesi 4. Derece Deprem Bölgesi
1. Derece Deprem Bölgesi	Z1 Zemin Sınıfı Z2 Zemin Sınıfı Z3 Zemin Sınıfı Z4 Zemin Sınıfı



Şekil 4. Birinci derece deprem bölgelerinde inşa edilecek süneklik düzeyi yüksek sistemler için ivme spektrumları

Mod Birleştirme Yönteminde 2 ayrı kombinasyon kullanılmıştır. Bu kombinasyonlarda yer alan G sabit yükü, Q hareketli yükü SPECX ve SPECY ise X ve Y

yönlerinde elde edilen tasarım spektrumu ivme kayıtlarını ifade etmektedir. Bu farklı koşullar için yapılan analizler sonucu ortaya çıkan yer değiştirme değerleri Tablo 7-10'da verilmiştir.

Tablo 7. Mod Birleştirme Yönteminde Aynı Zemin Sınıfında Farklı Deprem Bölgelerine Göre X Yönü Yerdeğiştirme Değerleri

Kombinasyonlar	Z1D1 (cm)	Z1D2 (cm)	Z1D3 (cm)	Z1D4 (cm)
G+Q+SPECX	0,0854	0,0663	0,0472	0,0281
G+Q+SPECY	0,0365	0,0296	0,0227	0,0159

Tablo 8. Mod Birleştirme Yönteminde Aynı Zemin Sınıfında Farklı Deprem Bölgelerine Göre Y Yönü Yerdeğiştirme Değerleri

Kombinasyonlar	Z1D1 (cm)	Z1D2 (cm)	Z1D3 (cm)	Z1D4 (cm)
G+Q+SPECX	0,0718	0,0572	0,0427	0,0281
G+Q+SPECY	0,1	0,0784	0,0568	0,0351

Tablo 9. Mod Birleştirme Yönteminde Farklı Zemin Sınıfında Aynı Deprem Bölgelerine Göre X Yönü Yerdeğiştirme Değerleri

Kombinasyonlar	Z1D1 (cm)	Z2D1 (cm)	Z3D1 (cm)	Z4D1 (cm)
G+Q+SPECX	0,0854	0,0894	0,0919	0,0944
G+Q+SPECY	0,0365	0,0379	0,0387	0,0396

Tablo 10. Mod Birleştirme Yönteminde Farklı Zemin Sınıfında Aynı Deprem Bölgelerine Göre Y Yönü Yerdeğiştirme Değerleri

Kombinasyonlar	Z1D1 (cm)	Z2D1 (cm)	Z3D1 (cm)	Z4D1 (cm)
G+Q+SPECX	0,0718	0,0751	0,077	0,079
G+Q+SPECY	0,1	0,1071	0,1101	0,1131

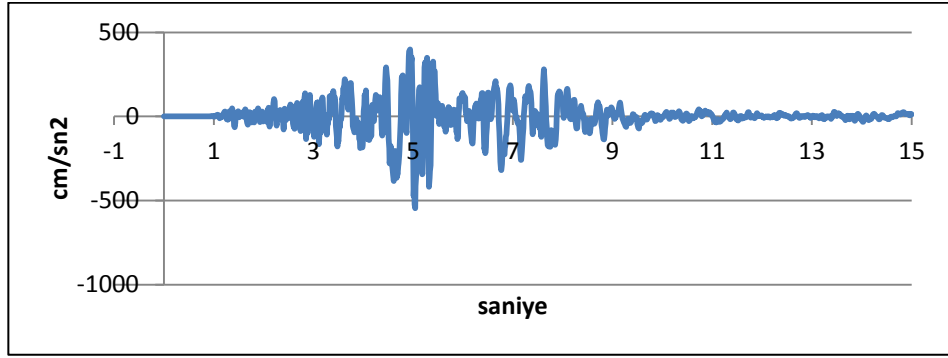
Zemin sınıfı Z4'e doğru ilerledikçe zeminin de zayıflamaya başladığı bilinen bir durumdur. Nitekim yukarıdaki tablolar incelendiğinde, Z4 zemin sınıfına doğru gidildikçe yerdeğiştirme değerlerinin arttığı görülmektedir. Örneğin; Tablo 10 incelenecek olursa, Z1 sınıfında G+Q+SPECX kombinasyonuna göre yer değiştirme değeri 0,0718 cm iken Z4 sınıfında aynı kombinasyon için bu değer 0,0790 cm olduğu görülür. Görüldüğü üzere yerdeğiştirme değerleri, Z1 zemin sınıfı temel alındığında; Z2 zemin için %4.6, Z3 için %7.24, Z4 zemin sınıfı için %10 oranında artış dikkate alınmak zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Yine aynı durum deprem bölgesine göre incelenecek olursa 1. derece deprem bölgesinde oluşan yerdeğiştirmeler 4. derece deprem bölgesinde oluşan yerdeğiştirmelerden fazla olacaktır. Örneğin; Tablo 8 incelenecek olursa 1. derece deprem bölgesi için G+Q+SPECX kombinasyonuna göre yer değiştirme değeri 0,0718 cm iken 4. derece deprem bölgesinde aynı kombinasyon için bu değer 0,0281 cm

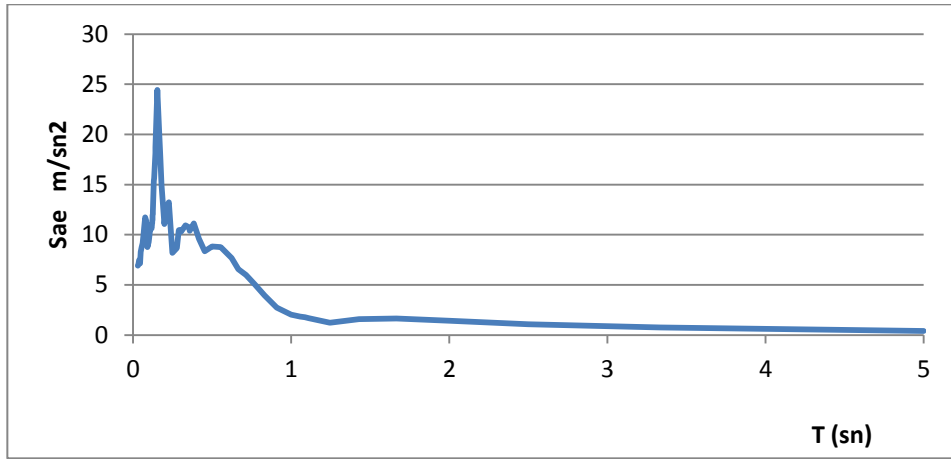
olduğu görülür. Görüldüğü üzere, bu tabloya göre de yer değiştirme değerleri 1.derece deprem bölgesi temel alındığında; ikinci derece deprem bölgesi (D2) için %20.33, üçüncü derece deprem bölgesi (D3) için %40.53 ve son olarak dördüncü derece deprem bölgesi (D4) için %60.86 oranlarında azalmalar kaydedilmektedir.

2.3. Zaman-Tanım Alanında Dinamik Analiz

Zaman-Tanım Alanında Analiz Yönteminde ise 1 Mayıs 2003 de meydana gelen depremin gerçek ivme kayıtları kullanılmıştır. Yapılan incelemede bu ivme kayıtlarından en büyüğü olan Kuzey-Güney doğrultusundaki deprem ivmesi dikkate alınmıştır. Şekil 5'te verilen, Bingöl depremi sırasında yörede bulunan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ölçüm istasyonunda kaydedilen değerler kullanılarak zaman-tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır (URL1, 2013).



Şekil 5. Bingöl depremi ivme kaydı (Max ivme: 398,4 cm/sn², Min ivme: -545,5 cm/sn²)



Şekil 6. Bingöl depremi spektral ivme – periyot grafiği

Bu yöntemde iki ayrı kombinasyon kullanılarak yerdeğiştirmeler bulunmuştur. Tablo 11’de verilen kombinasyonlarda G sabit yükü, Q hareketli yükü, THX ve THY ise Bingöl depremi ivme kaydının X ve Y yönlerinde

etkittirilmesini içeren deprem analizini ifade etmektedir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen yerdeğiştirme değerleri Tablo 11’de verilmektedir.

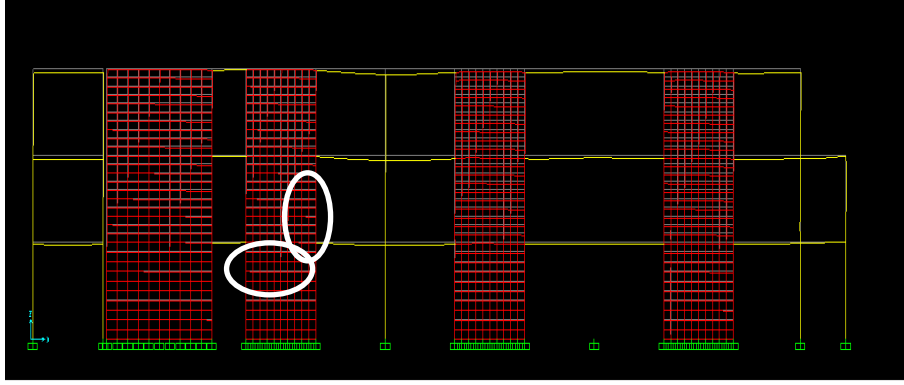
Tablo 11. Zaman-Tanım Alanında X ve Y doğrultusu Yerdeğiştirme Değerleri

Kombinasyonlar	X doğrultusu (cm)	Y doğrultusu(cm)
G+Q+THX	1,927	0,7171
G+Q+THY	0,426	1,3

2.4. Statik ve Dinamik Analizler Sonucunda Herhangi Bir Kesitteki Moment ve Kesme Kuvvetine Ait Sonuçlar

Gerçekleştirilen statik ve dinamik analizler

sonucunda elde edilen kesit etkisi değerleri Şekil 7’de belirtilen kolon ve kiriş için karşılaştırılmalı olarak Tablo 12’de verilmektedir.



Şekil 7. Moment ve Kesme Kuvveti Değerlerinin İncelendiği Kolon ve Kiriş

Tablo 12. Statik ve dinamik analizler sonucunda oluşan kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

Deprem kuvvetleri	Eğilme Momenti (kNm)		Kesme Kuvveti (kN)	
	KOLON	KİRİŞ	KOLON	KİRİŞ
Kombinasyonlar				
G+Q+EXP	30,096	28,182	21,682	32,128
G+Q-EXP	43,16	30,156	24,832	34,187
G+Q+SPECX (Z1D1 için)	25,855	21,273	15,013	30,628
G+Q+SPECY (Z1D1 için)	10,607	18,942	6,465	27,892
G+Q+THX	603,098	246,333	340,376	134,807
G+Q+THY	161,226	147,741	93,908	91,189

Tablo 12’den görüldüğü üzere en büyük kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin kiriş ve kolon elemanları için zaman-tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilmiştir. Bu çalışmada statik ve dinamik analiz sonucunda elde edilen yerdeğiştirme ve kesit etkisi değerlerinin çok büyük olmadığı tespit edilmiştir. İncelemeye esas alınan okul binasında da olduğu gibi, pek çok bina

3.Sonuçlar

Bu çalışmada, 1 Mayıs 2003 tarihinde merkez üssü Bingöl olan deprem sonucunda Bingöl’de yıkılan üç katlı bir okul binasının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme

Yöntemi ve Zaman-Tanım Alanında Hesaplama olmak üzere 3 farklı analiz yöntemiyle statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan statik ve dinamik analizler sonucunda periyotlar yerdeğiştirme, eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri yönünden karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmada elde edilen veriler

günümüzde daha önceki alışkanlıkların devamı olarak inşa edilmektedir. Bu ve benzeri yapıların, projelendirmesinin ve uygulamasının yeterli güven seviyesinde gerçekleştirilmesi, içinde bulunan yapı deprem güvenliği sorunlarının büyük bir kısmını kısa vadede çözeceği düşünülmelidir.

İncelendikten sonra aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır:

- ✓ Okul binası üzerinde gerçekleştirilen statik ve dinamik analizler sonucunda, en büyük yerdeğiştirme ve kesit etkilerinin zaman-tanım alanında analiz yöntemine göre ortaya çıktığı görülmüştür.
- ✓ Yapılan deprem analizleri sonucunda, yapının bulunduğu bölgenin özelliklerinin yapı davranışı üzerinde önemli rol oynadığı görülmektedir. Çalışmada çıkarılan tablolar incelendiğinde, zemin sınıfının Z4’e

doğru kaydırılmasıyla yerdeğiştirmelerin arttığı görölmektedir. Bu nedenle yapı zemin sınıfının yerdeğiştirme ve kesit etkileri üzerinde önemli rol oynadığı ve yapıya uygun zemin sınıfı seçilerek gerekli analizlerin yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. şu halde yapının farklı deprem bölgelerinde farklı yerdeğiştirmeler yapacağı açık bir biçimde anlaşılmaktadır.

- ✓ Yapılan analizler sonucunda perde elemanların deprem etkisine karşı başarımları gözler önüne serilmiş olmakla birlikte bu perdelerin başlarında bulundurulması gereken bağlantı elemanlarının eksikliği bir kez daha, bu yapıda da görölmüştür; Oysa DBYBHY 2007'de belirtildiği gibi, perdelerin başlarında kolonların

bulundurulması son derece önemsenmelidir.

- ✓ Yapılarda kullanılan perde konumları yapının deprem karşısındaki davranışını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle yapı sistemlerine betonarme perdeler yerleştirilirken, bu elemanların burulma oluşturmayacak şekilde her iki yönde simetrik olarak yerleştirilmesine dikkat edilmesi büyük önem arz etmektedir.
- ✓ Yapılan analizler sonucu yapının taşıyıcı sistemi ne kadar uygun olursa olsun binanın inşası sırasında yapılan imalat hatalarının depreme karşı olumsuzluklara neden olduğu da görölmektedir. Bu durumda yapı denetiminin gerekliliği ön plana çıkarmaktadır.

4. Kaynaklar

Celep, Z., Kumbasar, N., 2000, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul.

DBYBHY–2007 “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” Bayındırlık ve İşkan Bakanlığı, 2007.

Korkmaz, A., Kayhan, A.H., Yer Değiştirme Esaslı Yöntemlerin Elastik ve Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz Yöntemleriyle Karşılaştırılması, Araştırma Makalesi, Trakya Üniversitesi, 2008.

Sağlamer, A., “1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Mühendislik Raporu”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi, İTÜ Press, 2003.

TS500, 2000, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

URL1, [http://](http://www.bingolafad.gov.tr/bingol/deprem1.jpg)

www.bingolafad.gov.tr/bingol/deprem1.jpg

Wilson, E. and Habibullah, A. 1998, “Sap 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Refence Manual”, Computers and Structures, Berkeley.

Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri

Gökhan ÇAKMAK^{1,*}, Abdullah KAYGUSUZ²

¹Bayburt İl Özel İdaresi, Su ve Kanal Hizmetleri Müdürlüğü, Bayburt, Türkiye

²Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

Geliş tarihi/Received 29.07.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 28.11.2013

Kabul tarihi/Accepted 13.12.2013

Özet

Bu çalışma, Pelitli (Bayburt) civarında yüzeylenen granitoidik kayaların petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda yer alan inceleme alanının tabanında Eosen yaşlı andezit ve piroklastları bulunmaktadır. Bu birimler Eosen yaşlı Pelitli Granitoyidi (46 My, U-Pb zirkon) tarafından kesilmiş olup, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile uyumsuz olarak örtülmüştür.

Pelitli Granitoyidi elips şekilli olup, yaklaşık 16 km² lik bir alanda yüzeylenmiştir. Diyorit, tonalit, granodiorit ve granit bileşimli kayalardan oluşmuş olup, başlıca mineralleri plajiyoklas, ortoklas, kuvars, hornblend, biyotit ve az oranda piroksen oluşturur. Granitoid, genel olarak I-tipi, düşük-yüksek K'lu kalk-alkali karakterli olup, genellikle metalümin az oranda da peralümin karakterlidir. Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (LILE) ve hafif nadir toprak elementlerce (LREE) zenginleşmiş, kalıcılığı yüksek elementlerce (HFSE) tüketilmişlerdir. Pelitli Granitoyidini oluşturan kayaların (La/Lu)_N değerleri 5.6-12.2 arasında olup, negatif Eu anomalisi (Eu/Eu=0.3-0.9) gösterirler. Ana ve iz element değişimleri, granitoidin gelişiminde plajiyoklas, piroksen, hornblend ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir. Apatit-zirkon jeotermometresine göre hesaplanan kristallenme sıcaklıkları 690-897 °C arasındadır. Jeokimyasal veriler, granitoidin meta-magmatik (amfibolitik) kayaların kısmı ergimesinden türeyebileceğini göstermektedir.*

Anahtar Kelimeler: Doğu Pontid, Eosen, Pelitli Granitoyidi, Petrografi, Jeokimya

Petrographical and Geochemical Features of the Pelitli (Bayburt) Granitoid

Abstract

In this study, the granitoid rocks exposed in the Pelitli (Bayburt) area was investigated to determine its petrographical and geochemical characteristics. In the studied area located on the

* Gökhan ÇAKMAK, gokhan_cakmak69@hotmail.com, Tel: 0 507 707 1906

northern zone in the eastern Pontides, the basement is represented by Eocene aged andesite and pyroclastic rocks. These units are cut by the Eocene Pelitli Granitoid (46 Ma, U-Pb zircon) and are overlain uncorformably by Quaternary alluvium.

Pelitli Granitoid is in ellipse shape and settled approximately in an area of 16 km². The Pelitli Granitoid consists of diorite, tonalite, granodiorite and granite, and includes plagioclase, orthoclase, quartz, hornblende, biotite and rare pyroxene as main minerals. The rocks of the granitoid are generally I-type, low to high K calc-alkaline, metaluminous to slightly peraluminous characteristics. They are enriched in large ion lithophile elements (LILE) and light rare earth elements (LREE) relative to high field strength elements (HFSE). (La/Lu)_N values are between 5.6 and 12.2 with pronounced negative Eu anomalies (Eu/Eu = 0.3-0.9) of the Pelitli Granitoid rocks. Major and trace element variations indicate significant role of plagioclase, pyroxene, hornblende and Fe-Ti oxide fractionation during the evolution of granitoid. As determined by zircon and apatite saturation thermometry, the estimated crystallization temperatures range from 690 °C to 897 °C. The geochemical compositions of the Pelitli Granitoid suggest an origin through partial melting of meta-igneous (amphibolitic) source rocks.*

Key words: Eastern Pontides, Eocene, Pelitli Granitoid, Petrography, Geochemistry

1. Giriş

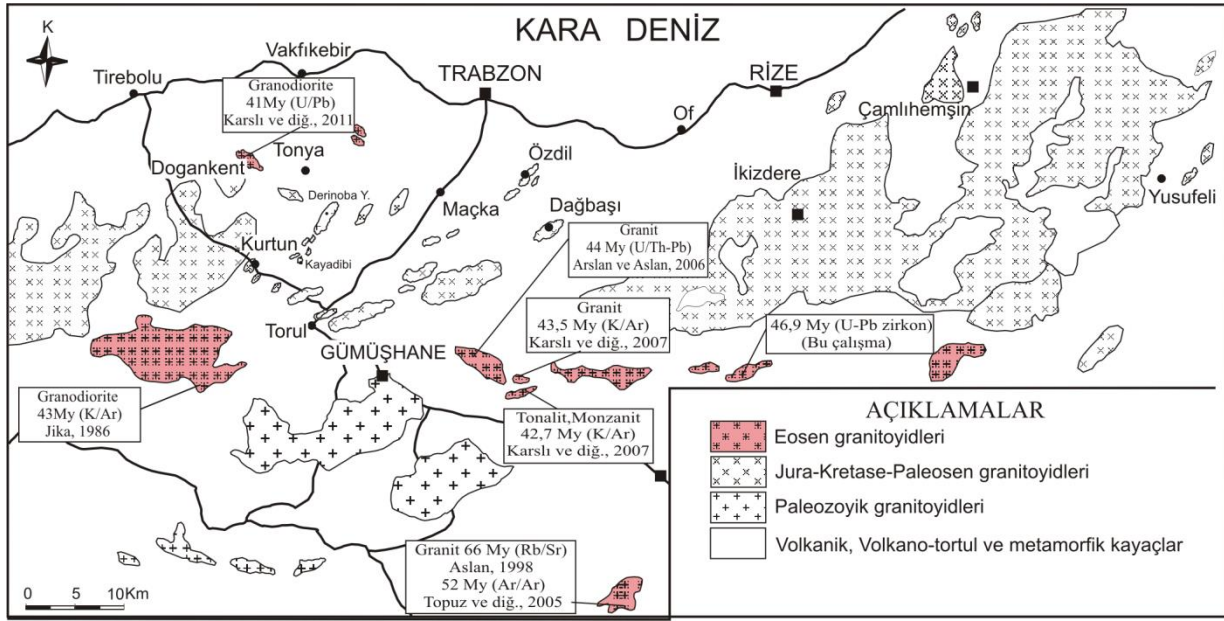
Alpin-Himalaya orojenik kuşağında yer alan Doğu Pontidler (KD Türkiye), volkanik ve plütonik kayaçların yaygın olarak gözlemlendiği önemli alanlardan biridir. Bölgede Permo-Karbonifer'den Eosen sonrasına kadar geniş bir yaş aralığında oluşmuş ve başlıca gabrodan granit kadar değişen türdeki irili ufaklı onlarca granitik sokulum bulunmaktadır (Şekil 1). Bu granitik plütonlar Paleozoyik, Kretase ve Eosen olmak üzere başlıca üç farklı zaman periyodunda sokulum yapmışlardır (Şekil 1). Bunlardan Paleozoyik yaşlı granitler metamorfik kayaçları keserek yerleşmiştir (Yılmaz, 1972; Coğulu, 1975; Topuz, 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2012a). Jura-Kretase-Paleosen granitoidleri yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayaçlarla dokanak ilişkisindedir (Jica, 1985; Köprübaşı vd., 2000; Boztuğ vd., 2002; Şahin vd., 2004; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2012b, 2013; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011; Karlı vd., 2010, 2012; Sipahi, 2011). Daha az sayıda Eosen ve sonrası granitler ise dar alanlarda tüm serileri kesmiş olarak görülürler (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Aslan vd., 1999; Boztuğ vd., 2002; Topuz vd., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Karlı vd., 2007; Eyuboğlu vd., 2011, 2013).

Doğu Pontid'lerdeki Eosen yaşlı plütonik kayaçların yaşları ile ilgili yapılan radyometrik çalışmalar sınırlı olup (Şekil 1), pek çok plütonun yaşı dokanak ilişkileri ve stratigrafik ilişkilerle göreceli olarak saptanmaya çalışılmıştır. Aslan (1998) çalışma alanının güneyindeki Saraycık Granitoidi'nin yaşını 66 My, Topuz vd., (2005) ise 52 My bulmuşlardır. Karlı vd., (2007) inceleme alanının batısında yer alan Dölek ve Sarıççek Plütonlarının yaşlarını 42-43 My olarak tesbit etmişlerdir. Eyuboğlu (2011), çalışma alanının batısında yer alan Aydın-tepe Granitoidi'nin yaşını 42 My olarak bulmuştur. İncelenen Pelitli Granitoidi'nin yaşına ilişkin herhangi bir jeokronolojik çalışma yapılmamıştır. İlk olarak bu çalışma ile Pelitli Granitoidi'nin yaşı 46.9 ± 0.68 My (U-Pb zircon) olarak tarafımızdan belirlenmiştir.

Bu makalede Pelitli Granitoidi'nin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri ortaya konularak, Doğu Pontid Eosen magmatizmasının gelişimine açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

2. Jeolojik Konum

Doğu Pontid Tektonik Birliği Kuzey Zonu'nda yer alan ve genelde volkanik ve plütonik kayaçların egemen olduğu çalışma alanında, en yaşlı kayaçları Eosen yaşlı birimler oluşturur



Şekil 1. Doğu Pontid’lerdeki plütonik kayaların dağılımı ve Eosen yaşlı olanlardan elde edilen jeokronolojik yaşlar.

(Şekil 2). Geniş bir alanda yüzeylen birim, başlıca andezit ve bunların piroklastitlerinden oluşmaktadır. Renkleri açık yeşilden koyu yeşile, griden siyaha doğru değişmektedir. Bu birimler yine Eosen yaşlı Pelitli Granitoyidi tarafından kesilmiştir (Çakmak, 2013). İnceleme alanının en genç birimini Kuvaterner yaşlı Alüvyonlar oluşturur.

Pelitli Granitoyidi, uzun eksenli kuzeydoğu-güneybatı istikametinde uzanım gösteren, elips şekilli yüzeylemeye sahip bir sokulundan oluşur (Şekil 2). Pelitli Granitoyidi yaklaşık 16 km² lik bir alanda yüzeyleme vermekte olup, 5-6 km uzunluğunda ve 3-4 km genişliğindedir. Pelitli Granitoyidi, Eosen volkanitlerini kesmiş olup, yan kayaçlar ile olan dokanaklarında yoğun şekilde epidotlaşma, kloritleşme ve silisleşme gözlenmiştir. Ayrıca dokanaklarda yer yer skarn zonları gelişmiştir. Pelitli Granitoyidi genelde sağlam bir görünüme sahiptir. Arenalaşma az olarak Pelitli Köyü batısı ve Üzengili Köyü doğusunda görülmektedir. Pelitli Granitoyidi mafik mikrogranüler anklav ve yan kayaç ksenoliti içermektedir. Anklavların tümü içinde buldukları kayaçlara göre daha ince taneli ve daha koyu renktedir.

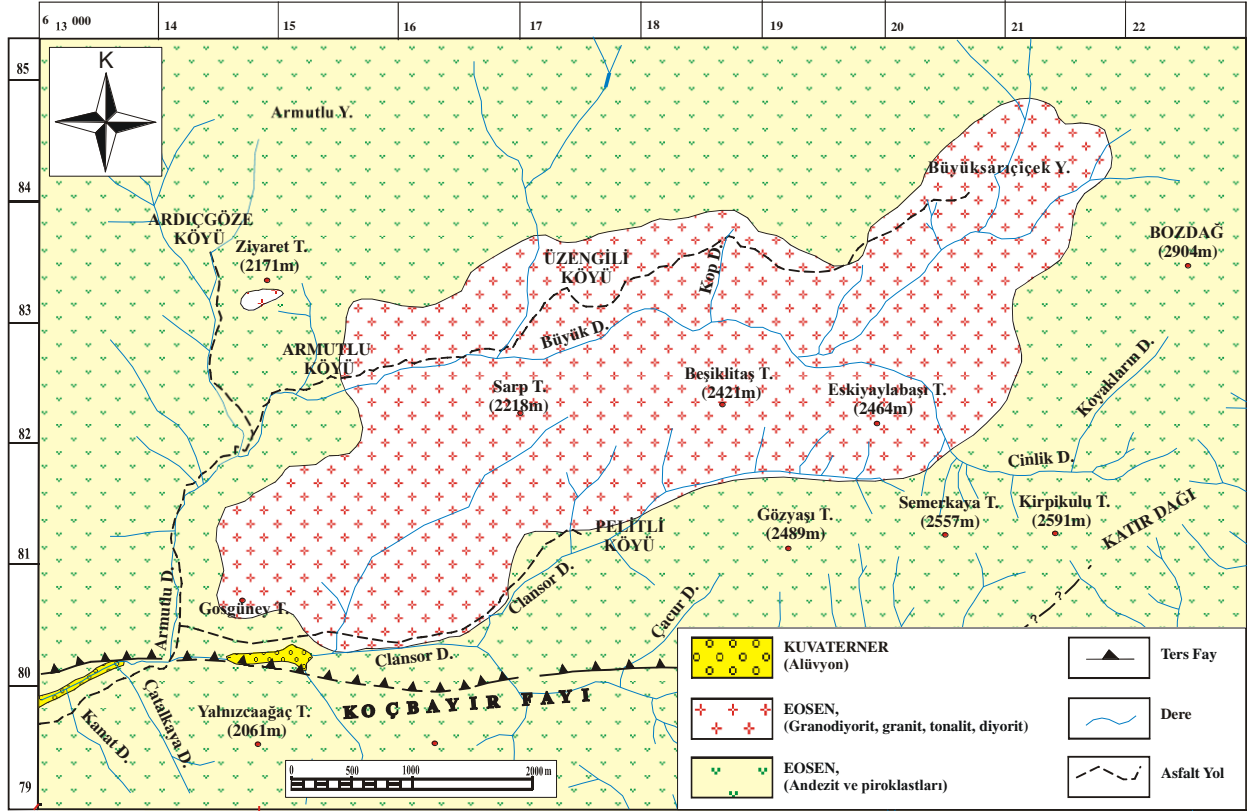
3. Analiz Yöntemleri

Çalışma kapsamında, araziden derlenen kayaç örneklerinin ince kesitleri hazırlanmış, polarizan mikroskopta ayrıntılı petrografik özellikleri belirlenmiş ve modal analizleri yapılmıştır. Pelitli Granitoyidi’ne ait 17 adet örneğin ana, iz element ve nadir toprak element analizleri Kanada da ACME Analiz (Vancouver, BC) laboratuvarında yapılmıştır. Ana ve iz elementler ICP yöntemiyle, nadir toprak elementler ise ICP-MS yöntemi ile analiz edilmiştir. Ana ve iz element analizleri için 0.2 gr toz örnek 1.5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, % 5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmesinden itibaren analiz edilirken, nadir toprak element analizleri, 0.250 gr toz örneğin dört farklı asit içinde çözündürülmesi ile analiz edilmiştir.

4. Sonuçlar

4.1. Petrografik Özellikler

Pelitli Granitoyidi’nin petrografik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Pelitli Granitoyidi kayaç örnekleri modal analize dayalı QAP diyagramına (Streckeisen, 1976) aktarıldığında (gösterilmemiş), diyorit, tonalit, granodiyorit ve monzogranit bileşimli kayaçlardan oluştuğu görülmektedir. Pelitli Granitoyidi’ni oluşturan diyoritlerin yayılımı çok az olup, plütonun



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Çakmak 2013'den değiştirilerek).

güneybatı kenar kısmında yer alırlar (Şekil 3). Diğer granitik kayalara nazaran mafik mineral içeriklerinin daha fazla olması, daha koyu renkte görülmeleri ve çok az orandaki kuvars içerikleri ile onlardan kolaylıkla ayırt edilirler. Tonalitler, granodiyoritlerden sonra yayılımı en fazla olan kayalardır. Plütonun kenar fasiyesini oluşturan bu birim, arazide açık gri renktedir. Granodiyoritler, Pelitli Granitoyidi'nde yayılımı en fazla olan kayaları oluştururlar. Genellikle tonalitlerin iç kısmında ve onları çevreleyen zon boyunca yer alır (Şekil 3). Monzogranitler, granodiyorite nazaran yayılımları daha azdır. Genellikle plütonun iç kısmında ve onları çevreleyen zon boyunca yer alır (Şekil 3). Genelde rengi açık gri ve yer yer pembemsi olan bu birim yer yer kaolinleşmiştir.

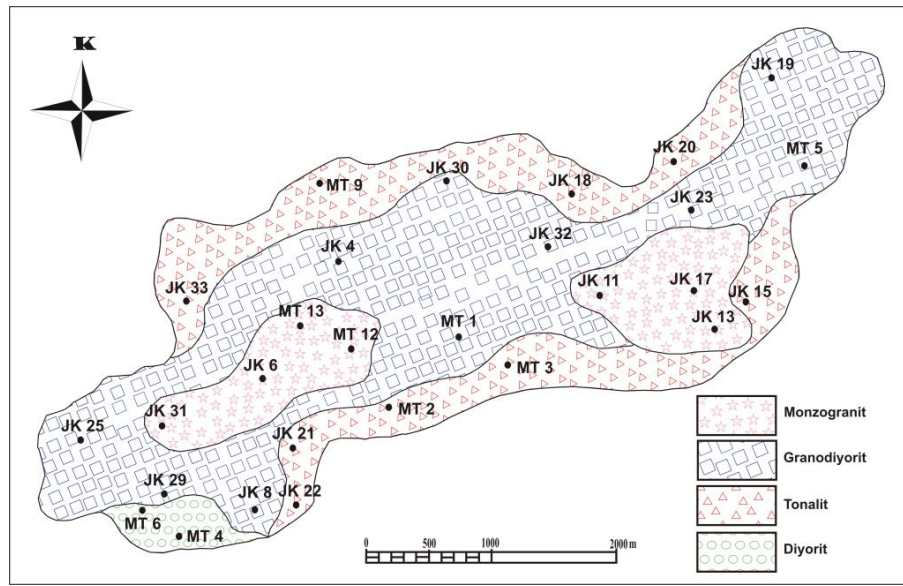
Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan kayalar genellikle tüm kristalli ince-orta taneli, porfirik, poikilitik, monzonitik, yer yer de mikrofrik ve granofirik dokular gösterir. Ana mineralleri plajiyoklas (% 31-80), kuvars (% 2-40), ortoklas (% 1-22), hornblend (% 1-9), biyotit (% 1-4) ve az oranda piroksen (% 2-4); aksesuar

mineralleri apatit, zirkon, opak mineraller ve ikincil mineralleri de serizit, klorit, kalsit, epidot ve kil mineraller oluşturur (Tablo 1). Plajiyoklaslar, yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller halinde tüm örneklerde yaygın olarak bulunmaktadır. Plajiyoklasların 010'a dik kesitlerinde yapılan cins tayinlerinde, bileşimlerinin oligoklas ve andezin arasında değiştiği görülmüştür.

Bu bileşim diyoritlerde An_{34-37} , tonalitlerde An_{32-34} , granodiyoritlerde An_{35-37} ve granitlerde An_{22-25} şeklindedir. Zonlanma gösteren kristallerde yaygın olarak halkalı zonlanma görülür. Kuvars, öz şekilsiz olarak ortoklasla birlikte diğer minerallerin arasını doldurur. Genellikle dalgalı sönme gösterirler. Ortoklas, öz şekilsiz kristaller halinde diğer minerallerin arasını doldururlar. Genellikle mikropertitik yapıda olup, bazı minerallerde karlsbad ikizi belirgindir. Hornblend, öz ve yarı öz şekilli levhamsı prizmatik kristaller halindedir. Bazı kesitlerde dilinim ve kenarlar boyunca yer yer kloritleşmiş olarak gözükürler. Biyotitler öz ve yarı öz şekilli kristaller halinde olup,

Tablo 1. Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan kayaların petrografik özellikleri.

Kayaç birimleri	Diyorit	Tonalit	Granodiyorit	Monzogranit
Doku	Tüm kristalli	Tüm kristalli	Tüm kristalli, mirmekitik	Tüm kristalli, poikitik, monzonitik, mikrografik
Tane boyutu	İnce-orta	İnce-orta, yer yer porfirik	İnce-orta, yer yer porfirik	İnce-orta
Modal mineraller	Min-max	Min-max	Min-max	Min-max
Plajiyoklas	80	55-63	45-49	31-37
Kuvars	2-3	31-35	27-36	38-40
Ortoklas	1-2	3-4	8-14	21-22
Hornblend	9	1-3	2-6	1
Biyotit	1	1-2	1-4	1-3
Piroksen	2-4	-	-	-
Aksesuar mineraller	Apatit, opak mineral	Apatit, zirkon, opak mineral	Apatit, zirkon, opak mineral	Apatit, zirkon, opak mineral
İkincil mineraller	Serizit, klorit, kalsit, kil min.	Serizit, klorit, epidot, kil min.	Serizit, klorit, kalsit, kil min.	Serizit, kalsit, klorit, kil mineralleri



Şekil 3. Modal analizi yapılan örneklerin plütondaki konumları ve modal bileşimlerinden itibaren hazırlanan zonlanma haritası (Çakmak 2013'den değiştirilerek).

hornblende oranla daha az oranda bulunurlar. Piroksenler az oranda olup, genellikle diyoritlerde gözlenirler. Apatitler genellikle iğnemsî şekillerde kuvars ve feldispat içinde kapanımlar halinde bulunurlar. Zirkon, öz şekilli küçük prizmatik kristaller halinde tüm kayalarda gözlenirler.

5. Pelitli Granitoyidi'nin Jeokimyasal Özellikleri

5.1. Ana ve İz Elementler

Pelitli Granitoyidi'ne ait 17 adet örneğin ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları Tablo

2'de verilmiştir. Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan kayaç örneklerin SiO₂ değerleri geniş bir aralıkta (% 57-77) değişmekte olup, bu değerler diyoritlerde en düşük (% 57-58), granitlerde ise en yüksek (% 73-77)'tir. Örneklerin K₂O / Na₂O oranları 0.19-0.23 arasında değişirken, A / CNK (molar Al₂O₃ / CaO + Na₂O + K₂O) değerleri 0.80-1.15 arasında, magnezyum numaraları [100 x (MgO / MgO + ΣFe₂O₃)] ise 19.10-33.30 arasında değişmektedir.

Jeokimyasal analizler (Na₂O + K₂O) - SiO₂ diyagramına düşürüldüğünde, Pelitli Granitoyidi'nin subalkalen karakterli diyorit, tonalit, granodiyorit ve granit bileşimli

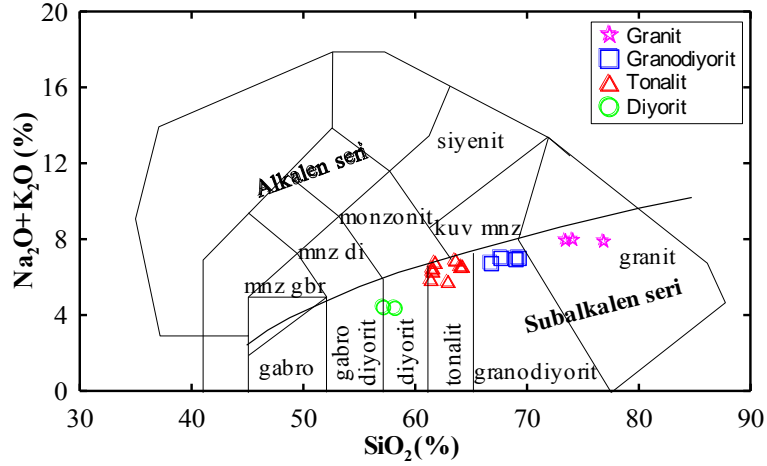
Tablo 2. Pelitli Granitoyidi'ne ait kayaçların ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analizleri.

Kayaç Adı Örnek. No	Diyorit		Tonalit							
	MT6	MT4	JK20	MT2	JK22	MT3	JK18	JK21	JK15	MT9
SiO ₂	57.01	58.04	61.26	61.42	61.43	61.63	62.79	63.47	63.92	64.07
TiO ₂	0.79	0.78	0.68	0.71	0.63	0.68	0.63	0.57	0.61	0.53
Al ₂ O ₃	16.62	16.53	15.78	15.90	15.74	15.99	15.35	15.84	15.31	15.43
Fe ₂ O ₃ ^T	7.51	7.44	5.92	5.75	5.84	5.76	5.75	4.04	5.38	5.03
MnO	0.12	0.11	0.07	0.11	0.09	0.12	0.11	0.07	0.14	0.08
MgO	3.75	3.62	2.82	2.75	2.52	2.68	2.32	2.33	2.15	2.09
CaO	7.55	7.43	5.28	5.40	4.73	5.13	4.72	5.05	3.88	4.47
Na ₂ O	3.76	3.61	3.78	3.18	3.30	3.36	3.54	3.29	3.83	3.04
K ₂ O	0.72	0.83	2.19	3.23	3.28	3.51	2.32	3.71	2.82	3.63
P ₂ O ₅	0.22	0.21	0.15	0.19	0.19	0.18	0.15	0.16	0.16	0.17
LOI	1.80	1.20	1.90	1.10	2.00	0.70	2.10	1.20	1.60	1.20
Toplam	99.85	99.80	99.83	99.74	99.75	99.74	99.78	99.73	99.80	99.74
Ni	5.50	5.30	4.70	5.80	8.10	4.90	5.10	3.20	4.30	7.10
V	198.00	192.00	155.00	142.00	139.00	132.00	146.00	122.00	123.00	107.00
Cu	6.80	6.20	5.30	10.20	12.40	46.50	3.30	2.40	11.20	51.70
Pb	2.70	2.50	3.30	5.20	9.40	8.60	3.00	5.50	2.20	10.40
Zn	12.00	14.00	22.00	13.00	47.00	14.00	27.00	15.00	33.00	38.00
W	0.5	0.4	1.20	0.60	0.5	0.70	0.70	0.5	0.5	0.90
Rb	26.10	27.80	26.40	88.40	93.40	87.80	31.10	55.70	40.40	113.30
Ba	201.00	261.00	877.00	798.00	841.00	761.00	1083.00	1111.00	1015.00	918.00
Sr	434.00	411.00	352.40	379.50	470.20	354.70	341.60	434.70	304.10	418.20
Ta	0.50	0.60	0.50	0.70	0.80	0.70	0.40	0.80	0.60	0.90
Nb	9.30	9.80	8.00	11.70	12.00	10.70	8.30	11.50	9.60	10.60
Hf	3.10	3.20	3.40	4.30	4.60	4.70	4.10	3.80	5.10	4.20
Zr	97.30	98.60	149.90	174.10	171.10	185.20	166.70	162.10	189.40	162.90
Y	20.40	21.10	24.30	21.60	22.10	21.50	26.70	20.10	26.50	18.50
Th	8.20	8.70	6.30	10.90	13.10	11.40	6.80	13.60	7.70	12.10
U	1.40	1.50	1.80	1.90	2.50	2.60	1.60	3.00	2.20	2.40
Ga	15.50	15.10	15.40	15.70	15.80	14.90	15.40	14.10	15.30	14.20
La	21.90	22.20	20.00	29.30	37.20	26.70	24.50	29.90	26.40	35.40
Ce	44.30	44.80	41.40	55.90	67.90	52.50	46.30	61.70	48.30	63.70
Pr	5.13	5.15	4.77	6.23	7.25	5.78	5.38	6.82	5.64	6.54
Nd	18.60	18.80	18.50	23.00	25.80	21.50	21.40	23.70	21.50	21.40
Sm	4.14	4.12	3.92	4.17	4.51	4.07	4.20	4.17	4.23	4.15
Eu	0.94	0.93	0.92	1.02	1.04	0.98	0.95	0.93	0.98	0.93
Gd	3.99	3.92	4.00	4.28	4.07	3.63	4.35	3.92	4.61	3.44
Tb	0.65	0.64	0.66	0.67	0.66	0.63	0.70	0.61	0.77	0.56
Dy	3.66	3.64	4.48	3.49	3.49	3.16	3.92	3.49	4.20	3.01
Ho	0.77	0.75	0.87	0.76	0.75	0.74	0.94	0.76	0.93	0.67
Er	2.15	2.13	2.83	2.46	2.34	2.12	2.75	2.31	3.23	1.94
Tm	0.35	0.34	0.41	0.37	0.38	0.36	0.45	0.39	0.47	0.31
Yb	2.13	2.11	2.38	2.30	2.27	2.10	2.68	2.17	2.81	1.99
Lu	0.36	0.35	0.40	0.35	0.37	0.35	0.44	0.35	0.46	0.30
(La/Lu) _N	6.30	6.57	5.18	8.67	10.41	7.90	5.77	8.85	5.94	12.22
Eu=Eu/Eu*	0.70	0.70	0.70	0.73	0.73	0.76	0.67	0.69	0.67	0.73
Mg #	33.30	32.73	32.27	32.35	30.14	31.75	28.75	36.58	28.55	29.35
A /CNK	0.80	0.81	0.87	0.86	0.90	0.86	0.91	0.85	0.93	0.90
K ₂ O/Na ₂ O	0.19	0.23	0.58	1.02	0.99	1.04	0.66	1.13	0.74	1.19

Tablo 2'nin devamı

Kayaç Adı Örnek. No	Granodiyorit			Granit			
	JK25	JK30	JK19	JK29	JK31	JK13	JK17
SiO ₂	66.66	67.52	68.85	69.15	73.28	73.94	76.71
TiO ₂	0.44	0.42	0.35	0.34	0.31	0.30	0.19
Al ₂ O ₃	15.12	14.85	14.68	14.65	13.28	13.17	12.31
Fe ₂ O ₃ ^T	4.02	3.92	3.42	3.25	2.27	2.33	1.52
MnO	0.10	0.09	0.04	0.03	0.06	0.05	0.02
MgO	1.58	1.42	0.83	0.81	0.54	0.55	0.41
CaO	3.94	3.55	2.55	2.46	0.29	0.30	0.26
Na ₂ O	2.89	2.95	2.93	2.88	4.17	4.15	4.01
K ₂ O	3.90	4.12	4.08	4.19	3.84	3.90	3.95
P ₂ O ₅	0.13	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.02
LOI	1.00	0.90	1.20	1.30	1.10	1.00	0.50
Toplam	99.78	99.85	99.02	99.14	99.20	99.74	99.90
Ni	4.00	3.80	1.80	1.70	1.50	0.70	0.80
V	86.00	82.00	51.00	48.00	21.00	20.00	10.00
Cu	5.90	5.60	19.30	19.10	4.20	2.60	1,10
Pb	6.10	6.30	11.60	11.20	6.80	4.50	0,80
Zn	24.00	25.00	10.00	11.00	12.00	20.00	8,00
W	0.60	0.50	0.5	0.4	1.70	1.30	0.5
Rb	97.00	102.00	96.80	97.20	77.30	80.40	99.50
Ba	1177.00	1203.00	860.00	895.00	906.00	894.00	1282.00
Sr	371.20	355.60	221.40	201.20	73.50	74.20	63.10
Ta	0.80	0.70	0.70	0.80	0.80	1.60	0.80
Nb	10.50	10.70	8.90	11.20	12.50	12.40	12.60
Hf	3.90	3.80	4.40	4.80	6.70	6.90	5.90
Zr	152.40	155.60	159.70	179.20	245.20	239.70	253.70
Y	16.70	16.50	21.20	21.10	42.60	40.00	44.00
Th	12.30	12.20	12.20	12.40	11.40	10.90	12.60
U	1.60	1.50	2.90	2.80	2.70	2.60	2.90
Ga	13.70	13.60	13.20	13.10	14.30	14.40	12.50
La	18.80	18.90	27.70	27.90	35.10	35.00	62.30
Ce	36.50	36.70	50.70	50.90	59.60	58.80	69.70
Pr	4.02	4.03	5.49	5.52	7.66	7.47	10.90
Nd	15.50	15.60	19.30	19.20	29.80	27.00	39.80
Sm	3.06	3.07	3.71	3.69	6.06	5.58	7.02
Eu	0.75	0.74	0.66	0.64	0.95	0.98	0.75
Gd	2.72	2.71	3.41	3.40	6.33	6.50	7.47
Tb	0.46	0.45	0.56	0.54	1.10	1.07	1.17
Dy	2.64	2.63	3.16	3.15	6.43	6.36	6.70
Ho	0.56	0.55	0.76	0.74	1.47	1.41	1.44
Er	1.93	1.91	2.25	2.23	4.70	4.45	4.58
Tm	0.28	0.27	0.37	0.36	0.71	0.72	0.72
Yb	1.76	1.75	2.25	2.23	4.56	4.85	4.74
Lu	0.29	0.28	0.36	0.34	0.70	0.71	0.74
(La/Lu) _N	6.71	6.99	7.97	8.50	5.19	5.10	8.72
Eu=Eu/Eu*	0.78	0.77	0.56	0.54	0.47	0.50	0.31
Mg #	28.21	26.59	19.53	19.95	19.22	19.10	21.24
A /CNK	0.94	0.94	1.06	1.07	1.15	1.14	1.09
K ₂ O/Na ₂ O	1.35	1.40	1.39	1.45	0.92	0.94	0.99

LOI :Toplam uçucu içeriği. Mg# = 100xMgO/(MgO+ Fe₂O₃^T). A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O).
Fe₂O₃: Toplam demir. Eu*=(Sm+Gd)_N /2



Şekil 4. Pelitli Granitoyidi'ne ait örneklerin sınıflaması (Middlemost, 1994).
mnz: monzonit, kuv: kuvars, di: diyorit, gbr: gabro

kayaçlardan oluştuğu görülmektedir (Şekil 4).

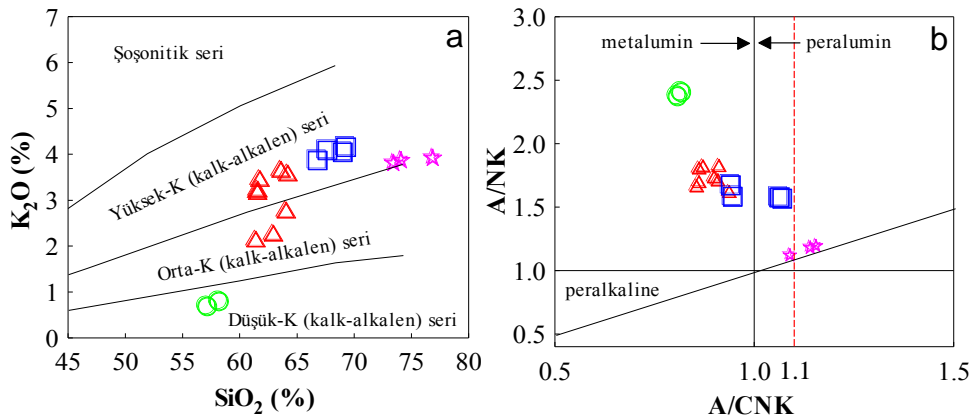
Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan kayaçlardan diyorite ait örnekler K₂O-SiO₂ diyagramında düşük potasyum; tonalite ait örnekler orta-yüksek potasyum; granit ve granodiyoritlere ait örnekler ise yüksek potasyum içeriğine sahiptirler (Şekil 5a).

Molar A/CNK-A/NK diyagramında granit ve bir kısım granodiyorit örnekleri hariç diğer tüm örnekler metalümin karakterli, granitler ise peralümin karakterlidir (Şekil 5b).

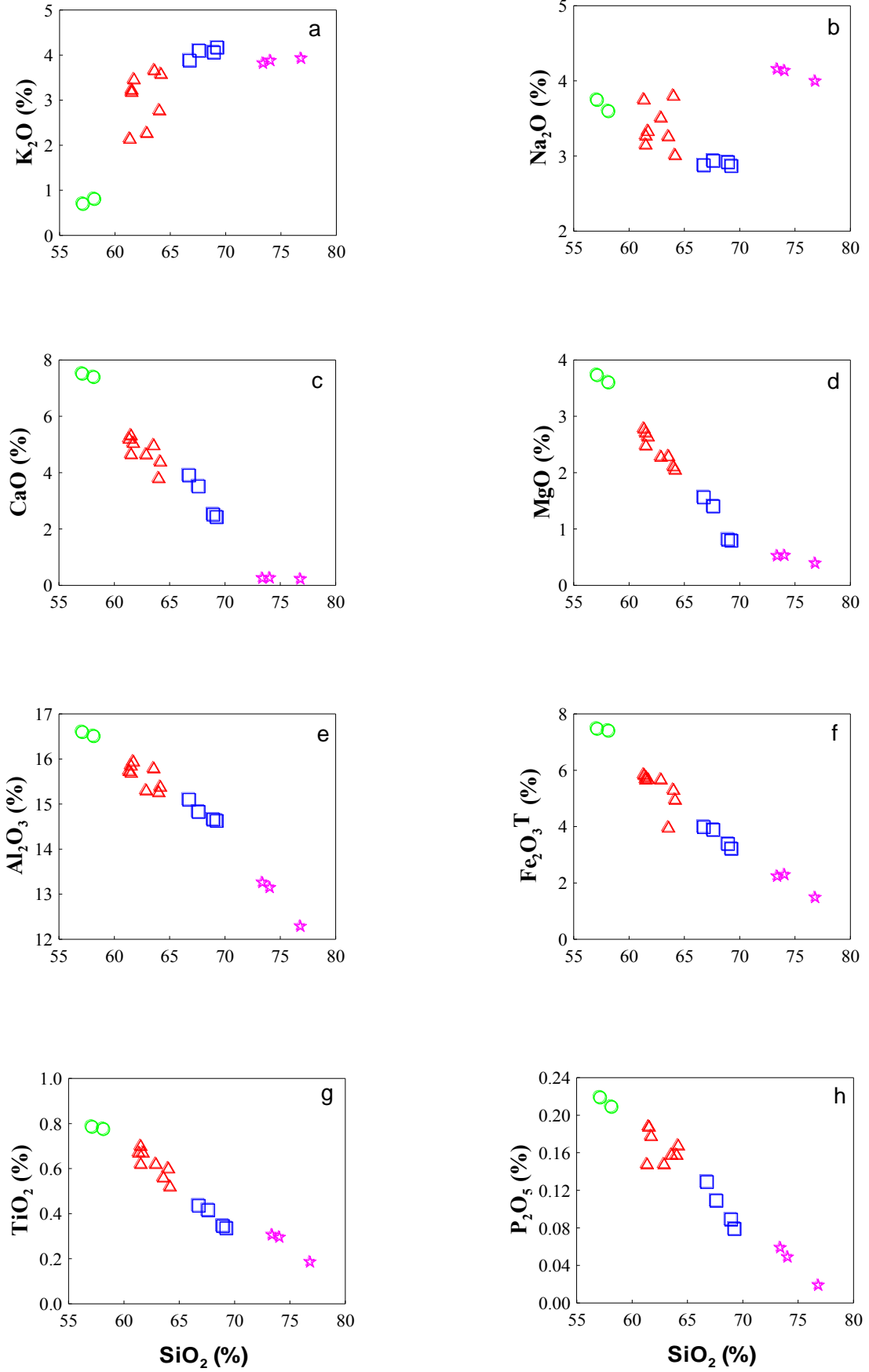
Ana element değişim diyagramlarında SiO₂'ye karşı TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃^T, MgO, CaO, Na₂O ve P₂O₅ arasında iyi derecede negatif bir korelasyon görülmektedir (Şekil 6). Buna karşın, SiO₂ değerleri arttıkça K₂O değeri de

artmaktadır. İz element değişim diyagramlarında ise SiO₂'ye karşı Zr, Ba, Rb, Th, Y ve Nb pozitif bir korelasyon gösterirken Sr ve Ni'de ise negatif bir korelasyon mevcuttur (Şekil 7).

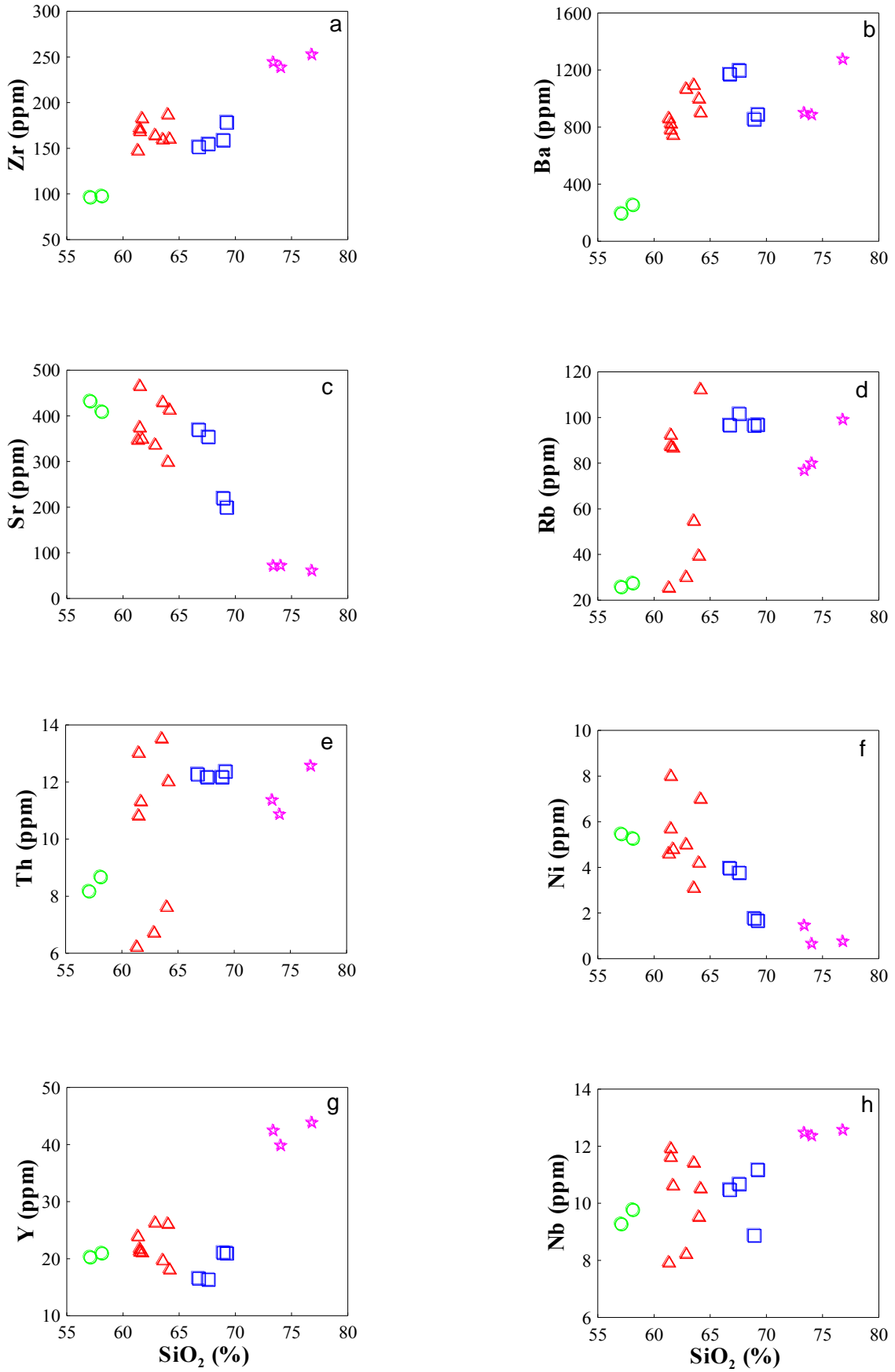
Örneklerin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında (Şekil 8a) genel olarak zenginleşme görülmektedir. Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LILE) (Rb, Ba, Th, U)'de oldukça fazladır. Nb, Ta, Ti, P'da oldukça belirgin olan negatif bir anomali gözlenmektedir. Özellikle Th ve Rb gibi elementlerdeki zenginleşme kabuk etkisini yansıtmaktadır. Negatif Nb anomalisi, kayaçların ana magmasının gelişiminde, yitim bileşeninin etken bir rol oynadığını göstermektedir.



Şekil 5. Pelitli Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin a) K₂O-SiO₂ diyagramı (Le Maitre vd., 1989), b) molar A/CNK - A/NK diyagramı (Mainar ve Piccoli, 1989).

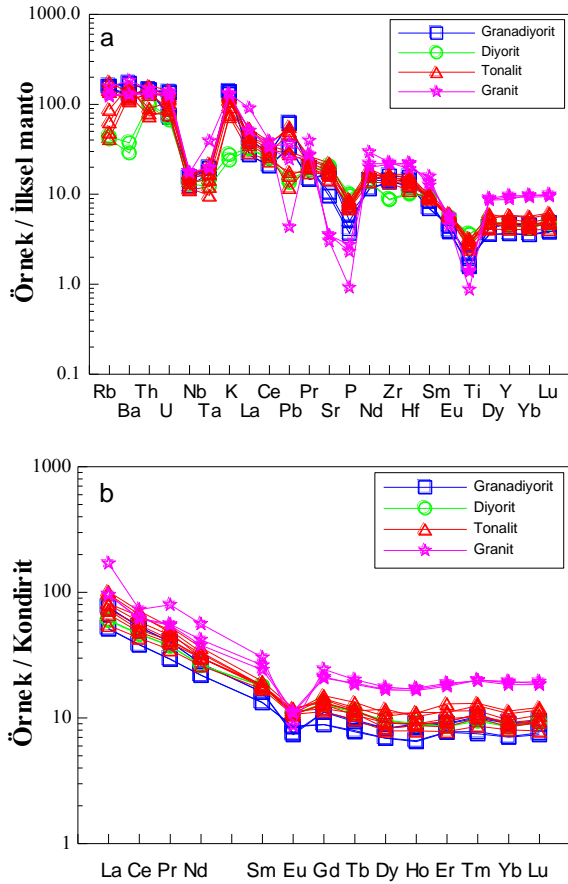


Şekil 6. Pelitli Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana element değişim diyagramları (Semboller Şekil 4'deki gibidir).



Şekil 7. Pelitli Granitoidi'ne ait kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı iz element değişim diyagramları (Semboller Şekil 4'deki gibidir).

Kayaçların kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında tüm örnekler birbirlerine çok iyi paralellik göstermektedir (Şekil 8b). Bu, granitoyidi oluşturan kayaçların aynı kökenden türediklerini belirtir. Kayaçlarda hafif nadir toprak element zenginleşmesinin, orta ve ağır nadir toprak element zenginleşmesine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Örneklerin $(La/Lu)_N$ değerleri 5.56-12.22 arasındadır. Örneklerde negatif Eu anomalisi gözlenmekte olup, $(Eu/Eu^*)_N$ değerleri 0.31-0.92 arasında değişmektedir.



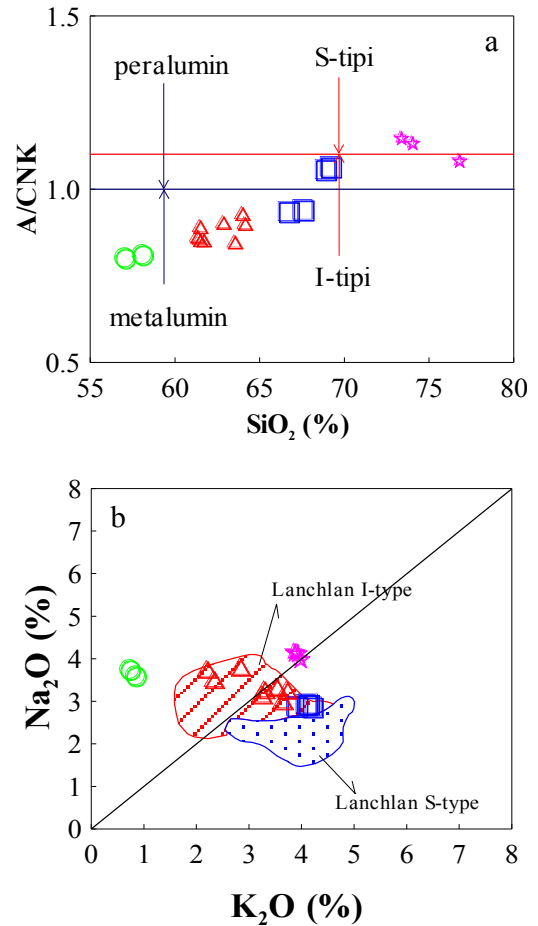
Şekil 8. Pelitli Granitoyidi'ne ait kayaçların a) primitif mantoya (Sun ve McDonough, 1989), b) kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.

6. Tektonik Konum

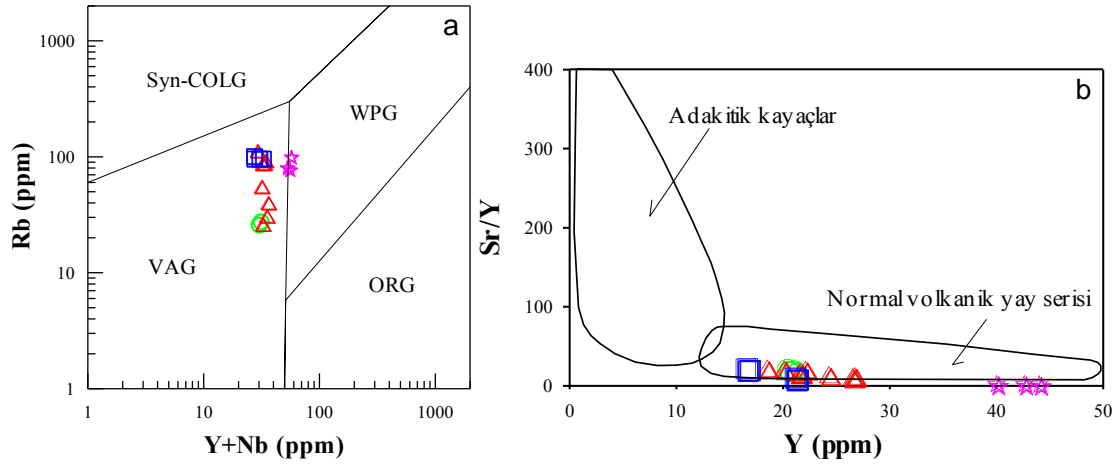
SiO_2 'ye karşı molar A/CNK diyagramında (Chappel ve White, 1974) örneklerin büyük bir çoğunluğu volkanik yayların tipik granitoyidleri olan I tipi granitoyidler alanında yer alırlar

(Şekil 9a). SiO_2 'ye karşı negatif P_2O_5 korelasyonu I-tipi trendi desteklemektedir (Şekil 6). Pelitli Granitoyidi'ne ait örnekler Lachlan Kuşağı'nın I- ve S-tipi granitler (Chappel ve White, 1974) ile karşılaştırılmış olup, örneklerin büyük çoğunluğu Lachlan Kıvrım Kuşağı'ndaki I-tipi granitler ile aynı alana düşmektedir (Şekil 9b).

İz element konsantrasyonlarını ele alan Rb-(Nb+Y) diyagramında (Pearce, 1996) Pelitli Granitoyidi'ne ait örnekler volkanik yay granitoyidleri (VAG) alanında yer alır (Şekil 10a). Sr/Y-Y diyagramında (Defant ve Drummond, 1990) örnekler normal volkanik yay serisi alanında toplanmaktadır (Şekil 10b).



Şekil 9. Pelitli Granitoyidi'ne ait örneklerin; a) SiO_2 'ye karşı A/CNK değişimleri (Chappel ve White, 1974); b) Na_2O - K_2O (%) diyagramı. Lachlan Kıvrım Kusağı I-S tipi alanları (Chappel ve White, 1974) (Semboller Şekil 4'deki gibidir).



Şekil 10. Pelitli Granitoyidi'ne ait örneklerin (a) Rb-(Y+Nb) diyagramlarındaki (Pearce, 1996); b) Sr/Y - Y diyagramındaki (Defant ve Drummond, 1990) konumları. WPG: levha içi granitler, Syn-COLG: çarpışmayla eş zamanlı granitler, VAG: volkanik yay granitoidleri, ORG: okyanus ortası sırtı granitleri (Semboller Şekil 4'deki gibidir).

7. Zirkon ve Apatit Jeotermometresi

Apatit ve zirkon doygunluk sıcaklığı (Watson ve Harrison, 1983; Hanchar ve Watson, 2003; Miller vd., 2003), kayaç örneklerinin tüm kayaç jeokimyasal analizlerinden hesaplanır. Sıcaklık değerleri, sokulum yapan magmanın maksimum ya da minimum sıcaklığına ve ergiyiğin bu bileşenlerce doymuş yada doymamış olmasına bağlı olarak değişim gösterirler.

Ana kayaçların zirkon değerlerinden yapılan hesaplamalarda, Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan

diyoritlerin kristallenme sıcaklıkları 690-694 °C, granodiyoritlerin 765-799 °C, tonalitlerin 743-778 °C ve granitlerin 838-842 °C arasında değişmektedir (Tablo 3). Ana kayaçlardaki apatitlerden yapılan hesaplamalarda, Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan diyoritlerin kristallenme sıcaklıkları 839-847 °C, granodiyoritlerin 873-896 °C, tonalitlerin 849-897 °C ve granitlerin 826-887 °C arasında değişmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Pelitli Granitoyidi'nde hesaplanan minimum ve maksimum sıcaklık değerleri.

Kayaç türü	Diorit (n=2)	Granodiorit (n=4)	Tonalit (n=8)	Granit (n=3)
	Min-max	Min-max	Min-max	Min-max
T °C (Zirkon)	690-694	765-799	743-778	838-842
T(AP) HW (Apatit)	839-847	873-896	849-897	826-887

8. Tartışma

8.1. Pelitli Granitoidinin Petrolojisi

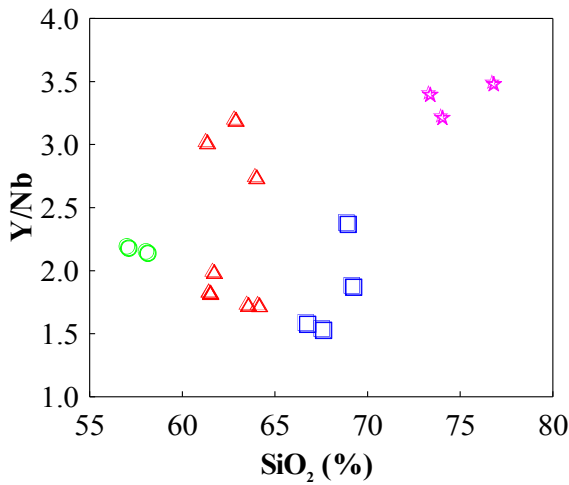
Fraksiyonel Kristallenme (FC) - AFC

Pelitli Granitoyidi'ne ait kayaçların ana ve iz element değişimlerinde gözlenen iyi derecede korelasyonlar, bu kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristalleşmenin önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Harker

diyagramlarında (Şekil 6 ve 7), SiO₂ artışıyla Al₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, Fe₂O₃^T, P₂O₅, Sr ve Ni azalması; K₂O ve Rb artışı plajiyoklas, hornblende, piroksen, apatit ve titanit fraksiyonlaşması ile ilişkilidir. SiO₂ artışıyla K₂O ve Rb artışı, K-feldispat ve biyotitin fraksiyonlaşmada önemli bir rol oynamadığını gösterir. Negatif Ti ve Nb anomalisi Ti-ıçerikli fazların fraksiyonlaşmasıyla; negatif P anomalisi de apatit ayrışması ile ilişkilidir. Kuvvetli negatif Eu anomalileri plajiyoklas

ya/yada K-feldspat fraksiyonlaşması ile ilişkilidir. Keza plajiyoklas fraksiyonlaşması negatif Sr ve Eu anomalilerini, K-feldspat fraksiyonlaşması da negatif Ba ve Eu anomalilerini oluşturur.

Y/Nb'a karşı SiO_2 diyagramında gözlenen pozitif yönelim (Şekil 11), kabuksal asimilasyonla ilgili olabilir. Keza yatay trendler kabuksal asimilasyonun önemli olmadığına işaret eder. Ayrıca, incelenen örneklerde gözlenen az belirgin negatif Nb anomalisi, yitim bileşeni ve/veya kabuk kirlenmesinden kaynaklanabilir.



Şekil 11. Pelitli Granitoyidi'ne ait örneklerin SiO_2 'ye karşı Y/Nb diyagramındaki konumları (Semboller Şekil 4'deki gibidir).

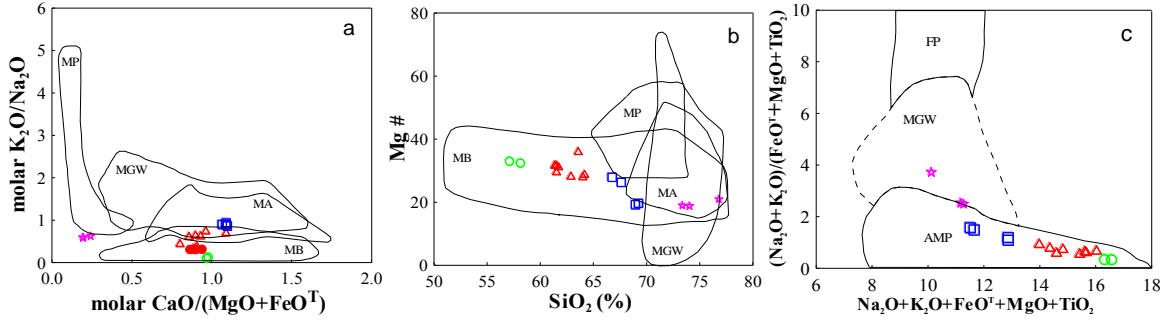
8.2. Pelitli Granitoyidini Oluşturan Magmanın Kökeni

Felsik magmalar; (1) manto kökenli bazaltik ana magmalardan fraksiyonel kristallenme (FC) veya AFC (assimilasyon+fraksiyonel kristallenme) olayları ile türeyebilir (Grove ve Donnelly-Nolan, 1986; Bacon ve Druitt, 1988); (2) manto kökenli bazaltik magmaların kabuk kayaçlarını ergitmesi için ısı sağlaması esas alınmakta (Bullen ve Clyne, 1990; Roberts ve Clemens, 1993; Teper vd., 1993; Guffanti vd., 1996) olup, felsik magmalar mafik-ortaç bileşimli metamagmatik (Rapp ve Watson, 1995; Singh ve Johannes, 1996) ya da metasedimenter (Patino Douce ve Beard, 1996; Stevens vd., 1997) kayaçların kısmı

ergimesinden türeyebilmektedir. Birinci model incelenen Eosen yaşlı granitlerin kökenleri için geçersizdir. Çünkü incelenen Eosen yaşlı granitik intrüzyonların jeokimyasal verilerinin hiçbirinde bazik bileşim yoktur (örneklerin SiO_2 içeriği % 57-77 arasında, Mg# 19-33 arasında ve Ni içerikleri 1-8 arasındadır). Bu tür geniş hacimli felsik magmalar, mantodan türemiş mafik magmaların farklılaşması ile açıklanamaz. Buna ek olarak, kayaç bileşimleri gabrodan granodiyorite veya lökogrante doğru bir farklılaşmayı temsil etmemektedir. Tüm bu özellikler, granitoyidi oluşturan magmanın bazik bir ana magmadan AFC olayı ile türemediğini göstermektedir. Granitoyid ailesi kayaçlarını meydana getiren magmalar, genellikle metasedimenter ve/veya metamagmatik kayaçların dehidrasyonu sonucu kısmi ergimesi ile meydana gelmektedirler (Patino Douce ve Johnston, 1991; Atherton ve Petford, 1993; Rapp, 1995; Rapp ve Watson, 1995; Gardien vd., 1995; Patino Douce ve Beard, 1996; Singh ve Johannes, 1996; Thompson, 1996; Stevens vd., 1997).

Magmanın bileşimindeki farklılıklar, değişken ergime koşulları altında, amfibolit, tonalitik gnays, metagrovak ve metapelit gibi farklı kaynak kayaçların kısmi ergimesi sonucu oluşabilir ve durum molar $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$, $\text{CaO} / (\text{MgO} + \text{FeO}^T)$, $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{FeO}^T + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$ ve $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{FeO}^T + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$ gibi molar oksit oranları ile ortaya konulabilir (Şekil 12).

Pelitli Granitoyidi'nde gözlenen düşük $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, ASI ve $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) / (\text{FeO}^T+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$ 'ye karşı daha yüksek $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} + \text{FeO}^T + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$ içerikleri (Şekil 12), granitoyidi oluşturan kayaçların kökeninde meta-bazaltik (amfibolitik) kayaçların bulunabileceğini göstermektedir. Özet olarak veriler Pelitli Granitoyidi'nin kaynak alanının Pontid kıtasal kabuğunun tabanını oluşturan meta-magmatik kayaçlardan oluşmuş heterojen yapıda olduğunu göstermektedir.



Şekil 12. (a-c) Pelitli Granitoidi'nin kimyasal bileşimi. Şekil içi alanlar çeşitli bileşimdeki kayaların, susuz ergime koşullarında, deneysel çalışmalarla elde edilen kısmi ergime bileşimlerini göstermektedir. MB: metabazaltlar, MA: meta-andezitler, MGW: metagrovaklar, MP: metapelitler, AMP: amfibolitler. Kaynaklar: Vielzeuf ve Holloway (1988), Patino Douce ve Johnston (1991), Rapp vd., (1991), Gardien vd., (1995), Rapp ve Watson (1995), Patino Douce ve Beard (1996), Stevens vd., (1997), Skjerlie ve Johnston (1996), Patino Douce ve McCarthy (1998) (Semboller Şekil 4'deki gibidir).

9. Sonuçlar

Pelitli Granitoidi elips şekilli olup diyorit, tonalit, granodiorit ve granit bileşimli kayalardan oluşmuştur.

Pelitli Granitoidi'nin yaşı U-Pb zirkon yöntemine göre $46.9 \pm 0.68\text{My}'$ dir.

Pelitli Granitoidi, genel olarak I-tipi, düşük ve yüksek derecede K içeriğine sahip, genellikle metalümin karakterli ve kalkalkali özellik göstermektedir.

Ana ve iz element değişimleri, granitoidin gelişiminde plajiyoklas, piroksen, hornblend ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir.

Apatit-zirkon jeotermometresine göre hesaplanan kristallenme sıcaklıkları $690-897\text{ }^\circ\text{C}$ arasındadır.

Pelitli Granitoidi'ni meydana getiren magma mafik-ortaç bileşimli meta-magmatik (amfibolitik) kayaların kısmi ergimesi ile oluşmuşlardır.

Teşekkür

Bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (GÜBAB) (Proje No: 2013.F5114.02.1) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- 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.
- Aslan, Z., 1998, Saraycık-Sarıhan Granitoidleri (Bayburt) ve Çevre Kayalarının Petrolojisi, Jeokimyası ve Sarıhan Granitoidinin Jeokronolojik İncelenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aslan, Z., Arslan, M., Şen, C., 1999, Doğu Pontidlerin Kuzey ve Güney Zonlarında Yüzeyleyen Eosen Yaşlı Granitik Sokulumların Karşılaştırılmalı Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, s.223–230.
- Atherton, M.P., Petford, N., 1993, Generation of Sodium-Rich Magmas from Newly Underplated Basaltic Crust, *Nature*, 362, 144–146.
- Bacon, C.R., Druitt, T.H., 1988, Compositional Evolution of the Zoned Calc-alkaline Magma Chamber of Mount Mazama,

- Crater Lake, Oregon, Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 224–256.
- Boztuğ, D., Wagner, G.A., Erçin, A.İ., Göç, D., Yeğingil, Z., İskenderoğlu, A., Kuruçelik, M.K., Kömür, İ., Güngör, Y., 2002, Sphe-ne and Zircon Fission-Track Geochronology Unravelling Subduction- and Collision-Related Magma Surges in the Composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea Region, Turkey. International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering, İstanbul, Turkey, Abstracts, p.121.
- Bullen, T.D., Clynne, M.A., 1990, Trace Element and Isotopic Constraints on Magmatic Evolution at Lassen Volcanic Center, Journal of Geophysical Research, 95, 19671–19691.
- Chappell, B.W., White, A.J.R., 1974, Two Contrasting Granite Types, Pacific Geology, 8, 173-204.
- Çakmak, G., 2013, Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 88s.
- Çoğulu, E., 1975, Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar. İ.T.Ü. Yayın, 1034, İstanbul, 112 s.
- Defant, M.J., Drummond, M.S., 1990, Derivation of Some Modern Arc Magmas by Melting of Young Subducted Lithosphere, Nature, 347, 662–665.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Dudas, F.O., Santosh, M., Akaryali, E., 2011, Transition From Shoshonitic to Adakitic Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for Slab Window Melting, Gondwana Research, 19, 413–429.
- Eyüboğlu, Y., Dudas F.O., Santosh, M., Y.I.K., Kwon, S., Akaryali, E., 2013, Petrogenesis and U-Pb Zircon Chronology of Adakitic Porphyries Within the Kop Ultramafic Massif (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey), Gondwana Research, (in press).
- Gardien, V., Thompson, A.B., Grujic, D., Ulmer, P., 1995, Experimental Melting of Biotite + Plagioclase + Quartz ± Muscovite Assemblages and Implications for Crustal Melting, Journal of Geophysical Research, 100, 15581–15591.
- Grove, T.L., Donnelly-Nolan, J.M., 1986, The Evolution of Young Silicic Lavas at Medicine Lake Volcano, California: Implications for the Origin of Compositional Gaps in Calc-Alkaline Series Lavas, Contribution to Mineralogy and Petrology, 92, 281–302.
- Guffanti, M., Clynne, M.A., Muffler, L.J.P., 1996, Thermal and Mass Implications of Magmatic Evolution in the Lassen Volcanic Region, California, and Minimum Constraints on Basalt Influx to the Lower Crust, Journal of Geophysical Research, 101, 3001–3013.
- Hanchar, J.M., Watson, E.B., 2003, Zircon saturation thermometry. In: Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O., (eds) Zircon Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Vol. 53. Mineralogical Society of America, Geochemical Society of America, 53, 89–112.
- Jica., 1985, The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, MTA Yayını, Ankara.
- Karslı, O., Chen, B., Aydın, F., Şen, C., 2007, Geochemical and Sr-Nd-Pb Isotopic Compositions of the Eocene Dölek and Sarıçiçek Plutons, Eastern Turkey: Implications for Magma Interaction in the Genesis of High-K Calc-Alkaline Granitoids in a Postcollision Extensional Setting, Lithos, 98, 67–96.

- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R., Wijbrans, J., 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), Contributions to Mineralogy and Petrology, 160, 467–487.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B., Kandemir, R., 2012, Deciphering the Shoshonitic Monzonites with I-Type Characteristic, the Sisdagi Pluton, NE Turkey: Magmatic Response to Continental Lithospheric Thinning, Journal of Asian Earth Sciences, 51, 45–62.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C., 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., Aydınçakır, E., 2009, Mineralogy, Whole-Rock and Sr–Nd İsoptop 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., Aydınçakır, E., 2011, Petrogenesis of a Late Cretaceous Composite Pluton from the Eastern Pontides: the Dağbaşı Pluton, NE Turkey, Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 188/3, 211–233.
- Kaygusuz A., Chen B., Arslan Z., Siebel W., Şen C (2009). U-Pb Zircon SHRIMP Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions of the Early Cretaceous I-Type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 549–581.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satır, 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., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F., İlbeyli, N., 2012b, Geochronological Evidence and Tectonic Significance of Carboniferous Magmatism in the Southwest Trabzon Area, Eastern Pontides, Turkey. International Geology Review, 54 (15), 1776–1800.
- Kaygusuz, A., 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 Geochemistry, 71, 59–75.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., İlbeyli, N., Sipahi, F., Aydınçakır, E., 2012, Doğu Pontid Kuzey Zonu ve Kuzey-Güney Zon Geçişinde Yüzeyleyen Kretase-Paleosen Yaşlı Granitoidik Sokulumların Petrokimyası, Sr-Nd-Pb-O İzotop Jeokimyası, Jeokronolojisi ve Jeodinamik Gelişimi, (TÜBİTAK PROJESİ) Proje No: 109Y052.
- 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, (in press).
- Köprübaşı, N., Şen, C., Kaygusuz, A., 2000, Doğu Pontid Ada Yayılı Granitoidlerin Karşılaştırılmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri, 1, 111–120.
- Le Maitre. R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., 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: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of

- Igneous rocks. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K. 193 pp.
- Middlemost, E.A.K., 1994, Naming Minerals in the Magma/Igneous Rock System, Earth Sciences Review, 37, 215–224.
- Miller, C.F., Meschter McDowell, S., Mapes, R.W., 2003, Hot and Cold Granites? Implications of Zircon Saturation Temperatures and Preservation of Inheritance, Geology, 31, 529–532.
- Patino Douce, A.E., Johnston, A.D., 1991, Phase Equilibria and Melt Productivity in Thepelitic System: Implications for the Origin of Peraluminous Granitoids and Aluminous Granulites, Contributions to Mineralogy and Petrology, 107, 202–218.
- Patino Douce, A.E., Beard, J.S., 1996, Effects of P, f (O₂) and Mg/Fe Ratio on Dehydration Melting of Model Metagreywackes, Journal of Petrology, 37, 999–1024.
- Patino Douce, A.E., McCarthy, T.C., 1998, Melting of Crustal Rocks During Continental Collision and Subduction. In: Hacker BR, Liou JG (Eds) When Continents Collide: Geodynamics and Geochemistry of Ultrahigh-Pressure Rocks, Kluwer, Dordrecht, 27–55.
- Pearce, J.A., 1996, Sources and Settings of Granitic Rocks, Episodes, 19 (2), 120–125.
- Rapp, R.P., Watson, E.B., Miller, C.F., 1991, Partial Melting of Amphibolite / Eclogite and the Origin of Archean Trondhjemites and Tonalites, Precambrian Research, 51, 1–25.
- Rapp, R.P., 1995, Amphibole-out Phase Boundary in Partially Melted Metabasalt, its Control Over Liquid Fraction and Composition, and Source Permeability, Journal of Geophysical Research, 100, 15601–15610.
- Rapp, R.P., Watson, E.B., 1995, Dehydration Melting of Metabasalt at 8–32 kbar: Implications for Continental Growth and Crustmantle Recycling, Journal of Petrology, 36, 891–931.
- Roberts, M.P., Clemens, J.D., 1993, Origin of High-Potassium, Calc-Alkaline, I-Type Granitoids, Geology, 21, 825–828.
- Singh, J., Johannes, W., 1996, Dehydration Melting of Tonalites: Part II. Composition of Melts and Solids, Contributions to Mineralogy and Petrology, 125, 26–44.
- Sipahi, F., 2011, Formation of skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 188, 169–190.
- Skjerlie, K.P., Johnston, A.D., 1996, Vapour-Absent Melting from 10 to 20 kbar of Crustal Rocks That Contain Multiple Hydrous Phases: Implications for Anatexis in the Deep Toverly Deep Continental Crust and Active Continental Margins, Journal of Petrology, 37, 661–691.
- Streckeisen, A., 1976, To Each Plutonic Rock its Proper Name, Earth Sciences Review, 12, 1-33.
- Stevens, G., Clemens, J.D., Droop, G.T.R., 1997, Melt Production During Granulitefacies Anatexis: Experimental Data From ‘Primitive’ Metasedimentary Protoliths, Contributions to Mineralogy and Petrology, 128, 352–370.
- Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989, Chemical and Isotope Systematics of Oceanic Basalts; Implication for Mantle Compositions and Processes. in: Saunders AD, and Nory MJ, (eds.): Magmatism in the Ocean Basins, Geological Society of London, Special Publication, 42, 313–345.
- Şahin, S.Y., Güngör, Y., Boztuğ, D., 2004, Comparative Petrogenetic Investigation of Composite Kaçar Batholith Granitoids in Eastern Pontide Magmatic Arc (Northern Turkey), Earth Planets Space, 56, 429–446.

- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985, The Continental Crust; its Composition and Evolution Geoscience Text, Blackwell Scientific Publication.
- Teper, J.H., Nelson, B.K., Bergantz, G.W., Irving, A.J., 1993, Petrology of the Chilliwack Batholith, North Cascades, Washington: Generation of Calc-Alkaline Granitoids by Melting of Mafic Lower Crust With Variable Water Fugacity, Contributions to Mineralogy and Petrology, 113, 333–351.
- Thompson, A.B., 1996, Fertility of Crustal Rocks During Anatexis. Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences, 87, 1–10.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M., Dokuz, A., 2005, Post-Collisional Plutonism With Adakite-Like Signatures: the Eocene Saraycik Granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 441–455.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbek, A., Barth, M., Satir, M., Şen, C., 2010, Carboniferous High-Potassium I-Type Granitoid Magmatism in the Eastern Pontides: the Gümüşhane Pluton (NE Turkey), Lithos, 116, 92–110.
- Watson, E.B., Harrison, T.M., 1983, Zircon Saturation Revisited: Temperature and Composition Effects in a Variety of Crustal Magma Types, Earth and Planetary Science Letters, 64, 295–304.
- Vielzeuf, D., Halloway, J.R., 1988, Experimental Determination of the Fluid-Absent Melting Relations in the Pelitic System; Consequences for Crustal Differentiation, Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 257-276.
- Yılmaz, Y., 1972, Petrology and Structure of the Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia. PhD Thesis, University of London, 260 pp.
- Yılmaz, S., Boztuğ, D., 1996, Space and Time Relations of Three Plutonic Phases in the Eastern Pontides (Turkey), International Geology Review, 38, 935–956.

Türkiye’de Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitime İlişkin Bir Model

Tülay GÖRÜ DOĞAN^{1,*}, Gülsün EBY²

¹Çukurova Üniversitesi İletişim Fakültesi Radyo, Televizyon ve Sinema Bölümü, Adana, Türkiye

²Anadolu Üniversitesi Açık öğretim Fakültesi Uzaktan Eğitim Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Geliş tarihi/Received 31.07.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 06.12.2013

Kabul tarihi/Accepted 13.12.2013

Özet

Bu çalışmada, Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programlarının uzaktan eğitim yöntemiyle yürütülmesine ilişkin bir model geliştirilmiştir. Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi Modeli (UBMEM)’nin oluşturulması sürecinde iki temel kuramdan yararlanılmıştır: (1) Sosyo-Teknik Kuram, (2) Esnek Öğrenme Yaklaşımı. Çalışmada, Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi Programlarının yürütülmesine ilişkin modelin geliştirilmesi sürecinde Uzaktan Eğitim, Mühendislik Eğitimi ve Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi alanında uzman kişilerin görüşleri alınmıştır. Bu nedenle araştırma, nitel bir durum çalışması olarak desenlenmiştir. Çalışmada ilk olarak, kuramsal temel çerçevesinde bir kuramsal düzey (matris) geliştirilmiş ve bu kuramsal düzeyden oluşturulan görüşme sorularıyla yarı-yapılandırılmış bireysel görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, bireysel görüşmelerden elde edilen verilerle bir kontrol listesi geliştirilmiş ve ardından uzmanların katılımından oluşan bir odak grup görüşmesi ile bu kontrol listesi bir model önerisine dönüştürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Eğitim, Bilgisayar Mühendisliği, Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi Sosyo-Teknik Kuram, Esnek Öğrenme

A Model for Designing Computer Engineering Undergraduate Programs Through Distance Education in Turkey

Abstract

This study aims to build a model for Computer Engineering Undergraduate Programs through Distance Education. During the building phase of the model, two basic theories are used, i.e. (1) Socio-Technical Theory and (2) Flexible Learning Approach. In this study, the opinions of experts in the fields of Distance Education, Engineering Education and Distance Computer Engineering Education are taken during the model building process for Distance Computer Engineering Undergraduate Education. Accordingly, this study is structured as a qualitative case study. In the study, firstly, a theoretical matrix based on theoretical frame is formulated and semi-structured interviews are done with the questions generated from the theoretical matrix. Next, with the data received from individual interviews, a checklist is created; and after a focus group discussion of

* Tülay GÖRÜ DOĞAN, tulaygoru@hotmail.com, 0530 315 27 74

Key Words: *Computer Engineering, Computer Engineering Education, Flexible Learning, Socio-Technical Theory*

1. Giriş

Yirmi birinci yüzyıl, Dünya genelinde ekonomik, politik, eğitimsel, toplumsal, kültürel ve teknolojik alanlarda hızlı değişim ve dönüşümlerin yaşandığı bir süreç olarak ifade edilmektedir. McLuhan (2001:9-20), bu dönüşümün temel belirleyicisinin kitle iletişim araçları teknolojisi olduğunu, kitle iletişim araçlarındaki teknolojik değişimin toplumsal değişimi de beraberinde getirdiğini ve Dünyayı tek bir Küresel Köye dönüştürdüğünü vurgulamaktadır. Kitle iletişim araçlarının gelişimine bağlı olarak her alanda ortaya çıkan hızlı değişim, veri ve enformasyonu sürekli olarak çeşitlendirmekte ve değiştirmektedir (Kesim, 2007:1). Enformasyona farklı kaynaklardan daha kısa sürelerde ulaşmak, Şimşek'in (1994:1) de belirttiği gibi hemen her alanda (politik, ekonomik, toplumsal, kültürel ve teknolojik) temel dönüşümlere neden olmaktadır. Söz konusu dönüşümler ise var olan pozitivist ve gelenekçi paradigmanın yerini pozitivism ötesi paradigmanın almasına olanak tanımaktadır.

Yirmi birinci yüzyılın temel teknolojileri arasında gösterilebilen küresel fiber optik şebeke, yazılım, ağlar ve bilgisayar uygulamalarını (Friedman, 2008:21) tasarımı, geliştiren ve uygulayan kişiler Bilgisayar Mühendisleridir (Birleşik Devletler Çalışma Bakanlığı İstatistik Bürosu, 2009). Şüphesiz, teknolojiye her tür katkıda bulunan başlıca kişiler olan mühendislerin (Harms, Baetz, Volti, 2004:156) dolayısıyla Bilgisayar Mühendislerinin, paradigmatik dönüşümlerin yaşandığı küreselleşen çağda eğitimi büyük önem oluşturmaktadır. Üniversitelerin küreselleşen ve gittikçe düzleşen dünyada, hızlı değişimlerle baş edebilecek, dünyayı doğru algılayabilecek, çağdaş enformasyon ve iletişim teknolojilerini kullanabilecek, enformasyonu bilgiye dönüştürebilecek ve küresel olarak rekabet edebilecek bireyler yetiştirmesi gerekmektedir (Kesim, 2007:1). Yirmi birinci yüzyılın toplumsal gereksinimleri eğitim sisteminde de değişim ve dönüşümlerin

gerekliliğini ortaya koymakta ve yeni bir paradigmatik değişimi zorunlu kılmaktadır (Şimşek ve Adıgüzel, 2012:257). Bu durum karşısında, her alanda olduğu gibi Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi alanında da yeni öğrenme ve iletişim yaklaşımları ile kuramlarının gündeme gelmesi kaçınılmazdır.

2010'lu yıllara gelindiğinde, Bilgisayar Mühendislerinin Eğitimi sürecindeki temel sorunlar; pedagojik sorunlar (sınıfların kalabalık oluşu, ezber dayalı eğitim anlayışı, vb.), yönetsel sorunlar (öğretim elemanı sayısındaki yetersizlik, üniversite-sektör iş birliğinin olmayışı, vb.) ve kaynak sorunları (Türkçe ders kitaplarının yetersiz oluşu, laboratuvar olanklarının kısıtlı oluşu, vb.) olarak sıralanabilir (Serbest, 2003:2-5). Bu duruma çözüm olarak, Uzaktan Eğitim geleceğin eğitim uygulamaları arasında görülmektedir (Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, 38. Dönem TMMOB ve Oda Etkinlikleri Sonuç Bildirgeleri, 2006:168). Sloan Consortium verilerine göre ise Uzaktan Eğitimde çevrimiçi öğrenme kayıtlarına ilişkin sayının giderek arttığına ilişkin kanıtlar şu şekilde ifade edilmektedir (Allen ve Seaman, 2010:2):

1. 2009 yılında 5,6 milyon üzerinde öğrenen en azından bir dersi çevrimiçi olarak almıştır ve bu sayıdaki artış bir önceki yıldan yaklaşık bir milyon fazladır.
2. Çevrimiçi kayıtlarda %21büyüme oranı, toplam yükseköğretim öğrenen sayısındaki %2'lik büyüme oranından daha fazladır; ve
3. yükseköğretim öğrenenlerinin yaklaşık %30'u en az bir dersi çevrimiçi olarak almaktadır

IV. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendislikleri Eğitimi Sempozyumu Sonuç Bildirgesi'nde yayınlanan altıncı maddeye göre, yaşamboyu öğrenmeyi uygulanabilir kılmak için, ders malzemelerinin uzaktan eğitimi destekleyici şekilde

düzenlenmesi, öğrenim çıktıları uygun bazı derslerin Internet ortamında verilmesi ve burada kullanılacak ders malzemelerinin profesyonel olarak hazırlanması gerektiği belirtilmiştir (Barkana, 2009). Teknolojiye her tür katkıda bulunan başlıca kişiler olan Bilgisayar Mühendislerinin bilgilerinin geçerli ve güncel olması, sadece bir kaynaktan değil çoklu kaynaklardan yararlanması, bu kaynaklardaki enformasyonu kişiselleştirerek biricik hale getirmesi ve sürekli olarak dinamik tutarak bilgiye dönüştürmesi ile olanaklı olabilir. Söz konusu becerileri yerine getirmesinde ise uzaktan eğitim veren kurumlarının rolü kuşkusuz büyüktür. Uzaktan Eğitim kurumları, güncel teknolojilerle ve değişen öğrenme anlayışlarıyla birlikte öğrenme sürecini tasarlayarak, öğrenenlere çağın gerektirdiği becerileri kazandırmada katkı sağlayabilmektedir. Dünya’da, tamamen çevrimiçi ve uzaktan eğitim yöntemi ile yürütülen Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi uygulama örnekleri Mühendislik ve Teknoloji Akreditasyon Kurulu (Accreditation Board for Engineering and Technology) tarafından şu şekilde sıralanmaktadır:

- (ABET, 2011): Florida International University, Computer Science (Uluslararası Florida Üniversitesi, Bilgisayar Bilimleri)
- Regis University, Computer Information Systems (Regis Üniversitesi, Bilgisayar Enformasyon Sistemleri)
- Regis University, Computer Science (Regis Üniversitesi, Bilgisayar Bilimleri)

Yukarıda sıralanan söz konusu üç program, ABET tarafından akredite edilen, tamamen uzaktan yürütülen Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi uygulamalarına örnek olarak gösterilebilmektedir. Türkiye’de ise Sakarya, Karabük ve Ahmet Yesevi Üniversitelerinde Uzaktan Eğitim yöntemiyle yürütülmektedir. Öte yandan, Uzaktan Eğitime yönelik olumsuz yaklaşımlar ve önyargılar, Türkiye’de Uzaktan Eğitim aracılığıyla yürütülen Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi uygulamalarını, Dünya’daki örneklerine kıyasla yavaşlatabilir. Bu tür olumsuz yaklaşımlara örnek olarak, Türk

Mühendis ve Mimar Odaları Birliği’nin (TMMOB) Internet sitesinde yer alan Eylül 2009 tarihli basın açıklaması gösterilebilir. Koramaz (2009) söz konusu açıklamada, Mühendislik Eğitiminin; eğitimi veren kişi ve eğitimi alanların yüz yüze, karşılıklı etkileşim içinde olduğu, öğrenme anında soru-yanıt mekanizmasının çalıştığı ve diğer öğrencilerin de katkılarının alındığı, bilginin paylaşıp birlikte sorgulamanın yapıldığı derslik ve laboratuvarlarda gerçekleştirilmesi gerektiği gerekçesiyle Uzaktan Eğitim ile Mühendislik Eğitimi verilemeyeceğini ifade etmektedir. Bununla birlikte, gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde, değişen öğrenme ve iletişim anlayışları göz önünde bulundurularak tasarlanan bir Bilgisayar Mühendisliği Uzaktan Eğitim ile yürütülebilir.

Türkiye’de Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi uygulamalarının, yeni öğrenme paradigmaları ve alanla ilgili kuramsal temeller çerçevesinde çağın gereklerine uygun olarak tasarlanması gerektiği savunulmaktadır. Bu çerçevede, çalışmanın kuramsal temelinin; bir Uzaktan Eğitim paradigması olarak Esnek Öğrenme ve bu öğrenme paradigmasını içerdiği teknik ve sosyal unsurlar bağlamında destekleyen Sosyo-Teknik Kuram oluşturmaktadır. Esnek Öğrenme ve Sosyo-Teknik Kuram temelli desenlenecek lisans düzeyinde Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi Modeli; sistemde yer alan sosyal ve teknik unsurların, çağın gerekliliklerine ve öğrenen gereksinimlerine uygun olarak düzenlenmesinde yol gösterici olmaktadır.

1.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışma, Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programına ilişkin esnek bir modelin nasıl tasarlanması gerektiğine odaklanmaktadır. Bu tasarımın gerçekleştirilmesinde ise Sosyo-Teknik Kuram ve Esnek Öğrenme Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Esnek Öğrenme Yaklaşımı Pedagojik, Teknolojik, Arayüz, Değerlendirme, Yönetim, Kaynak, Etik ve Kurumsal olmak üzere sekiz boyuttan oluşmaktadır. Sosyo-Teknik Kuram ise Teknik ve Sosyal olmak üzere iki boyuttan oluşmaktadır. Yukarıda açıklananlar

bağlamında, söz konusu modelin oluşturulabilmesi için aşağıdaki sorulara yanıtlar aranmaktadır:

1. Teknik boyutta; Pedagojik, Teknolojik, Arayüz, Değerlendirme, Yönetim, Kaynak, Etik ve Kurumsal boyutlara ilişkin bileşenler nelerdir?
 - 1.1. Donanım bileşenine ilişkin özellikler nelerdir?
 - 1.2. Yazılım bileşenine ilişkin özellikler nelerdir?
2. Sosyal boyutta; Pedagojik, Teknolojik, Arayüz, Değerlendirme, Yönetim, Kaynak, Etik ve Kurumsal boyutlara ilişkin bileşenler nelerdir?
 - 2.1. İnsan kaynakları bileşenine ilişkin özellikler nelerdir?
 - 2.2. Topluluk bileşenine ilişkin özellikler nelerdir?

1.2. Çalışmanın Kuramsal Temeli

Bu araştırmanın kuramsal temelini; bir Uzaktan Eğitim paradigması olarak Esnek Öğrenme ve bu öğrenme paradigmasını içerdiği teknik ve sosyal unsurlar bağlamında destekleyen Sosyo-Teknik Kuram oluşturmaktadır.

Esnek öğrenme, öğrenme ortamında öğrenenlere sunduğu çeşitli seçeneklerle öğrenenlerin bireysel gereksinimlerini en iyi şekilde karşılayan bir öğrenme yaklaşımı olarak ifade edilebilmektedir (Bryant, Campbell ve Kerr, 2003:41). Esnek Öğrenme, öğrenme ortamlarına, öğrenmenin gerçekleştirileceği sürece ve bu süreçteki iletişim-etkileşim etkinliklerine ilişkin kararlar almada öğrenenlere çok çeşitli seçenekler sunmaktadır (Calder ve McCollum, 1998:87-88). Esnek Öğrenmenin, sadece öğrenenler için değil öğretmenler, yöneticiler ve kurumlar için de bir paradigma değişimi olduğunu ifade eden Khan (2006:8); esnek öğrenmeye ilişkin geliştirdiği bu modeli kurumsal, yönetim, teknolojik, pedagojik, etik sekiz arayüz, kaynak ve değerlendirme kategorilerinden oluşmaktadır: Esnek öğrenme ortamlarının tasarımının bir amacı, öğrenenin diğer öğrenenlerle olan iş birliğine dayalı çalışmasını, metabilşini ve bağımsız öğrenmesinin gelişimini destekleyen

öğrenen merkezli düzenlemelerin oluşturulmasıdır (Oliver, 2001:455). Ayrıca, öğrenme için, metabilşsel becerilerin planlanması, bağımsız öğrenme için stratejilerin geliştirilmesi, öğrenenin kendi öğrenmesini ve öğrenme stratejilerini değerlendirmesi (Smith, 2001:252) esnek ortamların tasarlanmasında önem oluşturmaktadır. Bütün bunların yanı sıra, öğrenenler için gereken yazılım ve donanım standartlarını oluşturmak da esnek öğrenme ortamlarının tasarlanmasında büyük öneme sahiptir (Oliver, Towers, Skippington, Brunetto ve Gooley, 2001:108). Bunlardan yola çıkarak, Esnek Öğrenme ortamlarının tasarlanmasında, sosyal unsurların yanı sıra teknik unsurların da göz önünde bulundurulması gerektiğini söylemek olasıdır.

Sosyo-Teknik kuram ise bilgisayar teknolojileri gibi sosyal etkileşimin herhangi bir türüne olanak sağlayan sosyo-teknik sistemlerin güncel konularına odaklanmaktadır (Whitworth ve de Moor, 2009). Çevrimiçi yazışmalar (e-Posta), grup tartışmaları (chat), grup yazışmaları (Wiki), çevrimiçi ticaret (e-bay), çevrimiçi öğrenme (WebCT) ve sosyal ağlar (Facebook) bu sistemlere örnek olarak gösterilebilmektedir. Whitworth ve de Moor (2009) Internet'in, bilgiyi içeren bir ortamdan sosyal etkileşimleri içeren bir ortama doğru dönüştüğünü ve bu doğrultuda, teknoloji sosyal hayatın bir parçası olduğu için, sosyal hayatın da teknik desenlemenin bir parçası olması gerektiğini vurgulamaktadır. Aksi halde, toplumun ne istediği ile teknolojinin ne yaptığı arasında bir *sosyo-teknik uçurumun* ortaya çıkabileceğini savunmaktadır. Sosyo-teknik sistemler, teknik sistemlerden sosyal sistemler oluşmaya başladığı zaman ortaya çıkmaktadır (Whitworth ve de Moor, 2009). Teknik sistemler, makineler, süreçler, yöntemler, uygulamalar ve fiziksel bir düzenlemeyi içermektedir ve genellikle teknik sistem açısından ilk akla gelen bir fabrika örneği olmaktadır (Strategos, 2011). Sosyal sistemler ise insanları ve onların alışılmış tutumlarını, değerlerini, davranış biçimlerini ve ilişkilerini içermenin yanı sıra, ödül sistemini de içermektedir (Strategos, 2011). Bu nedenle, bir sistemin başarısı, teknik performansının yanı sıra, sosyal performansını da gerektirmektedir. Sosyal ve teknik

unsurların, farklı doğaların birer parçası olmasına karşın, geleceği birlikte şekillendireceklerini ifade eden Sosyo-Teknik Kuramın başlıca temaları şu şekilde sıralanmaktadır (Whitworth ve de Moor, 2009): sosyo-tekniğin evrim henüz yeni başlamıştır; sosyal gereksinimleri göz ardı eden teknik sistemler başarısız olma eğilimindedir; teknik desteği göz ardı eden sosyal sistemler başarısız olma eğilimindedir ve gelecek, sosyal ve teknik sistemlerin yenilikçi yöntemlerle birlikte harmanlanmasına dayanmaktadır. Yukarıda sıralanan temalar doğrultusunda, Sosyo-Teknik Sistemlerin başarılı olabilmeleri için hem sosyal hem de teknik unsurları içermeleri gerektiği ifade edilebilmektedir.

Kısacası araştırma; yapısında sosyal ve teknik unsurların her ikisini de barındıran öğrenme ortamlarının, öğrenen topluluğunun ne istediğine ve teknolojinin ne yapması gerektiğine ilişkin tasarımların gerçekleştirilmesine olanak sağlayan Sosyo-Teknik Kuram ile uzaktan öğrenenlerinin, bireysel öğrenmelerini destekleyerek, öğrenmeyi istedikleri yer ve zamanda başlatmalarına fırsat veren bir öğrenme paradigması olan Esnek Öğrenme Yaklaşımı ile yapılandırılmıştır.

2. Yöntem

Bu çalışmada, Türkiye’de Uzaktan Eğitim yöntemiyle lisans düzeyinde Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi veren kurumlar için çevrimiçi öğrenme tasarımına yönelik bir modelin geliştirilmesi amaçlandığı için, araştırma nitel bir durum çalışması (case study) olarak desenlenmiştir. Böylece, araştırmacılar; konuya ilişkin sorulara yanıt aramayı farklı nirengilerden hareket ederek sürdürmüş ve bu süreçte kavramlarını kendileri oluşturarak bir kurama ulaşmaya çalışmışlardır (İslamoğlu, 2009:183). Bu çalışmada; durum çalışması yaklaşımı ise verilerin toplanması, düzenlenmesi, çözümlenmesi ve yorumlanmasında özel bir yöntem oluşturan; bir çözümleme ve yorumlama sürecini temsil etmektedir (Patton, 2002:447). Diğer yandan bu çalışmada; Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi Tasarımına ilişkin bir modelin

oluşturulması süreci Sosyo-Teknik Kuram ve Esnek Öğrenme Yaklaşımı çerçevesinde yapılandırıldığı için, Bütünsel Tekli-Durum tasarımı çalışması yeğlenmiştir (Yin, 1994:38).

2.1. Araştırma Alanı ve Katılımcıları

Bu çalışmada yer alan katılımcılar amaçlama örnekleme yoluyla seçilmiştir. Böylece; araştırmacılar, örneklem olarak seçeceği bireyler konusunda tercihlerini ortaya koymuş ve bu tercihlerini araştırmanın amacına en uygun bireyleri seçerek yapmışlardır (İslamoğlu, 2009:183; Yıldırım ve Şimşek, 2011: 107-115). Bu çalışmada, araştırmacılar katılımcıları belirleme sürecinde iki yol izlemiştir:

1. Ekim 2011 tarihi içerisinde ilgili üniversitelerin (Anadolu, Sakarya, Karabük ve Ahmet Yesevi Üniversiteleri) Web sayfasında yer alan özgeçmiş bilgilerini incelemiş ve ulaşabildiği katılımcılara telefon, ulaşamadığı katılımcılara da ePosta aracılığıyla katılım çağrısı göndermiştir.
2. Katılım çağrısına olumlu yanıt veren uzmanlarla birlikte gerçekleştirilen bireysel ön görüşmeler sırasında, o uzmanın önerdiği başka bir uzmanla görüşme yapmak üzere (kartopu yöntemi ile) katılımcılar belirlenmiş ve bu katılımcılara da katılım çağrısı gönderilmiştir.

Her iki gruba da gönderilen katılım çağrısında, konu uzmanları ile yaklaşık 45-50 dakika sürmesi öngörülen bireysel bir görüşme ve ardından odak grup görüşmesinin gerçekleştirilmek istendiği açıklanmıştır. Daha sonra araştırmacılar, araştırma sürecini, katılımcıların haklarını ve kimlik bilgilerinin gizli tutulacağını açıklayan bir Görüşme Sözleşme Formunu iki kopya halinde katılımcılara göndermiş ve imzalatmışlardır. Araştırmanın katılımcıları, Uzaktan Eğitim ve Mühendislik Eğitimi alanında uzman kişilerden oluşmaktadır.

2.2. Veri Toplama Araçları

Araştırmacılar, nitel ölçme aracını geliştirmede öncelikli olarak, ulusal ve uluslararası alanyazında Uzaktan Eğitimle lisans düzeyinde mühendislik eğitime ilişkin bir tarama gerçekleştirmişlerdir. Alanyazın taramasının ardından, araştırmanın kuramsal temeli Esnek Öğrenme Yaklaşımı ve Sosyo-Teknik Kuram olarak belirlenmiştir. Kuramı (teori/theory), kısmen doğrulanmış; ancak, tümü ile kesinleşmemiş varsayımlar dizgesi olarak tanımlayan Aziz'in (2010:21) de belirttiği gibi kuramlar; betimleyici araştırmalarda bir çıkış noktası olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda çalışmada, nitel veri toplama aracının geliştirilmesi sürecinde kuramlardan yararlanılarak; bir kuramsal düzey oluşturulmuştur. Araştırmacılar, Sosyo-Teknik Kuram ve Esnek Öğrenme Yaklaşımı çerçevesinde Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi Tasarım süreçlerine ilişkin kuramsal düzeyin hiçbir hücresi boş kalmayacak şekilde doldurduktan sonra, Uzaktan Eğitim alanında uzman iki kişinin görüşlerine sunmuştur. Uzmanlardan alınan geribildirimlerle kuramsal düzey gözden geçirilerek yeniden düzenlenmiştir. Son hali verilen 4X8'lik kuramsal düzeyden toplam otuz iki açık uçlu görüşme sorusu oluşturularak tekrar uzman görüşlerine sunulmuş, anlatım bozuklukları ve tekrarlar içeren ifadeler düzeltilerek soruların son hali verilmiştir.

2.3. Veri Toplama Süreci

Araştırmanın veri toplama süreci sırasıyla, bireysel görüşmeler, odak grup görüşmesi ve *Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi Modeline* ilişkin uzman görüşlerinin alınması süreçlerinden oluşmaktadır.

Bu araştırmanın Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programlarının tasarımı konusuna odaklanması ve kuramsal temelleri çerçevesinde geliştirilen kuramsal düzeyden türetilen açık uçlu soruları içermesi nedeniyle, bireysel görüşmelerle veri toplama sürecinde, yarı-yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Araştırmacılar, Eylül 2011 tarihinde nitel bir veri toplama aracı olarak

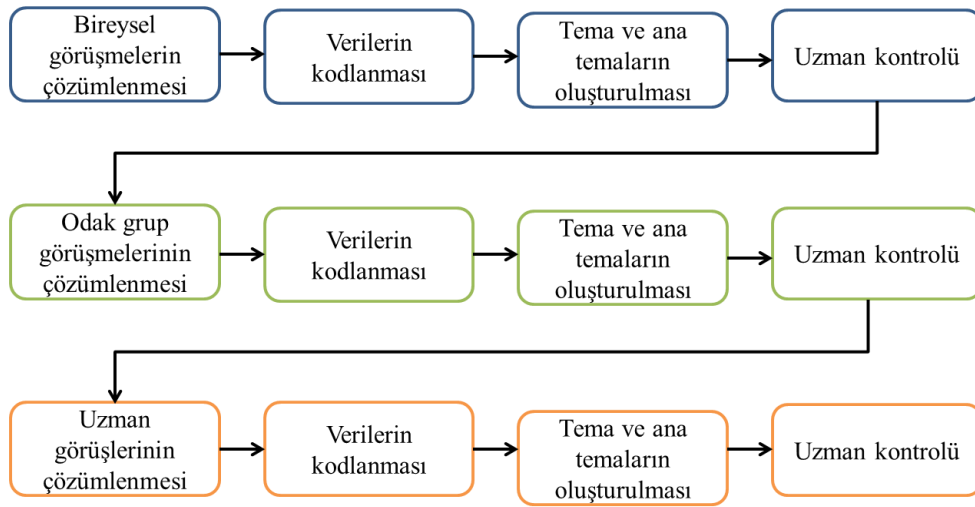
kullanılan kuramsal düzeyin her bir hücresinde yer alan ifadelerden oluşturduğu açık uçlu bireysel görüşme sorularıyla öncelikli olarak üç pilot görüşme gerçekleştirmişlerdir. Pilot görüşmelere, her iki araştırmacı birlikte katılmıştır. Nitel araştırma alanında uzman olan araştırmacılarından biri süreci izlemiş ve bireysel görüşmelerle ilgili olarak diğer araştırmacıyı cesaretlendirerek, etkili soru sorma tekniğine ilişkin ipuçları vermiştir. Pilot görüşmelerin ardından, 01 Kasım 2011 – 02 Nisan 2012 tarihleri arasında Uzaktan Eğitim alanında dört, Mühendislik Eğitimi alanında iki katılımcı olmak üzere toplam altı katılımcıyla yarı yapılandırılmış bireysel görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bireysel görüşmelerin ardından, katılımcılardan ikisi uzaktan, altısı yüze yüze olmak üzere sekiz katılımcı odak grup çalışmasına katılmayı kabul etmiştir. Odak grup görüşmesinde, bireysel görüşmelerin ardından oluşturulan model önerisi tartışılmış ve uzman görüşleri doğrultusunda modelin son hali verilmiştir.

2.4. Verilerin Analizi

Bireysel görüşmelerin tamamlanmasının ardından, araştırmacılar her bir bireysel görüşme katılımcısı için bilgisayar ortamında bir klasör oluşturmuştur. Her görüşmenin ses kaydını bilgisayar ortamında önceden oluşturduğu ilgili klasöre aktarmıştır. Daha sonra her katılımcının görüşme çözümlerini yine aynı klasör içinde metin dosyası olarak belgelemiştir. Araştırmacılar, her bireysel görüşme katılımcısı için aynı süreci tekrarlamıştır. Ses kayıtlarını bilgisayar ortamına aktaran araştırmacılar, bir metin belgesinde çözümlerini tamamlanmıştır. Çözümleme işleminin ardından, bireysel görüşmelerin çözümü ve yorumlanmasından elde edilen ana temalar ve bu temalardan oluşturulan kontrol listesinde yer alan pedagoji, teknoloji, değerlendirme, yönetim boyutlarına ilişkin kodlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Odak grup görüşmesi verilerinin çözümü ve yorumlanması, bireysel görüşmelerin çözümü ve yorumlanması süreciyle benzerlik göstermektedir. Kodlama işleminin ardından, bireysel görüşmelerin çözümü ve yorumlanması sürecinde izlenen yolda olduğu gibi, odak grup

görüşmesine ilişkin tema ve ana temalar çıkarılmış ve iki nitel araştırma uzmanıyla birlikte kontrolleri yapılmıştır. Odak grup görüşmesi çözümü ve yorumlanmasından elde edilen ana temalarla benzerlik gösteren bireysel görüşmelerden elde edilen ana temalar birleştirilmiş ve 46 tane ana tema ortaya çıkmıştır. Bu durumda odak grup görüşmesinin, bireysel görüşmelerde elde edilen ana temaları doğrular nitelikte olduğu fark edilmiştir. Odak grup görüşmesi sonunda elde edilen ana temalarla, bireysel görüşmeler sonunda

oluşturulan kontrol listesinde yer alan ifadeler karşılaştırılmış ve farklılık gösteren yerler kontrol listesi üzerinde düzenlenmiştir. Gerekli düzeltmeler sonrasında, Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi tasarımına ilişkin bir model önerisi elde edilmiştir. Bu model önerisi; Mühendislik Eğitimi ve Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği alanında uzman katılımcıların görüşlerine sunulmuştur. UBMEM'nin geliştirilmesine ilişkin araştırma süreci Şekil 2'de yer almaktadır:



Şekil 1. Araştırma süreci

2.5. Araştırmanın Geçerliliği ve Güvenirliği

Bu araştırmada, geçerlik ve güvenirliliği sağlamak amacıyla şu noktalara dikkat edilmiştir:

1. Araştırmanın kuramsal temelini oluşturan Esnek Öğrenme Yaklaşımı ve Sosyo-Teknik Kuram çerçevesinde kuramsal bir dizey oluşturulmuştur.
2. Oluşturulan kuramsal dizeye ilişkin Uzaktan Eğitim alanında uzman iki kişiden görüş alınmıştır.
3. Bireysel görüşme soruları kuramsal dizeyden türetilmiş ve nitel araştırma ve Uzaktan Eğitim alanında iki uzman kişinin görüşlerine başvurulmuştur.
4. Bireysel görüşme sorularının geçerliğini sağlamak üzere üç pilot görüşme gerçekleştirilmiştir.
5. Pilot görüşmeler, bir uzman tarafından izlenmiş ve denetlenmiştir.
6. Bireysel görüşmelerde ve odak grup görüşmelerinde veri kaybını önlemek amacıyla ses kayıt cihazı kullanılmış ve ses kayıtları bilgisayar ortamına aktararak çözümlenmiştir.
7. Bireysel görüşmelerden ve odak grup görüşmesinden elde edilen tema ve ana temalar iki nitel araştırma uzmanı tarafından kontrol edilmiştir.
8. Araştırma verilerini doğrulamak ve çeşitlendirmek amacıyla sırasıyla bireysel görüşme ve odak grup görüşmesi yapılmış elde edilen bulguların doğrulanması için tekrar uzman görüşleri alınmıştır.

9. Odak grup görüşmesi bir uzman tarafından yönetilmiştir.
10. Araştırmanın katılımcıları ayrıntılı olarak gerekçeleriyle birlikte açıklanmıştır.
11. Araştırmanın, veri toplama araçları, veri toplama süreci ve veri çözümü ve yorumlanması aşamaları ayrıntılı olarak açıklanmıştır.
12. Araştırma süresince elde edilen tüm veriler, farklı ortamlarda yedekleri bulunacak şekilde arşivlenmiştir.

2.6. Araştırmanın Güçlü ve Sınırlı Yönleri

Bu araştırma nitel bir durum çalışmasıdır ve Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi Tasarımına ilişkin bir model geliştirmeyi amaçlamaktadır. Söz konusu modelin geliştirilmesinde ilk olarak ayrıntılı bir alanyazın taraması yapılmış ve araştırma Uzaktan Eğitim (Esnek Öğrenme) ve mühendislik (Sosyo-Teknik Kuram) alanında iki kuram doğrultusunda temellendirilmiştir. Araştırma sürecine görüş ve deneyimleriyle katkı sağlayacağı düşünülen uzmanlar Uzaktan Eğitim, Mühendislik Eğitimi ve Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği eğitimi alanlarından amaçlı örnekleme yoluyla seçilmiştir.

Araştırmada verilerin doğrulanmasının ve zenginliğinin artırılması amacıyla bireysel görüşmeler, odak grup görüşmesi ve uzman görüşlerinin alınması gibi farklı veri toplama yöntemlerinden sistematik olarak yararlanılmıştır. Bireysel görüşmelerin öncesinde pilot görüşmeler yapılmış ve bu görüşmeler bir uzman tarafından izlenerek denetlenmiştir. Odak grup görüşmesi ise uzman bir moderatör tarafından yönetilmiştir. Veri toplama sürecinde kullanılan veri toplama araçları, araştırmanın kuramsal temelleri doğrultusunda oluşturulmuş ve nitel araştırma yöntemleri alanında uzman iki kişinin kontrolünden geçirilmiştir. Ayrıca veri toplama sürecinde kullanılan her yöntemin bir önceki yöntemden elde edilen bulguları doğrular nitelikte olması araştırmanın güçlü olduğu noktalardan biridir.

Araştırma konusuna ilişkin katılımcıların görüşleri zaman içinde değişiklik gösterebileceğinden, çalışmadan elde edilen sonuçlar bu araştırmayla sınırlıdır. Bu araştırma nitel bir durum çalışması olduğundan; araştırma sonuçları genellememeli, aktarılmalıdır.

3. Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın sonunda, Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programlarının Sosyo-Teknik Kuram Çerçevesinde tasarlanmasına yönelik Esnek Bir Çevrimiçi Öğrenme Modeli geliştirilmiştir (EK 1). Geliştirilen model, Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi tasarımında aşağıda belirtilen noktalara dikkat çekmektedir (Doğan Görü ve Eby, 2012: 206-216):

1. Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programının hedef kitlesi tanımlanmalıdır. Hedef kitlenin tanımlanması, programın pedagojik ve teknolojik süreçlerinin amaca yönelik tasarlanmasında önem oluşturmaktadır.
2. Öğretim programının oluşturulmasında, eğitim amaçları ve hedef kitlenin gereksinimleri göz önünde bulundurularak, öğrenme çıktılarını en iyi şekilde karşılayan pedagojik temeller belirlenmelidir.
3. Öğretim programının tasarımında, eşzamanlı ve eşzamansız eğitim ortamları oluşturulmalı ve öğrenenlerin herhangi bir zamanda, herhangi bir aygıtla, herhangi bir yerden programa bağlanabilmesi sağlanmalıdır.
4. İnternet erişimi olan her öğrenen ve birey için (kurum dışı) açık kaynak olanakları sağlanmalıdır.
5. Öğretim programında bulunan soyut derslerin tasarımında görsel unsurlardan yararlanarak zengin ve etkileşimli bir yapı oluşturulmalıdır.
6. Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programındaki öğrenenlerin üretim sürecinde yer almaları sağlanmalı ve üniversite-toplum,

- üniversite-sanayi iş birliği süreçleri işe koşulmalıdır.
7. Öğrenenlerin en az bir dönemini yurtdışında geçirmelerine olanak sağlayacak değişim programları yürütülmeli, öğrenenler bu konuda desteklenmeli ve cesaretlendirilmelidir.
 8. Teknoloji alt yapısı oluşturulurken, güncel teknolojilerden yararlanılmalı, kendi kendini güncelleyebilen ve yeni ortamlara aktarabilen akıllı sistemler kullanılmalıdır. Bununla birlikte,
 9. Teknoloji alt yapısı belirlenirken, hedef kitlenin bu teknoloji olanaklarına ilişkin araştırmalar ve fizibilite çalışmaları yapılmalıdır.
 10. Teknolojik gelişmeleri ve yenilikleri takip eden, söz konusu gelişmelerin programa uyarlanmasına liderlik eden bir ARGE birimi kurulmalı ve yeni teknolojilere yönelik çalışanlar için hizmet içi eğitim olanakları sağlanmalıdır.
 11. Kurum içerisinde kullanılacak teknoloji alt yapısı oluşturulurken fayda-maliyet analizleri yapılmalıdır.
 12. Öğrenenlerin günün her saatinde yardım alabileceği çevrimiçi bir destek sistemi oluşturulmalıdır.
 13. Uygulama ve laboratuvar dersleri için sanal laboratuvarlar veya uygulama merkezleri oluşturulmalıdır.
 14. Sistemin kurulma sürecinde olduğu gibi, işleme sürecinde de sıklıkla öğrenen ve paydaş görüşlerinden yararlanılarak, dinamik bir yapı oluşturulmalıdır.
 15. Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi Programında değerlendirme etkinliklerinin kurum tarafından sorumluluğu alınmalı ve programda yer alan kişilerin öz değerlendirme süreçleri izlenmelidir.
 16. Programın tanınır, şeffaf, ölçülebilir ve değerlendirilebilir olarak bilinmesinde ve kalite güvencesinin sağlanmasında akreditasyon sürecine yer verilmeli ve öğrenme çıktılarının kazandırıldığına ispatına ilişkin kanıt odaları oluşturulmalıdır.
 17. Programda yer alan pedagojik temeller, teknoloji alt yapısı, öğrenen başarısı, vb. değerlendirilmelidir.
 18. Programda yer alan çalışanlar süreç içerisinde ve sonunda değerlendirilmeli, ödüllendirilmeli ve güdülenmelidir.
 19. Disiplinler arası çalışmalar desteklenmeli ve yürütülmelidir.
 20. Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programına yönelik kurallar ve etik çerçeve belirlenmelidir.
 21. Programda yer alan tüm kişiler arasında iletişim, etkileşim ve paylaşımlar artırılmalı, kuruma olan inançları ve güvenleri sağlanmalı, kurum kültürü ve ekip bilinci oluşturulmalıdır.
 22. Programda yer alan öğrenenler ve mezun olan öğrenenler ile sürekli iletişim içerisinde olunmalı ve kuruma yönelik aidiyet duygusu geliştirilmelidir.
 23. Öğrenenlerin mezun olduktan sonra istihdam edilmesi sürecine gerek eski mezunlarla, gerek sektörle iletişim ve işbirliği içerisinde olarak katkı sağlanmalıdır.

4. Sonuçlar

Bu araştırmada, Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi programlarının tasarımına yönelik Sosyo-Teknik Kuram çerçevesinde esnek bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, Uzaktan Eğitim ortamlarının sosyal ve teknik unsurlar bakımından teknoloji, pedagoji, yönetim ve değerlendirme süreçlerinin nasıl tasarlanması gerektiğine ilişkin ayrıntılı açıklamalar içermektedir.

Model kapsamında, kurumlar, öncelikle Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi tasarımı sürecinde yer alan girdilere odaklanmalıdır. Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi için bu temel girdilerden ilki Avrupa, Ulusal ve Alan Yeterlilikler Çerçevesi; ikincisi ise programın misyonu ve paydaş görüşleri alınarak oluşturulan eğitim amaçlarıdır. Eğitim amaçları ve Yeterlilikler Çerçevesinden gelen çıktılarla

program çıktıları; program çıktılarından ise öğretim programı (müfredat) oluşturulmalı ve öğretim programındaki her bir dersin, bir öğrenme çıktısına karşılık gelecek şekilde belirlenmesine de dikkat edilmelidir. Paydaş görüşleri belirlenirken, hangi bilgi, beceri ve yeterliliklere sahip Bilgisayar Mühendislerine gereksinim duyulduğuna ilişkin sektördeki ve mezun olan ve sektörde yer alan Bilgisayar Mühendislerinin de görüşleri de alınmalıdır.

Bu araştırma sonucunda elde edilen bulgu ve sonuçlara ilişkin olarak Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği alanına ilişkin uzmanlar bilgilendirilerek; geliştirilen model çerçevesinde bir Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programı tasarımı işe koşmaları sağlanabilir. Son olarak, Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimi tasarımı ile ilgili geliştirilen bu model farklı araştırmacılar tarafından da incelenmeli ve güncellenmelidir. Böylece, Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programlarının tasarımı ile ilgili farklı bakış açıları getirilerek çeşitlilik sağlanabilir.

Katkı Belirtme: Bu çalışma, Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen 1103E057 nolu proje kapsamında desteklenen doktora tezinden türetilmiştir.

Kaynakça

ABET, 2011. *Accredited Programs*, <http://www.abet.org/AccredProgramSearch/AccreditationSearch.aspx#> (Erişim tarihi: 20 Eylül, 2011).

Allen, E. and Seaman, J., 2010, *Class Differences: Online Education in the United States*, United States of America: Babson Survey Research Group.

Barkana, A., 2009, IV. *Elektrik Elektronik Bilgisayar Biyomedikal Mühendislikleri Eğitimi Sempozyumu Sonuç Bildirgesi*, http://www.emo.org.tr/etkinlikler/egitim/etkinlik_metin.php?etkinlikkod=107&metin_kod=903 (Erişim tarihi: 12 Mart 2011).

Birleşik Devletler Çalışma Bakanlığı İstatistik Bürosu, 2009, *Mesleki Görünüm Rehberi*,

<http://www.bls.gov/oco/ocos303.htm> (Erişim tarihi: 20 Mayıs 2011).

Bryant, K., Campbell, J. and Kerr, D. (2003). Impact of Web Based Flexible Learning on Academic Performance *Information Systems. Journal of Information Systems Education* , 14(1), 41-50.

Calder, J. ve McCollum, A., 1998, *Open and Flexible Learning in Vocational Education and Training*, London: Kogan Page.

Collis, B. ve Moonen, J., 2002, Flexible Learning in a Digital World. *Open Learning: The Journal of Open and Distance Learning*, 17(3), 217-230.

Creswell, J. W., 1994, *Research Design: Qualitative and Quantitative Approaches*, Hershey: PA: Sage.

Doğan Görü, T. ve Eby, G., 2012, sosyo-Teknik Kuram Çerçevesinde Esnek Bir Çevrimiçi Öğrenme Modeli: Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programı Örneği. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, Doktora Tezi, 268s.

Friedman, T. L., 2008, *Dünya Düzdür* (Çev: L. Cinemre), İstanbul: Boyner.

Harms, A. A., Baetz, B. W. and Volti, R. R., 2004, *Engineering in Time: The Systematics of Engineering History and its Contemporary Context*. Singapore: World Scientific Publishing Company.

İslamoğlu, H., 2009, *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*. İzmit: Beta.

Khan, B., 2006, *Flexible Learning in an Information Society*. Hershey, PA: Information Science.

Koramaz, E., 2009, *Türk Mühendis Ve Mimar Odaları Birliği, Makine Mühendisleri Odası*. http://www.mmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=11068&tipi=3&sube=0 (Erişim tarihi: 20 Şubat 2011).

- McLuhan, M., 2001, *Global Köy*. (Çev: Bahar Öcal Düzgören). İstanbul: Scala.
- McMillan, J., 2004, *Educational Research Fundamentals for the Consumer* (4th edition). Hershey: PA: Pearson Education.
- Oliver, R., 2001, Learning Objects: Supporting Flexible Delivery. *Meeting at the crossroads: 18th ASCILITE Conference*, 453-460.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.115.3002&rep=rep1&type=pdf>. (Erişim tarihi: 18 Ağustos, 2011).
- Oliver, R., Towers, S., Skippington, P., Brunetto, Y. and Gooley, R. F.-W., 2001, Flexible Toolboxes: A Solution for Developing Online Resources. In F. Lockwood and A. Gooley (eds), *Innovation In Open And Distance Learning* (pp. 100-110). London: Kogan Page.
- Patton, M. Q., 2002, *Qualitative Research & Evaluation Methods* (3rd edition). Hershey: PA: Sage.
- Serbest, A. H., 2003, Mühendislik Fakülteleri Alt Yapı ve Diğer Sorunları. *I. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi Sempozyumu*. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
http://www.emo.org.tr/etkinlikler/egitim/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=7&bilkod=132 (Erişim tarihi: 30 Mayıs 2011).
- Smith, P. J., 2001, Technology Student Learning Preferences and the Design of Flexible. *Instructional Science*, 29, 237-254.
- Strategos, 2011, *Lean Manufacturing - A Socio-Technical System (STS)*.
<http://www.strategosinc.com/socio-technical.htm> (Erişim tarihi: 27 Mayıs, 2011)
- Şimşek, H. ve Adıgüzel, T., 2012, Yükseköğretimde Yeni Bir Üniversite Paradigmasına Doğru. *Eğitim ve Bilim*, 37(166), 250-261.
- Şimşek, H., 1994, Pozitivizm Ötesi Paradigmatik Dönüşüm ve Eğitim Yönetiminde Kuram ve Uygulamada Yeni Yaklaşımlar. *II. Eğitim Bilimleri Kongresi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.
- Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği*, 38. Dönem TMMOB ve Oda Etkinlikleri Sonuç Bildirgeleri, 2006, www.tmmob.org.tr/resimler/ekler/58be18e31c81885_ek.pdf (Erişim tarihi: 08 Mart 2011).
- Whitworth, B. and de Moor, A., 2009, *Handbook of Research on Socio-Technical Design and Social Networking Systems* (2 Volumes) (pp. 1-1034). doi:10.4018/978-1-60566-264-0.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H., 2011, *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (8. basım). Ankara: Seçkin.
- Yükseköğretim Kurulu Basın ve Halkla İlişkiler Müşavirliği, 2011, *Yükseköğretimin Yeniden Yapılandırılmasına Dair Açıklama*.
<https://basin.yok.gov.tr/?page=duyurular&v=read&i=248> (Erişim tarihi: 03 Haziran 2011).

Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi için Deprem İstatistiği ve Olası Güçlü Depremlerin Orta Vadede Bölgesel Olarak Tahmini Üzerine Bir Çalışma

Serkan ÖZTÜRK*

Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fak. Jeofizik Müh. Böl., TR-29100, Bağlarbaşı, Gümüşhane.

Geliş tarihi/Received 06.09.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 18.11.2013

Kabul tarihi/Accepted 28.11.2013

Özet

Bu çalışmada, Türkiye'nin Batı Anadolu bölgesi için deprem istatistiği ve depremlerin orta vadede bölgesel olarak tahmini üzerine bir değerlendirme yapılmıştır. Bu amaçla, Batı Anadolu depremleri için sismotektonik b-değeri ile fraktal boyut Dc-değeri arasında istatistiksel bir ilişki geliştirilmiştir. Ayrıca, oluşum bilgisi ve göreceli yoğunluk haritalarının birleştirilmesi ile Batı Anadolu bölgesindeki olası güçlü depremlerin bölgesel olarak tahmini için birleşik tahmin haritası oluşturulmuştur. Bu tahmin, güçlü deprem oluşumlarının beklendiği olası bölgeleri bulmak için geçmiş depremlerin uzay-zaman dağılımlarının analizine dayanır. Hesaplamalar için, deprem kataloğu Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden alınmıştır. Bu katalog, süre magnitudü M_D için homojendir ve 1 Ocak 1970 ile 1 Ocak 2013 yılları arasında magnitudü 1.0 ile 6.7 arasında değişen 71914 depremi içermektedir.

*Bu çalışmanın ilk amacı, Batı Anadolu için fraktal boyut Dc-değeri ve sismotektonik parametre b-değeri ile ölçülendirilen zaman, uzay ve magnitud dağılımlarındaki fraktal bir yapıya sahip olan depremselliğin doğasını araştırmaktır. Çalışmayı detaylandırmak için, Batı Anadolu bölgesi 16 farklı sismojenik alt bölgeye ayrılmıştır. İki sismotektonik parametre arasında daha güncel ve daha güvenilir bir istatistiksel ilişki hesaplayabilmek için, ortogonal regresyon kullanılmıştır. Sonuçta, Batı Anadolu bölgesi deprem dağılımları için b-değeri ile Dc-değeri arasında güçlü bir negatif ilişkiye ($r = -0.95$) sahip $Dc = 3.07 - 0.53 * b$ ilişkisi hesaplanmıştır.*

Bu çalışmanın ikinci amacı, Batı Anadolu için deprem yoğunluğuna ve oluşum bilgilerine dayalı bir tahmin haritası oluşturmaktır. Batı Anadolu'daki olası güçlü depremler için potansiyel bir harita oluşturabilmek için birleşik tahmin yöntemi kullanılmıştır. Analiz için, 1970-2013 yılları arasında 40 km'den daha sık, tamamlılık magnitudü $M_c = 3.5$ 'e eşit veya daha büyük magnitudlü olaylar seçilmiştir. Tahmin haritasının bölgesel görünümü için, $0.04^\circ \times 0.04^\circ$ lik bir bölgesel grid aralığı kullanılmış ve $M_D \geq 5.0$ olan depremler bölgesel olarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. 1 Ocak 2013 ile 1 Ocak 2023 yılları arasında Batı Anadolu'daki olası güçlü depremlerin bölgesel olarak tahmin edilebilmesi için birleşik tahmin haritası hazırlanmıştır. Sonuç olarak, Batı Anadolu'da bazı tahmin bölgeleri belirlenmiştir: Simav ve Soma grabenleri civarı, Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes grabenlerinin kesişimi, Acıgöl, Dinar, Çivril fayları ve Sandıklı-Domboyova grabenlerini içeren bölgeler, Marmara, Köyceğiz, Fethiye ve Aliağa-Dumlupınar fayları civarı.

Anahtar Kelimeler: Batı Anadolu, Deprem Tahmini, B-Değeri, Fraktal Boyut, Regresyon.

* Serkan ÖZTÜRK, serkanozturk@gumushane.edu.tr, Tel: 0456 233 7425

A study on Earthquake Statistics and the Forecasting for the Intermediate-Term Locations of Possible Strong Earthquakes for the Western Anatolian Region of Turkey

Abstract

In this study, an assessment on the earthquake statistics and intermediate-term forecasting for the location of future earthquakes for the Western Anatolian region of Turkey were made. For this purpose, a statistical relationship was developed between the seismotectonic b -value and fractal dimension D_c -value for the Western Anatolian earthquakes. In addition, a composite forecast map by combining the maps of Pattern informatics and Relative intensity is created for the forecasting the locations of possible strong earthquakes in the Western Anatolian region. This forecast is based on analyzing the space-time distributions of the past earthquakes to find possible locations where strong earthquakes are expected to occur. For the calculations, earthquake catalogue is taken from Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute. This catalogue is homogeneous for duration magnitude, M_D and consists of 71914 events with magnitudes between 1.0 and 6.7 in the period between January 1, 1970 and January 1, 2013.

The first aim of this study is to investigate the nature of seismicity which has a fractal structure in time, space, and magnitude distributions, as quantified by the fractal dimension D_c -value and seismotectonic parameter b -value for the Western Anatolia. In order to elaborate the study, the Western Anatolian region was divided into 16 different seismogenic sub-regions in order to make a comprehensive study. In order to estimate more up-to-date and more reliable statistical correlation between two seismotectonic parameters, orthogonal regression is used. Thus, the relationship of $D_c = 3.07 - 0.53 * b$ is computed with a strong negative correlation ($r = -0.95$) between b -value and D_c -value for the Western Anatolia earthquake distributions.

The second aim of this study is to create a forecast map based on the earthquake intensities and pattern informatics for the Western Anatolia. The composite forecast method is used in order to generate a potential map for possible strong earthquakes in the Western Anatolia. The events of magnitude equal to or larger than the completeness magnitude $M_c=3.5$ with depths shallower than 40 km dated from 1970 to 2013 are selected for the analyses. For the regional imaging of the forecasting map, it is considered a regional grid of points with a grid of 0.04° by 0.04° and it is tried to forecast the locations of earthquakes with $M_D \geq 5.0$. The combined forecasting map is prepared in order to detect the location of possible strong earthquakes in the Western Anatolia in the forecasting time period between January 1, 2013 and January 1, 2023. Consequently, a few forecasted areas in the Western Anatolia were detected: in the vicinity Simav and Soma grabens, junction of Gediz, Küçük Menderes and Büyük Menderes grabens, including the regions of Acıgöl, Dinar, Çivril faults and Sandıklı-Dombayova grabens, around Marmara, Köyceğiz, Fethiye and Aliğa-Dumlupınar faults.

Key words: Western Anatolia, Earthquake forecasting, b -value, Fractal dimension, Regression

1. Giriş

Jeolojik olaylar genellikle fraktal özellik gösterir. Fraktal özelliğe sahip bir sistemin veya sürecin temel özelliği, ölçükle değişmez oluşu veya kendine benzer oluşudur. Bu özelliğe sahip olan sistemler veya süreçler, bir güç yasası olarak fraktal boyut ile temsil edilebilirler.

Depremselliğin fraktal boyutu ise deprem oluş sürecindeki düzensizliğin ve depremlerin yığılma özelliklerinin bir ölçüsüdür. Depremlerin fiziksel davranışlarını tanımlamak için önerilen çok sayıdaki istatistiksel modelin yanında, sismolojideki ölçekleme yasalarını ve bunların değişmeyen özelliklerini kullanarak dünyanın farklı bölgeleri içinde birçok araştırma

yapılmıştır. Doğal olayların geometrilerinin Mandelbrot (1982) tarafından fraktal tanımlarının ortaya konulmasından itibaren depremsellik gibi çok sayıda karmaşık uzay-zaman olaylarının güç yasası ilişkileri ile fraktal dağılımları açısından tanımlanabileceği ve yorumlanabileceği ortaya konulmuştur (Hirata, 1989; Öncel vd. 1995; Öncel ve Wilson, 2007; Öztürk, 2012; Roy vd. 2011). Bununla birlikte, depremsellik ve fay dağılımı arasındaki olası ilişki ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Sismotektonik değişkenler arasında fraktal ilişkilerin deprem tehlikesi çalışmalarına olan potansiyel uygulamaları, temelde veri setlerinin fraktal nitelikleri arasındaki normal ve aykırı ilişkilere karşılık gelen tartışmalara dayanır. Dolayısıyla, bu ilişki modellerinin analizi ve haritalanması deprem riski ve mekanizmaları için farklı bir bakış açısı ortaya koyabilir (Öncel ve Wilson, 2002).

Fraktal özellik, fraktal boyut (D_c) ile temsil edilir. Fraktal boyut, sistemdeki veya veri grubundaki karmaşıklığın bir ölçüsü olup anlamı kullanılan veriye ve uygulanan yöntemle göre değişir. Fraktal kavramı son yıllarda arazide ve laboratuvarlarda gözlenen kırık sistemlerinin karmaşık yapısını açıklamakta kullanılmaktadır. Özellikle dağlar, nehirler, deniz girintisi, faylar gibi jeolojik yapıların ve depremler gibi doğal olayların incelenmesinde, fraktal geometri kavramı geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Kayaçlarda kırık sistemlerinin gelişmesi ve depremlerin oluşumu fraktal olayların tipik örneklerini oluştururlar. Ayrıca, yukarıda bahsedilen birçok çalışma deprem oluşumunun uzay ve zaman dağılımlarının fraktal olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, sismik aktivite gösteren fay bölgeleri ölçek değişmez özelliği olan karmaşık sistemler olup, depremlerin uzay ve zaman dağılımlarını temsil eden fraktal boyut ile fay uzunluğu ve kaynak boyutunu temsil eden b -değeri arasında bir ilişki gözlenmektedir. Fraktal boyutun zaman ve uzaydaki değişimleri güçlü depremlerin ön belirtisi olarak değerlendirilebilir. Sismik olarak aktif olan fay bölgeleri, deprem kaynak boyutunun veya fay uzunluğunun bir güç yasası ölçeği ve uzay-zamanda depremler arasındaki fraktal ilişki veya ölçek değişmezliği sergileyen karmaşık doğal sistemlerdir (Öncel vd. 1995).

Depremlerin uzay ve zamanda rastgele oluşmadığı iyi bilinir. Öncü şoklar, artçı şoklar, öncü deprem aktivitesi ve durgunluk sismologlar tarafından tanımlanan oluşumlardan sadece birkaçıdır. Yer kabuğunun oldukça karmaşık ve depremlerin genellikle kaotik bir oluşum olduğu kabul edilirse, deprem tahminleri istatistiksel bir temele dayandırılabilir ve sismisite oluşumlarının bu istatistiksel özellikleri olası depremleri tahmin etmek için kullanılabilir (Rundle vd. 2003). Deprem tahmini için uygulanan çok farklı yaklaşımlar vardır. Bu yaklaşımlar genel olarak iki gruba ayrılabilir: birincisi öncü değişimlerin deneysel gözlemlerine dayalıdır. Bu tür çalışmalar, öncü sismik aktiviteyi, öncü yer hareketlerini ve bunu gibi birçok değişimi içerir. İkinci yaklaşım ise depremselliğin istatistiksel oluşumuna dayalıdır. Fakat bu yaklaşımların hiçbiri, belirgin bir temele dayalı olarak güvenilir kısa vadeli (gün-ay) tahminler ortaya koyamaz.

Deprem tahmini çalışmalarında temel problem, deprem oluşumlarının istatistiksel özelliklerinin gelecek depremleri tahmin etmek için kullanılıp kullanılmayacağıdır. Dolayısıyla, dünyanın farklı bölgeleri için birçok araştırmacı tarafından farklı modeller kullanılarak deprem tahminleri yapılmıştır. Örneğin, "M8" algoritması kullanılarak $M > 8$ depremleri için tüm dünya genelinde ve "CN" algoritması kullanılarak Kaliforniya ve Nevada'daki bazı güçlü depremler için uyarıcı sismisite oluşumları gözlenmiştir (Keilis-Borok ve Kossbokov, 1990; Keilis-Borok ve Soloviev, 2003). Ayrıca, öncü şok, sismik durgunluk, deprem yığılımları, sismik hareketlilik gibi istatistiksel depremsellik öncülerinin temel türlerini dikkate alarak yapılan deprem tahmini çalışmaları dünyanın birçok farklı bölgesi için uygulanmıştır. Örneğin, 1906 San Francisco depremlerinden önce bir dizi deprem aktivitesi gözlenmiştir (Sykes ve Jaumè, 1990). Bu tür sismik hareketlilik rapor edilmiştir ve büyük depremler öncesinde zamanla deprem sayılarının bir güç yasası artışı olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte, bu çalışmaların başarısı sonraki depremlerin yerinin tahmin edilmesine bağlıdır. Bunlardan başka ZMAP algoritması kullanılarak

Ermenistan ve Landers depremleri için (Wyss ve Martirosyan, 1998; Wyss ve Wiemer, 2000), Elazığ ve Van depremleri için (Öztürk, 2011; Öztürk ve Bayrak, 2012) uyarıcı sismik durgunluklar gözlenmiştir.

Deprem tahmini için uygulanan çok sayıda istatistiksel model olmasına rağmen, depremlerin kısa vadede (dakika veya ay) ve güvenilir tahmini için henüz kanıtlanmış bir yöntem mevcut değildir. Alternatif olarak, deprem tahmini için yeni bir yaklaşım olan Oluşum Bilgisi (Pattern Informatics, *PI*) ve Göreceli Yoğunlaşma (Relative Intensity, *RI*) yaklaşımı kullanılarak 2000-2009 yılları arasındaki büyük depremlerin tahmini için, Kaliforniya, Japonya ve dünyanın farklı bölgelerinde farklı araştırmacılar tarafından uygulanmıştır (Rundle vd. 2002, 2003; Tiampo vd. 2002; Chen vd. 2005; Holliday vd. 2005, 2006, 2007; Nanjo vd. 2006a,b). Bu yaklaşım güçlü şekilde depremlerin uzay-zaman ilişkilerine bağlıdır. Bu yöntem, en küçük olayların sismik aktivitelerindeki büyük ve sistematik dalgalanmalara sahip coğrafik alanları ve zamana bağlı değişimlerini tanımlar. Sonuçta, gelecek bir zaman aralığı içinde sismojenik bir bölgede oluşabilecek depremler bölgesel olarak haritalanır. *PI* yönteminde son yıllardaki gelişmeler, özellikle *RI* analizlerinden elde edilen verilerle birleştirildiğinde hayli bir ilerleme göstermiştir. *RI* haritaları, en küçük magnitudlü depremlerin en yüksek sismik aktiviteli bölgelerini tanımlayan deprem tahmini için alternatif bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımlar, gelecekteki büyük depremlerin, yakın geçmişte daha küçük depremlerin olduğu bölgelerde meydana gelebileceği hipotezine dayanır. Oluşum bilgisi ve göreceli yoğunlaşma teknikleri öncü sismik durgunluk ve hareketliliği belirlemek ve deprem tahmini yapmak için kullanılabilir. Sonuç olarak, bu yöntemler yakın gelecekte (genellikle 5-10 yıl) olması muhtemel depremlerin yerlerini (sıcak noktalar) tahmin eden bir yöntemdir.

Oluşum bilgisi yöntemi ilk olarak Rundle vd. (2002) tarafından deprem dinamiğinin ayrıntılı doğasını ortaya koyabilmek amacıyla uygulanmıştır. Sismik aktiviteyi analiz ederek Güney Kaliforniya'daki büyük depremlerin oluşumu için deprem tahmin haritaları

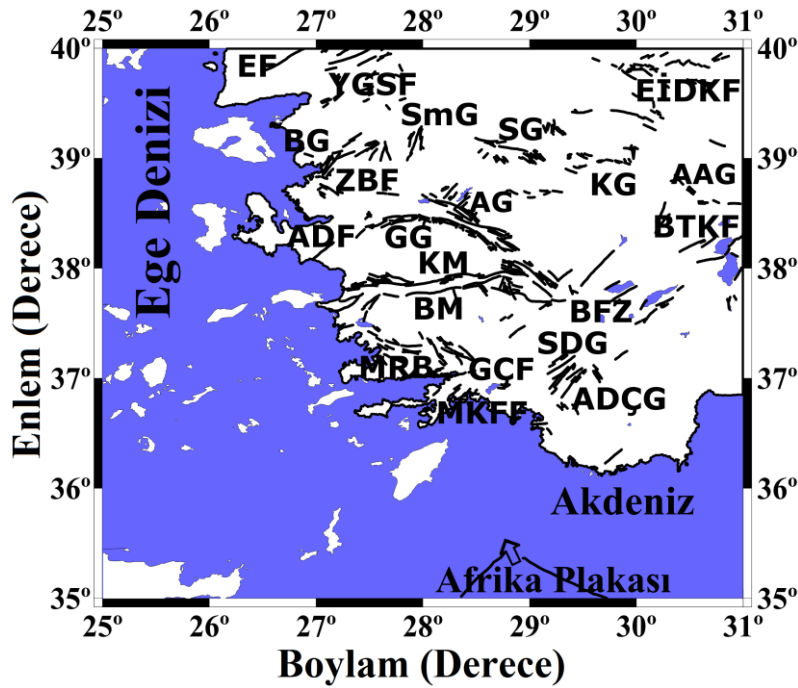
oluşturmuşlardır. Daha sonra, $M \geq 5$ olan on sekiz adet Kaliforniya depreminin on altısı hemen hemen bu çalışmada belirtilen bölgelere yakın alanlarda meydana gelmiştir. Benzer şekilde Tiampo vd. (2002), Rundle vd. (2003) ve Holliday vd. (2006), Güney Kaliforniya'da 2000-2009 yılları arasında olması muhtemel depremler için oluşum bilgisi tekniğini kullanarak deprem tahmini yapmışlardır. Japonya depremleri içinse, Nanjo vd. (2006a,b) Oluşum Bilgisi yöntemini kullanarak 23 Ekim 2004 ($M=6.8$) Niigata depremi için başarılı bir tahmin yapmışlardır. Benzer şekilde, Chen vd. (2005) aynı yöntemi kullanarak 1999 Chi-Chi (Tayvan) depremi için başarılı bir tahminde bulunmuşlardır.

Sismik aktivitenin son yıllarda oldukça yoğun olduğu Ege bölgesi, en uç kısmında yer aldığı Anadolu plakasının batıya doğru hareketi sebebiyle tarih boyunca yıkıcı depremlere maruz kalmıştır. Bu nedenle yaklaşık 3.5 milyonluk nüfusuyla üçüncü büyük şehir olan İzmir başta olmak üzere birçok büyük ilimizi içine alan Batı Anadolu bölgesinde depremlerin önceden belirlenebilmesine yönelik çalışmalar oldukça önemli hale gelmiştir. Depremselliğin istatistiksel ölçek ilişkilerinin büyük depremlerin kısa vadede belirlenmesine hassas olmasından dolayı, bu çalışmada birincil hedef olarak, Batı Anadolu'da meydana gelen depremler için fraktal boyut D_c -değeri ile depremlerin magnitud-sayı dağılımlarını ortaya koyan b -değeri arasında uygun ve güvenilir bir deneysel ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu iki sismotektonik parametre arasındaki en uygun ilişkiyi belirleyebilmek için ortogonal regresyon kullanılmıştır. İkincil hedef ise, göreceli yoğunlaşma ve oluşum bilgisi modelleri kullanılarak son yıllarda sismik aktivitenin oldukça yoğun olduğu Batı Anadolu bölgesi için bir deprem tahmin modeli oluşturmaktır. Bu amaçla, *RI* ve *PI* haritaları birleştirilerek Batı Anadolu (Ege Genişleme Bölgesi, Türkiye) bölgesinde 2013-2023 yılları arasında 10 yıllık vadede muhtemel güçlü depremler bölgesel olarak tahmin edilmeye çalışılmıştır.

2. Batı Anadolu Graben Sistemi

Batı Anadolu, dünyadaki en hızlı genişleyen ve sismik aktivitenin en fazla olduğu bölgelerden birini temsil eder. Genel olarak K-G yönlü kıtasal açılma oranı 30-40 mm/yıl'dır (Oral vd. 1995). Batı Anadolu'da graben yapısı ile ilişkili olarak deprensellik yüksektir ve bölge-zamana bağlı olarak dikkate değer düşük magnitudümlü deprem grupları ile yığılım türü aktivite gösterir. Yaklaşık olarak D-B eğilimli grabenler (Edremit, Bakırçay, Kütahya, Simav, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes ve Gökova grabenleri) ve bunların havza sınırı aktif normal fayları neotektonik belirleyici sistemin en göze çarpan özellikleridir (McKenzie, 1978). Doğu-

batı doğrultulu normal faylarla sınırlandırılmış Ege Graben Sistemi, birçok bloktan oluşmaktadır. Bu bloklar arasında D-B uzanımlı grabenler yer almaktadır. Bu grabenler kuzeyden güneye doğru Edremit Körfezi, Bakırçay-Simav Grabeni, Gediz-Küçük Menderes Grabenleri, Büyük Menderes ve Gökova Körfezi Grabenleri şeklinde sıralanabilir. Çalışma alanı içerisindeki tektonik yapılar Şekil 1'de gösterilmiştir. Türkiye ve civarındaki ana tektonik yapılar, Şaroğlu vd. (1992) ve Bozkurt (2001) gibi farklı çalışmalarda detaylı olarak bulunabilir.



Şekil 1. Batı Anadolu'daki ana tektonik yapılar. Aktif faylar Şaroğlu vd. (1992) ve Bozkurt (2001)'den alınmıştır. Fayların adları: EF – Etili Fayı, YGSF – Yenice-Gönen ve Sarıköy Fayları, BG – Bakırçay Grabeni, SmG – Soma Grabeni, SG – Simav Grabeni, KG – Kütahya Grabeni, EİDKF– Eskişehir, İnönü-Dodurga ve Kaymaz Fayları, ZBF – Zeytindağ-Bergama Fayları, ADF – Aliğa ve Dumlupınar Fayları, GG – Gediz Grabeni, AG – Alaşehir Grabeni, AAG – Akşehir-Afyon Grabeni, BTKF – Beyşehir, Tatarlı ve Kumdanlı Fayları, KM – Küçük Menderes, BM – Büyük Menderes, BFZ – Burdur Fay Zonu, SDG – Sandıklı ve Dombayova Grabenleri, MRB – Muğla ve Rodos Bölgesi, GCF – Gölhisar ve Çameli Fayları, MKFF – Marmaris, Köyceğiz ve Fethiye Fayları, ADÇG – Acıgöl, Dinar ve Çivril Fayları

Ege Graben Sisteminin Edremit Körfezini içine alan kuzey kesimi, Kuzey Anadolu Fayı ile Batı Anadolu'daki çekme rejiminin etkisi altında

bulunmaktadır. Dolayısıyla bu bölgede oluşmuş depremlerin odak mekanizmaları, hem normal hem de yatay bileşenlerin hakim olduğu birleşik

fay çözümleri vermiştir. Bölge, oldukça karışık tektonik görünüm sunması nedeniyle sürekli depremlere maruz kalmıştır ve gelecekte de deprem oluşturma potansiyeli yüksektir. Bu grabenlerin kenarlarını sınırlayan ana normal faylar, kısa uzunluklara sahip birçok küçük faydan oluşmaktadır. Dolayısıyla, bu kısa faylardan birinde oluşan bir deprem, yakınlarındaki diğer komşu fayları tetiklemekte ve sonraki bir zamanda bu faylarda depremlerin oluşmasına neden olmaktadır (Demirtaş ve Yılmaz, 1996). Bu depremler, genellikle bölgede güneyden kuzeye doğru zaman içerisinde bir kayma göstermişlerdir. Ege Graben Sistemi içerisinde yıkıcı ve yüzey kırığı oluşturmuş depremlerin yer-zaman diyagramı incelendiğinde paleosismolojik olarak fayların davranışlarını etkileyen faktörlerden en önemlisinin, fay tipleri olduğu açıkça görülür. Fay tiplerine bağlı olarak fayların farklı davranışlar göstermesi doğrultu atımlı faylar olan Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı ile Ege yayı ve Bitlis Bindirme Kuşağını oluşturan ters faylar üzerinde oluşmuş depremlerin yer-zaman dağılımlarının karşılaştırılması ile daha kolay bir şekilde anlaşılabilir. Ege Graben Sistemi içerisinde oluşmuş yıkıcı ve yüzey kırığı meydana getirmiş depremlerin yer-zaman diyagramı incelendiğinde, depremlerin birbirine yakın faylarda oluştuğu görülmektedir. Bu yakın faylarda oluşan depremler zaman olarak birbirlerine oldukça yakındır. Bu bölgedeki depremler, genellikle birer çiftler şeklinde oluşmaktadır. Bölgenin birbirlerine bağlantılı birçok graben ve horstlardan meydana gelmesi nedeniyle, bir fayda oluşan deprem diğer yakın fay üzerinde tetikleme rolü oynamaktadır.

3. Kullanılan Deprem Verisi ve Sismotektonik Bölgeleendirme

Türkiye ve civarı için hem ulusal hem de uluslararası kaynaklardan elde edilebilecek birçok deprem kataloğu mevcuttur. Bu çalışmada kullanılan veri kaynağının 1970-2006 yılları arasındaki kısmı Öztürk'ten (2009) alınmıştır. Öztürk (2009), 1970-1973 yılları arasındaki depremleri *International Seismological Centre* (ISC) kataloğundan, 1974-2006 yılları arasındaki veriyi ise *Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem*

*Araştırma Enstitüsü'*nden (KOERI) derlemiştir. Bununla birlikte bazı bilinmeyen depremler için Öztürk (2009), *National Telemetric Earthquake Observatory Network* (TURKNET), *Incorporated Research Institutions for Seismology* (IRIS) ve *TÜBİTAK* gibi katalogları kaynak olarak kullanmıştır. Öztürk (2009), süre magnitudüne (M_D) göre homojen olan aletsel bir deprem kataloğu hazırlamıştır. Bu katalog, 1970-2006 yılları arasında Türkiye ve civarında meydana gelmiş olan 73530 depremi içermektedir. Bu kataloğa ek olarak, 2006-2013 yılları arasındaki veri için yine KOERI kataloğu kullanılmıştır.

Öztürk (2009), 1970-2006 yılları arasında homojen ve tam bir deprem kataloğu hazırlayabilmek için bazı deneysel ilişkiler kullanmıştır. KOERI, yerel depremler için süre magnitudünün hesaplanmadığı durumlarda genellikle yerel magnitud (M_L) hesaplar. 2006-2013 yılları arasında KOERI kataloğunda M_D 'nin bilinmediği durumlarda, Öztürk (2009) tarafından verilen ilişkiler kullanılarak M_D hesaplanmış ve bu zaman periyodu için Türkiye ve civarında 61194 deprem elde edilmiştir. Sonuç olarak, 1970-2013 yılları arasında Türkiye için M_D 'ye göre homojen olan ve 133724 depremi içeren bir katalog hazırlanmıştır.

Bir sismik kaynak bölgesi, sismik olarak homojen bir alanı tanımlar. İdeal bir sismik kaynak bölgesi tanımlaması, paleosismolojik, jeoloji, tektonik, tarihsel ve aletsel depremselliğin ve düşünülen bölgenin diğer neotektonik özelliklerinin tam olarak anlaşılmasını gerektirir. Sismik kaynak bölgeleri, sıkça iki temel özellik kullanılarak belirlenebilir: (i) bölgenin sismik profili ve (ii) tektonik yapısı (Erdik vd. 1999). Birçok araştırmacı deprem tehlikesi çalışmaları için tektonik bölgeleendirmenin oldukça yaygın bir yöntem olduğunu ifade etmiş ve Türkiye'yi içeren çok sayıda sismotektonik bölgeleendirme çalışması farklı araştırmacılar tarafından yapılmıştır (örneğin; Kayabalı, 2002; Erdik vd. 1999; Bayrak vd. 2009; Öztürk, 2012).

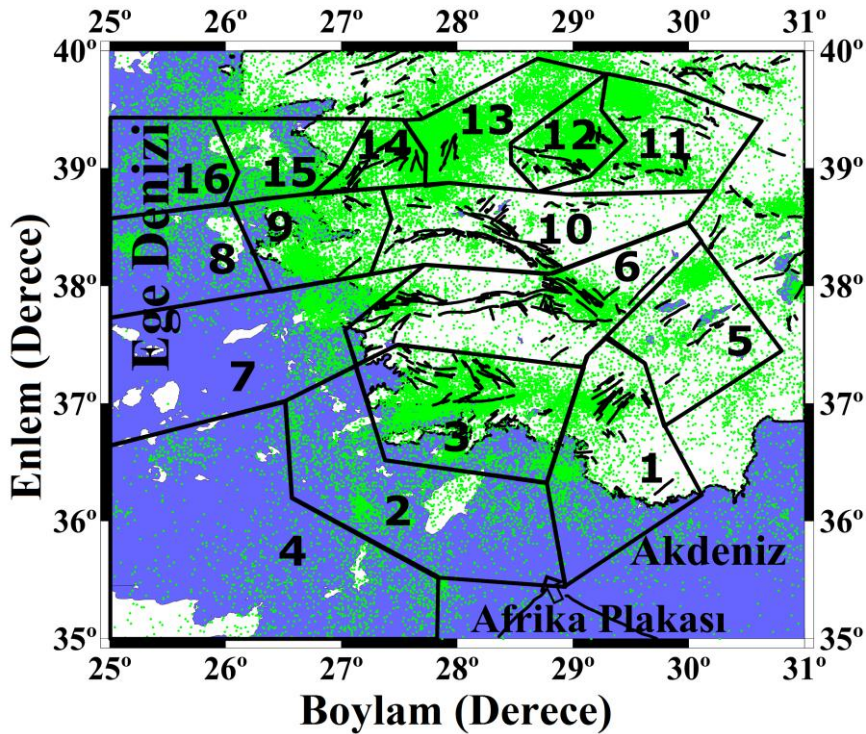
Bu çalışmadaki sismik kaynak bölgeleri, temel olarak Erdik vd. (1999), Bayrak vd. (2009) ve Öztürk (2012) tarafından yapılan tektonik

bölgelendirme çalışmalarına dayalı olarak belirlenmiştir. Erdik vd. (1999) tüm deprem verisini kullanarak ve farklı araştırmacılar tarafından yapılan bölgelendirme çalışmalarını dikkate alarak Türkiye için 37 sismik kaynak bölgesi tanımlamıştır. Bununla birlikte Bayrak vd. (2009), depremlerin episantr dağılımları ile birlikte mevcut tektonik yapıları haritalayarak, 1977-2002 yılları arasında Türkiye’de meydana gelmiş büyük depremlerin TÜBİTAK tarafından verilen odak mekanizması çözümlerini ve Türkiye için yapılan farklı bölgelendirme çalışmalarını dikkate alarak Türkiye için 24 farklı kaynak bölgesi tanımlamışlardır. Öztürk (2012), diğer çalışmalarda verilen bölgeler içerisine düşen farklı tektonik yapıları daha detaylı analiz edebilmek için, bu çalışmalardan farklı olarak daha küçük yeni bölgeler tanımlamış ve Türkiye için 55 sismotektonik bölge tanımlamıştır. Bu çalışmalar içerisinde Batı Anadolu bölgesi için yapılan sismotektonik bölgelendirmeler dikkate alınarak, Ege genişleme bölgesi için yeni bir sismotektonik

bölgelendirme yapılmıştır. Şekil 2’de görüldüğü gibi çalışma alanı 16 farklı kaynak bölgesine ayrılmıştır. Şekil 2’de ayrıca, çalışma alanı içerisindeki depremlerin episantr dağılımları da gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamında, Batı Anadolu bölgesi için 1970-2013 yılları arasında $M_D \geq 1.0$ olan 71914 depremi içeren bir katalog hazırlanmıştır. Bu katalog, süre magnitudü M_D için homojendir. Analizler için, çalışma alanı olarak $35^\circ\text{K}-41^\circ\text{K}$ enlemleri ile $25^\circ\text{D}-31^\circ\text{D}$ boylamları arasında kalan bölge düşünülmüştür (Şekil 2).

4. Sismotektonik Parametrelerin Tanımlanması

Depremler uzay ve zamanda, enerjilerine göre düzensiz olarak dağılım gösterirler. Doğal olayların geometrilerinin fraktal tanımının Mandelbrot (1982) tarafından ortaya konulmasından sonra, depremsellik gibi çoğu karmaşık uzay-zaman olgularının



Şekil 2. Batı Anadolu bölgesinde 1970-2013 yılları arasında $M_D \geq 1.0$ olan depremlerin episantr dağılım haritası ve sismotektonik bölgeler.

tanımlanabileceği ve güç yasası ölçekleriyle birlikte fraktal parametreler açısından yorumlanabileceği ifade edilmiştir (Öncel vd. 1995). Bu bölümde, depremlerin b -değeri ve

fraktal boyut D_c -değerinin hesaplanması ile ilgili yöntemlerden kısaca bahsedilecektir.

4.1. Depremlerin Magnitüd-Frekans Dağılımları (Sismotektonik b -değeri) ve Tamamlılık Magnitüdü (M_c -değeri)

Depremlerin magnitüd dağılımlarının modellenmesi Gutenberg-Richter yasası (G-R) ile yapılır (Gutenberg ve Richter, 1944). Depremlerin magnitüd-deprem sayısı ilişkisi,

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

denklemleri ile verilir. Burada $N(M)$, magnitüdü M 'den büyük ve eşit olan depremlerin kümülatif sayısıdır. b parametresi depremlerin boyut dağılımının eğimini tanımlarken, a parametresi ise depremsellik veya deprem üretme oranı ile ilişkilidir.

b -değeri, depremselliğin boyut-ölçek özelliklerinin tanımlanmasındaki en önemli istatistiksel parametrelerden biridir. b -değeri bölgeden bölgeye kabaca 0.3-2.0 arasında değişir. Bununla birlikte, ortalama olarak b -değerinin bölgesel ölçek tahminleri yaklaşık olarak 1'e eşittir (Frohlich ve Davis, 1993). Birçok faktör b -değerinin normalden farklılık göstermesine neden olabilir. Düşük b -değerli bölgeler ana şoktan sonra muhtemelen yüksek uygulamalı kayma gerilmesi altındayken, yüksek b -değerli bölgeler kayma meydana gelen alanlarla ilişkilidir. Bundan farklı olarak, yüksek b -değerleri, çoklu kırık alanlarının önemine işaret eden artan jeolojik karmaşıklığa sahip bölgelerle ilişkilidir. Sonuç olarak, düşük b -değeri kırıklı ortamlardaki düşük heterojeniteyle, büyük gerilme ve yamulma, büyük deformasyon hızı ve büyük faylarla ilişkilidir (Bayrak ve Öztürk, 2004).

Herhangi bir bölgedeki b -değerini hesaplamak için birçok yöntem mevcuttur. Fakat b -değerlerinin tahmini için en güçlü ve yaygın olarak kullanılan yöntem maksimum olasılık yöntemi (Aki, 1965) olup,

$$b = 2.303 / (\bar{M} - M_{\min} + 0.05) \quad (2)$$

denklemleri ile verilir. Burada \bar{M} , ortalama magnitüd değeri ve M_{\min} ise minimum magnitüd değeridir. 0.05 değeri ise bir ilişki sabitidir. %95 güven aralığında sismik b -değerinin standart

sapması, Aki (1965) tarafından önerilen $\pm 1.96b / \sqrt{n}$ denklemi kullanılarak hesaplanabilir. Bu denklemde n parametresi, tahmin yapmada kullanılan depremlerin sayısıdır. Bu ifade, $n=100$ depremi içeren bir örnek için b -değeri üzerinde $\pm 0.1-0.2$ civarında bir güven limiti ortaya koyar.

Tamamlılık magnitüdü M_c (cut-off magnitude, kesme magnitüdü, süreklilik magnitüdü), verinin %90-95'inin bir güç yasası ile modellenilebildiği magnitüd olarak ifade edilir ve depremsellik ilişkili birçok çalışma için önemli bir parametredir. Magnitüd tamamlılığı, bölge ve zamanın bir fonksiyonu olarak sistematik bir biçimde değişim gösterir ve özellikle zamana bağlı değişimler yanlış b -değeri tahminlerine neden olur. Çünkü deprem kayıt ağı ana şoktan sonra kurulabilir ve ilk en yüksek aktivite süresince küçük olaylar büyük olayların kodaları içerisine düşmesinden dolayı kayıt edilemeyebilir. Sonuçta, deprem kataloğunun ilk bölümlerinde M_c yüksek olur. Bu nedenle zamanın bir fonksiyonu olarak M_c çözümleri, sonuçların doğruluğunu tehlikeye sokmaksızın, sonradan oluşturulacak haritalama için mevcut verinin maksimum sayısını kullanmak amacıyla yapılır. Çünkü depremsellik çalışmalarında daha kaliteli sonuçlar için, verinin maksimum sayısının kullanılması oldukça önemlidir. M_c tahmini, Gutenberg-Richter ilişkisine ve M_c 'nin yaklaşık ilk dizisi olarak magnitüd-deprem sayısı eğrilerinin ilk türevinin maksimum değer hesabına dayanır (Wiemer ve Wyss, 2000). Deprem sayısı-magnitüd ilişkilerini hesaplamak ve deprem tahmin yöntemlerini uygulayabilmek için, üst üste binen hareketli pencere tekniği kullanılarak maksimum olasılık yöntemiyle zamanın fonksiyonu olarak M_c -değeri hesaplanmalıdır. Bu çalışmada, sismotektonik b -değerinin hesaplanacak olması ve deprem tahmin yöntemlerinin uygulanabilmesi için tamamlılık değerinin kullanılacak olmasından dolayı M_c hesabı yapılmıştır.

4.2. Depremlerin Uzaysal Dağılımının Fraktal Boyutu (İlişki Boyutu, D_c -değeri)

Deprem dağılımlarının uzaysal modelleri ve oluşumlarının zamansal modelleri, iki-noktalı

ilişki boyutu D_c kullanılarak fraktal olarak tanımlanır. İlişki boyutunun analizi, geometrik nesnelerin kendine-benzerliğinin (self-similarity) tanımlanması için güçlü bir araçtır. Grassberger ve Procaccia (1983), ilişki boyutu D_c ve ilişki toplamı $C(r)$ 'yi aşağıdaki şekilde tanımlamıştır:

$$D_c = \lim_{r \rightarrow 0} [\log C(r) / \log r] \quad (3)$$

$$C(r) = 2N_{R < r} / N(N-1) \quad (4)$$

Burada $C(r)$, ilişki fonksiyonu, r , iki episantr veya hiposantr arasındaki uzaklık ve N , birbirinden $R < r$ uzaklıkla ayrılan olay çiftlerinin sayısıdır. Eğer episantr dağılımı fraktal bir yapıya sahipse, aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$C(r) \sim r^{D_c} \quad (5)$$

Burada D_c , fraktal boyuttur veya daha kesin bir ifadeyle ilişki boyutudur. İki deprem arasındaki r uzaklığı (derece olarak) aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$r = \cos^{-1}(\cos \theta_i \cos \theta_j + \sin \theta_i \sin \theta_j \cos(\phi_i - \phi_j)) \quad (6)$$

Burada (θ_i, ϕ_i) ve (θ_j, ϕ_j) , sırasıyla i . ve j . olayların enlem ve boylamlarıdır (Hirata, 1989). r uzaklığına ($1^\circ \cong 111$ km olarak) karşı $C(r)$ değerleri çift logaritmik koordinatlarda çizilirse fraktal boyut D_c , pratik olarak grafiğin eğiminden hesaplanabilir.

Fraktal analiz sıkça, sismotektonik değişkenlerin kümelenmesinde ve boyut ölçek niteliklerinin tanımlanmasında kullanılır. Fraktal boyut D_c , olası kırılmayan bölgelerden kaçınmayı önlemek için hesaplanır ve bu kırılmayan bölgeler gelecekte kırılacak potansiyel sismik boşluklar olarak ifade edilir. D_c -değeri, episantr veya hiposantr uzaklıklarıyla ve belirgin depremler arasındaki elastik etkileşimin dalgalanmalarına dayalı fiziksel modellerle ilişkilidir. Başka bir deyişle, fraktal ilişki boyutundaki değişimler esas itibariyle, fay sistemlerindeki deprem aktivitesinin heterojenite derecesinin sayısal ölçümü veya karmaşıklığına bağlıdır. Daha

düşük b -değeri ile ilişkili fay sistemlerindeki (daha yüksek D_c) yüksek karmaşıklığa sahip alanlarda gerilme dağılımı daha küçük yüzey alanlarının fay düzlemleri üzerinde olur (Öncel ve Wilson, 2002). Ayrıca, daha yüksek D_c ve daha düşük b -değerleri, çalışma alanındaki baskın yapısal özelliklerdir ve kümelenmelerden kaynaklanabilir. Buda, gerilmedeki değişimlerin bir belirtisidir (Polat vd. 2008).

5. Deprem Tahmin Yöntemlerinin Tanımlanması

Oluşum bilgisi ve göreceli yoğunlaşma modelleri sismik aktivitedeki değişimlerle güçlü şekilde ilişkili bölgeleri ortaya koyar. Bu bölgeler, daha sonraki büyük depremlerin oluşumunun gözlemlendiği dolayısıyla, ana şoktan önceki yüksek gerilmeyle ilişki bölgelerdir. Oluşum bilgisi haritasında ortaya konulan sismik aktivite oranındaki dalgalanmalar büyük depremlerin hazırlık süreci ile ilişkili olabilir. Oluşum bilgisi haritasındaki sismik durgunluk ve sismik hareketlilik, bu tür hazırlık süreçleridir. Oluşum bilgisi yöntemi yakın gelecekte (tipik olarak 5-10 yıl) olması muhtemel depremlerin yerlerini tahmin eder. Sonuçlar, gelecekte belirgin bir süreç boyunca depremlerin olabileceği sismojenik bir zonu haritalar.

Tahmin doğruluğunun kanıtlanabilmesi için, oluşum bilgisi tahmin yönteminin diğer tahmin yöntemlerinden daha iyi sonuçlar vermesi gerekir. Bu amaçla iki tür tahmin kullanılır. Bunlardan ilki, deprem tahmininde alternatif bir yaklaşım olan ve geçmişte olmuş küçük depremlerin oluşum oranlarını kullanan göreceli yoğunlaşma tahminidir. Bu tür deprem tahmininin fiziksel gerekçesi olarak, büyük depremlerin yüksek sismik aktiviteye sahip alanlarda olma olasılığı kabul edilir (Holliday vd. 2007). Göreceli yoğunlaşma tahmini için matematiksel algoritma birçok araştırmacı tarafından verilmiştir (Nanjo vd. 2006a,b; Holliday vd. 2005, 2006, 2007). Göreceli yoğunlaşma modeli için algoritma aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (Nanjo vd. 2006a):

1. Çalışma alanı gridlere bölünür. Her bir grid doğrusal bir Δx boyutuna sahiptir.

2. Her i gridi içerisindeki düşük bir kesme magnitudü Mc 'ye eşit veya ondan büyük M magnitudlü depremlerin sayısı t_S 'den t_E 'ye olan zaman süresince hesaplanır. Bu sayı, $n_i(t_S, t_E)$ olarak ifade edilen ve gün başına depremlerin sayısını belirlemek için hesaplanan ortalamadır.

3. Bu sayıların göreceli değeri RI sayısı olarak adlandırılır. Bu sayı $n_i(t_S, t_E)/n_{\text{mak}}$ olarak verilir. Burada n_{mak} ; $n_i(t_S, t_E)$ 'nin en büyük değeridir. RI sayısı 0-1 arasında değişir.

4. Eğer 0'dan 1'e kadar bir aralıkta ($0 \leq w \leq 1$) başlangıç bir w değeri kabul edilirse, gelecek büyük depremlerin yalnızca bu w değerinden daha büyük RI sayısına sahip bölge içerisinde olması beklenir. Başlangıç w değerinden daha küçük RI sayısına sahip gridler, gelecek büyük depremlerin meydana gelmeyeceği bölgelerdir.

5. RI tahmin penceresi içerisinde, daha büyük depremlerin daha yüksek sismik aktiviteye sahip bölgelerde olacağı tahmin edilir.

PI yöntemi için matematiksel algoritma aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (Nanjo vd. 2006a):

1. RI modelinde olduğu gibi, çalışma bölgesi doğrusal bir Δx boyutuna sahip gridlere bölünür.

2. t_0 ile ifade edilen zamandan itibaren $M \geq Mc$ olan bölgelerdeki tüm depremler analize dahil edilir. Artçı şoklar katalogdan çıkarılmaz. Bu yöntem, depremlerin kooperatif davranışlarından sorumlu olan güçlü uzay-zaman ilişkilerine dayanır ve artçı şoklar, ilişkilerin önemli bir bileşenini oluşturmak için de dikkate alınır.

3. Üç zaman aralığı dikkate alınır:

i) t_b 'den t_1 'e kadar olan referans zaman aralığı

ii) t_b 'den t_2 'ye kadar olan ($t_2 > t_1$) ikinci zaman aralığı. Sismik aktivite değişimlerinin hesaplandığı değişim aralığı t_1 'den t_2 'ye kadar olan zaman aralığıdır. t_b zamanı t_0 ile t_1 arasında

olacak şekilde seçilir. Hedef, t_b 'den t_1 'e kadar olan referans zaman aralığına kıyasla t_1 'den t_2 'ye kadar olan değişim aralığındaki sismik aktivite anomalilerini ölçmektir.

iii) t_2 'den t_3 'e kadar olan tahmin zaman aralığı, tahmin için geçerli olan aralıktır. Değişim ve tahmin aralıkları aynı uzunlukta olacak şekilde alınır.

4. Zaman aralığı için bir grid bölgesindeki sismik yoğunluk, zaman aralığı süresince oluşan $M \geq Mc$ olan depremlerin ortalama sayısıdır. Referans aralığı $t_b - t_1$, $n_i(t_b, t_1)$, aralığı üzerindeki i . gridin sismik yoğunluğu t_b 'den t_1 'e kadar olan depremlerin ortalama sayısıdır. $t_b - t_2$, $n_i(t_b, t_2)$, aralığı üzerindeki i . gridin sismik yoğunluğu t_b 'den t_2 'ye kadar olan depremlerin ortalama sayısıdır.

5. İki farklı zaman aralığından elde edilen yoğunlukları karşılaştırmak için aynı istatistiksel özelliklere sahip olmaları gerekir. Dolayısıyla, sismik yoğunluklar, tüm grid bölgelerinin ortalama sismik aktivitesinden çıkarılarak ve tüm grid bölgelerindeki sismik aktivitenin standart sapmasına bölünerek normalize (standart hale getirmek) edilir. Normalize edilmiş bu yoğunluklar $n_i^*(t_b, t_1)$ ve $n_i^*(t_b, t_2)$ olarak ifade edilir.

6. i gridi içerisindeki anomali sismisitesinin ölçümü, normalize edilmiş iki sismik yoğunluk arasındaki farktır ve $\Delta n_i^*(t_b, t_1, t_2) = n_i^*(t_b, t_2) - n_i^*(t_b, t_1)$ olarak verilir.

7. Sismik aktivitedeki rastgele dalgalanmaların (gürültü) göreceli önemini azaltmak için t_0 'dan t_1 'e kadar tüm muhtemel başlangıç zamanları t_b üzerindeki ortalama değişim $\Delta n_i^*(t_b, t_1, t_2)$ hesaplanır. Sonuç, $\Delta \underline{n}_i^*(t_0, t_1, t_2)$ olarak ifade edilir.

8. i gridi içerisindeki gelecek depremin olasılığı $P_i(t_0, t_1, t_2)$, ortalama yoğunluk değişiminin karesi alınarak hesaplanır. Buda, $P_i(t_0, t_1, t_2) = \{\Delta \underline{n}_i^*(t_0, t_1, t_2)\}^2$ şeklinde verilir.

9. Anomali bölgelerini tanımlamak için, backgrounda (geçmiş) kıyasla $P_i(t_0, t_1, t_2)$ olasılığındaki değişim hesaplanır. Bunun için, tüm grid bölgelerinde ortalama olasılık

$\langle P_i(t_0, t_1, t_2) \rangle$ çıkarılır. Olasılıktaki bu değişim, $P_i'(t_0, t_1, t_2) = P_i(t_0, t_1, t_2) - \langle P_i(t_0, t_1, t_2) \rangle$ ile verilir.

10. Olasılıktaki değişimin göreceli değeri PI sayısı olarak tanımlanır. Bu sayı, $P_i'(t_0, t_1, t_2)/P_{\text{mak}}$ olarak verilir. Burada P_{mak} ; $P_i'(t_0, t_1, t_2)$ 'nin en büyük değeridir. Geçmiş deprem aktivitesine kıyasla sismik hareketlilik ve sismik durgunlukla ilgilenildiği için, eğer grid bölgeleri sıfırdan küçük PI sayısına sahipse, bu sayılar sıfır olarak kaydedilir. PI değeri 0-1 arasında değişir.

11. Eğer 0-1 aralığında başlangıç bir w değeri kabul edilirse, gelecek büyük depremlerin bu w değerinden daha büyük PI sayısına sahip bölge içerisinde olması beklenir. Başlangıç w değerinden daha küçük PI sayısına sahip gridler, gelecek büyük depremlerin meydana gelmeyeceği bölgelerdir.

12. PI tahmin penceresi içerisinde, daha büyük depremlerin yüksek sismik hareketlilik veya durgunluğa sahip bölgelerde olacağı tahmin edilir.

PI yöntemi, gelecek bir zaman penceresinde depremlerin büyük olasılıkla meydana gelebileceği bölgeleri ortaya koyar. Bir tahmin haritası ortaya koyabilmek için, PI haritası ile RI haritası birleştirilir. Sonra, olasılığı bütünleştirmek için bu harita normalize edilir ve orta vadede gelecek 5-10 yılın (Holliday vd. 2007) üzerinde beklenen $M \geq 5$ olan depremlerin sayısı ile ölçeklendirilir. Bu işlemlerin detayları şu şekilde verilir (Holliday vd. 2007):

i. İlk olarak düşünülen tüm bölge için göreceli bir sismik yoğunluk haritası oluşturulur. Deprem verisi çalışılması düşünülen periyod için kullanıma uygun hale getirilir. Daha sonra, 10^{-1} 'den büyük göreceli değerler 10^{-1} 'e, 10^{-4} 'ten daha küçük sıfır olmayan değerler 10^{-4} 'e atanır. Geçmişte sıfır sismisiteye sahip her grid bölgesine 10^{-5} değeri verilir.

ii. Çalışılan bölgede çoğu aktivite bölgesinin $\%10$ 'u üzerinde oluşum bilgisi hesapları yapılır. Hesaplamalar için, t_0 , t_1 ve t_2 zamanları belirlenir. Sıcak noktalar, gelecek deprem oluşumunun beklendiği bölgeler olduğu için bütün bir olasılık değeri verilir.

iii. RI haritası üzerinde, PI haritası ile onun *Moore civarı* (piksel + sekiz komşu bölge) üst üste getirilerek birleşik bir olasılık haritası oluşturulur. Tüm sıcak nokta pikselleri 1 olasılığına sahiptir ve diğer tüm pikseller 10^{-5} ile 10^{-1} arasındaki olasılıklarda değişir.

6. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmanın birincil amacı, Batı Anadolu bölgesi için sismik b -değeri ile fraktal boyut D_c -değeri arasında istatistiksel bir ilişki ortaya koyabilmektir. Bu amaçla, iki sismotektonik parametre arasında güncel ve güvenilir bir ilişki hesaplayabilmek için Ortogonal Regresyon (Carrol ve Ruppert, 1996) yöntemi kullanılmıştır. Basit doğrusal regresyon modellerinde değişken tahminlerindeki hatalar için en yaygın olarak bilinen tekniklerden bir tanesi de Ortogonal Regresyon (Toplam En Küçük Kareler) yöntemidir. Bazen bilinen hata değişim oranının sınırlı olması durumunda fonksiyonel maksimum olasılık tahmini olarak ta isimlendirilir. Olağan doğrusal regresyon analizlerinde amaç, uyumlu eğri üzerindeki ilişkili y değerleri ile y veri değerleri arasındaki düşey uzunlukların karelerinin toplamını minimum yapmaktır. Ortogonal regresyon analizinde ise amaç, veri noktalarından uyumlu eğriye olan ortogonal (dik) uzaklıkları minimum yapmaktır. Dolayısıyla, varsayım geçerli ise, ortogonal regresyon mükemmel olarak kabul edilebilecek bir tahmin değerlendirme yöntemidir. Bununla birlikte bu yöntem hesaplamalardaki denklem hatalarını dikkate almaz. Bu iyi bilinen ortogonal regresyon tahmini eski bir yöntemdir ve birçok çalışmada kullanılmıştır (Carrol ve Ruppert, 1996).

Tektonik yapıları ile birlikte 1-16 arasındaki sayılarla numaralandırılmış olan sismik kaynak bölgeleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de, her bir bölge için sismotektonik parametrelerin hesaplanmasında kullanılan deprem sayıları ile birlikte, tamamlılık magnitüdü M_c , deprensellik parametresi b -değeri ve fraktal boyut D_c -değerleri de verilmiştir. Bu değerler kullanılarak, ortogonal regresyon yöntemi ile Batı Anadolu depremleri için b -değeri ile D_c -değeri arasındaki ilişki Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi, regresyon uyumu

oldukça güçlü negatif bir ilişki katsayısına ($r=-0.95$) sahiptir. Ayrıca, %95 güven sınırları içerisindeki deprem sayısı 10 olarak hesaplanmıştır. Regresyon uyumu için doğrusal ilişki kullanılmış ve

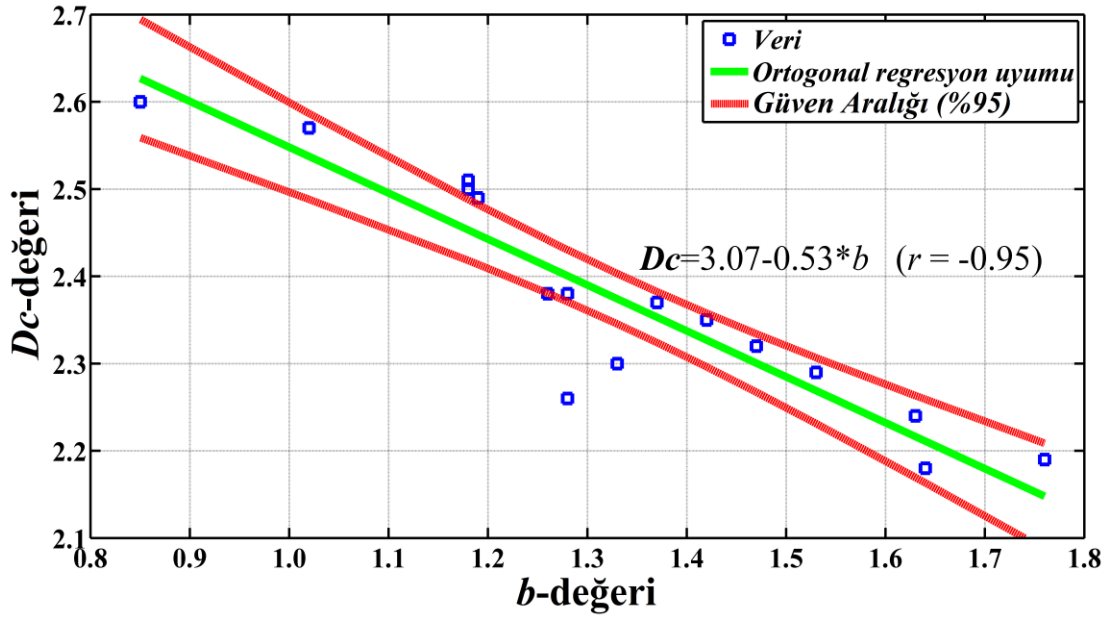
$$Dc = 3.07 - 0.53 * b \quad (7)$$

eşitliği elde edilmiştir. Bu negatif ilişki, Batı Anadolu bölgesindeki deprem kümelenmelerinden kaynaklanabilir ve gerilmadaki değişimlerin bir belirtisi olarak yorumlanabilir. b -değeri ile Dc -değeri arasındaki istatistiksel ilişki üzerine Türkiye (Öncel vd. 1995; Öncel ve Wilson, 2007; Öztürk, 2012) ve dünyada (Hirata, 1989; Roy vd. 2011) yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Aki (1981), b -değeri ile Dc -değeri arasında $D=2b$ olarak pozitif bir ilişki önermiş fakat literatürde son yıllarda hem pozitif hem de

negatif ilişkiler hesaplanmıştır. Bazı durumlarda ise, b -değeri ile Dc -değeri arasındaki ilişki pozitif bir ilişkiden negatif bir ilişkiye bile değişebilmektedir (Öncel ve Wilson, 2002; Öncel ve Wilson, 2007). Hirata (1989), Japonya'da Tohoku bölgesinde bu iki parametre arasında $Dc=2.3-0.73*b$ olarak negatif bir ilişki ($r=-0.77$) ifade etmiştir. Benzer şekilde, Türkiye'de Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda Öncel vd. (1995) tarafından yapılan bir depremsellik çalışması, b -değeri ile Dc -değeri arasında negatif bir ilişki ortaya koymuştur. b -değeri ile Dc -değeri arasında oldukça düşük bir negatif ilişki katsayısına ($r=-0.56$) sahip olarak kuzey Ege denizini içine alan bölge için $Dc=2.74-1.52*b$ ilişkisini önermişlerdir. Ayrıca, güçlü bir negatif ilişkiye ($r=-0.85$) sahip $Dc=2.32-1.09*b$ ilişkisini ortaya koymuşlardır.

Tablo 1. Batı Anadolu'daki 16 farklı bölge için tektonik yapı ve deprem sayılarıyla birlikte sismotektonik parametreler b ve Dc -değerleri.

<i>Bölge</i>	<i>Tektonik Yapı</i>	<i>Deprem Sayısı</i>	<i>Mc-değeri</i>	<i>b-değeri</i>	<i>Dc-değeri</i>
1	Acıgöl, Dinar ve Çivril Fayları, Sandıklı ve Dombayova Grabenleri	3098	3.1	1.26±0.03	2.38±0.03
2	Muğla ve Rhodes Bölgesi, Gölhisar	2139	3.4	1.53±0.11	2.29±0.02
3	ve Çameli Fayları, Marmaris, Köyceğiz ve Fethiye Fayları	9000	3.0	1.47±0.06	2.32±0.06
4	Ege Yayı	1464	3.6	1.18±0.09	2.51±0.02
5	Burdur Fay Zonu	1948	3.0	1.02±0.03	2.57±0.02
6	Büyük ve Küçük Menderes	3886	3.1	1.28±0.03	2.38±0.03
7	Grabenleri	2205	3.0	1.37±0.06	2.37±0.03
8	Aliğa ve Dumlupınar Fayları	1001	3.1	1.33±0.06	2.30±0.02
9		4317	3.2	1.18±0.02	2.50±0.02
10	Gediz Grabeni ve Alaşehir Grabeni	2161	2.8	1.28±0.04	2.26±0.02
11	Kütahya Grabeni	7377	3.0	0.85±0.03	2.60±0.01
12	Simav Grabeni	7266	3.1	1.42±0.03	2.35±0.05
13	Soma Grabeni	6863	2.8	1.76±0.05	2.19±0.05
14	Zeytinadağ-Bergama Fayları	6638	3.1	1.64±0.06	2.18±0.05
15	Bakırçay Grabeni	2008	3.2	1.63±0.07	2.24±0.04
16		1323	3.3	1.19±0.04	2.49±0.03



Şekil 3. Batı Anadolu bölgesi için b -değeri ile D_c -değeri arasındaki ortogonal regresyon uyumu, güven aralığı ve doğrusal ilişki. Ayrıca, ilişki katsayısı şekil üzerinde verilmiştir.

Bununla birlikte Öncel ve Wilson (2007), güney batı Türkiye için, 1992-1994 yılları arasında b -değeri ile D_c -değeri için güçlü bir pozitif ilişki ($r=0.84$) ve yine 1996-1998 arasında güçlü bir pozitif ilişki ($r=0.94$) hesaplarken, 1994-1996 yılları arasında ise negatif bir ilişki ($r=-0.71$) önermişlerdir. Öztürk (2012), Türkiye depremleri için ortogonal regresyon uyumunu kullanarak güçlü bir negatif ilişki katsayısı ($r=-0.82$) ile $D_c=2.44-0.30*b$ ilişkisini önermiştir. Sonuçta, bu çalışmada elde edilen ilişki literatürde verilen sonuçlarla da uyumludur.

Göreceli yoğunlaşma ve oluşum bilgilerine dayalı olarak, gelecekte olması muhtemel güçlü depremleri bölgesel olarak tahmin edebilmek için geçmiş depremlerin uzay-zaman oluşumlarının analizine ihtiyaç vardır. Bu analizler için, KOERI'den temin edilen katalog kullanılmıştır. Deprem tahmin yöntemlerini uygulayabilmek için, kayan pencere tekniği ile pencere başına 15 olay kullanılarak $M_D \geq 1.0$ olan 71914 deprem için M_c -değerinin zamanla değişimi analiz edilmiştir (Şekil 4). Şekil 4'te görüldüğü gibi, M_c -değeri 1970-1980 yılları arasında 3.5-4.5 değişim gösterirken, 1980-1995 yılları arasında ortalama olarak 3.0 civarındadır. 1990 sonrasında bu değer 2.5-3.0 arasında değişim gösterirken, 2010 yılından sonra ise 2.5'tan küçük değerler gözlenmektedir. Sonuçta,

deprem katalogunun tamamlılığını sağlamak için, 1 Ocak 1970-1 Ocak 2013 yılları arasında derinliği 40 km'den daha sığ kabuksal olaylar kullanılarak $M_c \geq 3.5$ olan depremler seçilmiştir.

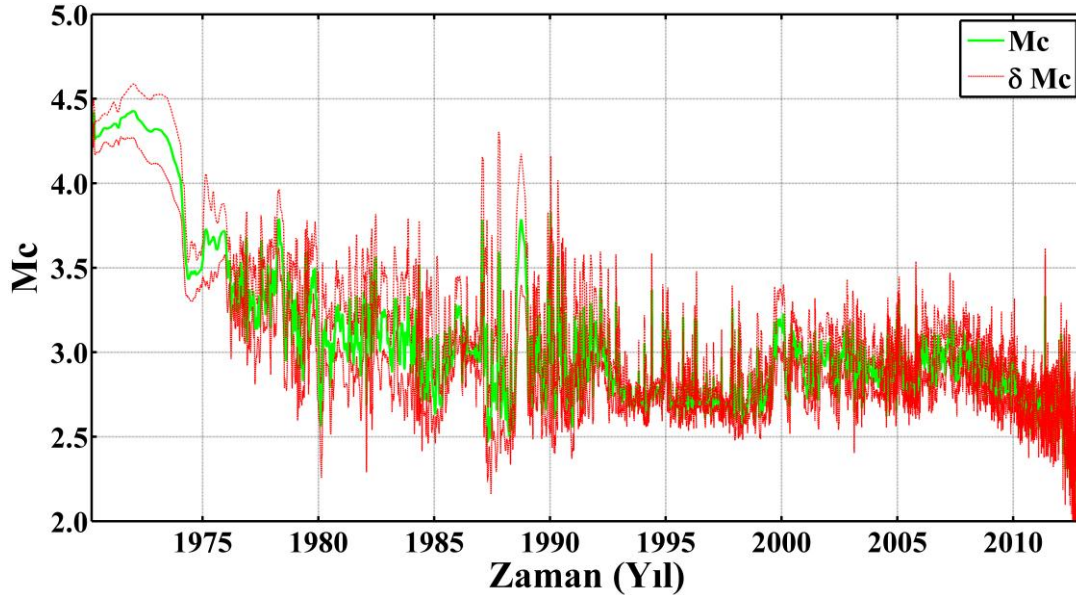
Bu çalışmadaki ikincil amaç, göreceli yoğunluk haritası (Şekil 5a) ve oluşum bilgisi haritasının (Şekil 5b) birleştirilmesi ile Batı Anadolu bölgesi için birleşik tahmin haritası oluşturmaktır. Deprem tahmin yöntemlerini Batı Anadolu bölgesine uygulamak için, $0.04^\circ \times 0.04^\circ$ lik bir bölgesel grid aralığı kullanılmış ve $M_D \geq 5.0$ olan depremler bölgesel olarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Batı Anadolu bölgesinde olası güçlü depremlerin orta vadede bölgesel olarak tahmini, 1 Ocak 2013-1 Ocak 2023 ($t_3-t_2=10$ yıl) zaman aralığı için uygulanmıştır. Yani zaman aralıkları, $t_1=1$ Ocak 2003 ve $t_2=1$ Ocak 2013 olarak alınmıştır. PI ve RI haritalarının birleştirilmesi ile oluşturulan birleşik tahmin haritası Şekil 6'da verilmiştir. Oluşturulan deprem tahmin haritaları, 2013-2023 yılları arasında $M_D \geq 5.0$ depremler için riskli olabilecek bölgeleri (turuncu ve kırmızı renkler) göstermektedir.

Şekil 6'da görüldüğü gibi, oluşum bilgisi ve göreceli yoğunluk haritalarının birleştirilmesi ile oluşturulan birleşik tahmin haritası üzerinde deprem tahmin bölgeleri daha net olarak ortaya

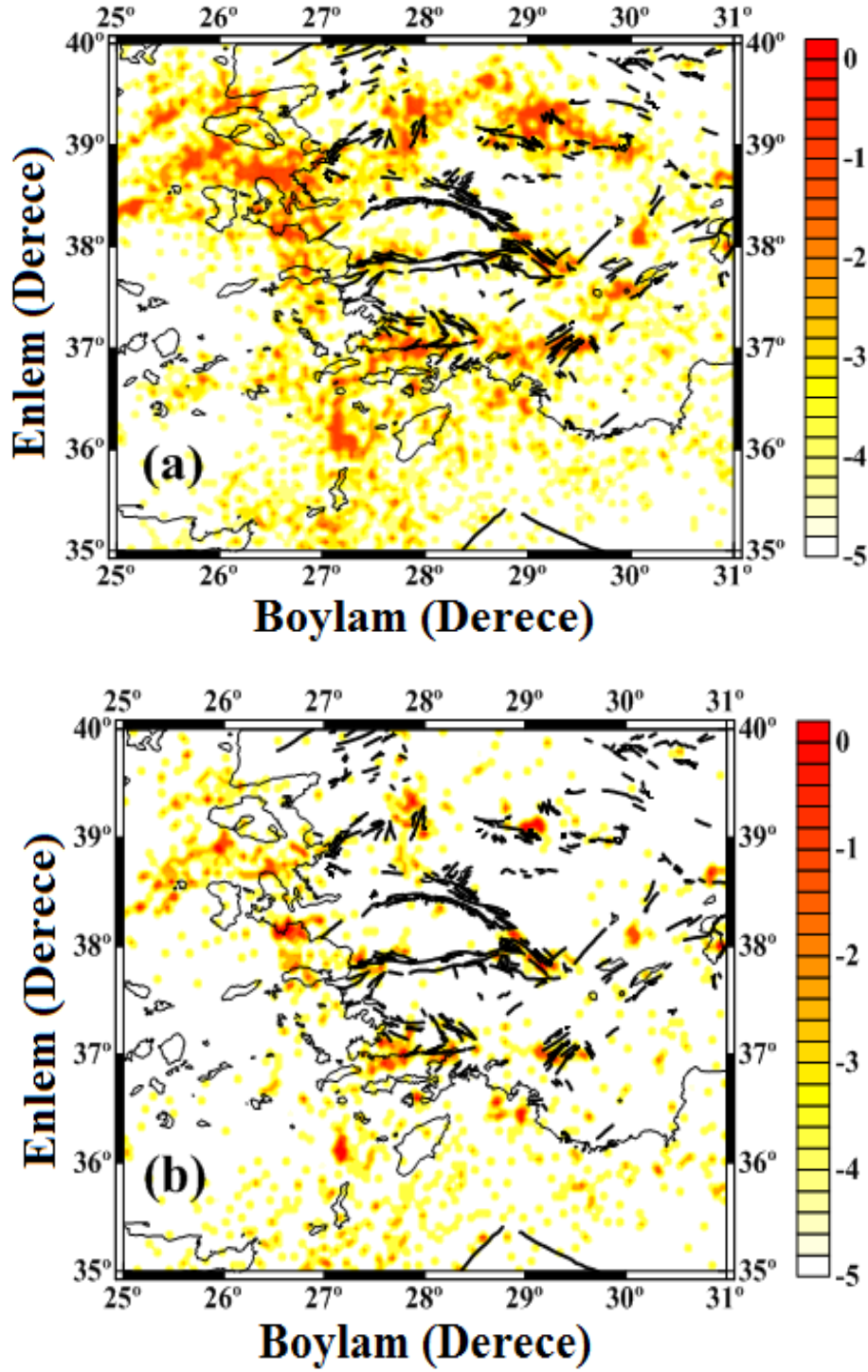
konmuştur. Birleştirilmiş deprem tahmin haritası üzerinde yeşil ovaler içerisinde verilen bölgeler, 2013-2023 yılları arasında $M_D \geq 5.0$ olan güçlü depremlerin meydana gelebileceği olası bölgeleri göstermektedir. Bu bölgeler, Şekil 1 üzerindeki tektonik yapılar ile ilişkilendirildiğinde, Simav ve Soma grabenleri civarı, Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes grabenlerinin kesişimi, Acıgöl, Dinar, Çivril fayları ve Sandıklı-Domboyoa grabenlerini içeren bölgeler, Marmara, Köyceğiz, Fethiye ve Aliğa-Dumlupınar fayları civarında gelecek on yıl içerisinde olası güçlü depremler beklenebilir.

Muhtemel depremlerin gelecekte olma zamanı ve yerinin tahmininin doğru olarak yapılabileceği temel problem olarak durmaktadır. Deprem oluşumlarının beklenen oranı için uzun vadeli tehlike haritalarının oldukça doğru olduğu kabul edilir. Fakat daha iyisi mümkün müdür? Depremlerin tahmin edilmesine olanak sağlayan öncü oluşumlar var mıdır? Aslında, orta vadede yerel öncü oluşumların gözlenmemesi oldukça ilginçtir. Bir volkanik patlama öncesinde genellikle bölgesel depremsellikte bir artış ve yüzey hareketleri

gözlenir. Bir fay sistemi için gerilme, fayın sürtünme kuvvetini aşınca kadar giderek artar ve kırılma başlar. Gerilmenin temel (background) sismisitesinde ve sismik olmayan kaymada artışa neden olacağı kabul edilir bir hipotezdir. Yerel öncü sinyallerin varlığında bir sonraki soru belirgin anomalilerin gelişip gelişmeyeceği ve özellikle sismik aktivitede anomalilerin olup olmamasıdır. Sonuçta, birleştirilmiş deprem tahmin yöntemi, sismik aktivitedeki anomali bölgelerini tanımlamak için geliştirilmiş alternatif bir deprem tahmin yöntemidir. Bu yöntemin uygulamaları Kaliforniya, Japonya ve dünyanın farklı bölgelerinde gelecekte beklenebilecek muhtemel depremlerin yerlerini tahmin etmek için başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Daha öncede ifade edildiği gibi bu yöntemler, 5-10 yıl gibi orta vadedeki (Holliday vd. 2007) bir zaman penceresinde olması beklenen depremleri bölgesel olarak tahmin eden bir yöntemdir. Amaç, uzun vadede deprem tehlikesi değerlendirme haritalarına kıyasla depremlerin gelecekte olması muhtemel bölgelerini daraltmaktır (Holliday vd. 2007).



Şekil 4. Batı Anadolu bölgesi için zamanın bir fonksiyonu olarak M_c analizi. M_c -değeri, pencere başına 15 olay kullanılarak hesaplanmış ve standart sapma (δM_c) şekil üzerinde verilmiştir.

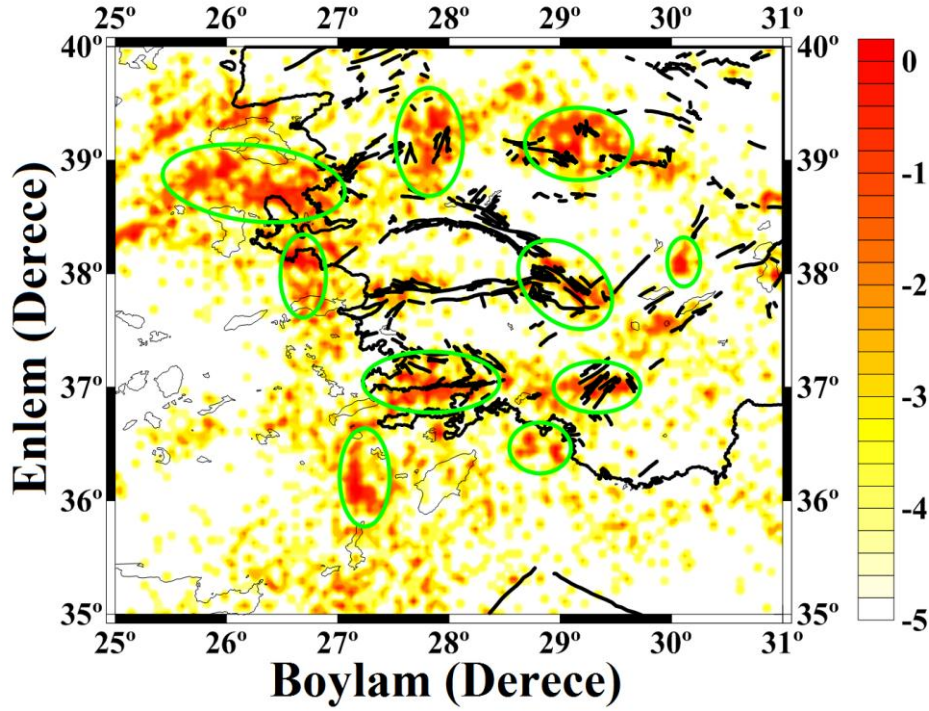


Şekil 5. Batı Anadolu Bölgesi için (a) göreceli yoğunlaşma (*RI*) haritası, (b) oluşum bilgisi (*PI*) haritası. $t_0=1$ Ocak 1970, $t_1=1$ Ocak 2003, ve $t_2=1$ Ocak 2013 olarak alınmıştır.

5. Sonuçlar

Depremleri ve faylanmaları içeren çok sayıdaki karmaşık doğal oluşumlar fraktal geometriye bağlı olarak tanımlanabilir ve yorumlanabilir. Farklı sismik oluşumlar, ölçekten bağımsız

olarak uzay-zaman dağılımları sergilerler ve sonuçta fay, deprem ve deprem oluşumlarının zamana bağlı modellerini içerirler. Bu gözlemler, birçok doğal fay sistemlerinin ve deprem oluşumlarının fraktal boyut ile ifade edilebileceğini ortaya koymuştur. Sismik



Şekil 6. Batı Anadolu bölgesi için, 2013-2023 yılları arasında olması muhtemel deprem bölgelerini gösteren birleşik tahmin haritası.

aktivitedeki ölçek ilişkileri büyük depremlerin kısa vadede tahmin edilmesinde duyarlıdır. Dolayısıyla, bu çalışmada birincil amaç olarak Batı Anadolu (Ege genişleme bölgesi, Türkiye) bölgesinde meydana gelen depremler için iki sismotektonik parametre olan fraktal boyut D_c -değeri ile depremlerin magnitüd-sayı dağılımlarını belirleyen b -değeri arasında uygun ve güvenilir bir deneysel ilişki elde edilmiştir. Bu amaçla, 1970-2013 yılları arasında 71914 depremi içeren veri için istatistiksel bir analiz yapılmıştır. Bu iki sismotektonik parametre arasındaki en uygun ilişkiyi belirleyebilmek için ortogonal regresyon kullanılmıştır. Batı Anadolu bölgesi için M_D 'ye göre homojen olan deprem kataloğu kullanılmış ve detaylı analizler için çalışma alanı 16 farklı sismotektonik bölgeye ayrılmıştır. b -değerinin hesabı için maksimum olasılık yöntemi, D_c -değerinin hesabı için ise %95 güven sınırları içerisinde doğrusal regresyon kullanılmıştır. Sonuç olarak, Batı Anadolu depremleri için b -değeri ile D_c -değeri arasında güçlü bir negatif ilişki ($r=-0.95$) vardır ve Ortogonal regresyon ile $D_c = 3.07 - 0.53 * b$ olarak verilen bu ilişki oldukça güncel ve güvenilir olarak ifade edilebilir. İki parametre arasındaki deneysel ilişki katsayısının negatif olması sismotektonik

açından önemlidir. Düşük b -değerlerinin yüksek gerilme alanlarıyla ilişkisi göz önüne alındığında, D_c ile b -değeri arasında negatif bir ilişkinin gözlemlendiği Batı Anadolu bölgesinde orta vadede deprem riskinden bahsedilebilir. Ayrıca, bu sonuçlar dünyanın ve Türkiye'nin farklı bölgeleri için hesaplanan değerlerle uyumludur.

Çalışmada kullanılan oluşum bilgisi ve göreceli yoğunlaşma modelleri, deprem aktivitesindeki değişimlerle ilişkili bölgeleri ortaya koyması ve bu bölgelerinde daha sonraki dönemlerde olması muhtemel büyük depremlerin beklendiği bölgeler olması nedeniyle, orta vadede deprem tahmininde faydalı yöntemler olduğu açıktır. Bu yöntemler yakın gelecekte (tipik olarak 5-10 yıl) olması muhtemel depremlerin yerlerini tahmin eder. Sonuçlar, gelecekte belirgin bir süreç boyunca depremlerin olabileceği sismojenik bir zonu haritalar. Dolayısıyla, bu çalışmada ikincil amaç olarak, Batı Anadolu bölgesinde muhtemel güçlü depremlerin bölgesel olarak tahmini için göreceli yoğunlaşma ve oluşum bilgisi haritalarının birleştirilmesi ile birleşik tahmin haritası oluşturulmuştur. Orta vadede deprem tahmini olarak 2013-2023 yılları arasında birleşik tahmin haritası

oluşturulmuştur. Modelleme sonucunda Ege Genişleme bölgesi üzerinde belirlenen bazı tahmin bölgeleri şunlardır: Simav ve Soma grabenleri civarı, Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes grabenlerinin kesişimi, Acıgöl, Dinar, Çivril fayları ve Sandıklı-Domboyyova grabenlerini içeren bölgeler, Marmara, Köyceğiz, Fethiye ve Aliğa-Dumlupınar fayları civarı.

Teşekkür

Deprem tahmin yöntemlerinin algoritmalarının modellenmesinde yardımlarını esirgemeyen Dr. Kazuyoshi Nanjo (Tokyo Üniversitesi)'ya, yapıcı tavsiyelerde bulunan hakem kuruluna ve editöre teşekkür ederim. Bu çalışmada kullanılan istatistiksel programlar, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (GÜBAP) tarafından desteklenen 13.F5117.02.1 nolu proje kapsamındadır.

Kaynaklar

- Aki, K., 1965, Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits, Bulletin Earthquake Research Institute Tokyo University, 43, 237-239.
- Aki, K., 1981, Earthquake prediction, American Geophysical Union, vol 4. Washington, pp 566-574.
- Bayrak, Y. ve Öztürk, S., 2004, Spatial and temporal variations of the aftershock sequences of the 1999 İzmit and Düzce earthquake, Earth Planets Space, 56, 933-944.
- 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, 10, 200-210.
- Bozkurt, E., 2001, Neotectonics of Turkey – a synthesis, Geodinamica Acta, 14, 3-30.

- Carrol, R.J. ve Ruppert, D., 1996, The use and misuse of orthogonal regression estimation in linear errors-in-variables models, The American Statistician, 50, 1-6.
- Chen, C.-C., Rundle, J.B., Holliday, J.R., Nanjo, K.Z., Turcotte, D.L., Li, S.-C. ve Tiampo, K.F., 2005, The 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake as a typical example of seismic activation and quiescence. Geophysical Research Letters, 32, L22315, doi:10.1029/2005GL023991.
- Demirtaş, R. ve Yılmaz, R., 1996, Türkiye'nin sismotektoniği; Sismisitedeki uzun süreli değişim ve güncel sismisiteyi esas alarak deprem tahminine bir yaklaşım. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yayını, 91 s., Ankara.
- Erdik, M., Alpay, B.Y., Onur, T., Sesetyan, K. ve Birgoren, G., 1999, Assessment of earthquake hazard in Turkey and neighboring regions, Annali di Geofisica, 42, 1125-1138.
- Frohlich, C. ve Davis, S., 1993. Teleseismic b -values: Or, much ado about 1.0, Journal of Geophysical Research, 98 (B1), 631-644.
- Grassberger, P. ve Procaccia, I., 1983, Measuring the strangeness of strange attractors, Physica, 9(D), 189-208.
- Gutenberg, R. ve Richter, C.F., 1944, Frequency of earthquakes in California, Bulletin. Seismological Society of America, 34: 185-188.
- Hirata, T., 1989, Correlation between the b -value and the fractal dimension of earthquakes, Journal of Geophysical Research, 94, 7507-7514.
- Holliday, J.R., Rundle, J.B., Tiampo, K.F., Klein, W. ve Donnellan, A., 2005, Modification of the pattern informatics method for forecasting large earthquake events using complex eigenvectors, Tectonophysics, 413, 87- 91.

- Holliday, J.R., Rundle, J.B., Tiampo, K.F. ve Turcotte, D.L., 2006, Using earthquake intensities to forecast earthquake occurrence times, Nonlinear Processes in Geophysics, 13, 585-593.
- Holliday, J.R., Chen, C.-C., Tiampo, K.F., Rundle, J.B., Turcotte, D.L. ve Donnellan, A., 2007, A RELM earthquake forecast based on Pattern Informatics, Seismological Research. Letters, 78(1), 87-93.
- Keilis-Borok, V.I. ve Kossobokov, V.G., 1990, Premonitory activation of earthquake flow: Algorithm M8, Physics of Earth and Planetary Interiors, 61, 73-83.
- Keilis-Borok, V.I. ve Soloviev, A.A., eds., 2003, Nonlinear dynamics of the lithosphere and earthquake prediction. Springer-Verlag, New York.
- Mandelbrot, B.B., 1982. The fractal Geometry of Nature, Freeman Press, San Francisco.
- Mckenzie, D.P., 1978, Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions, Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 55, 217-254.
- Nanjo, K.Z., Holliday, J.R., Chen, C.-C., Rundle, J.B. ve Turcotte, D.L., 2006a, Application of a modified pattern informatics method to forecasting the locations of future large earthquakes in the central Japan, Tectonophysics, 424, 351-366.
- Nanjo, K.Z., Rundle, J.B., Holliday, J.R. ve Turcotte, D.L., 2006b, Pattern informatics and its application for optimal forecasting of large earthquakes in Japan, Pure and Applied Geophysics, 163, 2417-2432.
- Oral, M.,B., Reilinger, R.,E., Toksöz, M.,N., Kong, R.,W., Barka, A.,A., Kınık, I. ve Lenk, O., 1995, Global positioning system offersevidence of plate motions in eastern Mediterranean, EOS, Transactions American Geophysical Union , 76, 9.
- Öncel, A.O., Alptekin, Ö. ve Main, I.G., 1995, Temporal variations of the fractal properties of seismicity in the western part of the North Anatolian fault zone: possible artifacts due to improvements in station coverage, Nonlinear Processes Geophys., 2, 147-157.
- Öncel, A.O., Main, I.G., Alptekin, Ö. ve Cowie, P.A., 1996, Temporal variations of the fractal properties of seismicity in the north Anatolian fault zone between 31°E and 41°E, Pure and Applied Geophysics, 146, 148-159.
- Öncel, A.O. ve Wilson, T.H., 2002, Space-time correlations of seismotectonic parameters: Examples from Japan and from Turkey preceding the Izmit earthquake, Bulletin. Seismological Society of America, 92(1), 339-349.
- Öncel, A.O. ve Wilson, T.H., 2007, Anomalous seismicity preceding the 1999 Izmit event, NW Turkey, Geophysical Journal International, DOI: 10.1111/j.1365-246X.2006.03298.x.
- Öztürk, S., 2009. Deprem Tehlikesi ve Artçışok Olasılığı Değerlendirme Yöntemlerinin Türkiye'deki Depremlere Bir Uygulaması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 346s.
- 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., 2012, Statistical correlation between *b*-value and fractal dimension regarding Turkish epicentre distribution , Earth

- Sciences Research Journal, 16 (2), 103-108.
- 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.
- Roy, S., Ghosh, U., Hazra, S. ve Kayal, J.R., 2011, Fractal dimension and *b*-value mapping in the Andaman-Sumatra subduction zone, Natural Hazards, 57, 27–37.
- Rundle, J.B., Tiampo, K.F., Klein, W. ve Martins, J.S.S., 2002, Self-organization in leaky threshold systems: The influence of near-mean field dynamics and its implications for earthquakes, neurobiology and forecasting, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99, 2514-2521, Supplement 1.
- Rundle, J.B., Turcotte, D.L., Scherbakov R., Klein, W. ve Sammis, C., 2003, Statistical physics approach to understanding the multiscale dynamics of earthquake fault systems, Review of Geophysics, 41(4), 1019.
- Sykes, L.R. ve Jaumè, S.C., 1990, Seismic activity on neighboring faults as a long-term precursors to large earthquakes in the san Francisco area, Nature, 348, 595-599.
- Şaroğlu, F., Emre ,O. ve Kuşcu, I., 1992, Active fault map of Turkey, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey.
- Tiampo, K.F., Rundle., J.B., McGinnis, S. ve Klein, W., 2002, Pattern dynamics and forecast methods in seismically active regions, Pure and Applied Geophysics, 159, 2429-2467.
- Wiemer, S. ve Wyss, M., 2000, Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: Examples from Alaska, the Western United States, and Japan, Bulletin. Seismological Society of America, 90(4), 859-869.
- Wyss, M. ve Martirosyan, A.H., 1998, Seismic quiescence before the M7 1988 Spitak earthquake, Armenia, Geophysical Journal International, 134, 329-340.
- Wyss, M. ve Wiemer, S., 2000, Change in the probability for earthquakes in southern California due to the Landers magnitude 7.3 earthquake, Science, 290, 1334-1338.

Vakıf Taşınmazların Yönetim Sorunlarının Tespit Edilmesine Yönelik Bir Durum Tespiti Çalışması

Yakup Emre ÇORUHLU^{1,*}, Osman DEMİR²

¹Başbakanlık Vakıflar Genel Müdürlüğü Trabzon Bölge Müdürlüğü, Trabzon, Türkiye, yecoruhlu@gmail.com

²KTÜ Harita Mühendisliği Bölümü, Kamu Ölçmeleri Anabilimdalı, Trabzon, Türkiye, osmand@ktu.edu.tr

Geliş tarihi/Received 18.09.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Receivedin revised form 17.01.2014

Kabul tarihi/Accepted 22.01.2014

Özet

Ülkemizde birçok kurum arazi yönetimi uygulamaları yapmakta ve buna yönelik taşınmaz tabanlı projeler üretmektedir. Arazi yönetimi uygulamalarının yoğun olarak yapıldığı kurumlardan bir tanesi de Vakıflar Genel Müdürlüğü (VGM) dir. VGM'nin 41.550 mazbut vakıf ve parsel bazında 80.000'e yakın vakıf taşınmazı yönettiği bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı; vakıf taşınmazların yönetiminde mevcut sorunların tespit edilerek bu sorunların çözümüne yönelik somut öneriler sunmaktır. Çalışmada alan taraması yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın örneklem grubunu VGM'de görev yapan uzman nitelikli 68 personel oluşturmuştur. Çalışmada veri toplama aracı olarak anket kullanılmıştır. Hazırlanan anketin cronbach alfa güvenlik katsayısı, ankette bulunan açık uçlu sorular ve sıralama soruları dikkate alınmadan oldukça yüksek güvenirlilikte 0, 838 olarak hesaplanmıştır. Açık uçlu soruların kapsam geçerliğini sağlamak için uzman nitelikli 3 VGM teknik personeli ile 3 öğretim üyesinin görüşlerinden faydalanılmıştır. Ankette; kişisel bilgiler, kişisel ve kurumsal gelişim, vakıf taşınmazlara yönelik; mevcut taşınmaz faaliyetleri, taşınmaz kayıt sistemi ve (coğrafi) bilgi sistemleri, tapu-kadastro uygulamaları, taşınmaz geliştirme, davalı taşınmazlar, imar planı uygulamaları ile ilgili sorulara yer verilmiştir. Anket örneklem grubuna on-line olarak uygulanmıştır. Çalışmanın en önemli sonuçlarından bir tanesi; kadastro askı ilanlarında kadastro öncesi ve sonrası bilgilere yönelik bir takım eksikliklerin olduğu ve ilanların duyuru noktasında yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Askı ilanlarının taşınmazların geldi ve gitti kayıtlarını da içerecek şekilde TKGM ağ adresinden ilan edilmesi önerisi çalışma kapsamında sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mazbut Vakıf, Anket Formu, Güvenirlilik Analizi, Vakıf Taşınmaz.

A Survey Study: Determining the Management Problems of Foundations Properties in Turkey

Abstract

In Turkey, many institutions have realized land management implementations and produced related projects based on real estates. Investigating of General Directorate of Foundations in Turkey (GDF) shows us that this institution has implemented intensive land management implementations. In addition, it is known that this institution has administered and represented 41.500 fused

* Yakup Emre ÇORUHLU, yecoruhlu@gmail.com, Tel:+90 462-3231325

foundations and its 80.000 real estate, parcel based. It is aimed with this study is that determining current problems and developing solution approaches of them is great importance in terms of effective land management of foundations properties in Turkey. Survey method was used in this study. GDF experts, who are 68 persons such as mainly surveying engineers, civil engineers, architects, city planners..., were defined as sample group of this study. A questionnaire form was used data collection method for this study. Firstly, all data from questionnaire forms was inserted in tables as codes and then cronbach alpha was calculated as 0.838 via statistical analyze notwithstanding open ended questions and some questions that its options was numbered from 1 to 5. In order to guarantee the content validity of the open ended questions in the questionnaire form, it was utilized from three GDF experts and three lecturers as academics from university. A questionnaire form, including sections about; personal information, current implementation of properties, personal and institutional development, registration system of property, geographical information system, title deed and cadastre implementation, land development, defendant properties and zoning plan implementation, was performed for foundation properties. The questionnaire form was send to GDF experts via internet. It is the most important results of the study is that there are a some deficiencies in cadastral posting, whose announcement is not enough, in terms of cadastral information both after and before the cadastre works. It is recommended with the study that cadastral posting should be announced via GDLRC'S website, of course including the information both after and before the cadastre works in every cadastral posting.

Key Words: *Fused Foundation, Questionnaire Form, Reliability Analyze, Foundation Property*

1. Giriş

Vakıf kavramı Arapça bir kelime olup Türk dil kurumu sözlüğünde “Bir hizmetin gelecekte de yapılması için belli şartlarla ve resmi bir yolla ayrılarak bir topluluk bir kimse tarafından bırakılan mülk, para” şeklinde tanımlanmaktadır (URL-1, 2012). Vakıf olgusu özellikle Osmanlı Devleti’nde çok önem kazanmış ve Türkiye Cumhuriyeti’nin kurulmasıyla birlikte bu miras yaşatılmaya devam etmiştir. Bir Vakıf Medeniyeti olarak bilinen Osmanlı Devleti’nde 200.000 civarında vakıf olduğu ve devletin içişleri, güvenlik ve saray işleri dışında hemen tüm hizmetlerin vakıflar aracılığı ile yürütüldüğü bilinmektedir (VGM, 2000). Osmanlı’dan Türkiye Cumhuriyeti’ne geçişle vakıf kavramı bir miras olarak alınarak Vakıflar Genel Müdürlüğü (VGM) himayesine verilmiştir. Bu noktada mülkiyeti mazbut vakıflar veya VGM’ye ait vakıf taşınmazların her türlü iş ve işlemleri 5737 sayılı VGM’ce yürütülmektedir (Resmi Gazete, 2008). Vakıf hayır ve şartlarının yerine getirilmesinde en büyük girdiyi vakıf taşınmazları oluşturmaktadır. Bu taşınmazlar içinde buldukları bölgeye göre çeşitli arazi yönetimi uygulamaları içinde yer almakta, değerlendirme imkânı olanlar ise taşınmaz geliştirme yöntemleriyle değerlendirilmektedir.

Vakıflar Genel Müdürlüğü’nün işlem hacmini oluşturan tüm vakıf taşınmazların sahip oldukları nitelikleri bakımından tabi oldukları mevzuat hükümleri yanında; kadastro çalışmalarında, imar uygulamalarında, taşınmaz geliştirme çalışmalarında, taşınmaz kayıt işlemlerinde, kamulaştırma işlemlerinde, vakıf şerhli özel mülkiyete ait taşınmaz uygulamalarında, bilgi sistemleri uygulamalarında ve hukuki süreçlerde de dahil olmak üzere birçok arazi yönetimi uygulamaları sorunları bulunmaktadır. Sorunları; teknik sorunlar, yasal sorunlar ve kurumsal sorunlar olarak üç ana başlık altında tasnif etmek mümkündür. VGM’nin 2010-2014 dönemine ait stratejik amaçlarında ifade edilen hedefler için bu sorunların mutlak suretle çözüme kavuşturulması gerekmektedir (Çoruhlu, 2013). Bu çerçevede çalışmanın amacı; vakıf taşınmazların yönetiminde mevcut sorunların tespit ederek, bu sorunların çözümüne yönelik somut öneriler sunmaktır.

2. Yöntem

Bu çalışmada alan taraması yöntemi kullanılmıştır. Alan taraması yöntemi “survey” olarak da adlandırılmaktadır. Bu yöntem özellikle geniş örneklem grubuna ulaşılarak mevcut durumun tespit edilmesinde yararlanılan

bir yöntemdir. Bu yöntem kapsamında özellikle anket metodu kullanılır. Anketten elde edilen nicel verilere bağlı olarak da bir genellemeye ulaşılması amaçlanır (Çepni, 2010). Bu çalışmada alan taraması yönteminin seçilmesinin nedeni; Türkiye genelinde Vakıflar Bölge Müdürlüğü'nde bulunan uzman personellere ulaşılarak vakıf taşınmazların yönetiminde karşılaşılan mevcut sorunların tespit edilmesi ve anket kullanılması gerekçe olarak ifade edilebilir.

2.1. Anket Metodu ve Online Anketin hazırlanması

Özellikle kısa zamanda geniş örneklem gruplarına ulaşmada yardımcı geçerli ve güvenilir veri toplama araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araçlardan önemli birisi de anketlerdir. Anketler kısa zamanda çok fazla kişiye ulaşmak ve bilgi toplamak amacıyla kullanılan bir veri toplama yoludur (Cohen ve Mannion, 1994; Çepni, 2010). Bu veri toplama aracı ile birlikte araştırılan konu hakkında insanlara direkt bilgi sorarak konu hakkında geniş örneklem grubundan bilgi toplanır. Anketlerle birlikte kısa zamanda çok fazla kişiye ulaşılarak mevcut durumun ortaya çıkarılması sağlanabilir (Çepni, 2010). Hazırlanış amaçlarına, boyutlarına ve görünümüne göre çok farklı şekillerde kullanılabilirler (Denscombe, 1998). Bu çalışmada ülke genelinde VGM bünyesinde farklı illerde ve çeşitli kademelerde görev yapan hedef kitle olan örneklem grubuna uygulanacak anketin internet üzerinden yapılmasının daha etkin olacağı düşünülmüştür. İnternetin insanlar tarafından en hızlı benimsenen araç olduğu göz önüne alınacak olursa araştırmacıların, istatistikçilerin internet teknolojilerinden faydalanmaları yakın zamanda zorunluluk kazanacaktır. Web ortamına taşınan anket hazırlama, basma ve yayınlama işlemi herhangi bir sayfa düzenleyici programa gerek olmadan, internet ve tarayıcının olduğu herhangi bir bilgisayardan kolaylıkla yapılabilmektedir. İnternette yayınlanan anketler hem kolay doldurulabilirlik hem de kolay dağıtılabilirlik açısından fayda sağladığı gibi kâğıt üzerindeki verilerin bilgisayar ortamına taşınması problemini de geride bırakmaktadır (Özusağlam

vd., 2009). İnternet ortamında hazırlanan online anketler araştırma yapan bireylere; dinamik tasarım ve ekran dizaynında esneklik, maliyeti azaltma, çok sayıda örnekleme ulaşma, kısa zamanda veriye ulaşma, verileri tesadüfi hatadan arındırma gibi birçok avantaj sunmaktadır (URL-2, 2012, URL-3, 2012; URL-4, URL-4, 2012, 2012; Baş, 2001; Sekaran, 1999).

VGM'nin hüküm ve tasarrufu altında bulunan "Vakıf Taşınmazları" hakkında mevcut durumu tespit etmek amacıyla öncelikle literatürde "Vakıf Taşınmazları" ile ilgili çalışmalar ile benzer nitelikli çalışmalar üzerinde inceleme yapılmıştır. Yapılan tarama sonucunda ankette hangi bölümlere yer verilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Bu süreçte VGM bünyesinde görev yapan harita mühendisi, inşaat mühendisi, mimar, şehir plancısı ile bu meslek gruplarını bünyesinde barındıran şubelerin müdür veya amirleri ve taşınmaz faaliyetlerini yürüten nitelikli personeline görüşlerine başvurulmuştur. Yapılan tüm görüşmeler ve literatür taramasının ardından ankette hangi bölümlerin yer alması gerektiği Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Harita Mühendisliği ve Şehir Bölge Planlama bölümünden toplam 3 uzman ve VGM'den 3 uzman olmak üzere toplam 6 uzman nitelikli kişinin görüşlerinden faydalanılarak belirlenmiştir.

Anketin 8 bölümden oluşmasına karar verilmiştir. Ankette birinci bölümde kişisel bilgilere ilişkin sorular; ikinci bölümde mevcut taşınmaz faaliyetleri ile ilgili 1 soru; üçüncü bölümde kişisel ve kurumsal gelişim başlığı altında 7 soru, dördüncü bölümde taşınmaz kayıt sistemi ve coğrafi bilgi sistemleri ile ilgili 7 soru, beşinci bölümde tapu - kadastro uygulamaları ile ilgili 5 soru, altıncı bölümde taşınmaz geliştirme ile ilgili 7 soru, yedinci bölümde davalı taşınmazlar ile ilgili sorulmuş 7 soru, sekizinci bölümünde ise imar planı uygulamaları ile ilgili sorulmuş 4 soru bulunmaktadır.

Ankette açık uçlu, liste halinde, kategori halinde, sıralama gerektiren ve derecelendirme için hazırlanmış soru örneklerine yer verilmiştir. Anket formunun birinci bölümünde seçilen

örneklem grubunun kişisel bilgilerini ortaya çıkarmak amacıyla sorulmuş 4 soruya yer verilmiştir.

Anket formunun ikinci bölümünde seçilen örneklem grubunun çalıştıkları birimde yürüttükleri mevcut taşınmaz faaliyetlerini ortaya çıkartmak amacı ile sorulmuş 1 soruya yer verilmiştir. Bu soru sınıflama yöntemine göre hazırlanmıştır. Sorulan soruyla örneklem grubunun birimlerinde yürütülen taşınmaz faaliyetleri ile ilgili mevcut durumun ortaya konulması hedeflenmiştir.

Anket formunun üçüncü bölümünde seçilen örneklem grubunun kişisel ve kurumsal gelişimlerini ortaya çıkarmak amacıyla sorulmuş 7 soruya yer verilmiştir. Sorulan sorularla örneklem grubunun üniversite eğitimleri, katılmış oldukları kurum içi eğitim faaliyetleri, bilgiye ulaşma yöntemleri, mesleki gelişimlerini ne şekilde sağladıkları, kurum içi eğitici faaliyetlerin ne şekilde düzenlenmesi gerektiği ile ilgili görüşlerini açığa çıkarmak amaçlanmıştır.

Anket formunun dördüncü bölümünde seçilen örneklem grubunun çalıştıkları birimde yürüttükleri taşınmaz kayıt sistemi ve coğrafi bilgi sistemlerini değerlendirmek amacıyla sorulmuş 8 soruya yer verilmiştir. Bu soruların tümü sınıflama yöntemine göre hazırlanmıştır. Sorulan sorularla örneklem grubunun birimler arası işleyiş ve mevzuatın, taşınmazın kayıt sisteminin, (coğrafi) bilgi sistemlerinin yeterlilik durumları ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanım durumları ve e-devlet içindeki yerleri ile ilgili bilgilere ulaşılmıştır.

Anket formunun beşinci bölümünde seçilen örneklem grubunun birimlerinde yürüttükleri faaliyetlerin tapu ve kadastro müdürlüklerindeki işlemlerinde karşılaştıkları deneyimlerin ve problemlerin ortaya konulması amacıyla sorulmuş 5 soruya yer verilmiştir. Sorulan sorularla örneklem grubunun mülkiyet kadastro çalışmaları, vakıf şerhli taşınmazların tapu sicillerindeki incelemeleri, tapu ve kadastro müdürlüklerinde karşılaşılan problemler ve bunların çözüm önerilerinin ortaya çıkartılması amaçlanmıştır.

Anket formunun altıncı bölümünde seçilen örneklem grubunun birimlerinde yürüttükleri taşınmaz geliştirme faaliyetleri ile ilgili mevcut ve arzulan durumu ortaya çıkarmak amacıyla sorulmuş 7 soruya yer verilmiştir. Sorulan sorularla örneklem grubunun taşınmaz değerlemesinde yaşadıkları zorluklar, alternatif değerlemelerin ne şekilde yapılması gerektiği, asgari emlak vergi değerinin piyasa değeri ile ilişkisi, asgari emlak vergi değerinin irdelenmesi, değerlendirilmeyen vakıf taşınmazların durumu, piyasa değerine yakınlık durumlarının ortaya çıkartılması amaçlanmıştır.

Anket formunun yedinci bölümünde seçilen örneklem grubunun birimlerinde yürüttükleri faaliyetlerde vakıf taşınmazların yargı süreciyle ilgili 8 soruya yer verilmiştir. Sorulan sorularla örneklem grubunun davalı taşınmazların dava süreçlerindeki, bilirkişi raporları, davaya esas belge ve bilgiler, davaların takibi, alternatif kamulaştırma komisyonlarının teşekkülü, vakıf taşınmazların davalara konu olma nedenleri, davalı taşınmazlara alternatif çözüm önerilerinin ortaya çıkartılması amaçlanmıştır.

Anket formunun sekizinci bölümünde seçilen örneklem grubunun birimlerinde yürüttükleri imar uygulama yöntemleri, yaşanan sorunlar ve sürdürülebilir imar uygulama için önerilerin ortaya çıkartılması amacıyla 4 soruya yer verilmiştir. Sorulan sorularla 18. madde uygulaması ve yapılan itirazlar, itirazların değerlendirilmesi, imar planlarının hangi yöntemlerle uygulandığı ve ayrıca imar uygulamalarındaki sorunların çözümüne yönelik yeni önerilerin oluşturulması amaçlanmıştır.

Ayrıca anket formunun en sonunda seçilen örneklem grubunun birimlerinde yürüttükleri taşınmaz tabanlı faaliyetlerle ilgili ankette yer verilmeyen başka problemlerin varlığının ortaya çıkartılması amacıyla sorulmuş 1 soruya da yer verilmiştir (Çoruhlu, 2013).

2.2. Anket Formunun Uygulanmasındaki Örneklem Grubu

Anket formunun uygulanmasında VGM'de görev yapan uzman nitelikli 68 kişinin katılımı sağlanmış ve bunlar örneklem grubu olarak

isimlendirilmişlerdir. Örneklem grubunun meslek gruplarına göre dağılımlarını gösteren pasta grafiği şekil 1’de sunulmuştur.

Örneklem grubunun % 39’unun Harita Mühendisi %16 Mimar, % 10 Müdür, % 6 İnşaat Mühendisi, % 4 Şehir Plancısı, % 4 Tekniker olduğu görülmüştür.

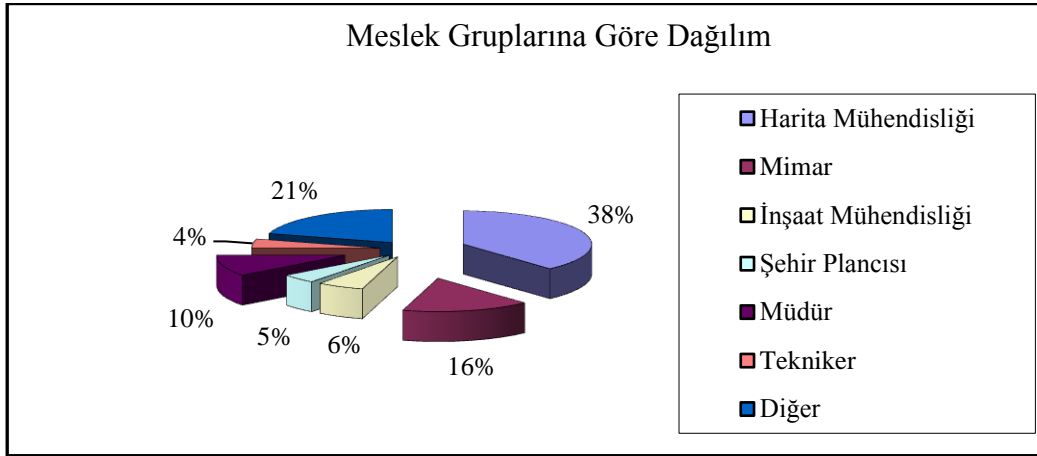
Örneklem grubunun yaş aralıklarına göre dağılımını gösteren pasta grafiği aşağıda sunulmuştur.

Örneklem grubunun % 82 gibi büyük kısmının yaş aralığının 26-40 aralığında olduğu şekil 2’den görülmüştür.

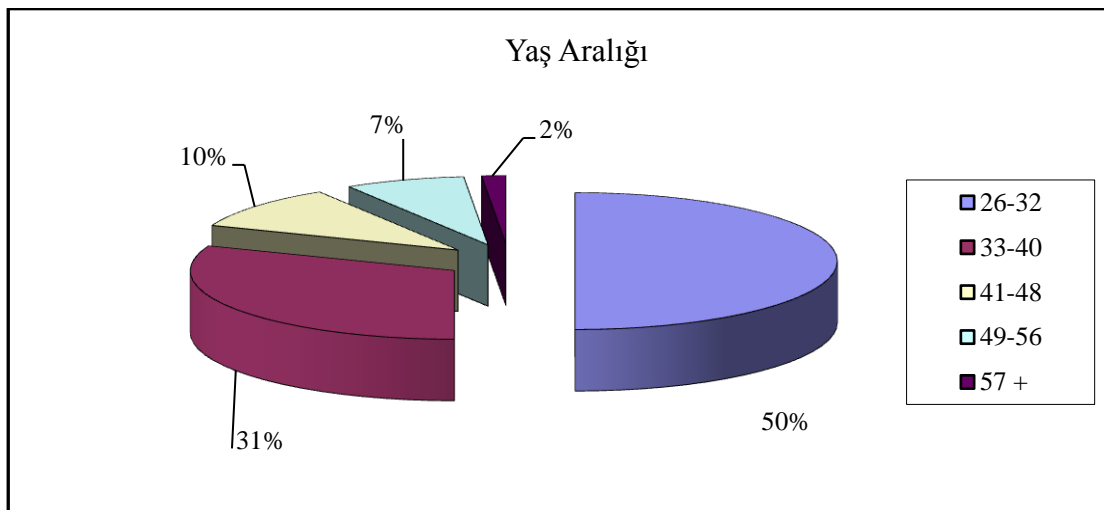
Örneklem grubunun mesleki deneyim yıllarına göre dağılımını gösteren halka grafiği aşağıda şekil 3’de sunulmuştur.

Örneklem grubunun % 83’lük kısmının meslekte çalışma yılı 6–15 aralığında olduğu görülmüştür.

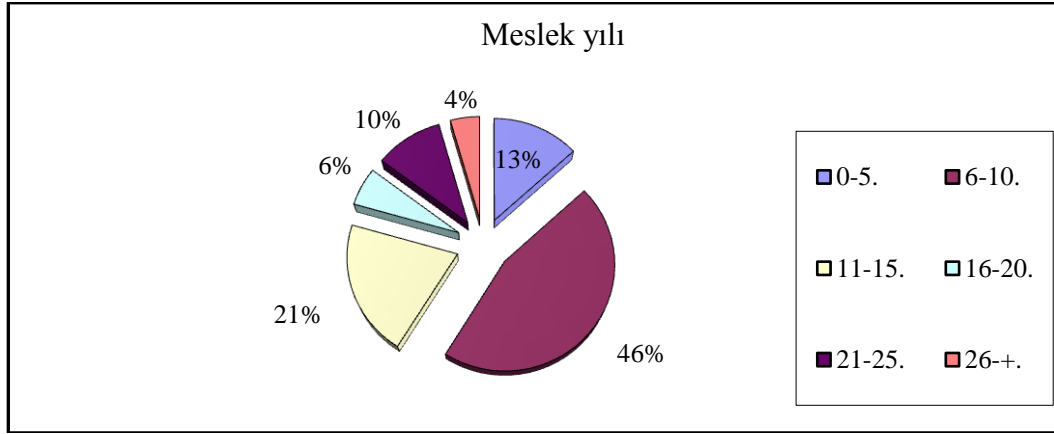
Örneklem grubunun % 65’inin lisans, % 22’sinin de lisansüstü (Yüksek Lisans) mezunu olduğu görülmüştür.



Şekil 1. Örneklem grubunun meslek gruplarını gösteren pasta grafiği



Şekil 2. Örneklem grubunun yaş aralıkları pasta grafiği



Şekil 3. Örneklem grubunun mesleki deneyim yılları halka grafiği

2.3. Anket Formunun Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması

Anketin geçerlik ve güvenilirlik analizinin yapılması uygulamanın sonunda elde edilen verilerin ne derece kullanılabilir olduğunu ortaya koyacaktır. Geçerlik, kavramı ölçülmek istenen özelliğin başka özelliklerle karıştırılmadan ölçülebilmesidir (Karasar, 2002; Atılğan vd. 2006; Kalaycı, 2008; Büyüköztürk, 2010; Çepni, 2010). Bir başka deyişle geçerlik, elde edilen bulguların araştırılan konuyu ne kadar kapsadığını anlatmak için kullanılan bir terimdir. Anketlerde geçerlik konusunda en çok dikkat edilen husus anketin içerik geçerliliğini sağlamasıdır (Çepni, 2010). İçerik geçerliliği kapsam geçerliliği olarak da adlandırılmaktadır. İçerik geçerliliğinde önemli olan; hazırlanan anketin hazırlanış amacına hizmet etmesi (Baykul, 2000; Aiken, 2000) ve ankette yer alan soruların çalışmanın amacına uygun olup olmadığı ile ilgilidir. (Çepni, 2010). Çalışmada geliştirilen anketin iç geçerlik çalışmaları uzman görüşleri alınarak sağlanmıştır. Nitekim Çepni (2010), anketin iç geçerliliğinin artırılmasında en önemli etkenlerden birinin uzman görüşünün alınması olduğunu ifade etmektedir. Alınan uzman görüşleri ile birlikte ankette yer alan soruların çalışmanın amacına uygun hale getirilmesi için gerekli çalışmalar yapılmıştır. Çalışmanın amacına uygun olmadığı belirlenen

bazı sorular anketten çıkarılarak ankete son hali verilmiştir. Ayrıca uzman grubunun anketin tasarımı ve düzeni ile ilgili yapmış oldukları öneriler göz önünde bulundurularak anket formu son haline kavuşturulmuştur.

Güvenirlik ise aynı şeyin bağımsız ölçümleri arasındaki kararlılıktır. Bir başka ifade ile ölçülmek istenen şeyin her ölçümde aynı sonuçları vermesi ve tesadüfi yanılgılardan arınık olmasıdır (Karasar, 2000; Atılğan vd, 2006; Büyüköztürk, 2010). Anketin genel güvenilirliğinin tespit edilmesi amacıyla kullanılan bir diğer yöntemde cronbach alfa katsayısının hesaplanmasıdır. Cronbach alfa güvenilirlik katsayısı özellikle iki kategorili puanlanabilen maddelerin yer almadığı, ağırlıklı ya da çok kategorili puanlamaların yer aldığı durumlarda kullanılmaktadır (Atılğan ve diğ, 2006). Cronbach alfa katsayısı ankette bulunan açık uçlu sorular ve sıralama sorularının çıkarılmasının ardından hesaplanmıştır. Bunun için anketten elde edilen veriler öncelikle istatistiksel analiz programına girilmiş ve ardından cronbach alfa katsayısı hesaplanmıştır. Cronbach alfa güvenilirlik katsayısı 0 ile 1 arasında değer alır (Atılğan ve diğerleri, 2006; Kalaycı, 2008; Çepni, 2010). Yapılan istatistiksel çözümler sonucu, anketin cronbach alfa katsayısı 0,838 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1.Cronbach Alpha Katsayısı Hesabı

Güvenirlik İstatistikleri	
Cronbach's Alpha Katsayısı	İstatistiğe Esas Madde Sayısı
0.838	71

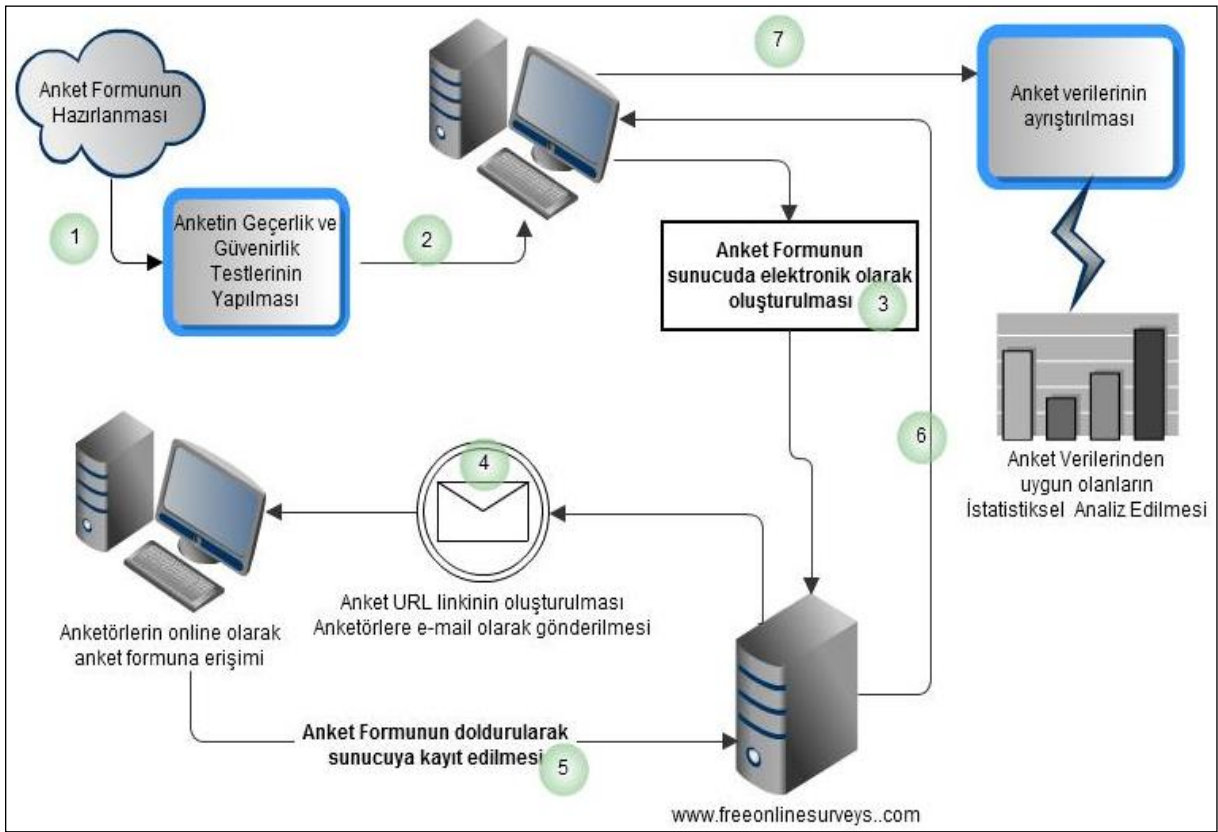
Alfa katsayısının bulunabileceği aralıklar ve buna bağlı olarak da ölçeğin güvenilirlik durumu aşağıda verilmiştir. Buna göre;

- $0,00 \leq \alpha < 0,40$ ise ölçek güvenilir değildir,
- $0,40 \leq \alpha < 0,60$ ise ölçek düşük güvenilirliktedir,
- $0,60 \leq \alpha < 0,80$ ise ölçek oldukça güvenilirirdir,
- $0,80 \leq \alpha < 1,00$ ise ölçek yüksek derecede güvenilir bir ölçektir.

Nitekim alfa katsayısının 0,80 ile 1 arasında olması anketin yüksek derecede güvenilir olduğunu göstermektedir (Özdamar, 1997, Kalaycı, 2008).

2.4. Hazırlanan Anket Formunun Uygulanması ve Verilerin Analizi

Aşağıda anket formunun oluşturulması, uygulanması ve analizinin nasıl yapıldığı şekil 4 ile gösterilmiştir. Anket formunda yer alan tüm soru ve cevap seçenekleri bir internet sağlayıcı aracılığı ile veritabanına yüklenmiştir. Ardından anket formuna internet aracılığı ile ulaşımı sağlayacak URL oluşturulmuştur. Ankete katılımı hedeflenen ve örneklem grubu olarak öngörülen uzman nitelikli tüm VGM çalışanlarına elektronik posta olarak oluşturulan anket formuna ulaşım URL adresi e-mail olarak gönderilmiştir. Anket formuna ulaşmak isteyen uzman nitelikli kişiler anket linki ile forma ulaşmış ve anket formundaki soruları yanıtlamışlardır.



Şekil 4. Anket Formunun Oluşturulması, Uygulanması ve Analizi

Bu şekilde anket formuna örneklem grubunca ulaşım sağlandıktan ve hedeflenen katılım sağlandıktan sonra, tüm veriler analiz edilmek üzere değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen nitel verilerin sunumunda frekans ve yüzde değerlerinin

bulduğu sütun ve pasta grafik, ayrıca tablolarla faydalanılmıştır.

3. Bulgular

Bu başlık altında Arazi Yönetimi Sorunları ve Çözümlerine yönelik sorulmuş

anket sorularına örneklem grubunun vermiş oldukları yanıtlar grafik ve tablolardan yararlanılarak sırası ile aşağıda verilmiş, istatistiksel verilerde ayrıca okuyucuya sunulmuştur.

Birçok durumda örneklerden elde edilen sonuçların olasılık kurallarına göre beklenen sonuçlarla uyum göstermediği görülür. Çoğu zaman gözlenen frekansların beklenen frekanslardan önemli oranda fark gösterip göstermediği merak edilir. Ki-kare (χ^2) dağılımı hem parametrik hem de parametrik olmayan testlere kullanıldığından oldukça önemlidir. χ^2 istatistiği genelde bir veri setinin teorik bir dağılıma ne derecede iyi uyduğunun testi için kullanılır (Koch, 1999; Öztürk ve Şerbetçi, 1992; Tüysüz ve Yaylalı,2005).

- Ki-Kare Uyum Testi

Sonsuz sayıda elemandan oluşan bir ana kümeden n elemanlı bir örnek küme seçilmiş olsun. Örnek kümenin elemanları standartlaştırıldıktan sonra (k) sayıda sınıfa,

$$k = \sqrt{n} + 1 \quad (1)$$

eşitliğine göre ayrılır. Sınıf genişliği,

$$d = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k} \quad (2)$$

biçiminde hesaplanır. Bağlı sınıf yığılmasının kuramsal değeri,

$$P_i = \phi(z_i + \frac{d}{2}) - \phi(z_i - \frac{d}{2}) \quad (3)$$

olarak hesaplandıktan sonra Chi-Kare uyum testi bağıntısı

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \quad (4)$$

eşitliğinden elde edilir. Bu değer Chi-Kare tablo değeri ile karşılaştırılır. Değer tablo değerinden küçükse veriler normal dağılımda, değilse normal dağılımda değildir. Chi-Kare uyum testiyle irdelenen verilerin sayısı 30'dan fazla

olmalı ve kuramsal sınıf yığılmaları 4'ten küçük olan sınıflar komşu sınıflardan biriyle birleştirilmelidir (Höpcke, 1980).

Örneklem grubunun anket sorularına verdikleri yanıtların istatistiksel olarak analiz edilmesi için, yanıtların kodlanarak istatistik analiz programına girilmesi ile normal dağılımda olup olmadıklarının test edilmesi sağlanır. Bu işlemden sorulara verilen yanıtların "Bu soruya verilen cevaplar arasında homojenlik yoktur, farklılık vardır (Chi-square = ...p< 0.05 veya >0.05)." yazılarak, soruya verilen yanıtların normal dağılımda olup olmadıkları belirlenir (Çoruhlu, 2013).

3.1. Kadastro Çalışmalarına Yönelik Örnek 1

"Özellikle tesis kadastro çalışmaları başta olmak üzere; kadastro çalışmalarında gerek vakıf taşınmazların geldi-gitti kayıtlarının sağlıklı yürütülmesi, gerekse kadastro dava sayılarının daha aza indirgenmesi için neler yapılmalıdır? (Sizin için en önemli seçenek 1 olacak şekilde, 1'den 4'e doğru sıralayınız)." 1.soru olarak örneklem grubuna yöneltilmiş ve örneklem grubu görüşlerinden faydalanılarak oluşturulmuş sütun grafik şekil 5'de sunulmuştur.

1.Askı ilanlarında taşınmazların geldi kayıtlar belirtilmeli

Bu seçenekte homojenlik yoktur, fark vardır. Chi-square = 14.804 p<0.05

Örneklem grubunun % 33'ü bu seçeneği 1. sırada tercih etmiştir.

2.Uygulanamayan taşınmazların uygulanamama nedenleri askı ilanında belirtilmeli

Bu seçenekte homojenlik vardır, fark yoktur. Chi-square = 3.638 p>0.05

Örneklem grubunun % 30'u bu seçeneği 3. sırada tercih etmiştir.

3.Askı ilanlarının web servislerinden yararlanarak www.tkgm.gov.tr ağı üzerinden ilan edilmeli

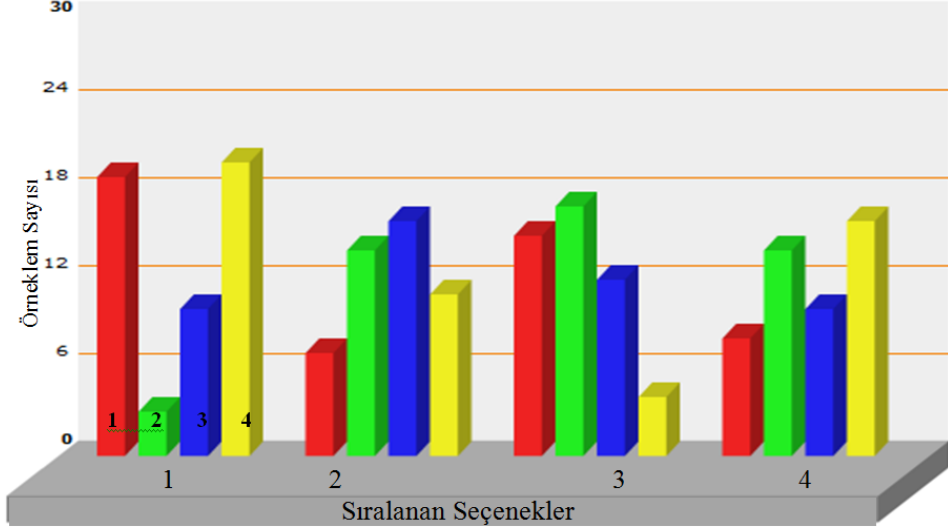
Bu seçenekte homojenlik yoktur, fark vardır.
Chi-square = 8.915 p<0.05

Bu seçenekte homojenlik vardır, fark yoktur.
Chi-square = 1.936 p>0.05

Örneklem grubunun % 28'i bu seçeneği 2. sırada, %30'u 1. sırada tercih etmiştir.

Örneklem grubunun % 41'i bu seçeneği 1. sırada, %28' i 2. sırada tercih etmiştir.

4. Askı ilanı idaremize de gönderilmeli

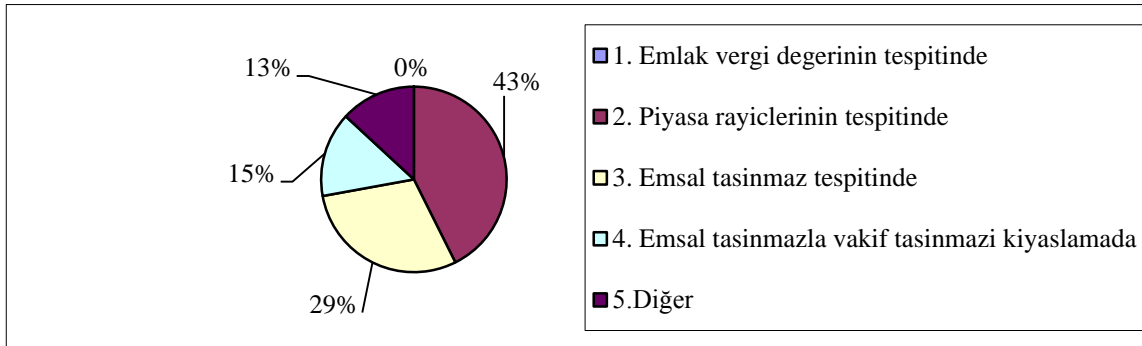


Şekil 5. Kadastro çalışmalarında vakıf taşınmazların tespitinde yaşanan sorunlar

3.2. Taşınmaz Değerlemeye Yönelik Örnek 2

“Taşınmaz değerlemesi yaparken kullanacağınız verileri elde etme noktasında en çok hangi aşamalarda zorluk çekiyorsunuz? (Sizin için en önemli seçenek 1 olacak şekilde, 1’den 4’e doğru sıralayınız)” 1.soru olarak örneklem grubuna yöneltilmiş ve örneklem grubu görüşlerinden elde edilen veriler şekil 6’da sunulmuştur (Çoruhlu, 2013).

Örneklem grubunun taşınmaz değerlemesi yaparken kullanacağınız verileri elde etme noktasında % 42 oranında en çok piyasa rayiçlerinin tespitinde, % 30 emsal taşınmaz tespitinde, %15 oranında ise emsal taşınmazla vakıf taşınmazı kıyaslamada sorun yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Bu soruya verilen cevaplar arasında homojenlik yoktur, farklılık vardır (Chi-square = 13.733 p< 0.05).



Şekil 6. Taşınmaz değerlemesine esas verilerin tespitindeki zorluk oranları

3.3. Vakıf Taşınmazların Yargı Süreçlerine Yönelik Örnek 3.

“Vakıf taşınmaz problemlerini çözme noktasında yargı yoluna gidilmeden sizce neler yapılabilir ya da yapılmalıdır?” 7.soru olarak

örneklem grubuna yöneltilmiş ve örneklem grubu görüşleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Örneklem grubunun vakıf taşınmaz problemlerini çözme noktasında yargı yoluna gidilmeden neler yapılabileceği konusundaki görüşlerine ilişkin frekans ve yüzde değerleri

Frekans/Yüzde Değerleri *		
Vakıf taşınmaz problemlerini çözme noktasında yargı yoluna gidilmeden neler yapılabileceği konusunda görüşler	Frekans (f)	Yüzde** (%)
İdare menfaatleri doğrultusunda uzlaşma yoluna gidilmeli	14	64
Vakıf taşınmazlarının ayrıcalıklarının ön plana çıkaracak yasal düzenleme	4	18
Kurumlar arası koordinasyon sağlanmalı	4	18
Dava konusuna göre uzman bilirkişi atanmasının sağlanması	1	4
VGM tanıtımına önem verilmeli, vakıflarla ilgili mevzuat boşlukları revize edilmeli	1	4
Kanunlar arası tezatlıklar ortadan kaldırılmalı.	1	4

*Bu soruda bir örneklem birden fazla kategoride görüş bildirebilmektedir.

**Tablo 2’de verilen yüzdeler ankette bu soruyu cevaplayan 22 kişi üzerinden hesaplanmıştır.

Tabloda da görüldüğü gibi vakıf taşınmaz problemlerini çözme noktasında yargı yoluna gidilmeden neler yapılabileceği konusunda örneklem grubunun %64’ü “İdare menfaatleri doğrultusunda uzlaşma yoluna gidilmeli”, % 18’i vakıf taşınmaz ayrıcalıklarının ön plana çıkartılması, % 18’i kurumlar arası koordinasyon sağlanmalı görüşlerini belirtmişlerdir.

4. Tartışma

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı alt kolları yani bilim dalları olan tapu işlemleri, kadastro çalışmaları, imar uygulamaları, bilgi sistemi uygulamaları ve taşınmaz geliştirme çalışmaları gibi konularda son yıllarda sıkça görülen anket formu ile uzman görüşlerine ulaşmayı sağlayan çalışmaların varlığı bilinmektedir. Ülkemizde harita mühendisliği lisans eğitim-öğretimi veren

bölgelerde de bu tip anket veya mülakat tarzı veri toplama araçlarıyla öğrenci veya öğretim üyelerinin görüş ve önerilerinin alındığı bilinmektedir (Şeker, vd., 2011, URL-6, 2013). Bu tip çalışmalarda oluşturulan anketlerin uzman görüşlerinin daha anketin en başında soru ve soru yanıtlarının sırlanması, ölçek tiplerinin tespiti ile anketin kapsam geçerliği ve güvenilirliğine ilişkin cronbachalpha güvenilirlik katsayısının arzu edilen düzeyde olması büyük önem arz etmektedir. Güvenirlik katsayısının yüksek olması adına bazı soruların çıkartılması ya da soru seçeneklerinin ölçek tiplerinin değiştirilmesi gerekebilmektedir. Bu durumların da göz ardı edilmemesi anketin ve sonuçlarının geçerli ve güvenli olmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca anketlerin analog olarak kağıt ortamlarda hazırlandığı, anketin hedef kitlesi olan örneklem grubuna da kağıt ortamda gönderildiği tespit edilmiştir. Anket formlarında örneklem grubunca doldurulan verilerin kağıt ortamdan bilgisayara aktarımı ile sorulara verilen yanıtlar basit usul ile yüzdeler olarak değerlendirilmektedir (örnek olarak bir soruya ankete katılan örneklem grubunun %40’ı evet % 60’ı hayır demiştir gibi). Bu çalışmada; anketin oluşturulmasında örneklem grubunu oluşturan

hedef kitleden seçilen nitelikli uzmanlar ve üniversite öğretim üyeleri ile birlikte anket formu soruları ve yanıtlarının hazırlanması prensibi üzerinde durulmuştur. Ayrıca anket formunu online olarak hazırlanıp uygulanması ile ülke sathında mekandan bağımsız örneklem grubuna ulaşmadaki kolaylıklardan da yararlanılmıştır. Bunun yanında soru yanıtlarının değerlendirilmesinde yüzdeler verilerinin yanında istatistik veriler olarak Açıklama İstatistik Çapraz Tablo Chi-square testi ya da Parametrik olamayan testlerden Chi-square testi ile ilgili soru yanıtının güven düzeyi de verilerek anket verilerinin yorumlanması ön planda tutulmuştur (Örnek olarak; soruya verilen cevaplar arasında homojenlik yoktur, farklılık vardır. Chi-square = 29.424 $p < 0.05$ % 95 güvenle). Uygulanan anket formunda örneklem grubuna yöneltilen bazı sorular bu bölümde tartışılmıştır.

Özellikle tesis kadastro çalışmaları başta olmak üzere; kadastro çalışmalarında vakıf taşınmazlar özelinde yapılan askı ilan takiplerinde; askı ilanlarında taşınmazların geldi kayıtlarının belirtilmediği, uygulanmayan taşınmazların belirtilmediği, askı ilanlarının kağıt ortamda ilan edildiği TKGM kurumsal ağ adresinden ilan yapılmadığı ve VGM'ye ilanların gönderilmediğinin bu işlerin takibinde sorunlara sebep olduğu, askı ilanlarını takip için ilgili müdürlüğe veya ilgili birime gidilerek inceleme yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca uygulanamayan taşınmazların ilanda belirtilmediği ve hangi taşınmazın hangi taşınmaz uygulandığının da ilanda belirtilmediği, bunun tespitinin ancak, tutanakların incelenmesi ile mümkün olduğu, bu durumda da işlerin daha uzun sürmesini durumunu doğurmaktadır.

Taşınmaz değerlemesi ile ilgili olarak vakıf taşınmazlar özelinde yapılan çalışmada; emlak vergi değerinin tespitinde belediyeler ile yapılacak yazışmalardan sonra taşınmazın asgari emlak vergi değerinin tespit edilebildiği bunun da zaman kaybına neden olduğu, piyasa rayiçlerinin tespiti ve değerlemeye konu taşınmaza emsal olabilecek taşınmaz değerinin tespitinin yapılmasında zorluklar yaşandığı belirlenmiştir. Sonuçta tespit edilen değer

vakıf taşınmazla kıyaslanması veya ölçeklendirilmesi gerektiğinde de aynı sorunların yaşandığı belirlenmiştir.

Vakıf taşınmazların yargı aşamasında devam eden süreçleri için yargı yoluna gidilmeden neler yapılabileceğine yönelik olarak, bilirkişi, dava süreci başlatılmadan karşılıklı anlaşma, kurumlar arası entegrasyon, kanunlar arası tezatlıklar ve bilirkişi raporlarının yetersizliği gibi konularda sorunların yaşandığı belirlenmiştir.

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada VGM'nin hüküm ve tasarrufu altında, mazbut vakıfların veya VGM'nin mülkiyetinde bulunan Vakıf Taşınmazların içinde buldukları arazi yönetimi uygulamalarındaki mevcut durumlarının ortaya konması adına bu taşınmazlardaki sorunların belirlenmesi ve çözüm yaklaşımlarının geliştirilmesinde uzman görüşlerinden faydalanmak üzere online bir anket formu geliştirilmiştir. Hazırlanan anket formunun cronbach alfa güvenilirlik katsayısı 0, 838 olarak hesaplanmıştır. Bu yönü ile anketin güvenilirliğinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Hazırlanan anketin "Vakıf Taşınmazları" hakkında araştırma yapan araştırmacılara katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmada izlenen adımların anket hazırlama, geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarını gerçekleştirme noktasında arazi yönetimi uygulamaları alanında araştırma yapan tüm araştırmacılara katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada verilen anket soru ve yanıt örnekleri tartışma bölümünde ele alınmış ve bu bölümde de sonuçları ile birlikte değerlendirilmiştir.

Vakıf taşınmazlar özelinde yapılan bu çalışmada kadastro askı ilanlarının TKGM ağ adresi üzerinden ilan edilmesi, bu ilanlarda uygulanmayan kadastro öncesi kayıtların da belirtilmesi, uygulanan taşınmazların hangi taşınmaza revizyon gördüğünün de ilanda olması, askı ilanlarının kadastro birimiyle ilgili tüm kamu kurum ve kuruluşları ile özel kişilere ulaşımını çok daha fazla kolaylaştıracak ve

çalışma ile ilgili hemen bütün bilgilere ulaşma imkanı verecektir.

VGM’de yürütülen taşınmaz değerlendirme çalışmalarında özellikle emsal taşınmaz ve piyasa rayiçlerinin tespitinde yaşanan sıkıntılar göz önüne alındığında her dört yılda bir belirlenen asgari asra ve arazi emlak vergi değerlerinin piyasa değerlerinde belirlenmediği düşünüldüğünde bu emlak vergi değerlerinin belirlenmesi yöntem ve sisteminin yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Mevcut sistemde özellikle cadde sokak temelinde sürdürülen çalışmanın parsel tabanlı yapılması rayiç değerlerin tespitinde daha gerçekçi sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

Vakıf taşınmazlar özelinde devam eden yargılama süreçleri incelendiğinde, hangi davalarda hangi mesleki formasyonda bilirkişi heyetinin oluşturulması gerektiği konusunda bir kesinlik olmadığı tespit edildiğinden, bu durum mevzuatla kesinliğe kavuşturulmalıdır. Bilirkişilerin konusunda uzman ve deneyimli kişilerden seçilmesine özen gösterilmesi, mesleki disiplin içerisinde anabilim dallarına inilerek konuya göre ilgili anabilim dallarından bilirkişi tespitinin yapılmasının yasal altyapısının oluşturulması gerektiği belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma birinci yazarın doktora tezinin bir bölümünden hazırlanmıştır.Çalışmaya destek olan Karadeniz Teknik Üniversitesi ve İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi öğretim üyeleri ile Vakıflar Genel Müdürlüğü çalışanlarının desteklerinden ötürü teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Aiken, L. R. Psychological testing and assessment (10th ed.). Boston: Allyn & Bacon, 2000.

Atılgan, H. (Edt), Kan, A. ve Doğan, N., Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. Anı Yayıncılık. Ankara, 2006.

Baş, T., Anket (1.Baskı); Seçkin Yayınları, Ankara, 2001.

Baykul, Y., Eğitimde ve psikolojide ölçme: Klasik test teorisi ve uygulaması, Ankara: ÖSYM, 2000.

Büyüköztürk, Ş., Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı: İstatistik, Araştırma Deseni SPSS Uygulamaları ve Yorum. Ankara: PegemA, 2010.

Cohen, L. ve Manion, L., Research Methods In Education, Fourth Edition, Rutledge, Newyork, 1994

Çoruhlu Y.E., 2013. Vakıf Taşınmazların Korunma ve Geliştirilmesinde Yönetim Sorunları ve Çözüm Yaklaşımları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Çepni, S., Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş, Beşinci Baskı, Trabzon, 2010.

Denscombe, M., The Good Research Guide for Small-Scale Social Research Projects, Open University Press, Buckingham, 1998.

Kalaycı Ş., (2008) SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. 3. Baskı. Asil Yayın Dağıtım A.Ş. Ankara.

Karasar, N. 2002. Bilimsel Araştırma Yöntemi, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Özdamar, K., Paket Programlar ve İstatistiksel Veri Analizi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, 1997.

Özusağlam, E., Atalay, A., ve Toprak, S., Web Tabanlı Anket Hazırlama Sistemi, IX. Akademik Bilişim Konferansı, 11-13 Şubat 2009, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.

Resmi Gazete, Vakıflar Kanunu (26800), 27.02.2008.

Sekaran U., 1999, Research Methods For Business (Third Edition) Carbonadale; Southern Illinois University

Şeker D.Z., Uluğtekin N., Göksel Ç., Demirel H., Doğru A.Ö., Özerman U., İpbüker C. ve Tarı E., 2011, hkm Jeodezi Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 2011/2 Özel Sayı, s26-32

URL-1, 2012. Güncel Türkçe Sözlük, Türk Dil Kurumu, Resmi İnternet Sitesi, <http://www.tdk.gov.tr>

URL-2, 2012. <http://www.sakarya.edu.tr/~skuyucu/sunum/semra.ppt>

URL-3, 2012. <http://www.egitim.aku.edu.tr/anket.ppt>

URL-4, 2012. <http://www.egitim.aku.edu.tr/gozlemmulakat.ppt>

URL-5, 2012. <http://muratgokdere.net/forstudents/bil.aras.tek.ppt>

URL-6, 2013. <http://www.harita.ktu.edu.tr/haritayedek/staj/Dosyalar/butun.pdf>

Vakıflar Genel Müdürlüğü (VGM), 2000, Türkiye'de Vakıflar (Broşür), Kasım, Ankara.

Toplam Elektron İçeriği (TEC) Değerleri ve Deprem İlişkisinin İncelenmesi

Mustafa ULUKAVAK*, Mualla YALÇINKAYA
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

Geliş tarihi/Received 07.12.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 17.01.2014

Kabul tarihi/Accepted 22.01.2014

Özet

Sismik aktivitelerin iyonosfer tabakası üzerindeki etkileri konusunda birçok araştırma yapılmaktadır. Deprem yıkıcı etkilerine karşı önlem alabilmek için depremin meydana geliş zamanının önceden kestirilebilmesi önemlidir. Yerkürede meydana gelen kabuk hareketlerinin etkileri sadece sarsıntı olarak değil insanoğlunun direkt algılayamadığı değişimlere de yol açmaktadır. Bu değişimler farklı yöntem ve cihazlarla tespiti yapılacak şekilde modellenmektedir. Bu yöntemlerin incelenmesindeki temel parametrelerden birisi de Toplam Elektron İçeriği (TEC) değerinin değişimidir. TEC, GPS alıcısı ile her bir GPS uydusu arasındaki sinyal yolunda bulunan toplam elektron sayısı olarak tanımlanır. İyonosferin radyo sinyalleri üzerindeki etkilerinden faydalanarak TEC parametresi ortaya çıkarılmıştır. Deprem öncüllerinin belirlenmesinde de deprem öncesi iyonosferde meydana gelen değişimlerin araştırılması bu açıdan yararlı olacaktır. Bu amaçla deprem öncesi ve sonrası iyonosferde meydana gelen değişimlerin GPS sinyallerinden elde edilen TEC değerleri ile beraber modellenerek aralarındaki ilişkinin ortaya çıkarılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Toplam Elektron İçeriği (TEC), GPS, İyonosfer, Deprem Öncülleri.

The Relationship Between Total Electron Content (TEC) Values and Earthquake

Abstract

Research has been done on the effects of seismic activity on a layer of the ionosphere. To counteract the devastating effects of the earth quake, occurrence time of the earthquake is important for pre-estimating. Effects occurring in the earthcrust cannot be detected only as a shake. These changes will be modeled with using different methods and devices. One of the main parameters of these methods is Total Electron Content (TEC) values change. TEC is defined as the total number of electrons in the signal path between the GPS receiver and each GPS satellite. Advantage of the effects of the ionosphere on radio signals revealed TEC parameter. Determination of earthquake precursors before the earthquake investigation, the changes in the ionosphere will be useful in this respect. For this purpose, before and after the earthquake, the changes in the ionospheric TEC values obtained from the GPS signals are required for modeling with the discovery of the

* Mustafa ULUKAVAK, mulukavak@gmail.com, Tel: 0462 377 3653

relationship between these parameters.

Key Words: Total Electron Content (TEC), GPS, Ionosphere, Earthquake Precursors.

1. Giriş

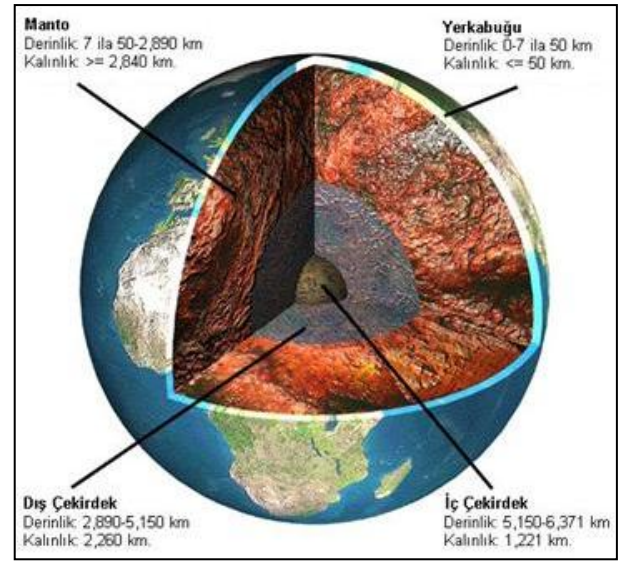
Depremlerin önceden kestirilebilmesi için deprem doğasında meydana gelen değişimlerin incelenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bilim adamları insanlığın doğal afetlerden zarar görmemesi veya bu zararı en aza indirgeyebilmek adına tedbirler almakta ve bu yönde yapılan çalışmaları sürdürmektedirler. Doğal afetlerden en yıkıcısı olan depremin meydana geliş zamanını tam anlamıyla kestirebilmek şu an için mümkün olmamaktadır.

Depremlerin iyonosferde yaptığı değişimler ilk olarak 1960'lı yıllarda Barnes ve Leonard (1965) tarafından araştırılmıştır. Araştırmacılar büyük depremlerden önce herhangi bir öncül işaretin belirlenmesi için kritik frekans, F2 katmanının en üst elektron yoğunluğu ve toplam elektron içeriğini incelemiştir (Datchenko et al., 1972; Liu et al., 2000a, 2001b, 2004, 2006). Pulinets (1998), uydulardan kısa zamanda iyonosferik anomalilerin deprem öncesinde belirlenebileceğini belirtmiştir. Günümüzde geniş bir alanda çalışmaları süren depremlerin iyonosferik öncülleri araştırmaları yirmiden fazla ülkede devam etmektedir. İyonosferik anomalilerin tanımlanması Pulinets and Boyarchuk 2004, Dauterman et al 2007'de ve sismik iyonosferik öncüllerin fizibilite doğrulanması Du et al 1998 tarafından devam etmektedir. Bu yönde yapılan çalışmalar sürdükçe ve elde edilen parametrelerin farklı disiplinlerin ortaklaşa çalışmalarıyla beraber değerlendirilmesiyle depremin meydana geliş zamanı hakkında faydalı bilgiler ortaya çıkacaktır. Bu çalışmada, deprem öncüllerinden TEC değişiminin nasıl belirlendiği ve depremlerin meydana gelmeden önce TEC değerlerinde ortaya çıkardıkları anomalilerin deprem öncülü olarak yorumlanabilmesi konusunda yapılmış araştırmalar incelenmiştir.

2. Deprem ve Deprem Öncülleri

Levha hareketleri sonucu levha sınırlarında oluşan kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya

çıkan titreşimler dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsarak depremleri oluştururlar (URL-1). Dünyanın iç yapısı konusunda, jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen verilerin desteklediği bir yeryüzü modeli bulunmaktadır (Şekil-1).



Şekil 1. Yerkürenin Katmanları (URL-3).

Bu modele göre, yerkürenin dış kısmında yaklaşık 50km. kalınlığında oluşmuş bir taşküre (Litosfer) vardır. Kıtalar ve okyanuslar bu taşkürede yer alır. Litosfer ile çekirdek arasında kalan ve kalınlığı yaklaşık 2.900 km olan kuşağa Manto adı verilir. Manto'nun altında ise çok yoğun yapıdaki bir madde olan iç ve dış çekirdeğin bulunduğu kabul edilmektedir. Taşküre'nin altında Astenosfer denilen yumuşak Üst Manto bulunmaktadır. Çok sıcak olan çekirdeğin ısıttığı mantonun oluşturduğu konveksiyon akımları nedeniyle yerkabuğunda birçok levha oluşmuştur. Bu levhalar üzerinde duran kıtalar, Astenosfer üzerinde yüzmekte olup, birbirlerine göre insanların hissedemeyeceği bir hızla hareket etmektedirler. Konveksiyon akımlarının yükseldiği yerlerde levhalar birbirlerinden uzaklaşmaktadırlar. Levhaların birbirlerine değdikleri bölgelerde sürtünmeler ve sıkışmalar olmaktadır. Konveksiyon akımlarının neden olduğu bu

ardışıklı olay taşkürenin altında devam etmektedir. Yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır (Steinand Klosko, 2002). Dünyada olan depremlerin hemen büyük çoğunluğu bu levhaların birbirlerini zorladıkları levha sınırlarında dar kuşaklar üzerinde oluşmaktadır (Atabey,2000, URL-1). Bu doğa olayı ile yeryüzünde ve üzerindeki büyük mühendislik yapılarında meydana gelen maddi ve/veya manevi kayıplar, az ya da çok hasarlı durumlar ortaya çıkmaktadır.

Depremlerin ne zaman ve nerede meydana geleceği, depremin meydana geliş aşamalarındaki belirsizliklerin hala keşfedilememiş bir durum olarak görülmesinden dolayı bunun yerine bilim adamları deprem öncülerinin belirlenmesi üzerine çalışmalar yapmaktadırlar (Wyss, 1997). Bu deprem öncülerinden birisi de iyonosferdeki TEC değişimidir (Pulinetsand Boyarchuk, 2004).

3. İyonosferdeki Toplam Elektron içeriği (TEC)

Toplam Elektron İçeriği (TEC) yerden en az 1000km. yüksekliğe kadar olan birim alandaki serbest elektron sayısıdır. TEC, GPS alıcısı ile her bir GPS uydusu arasındaki sinyal yolunda bulunan ve GPS sinyalinden elde edilen iyonosferdeki serbest elektronların göstergesi olarak da ifade edilmektedir. Bu değer genellikle taban alanı $1m^2$ olan silindirdeki toplam elektron sayısı 10^6 elektron/ $m^2 = 1TEC$ birimi (TECU) olarak değerlendirilir. TEC değer aralığı 10^{16} - 10^{19} el/ m^2 olarak verilmiştir (Klobucharand Aarons, 1973;Dach et al, 2007;Norsuzila et al, 2010;Schaer, 1999;Wild, 1994;Komjathy, 1997).

TEC'e etki eden değişkenler coğrafi konum, yerel zaman, mevsim, aşırı ultraviyole radyasyonu değişkenliği ve manyetik aktiviteler (D_{st} indeksi) olarak sıralanabilir. En küçük TEC değeri gece yarısında ve en büyük TEC değeri öğlen saatlerinde oluşmaktadır. Gece TEC değişimi elektron ve iyonların durumlarına göre

yavaştır. En büyük TEC değeri genellikle öğleden önce ve en küçük TEC değeri gün doğumundan hemen önce ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber güneş ışınları direkt ulaştığı için TEC değişimi kuzeyden güneye doğru artmaktadır (Norsuzila et al, 2010; Schaer, 1999; Wild, 1994).

Sinyal yolundaki gecikme/hızlanma, sistemin frekansına bağlı olarak değişebilir. Ayrıca iyonosferin o anki TEC değerinin de bu gecikmeye/hızlanmaya etkisi vardır. Frekansa ve TEC değerlerine bağlı zamandaki bu gecikme/hızlanma,

$$\Delta t = \frac{40.3}{c \cdot f^2} TEI \text{ (saniye)} \quad (1)$$

olarak ifade edilebilir. Burada, c, ışık hızı (3.10^8 m/sn); f, sistemin frekansı (Hz) ve TEC, Toplam Elektron İçeriği (el/ m^2) olarak verilmiştir(Norsuzila et al, 2010).

Herhangi bir operasyonel veya potansiyel radyo dalgalarının yayılımının kullanıldığı zaman gecikmesinin ölçülmesi uygulamalarında iyonosferden geçen sinyalin gecikmesine/hızlanmasına sebep olan TEC düzeltmeleri, konum doğruluğunu artırmak için dikkate alınması gereken bir parametredir (Klobucharand Aarons, 1973).

İyonosferik TEC genellikle GPS uydularını kullanılarak taşıyıcı fazın uydudan alıcıya kadar olan gecikmelerinin karakterizasyonu ile belirlenir. GPS uyduları, konumlandırma için iki farklı frekans olan L1 (1575.42MHz) ve L2 (1227.60MHz) frekanslarındaki sinyali çift frekanslı alabilen donanımlı alıcılar için gönderirler. TEC gözlemi F katmanında yapılır. Çünkü bu katmandaki serbest elektronlar GPS sinyallerini diğer katmanlara göre daha fazla etkilerler (Jin et al, 2012;Klobucharand Aarons, 1973;Pulinetsand Boyarchuk, 2004;Schaer, 1999; Wild, 1994;Komjathy, 1997).

Çift-frekanslı taşıyıcı faz ve kod gecikmesi GPS gözlemleri uydu ve alıcı arasındaki sinyal yolu boyunca iyonosferik gözlemler için kombine edilebilirler. Psoydo gözlem,

$$P_{k,j}^i = \rho_{0,j}^i + d_{ion,k,j}^i + d_{trop,j}^i + c(\tau^i - \tau_j) + d_k^i + d_{k,j} + \varepsilon_{k,j}^i \quad (2)$$

eşitliğinden, taşıyıcı faz ölçmeleri ise

$$L_{k,j}^i = \rho_{0,j}^i - d_{ion,k,j}^i + d_{trop,j}^i + c(\tau^i - \tau_j) - \lambda(b_{k,j}^i + N_{k,j}^i) + \varepsilon_{L,k,j}^i \quad (3)$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada, P , GPS psoydomesafe; L , GPS taşıyıcı faz; ρ , GPS alıcısı ile uydu arasındaki gerçek mesafe; d_{ion} , iyonosfer gecikmesi; d_{trop} , troposfer gecikmesi; c , boşluktaki ışık hızı; τ^i , uydu saati hatası; τ_j , alıcı saat hatası; d , uydu ve alıcının kod gecikme farkları; b , uydu ve alıcının faz öteleme farkları; N , taşıyıcı dalga faz belirsizliği ve ε , uydu ile GPS alıcısı arasındaki sinyalin gürültüsü. $k=1,2$ alt indis frekanslar için, i üst indis GPS uydusu için, j alt indis GPS alıcısı için kullanılmıştır.

Lokal TEC belirleme çalışmalarında, çift frekanslardan elde edilen psoydo mesafe gözlemleri ve taşıyıcı faz gözlemlerinde her bir uydu ve alıcı arasındaki sinyallerinin farkları alınarak,

$$P_4 = P_{1j}^i - P_{2j}^i = (d_{ion,1,j}^i - d_{ion,2,j}^i) + DCB^i + DCB_j \quad (4)$$

$$L_4 = L_{1j}^i - L_{2j}^i = (d_{ion,1,j}^i - d_{ion,2,j}^i) - \lambda(b_{1,j}^i - b_{2,j}^i) - \lambda(N_{1,j}^i - N_{2,j}^i) \quad (5)$$

eşitlikleri elde edilir. Burada, $DCB^i = d_1^i - d_2^i$ ve $DCB_j = d_{1,j} - d_{2,j}$ uydu ve alıcılar için diferansiyel kod farklarıdır. P_4 psoydo mesafe gözlemleri çok fazla gürültüye sahip olduklarından taşıyıcı faz gözlemleri kullanılarak yumuşatılırlar. Yumuşatılmış $P_{4,sm}$ gözlemleri,

$$P_{4,sm} = w_t P_4(t) + (1 - w_t) P_{4,prd} \quad (6)$$

($t > 1$)

eşitliği ile gösterilir. Burada, t , epok numarası; w_t , t epoğuna bağlı ağırlık faktörü ve $P_{4,prd}$ yumuşatma elemanıdır. (6) eşitliğindeki yumuşatma elemanı

$$P_{4,prd} = P_{4,sm}(t - 1) + [L_4(t) - L_4(t - 1)] \quad (t > 1) \quad (7)$$

olarak hesaplanır. Bu eşitlikte $t=1$ alındığında bir gözlem yayının birinci epoğu $P_{4,sm}$, P_4 'e eşit olur. Böylece, psoydo mesafe gözlemlerini yumuşatmadan önce faz kaymalarının ve kaba hataların taşıyıcı faz gözlemlerinden elimine edilmiş olur.

GPS psoydo mesafe ve faz ölçülerindeki iyonosfer gecikmesi,

$$d_{ion} = \frac{40.3}{f^2} STEC \quad (8)$$

eşitliğinden elde edilir. Burada, f , taşıyıcının frekansı ve STEC eğik sinyal yolundaki toplam elektron içeriğini göstermektedir. (8) eşitliği (4) eşitliğinden çıkarılır ve P_4 yerine yumuşatılmış $P_{4,sm}$ gözlemleri koyulursa,

$$P_{4,sm} = 40.3 \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \right) STEC + DCB^i + DCB_j \quad (9)$$

eşitliği elde edilir. Yumuşatma işleminden sonra daha güvenilir DCB kestirimi değerleri bulunabilir. (9) eşitliğinden $STEC$ değeri, zaman biriminde olan DCB değerleri c ışık hızı ile çarpılıp mesafeye dönüştürülerek,

$$STEC = - \frac{f_1^2 f_2^2}{40.3(f_1^2 - f_2^2)} (P_{4,sm} - cDCB^i - cDCB_j) \quad (10)$$

belirlenir. İyonosfer tabakasının yerden 60-1000km yükseklikleri arasında bulunduğu bilinmektedir. İyonosferde H yüksekliğindeki ince bir tabakada tüm elektronların bulunduğu varsayılmaktadır. $STEC$ modifiye edilmiş tek tabaka modeli haritalama fonksiyonu ile düşey toplam elektron içeriğine ($VTEC$)

$$VTEC = MF(z) STEC$$

$$MF = \cos\left(\arcsin\left(\frac{R}{R+H} \sin(\alpha z)\right)\right) \quad (11)$$

eşitliklerinden dönüştürülür (URL-2). Burada, z , her bir uydunun yükselme açısını; R , dünyanın yarıçapını; H , iyonosferdeki ince tabaka kabulünün belirleneceği yüksekliğini göstermektedir. $\alpha = 0.978$ olarak CODE iyonosferik çalışma grubu tarafından belirlenmiştir.

İyonosferik küresel harmonik fonksiyonlar uygulanarak ilgili enlem ve boylamdaki VTEC değeri $E(\beta, s)$,

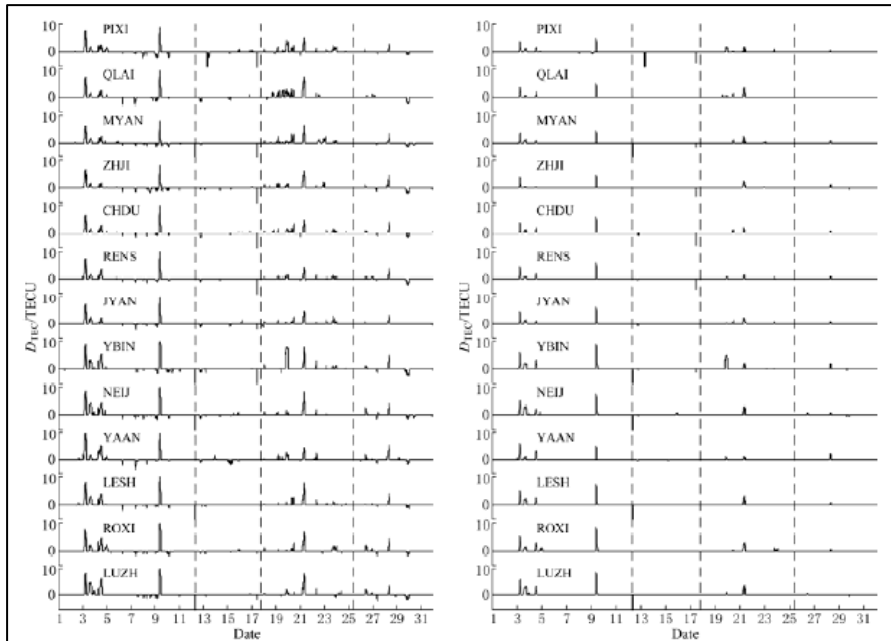
$$E(\beta, s) = \sum_{n=0}^{n_{max}} \sum_{m=0}^n \widetilde{P}_{nm}(\sin\beta) (a_{nm} \cos(ms) + b_{nm} \sin(ms)) \quad (12)$$

Eşitliğinden belirlenir (Schaer, 1999). Burada, β , iyonosferin delindiği noktanın jeosantrik enlemi; $s = \lambda - \lambda_0$ güneş sabit boylam değeri; a_{nm} ve b_{nm} iyonosferik modelin katsayıları; A Normalleştirme fonksiyonu ve P_{nm} normalleştirilmemiş Legendre Polinomu olmak

üzere $\widetilde{P}_{nm} = A(n, m)P_{nm}$ normalleştirilmiş Legendre Polinomlarıdır. İlgili enlem ve boylamdaki a_{nm} ve b_{nm} katsayıları elde edildikten sonra (12) eşitliğinde yerine yazılarak bu enlem ve boylamdaki TEC değerleri elde edilir (Jin et al, 2012).

4. TEC Değişimi ve Deprem İlişkisi Araştırmaları

Son yıllarda, deprem öncesi iyonosferde meydana gelen değişimler ve TEC değişimi ile depremler arasındaki ilişki hakkında çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan, Liu et al (2009)'da 12 Mayıs 2008 tarihinde Çin'deki Wenchuan depreminden ($M_s=8.0$) önce meydana gelen iyonosferik anomalileri araştırmış ve deprem merkezinin etrafındaki 13 GPS istasyonunun gözlemlerinden iyonosferik TEC değerleri hesaplanarak Neymen-Pearson sinyal tespit yöntemi ile TEC anomalilerinin olasılık değerleri belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. 2008 yılı Mayıs ayına ait TEC farkları (D_{TEC}) ve standart sapması 2 birim sınırlandırılmış TEC farkları (Liu et al., 2009)

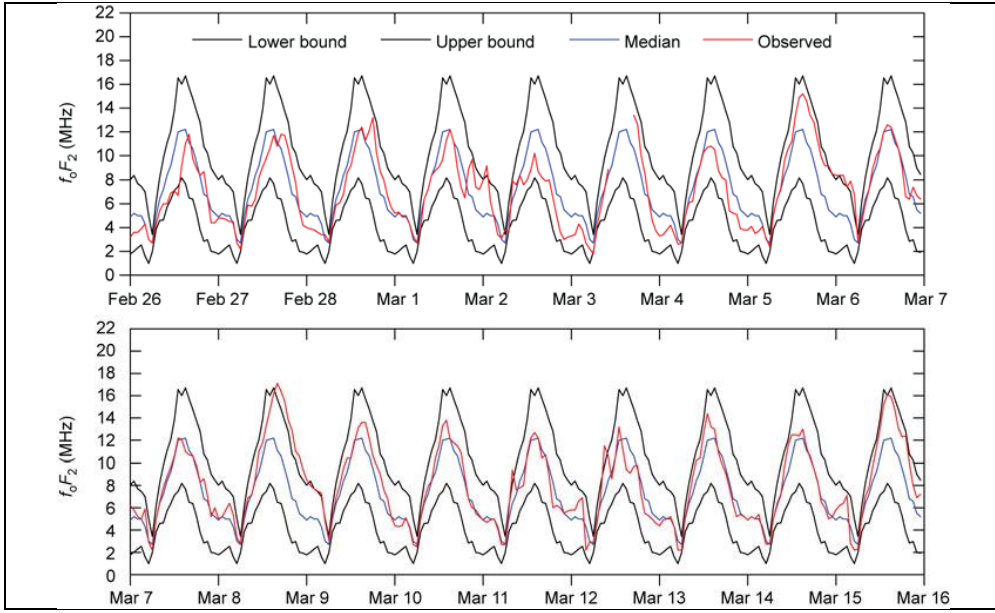
Şekil 2'de düşey kesikli çizgiler depremin meydana geldiği zamanı göstermektedir. Görüldüğü üzere depremin olduğu 12 Mayıs'tan bir hafta önce depremin merkez

üssünün üzerindeki iyonosferik TEC değerleri anormal şekilde dağılım göstermiştir. Çoğunluğu pozitif olan bu dağılımların en

büyük değeri sismik olaydan üç gün önce 9 Mayıs'ta belirlenmiştir (Liu et al., 2009).

Literatürde GPS-TEC yönteminin yanı sıra dalgı radyo sinyali izlemesi yapılan ve iyonosfer radarı denilen iyonosondalardan elde edilen iyonosfer gözlemleri ile deprem öncesi iyonosferdeki değışimlerin incelenmesi de yapılmaktadır. Yao et al 2011'de, 11 Mart 2011 tarihinde Japonya'nın doğu kıyısındaki Honshu bölgesinde meydana gelen Mw=9.0

büyükliğündeki deprem öncesinde araştırmalar yapmışlardır. Çalışmada depremin merkez üssüne yakın GNSS ve iyonosonda istasyonları verileri kullanılarak deprem anı öncesinde iyonosferde meydana gelen anomaliler ortaya çıkarılmıştır. Çalışmada iyonosonda verilerinden elde edilen anomalileri çizilmiş ve örnek olarak Okinawa/Ogimi iyonosonda istasyonundaki zaman serisi verilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. 26 Şubat -15 Mart 2011 tarihleri arasındaki Okinawa/Ogimiiyonosonda istasyonundaki foF2 zaman serileri (Yao et al., 2011)

Şekil 3 incelendiğinde, gözlemlenen iyonosonda verilerinde ortaya çıkan anomalilerin(kırmızı renkli grafik)en büyük değerinin depremden (11 Mart) üç gün önce 8 Mart 2011 tarihinin son 6 saatinde olduğu görülmüştür. Yao et al 2011'de ayrıca GPS verilerinden de iyonosferdeki anomaliler belirlenmiştir. GPS sinyallerini güneş ve manyetik fırtınalar olumsuz etkilediğinden bu etkiler elimine edildikten sonra iyonosferik anomaliler belirlenmiş ve örnek olarak AIRA IGS istasyonuna ait VTEC zaman serisi verilmiştir (Şekil 4).

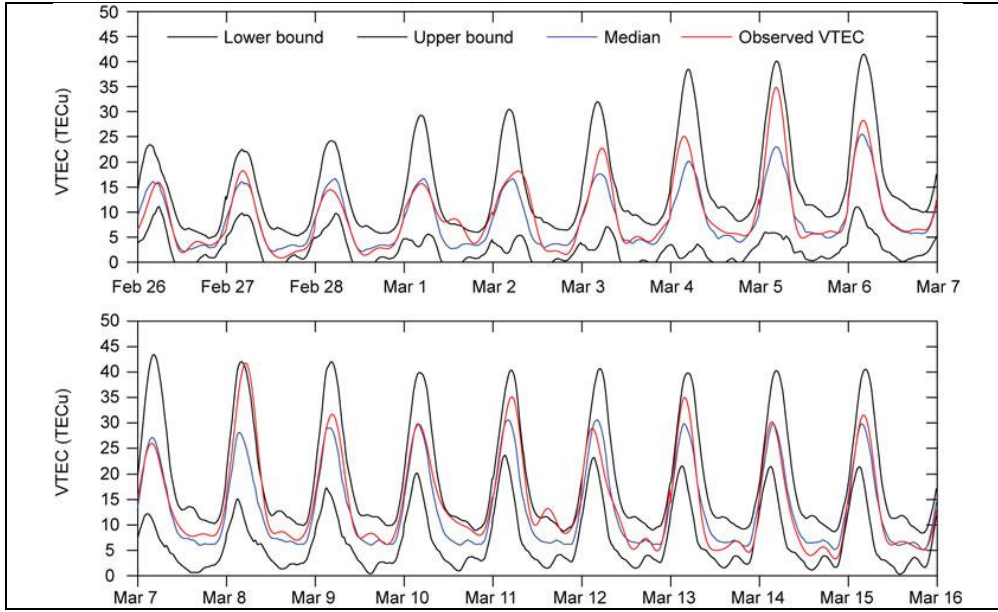
Şekil 4'te görüldüğü gibi yine en büyük anomali 8 Mart'ta belirlenmiştir. En üst seviyede tespit edilen anomali yerel zamana göre 15:00-19:00 arasında maksimuma ulaşmıştır. Çalışmada Şekil 3 ve Şekil 4 dikkate alınarak 8

Mart 2011 tarihinde elde edilen iyonosferik TEC anomalisi 11 Mart 2011 tarihindeki Japonya Depremi'nin iyonosferik öncülü olarak önerilmiştir (Yao et al., 2011). Yao et al 2011'de, iyonosondalardan elde edilen iyonosferik anomalilerin değışimleri gözlemlenmiştir ve GPS-TEC değışimleri ile yapılan çalışmaları destekleyici nitelikte sonuçlar verebileceği ortaya çıkarılmıştır.

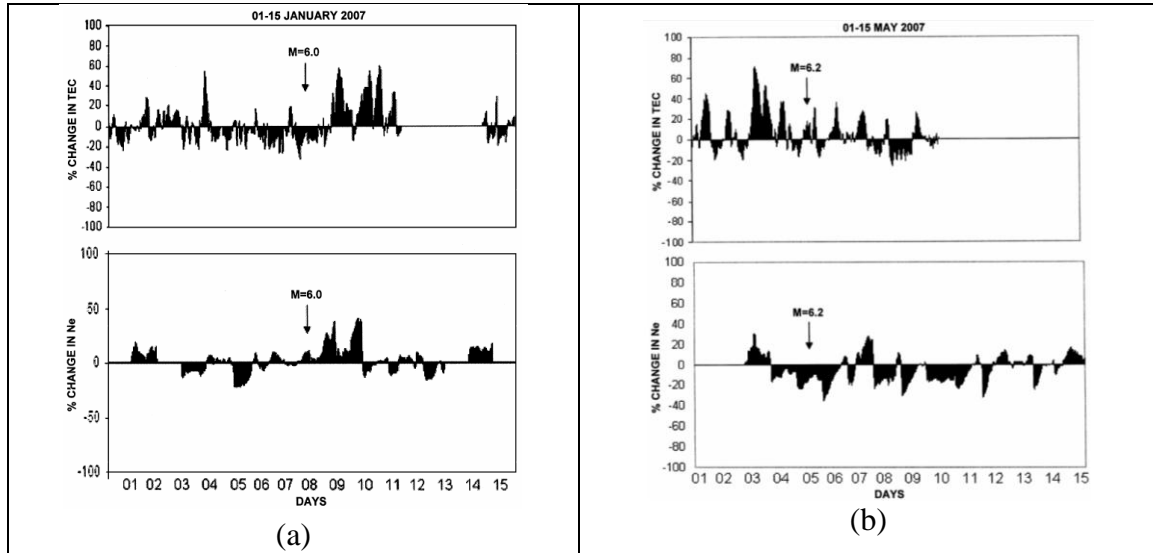
Sadece deprem kaynaklı TEC değışiminin incelenmesinde iyonosferi etkileyen diğer etkilerin göz ardı edilmesi yanıltıcı sonuçlar doğurabilir. TEC değışimi depremlerin yanı sıra güneşteki patlamalara göre de değışmektedir. Güneş patlamaları iyonosferin belli bölgelerinde elektron yoğunluğu (Ne) değışimini artırmakta yada azaltmaktadır. Bu nedenle de elektron yoğunluğu (Ne) değışimi değerlendirme

aşamasında dikkate alınması gereken parametrelerden biridir. Singh et al 2010'da DEMETER uydusundan alınan elektron yoğunluğu verileri ve GPS-TEC değişimleri beraber değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, 8 Ocak 2007 ve 5 Mayıs 2007 tarihinde Hindistan'da meydana gelen M=6 ve M=6.2 büyüklüğündeki depremlerin, merkez

üslerinin 1587km ve 887km uzağındaki Agragözlem istasyonuna olan etkileri incelenmiştir. Depremlerin oluş zamanlarını içine alan 1 Aralık 2006 ve 30 Haziran 2007 tarihleri arasındaki yedi ay boyunca GPS-TEC ve Ne değişimleri değerlendirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. 26 Şubat 15 Mart 2011 tarihleri arasındaki AIRA IGS istasyonu üzerindeki VTEC zaman serisi(Yao et al., 2011).



Şekil 5. Agra GPS istasyonunun Ocak2007 (a) ve Mayıs 2007 (b) aylarına ait TEC değişimleri ve DEMETER uydusu verilerinden elde edilen Ne değişimleri (Singh et al 2010).

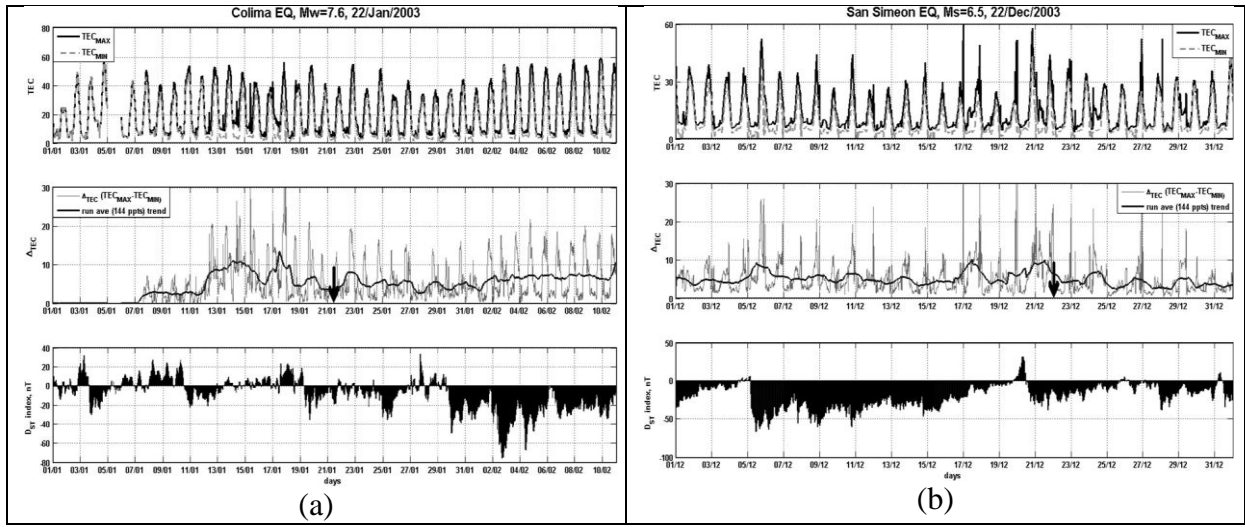
Şekil 5'te görüldüğü gibi TEC ve Ne değişimleri depremden 1-4 gün önce ve 1-2 gün sonra aylık ortalama değerlerinin %40-80 arasında farklı

değerler göstermiştir. Gözlemlenen değişimler, iyonosfer ve yarı-nötr iyon kümelerinin

elektriksel alanlardan etkilendiğini göstermiştir (Singh et al., 2010).

İyonosferdeki değişiklik sadece tek bir istasyondan elde edilen TEC değerlerinin istatistiksel analizi ile değil, yakın GPS alıcılarının kayıtlarının da beraber değerlendirilmesi ile üretilen TEC değerleri ve aralarındaki korelasyonlarla birlikte değerlendirilmesi gerekir. Pulinets et al 2007'de depremlerin önceden belirlenmesi için yeni bir

değerlendirme yöntemi olarak lokal iyonosfer değişkenliği yöntemini önermiştir. Bu çalışmada 22 Ocak 2003 tarihinde Meksika'da gerçekleşen Mw=7.6 Colima Depremi ve 22 Aralık 2003 tarihinde Kaliforniya'da gerçekleşen Ms=6.5 San Simeon Depremi incelenmiş ve depremlerin olduğu bölgelerdeki GPS istasyonlarından elde edilen verilerle lokal iyonosfer değişkenliği yöntemi ile iyonosferik TEC değişimleri araştırılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. (a) 22 Ocak 2003 Mw=7.6 Colima Depremi, (b) 22 Aralık 2003 Ms=6.5 San Simeon Depremi TEC ve D_{st} indeksi değişimleri (Pulinets et al 2007)

Şekil 6'da ilk satırdaki grafikler GPS istasyonlardan elde edilen maksimum ve minimum TEC değişimini, ikinci satırdaki grafikler deprem gününün öncesinde ve sonrasında bölgedeki TEC değişkenliğinin indeksini, son satırdaki grafikler 2003 yılının Ocak ve Aralık aylarına ait D_{st} indeksini göstermektedir. Şekil 6'da görüldüğü gibi depremler 5-10 gün öncesinden iyonosferdeki değişkenliği artırmakta ve deprem olduktan sonra bu durum normal haline dönmektedir (Pulinets et al 2007).

5. Sonuçlar

Yıkıcı etkileri büyük, doğal afetlerden biri olan depremin maddi ve manevi kayıplarını en aza indirebilmek için yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Depremin meydana gelme zamanının kesin olarak belirlenebilmesi günümüz teknolojisinde mümkün olmadığı için

deprem öncesinde meydana gelen değişimlerden faydalanılarak depremin meydana gelme zamanının tahminini yapma çalışmalarına ağırlık verilmektedir. Günümüzde depremlerin meydana gelmesinden önce ortaya çıkan İyonosferdeki Toplam Elektron İçeriği (TEC) değişimlerine bağlı olarak depremlerin önceden kestirilmesi üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Araştırmaların çoğu deprem olduktan sonra, depremin meydana geldiği bölgede bulunan GPS istasyonlarından elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmeler genellikle gün içindeki TEC değişimlerinin saatlik olarak elde edilmesinin ardından bazı istatistiksel yöntemler kullanılarak bu değerlerdeki ani değişimler deprem öncülü olarak gösterilmiştir. Ayrıca TEC değişimlerini etkileyen deprem haricindeki etkiler (güneş patlamaları, manyetik aktiviteler vs.) incelenip serilerden elimine edildikten sonra daha güvenilir TEC

değişimlerinin elde edileceği görülmüştür. Magnitudü 6'dan büyük depremler için yapılan araştırmalarda genelde depremin 1-5 gün öncesindeki TEC anomalilerinin ani değişim gösterdiği zaman serilerinde görülmüştür. Bu bağlamda, özellikle magnitudü 6'dan büyük depremler için iyonosferdeki TEC değişimlerinin deprem öncülü olabileceği söylenebilir. Deprem öncülleri, teknolojik gelişmelere ve farklı disiplinlerle ortaklaşa yapılacak çalışmalara bağlı olarak daha güvenilir ve gerçekçi olarak elde edilebilecektir.

Kaynaklar

- Atabey, E., (2000), "*Deprem*", Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Serisi No. 34, Ankara, 2000.
- Barnes R A and Leonard R S (1965), Observations of ionospheric disturbances following the Alaska earthquake. *J GeophysRes*70: 1 250–1 253.
- Bibl, K., (1998), Evolution of the Ionosonde, *AnnaliDi Geofisica*, Vol. 41, N. 5-6, November-December 1998.
- Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P. & Meindl, M. (2007). *Manual of Bernese GPS Software Version 5.0*, Astronomical Institute, University of Bern.
- Datchenko E A, Ulomov V I and Chernyshova C P (1972). Electron density anomalies as the possible precursor of Tashkent earthquake. *DoklUzbekAcadSci*12: 30–32.
- Dautermann T, Calais E, Haase J and Garrison J (2007). Investigation of ionospheric electron content variations before earthquakes in southern California, 2003–2004. *J GeophysRes*12: 1 230–1 231.
- Du P R, Jiang H R and Guo Q S (1998). Research on possibility of ionospheric anomalies as an earthquake precursor. *Earthquake*18(2): 119–126 (in Chinese with English abstract).
- Jin, R., S.G. Jin and G.P. Feng (2012), M_DCB: Matlabcode forestimating GNSS satellite and receiver differential code biases, *GPS Solut.*, 16(4), 541-548, doi: 10.1007/s10291-012-0279-3.
- Klobuchar, J.A. and Aarons, J., (1973), "*Introduction - Importance of the Total Electron Content Parameter*", Total Electron Content Studies Of The Ionosphere, Air Force Cambridge Research Laboratories L. G. Hanscom Field, Massachusetts, Received for publication 7 February 1973.
- Komjathy, A. (1997). Global Ionospheric Total Electron Content Mapping Using the Global Positioning System, Ph.D. dissertation, *Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report* NO. 188, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada, 248pp.
- Liu J Y, Chen Y I, Pulinets S A and Chuo Y J (2000a). Seismo-ionospheric signatures prior to $M > 6.0$ Taiwan earthquakes. *GeophysResLett*27(19): 3 113–3 116.
- Liu J Y, Chuo Y J and Chen Y I (2001b). Ionospheric GPS TEC perturbations prior to the 20 September 1999, Chi-Chi earthquake. *Geophys ResLett*28: 1 383–1 386.
- Liu J Y, Chuo Y J, Shan S J, Tsai Y B, Chen Y I, Pulinets S A and Yu S B (2004). Pre-earthquake ionospheric anomalies registered by continuous GPS TEC measurements. *AnnalesGeophysicae*22: 1 585–1 593.
- Liu J Y, Chen Y I, Chuo Y J and Chen C S (2006). A statistical investigation of pre-earthquake ionospheric anomaly. *J Geophys Res*111: A05304, doi:10.1029/2005JA011333.
- Norsuzila Ya'acob, Mardina Abdullah and Mahamod Ismail (2010). GPS Total Electron Content (TEC) Prediction at

Ionosphere Layer over the Equatorial Region, *Trends in Telecommunications Technologies*, Christos J Bouras (Ed.), ISBN:978-953-307-072-8, InTech.DOI:10.5772/8474. Available from: <http://www.intechopen.com/books/trends-in-telecommunications-technologies/gps-total-electron-content-tec-prediction-at-ionosphere-layer-over-the-equatorial-region>

Pulinets S A (1998). Strong earthquakes prediction possibility with the help of top side sounding from satellites. *Advances in Space Research*21(3): 455–458.

Pulinets S. A. And Boyarchuk K. A. (2004), *"Ionospheric Precursors of Earthquakes"*, Springer, New York, NY, USA, 2004.

Pulinets S., Kotsarenko, A.N., Ciralo, L., Pulinets, I.A. (2007) Special case of ionospheric day today variability associated with earthquake preparation, *Adv. Space Res.*, 39, 970-977, 2007.

Schaer, S. (1999): 'Mapping and Predicting the Earth's Ionosphere Using the Global Positioning System', *Geodatisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Vol. 59, 1999.

Singh, V., Chauhan V., Singh O.P., and Singh B. (2010), Ionospheric effect of earthquakes as determined from ground based TEC measurement and satellite data, *Indian J. of Radio & Space Phys.*, 39, 63-70, 2010.

Stein, S., Klosko, E., (2002), Earthquake Mechanisms And Plate Tectonics, *International Handbook of Earthquake And Engineering Seismology*, Volume 81A: 69-78, ISBN: 0-12-440652-1.

Wild, U. (1994): 'Ionosphere and Geodetic Satellite Systems: Permanent GPS Tracking Data for Modeling and Monitoring', *Geodatisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Vol. 48.

Wyss M., (1997), Second Round of Evaluations of Proposed Earthquake Precursors, *Pure and Applied Geophysics*, 149, 1997, 3-16.

Yao, Y. B., Chen, P., Wu, H., Zhang, S., and Peng, W. F. (2012), Analysis of ionospheric anomalies before the 2011 Mw 9.0 Japan earthquake, *Chinese Sci. Bull.*, 57, 500–510, 2012a.

URL-1: T.C. Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Deprem/Depremnedir.aspx> (Erişim Tarihi: 16 Ağustos 2013)

URL-2: Global Ionosphere Map Processing Description Web Site http://aiuws.unibe.ch/spec/ion.php#processing_description (Erişim Tarihi: 18 Eylül 2013)

URL-3: Yerkürenin katmanları görseli (Şekil 1) <http://www.korhaber.com/yazar/DUNYAMIZI-NE-KADAR-TANIYOR-VE-NE-KADAR-KORUYORUZ/183> (Erişim Tarihi: 16 Ağustos 2013)

Taşkın Modelleme ve Risk Analizinde LiDAR Verisiyle Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi

Hakan ÇELİK^{1,*}, Nuray BAŞ², H.Gonca COŞKUN¹

¹İTÜ, İnşaat Fakültesi, Geomatik Bölümü 34469 Maslak İstanbul

² Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 1.İletim, Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü, Davutpaşa İstanbul

Geliş tarihi/Received 12.12.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 17.01.2014

Kabul tarihi/Accepted 23.01.2014

Özet

Taşkınlar, dünyada pek çok ülkenin her yıl karşı karşıya kaldığı, en ciddi, yaygın ve maliyetli afetlerden birisidir. Günümüzde küresel ısınma arttıkça, taşkınlar da insanlığa yönelik küresel bir tehdit halini almaktadır. Türkiye Avrupa'da en büyük üçüncü hidroelektrik potansiyele sahip bir ülke olarak, doğal olarak taşkın kaynaklı tehditlere karşı oldukça hassastır. LiDAR (Light Detection and Ranging) teknolojisi, taşkın modelleme ve risk analizi için kısmen yeni bir teknolojidir ama son on yıldır İngiltere, A.B.D. ve Kanada gibi ülkelerde yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. LiDAR daha önce kullanılan teknikler (klasik yer ölçmesi, fotogrametri, v.b.) ile karşılaştırıldığında, büyük avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır. LiDAR teknolojisi, çok geniş alanlar için yüksek çözünürlüklü yükseklik verisi (30 cm.'den daha iyi) 'ni geleneksel metodlardan daha hızlı ve daha düşük maliyet ile elde edebilmektedir. Bir LiDAR sistemi, saniyede on binlerce defa gönderilen lazer darbelerini kullanır. Bu, taşkın risk analizinde kullanılan topografik ve hidrolojik modellemeler için en önemli veri olan yüksek nokta sıklığını ve dolayısıyla da model oluşturmada yüksek doğruluk elde edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı, örnek bir havza üzerinde, LiDAR verisi ve eş zamanlı olarak elde edilen hava fotoğraflarından elde edilen ortofotolar da kullanılarak LiDAR veri işleme sürecini kapsamlı olarak uygulamak, LiDAR teknolojisinin, özellikle yüksek doğruluklu Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturmadaki avantajlarına ve devamında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları ile yürütülecek hidrolojik modelleme ve taşkın risk analizi çalışmaları için uygunluğuna dikkat çekmektir. Çalışmada, Artvin İli Borçka ilçesine ait 370.000.000 lazer noktasından oluşan bir hava LiDAR verisi ve eş zamanlı olarak çekilen hava fotoğrafları kullanılmıştır. Ham LiDAR verisini işlemek ve SYM oluşturmak için Terrasolid LiDAR yazılımları ve Bentley Microstation V8i CAD yazılımları kullanılmıştır. Hidrolojik modelin oluşturulması için ArcGIS 10.1 yazılımı kullanılmıştır. Bu çalışma, LiDAR ve multispektral uydu görüntüleri müşterek olarak kullanılarak, her iki teknolojinin avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırmak suretiyle birden çok havzada taşkın risk analizini içeren daha kapsamlı bir doktora tezi için temel oluşturacaktır.

Anahtar Kelimeler: LiDAR, CBS, SYM, Taşkın Risk Analizi.

* Hakan ÇELİK, hakancelik@itu.edu.tr, Tel: 0 533 230 9092

DEM Production with LiDAR Data in Flood Modelling and Risk Analysis

Abstract

Floods are one of the most serious, widespread and costly disasters in the world that too many countries come across every year. As the threat of Global Warming increases nowadays, floods are gradually becoming global threat to the human being. Turkey, having third largest hydroelectric potential in Europe, is greatly exposed to flood origin threats. LiDAR (Light detection and ranging) technology is relatively a new technology for flood modelling and risk analysis, but it is being widely used in some countries, Canada, USA, UK, etc. successfully for a decade. When LiDAR technology is compared with the technics (classical land survey, photogrammetry, etc) previously used, it comes to the forefront with its great advantages. LiDAR technology collects high-accuracy elevation data (better than 30 cm.) for very large areas very quickly and at lower cost than traditional methods. A LiDAR system uses laser beams which pulse tens of thousands of times a second. This results in very high point density and so, high accuracy in model building which is the most important data for hydrologic and flood modelling. The aim of this study is to implement LiDAR image processing procedures in a little basin comprehensively with the help of the ortho-photos acquired from the digital aerial photos taken concurrently and draw attention to the advantages of LiDAR technology especially on acquiring high accuracy DEM and its availability for Hydrologic Modelling and flood risk analysis procedures to be conducted with Geographic Information System (GIS), afterwards. In this study, an airborne LiDAR data of Borçka district of Artvin city (consisted of 370.000.000 laser points) and the aerial photos taken concurrently were used. Terrasolid LiDAR softwares and Bentley's Microstation V8i CAD softwares were used for processing the raw data and creating Digital Elevation Model (DEM). ArcGIS 10.1 was used for Hydrologic Modelling. This study will be basis of a more comprehensive doctoral thesis, which will include flood risk analysis in several basins together with LIDAR data and multispectral satellite images, comparing the advantages and disadvantages of both technologies.

Key Words: LiDAR, GIS, DEM, Flood Risk Modelling

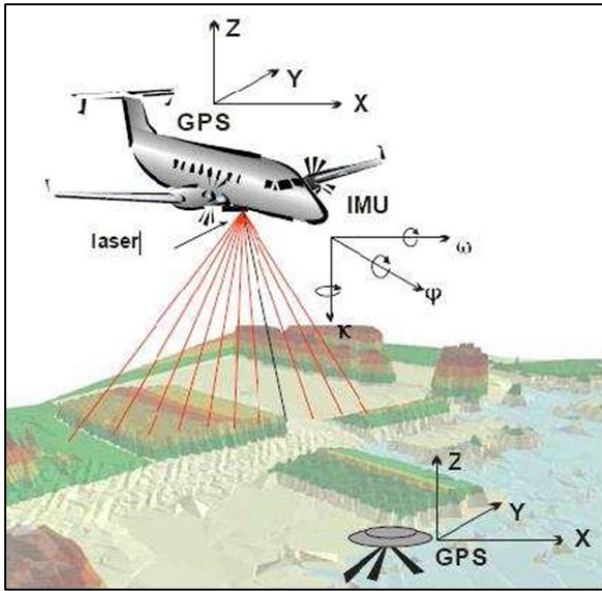
1. Giriş

Taşkınlar, dünyada pek çok ülkenin her yıl karşı karşıya kaldığı, en ciddi, yaygın ve maliyetli afetlerden birisidir. Günümüzde küresel ısınma arttıkça, taşkınlar da insanlığa yönelik küresel bir tehdit halini almaktadır. Türkiye Avrupa'da en büyük üçüncü hidroelektrik potansiyele sahip bir ülke olarak, doğal olarak taşkın kaynaklı tehditlere karşı oldukça hassastır. Buna ek olarak yanlış arazi kullanımı sonucu su havzalarının giderek artan oranda yapılaşmaya açılması olası taşkın afetlerinin etkisini daha da artırmaktadır. Bu afete karşı, önceden, gereken önlemlerin alınmasının önemi büyüktür. Bu amaçla riskli bölgeye ait uydu görüntülerinden ya da yeni bir teknoloji olarak LiDAR (Light Detection and Ranging)'dan elde edilen SYM vasıtasıyla topografik yapının yüksek doğrulukla ortaya konması ve taşkın riskine

karşı gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır.

LiDAR teknolojisi, taşkın modelleme ve risk analizi için kısmen yeni bir teknoloji olmasına rağmen LiDAR ile elde edilen yüksek çözünürlüklü, yüksek doğruluklu topografik bilgi setleri, artık bir çok ülkede taşkınların önceden tahmin edilmesinde giderek artan oranda kullanılır hale gelmiştir. Özellikle son on yıldır başta İngiltere ve ABD'de olmak üzere LiDAR ve stereo hava fotogrametri tekniklerini kullanan ulusal bilgi toplama programları geliştirilmiş ve şimdilerde yüksek kaliteli büyük hacimli veriler üretilmektedir. Türkiye'de ise yersel LiDAR ile yapılan bir kaç proje dışında bu konuda henüz önemli bir çalışma yapılmamıştır.

LiDAR teknolojisinin yersel ve havadan olmak üzere iki çeşit kullanımı mevcuttur. Yersel LiDAR kentsel bilgi sistemleri için bina, anıt, gibi mimari eserlerin yanı sıra yol, köprü v.b. mühendislik yapılarının 3 boyutlu olarak belgelendirilmeleri, tapu ve kadastro çalışmalarında kullanılır. Uçak ya da helikoptere yerleştirilmiş LiDAR tarayıcı sistemleri (Airbornelaser scanning systems) ile elde edilen veriler ise şehir adres bilgi sistemleri, arazi kullanımı, ormanlık alanlar, hidrolojik çalışmalar ve enerji nakil hatları gibi, ölçmelerin güçlükle yapılacağı bölgeler için yeni imkanlar sunmaktadır. Tipik bir hava LiDAR sistemi Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu çalışmada hava LiDAR verisi kullanılmıştır.



Şekil 1. LiDAR sistemi bileşenleri.

LiDAR sistemleri de radar gibi aktif uzaktan algılama sistemleridir. RADAR'dan farklı olarak mikro dalga yerine, lazer sinyallerini kısa elektromanyetik dalgalar halinde göndererek veri elde etmektedir. Yeryüzüne saniyede binlerce sinyal göndermekte ve GPS/INS teknolojisi ile entegreli çalışarak üç boyutlu (3B) veriyi doğrudan elde etmektedir. LiDAR, yüksek yoğunluklu ve geometrik özellikli sayısal yükseklik verisini, yersel ölçmeler ile yaklaşık aynı doğrulukta, bununla birlikte sayısal hava fotogrametrisinden daha hızlı şekilde oluşturmaya yatkın bir teknolojidir. Ayrıca, daha fazla otomasyon, hava ve ışıktan bağımsızlık, yer noktalarında daha az kontrol

imkanı ve verinin dijital ortamda elde edilmesi sağlanmaktadır.

LiDAR, yersel ölçme yöntemleri ve sayısal hava fotogrametrisi ile karşılaştırıldığında daha az arazi çalışması ve değerlendirme maliyeti gerektirir. Bu durum, düşük maliyetli, nokta yoğunluğu yüksek ve istenilen doğrulukla referanslandırılmış sayısal yükseklik verisine ihtiyaç duyan kullanıcılar için, LiDAR'ı çekici bir teknoloji yapmıştır. Burada, referanslandırma terimi sayısal bir görüntünün geometrik düzeltmesinin yapılması ve bir projeksiyon sistemine oturtulması anlamında kullanılmaktadır. (Ekercin ve Üstün,2004)

Bu özelliklere bağlı olarak, geleneksel teknolojinin bazılarının yerine geçerken bazılarının tamamlayıcısı durumundadır. Birçok ölçme uygulamalarında uçaktan lazerle tarama teknolojisi, diğer bilinen algılayıcıları içeren dijital kameralar, çok spektrumlu (hiperspektral) tarayıcılar ve termal kameralarla birlikte kullanılmaktadır.

Spektral özellikler açısından lazerler, görünür ve yakın kızılötesinden, 50-30000 nm gibi çok daha geniş spektrumlarda var olmaktadır. Ancak LiDAR'da kullanılanlar yakın kızılötesi bölgeye kadar sınırlıdır. Helikopter veya uçağa monte edilerek kullanılan Lidar sistemleri; gölgede, gece gündüz veya bulutlar arasında veri toplayabilmek için kızılötesine en yakın elektromanyetik ışık spektrumu kullanır (Wehr and Lohr, 1999).

LiDAR verilerinde, yükseklik bilgilerinin mutlak doğruluğu 15 cm, bağıl doğruluğu 5 cm'den daha az olabilir. XY verilerinin mutlak doğruluğu uçuş yüksekliğine bağlı olmakla birlikte genellikle 10 cm ile 1 m arasındadır. Yükseklik bilgileri, saniyede 1000 nokta alacak şekilde oluşturulur ve sonuçtaki nokta yoğunluğu, yersel ve fotogrametrik ölçme yöntemleriyle elde edilenden çok daha fazladır (Ekercin ve Üstün,2004).

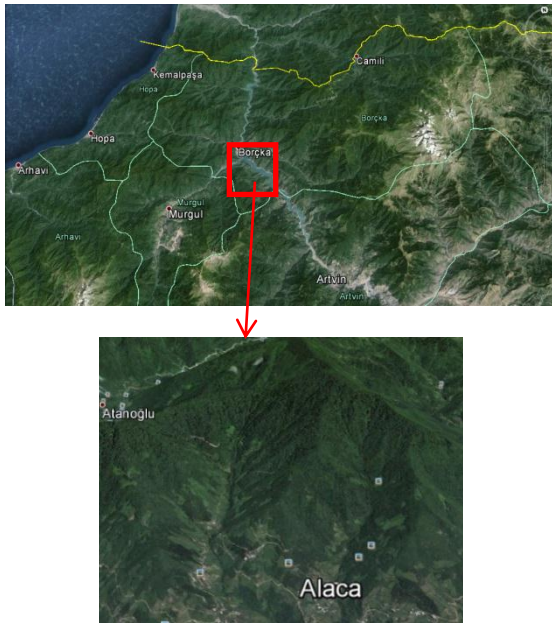
Bu çalışmanın amacı, seçilen pilot bir bölgede örnek bir havza üzerinde, LiDAR verisi ve eş zamanlı olarak elde edilen sayısal görüntüler ile elde edilen ortofotolar da kullanılarak LiDAR veri işleme sürecini kapsamlı olarak uygulamak,

LiDAR teknolojisinin, özellikle yüksek doğruluklu SYM oluşturmadaki avantajlarına ve devamında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları ile yürütülecek hidrolojik modelleme ve taşkın risk analizi çalışmaları için uygunluğuna dikkat çekmektedir.

CBS, yersel ve nitelik verilerinin birlikte konuma bağlı belirli coğrafi referans yüzeyine göre saklanmasında, güncelleştirilmesinde, katmanlar halinde birlikte analiz edilmesinde ve su kaynakları geliştirilmesinde geniş çalışma alanı yaratmıştır. Ayrıca; uzaktan algılama (UA) ve CBS'nin bütünleşik ve verimli kullanımı, su kaynaklarındaki birçok problemin çözümünde, hidroelektirik potansiyelin hesaplanması gibi önemli ve stratejik konularda mühendislere büyük ölçüde fayda sağlamıştır (Kumar ve Singhal, 1999; Dudhani ve diğ., 2006).

2. Çalışma Alanı ve Veriler

Seçilen pilot bölge Artvin İli, Borçka ilçesi'nin 6 km doğusundaki Alaca köyü kuzey batı uzanımındaki havzayı kapsamaktadır. Çalışma alanı (Şekil2), mevcut haritalardan elde edilen bilgilere göre orman statüsündeki alanlar, tarım alanları ve meralardan oluşmakta, havzanın güney çıkışında seyrek yerleşim alanları bulunmaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanı.

Çalışma alanı, coğrafi olarak UTM Projeksiyon Sistemi, WGS-84 Datumu'na göre Dilim Orta Meridyeni 39° olan 37. Dilim'de, 41° D. Boylamı ve 41° K.Enlemi içinde yer almaktadır.

Çalışmada kullanılan ham LiDAR verileri, 23.06.2012 tarihinde Avusturya kökenli RIEGL firmasına ait helikoptere monteli LMS Q-560 lazertarayıcısı ile Artvin-Borçka-Gürcüstangüzeri bölgesinde farklı yüksekliklerde elde edilmiştir. Uçuş yüksekliği ortalama 1000 m., tarama açısı ise 60° dir. Tarayıcı saniyede 50.000 ila 240.000 adet pulse gönderme kapasitesine sahiptir. Bu da km²'de 2.000.000 ila 4.000.000 nokta elde edilmesiyle sonuçlanmıştır. LMS Q-560 lazer tarayıcısının bazı özellikleri Tablo.1'de gösterilmiştir.

Tablo.1. LMS Q-560 lazer tarayıcısı özellikleri.

Ağırlık, uzunluk, genişlik, derinlik	16 kg, 42 x 21,2 x 22,8 cm.	Lazer darbe frekansı (Min.-maks.)	50-240 kHz
Lazer Dalga boyu	1550 nm	Maks. tarama açısı	60°
Lazer darbesi boyu	4 ns	Konumsal doğruluk	GNSS/INS'nin doğruluğuna bağlıdır
Işın demeti sapması	0,3 mrad	Yükseklik doğruluğu (1 km.de)	< 15 cm
Lazer sınıfı	Sınıf 1	Planimetrik doğruluk (1 km.de)	< 10 cm
Tarama metodu	Çok yönlü döner ayna	Uçuş yüksekliği (min./ tipik / maks.)	30 m. / 800 m. / 1500 m.
Tarama frekansı	10-160 Hz	Maks. veri elde etme süresi	8 saat

Söz konusu uçuşlar sonucu 370.000.000 x,y,z referanslı lazer noktasından oluşan ham lazer veri paketi elde edilmiştir. Bu veri paketinden, çalışmada kullanılacak olan havzaya ait

22.182.000 lazer noktasından oluşan kısım kesilerek kullanıma hazırlanmıştır. Ayrıca aynı uçuşta eş zamanlı olarak elde edilen sayısal görüntülerden üretilen ortofotolar referans veri olarak kullanılmıştır.

3. Uygulama

3.1. Metod

Hidrolojik çalışmalarda ihtiyaç duyulan; eğim, kısmi alan ve bakı gibi büyüklükleri ana ve alt havzaların SYM'den otomatik olarak belirleyebilmek için en az 1:10.000 ölçekli SYM'ye ihtiyaç vardır. Böylece her bir alt havzanın su toplama alanı hassas şekilde belirlenebilmektedir. Bu veriler CBS ortamında hidrometeorolojik veriler ile analiz edilerek her bir alt havzanın aylık su toplama miktarı belirlenebilmektedir (Coşkun ve diğ., 2000). Ayrıca, akışı etkileyen mevcut arazi kullanım durumunun (orman, tarım, çayır-mera, yerleşim, sulak alanlar vs.) en güncel şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu da en hassas olarak hiperspektral uydu görüntüleriyle yapılabilmektedir. Diğer yandan, LiDAR verisi ile eş zamanlı olarak elde edilen sayısal görüntüler LiDAR verisinin işlenmesinde referans veri olarak önem taşımaktadır. Bu nedenlerle, LiDAR ile elde edilecek olan SYM'nin ortofotolar ve uydu görüntüleriyle desteklenmesi gerekmektedir.

Ham lazer verisi, helikoptere monte edilmiş LMS Q-560 lazer tarayıcısı ile elde edilen lazer ışınım değerleri ve aynı platformda bulunan GPS/INS düzeneğinden elde edilen koordinat verileri uçuş planlama bilgisayarında yüklü bulunan RiAnalyse, RiPROCESS ve RiWorld yazılımları yardımıyla işlenerek nokta bulutu verisine çevirilmiştir.

Bölgeye ait nokta bulutu verisi, Türkiye temsilciliği BGS Bilgi Sistemleri Ltd.Ş. tarafından yapılan Finlandiya kökenli Terrasolid lazer veri işleme yazılımları (TerraMatch, TerraScan, TerraPhoto ve TerraModel) kullanılarak, sayısal görüntü işleme tekniklerine uygun olarak işlenmiş, havzaya ait yüzey modeli ve devamında sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Bunun için sırasıyla; uçuş şerit

(trajectory) bilgisinden faydalanılarak farklı uçuş şeritlerinin yüzey yüzeye eşleştirilmesi amacıyla veri kalibrasyonu, sınıfların belirlenmesi, sayısal görüntülerden elde edilen ortofotolar referans olarak kullanılarak kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma, triyngulasyon işlemleri yapılmış ve nihayetinde yüzey modeli ve SYM oluşturulmuş ve çalışmanın devamında yapılacak olan, hiperspektral uydu görüntülerinden elde edilen SYM'ler ile karşılaştırılmak ve hidrolojik çalışmalarda kullanılmak üzere ArcGIS10.1 yazılımına aktarılmıştır.

3.2. Proje Oluşturma ve Veri Kalibrasyonu

Borçka verisi üzerinde, seçilen 22.182.274 adet lazer noktasından oluşan nokta bulutu verisi TerraScan'da açılıp bir proje oluşturulmuştur. Bölge 9 km²'lik bir alansal büyüklüğe sahip olup, nokta yoğunluğu 2-4 nokta / m² olarak ölçülmüştür.

Mevcut veride bütün noktalar, henüz sınıflandırma yapılmadığından TerraScan yazılımı tarafından default (varsayılan) sınıfı olarak nitelendirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. İşlenmemiş Lidar nokta bulutu verisi.

Veri kalibrasyonu, birbiriyle çakışan uçuş şeritleri tarafından üretilen lazer verilerinin karşılaştırılması üzerine kuruludur. Farklı uçuş şeritlerinden elde edilen verilerin birbirleriyle uyumlu hale getirilmesi, bir başka deyişle homojen bir veri seti oluşturulması için uygulanması gereken işlemlerdir. Bu görevi

mümkün kılmak için, projenin her bir uçuşu diğer uçuş şeritleriyle boyuna örtecek uçuş şeritleri içermelidir.

Bu adımda, TerraScan ve TerraMatch yazılımları yardımı ile nokta bulutu verisi, hazırlanan makrolar vasıtasıyla önce uçuş şeritlerine göre sınıflandırılmış, şeritler arasında bindirme bölgeleri oluşturularak, helikopterin uçuş şeritlerindeki irtifa kayıklıkları (z shift), uçuş esnasındaki platformun yükselip alçalması (fluctuation)'ndan kaynaklanan hatalar için düzeltmeler bulunmuş ve tüm veriye uygulanmıştır. En son olarak da, çakışan noktalar (overlapping points) ayrı bir sınıfa atılarak temizlenmiştir.

3.3. Sınıfların Belirlenmesi

Sınıflandırmaya başlayabilmek için veri kalibrasyonu adımı uçuş şeritlerine göre sınıflandırılan nokta bulutu verisi, hazırlanan bir makro ile tekrar default sınıfına atanmıştır. Noktalar öncelikle kontrolsüz sınıflandırmaya tabi tutulmak üzere yazılım algoritmasında da yer alan aşağıdaki 7 ana nokta sınıfı (Tablo.2)'na atanmak üzere makrolar hazırlanmıştır. Parametreler, bölgeye ait ortofotolar incelenerek belirlenmiştir.

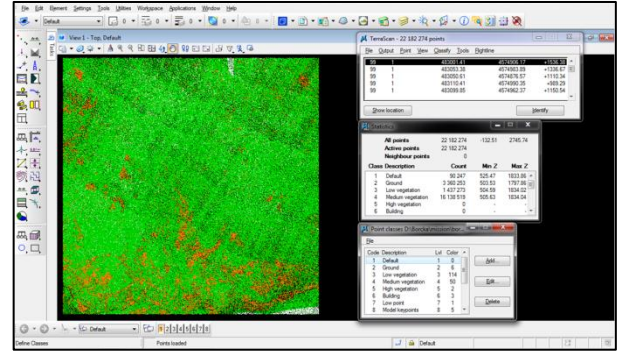
Tablo 2. Sınıflar ve parametreleri.

S.N.	Sınıflar	Açıklama	Parametreler
1	Default	Varsayılan	Hiçbir sınıfa atanmamış noktalar
2	Low points	Bozuk noktalar	10 m.çaplı bir alanda zeminden 1 m. den fazla alçak olan noktalar
3	Ground	Zemin Noktaları	Yer zeminine ait noktalar
4	Below surface	Zemin altı noktaları	Zemin ile bozuk noktalar arasında kalan noktalar
5	Low vegetation	Alçak bitki örtüsü	Zeminden 25 cm yüksekliğe kadar
6	Medium vegetation	Orta bitki örtüsü	25cm ile 2.5 m. arası
7	High vegetation	Yüksek bitki örtüsü	2.5 m. den yüksek

3.4. Kontrolsüz ve Kontrollü Sınıflandırma

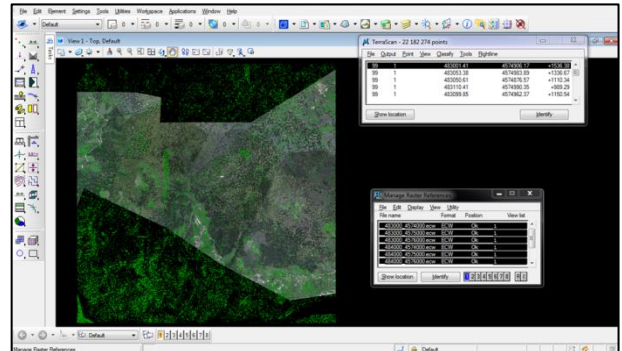
Kontrolsüz Sınıflandırma, oluşturulan proje üzerinde 7 makro ayrı ayrı çalıştırılarak yapılmıştır. Sınıflandırılan lazer verisi her bir

sınıf farklı renk kodlarına atanarak Şekil.4'deki nokta bulutu verisi elde edilmiştir.



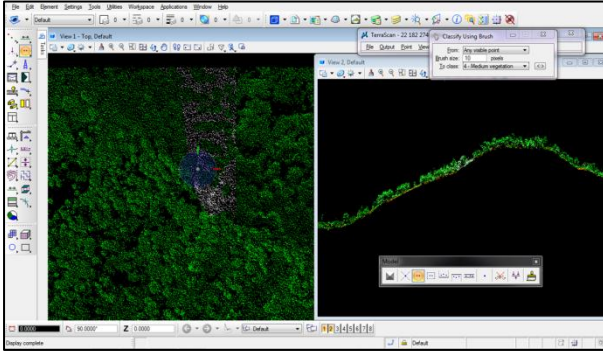
Şekil4.Kontrolsüz sınıflandırılmış LiDAR nokta bulutu verisi.

Belirlenen parametrelere göre kontrolsüz olarak sınıflandırılmış veri üzerine, sayısal görüntülerden elde edilen ortofotolar, TerraPhoto yazılımı kullanılarak lazer verisi ile çakıştırılmış ve belirlenen parametrelere göre yazılım tarafından otomatik olarak yapılan sınıflandırma sonuçları nesnelerin arazideki gerçek şekilleriyle karşılaştırılmıştır. (Şekil.5).



Şekil 5. Lidar verisi ile ortofotoların çakıştırılması.

Kontrollerin sonucunda, uygun olmadığı değerlendirilen sınıflandırmalar, kontrollü sınıflandırma (Şekil.6) yapılarak düzeltilmiştir. Her bir sınıflandırma ikinci bir görüntü üzerinde kesitler görüntülenerek ve ortofotolar ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Bu adımda, elde edilecek modelin doğruluk değerinin yüksek olması için sınıflandırmanın mümkün olduğunca doğru yapılması büyük önem taşımaktadır.

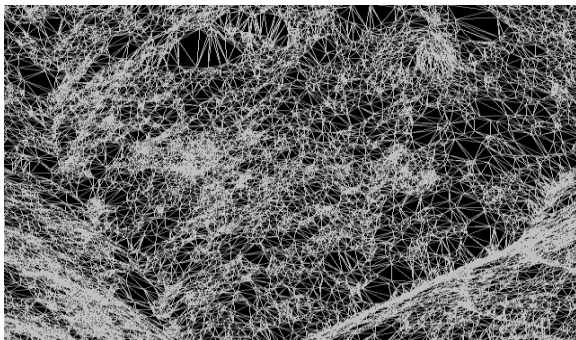


Şekil 6. Kontrollü sınıflandırma.

3.5. Model oluşturma

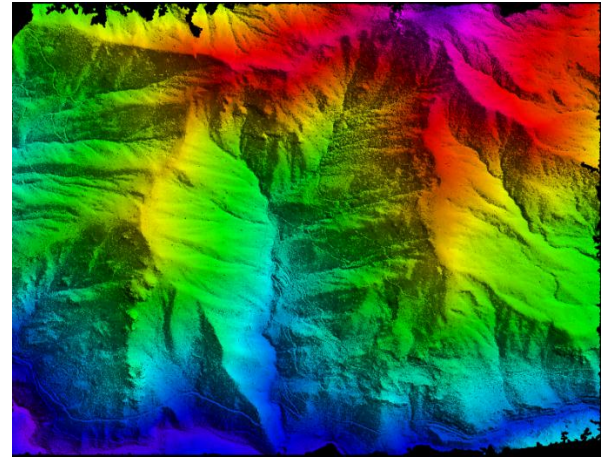
Topografik bir yüzey, genellikle uygulamada sayısal bir model olarak üç şekilde gösterilir. Bunlar; sayısal yükseklik modeli (SYM), sayısal yüzey modeli, ve sayısal arazi modelidir (SAM). SYM'ler özellikle topoğrafik bir yüzeyin sayısal gösterimi için kullanılmaktadır. SYM'ler genellikle yaygın olarak raster formatında ya da düzenli yükseklik noktalarından oluşan grid formatında ya da bir triyngulasyon (üçgenleme) tarafından bağlanmış rastgele yükseklik noktalarının kümesidir, başka bir deyişle, üçgenlenmiş düzensiz ağ (TIN-Triangulated Irregular Network) ile temsil edilir. SYM'ler ayrıca sayısal bir görüntü gibi depolanır ve görüntüdeki pikseller yükseklik verilerini içerir. Yani, hücrelerin sayısal değerleri yükseklikleri gösterir (Demirkese, 2003).

Havza verisi üzerinde bağlama noktaları oluşturulmuş ve üçgenleme (triyngulasyon) yapılarak TIN (Şekil 7) ve devamında üç boyutlu sayısal yüzey modeli (Şekil 8) oluşturulmuştur.



Şekil 7. Üçgenlenmiş düzensiz ağ (TIN)

LiDAR ile hidrolojik model oluşturmada en önemli aşama üç boyutlu yüzey modelidir (Şekil 9). Bunun için LiDAR'ın çoklu yansımaya özelliği kullanılmaktadır. Tek bir lazer darbesi yüksekten alçağa doğru, yeryüzeyine kadar çarptığı noktalardan 4-5 ayrı yansımaya değeri verebilmektedir. İyi bir sınıflandırma yapılarak, bu yansımaya değerleri yüzey üzerinde temsil ettikleri nesnelere göre gruplandırılabilen ve yüzey yansımaları dışındaki sınıflandırılmış yansımalar çıkarıldığında çıplak yüzey modeli kolayca elde edilebilmekte ve zemin bilgisine ulaşılabilir. Diğer SYM elde etme yöntemlerinde yeryüzeyini üzerindeki bitki örtüsü, bina gibi doğal ve yapay nesnelere arındırıp ölçmek oldukça büyük emek ve uzun zaman gerektirmektedir.



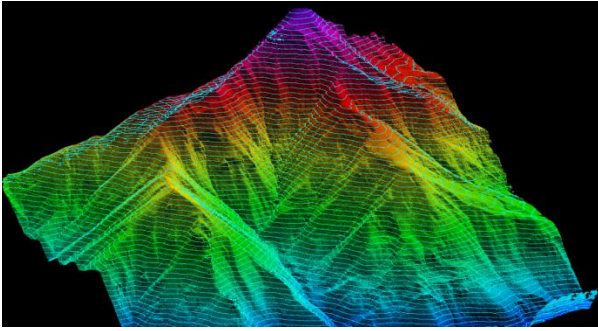
Şekil 8. Üç boyutlu sayısal yüzey modeli.

Elde edilen yüzey modeli üzerinde, Terra Modeler yazılımında var olan bir modül vasıtasıyla istenilen aralıkta eşyüksele eğrisi çizimi ve gösterimi yapılabilmektedir. Şekil 9'da örnek olarak, 20 m. Aralıklandırılmış eşyüksele eğrisi gösterimi yapılmıştır.

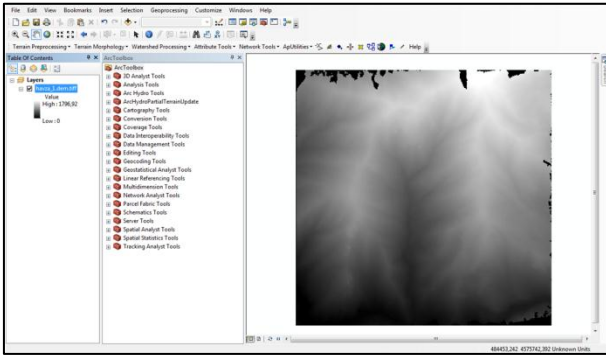
Elde edilen 3B sayısal yüzey modeli, 1,6 m. aralıklandırılmış DEM format ile çalışmanın devamında, uydu görüntülerinden elde edilecek SYM ile karşılaştırma yapılması ve taşkın risk analizine yönelik hidrolojik modelleme işlemleri için ArcMap 10.1 CBS ortamına aktarılmıştır (Şekil 10).

LiDAR verisiyle oluşturulan SYM'nin yatay ve dikey doğruluğu, uçuş yüksekliğine bağlı olarak değişmekle birlikte, bu çalışmadaki uçuş

yüksekliği, LMS-560 lazer tarayıcısının tipik uçuş yüksekliği (800 m.)'ne yakın olduğundan Tablo.1'de belirtildiği gibidir.



Şekil 9.20 m. Aralıklı eş yükselti eğrileriyle zenginleştirilmiş yüzey model görünümü.



Şekil 10. Havza verisi için 1 m. lik aralıklarla gridlendirilmiş DEM'in ArcMap'e ithali.

Çözünürlük, ilk olarak bir hava fotoğrafındaki detay seviyesi veya ayırt edilebilir en küçük nesne ile açıklanmıştır (Way, 1978). Bir grid DEM içinse, DEM'in bir gridinin bir kenarının arazideki uzunluğuyla ifade edilen boyutu demektir. McCullagh (1988) grid sayısının, kabaca ilgili alandaki arazi veri noktası sayısına eşit olması gerektiğini ortaya atmıştır. Bir DEM'in grid boyutu aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$S = \sqrt{\frac{A}{n}} \quad (1)$$

Burada, n arazideki noktaların sayısı, A ilgili bölgenin alanıdır (HU, 2003). Bu demektir ki;

DEM çözünürlüğü, original arazi noktalarının örnekleme yoğunluğuyla uyumlu olmalıdır.

Bu çalışmada, LiDAR verisiyle elde edilen SYM'nin oluşturulmasında kullanılan zemin (ground) nokta sayısı 3.360.000, alan 9 km²'dir. Bu veriler (1)'de yerine konduğunda grid boyutu, diğer bir deyişle SYM çözünürlüğü 1,6 m. Olarak bulunmuştur. Bu değer, hidrolojik çalışmalar için yeterli doğruluğu sağlamaktadır.

4. Sonuç

Su toplama havzalarının alanları ve arazi eğim durumu, hidrolojik çalışmaların en önemli parametreleridir. Bu parametrelerin sağlıklı olarak elde edilebilmesi için arazinin topoğrafik yapısının sayısal ortamda çok hassas bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Ülkemizin birçok bölgesinde, özellikle de Doğu Karadeniz bölgesinde yüksek eğimli havzalar mevcuttur ve oldukça çeşitli, sık ağaç ve bitki türünü bünyesinde barındırmaktadır. Bu denli yoğun ve karmaşık yüzey yapısına sahip geniş alanlarda 1:1.000 ya da 1:5.000 ölçekli verilerin klasik yöntemlerle yerinde ölçümlerle elde edilmesi, çok uzun zaman gerektirmekte ve maliyeti yüksek olmakta, ayrıca bu yöntemler ile böyle bir arazi yapısında zemin bilgisine ulaşmak çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, hidrolojik çalışmalarda kullanılacak arazi kullanımı bilgisi ile SYM'lerin elde edilmesinde hızlı ve yüksek çözünürlüklü LiDAR verilerinin kullanılması önem taşımaktadır.

Geomatik bilim dalı kapsamında SYM üretim teknikleri gözden geçirildiğinde, dört temel teknik öne çıkmaktadır:

- Sayısal fotogrametri.
- Radar İnterferometri (InSAR).
- LiDAR.
- Stereo uydu görüntüleri.

Yukarıda sıralanan teknikler irdelendiğinde, LiDAR'ın çok geniş alanlara ait veriyi çok kısa zamanda elde etme, her türlü arazi koşulunda zemin bilgisine ulaşabilme, düşük maliyet, yüksek nokta sıklığı ve çözünürlük, çoklu yansıma özelliği, veri otomasyonu, xyz verisini

direkt elde etme, gölgede, gece gündüz veya bulutlar arasında veri toplayabilme yeteneği gibi önemli avantajlarından dolayı en çok tercih edilmesi gereken teknik olduğu değerlendirilmektedir. Büyük ölçeklerde taşkın risklerine karşı çok hassas durumda olan Türkiye’de bu önemli afete karşı gerekli tedbirleri önceden alabilmek için devlet ve üniversiteler tarafından LiDAR teknolojisine yatırım yapılması, gerekli veri ve yetişmiş insan gücü alt yapısının kurulması önem taşımaktadır.

Kaynaklar

Coşkun, H.G., Oztopal,A., Sen, Z., 2000, Genetic algorithm model for the water pollution estimation in the Bosphorus by using satellite data, 19th EARSeL Conference, Dresden.

Demirkesen, A.C., 2003, Sayısal Yükseklik Modellerinin Analizi ve Sel Basman Alanlarının Belirlenmesi, TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı: CBS ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Konya.

Dudhani, S., Sinha, A. K., Inamdar , S. S., 2006. Assessment of small hydropower potential using remote sensing data for sustainable development in India , Energy Policy, sayı: 34, sayfa: 31953205.

Ekercin, S.,Üstün, B., 2004, Uzaktan Algılamada Yeni bir Teknoloji: Lidar, HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, İTÜ, İstanbul.

Hu, Y. 2003: Automated extraction of digital terrain models, roads and buildings using airborne LiDAR data, (PhD Thesis). Calgary, Alberta, Canada: Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary.

Kumar , A. ve Singhal, M. K., 1999. Hydropower assessment for small ungauged catchments in Himalayan region using GIS techniques, Workshop on GIS Applications in Power Sector, Map India.

McCullagh, M. J. 1988: Terrain and surface modelling systems: theory and practice. Photogrammetric Record 12(72), 747-779.

Way, D. S. 1978: Terrain Analysis. Stroudsburg, Pennsylvania: Cowden, Hutchinson & Ross, Inc.

Wehr A. and Lohr U., 1999, Airborne Laser Scanning, ISPRS Journal, Vol. 54, Issue 2/3 .

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, özet 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, "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" ve "Son Kontrol Listesi" imzalanmış olarak Dergi yazışma adresine gönderilmelidir. Dergi editörlüğü, 48 saat içinde makalenin teslim alındığını sorumlu yazara e-posta ile bildirir. 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. ve 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. ve 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), TÜBİTAK-TEMA VAKFI yayınları, ISBN 975-403-188-6, Ankara, 218s.

Tezler:

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

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

Carranza, L.E. ,1994, Le Corbusier and the problems of representation. Journal of Architectural Education. [http://www mitpress.mit.edu/jrnls-catalog/arch-ed-abstracts/File:jae48-2.html](http://www.mitpress.mit.edu/jrnls-catalog/arch-ed-abstracts/File:jae48-2.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.05Ağustos2011.



VURAL A., ERDOĞAN M.; Eski Gümüşhane Kırkpavli Alterasyon Sahasında Toprak Jeokimyası Çalışması, Gümüşhane, Türkiye.....	1-15
AKYÜREK S., SİPAHİ F.; Kibletepe (Trabzon, KD Türkiye) Volkanojenik Masif Zn-Cu Cevherleşmesinin Mineralojisi ve Hidrotermal Alterasyonu.....	16-35
ÇAVDAR Ö., SUNCA F.; 1 Mayıs 2003 Bingöl Depreminde Yıkılmış Betonarme 3 Katlı Bir Okul Binasının Statik ve Dinamik Analizi.....	36-45
ÇAKMAK G., KAYGUSUZ A.; Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri.....	46-63
GÖRÜ DOĞAN T., EBY G.; Türkiye'de Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Lisans Eğitimine İlişkin Bir Model.....	64-74
ÖZTÜRK S.; Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi İçin Deprem İstatistiği ve Olası Güçlü Depremlerin Orta Vadede Bölgesel Olarak Tahmini Üzerine Bir Çalışma.....	75-93
ÇORUHLU Y.E., DEMİR O.; Vakıf Taşınmazların Yönetim Sorunlarının Tespit Edilmesine Yönelik Bir Durum Tespiti Çalışması.....	94-106
ULUUKAVAK S., YALÇINKAYA M.; Toplam Elektron İçeriği (TEC) Değerleri ve Deprem İlişkisinin İncelenmesi.....	107-116
ÇELİK H., BAŞ N., COŞKUN H.G.; Taşkın Modelleme ve Risk Analizinde LİDAR Verisiyle Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi.....	117-125