

GÜMÜŞHANE-TORUL-İKİSU (KD, TÜRKİYE) JURA VOLKANİK KAYAÇLARININ DÜŞÜK SICAKLIK-DÜŞÜK BASINÇ METAMORFİZMASI: TERMODİNAMO VE DOKANAK METAMORFİZMALARININ VOLKANİK YAY BAZALTLARINA ETKİSİ

Tülay BAK (ORCID: 0000-0002-8845-3877)*
Cüneyt ŞEN (ORCID: 0000-0002-2873-073X)

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

Geliş / Received: 20.11.2018

Kabul / Accepted: 13.12.2018

ÖZ

Aktif yitim zonlarında, örneğin Pontidler'de olduğu gibi, oluşan volkanik kayalar kendinden sonra oluşan formasyonlar tarafından devamlı olarak örtülürler. Örtülen volkanitler litostatik basınç ve artan jeotermal gradyan altında az veya çok dokusal, mineralojik ve jeokimyasal değişimlere maruz kalırlar. Deniz altında oluşan Doğu Pontid Jura volkanitleri oluştuğları anda deniz suyu alterasyonuna uğramıştır. Eosen sonuna kadar yaklaşık 4000 m'nin üzerinde kalınlığa sahip formasyonlar tarafından örtülmüştür. Deniz suyu alterasyonunun izleri daha sonra uğradıkları metamorfizmaların etkisiyle kısmen veya tamamen yok edilmiştir. Klorit mineral kimyasından yapılan jeotermometre çalışmaları, gömülme sırasında sıcaklığın 250°C'nin üzerine çıktığını göstermektedir. Volkanitlerin üzerinde yer alan Berdiga Formasyonu'ndaki bazı dolomitlerin oluşum sıcaklıkları da bu verileri desteklemektedir. Volkanitlerin üzerine gelen tortulardan, litostatik basıncın 1.5 kilobara kadar arttığı tahmin edilmektedir.

Anahtar kelimeler: KD Türkiye, Doğu Pontidler, yitim volkanizması, Jura, düşük T-P metamorfizması

LOW TEMPERATURE LOW PRESSURE METAMORPHISM OF JURASSIC VOLCANIC ROCKS OF GÜMÜŞHANE-TORUL-İKİSU AREA, NE TURKEY: IMPLICATION OF THERMODYNAMIC AND CONTACT METAMORPHISM ON VOLCANIC ARC BASALTS

ABSTRACT

The volcanic rocks of active subduction zones such as those in the Pontides, are continuously covered by formations occur with the next events. Covered volcanics are subjected to more or less textural, mineralogical and geochemical changes under lithostatic pressure and increasing geothermal gradient. The Eastern Pontid Jurassic volcanic rocks formed on the sea-floor have undergone alteration of sea water. It was covered by formations with a thickness of over 4000 m until the end of Eocene. The evidences of the sea water alteration have been partially or totally destroyed by the influence of later burial and contact metamorphism. Geothermometer studies made from chlorite mineral chemistry indicate that the temperature rises up to 250°C during burial. Formation temperatures of some dolomites in the Berdiga Formation above the volcanites also support this data. It is estimated that the lithostatic pressures increased by 1.5 kilobars from the deposits on the volcanics.

Keywords: NE Turkey, Eastern Pontides, arc-volcanism, Jurassic, low T-P metamorphism

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 533 621 32 84; e-mail / e-posta: tulaybak@ktu.edu.tr

T. BAK, C. ŞEN

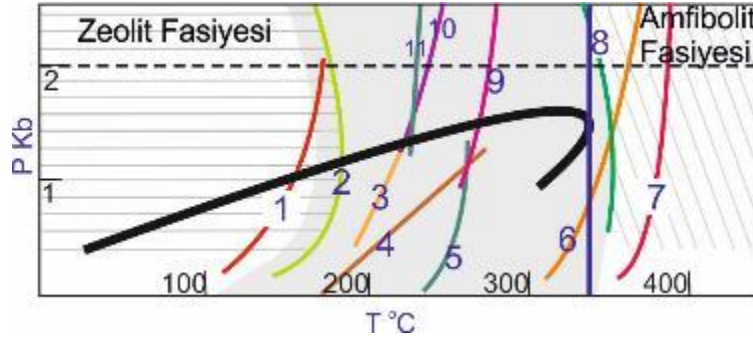
1. GİRİŞ

Aktif yitim zonlarında, örneğin Pontidler'de olduğu gibi, oluşan volkanik kayalar kendinden sonra oluşan formasyonlar tarafından devamlı olarak örtülürler. Artan örtü kalınlığı ve buna bağlı olarak artan jeotermal gradyan (dinamotermal metamorfizma), bu kayaların az veya çok dokusal, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinde değişimlere neden olur. Bu ortamlarda çalışan bir çok volkanolog/petrolog bu değişimleri çok da dikkate almamaktadır.

Doğu Pontidler, Paleozoik temel kayaları üzerine gelen Jura, Kretase ve Eosen dönemlerine ait magmatitler ile bunlarla ara katkılı kireçtaşı ve kırıntılı serilerden itibaren oluşmuştur [1, 2, 3, 4]. Jura sonrası bu serilerin kalınlığı yaklaşık 4000 m'nin üzerindedir [5]. Paleozoik sonrası kısa bir süre kara durumuna geçen Doğu Pontidler, Jura'dan itibaren Eosen sonuna kadar deniz altında kalmıştır.

Deniz suyu alterasyonu, deniz altına çıkan volkanitlerin camsı matriksini, plajiyoklas ve Fe-Ti oksit kristallerini kısmen bozuşmaya uğratarken klinopiroksenler deniz suyu alterasyonundan etkilenmezler [6]. Okyanus Tabanı Sondajları Projeleri'nden elde edilen veriler, bu aşamada bazaltik kayalarda oluşan yaygın ikincil fazların palagonit, kil mineralleri, karbonat ve düşük sıcaklık- düşük basınç zeolit mineralleri olduğunu göstermiştir (okyanus tabanı metamorfizması). Bazik volkanik kayalarda Zeolit Fasiyesi, analsim, höylandit, laumontit gibi zeolit minerallerinin varlığı ile tanımlanır [7]. Smektit-klorit, prehnit, pumpelleyit bu fasiyesin yüksek sıcaklık sınırlarında bulunabilir [8]. 180°C'nin üzerinde analsim+kuvars albiti oluştururken; höylanditler laumontit+kuvars parçalanır (Şekil 1, [9]). Sıcaklığın 200°C'nin üzerine çıkmasıyla birlikte zeolit fasiyesi mineralleri yavaş yavaş yerini klorit, ikincil kuvars, albit, pumpelleyit, prehnit, stilpnomelan ve sfenden oluşan bir mineral parajenezine bırakır (Prehnit-Pumpelleyit Fasiyesi, [7]). Düşük sıcaklık amfibollerinin varlığı (tremolit, aktinolit gibi) Amfibolit Fasiyesi'ne geçişi gösterir.

Bu çalışmada, Jura volkanitlerinin deniz altında katılaştıktan sonra geçirmiş olduğu deniz suyu alterasyonu ve buna eşlik eden hidrotermal alterasyonun etkisi daha sonra dinamotermal metamorfizma ve dokanak metamorfizması tarafından büyük ölçüde maskelenmiştir. Dolayısıyla söz konusu kayaların en son geçirmiş olduğu mineralojik/dokusal değişimler irdelenmiştir.



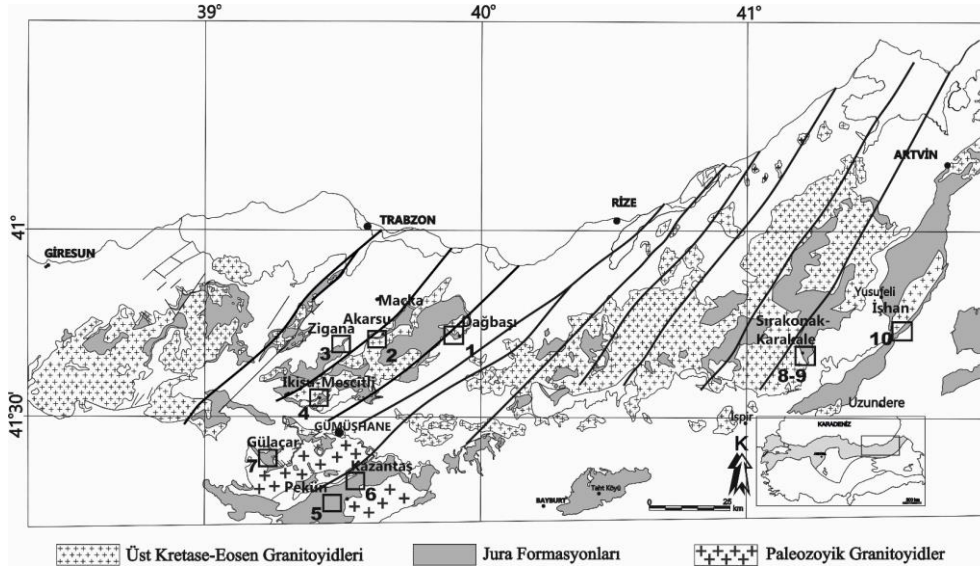
Şekil 1. Bazaltik kayalar için deneysel çalışmalar ve termodinamik veriler kullanılarak hazırlanmış T-P diyagramı [9] (gri alan, incelenen örneklerde görülen fazların gözlemlendiği alandır). Siyah kalın eğri, kayaların artan basınç ve sıcaklıkla izlemiş olduğu metamorfizma yolunu gösterir. Diyagramda rakamlarla gösterilen reaksiyon eğrileri; (1) Stilbit = Laumontit + H₂O, (2) Analsim + Kuvars = Albit + H₂O, (3) Laumontit + Prehnit = Klinozoisit + Kuvars + H₂O, (4) Laumontit + Kuvars = Yugaveralit, (5) Yugaveralit = Varyakit + Kuvars + H₂O, (6) Varyakit = Anortit + Kuvars + H₂O, (7) Prehnit = Klinozoisit + Grossüler + Kuvars + H₂O, (8) Prehnit + Klorit + Kuvars = Klinozoisit + Tremolit + H₂O, (9) Laumontit = Varyakit + H₂O, (10) Laumontit + Pumpelleyit = Klinozoisit + Klorit + Kuvars + H₂O, (11) Laumontit + Prehnit = Klinozoisit + Kuvars + H₂O

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada Doğu Pontid Jura volkanik kayalarının yoğun olarak gözlenmiş olduğu bölgelerden (Şekil 2) örnekler derlenmiştir. Alınan örneklerin dokusal ve mineralojik özelliklerinin belirlendiği ince kesit incelemeleri KTÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır. Örneklerin ayrıntılı inceleme sonuçları [10]'da verilmiştir. Mikroskop çalışmaları bu volkanitlerde bol miktarda ikincil alterasyon minerallerinin geliştiğini göstermiştir. Bu mineraller XRD ve mikroprob analizleri ile detaylı olarak incelenmiştir. Örneklerin XRD analizleri KTÜ Fen Fakültesi Fizik Bölümü'nde, mineral kimyası analizleri Ludwig Maximilian Üniversitesi

GÜMÜŞHANE-TORUL-İKİSU (KD, TÜRKİYE) JURA VOLKANİK KAYAÇLARININ DÜŞÜK SICAKLIK-DÜŞÜK BASINÇ METAMORFİZMASI: GÖMÜLME METAMORFİZMASININ VOLKANİK YAY BAZALTLARINA ETKİSİ

(Münih, Almanya), Mineraloji ve Petroloji Enstitüsü'nde yapılmıştır. Analitik metotlara ait ayrıntılar [10]'da verilmiştir.



Şekil 2. Jura Formasyonları ile Paleozoyik ve Üst Kretase-Eosen Granitoidlerini gösteren Doğu Pontidler'in basitleştirilmiş jeoloji haritası (MTA'nın 1/500.000'lik haritasından [11] sadeleştirilerek çizilmiştir). İnceleme alanlarının konumları: 1: Dağbaşı, 2: Akarsu, 3: Zigana, 4: İkisu-Mescitli, 5: Pekün-Kırıklı, 6: Kazantaş, 7: Gülaçar, 8-9: Sırakonaklar-Karakale, 10: İshan

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

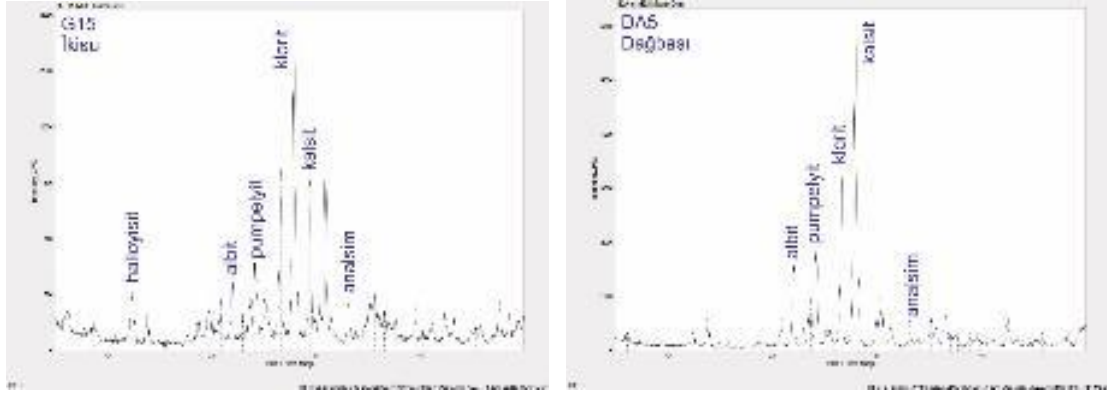
3.1. İncelenen Kayaçların Stratigrafisi ve Petrografisi

Jura, yitim ilişkili volkanik ve bunlarla ara katkılı kırıntılı/karbonatlı kayaçların olduğu bir döneme karşılık gelir. Bu kayaçların volkano-stratigrafisinin gözlenebileceği en iyi yerlerden biri Gümüşhane-Torul-İkisü bölgesidir (Şekil 2'de 4 numaralı alan). Volkanizmanın tabanında yastık bazaltlar bulunur. Bu seviyenin üzerine piroklastit ve kırmızı renkli mercekli radyolarit tabakaları içeren masif, boşluklu bazaltlar gelir. Bu volkanik seri, bazı yerlerde dayk ve bazı yerlerde stok olarak iri plajiyoklas fenokristalleri içeren andezitlerle kesilir. Volkanik serinin üst kısmında, yaklaşık 10 metre kalınlığa sahip breşler ve üzerine gelen koyu renkli kırıntılı- açık renkli kırıntılı ardalanmalı tortullar bulunur. Bu seviye 350 m kadar kalınlığa ulaşan Berdiga Kireçtaşları'na uyumlu olarak geçer. Bunların üzerinde yaklaşık 3000 m'nin üzerinde kalınlığa ulaşan Üst Kretase Formasyonları ile 750 m kalınlığa ulaşan Eosen Formasyonları bulunur. Tüm bu seriler Üst Kretase ve Eosen granitoidleri tarafından kesilerek yer yer dokanak metamorfizmasına uğratılmıştır.

Mikroskobik incelemeler, XRD ile mikroprob çalışmaları, incelenen kayaçlar içerisinde birincil mineraller olan plajiyoklas, ojit, Fe-Ti oksitlerin yanısıra bol miktarda kil mineralleri, zeolit, klorit, prehnit-pumpelleyit, epidot, kalsit-dolomit gibi ikincil mineral bulunduğunu göstermiştir (Şekil 3). Söz konusu ikincil minerallerin oluşumları, volkanitlerin oluşumundan sonra geçirmiş olduğu jeolojik olaylarla ilişkilidir.

Yastık bazaltların varlığı ile volkanitlerin yer yer radyolarit ve piroklastit gibi tortul mercekler içermesi, deniz altında oluştuklarını gösterir. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları da (0.70462-0.70611) deniz suyu alterasyonunun varlığına işaret eder. Ancak, bu kayaçların geçirmiş olduğu deniz suyu ve eşlik eden hidrotermal alterasyona ait deliller çoğunlukla, daha sonraki jeolojik olaylar tarafından kısmen veya tamamen silinmiştir. İncelenen kayaçlarda daha çok bu alterasyonu takip eden düşük sıcaklık- düşük basınç metamorfizması parajenezlerine rastlanmıştır. Volkanitlerde Zeolit Fasiyesi minerallerine fazla rastlanmaması, Prehnit-Pumpelleyit Fasiyesi minerallerinin bolca bulunması bu kayaçların en son, dinamotermal metamorfizma altında Prehnit-Pumpelleyit Fasiyesi'nde dengeye ulaştıklarını göstermektedir. Ancak dokanak metamorfizmasının etkin olduğu bölgelerde prehnit ve pumpelleyit minerallerinin yanı sıra Üst Prehnit-Pumpelleyit Fasiyesi koşullarında epidot mineralleri de kristallenmiştir.

T. BAK, C. ŞEN



Şekil 3. İncelenen örneklerin ikincil mineral parajenezlerini gösteren difraktomları [10]

3.2 Klorit Jeotermometresi

Kayaçlardaki en kritik alterasyon minerallerinden bir tanesi kloritlerdir. Kloritlerin kimyasal bileşimlerinden itibaren tetrahedral odacıktaki Al kullanılarak kristallerin oluşum sıcaklıkları bulunabilir. İncelenen örneklerdeki kloritlerin kimyasal bileşimlerinden itibaren hesaplanan oluşum sıcaklık değerleri [12,13], Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. [12] ve [13]’e göre hesaplanan Klorit sıcaklık (°C) değerleri

Lokasyon/Örnek No	Örnek Sayısı	Ortalama Sıcaklık (°C)	
		<u>Cathelineau (1988)</u>	<u>Jowett (1991)</u>
Dağbaşı (DA-5)	5	315±30	316±29
Akarsu (A-3)	2	273±21	274±21
Zigana (ZL-4)	1	313	313
İkisü (G18A)	2	205±5	199±5
İkisü (G20)	3	217±10	212±10
İkisü (G31)	3	240±7	234±7
İkisü (G34)	6	341±14	339±14
İkisü (I22)	1	191	186
Gülaçar (P3)	3	161±8	162±8
Kazantaş (KL-3)	2	164±7	166±7
Sırakonaklar (SK6)	4	258±12	259±12

Normal jeotermal gradyan altında (3°C/100m) yaklaşık 5 km derinlikte sıcaklığın 150°C olması beklenir. İncelenen volkanitlerde bulunan kloritlerin kimyasal bileşimlerinden itibaren minimum 160°C, maksimum da 340°C sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Üst Kretase ve Eosen plütonik kayaçlarının gözlenmediği Gümüşhane’nin güney kısımlarında (Pekün, Gülaçar, Kazantaş gibi, Şekil 2) sıcaklıklar minimum değerler olan 160-170°C’dir. Buradan alınan örnekler Üst Zeolit Fasiyesi ile Alt Prehnit-Pumpellyit Fasiyesi geçişini gösteren mineral parajenezine sahiptir. Üst Kretase ve Eosen plütonik kayaç dokanaklarına yakın olan lokasyonlarda (İkisü, Dağbaşı, Zigana, Akarsu gibi, Şekil 2) klorit oluşum sıcaklıkları 200°C’nin üzerinde maksimum 340°C’ye ulaşmaktadır. Bu kayaçlarda tipik Prehnit-Pumpellyit Fasiyesi parajenezi mineralleri görülür. Şekil 1’de “8” numaralı “Prehnit+Klorit+Kuvars=Klinozoisit+Tremolit+H₂O” reaksiyonu sonucu oluşan tremolit çalışılan volkanitler içerisinde gözlenmemiştir. Dolayısıyla klorit jeotermometresinin göstermiş olduğu 340°C sıcaklık değerleri bu kayaçların ulaştığı maksimum sıcaklığı göstermesi bakımından oldukça sağlıklı bir yaklaşımdır. Pontidler’in Kuzey Zon’unda Trabzon-Düzköy civarında yüzeylenen Berdiga Kireçtaşları içerisindeki yer değişim dolomitlerinin 180°C’lere varan sıcaklıklar gösterdiği rapor edilmiştir [14]. Dolayısıyla granitoid dokanaklarında fazla etkilenmemiş volkanitlerden 200°C civarında bulunan sıcaklıkların makul olduğu söylenebilir.

Ortalama kabuk yoğunluğu 2.7 gr/cm³ olarak alınırsa Jura volkanitlerinin üzerindeki yaklaşık 4000 m’nin üzerinde istif kalınlığından itibaren hesaplanan litostatik basınç 1.2 ila 1.5 kbar’a karşılık gelmektedir.

GÜMÜŞHANE-TORUL-İKİSU (KD, TÜRKİYE) JURA VOLKANİK KAYAÇLARININ DÜŞÜK SICAKLIK-DÜŞÜK BASINÇ METAMORFİZMASI: GÖMÜLME METAMORFİZMASININ VOLKANİK YAY BAZALTLARINA ETKİSİ

4. SONUÇLAR

Mikroskobik incelemeler ve XRD ile mikroprob çalışmaları volkanitlerde birincil mineraller olarak plajiyoklas, ojit, Fe-Ti oksit, alterasyon mineralleri olarak da kil mineralleri, zeolit, klorit, prehnit-pumpelleyit, epidot, kalsit-dolomit gibi ikincil mineraller bulunduğunu göstermiştir. Söz konusu alterasyon mineral parajenezi Üst Zeolit-Prehnit-Pumpelleyit fasiyeslerine karşılık gelmektedir. Klorit mineral kimyasından itibaren yapılan jeotermometre hesaplamaları, bu kayaçların termodinamo metamorfizma koşulları altında 200°C'ye kadar ısındıklarını göstermektedir. Plütonik kayaçların gözleendiği lokasyonlarda, bu kayaçların dokanaklarında bulunan volkanitlerden ise yer yer 340°C'ye varan klorit jeotermometre sıcaklıkları elde edilmiştir. Bu çalışmada ana fokus volkanitlerin dokusal ve mineralojik değişimleri üzerine olmuştur. Ancak söz konusu kayaçların kimyasal özellikleri de mineralojik değişimlerden etkilenmiş olmalıdır. Dolayısıyla jeotektonik ortam çalışmalarında düşük sıcaklık- basınç metamorfizmasının etkisinin de değerlendirilmesi yararlı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, ilk yazarın doktora çalışmasının bir bölümünü teşkil etmektedir. KTÜ-BAP 8920 No'lu bu çalışmayı destekleyen Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] ŞENGÖR, A.M.C., YILMAZ, Y., "Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach", *Tectonophysics*, 75, 181-241, 1981.
- [2] OKAY, A.I., ŞAHİNTÜRK, O., *Geology of the Eastern Pontides*, In: A. G. Robinson, (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea ve Surrounding Region*. AAPG Mem, 68, 291-311, 1997.
- [3] ARSLAN, M., TÜYSÜZ, N., KORKMAZ, S., KURT H., "Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey", *Chemie Der Erde-Geochemistry*, 57, 157-187, 1997.
- [4] ÇAMUR, M.Z., GÜVEN, İ.H., ER, M., "Geochemical Characteristics of the Eastern Pontide Volcanics, Turkey: An Example of Multiple Volcanic Cycles in the Arc Evolution", *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 123-144, 1996.
- [5] GÜVEN, İ.H., *Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25.000 Ölçekli Jeolojik ve Metalojenik Haritası*, MTA, Ankara, 1993.
- [6] STAUDIGEL, H., PLANK, T., WHITE, B., SCHMINCKE, H.U., "Geochemical Fluxes During Seafloor Alteration of the Basaltic Upper Oceanic Crust: DSDP Sites 417 and 418", *Geophysical Monograph*, 96, 19-37, 1996.
- [7] RAYMOND, L.A., *Petrology: The Study of Igneous Sedimentary Metamorphic Rocks*, WCM Publishers, Dubuque, IA, 734, 1995.
- [8] YARDLEY, B.W.D., *An Introduction to Metamorphic Petrology*, Longman Scientific & Technical, New York, 1989.
- [9] LIOU, G.J., MARUYAMA, S., CHO, M., *Very Low-Grade Metamorphism of Volcanic and Volcaniclastic Rocks-Mineral Assemblages and Mineral Facies*, In: Editor M. Frey *Low Temperature Metamorphism*, 59-113, 1987.
- [10] BAK, T., *Doğu Pontidler'deki (KD Türkiye) Jura Volkanitlerinin Petrolojisi ve Düşük Sıcaklık- Basınç Metamorfizması*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2018.
- [11] <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/TRABZON.pdf>, (erişim tarihi 10.01.2018)
- [12] CATHELINÉAU, M., "Cation Site Occupancy in Chlorites And Illites as a Function of Temperature", *Clay Minerals*, 23, 471-485, 1988.
- [13] JOWETT, E.C., *Fitting Iron and Magnesium Into the Hydrothermal Chlorite Geothermometer*, GAC/MAC/SEG Joint Annual Meeting, Abstract Book, 16, 1991.
- [14] YILDIZ, M., KIRMACI, M.Z., KANDEMİR, R., GÜMRÜK, T.E., *Geç Jura- Erken Kretase Yaşlı Platform Karbonatlarındaki (Berdiga Formasyonu) Dolomitleşmenin Kökeni ve Mağmatik Yay Gelişiminin Dolomitleşme Üzerindeki Etkisi*, Başoba Yayla (Trabzon), KD Türkiye, 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, Ankara, 708-709, 2017.