

Orta Anadolu Kristalen Kompleksi Metamorfik Kayalarının Petrolojisi, Jeokimyası ve Jeokronolojisi: Kırşehir (Karıncalı), Orta Anadolu, Türkiye

Meral GÜREL^{1*}, Yusuf Kağan KADIOĞLU^{2,3}

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara,

²Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara,

³Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM), Ankara

¹<https://orcid.org/0009-0000-8403-7094>

²<https://orcid.org/0000-0002-7894-2220>

*Sorumlu yazar: meralgurel2015@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 22.06.2023

Kabul tarihi: 12.09.2023

Online Yayınlanma: 22.01.2024

Anahtar Kelimeler:

Kırşehir masifi

Karıncalı

Metamorfitler

Konfokal Raman Spektrometre (KRS)

Jeokimya

Jeokronoloji

ÖZ

Karıncalı köyü yöresinin temelini; Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'ne (OAKK) ait temel metamorfikler oluşturmaktadır. Yeşilist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış olan bu kayalar; OAKK'de Paleozoyik yaşlı temel kayalar olarak tanımlanmaktadır. Metamorfik temel birimi; amfibolit, gnays, kuvarşist, mikaşist, amfibolşist, kuvars mikaşist, kuvarsit, kalkışist ve mermer bileşimli kaya toplulukları oluşturmaktadır. Çalışma sahasında metamorfik birimleri siyenit bileşimindeki felsik intrüzipler kesmektedir. Bu birimlerin, genel olarak derinlik ve yarı derinlik özellikler sunan siyenit, siyenit porfir, trakit ve trakiandezit bileşimindeki kayalardan oluştuğu belirlenmiştir. Çalışma alanındaki metamorfik kayalarda ayrıntılı petrografi ve Konfokal Raman Spektrometre (KRS) analiz incelemeleri sonuçlarına göre klinoamfibol + plajiyoklaz + titanit, klinoamfibol + klinozoisit + epidot + plajiyoklaz + titanit, klinoamfibol + granat + klinozoisit + plajiyoklaz, albit + kuvars + muskovit + biyotit ± granat, aktinolit + tremolit + klorit + kuvars, kalsit + kuvars + muskovit ve serizit + kuvars + grafit mineral parajenezleri belirlenmiştir. Çalışma sahasında kuvarşist bileşimindeki metamorfik kayadan elde edilen muskovitten $71,83 \pm 0,54$ My $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ yaşı elde edilmiştir. Bu yaş bulgusu bölgedeki intrüziif kayalara ait radyometrik yaş bulguları ile karşılaştırıldığında kayaların daha genç olduğu belirlenmiştir. Genç yaş bulgusu, bölgedeki intrüziif kütlelerinin jeolojik zaman boyunca mevcut yan kaya birimlerini önemli ölçüde etkileyip, olasılıkla progresif metamorfizma etkisi ile kayanın zaman diliminin metamorfizma açısından yeniden çalıştırıldığını göstermektedir. Orta Anadolu bölgesinde çok sayıda farklı bileşim ve büyüklüklerde felsik ve mafik magmatik sokulumların Geç Kretase'den başlayarak Paleosen'e kadar devam ettiği ve bölgenin temel metamorfik kayalarını da etkilediği sonucuna varılmıştır.

Petrology, Geochemistry and Geochronology of the Central Anatolian Crystalline Complex Metamorphic Rocks: Kırşehir (Karıncalı), Central Anatolia, Turkey

Research Article

Article History:

Received: 22.06.2023

Accepted: 12.09.2023

Published online: 22.01.2024

Keywords:

Kırşehir massif

Karıncalı

Metamorphites

ABSTRACT

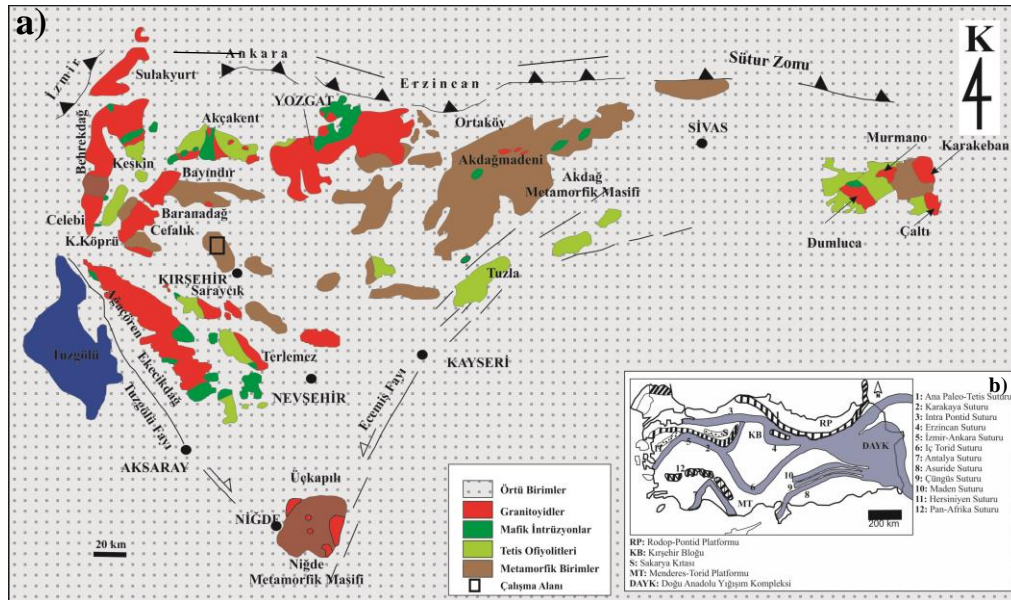
The basement of the Karıncalı village represented by metamorphic rock units in Central Anatolia Crystalline Complex (CACC). The basement units mainly comprise greenschist facies which is apart of CACC. The basement consists of amphibolite, gneiss, quartzschist, micaschist, amphibolschist quartz micaschist, quartzite, calcschist and marble rock units. All the metamorphic basement intruded by syenite, syenite porphyry trachyte and trachyandesite. The nomenclature of garnet, amphibole and plagioclase minerals were determined

by confocal Raman spectroscopy. The detailed petrography and Confocal Raman Spectrometer (CRS) examinations reveal that the common mineral assemblages are clinoamphibole + plagioclase + titanite, clinoamphibole + clinozoisite + epidote + plagioclase + titanite, garnet amphibolschist mineral assemblage clinoamphibole + garnet+ clinozoisite + plagioclase, albite + quartz + muscovite + biotite ± garnet, actinolite + tremolite + chlorite + quartz, calcite + quartz + muscovite and also sericite + quartz + graphite in composition. The radiometric $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ age data of Muscovite reveal 71.83 ± 0.54 Ma age for the quartzschist rocks. It has been determined that the metamorphic age is younger or similar to the age of intrusive of the CACC. The young age of the metamorphic shows that the intrusive masses in the region significantly affect the existing country rock units throughout the geological time, causing to progressive metamorphism of the rock units and reactivate the time period in terms of metamorphism. It was concluded that felsic and mafic magmatic intrusions of many different compositions and sizes in the Central Anatolian region started from the Late Cretaceous and continued until the Palaeocene and also affected the basic metamorphic rocks of the region.

To Cite: Gürel M., Kadioğlu YK. Orta Anadolu Kristalen Kompleksi Metamorfik Kayalarının Petrolojisi, Jeokimyası ve Jeokronolojisi: Kırşehir (Karıncalı), Orta Anadolu, Türkiye. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 7(1): 320-352.

1. Giriş

Çalışma alanı; Kırşehir Masifi içerisinde yer alan Kırşehir ili'nin kuzeybatısında Karıncalı köyü ve çevresini kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanında temel metamorfik kayalar ve bunları kesen intrüzyon kütleleri yer almaktadır. Orta Anadolu Bölgesinde özellikle petrolojik anlamda sadece magmatik kayalara yönelik çalışmalar yapılmış olup bunlar felsik magmatik kayalar (granitoid ve siyenitoid), mafik kayalar ve ofiyolitik kayalarla ilgili çalışmalardır. Metamorfik kayaların petrolojik özelliklerine yönelik ayrıntılı çalışma bulunmamaktadır.



Şekil 1.a) Çalışma alanı ve çevresinde görülen tektonik yapılar ve jeolojik birimlerin dağılımı (Kadioğlu ve Güleç, 1999'dan değiştirilerek alınmıştır) **b)** Türkiye'nin tektonik birlikleri (Şengör ve Yılmaz, 1981'den değiştirilerek alınmıştır)

Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) genel olarak dört farklı birimden oluşmaktadır. Temelde Orta Anadolu Metamorfikleri yer almakta olup, metamorfikleri tetis okyanusunun kapanmasına bağlı olarak meydana gelmiş ofiyolitik kayaç toplulukları tektonik olarak üzerlemektedir. Temel metamorfikler ve ofiyolitik kayaç toplulukları farklı mineral bileşimlerine ve kimyasal karakterlere sahip felsik intrüzif kaya türleri içeren Orta Anadolu granitoid ve siyenitoidleri tarafından sıcak dokanak ile kesilmektedir. Ayrıca OAKK'da felsik kayaların yanında mafik kayalar da gözlenmektedir. Mafik kayalar başlıca gabro, diyorit ve daha az oranda diyabaz ve bazaltlardan oluşmaktadır. Okyanusal kabuktan arta kalan gabroların dışında, kabuğa sokulum yapan mafik kütlelerin varlığı ortaya konulmuştur (Kadioğlu ve Güleç, 1993, 1997; Kadioğlu ve Özsan, 1998; Kadioğlu ve ark. 2006; Deniz et al. 2019; Kadioğlu et al. 2018; Kadioğlu et al. 2019; Kadioğlu et al. 2022). Tüm bu birimler Paleojen yaşlı çökel kayaları tarafından örtülmektedir (Kara ve Dönmez, 1990). Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nde fazla sayıda metamorfik kayalara sokulum yapan magmatik kayalar bulunmaktadır. Ancak sokulum yapan magmatik kayaların metamorfizma üzerinde etkisi üzerine çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı bölgede yer alan metamorfik kayaların magmatik kayalar ile olan zamansal ilişkisini radyometrik yöntemlerle ortaya koymaktır.

Erkan (1975, 1976a, 1976b, 1977, 1981), Orta Anadolu Masifi'nde Kırşehir'in yakın çevresi ile Sivas Akdağmadeni dolaylarında ortaya çıkan metamorfik ve magmatik kayalarda detaylı petrografik ve petrolojik çalışmalar gerçekleştirmiştir. Araştırmacı, Kırşehir'in yakın çevresindeki metamorfik serilerde metamorfizmanın niteliğini ve hangi koşullar altında geliştiğini tipik mineral isogradlarına dayanarak belirtmiştir. Bölgede mermer, kalkşist, kalksilikatik gnays ve daha az ölçüde kuvarsit, mikaşist, gnays ve amfibolitlerle temsil edilen metamorfik seriye ait örnekleri incelemiştir. Çalışma alanında ana kaya türünü oluşturan saf ve saf olmayan karbonatlı kayalarda, metamorfizma düzeyine bağlı olarak bölgede üç metamorfizma zonu belirlemiş ve metamorfizma düzeyinin kuzey ve kuzeydoğuya doğru arttığını ortaya koymuştur.

Seymen (1981a, 1981b, 1982); Kırşehir'in Kaman çevresinde yaptığı çalışmalarda, masifin stratigrafisi ve metamorfizması üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalarda, masifin en yaşlı kayalarının metamorfik birimler olduğunu ve bu birimlerin ofiyolit dilimler ve ofiyolitik melanj tarafından üzerlendiğini belirtmiştir. Ayrıca, bu birimlerin granitoid ve siyenitoidler tarafından kesildiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, temeldeki metamorfikleri gnays, biyotitşist, piroksenşist, amfibolşist, kalksilikatik fels, kuvarsit ve kuvarsşistlerden oluşan bölümünü Kalkanlıdağ formasyonu, üstündeki mermer-şist ve gnays aralanmasından oluşan bölümünü Tamadağ formasyonu, çeşitli özellikte mermer, metaçörtlüyari mermer ve metaçört topluluğundan oluşan en üst kesimini ise Bozçaldağ formasyonu şeklinde üç ayrı birime ayırmıştır. Araştırmacı; Baranadağ ve Buzlukdağı plütonları tarafından kesilen tüm bu birimlerin üzerinde Erken Paleojen-Neojen yaşlı tortul örtü birimlerinin uyumsuzlukla yer aldığını belirtmiştir. Erkan ve Ataman (1981) K-Ar yöntemi ile bölgedeki gnays, mikaşist ve amfibolitler içerisindeki biyotitlerden $69,7 \pm 1,7$ My, hornblend mineralinden ise $74,1 \pm 3,2$ My metamorfizma yaşlarını elde etmiş olup metamorfiklerin

granitoyid intrüzyonundan etkilendiklerini savunup, intrüzif kayaların intrüzyon-soğuma yaşını 71 My olarak yorumlamışlardır. Oktay (1981); Kaman civarında Paleojen-Güncel yaşlı sedimanter örtü birimlerini çalışmıştır. Önen ve Unan (1988); Kaman-Kırşehir kuzeydoğusunda bulunan gabrolarla ilgili çalışmalar yapmıştır. Gabroları genellikle “hornblend gabro” veya ince taneli gabro olarak tanımlamışlardır. Yaptıkları analizler sonucunda gabroların subalkali-toleyitik magmadan türedikleri ve bunların ofiyolitik dizinin bir üyesi olabileceklerini söylemişlerdir. Göncüoğlu ve ark. (1993); Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içerisinde yaygın yüzlekler veren ofiyolitik kayaları “Orta Anadolu Ofiyoliti” olarak adlandırmışlardır. Ofiyolitik kayaların tektonik bir dokanakla “Orta Anadolu Metamorfileri” üzerinde yer aldıklarını ve metamorfiler ile birlikte Geç Kretase yaşlı “Orta Anadolu Granitoidleri” tarafından kesildiklerini söylemişlerdir. Tolluoğlu (1993), Kırşehir masifini kesen felsik intrüzifleri “İç Anadolu Magmatik Kuşağı” olarak adlandırmış, masifi batıda yay biçiminde kuşattıklarını ve masifi yer yer keskin dokanaklarla kestiğini söylemiştir. Orta Anadolu Magmatik Kuşağına tipik örnek olarak ise Kötüdağ volkaniti ve Buzlukdağ sienitoidini vermiştir. Ayrıca Orta Anadolu Magmatik Kuşağı’na ait intrüzif serilerin dış zonda kalk-alkalen, iç zonda ise alkalen karaktere sahip olduğunu söylemiştir. Boztuğ ve ark. (1998); Orta Anadolu’daki ofiyolitik birimlerin, metasedimentlerin ve intrüzif birimlerin radyometrik yaş tayinlerine göre eş zamanlı olduklarını belirtmiştir. Ayrıca Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içerisinde çarpışma sonucu oluşan magmatik birimlerin birbirlerinden farklı olduklarını söylemiştir. Whitney ve ark. (2001); Alp Himalaya Orojenezi sırasında metamorfize olan Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin farklı P-T özellikleri sergileyen en az dört tektonik bloktan oluştuğunu ifade etmişlerdir. Bu bloklar kuzeybatıda Kırşehir, kuzeydoğuda Akdağ, güneyde Niğde, batıda Aksaray masiflerini içermektedir. Araştırmacılar özellikle kompleksin kuzeybatı kesiminde yer alan Kırşehir Blokunun, metapelitik/pisamitik, şist, amfibolit ve kuvarsit ara katkılı kalsitik mermer ve kalsilikatik kayalardan oluştuğunu ayrıca, bu metamorfik kayaların orta basınç–orta sıcaklık ve yersel düşük basınç–yüksek sıcaklık ile karakteristik olduklarını belirtmişlerdir. Görür (1998); Kırşehir Masifi’nde yüksek dereceli metamorfizmadan dolayı Triyas ile ilgili herhangi bir veri olmadığını ancak stratigrafik gelişimin genel hatlarıyla Menderes Masifi ile Menderes-Toros platformundaki bazı otokton zonların stratigrafisine büyük benzerlik gösterdiğini ifade etmiştir. Boztuğ ve ark. (2009); Orta Anadolu granitoyid eriyiklerinin çarpışma sonrası ortaya çıktığını, Torid-Anatolid platformuna okyanusa ait bir yayın Kampaniyen-Maastrichtiyen’de yerleştiğini ve Erken-Orta Paleosen’de hızla yükselmesi olayının kıta-kıta çarpışmalarından kaynaklandığını savunmuşlardır. Beyazpirinç ve Akçay (2017); Akdağmadeni Masifi’nin jeolojisi ve jeodinamik evrimini konu aldıkları çalışmada; temeli oluşturan Akdağmadeni Masifi’ne ait metamorfileri alttan üste doğru; Yahyasaray formasyonu (Geç Devoniyen), Akçakışla formasyonu (Karbonifer-Erken Permiyen), Topaktaş formasyonu (Geç Permiyen), Hisarbey formasyonu (Mesozoyik) ve Davulbaz formasyonu (Erken Kretase) şeklinde ayırtlamışlardır.

Orta Anadolu Kristalen karmaşığı içerisinde tüm metamorfik birimlerin Paleozoyik yaşı bölgesel metamorfizma sonucu oluşan birimler olduğu, ancak bunlara sokulum yapan farklı bileşim, farklı büyüklükteki intrüzif kütlelerin etkisi ile oluşan kontakt metamorfizmanın yaşı ve süreçleri hakkında ayrıntılı bir çalışma yapılmadığı belirlenmiştir. Bu bağlamda bu makalenin amacı; metamorfik kayaların iyi yüzlek verdiği ve yakın çevresinde intrüzif kayalarında olduğu Kırşehir ilinin Karıncalı bölgesi seçilerek mineralojik petrografik, jeokimya ve metamorfik mineraller üzerinde $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ radyometrik analizler yapılarak metamorfizmanın zamansal değişimi ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve Metot

Arazi çalışmalarında Kırşehir masifine ait taze mostralardan örnekler alınmıştır. Söz konusu örneklerin detaylı petrografik inceleme ve kimyasal analizler yapılması amacıyla Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) ve Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Jeoloji Etütleri Dairesi'nde ince kesitleri yapılmıştır. İnce kesitler Ankara Üniversitesi YEBİM'de bulunan Leica marka DMLP model polarizan mikroskopta incelenmiştir. Klinoamfibol, plajiyoklaz ve granat gibi seçili minerallerde tür tanımlaması için yapılan yarı kalitatif Konfokal Raman Spektrometre (KRS) incelemeleri Ankara Üniversitesi YEBİM'de Thermo marka DXR model KRS ile gerçekleştirilmiştir.

Mineralojik-petrografik olarak incelenen ve uygun görülen örneklerin ana ve iz elementler bileşimlerini ortaya koymak amacıyla jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Petrojenez ve Mikro Analiz Laboratuvarı'nda numuneler öncelikle Retsch Marka otomatik taş kırıcı kullanılarak parçalara ayrıştırılmıştır. Ardından FRITSCH marka otomatik öğütücüde Tungsten Karbid değirmene konularak öğütülmüştür. Öğütülen 4g örnek, 0,9 g bağlayıcı malzeme (Wachs) ile karıştırıldı ve hidrolik pres altında sıkıştırılarak pres-pastil haline getirilerek, analize hazır hale getirilmiştir. Analizler Spectro marka X-LAB 2000 model Polarize Enerji Dağılımlı X Işınları Floresans Spektrometresi (PED-XRF) cihazında ana element oksit ve iz element analizleri yapılmıştır. GEO-7220 yöntemiyle yapılan XRF analizlerinde cihazın kalibrasyonu USGS'in plütonik kayalar için oluşturduğu K02-GSR-09 ve G01-GS-N-Granit standartları ile yapılmıştır.

Çalışma alanının farklı kesimlerinde yüzlek veren başkalaşım kayalarından seçilen örneklerdeki amfibol ve mika minerallerinin ^{39}Ar - ^{40}Ar tarihlendirme analizleri Nevada Üniversitesi (Las Vegas, Amerika) izotop ve jeokronoloji laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Analiz edilecek örnekler; alüminyum folyoyla sarılmış ve 6 mm'lik iç çaplı mühürlenmiş kaynaşık silis tüpleri içine istiflenmiştir. Ortalama 3 mm kalınlığında bireysel paketler ve tüp boyunca 5-10 mm aralıklarla nötron flüoresans monitörleri (FC-2, Fish Canyon Tuff sanidine) yerleştirilmiştir. CaF_2 ve K-cam parçaları ile birlikte ışınlanmış FC-2 sanidin standartları, yüksek vakumlu çekme hattında bir Cu numune tepsisine yerleştirilmiş ve bir 20 WCO₂ lazeri kullanılarak eritilmiştir. Lazer kaynaştırma boyunca örnek görüntülenmesi video kamera sistemi ile yapılmıştır. Numuneler, Staudacher ve ark. (1978)'nin

dizaynına benzer olarak çift vakum dirençli fırın kullanılarak adım adım ısıtma yöntemi ile analiz edilmişlerdir. Sonuçlar bölgelere göre aktarılmıştır. Tüm ³⁹Ar-⁴⁰Ar yaş verileri 2σ güven aralığı içindedir.

3. Bölgesel Jeoloji

OAKK'nın Geç Mesozoyik-Erken Senozoyik jeolojik evrimi; birbirinden farklı jeolojik süreçleri temsil etmekte olup, Tetis Okyanusu'nun kapanmasıyla ilişkilendirilir (Görür ve ark., 1984; Göncüoğlu, 1986; Whitney ve Dilek 2001; Gürer ve Aldanmaz, 2002; Kadioğlu ve ark., 2006; Boztuğ ve ark., 2008; Lefebvre, 2011; Hinsbergen ve ark., 2016). Coğrafik olarak kuzeyde İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu, batıda Tuzgölü fayı, doğuda ise Ecemiş fay zoneuyla sınırlanan, kabaca üçgen biçimli bir alanda yayılım gösteren metamorfizmler, ofiyolitler ve sokulum kayalarından meydana gelen karmaşık bir jeolojiye sahiptir.

Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nı oluşturan metamorfizmlerin başlıca, Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı gnays, şist, mermer, amfibolit ve kalkışist türü kayalardan meydana geldiği belirtilmiştir (Seymen, 1981; Göncüoğlu ve ark., 1991). Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı, sırasıyla Üst Paleosen yaşa kadar çıkabilen çökel kayalar ile Miyo-Pliyosen yaşlı sedimanter ve volkanik kayalar tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir (Seymen, 1981).

OAKK granitoidlerinin oluşumları hakkında farklı görüşler vardır. Torid bloğunu Anatolid bloğundan ayıran İç Toros Kuşağının varlığını savunan Görür ve ark. (1984), Şengör ve Yılmaz (1981), Okay ve ark. (1996), Kadioğlu ve ark. (2003), Deniz ve Kadioğlu (2016)'na göre Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içerisinde yaygınca yer alan granitoid türü sokulum kayalarını İç Toros Okyanusu'nun OAKK'nın altına dalmasıyla meydana gelen yitim süreçlerindeki yay magmatizmasının ürünü olarak düşünmektedirler.

Kadioğlu ve ark. (2006), bu granitlerin Toros Platformu ile İç Torid Okyanusu içerisindeki bir hendeğin çarpışması ve bir miktar dalmasını takip eden dilim-kopması ile astenosfer yükselimi ve dalma sonucu metasomatize olan litosferik manto kaynaklı olduğunu belirtmiştir. Ancak Kırşehir bloğunu Torid platformundan ayıran İç Torid Okyanusu'nun olmadığını savunan araştırmacılara (Göncüoğlu ve ark., 1997; Boztuğ ve ark., 2009; Köksal ve ark., 2012, 2013; Hinsbergen ve ark., 2016) göre granitoidlerin Pontidlerin Torid-Anatolid platformu ile çarpışması ve çarpışma sonrası gerilme rejiminde gelişmişlerdir. Bu araştırmacılara göre, erken-geç Kretase'de Alpin Orojenezi Neotetisin kuzey kolu İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusunun, okyanus içi dalmanın eşlik ettiği jeodinamik mekanizmayla kapanımına, Pontid volkanik yayı ile Torid-Anatolid'in kuzey kısmın çarpışmasına, Torid-Anatolid Platformunun pasif kenarının dilimlenerek kalınlaşmasıyla orta-yüksek derecede metamorfizmasına ve üzerine ofiyolitik birimlerin yerleşimine yol açmıştır. OAKK da yer alan felsik intrüzifler genel olarak granit, granodiyorit, monzonit ve siyenit bileşimindedirler (Tatar ve Boztuğ, 1998; Yılmaz ve Boztuğ, 1998; Yalın vd 1999; Boztuğ, 2000; Kadioğlu ve ark., 2006, Boztuğ ve ark., 2007, 2009; Köksal ve ark., 2001, 2012, 2013; İlbeyli, 2005; Delibaş ve ark.,

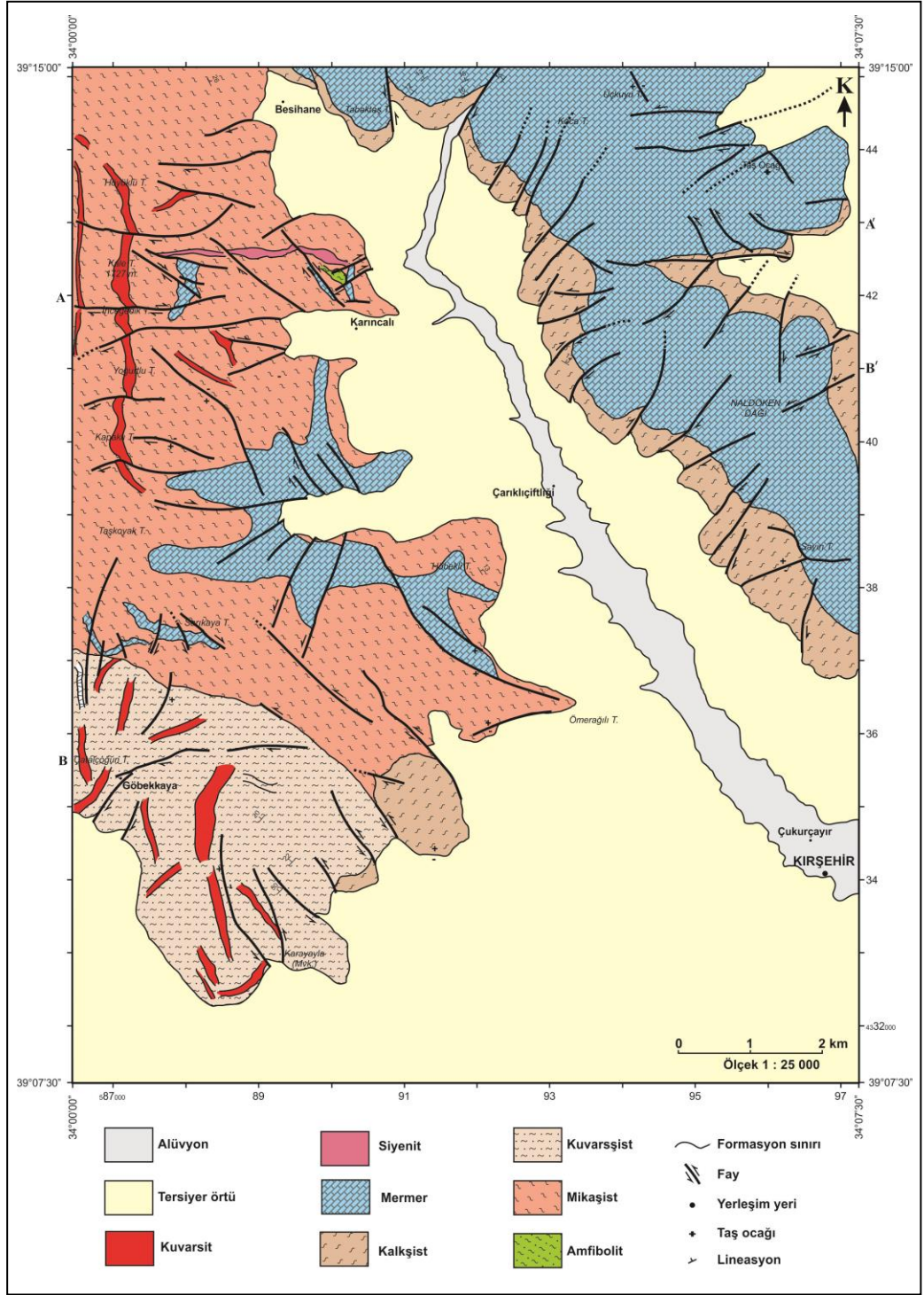
2011). Mafik bileşimli sokulum kayaları ise diyorit ve gabro bileşiminde olup granit kayaları ile eş yaşlı plütonlar olduğu ortaya konulmuştur (Kadioğlu ve ark, 2003 ve Kadioğlu ve ark., 2006). Çalışma alanının bölgesel jeoloji haritası Şekil 2.a'da verilmiş olup inceleme alanı OAKK içerisinde Kırşehir ilinin kuzeybatı bölümünde yer almaktadır. Çalışma alanı bölgesel jeoloji haritası üzerinde daha çok mermer ve metakireçtaşı kayalarından oluşmaktadır.

4. Bulgular

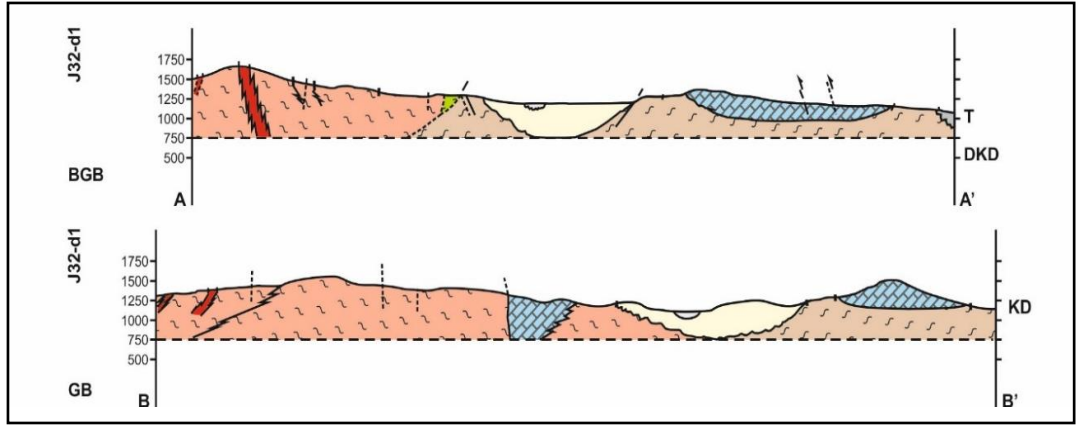
4.1 Çalışma Alanının Jeolojisi ve Petroğrafisi

Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) üzerinde yer alan inceleme (Karıncalı köyü) alanı, bu çalışmada ayrıntılı olarak anlatılacak olan Kırşehir Masifi'ne ait birimlerin en iyi gözlemlendiği yer olmasından dolayı tercih edilmiştir. Çalışma alanı bölgenin temel metamorfiteğine ait ve en iyi yüzlek veren bölümü temsil etmektedir (Şekil 2.a). Çalışma alanı haritasında belirtilen A-A' ve B-B' kesitleri Şekil 2.b'de gösterilmektedir.

Çalışma alanındaki en yaşlı birim, Kırşehir masifinin en alt seviyelerini oluşturan Kalkanlıdağ formasyonu olup, Seymen (1982) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon, Kurancalı-Demirli-Kurtbeli Yenyapan köylerinin güneyindeki Kalkanlıdağ'da yaygın olarak gözlenmektedir. Kalkanlıdağ formasyonu meta-kırıntılı, başlıca gnayslar, amfibolit, amfibol şistler, mikaşist ve mikagnayslardan oluşmaktadır. Bu birimlerin yanında, daha az yayılım gösteren ince mermer bantları ve kalkışistler de gözlenmektedir (Seymen, 1982).



Şekil 2.a) Çalışma alanının jeoloji haritası



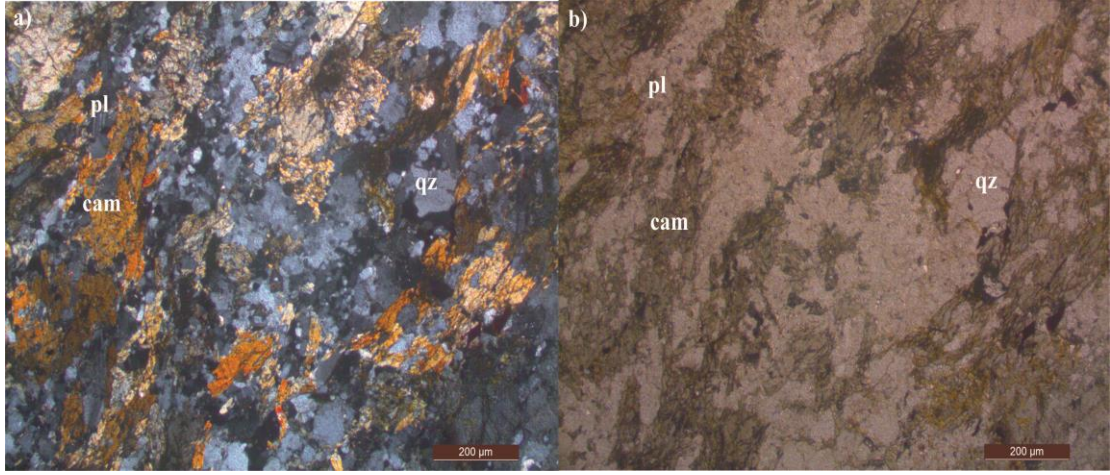
Şekil 2.b) Çalışma alanı haritasında belirtilen A-A' ve B-B' kesitleri

Çalışma alanında yer alan metamorfik birimler Seymen (1982) Kalkanlıdağ formasyonuna denk gelen kaya birimlerini temsil etmektedir. İnceleme alanı Kırşehir ilinin kuzeybatısında Karıncalı köyü ve çevresindeki birimleri temsil etmektedir. Kaya birimleri, amfibolit, granat amfibolşist, epidot amfibolşist, mikaşist, mika kuvarşist, granat mikaşist, kalkşist, mermer litolojileri ile karakteristiktir. Bölgeden alınan örneklerin petrografik tanımları aşağıda verilmiştir.

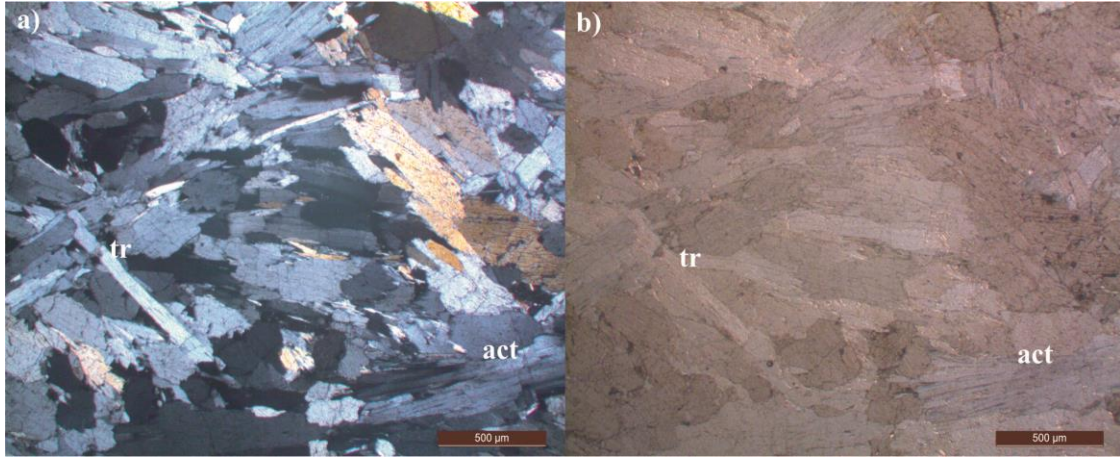
Granat amfibolşist / Epidot amfibolşist / Amfibolit

Granat amfibolşist, amfibolşist, epidot amfibolşist ve amfibolit, el örneğinde koyu yeşil renkli, çok tıkmaz ve sert kayalardır. Nematogranoblastik dokuya sahip olan bu kayalarda, kuvarslarda kataklazma izlerine ve yer yer mörter dokuya rastlanılmaktadır. Ana felsik mineral olarak plajiyoklaz ve az oranda kuvars içerirler. Koyu renkli mineral olarak ise, başlıca amfibol ve bununla birlikte tali miktarda biyotit, epidot ve granat mineralleri içermektedir. Kuvarslarda dalgalı sönme çok yaygındır. Amfiboller yarı özşekilli ve prizmatik formlara sahiplerdir (Şekil 3.a,b). Amfibollerde opasitleşmeler gözlenmektedir. Mikroskop altında amfiboller ince uzun prizmatik mineraller şeklinde olup belirgin lineasyon özelliği göstermektedirler. Az miktarda gözlenen biyotitler paralel sönme gösterirler ve dilinim izleri boyunca opasitleşme ile birlikte kloritleşme de az da olsa gözlenmektedir. Plajiyoklaz mineralleri polisentetik ikizlenmesi ile tipiktir. Granat mineralleri, paralel nikolde bol kırık çatlaklıdır ve bozunmaya uğramışlardır. Klinozoisit mineralleri ince taneli, özşekilsiz yapıdadır. Kayaçta tali bileşen olarak titanit mineralleri yer almaktadır.

Aktinolit tremolitşist kayaları nematoblastik dokuda olup büyük çoğunluğu prizmatik ve iğnemsî, lifsi yapıda aktinolit, tremolit minerallerinden oluşmaktadır. Aralarda çok az miktarda yapraksı klorit mineralleri gözlenmektedir (Şekil 4.a,b). Kayaç muhtemelen yeşilşist fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.

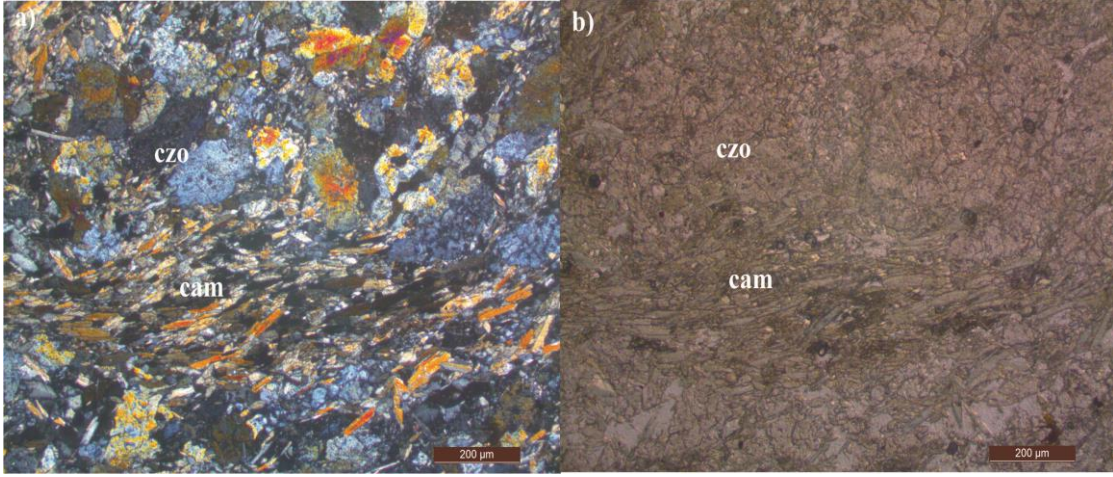


Şekil 3. Amfibolşist örneğinin genel görüntüsü ve içerisinde yer alan klinoamfibol ve plajiyoklaz minerallerinin mikrofotografı (a-çapraz nikol, b-paralel nikol, cam: klinoamfibol, pl: plajiyoklaz, qz: kuvars; mineral kısaltmaları Whitney ve Evans, 2010'a göre yapılmıştır)



Şekil 4. Aktinolit tremolitişist örneğinin genel görüntüsü ve içerisinde yer alan aktinolit-tremolit türü amfibol minerallerinin gösterdiği nematoblastik dokunun mikrofotografı (a-çapraz nikol, b-paralel nikol, act: aktinolit, tr: tremolit)

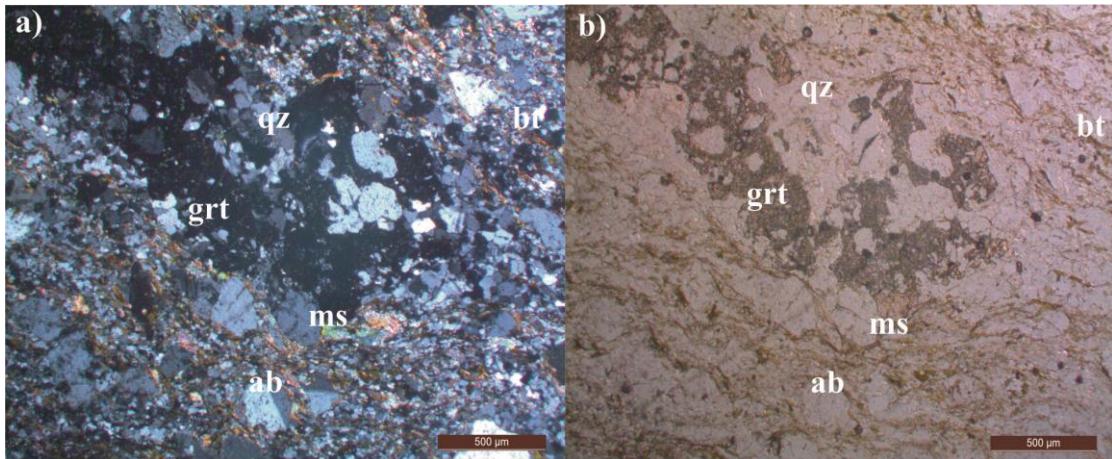
Epidot amfibolşist örnekleri nematogranoblastik dokuda olup ana bileşen olarak bol miktarda orta taneli, özşekilsiz-yarı özşekilli, klinozoisit, epidot türünde epidot grubu minerallerinden ve orta yer yer ince taneli, prizmatik yapıda, yeşil pleokroizmaya sahip klinoamfibol minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 5.a,b). Plajiyoklaz mineralleri orta taneli yapıda polisentetik ikizlenmesi ile tipiktir. Kuvars mineralleri orta taneli, özşekilsiz çoğunlukla yönlenmeye paralel bantlar şeklinde bir dizilime sahiptir. Tali bileşen olarak titanit minerallerine rastlanılmaktadır. Kayada yönlenme belirgindir. Kaya yapılan incelemeler sonucunda sahip olduğu mineralojik bileşim ve dokusal özelliklere göre epidot amfibolşist olarak adlandırılmış olup kaya muhtemelen amfibolit fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.



Şekil 5. Epidot amfibolitşist örneğinde gözlenen nematoblastik doku ve klinzoisit minerallerinin mikrofotografı (a-çapraz nikol, b-paralel nikol, czo: klinzoisit, cam: klinoamfibol)

Granat mikaşist

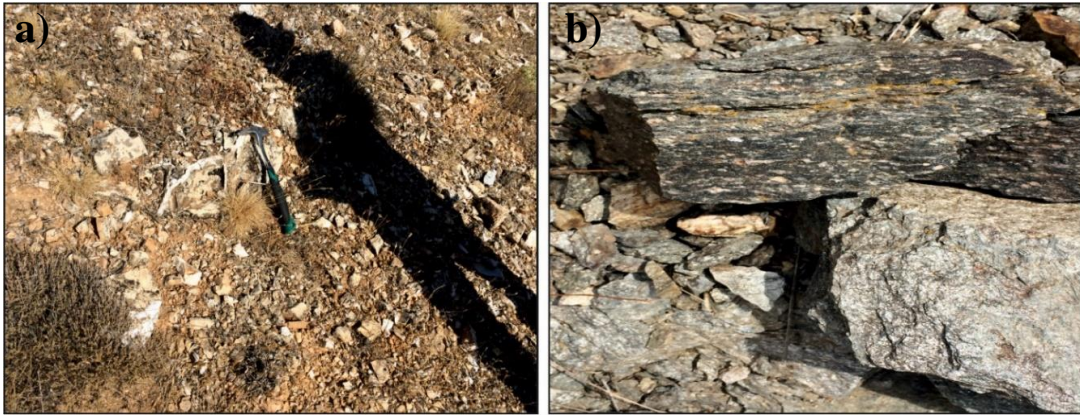
Granat mikaşistler, el örneğinde belirgin foliasyon ve lineasyona sahip kaya gruplarıdır. Lepidogranoblastik yer yer lepidoporfiroblastik dokuya sahip olan bu kaya grubunda, ana felsik mineral olarak plajiyoklaz, kuvars az miktarda ortoklaz içerirler (Şekil 6.a,b). Ayrıca örnek başlıca biyotit ve bununla birlikte az miktarda kalsit, epidot ve granat mineralleri içerir. Kuvarslarda tektonizmaya bağlı olarak, kataklazma izleri ve dalgalı sönme gözlenmektedir. Mika minerallerinde paralel sönme gözlenmekte olup, biyotit minerallerinde dilinim izleri boyunca opasitleşme ve yer yer kloritleşme gözlenmektedir. Granatlar genellikle orta yer yer iri taneli formlarda, bol kırıklı ve çatlaklıdır. Kaya yapılan incelemeler sonucunda sahip olduğu mineralojik bileşim ve dokusal özelliklere göre granat mikaşist olarak adlandırılmış olup kaya muhtemelen yeşilşist fasiyesi granat zonu koşullarında metamorfize olmuştur.



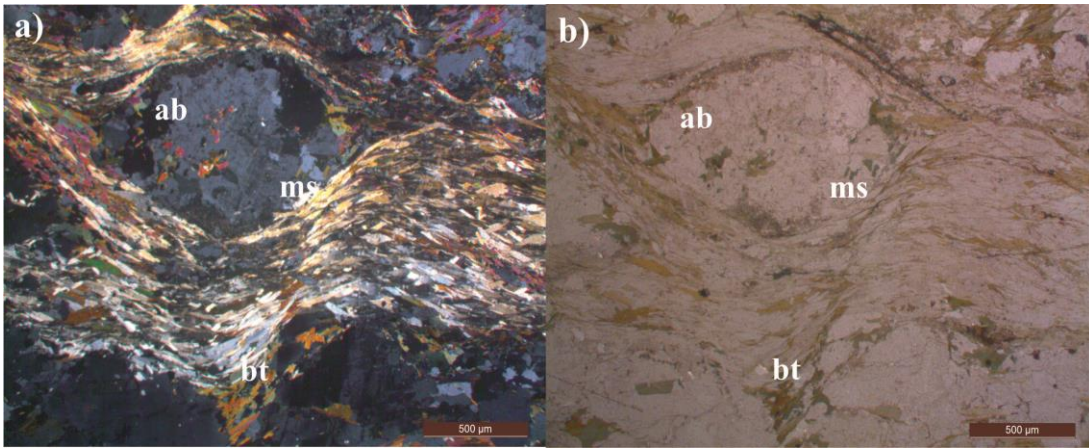
Şekil 6. Granat mika kuvarşistte gözlenen lepidoporfiroblastik doku ve granat minerallerinin mikrofotografı (a-çapraz nikol, b-paralel nikol, qz: kuvars, grt: granat, ms: muskovit, ab: albit, bt: biyotit)

Mika kuvarşist / Albit mikaşist

Mika kuvarşist; albit mikaşist grafit biyotitşist, kalkşist kaya grubları el örneğinde açık gri renkli, belirgin foliasyon ve lineasyona sahiplerdir. Şekil 7.a,b'de albit mikaşist kayalarının arazi görüntüsü görülmektedir. Lepidoporfiroblastik dokuya sahip olan örnek, ana felsik mineral olarak kuvars, plajiyoklaz, albit ve daha az miktarda ortoklaz içerirler. Ayrıca, bu minerallere paralel olarak biyotit, muskovit, epidot ve kalsit mineralleri ile birlikte tali bileşen olarak turmalin minerallerini içerir. Tektonik deformasyona bağlı olarak albit minerallerinin kenarlarında ufalanma, biyotitlerde mikrokıvrımlar gelişmiştir. Ayrıca albit minerallerinde gözlü doku gelişmiştir (Şekil 8.a,b). Kayaç muhtemelen yeşilşist fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.



Şekil 7. Albit mikaşist kayalarının a) uzak b) yakın arazi görüntüsü



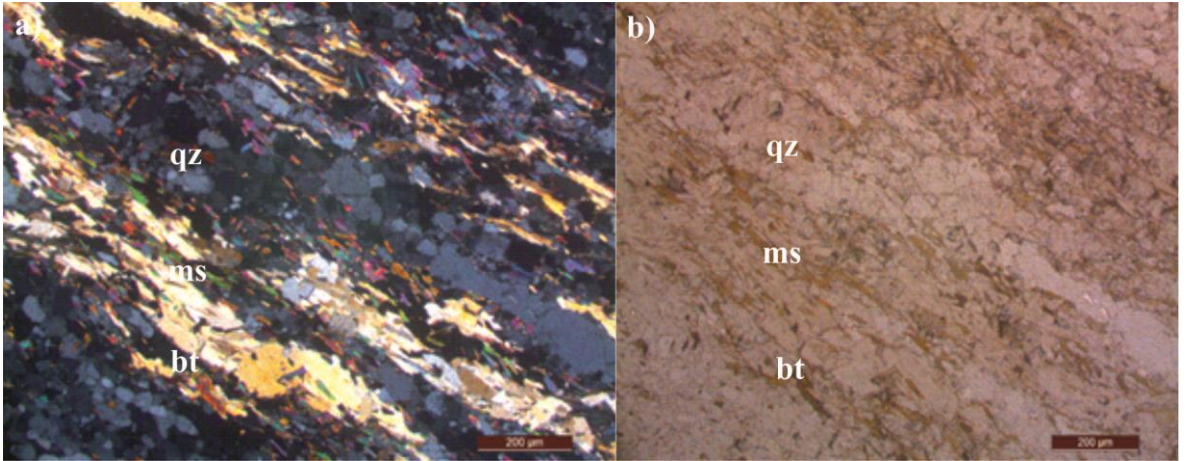
Şekil 8. Albit mikaşistte gözlenen gözlü doku ve albit minerallerinin mikrofotografı (a-çapraz nikel, b-paralel nikel, ab: albit, ms: muskovit, bt: biyotit)

Mika kuvarşist kayaları arazide açık gri renklere, belirgin yönlenmeye sahip olarak gözlenmektedir (Şekil 9.a,b). Lepidogranoblastik dokuda gözlenen mika kuvarşist örneği, orta taneli, özşekilsiz kuvars mineralleri ile birlikte polisentetik ikizlenmeye sahip plajiyoklaz ve orta taneli, özşekilsiz ortoklaz minerallerinden oluşmaktadır. Kayada gözlenen biyotit ve muskovit mineralleri lepidoblastik dokuda gelişmiş olup orta taneli, yarı özşekilli, dilinimli yapıdadır. Biyotit mineralleri kahverengi pleokroizmaya sahiptir. Ayrıca, kuvarslarda dalgalı sönme ve mika minerallerinde mikrokıvrımlanma

kataklastik deformasyona bağlı olarak gelişmiştir (şekil 10.a,b). Kayada yer alan mineraller birbirine paralel bir dizilim gstermektedir. Kayada ynenme belirgindir. Kayaç muhtemelen yeşilşist fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.

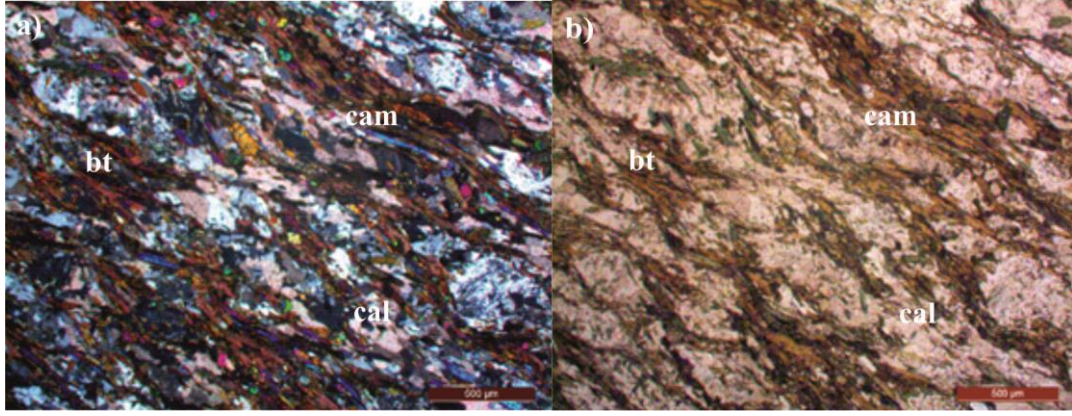


şekil 9. Mika kuvarşist kayalarının a) uzak b) yakın arazi gdrntüsü



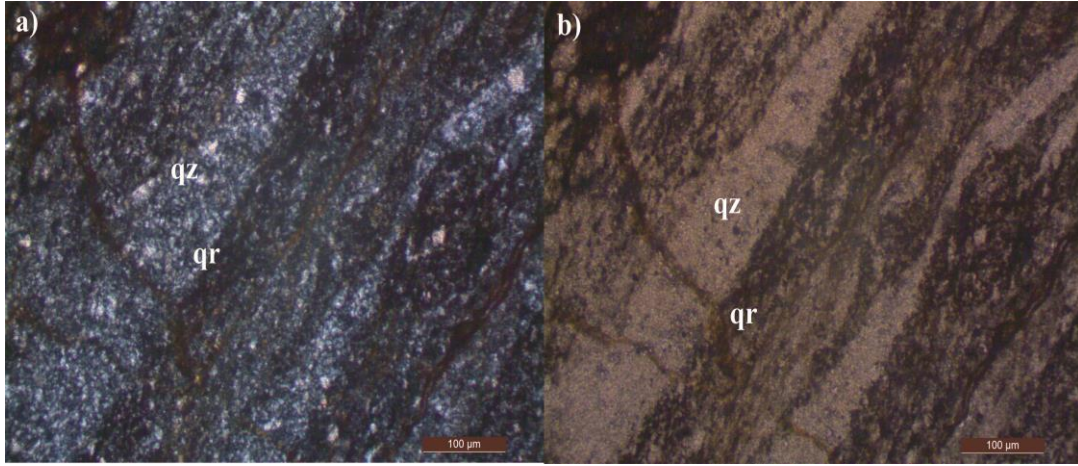
şekil 10. Mika kuvarşist orneğinde mika minerallerinde gzlener lepidoblastik dokunun mikrofotografı (a-ęapraz nikel, b-paralel nikel, ms: muskovit, bt: biyotit, qz: kuvars)

Kalkşistler lepidogranoblastik dokuya sahip olup, ana bileşen olarak orta taneli, ozşekilsiz yapıda kalsit ve kuvars minerallerini içerir. Bu minerallere paralel olarak gelişmiş muskovit mineralleri de bulunmaktadır. Aralarda az miktarda yer alan biyotitler kahverengi pleokroizması ile tipiktir. Klinoamfibol mineralleri ince taneli, prizmatik yapıdadır (şekil 11.a,b). Epidotlar orta taneli, ozşekilsiz yapıdadır. Kalsit mineralleri genellikle orta taneli, ozşekilsiz formlarda ynenmeye paralel bantlar şeklinde bir dizilime sahiptir. Kataklastik deformasyona bağlı olarak kuvarşlarda dalgalı sönme gelişmiştir. Kayada tali bileşen olarak titanit minerallerine rastlanılmaktadır. Ayrıca kayada bol miktarda opak mineral bulunmaktadır. Kayada yer alan mineraller birbirine paralel uzanmaktadır. Ynenme belirgindir. Kaya muhtemelen karbonatca zengin detritik kokenli sedimanter bir kayanın yeşilşist fasiyesi koşullarında metamorfizması sonucu oluşmuştur.



Şekil 11. Kalkıştiste gözlenen lepidoblastik doku ve kalsit minerallerinin mikrofotografı (a-çapraz nikol, b-paralel nikol, cal: kalsit, cam: klinoamfibol, bt: biyotit)

Grafit kuvarşşist örneği granoblastik dokuda gelişmiş olup ana bileşen olarak ince taneli, kuvars ve grafit minerallerinden oluşmaktadır. Kuvarslara paralel orta yer yer ince taneli, yarı özşekilli serizit mineralleri gözlenmektedir. Serizitli seviyelerde yer yer mikrokıvrımlar gelişmiştir (Şekil 12.a,b). Tali bileşen olarak yarı özşekilli turmalin mineralleri yer almaktadır. Yönlenme belirgindir. Kayada yer alan mineraller birbirine paralel uzanmaktadır. Kaya muhtemelen düşük dereceli (yeşilşist fasiyesi) metamorfizma sonucu oluşmuştur.



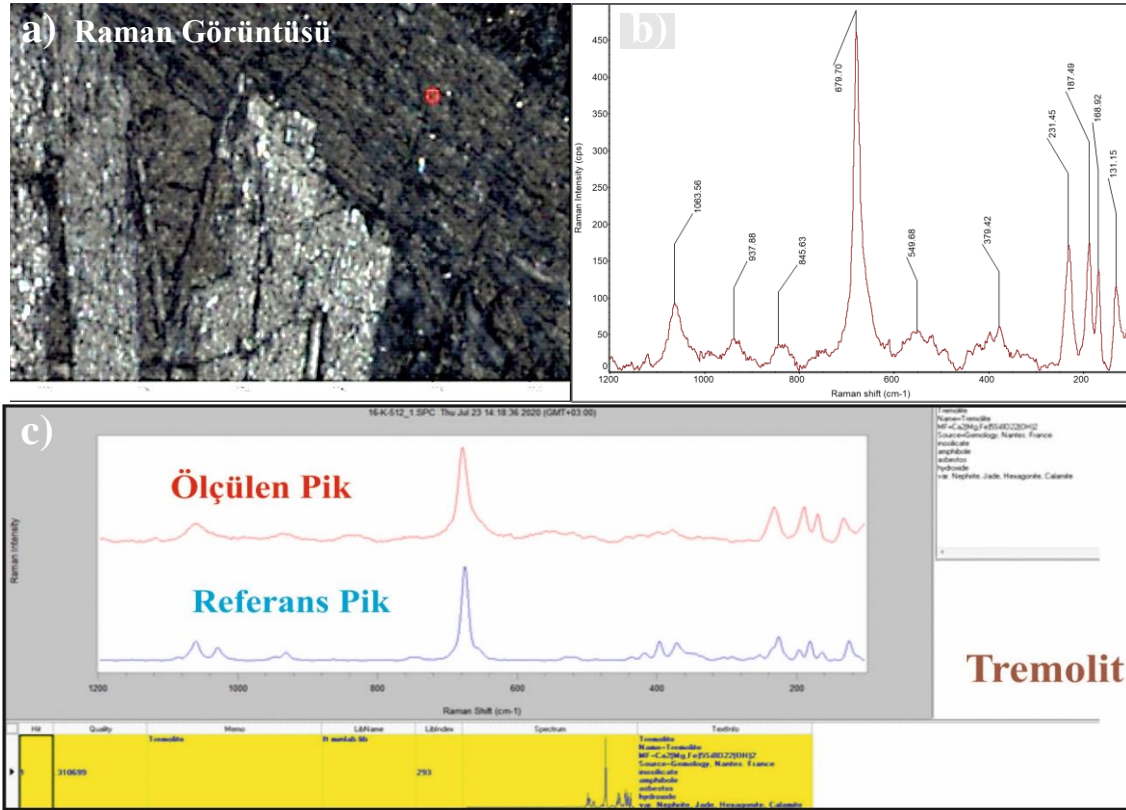
Şekil 12. Grafit kuvarşşistte gözlenen lepidoblastik doku ve grafit minerallerinin mikrofotografı (a-çapraz nikol, b-paralel nikol, qr: grafit, qz: kuvars)

4.2. Konfokal Raman Spektroskopisi

Petrografik örneklerden Konfokal Raman Spektrometre (KRS) çalışmaları yapılmıştır. Radyometrik yaşlandırmalarda taze altere göstermeyen mineraller üzerinde yapılması gerekmektedir. Raman çalışmasının ana amacı özellikle mineral seçimi sırasında taze metamorfik minerallerin belirlenmesi ve mineral parajenezi verilirken spektroskopik olarak belirlenmesi için bu yöntem uygulanmıştır.

Aktinolit tremolitşist örneğinde yapılan Konfokal Raman Spektrometre (KRS) çalışmalarıyla klinoamfibollerin tremolit bileşiminde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 13.a,b,c). Tremolit bileşimindeki klinoamfibol minerallerinin Raman spektrumunda, $679,70 \text{ cm}^{-1}$, $231,45 \text{ cm}^{-1}$ ve $187,49 \text{ cm}^{-1}$ 'de güçlü

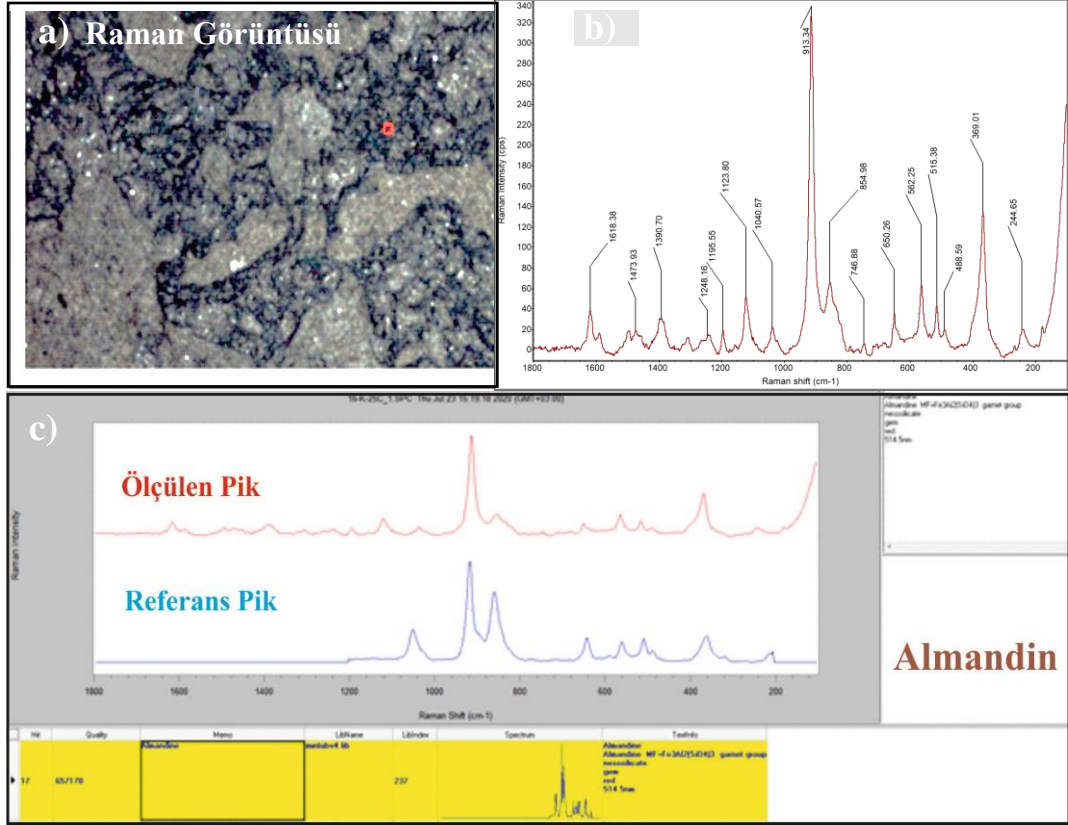
Raman kaymalarına sahip pikler gözlenirken, bu piklerin yanında $937,88 \text{ cm}^{-1}$, $845,63 \text{ cm}^{-1}$ ve $379,42 \text{ cm}^{-1}$ 'de zayıf kaymalar da gözlenmektedir.



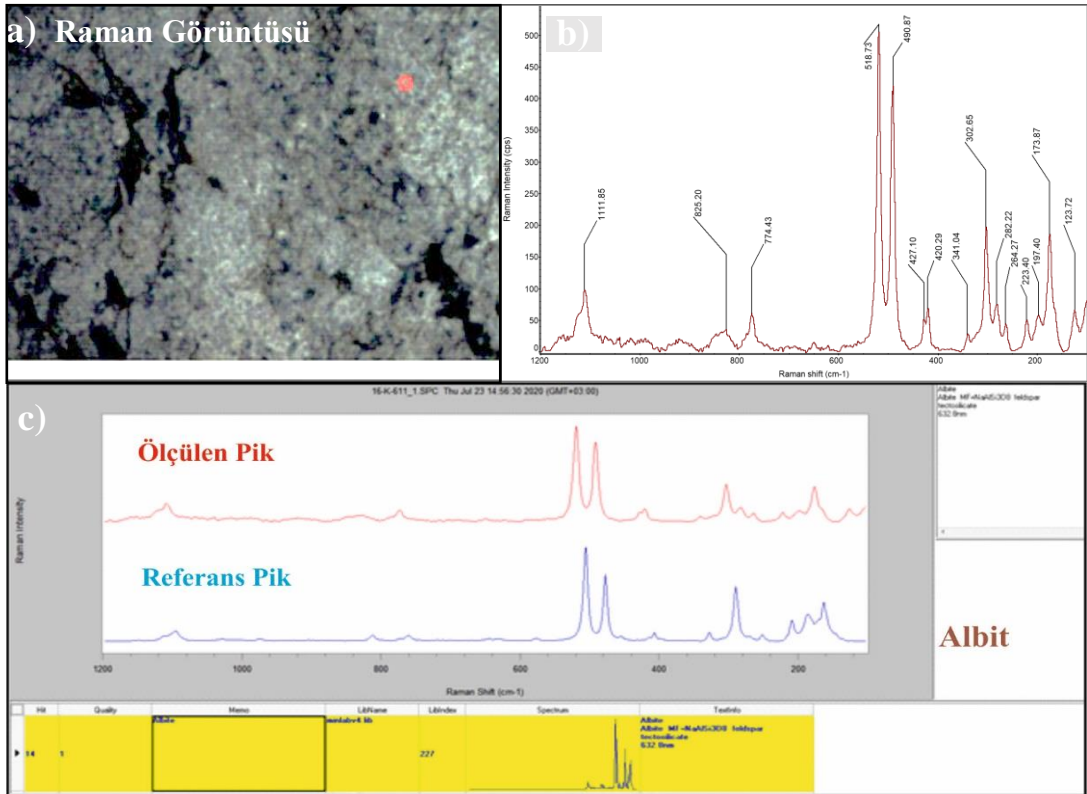
Şekil 13. Aktinolit tremolitişt örneklerinde bulunan tremolite bileşimindeki kloroamfibol mineralinin a) Raman mikroskop görüntüsü, b) Raman pikleri ve c) Raman piklerinin “Spectral ID” yazılım programındaki standart mineral karşılığı

Granat mikaşist kayacında yapılan KRS çalışmalarıyla granat mineralinin türü almandin bileşiminde olduğu tespit edilmiştir. Almandin mineralinin bileşiminde, güçlü Raman kaymaları $913,34 \text{ cm}^{-1}$, $562,25 \text{ cm}^{-1}$ ve $369,01 \text{ cm}^{-1}$ 'de gözlenirken, daha zayıf kaymalar ise $1473,93 \text{ cm}^{-1}$, $1390,70 \text{ cm}^{-1}$ ve $1248,16 \text{ cm}^{-1}$ 'de gözlenmektedir (Şekil 14.a,b,c).

Mika kuvarşist kayacında yapılan KRS çalışmalarıyla plajiyoklaz mineralinin albit bileşiminde olduğu tespit edilmiştir. Albit bileşimindeki plajiyoklaz mineralinin yüksek Raman kaymaları $518,73 \text{ cm}^{-1}$, $490,87 \text{ cm}^{-1}$, $302,65 \text{ cm}^{-1}$ ve $173,87 \text{ cm}^{-1}$ 'de gözlenirken, $825,20 \text{ cm}^{-1}$, $774,43 \text{ cm}^{-1}$, $123,72 \text{ cm}^{-1}$ 'de düşük kaymalar gözlenmektedir. Mika kuvarşist kayacında yer alan albit bileşimindeki plajiyoklaz mineralinin Raman görüntüsü Şekil 15.a,b,c'de verilmiştir.



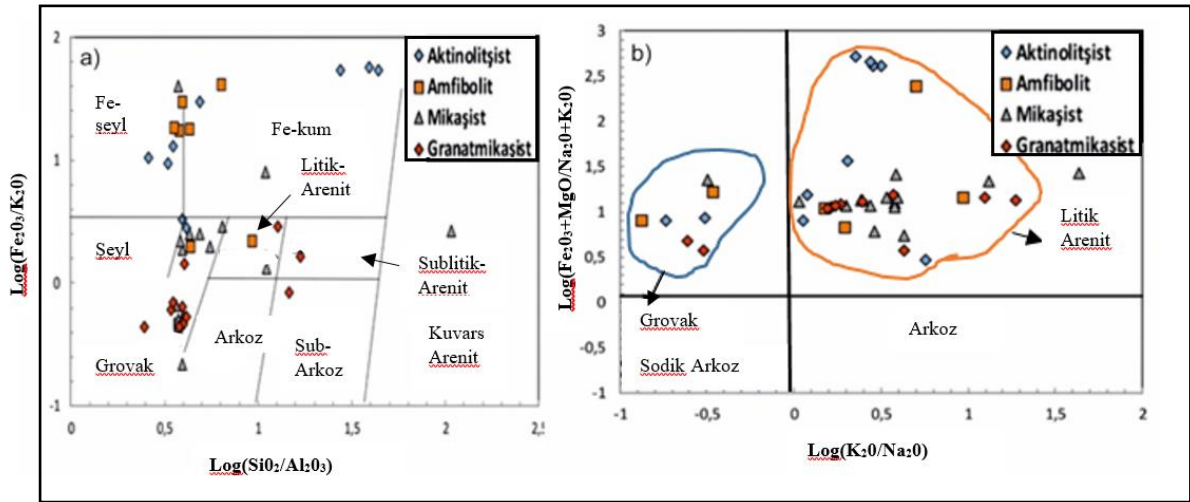
Şekil 14. Granat mikaşist kayacında gözlenen almandin bileşiminde granat mineralinin a) Raman mikroskop görüntüsü, b) Raman pikleri ve c) Raman piklerinin “Spectral ID” yazılım programındaki standart mineral karşılığı



Şekil 15. Mika kuvarşist kayacında yer alan albit mineralinin a) Raman mikroskop görüntüsü, b) Raman pikleri ve c) Raman piklerinin “Spectral ID” yazılım programındaki standart mineral karşılığı

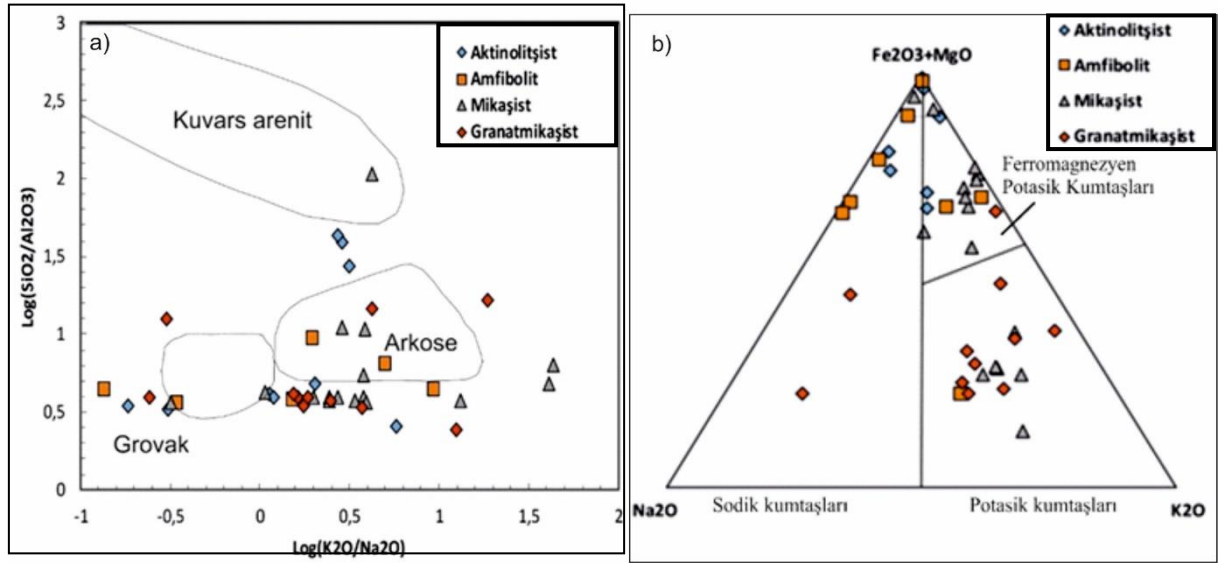
4.3. Jeokimya

Kimyasal analizler için aktinolitİst kayalarında 9, amfibolit kayalarında 7, mikaİst kayalarında 13, granat mikaİst kayalarında 9 örnek seçilmiİtir. Analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiİtir. Örnelerin kimyasal bileİimlerini ve kaynak kaya iliİkilerini belirlemek için yapİlan bu analiz sonuçlarının değerlendirmeleri, ilgili kimyasal ayİrum diyagramları üzerinde yorumlanarak gerçekleİtirilmiİtir. Çalıİma alanİ içerisinde yer alan kayaların detritik kokenli olduğu ve bunların kumtaİı, silttaİı ve kilttaİı olmasından dolayı farklı alanlara dağılımİu gozlenmektedir (Şekil 16.a,b). Benzer şekilde kayaların $\text{Log}(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ 'ye karİşın $\text{Log}(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ çizildiğinde kayaların yine detritik kokenli litik arenit ve grovak alanİna düştüğü gorülmüştür (Şekil 16.b).



Şekil 16.a,b. Kumtaİlarının alternatif kimyasal sınıflandırmaları (Lindsey, 2005'den değiİtirilerek alınİştİr)

Kayaların kısmen arkoz, az miktarda kuvars arenit alanİna düşmektedir (Şekil 17.a). Ayrıca kayaların potasik olduğu bir kısmının demirli potasik olduğu gorülmektedir (Şekil 17.b). Yapİlan kimyasal analiz sonuçlarına gore bolgede yer alan metamorfilerin kırıntılı sedimanter kokenli oldukları belirlenmiİtir. Ancak bu kırıntılıların bileİimlerinin homojen olmadİğİ, mafik bileİşence zengin olan kırıntılı kayalar amfibolitlerin, kil minerallerince zengin olan kırıntılı kayalar ise mikaİst ve granat mikaİst bileİşimindeki kayaların oluİşmasına neden olmuİtir.



Şekil 17.a,b. Kırşehir masifi metamorfik kayaların olası kökeni (Lindsey, 2005'den değiştirilerek alınmıştır)

Tablo 1. Kırşehir metamorfitlerinin ana (%) -iz element (ppm) analiz sonuçları

| Kaya Türü | Aktinolitist | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| Örnek No | 16-K-509 | 16-K-510 | 16-K-589 | 16-K-595 | 16-K-598 | 16-K-593 | 16-K-595 | 16-K-618 | 16-K-630 | |
| Na ₂ O (%) | 0,05 | 0,05 | 1,57 | 0,06 | 0,04 | 2,04 | 0,04 | 2,20 | 0,04 | |
| MgO | 18,30 | 17,93 | 2,08 | 2,03 | 19,87 | 5,81 | 22,55 | 3,39 | 0,01 | |
| Al ₂ O ₃ | 2,10 | 1,52 | 9,67 | 4,95 | 1,30 | 13,82 | 0,01 | 14,29 | 13,63 | |
| SiO ₂ | 58,05 | 59,04 | 40,25 | 24,19 | 57,15 | 48,41 | 58,62 | 47,38 | 35,62 | |
| P ₂ O ₅ | 0,00 | 0,01 | 0,13 | 0,09 | 0,02 | 0,16 | 0,01 | 0,20 | 0,08 | |
| SO ₃ | 0,12 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,13 | 0,11 | 0,11 | 0,18 | 0,09 | |
| K ₂ O | 0,15 | 0,13 | 1,78 | 0,12 | 0,12 | 0,37 | 0,10 | 0,67 | 0,23 | |
| CaO | 12,21 | 12,26 | 19,52 | 35,23 | 12,23 | 16,36 | 10,39 | 15,48 | 22,97 | |
| TiO ₂ | 0,08 | 0,12 | 0,55 | 0,28 | 0,04 | 0,60 | 0,01 | 0,62 | 0,55 | |
| V ₂ O ₅ | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | |
| Cr ₂ O ₃ | 0,26 | 0,21 | 0,01 | 0,01 | 0,15 | 0,01 | 0,20 | 0,01 | 0,01 | |
| MnO | 0,19 | 0,19 | 0,04 | 0,18 | 0,17 | 0,21 | 0,13 | 0,12 | 0,09 | |
| Fe ₂ O ₃ | 7,91 | 7,38 | 4,98 | 3,75 | 6,49 | 4,89 | 5,66 | 6,39 | 2,38 | |
| LOI | 0,43 | 1,44 | 19,74 | 28,73 | 2,56 | 7,93 | 2,66 | 9,63 | 24,74 | |
| Toplam | 99,86 | 100,40 | 100,43 | 99,73 | 100,29 | 100,74 | 100,49 | 100,59 | 100,46 | |
| Cu (ppm) | 1,5 | 1,3 | 31 | 38,6 | 1,1 | 2 | 0,5 | 309,3 | 33,7 | |
| Zr | 4 | 19,2 | 124,6 | 69,6 | 3,9 | 173,6 | 4,2 | 199,4 | 120,6 | |
| Co | 49,8 | 78,1 | 33,6 | 62,3 | 37,9 | 55,7 | 61,7 | 52,1 | 21,7 | |
| Ga | 6,9 | 6,2 | 15,1 | 10 | 5,6 | 13,4 | 2,6 | 24,1 | 16,7 | |
| Rb | 1,1 | 0,9 | 71,6 | 1,7 | 0,7 | 8,1 | 0,3 | 14,7 | 7,3 | |
| Sr | 19,1 | 22,9 | 500,3 | 817,2 | 20,6 | 611,1 | 18,5 | 751,2 | 121,1 | |
| Y | 2,7 | 4,7 | 21,5 | 21,8 | 5,6 | 30,2 | 0,8 | 52,2 | 20,1 | |
| Nb | 2,6 | 2,9 | 14,7 | 3,9 | 2,9 | 12,1 | 3,5 | 12,1 | 10,8 | |
| Ba | 14,5 | 8,6 | 469,8 | 56,9 | 17,5 | 92,3 | 9,6 | 332,7 | 32,7 | |
| Hf | 2,7 | 2,5 | 5,9 | 3,7 | 2,5 | 2 | 2,5 | 8,1 | 3,6 | |
| Ta | 5,6 | 5 | 5 | 4,4 | 4,9 | 2,5 | 4,7 | 9,8 | 4,2 | |
| Tl | 0,8 | 0,4 | 0,9 | 1 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 1,1 | 1 | |
| Pb | 2,3 | 3,4 | 23,3 | 18,8 | 2,3 | 20 | 2,4 | 18 | 18,9 | |
| Th | 0,6 | 0,6 | 12,7 | 4 | 0,6 | 14,8 | 0,5 | 16 | 8 | |
| U | 8,7 | 8,3 | 8,3 | 9,9 | 8,2 | 8,2 | 7,6 | 8,2 | 8,1 | |
| Ce | 15,1 | 10 | 62,3 | 35,5 | 22,3 | 71,6 | 9,8 | 84,2 | 58 | |

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Br | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Tablo 1. Kırşehir metamorfitlelerinin ana (%)-iz element (ppm) analiz sonuçları (devamı)

| Kaya Türü | Amfiboloşist | | | | | Mikaşist | | | |
|------------------------------------|--------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 18-MGN-319 | 16-K-512 | 16-KY-513 | 16-K-591 | 16-K-592 | 16-K-594 | 16-K-631 | 16-K-521 | 16-K-522 |
| Örnek No | | | | | | | | | |
| Na₂O (%) | 1,50 | 4,65 | 0,06 | 0,73 | 2,31 | 4,78 | 0,26 | 0,88 | 0,67 |
| MgO | 8,93 | 5,78 | 12,88 | 1,48 | 4,56 | 0,21 | 1,69 | 2,75 | 2,64 |
| Al₂O₃ | 14,10 | 15,32 | 7,93 | 7,23 | 12,89 | 16,79 | 10,42 | 14,39 | 10,88 |
| SiO₂ | 50,84 | 58,67 | 51,39 | 67,94 | 56,15 | 63,94 | 45,94 | 56,99 | 60,55 |
| P₂O₅ | 0,24 | 0,14 | 0,12 | 0,10 | 0,17 | 0,21 | 0,14 | 0,14 | 0,13 |
| SO₃ | 0,19 | 0,12 | 0,11 | 0,23 | 0,12 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,12 |
| K₂O | 0,53 | 0,31 | 0,29 | 1,45 | 0,31 | 7,35 | 2,47 | 3,34 | 2,53 |
| CaO | 12,40 | 8,38 | 12,14 | 11,19 | 14,06 | 1,14 | 20,53 | 12,05 | 12,90 |
| TiO₂ | 0,72 | 0,69 | 0,95 | 0,60 | 0,59 | 0,21 | 0,55 | 0,62 | 0,74 |
| V₂O₅ | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Cr₂O₃ | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| MnO | 0,37 | 0,10 | 0,26 | 0,06 | 0,17 | 0,06 | 0,10 | 0,15 | 0,10 |
| Fe₂O₃ | 9,45 | 5,34 | 11,85 | 3,16 | 5,50 | 3,34 | 4,80 | 6,31 | 4,99 |
| LOI | 0,73 | 0,34 | 1,66 | 5,83 | 3,28 | 1,65 | 12,85 | 1,98 | 3,22 |
| Toplam | 100,04 | 99,87 | 99,72 | 100,01 | 100,13 | 99,83 | 99,91 | 99,75 | 99,49 |
| Cu (ppm) | 10,4 | 0,4 | 1,6 | 14,7 | 54,3 | 4,2 | 23 | 27,7 | 21,4 |
| Zr | 124,6 | 221 | 204,9 | 159,1 | 161,4 | 231,4 | 162,2 | 221,3 | 158,8 |
| Co | 59,1 | 61,8 | 46,2 | 44,9 | 41,8 | 32,8 | 14,2 | 50,6 | 44,6 |
| Ga | 17 | 14,8 | 17,5 | 12,4 | 16,6 | 20 | 14,8 | 21,9 | 14,5 |
| Rb | 8 | 5,2 | 4,8 | 50,3 | 5,7 | 198,7 | 73,9 | 128,5 | 90,5 |
| Sr | 278,6 | 638,4 | 85,9 | 413,7 | 450,5 | 44,1 | 439,7 | 299,8 | 326,5 |
| Y | 32,6 | 35,1 | 26,9 | 16,9 | 28,2 | 18,3 | 25,9 | 33,5 | 25,3 |
| Nb | 6,2 | 13,9 | 23,7 | 11 | 17,4 | 22,3 | 18,6 | 26,8 | 9,6 |
| Ba | 220,6 | 32,1 | 21,2 | 236,9 | 244,5 | 134,3 | 382,6 | 641 | 431,5 |
| Hf | 2,8 | 1,9 | 2,7 | 2,3 | 4,1 | 1,9 | 2,8 | 3,2 | 3,3 |
| Ta | 3,2 | 4,8 | 4,2 | 4,6 | 4,4 | 2,3 | 3,5 | 3,6 | 3,2 |
| Tl | 1 | 0,5 | 1,1 | 1 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 1 | 0,9 |
| Pb | 16,2 | 29,8 | 5,2 | 16,9 | 13,9 | 14,6 | 20,2 | 30,4 | 19,4 |
| Th | 7,1 | 20 | 6,6 | 6 | 12,3 | 19,3 | 10,3 | 16 | 11,1 |
| U | 8,8 | 10,7 | 9,2 | 12,2 | 8,4 | 6,5 | 9,5 | 7,9 | 7,3 |
| Ce | 77,4 | 87,5 | 36,7 | 44,3 | 61,6 | 67,1 | 23,3 | 83,8 | 45,2 |
| Br | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,7 |

Tablo 1. Kırşehir metamorfitlelerinin ana (%)-iz element (ppm) analiz sonuçları (devamı)

| Kaya Türü | Mikajışt | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Örnek No | 16-K-512 | 16-K-543 | 16-K-601 | 16-K-603 | 16-K-617 | 16-K-637 | 16-K-671 | 16-KY-08 | 16-KY-10 | 16-KY-25 |
| Na₂O (%) | 4,65 | 0,04 | 3,29 | 3,84 | 0,05 | 0,18 | 0,65 | 3,56 | 2,16 | 3,53 | 2,94 |
| MgO | 5,78 | 0,79 | 2,44 | 0,20 | 1,27 | 0,48 | 1,09 | 0,66 | 0,88 | 0,02 | 0,57 |
| Al₂O₃ | 15,32 | 12,08 | 13,24 | 16,32 | 2,96 | 0,86 | 7,03 | 15,91 | 15,31 | 16,57 | 16,35 |
| SiO₂ | 58,67 | 78,27 | 56,95 | 64,85 | 32,21 | 92,91 | 78,45 | 63,02 | 55,92 | 65,23 | 61,44 |
| P₂O₅ | 0,14 | 0,10 | 0,24 | 0,13 | 0,07 | 0,12 | 0,11 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,16 |
| SO₃ | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,14 | 0,09 | 0,15 | 0,13 | 0,11 | 0,13 | 0,12 | 0,13 |
| K₂O | 0,31 | 1,69 | 3,53 | 7,63 | 0,20 | 0,77 | 1,87 | 8,73 | 8,51 | 9,65 | 9,93 |
| CaO | 8,38 | 0,47 | 10,05 | 0,70 | 30,34 | 0,27 | 3,21 | 2,88 | 5,70 | 0,48 | 2,40 |
| TiO₂ | 0,69 | 1,24 | 0,59 | 0,21 | 0,21 | 0,07 | 0,52 | 0,29 | 0,30 | 0,21 | 0,30 |
| V₂O₅ | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Cr₂O₃ | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MnO | 0,10 | 0,04 | 0,42 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,08 | 0,08 | 0,36 | 0,01 | 0,15 |
| Fe₂O₃ | 5,34 | 4,81 | 8,83 | 4,16 | 1,63 | 2,07 | 2,47 | 4,39 | 5,57 | 2,12 | 4,35 |
| LOI | 0,34 | 0,44 | 0,15 | 1,46 | 30,72 | 2,68 | 4,73 | 0,64 | 4,98 | 1,75 | 1,85 |
| Toplam | 99,87 | 100,14 | 99,92 | 99,70 | 99,80 | 100,60 | 100,36 | 100,44 | 99,96 | 99,82 | 100,58 |
| Cu (ppm) | 0,4 | 19,5 | 22,5 | 7,3 | 81 | 14,2 | 2,2 | 7,7 | 16,7 | 1,3 | 4,2 |
| Zr | 221 | 132,1 | 96,7 | 214,4 | 46,5 | 14,6 | 164,7 | 119,4 | 90,1 | 255,6 | 91,9 |
| Co | 61,8 | 38,8 | 50 | 36,9 | 62 | 106,1 | 38,5 | 45,3 | 40,8 | 27,7 | 39,8 |
| Ga | 14,8 | 12,3 | 14,6 | 14,9 | 2,2 | 4,1 | 7,9 | 16,6 | 14,9 | 16,5 | 16,9 |
| Rb | 5,2 | 42,3 | 202,5 | 187,3 | 6,3 | 17,9 | 52,2 | 180,7 | 194,1 | 250,7 | 208 |
| Sr | 638,4 | 12,2 | 256,8 | 47,8 | 613,9 | 55,4 | 34,5 | 126,5 | 203,5 | 48 | 92,4 |
| Y | 35,1 | 17,9 | 22,3 | 20,1 | 17 | 26,2 | 16,6 | 17,1 | 17,6 | 38,8 | 15,8 |
| Nb | 13,9 | 16,9 | 9,9 | 20,7 | 7,1 | 2,7 | 13,1 | 13,7 | 11,3 | 29,2 | 10,8 |
| Ba | 32,1 | 185,1 | 387 | 136,7 | 91 | 68,2 | 269,7 | 482,2 | 431,5 | 288,5 | 511,7 |
| Hf | 1,9 | 2,4 | 3 | 4,1 | 12 | 2 | 1,6 | 1,7 | 2,8 | 1,6 | 2,4 |
| Ta | 4,8 | 2,1 | 3,7 | 4,1 | 13 | 3,3 | 6,7 | 2,5 | 3 | 3,9 | 3,1 |
| Tl | 0,5 | 1,5 | 0,4 | 0,6 | 2,4 | 2 | 1,4 | 0,5 | 1 | 2,1 | 0,8 |
| Pb | 29,8 | 30,1 | 137,9 | 18,6 | 8,9 | 0,9 | 14,4 | 13,3 | 12,1 | 13,5 | 11,8 |
| Th | 20 | 7 | 7,8 | 17,5 | 4,8 | 1,7 | 8,4 | 10,5 | 9,2 | 21,3 | 10,6 |
| U | 10,7 | 6,4 | 8,5 | 6,4 | 14,2 | 5 | 7,1 | 7,9 | 8,9 | 6,8 | 15,6 |
| Ce | 87,5 | 44,6 | 59,1 | 86,4 | 31,7 | 33 | 43,5 | 61 | 62,1 | 84,1 | 65,1 |
| Br | 0,2 | 0,2 | 0,7 | 0,2 | 0,7 | 1,9 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,7 | 0,6 |

Tablo 1. Kırşehir metamorfitlelerinin ana (%)-iz element (ppm) analiz sonuçları (devamı)

| Kaya Türü | Granat mikaşist | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Örnek No | 16-KY-519 | 16-K-524 | 16-K-593 | 16-K-602 | 16-K-664 | 16-KY-02 | 16-KY-12 | 16-KY-16 |
| Na₂O (%) | 3,66 | 2,55 | 4,65 | 4,01 | 0,27 | 2,99 | 3,88 | 4,55 | 8,09 |
| MgO | 0,10 | 1,13 | 0,14 | 0,22 | 0,45 | 0,88 | 0,60 | 0,22 | 0,19 |
| Al₂O₃ | 16,92 | 17,49 | 16,56 | 16,27 | 5,85 | 5,98 | 17,51 | 15,89 | 16,66 |
| SiO₂ | 64,59 | 60,04 | 66,22 | 64,47 | 85,58 | 75,85 | 61,62 | 66,12 | 66,95 |
| P₂O₅ | 0,12 | 0,20 | 0,14 | 0,14 | 0,06 | 0,06 | 0,20 | 0,11 | 0,12 |
| SO₃ | 0,13 | 0,13 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| K₂O | 9,06 | 9,50 | 7,64 | 7,41 | 1,15 | 0,91 | 6,75 | 7,07 | 1,97 |
| CaO | 0,60 | 1,24 | 0,67 | 0,94 | 0,16 | 4,71 | 2,50 | 0,55 | 1,09 |
| TiO₂ | 0,21 | 0,34 | 0,21 | 0,21 | 0,16 | 0,25 | 0,32 | 0,20 | 0,20 |
| V₂O₅ | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Cr₂O₃ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MnO | 0,05 | 0,13 | 0,05 | 0,07 | 0,03 | 0,09 | 0,15 | 0,15 | 0,03 |
| Fe₂O₃ | 3,98 | 5,76 | 3,54 | 4,71 | 0,97 | 2,60 | 4,74 | 3,76 | 2,82 |
| LOI | 0,83 | 1,97 | 0,12 | 1,68 | 5,73 | 5,84 | 1,69 | 1,79 | 1,85 |
| Toplam | 100,28 | 100,49 | 100,12 | 100,30 | 100,57 | 100,31 | 100,11 | 100,54 | 100,11 |
| Cu (ppm) | 3,1 | 16,6 | 2,1 | 16,2 | 7,5 | 15,8 | 9,2 | 1,1 | 15,8 |
| Zr | 224,1 | 90,6 | 230,9 | 194,2 | 63,3 | 94,4 | 135,4 | 212,2 | 204,7 |
| Co | 40,2 | 34,1 | 37,2 | 67,7 | 44 | 64,5 | 34,9 | 26,2 | 34,4 |
| Ga | 17,9 | 15,4 | 18,9 | 16,8 | 4,5 | 10 | 17 | 18 | 18,1 |
| Rb | 260,1 | 247,2 | 215,8 | 191,6 | 28,5 | 31,3 | 196,1 | 170,1 | 59,5 |
| Sr | 68,9 | 130,9 | 44,8 | 52,5 | 22 | 131,2 | 124,5 | 48,8 | 99,7 |
| Y | 13,1 | 19,6 | 18,1 | 24,9 | 7,7 | 30,7 | 27 | 22,9 | 20 |
| Nb | 22,1 | 13,6 | 23,9 | 24,8 | 2,6 | 16,6 | 21,4 | 21,7 | 20,4 |
| Ba | 211,9 | 507,3 | 128,4 | 185,6 | 166,9 | 148,7 | 446,3 | 157,1 | 112,4 |
| Hf | 5 | 2,2 | 4,8 | 2,4 | 1,6 | 2,4 | 2,3 | 2,1 | 2,4 |
| Ta | 1,8 | 2,8 | 4,7 | 3,2 | 2,3 | 3 | 2,7 | 1,7 | 2,1 |
| Tl | 1,7 | 1,9 | 1,3 | 1,1 | 0,8 | 0,9 | 1,6 | 0,8 | 0,8 |
| Pb | 13,2 | 24,3 | 12,4 | 13 | 60,9 | 13,8 | 6,1 | 13,9 | 15,1 |
| Th | 19,7 | 9,8 | 19,5 | 19,7 | 3 | 16,5 | 13,3 | 19,4 | 19,4 |
| U | 11,2 | 7,8 | 7,8 | 8,3 | 5,2 | 6,5 | 7,1 | 7 | 6,4 |
| Ce | 72,3 | 58 | 83,5 | 96,1 | 16,8 | 47,2 | 92,3 | 77,4 | 31,2 |
| Br | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | 1 | 0,2 | 0,5 | 0,2 |

5. Tartışma

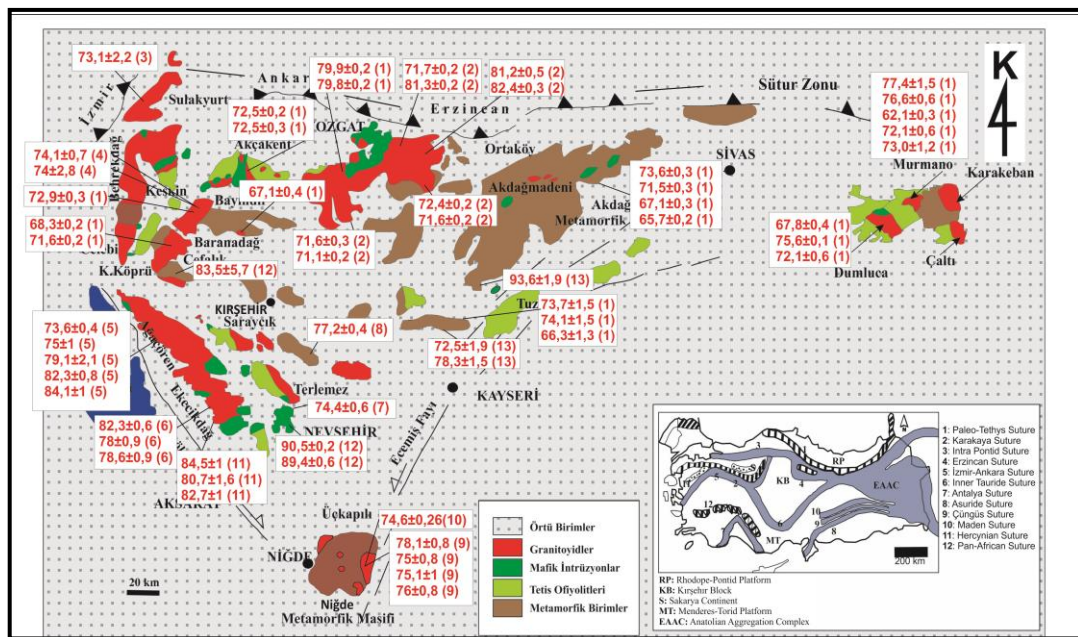
Çalışmada; metamorfik kayaların yaşları ve metamorfizma süreç ve türlerini ortaya koymak amacı ile jeolojik ve petrografik incelemelerin yanında metamorfik minerallerin oluşum koşulları, süreçleri ve oluşum zamanları analiz edilerek irdelenmiştir. Bu bağlamda bölgede metamorfik kayalarla ilgili yapılan çalışmalarda OAKK içerisindeki metamorfik birimlerin tamamını Paleozoyik yaşlı kaya grubu içerisinde değerlendirilmiştir. Oysa bölgede çok sayıda bu metamorfik kayalara felsik ve mafik magmatik kayalar sokulum yapmıştır. Bu magmatik kayaların yaşları genel olarak Geç Kretase dönemine ait olduğu belirlenmiştir (Şekil 18, Tablo 2). Metamorfik kayalara sokulum yapan felsik magmatik kayalar granitoyid ve siyenitoyid bileşiminde olduğu ve bunların kökensel ilişkilerine bağlı olarak granitoyidler çarpışma ve sıkışma magmatizmasına bağlı olarak oluştuğu ve ³⁹Ar-⁴⁰Ar yaşlandırmalarına göre 77,6±0,3 My (Kadioğlu ve ark., 2003) olduğu buna karşın siyenitoidler ise silikaca doymun olmayan foid içerikli kayalardan oluştuğu ve genişlemeye bağlı oluştuğu ve ³⁹Ar-

⁴⁰Ar yaşlandırma yöntemlerine göre 69,8±0,3 My (Kadıoğlu ve ark., 2006) soğuma yaşları sergiledikleri ortaya konulmuştur. Yine bu sokulumlara bağlı daha sonra genç magmatik dayklar hem granitoid ve hem de siyenitoid kayaları kestikleri yapılan incelemeler sonucunda tespit edilmiştir. Tüm bu veriler ışığında sokulum yapan bu magmatik kütleler bölgede yer alan temel metamorfikleri önemli ölçüde etkilemiş olması gerektiği beklenmektedir. Bölgede daha önceden çalışılmış metamorfiklerin yaşları Şekil 19 ve Tablo 3'te verilmiştir.

Bu çalışmada intrüzif (felsik ve mafik) kütlelerin temel metamorfik kayalara etki yapıp yapmadığını belgelemek için Kırşehir Karıncalı köyü civarından kuvarşist örneğinden alınarak metamorfik muskovit ³⁹Ar-⁴⁰Ar yaşlandırmaları yapılmıştır. Yapılan bu yaşlandırma sonucu Şekil 20'de verilmiştir. Yapılan yaşlandırma sonuçlarına göre muskovitler 71,83±0,54 My yaşında metamorfizma yaş verisi sunduğu belgelenmiştir. Tüm bu veriler'de metamorfik minerallerin soğuma yaşları intrüzif kütlelerine yakın veya daha genç olduğu görülmüştür. Bu metamorfik minerallerin Paleozoyik yaşından çok daha genç ve intrüzif kütlelerden daha genç veya yaklaşık yaş aralıklarında olması intrüziflerin bölge metamorfik kayalarının termal anlamda önemli etki yaptığı ve kontakt metamorfizmanın etkisi ile yeniden kristalleşen mika mineralleri daha genç yaş aralığı sunduğu belgelenmiştir.

5.1 Jeokronoloji

Orta Anadolu kristalen karmaşığının felsik intrüzif (granitoid ve siyenitoid) kayalar ile ilgili pek çok radyometrik yaşlandırma yapılmıştır (Şekil 18). Yapılan yaşlandırmaya göre Orta Anadolu Kristalen Karmaşığına sokulum yapan granitoidlerin yaşları batıdan doğuya doğru gençleşmektedir. Bununla birlikte granitoidlerin yaşları siyenitoidlere göre daha yaşlı olduğu ve daha erken sokulum kayaları gösterdiği tespit edilmiştir (Kadıoğlu ve ark., 2006).



Şekil 18. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'na ait graniyotid sokulumlarının oluşum

Zamanlarını gösterir yaş haritası Kadioğlu ve ark. 2016'dan değiştirilerek alınmıştır (Yaş verileriyle ilgili referanslar Tablo 2 içerisinde sunulmuştur)

Tablo 2. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'na ait granitoidlerin yaş verileri (Tablodaki referans numaraları harita üzerine yerleştirilen yaşları temsil etmektedir)

| PLÜTON | YAŞ (My) | METOD | MİNERAL | ARAŞTIRMACILAR | KAYA ADI |
|--------|------------|------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | 64,9±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Boztuğ ve ark., 2009a,c | Siyenit |
| 1 | 66,6±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Boztuğ ve ark., 2009a,c | Siyenit |
| 1 | 73,6±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Boztuğ ve ark., 2009c | Lökogranit |
| 1 | 71,5±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Boztuğ ve ark., 2009c | Lökogranit |
| 1 | 67,1±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Boztuğ ve ark., 2009c | Granitoid |
| 1 | 65,7±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Boztuğ ve ark., 2009c | Granitoid |
| 1 | 79,9±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Boztuğ ve ark.,2009c | Lökogranit |
| 1 | 79,8±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Boztuğ ve ark.,2009c | Lökogranit |
| 1 | 72,5±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Boztuğ ve ark.,2009c | Monzogranit |
| 1 | 72,5±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Boztuğ ve ark.,2009c | Monzogranit |
| 1 | 72,9±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Boztuğ ve ark.,2009c | Kuvars siyenit |
| 1 | 68,3±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Boztuğ ve ark.,2009b,c | Kuvars siyenit |
| 1 | 67,1±0,4 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Boztuğ ve ark.,2009c | Kuvars siyenit |
| 1 | 71,6±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Boztuğ ve ark.,2009b,c | Kuvars siyenit |
| 1 | 73,0 ± 1,2 | K/Ar | Hornblend | Boztuğ ve Harlavan 2008 | Granitoid |
| 1 | 62,1 ± 0,3 | K/Ar | Hornblend | Boztuğ ve Harlavan 2008 | Granitoid |
| 1 | 77,4±1,5 | K/Ar | Hornblend | Boztuğ ve Harlavan 2008 | Granitoid |
| 1 | 76,6±0,6 | K/Ar | Biyotit | Boztuğ ve Harlavan 2008 | Granitoid |
| 1 | 72,1±0,6 | K/Ar | Biyotit | Boztuğ ve Harlavan 2008 | Granitoid |
| 1 | 75,6 ± 0,1 | K/Ar | Biyotit | Boztuğ ve Harlavan 2008 | Granitoid |
| 1 | 67,8 ± 0,4 | K/Ar | Biyotit | Boztuğ ve Harlavan 2008 | Granitoid |
| 1 | 72,1±0,6 | K/Ar | Biyotit | Boztuğ ve Harlavan 2008 | Granitoid |
| 2 | 72,4±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Işık ve ark., 2008 | Milonitize granit |
| 2 | 71,6±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | K-feldispat | Işık ve ark., 2008 | Milonitize granit |

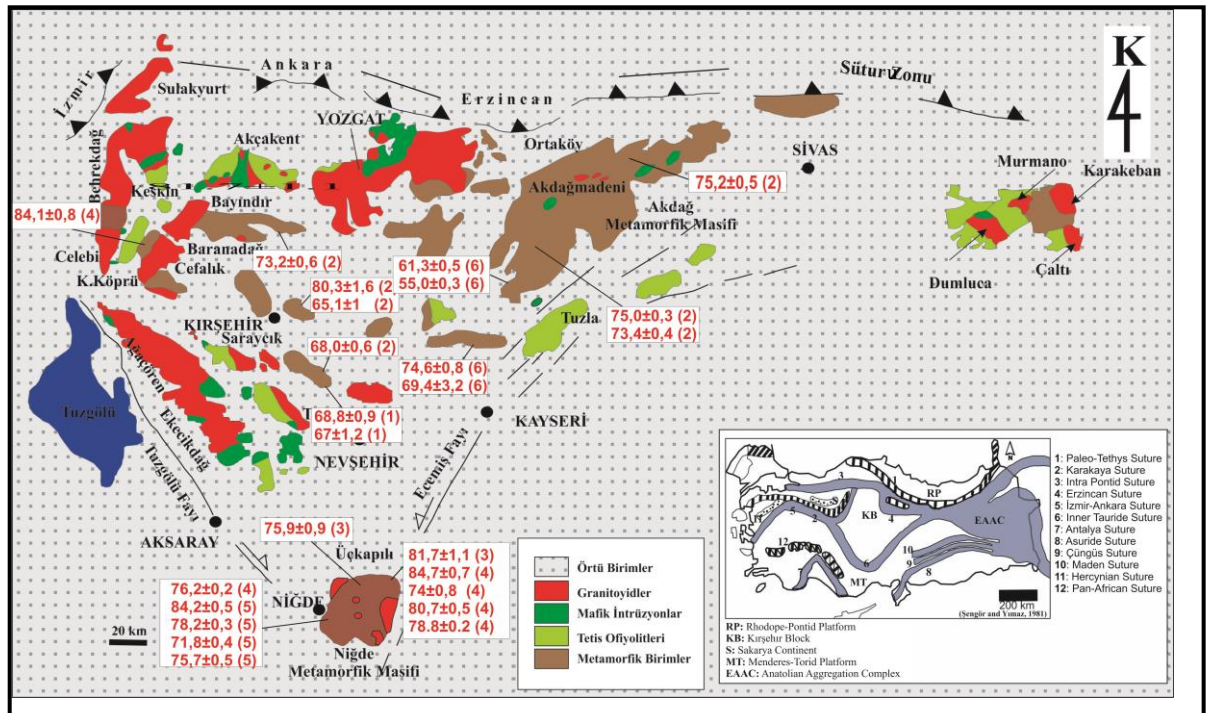
Tablo 2. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'na ait granitoidlerin yaş verileri (Tablodaki referans numaraları harita üzerine yerleştirilen yaşları temsil etmektedir) (devamı)

| PLÜTON | YAŞ (My) | METOD | MİNERAL | ARAŞTIRMACILAR | KAYA ADI |
|--------|----------|-------------------------------------|-------------|----------------------|-------------------|
| 2 | 81,2±0,5 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Işık ve ark., 2008 | Granit |
| 2 | 82,4±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | K-feldispat | Işık ve ark., 2008 | Granit |
| 2 | 71,6±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Işık ve ark., 2008 | Milonitize granit |
| 2 | 71,1±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | K-feldispat | Işık ve ark., 2008 | Milonitize granit |
| 2 | 71,7±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Işık ve ark., 2008 | Milonitize granit |
| 2 | 81,3±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | K-feldispat | Işık ve ark., 2008 | Milonitize granit |
| 3 | 73,1±2,2 | ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb | Zirkon | Delibaş ve ark.,2011 | Kuvars monzonit |
| 4 | 74,1±0,7 | ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb | Zirkon | Köksal ve ark.,2004 | Kuvars siyenit |
| 4 | 74±2,8 | ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb | Zirkon | Köksal ve ark.,2004 | Kuvars monzonit |
| 5 | 73,6±0,4 | ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb | Zirkon | Köksal ve ark.,2012 | Monzonit |
| 5 | 75±1 | ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb | Zirkon | Köksal ve ark.,2012 | Granit |
| 5 | 79,1±2,1 | ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb | Zirkon | Köksal ve ark.,2012 | Granit |

| | | | | | |
|---|----------|----------------------------------|----------|-----------------------|------------|
| 5 | 82,3±0,8 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Köksal ve ark.,2012 | Granit |
| 5 | 84,1±1 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Köksal ve ark.,2012 | Granit |
| 6 | 82,3±0,6 | $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ | Amfibol | Kadioğlu ve ark.,2003 | Gabro |
| 6 | 78±0,9 | $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ | Amfibol | Kadioğlu ve ark.,2003 | Gabro |
| 6 | 78,6±0,9 | $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ | Biyotit | Kadioğlu ve ark.,2003 | Granit |
| 7 | 74,4±0,6 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Köksal ve ark.,2013 | Monzonit |
| 8 | 77,2±0,4 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Titanit | Lefebvre, 2011 | Granitoyid |
| 9 | 78,1±0,8 | $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ | Muskovit | Gautier ve ark.,2008 | Granit |
| 9 | 75±0,8 | $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ | Biyotit | Gautier ve ark.,2008 | Granit |
| 9 | 75,1±1 | $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ | Biyotit | Gautier ve ark.,2008 | Granit |
| 9 | 76±0,8 | $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ | Muskovit | Gautier ve ark.,2008 | Granit |

Tablo 2. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'na ait granitoidlerin yaş verileri (Tablodaki referans numaraları harita üzerine yerleştirilen yaşları temsil etmektedir) (devamı)

| PLÜTON | YAŞ (My) | METOD | MİNERAL | ARAŞTIRMACILAR | KAYA ADI |
|--------|-----------|----------------------------------|---------|-------------------------|---------------|
| 10 | 74,6±0,26 | $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ | Biyotit | Whitney ve ark.,2003 | Granit |
| 11 | 84,5±1 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Köksal S.,2019 | Granodiyorit |
| 11 | 80,7±1,6 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Köksal S.,2019 | Mikrogranit |
| 11 | 82,7±1 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Köksal S., 2019 | Lökogranit |
| 12 | 83,5±5,7 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Hinsbergen ve ark.,2016 | Gabro |
| 12 | 90,5±0,2 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Hinsbergen ve ark.,2016 | plajiyogranit |
| 12 | 89,4±0,6 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Hinsbergen ve ark.,2016 | plajiyogranit |
| 13 | 93,6±1,9 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Çörtük R. M, 2021 | Gabro |
| 13 | 72,7±1,9 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Çörtük R. M, 2021 | Monzogranit |
| 13 | 78,3±1,5 | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ | Zirkon | Çörtük R. M, 2021 | Granodiyorit |

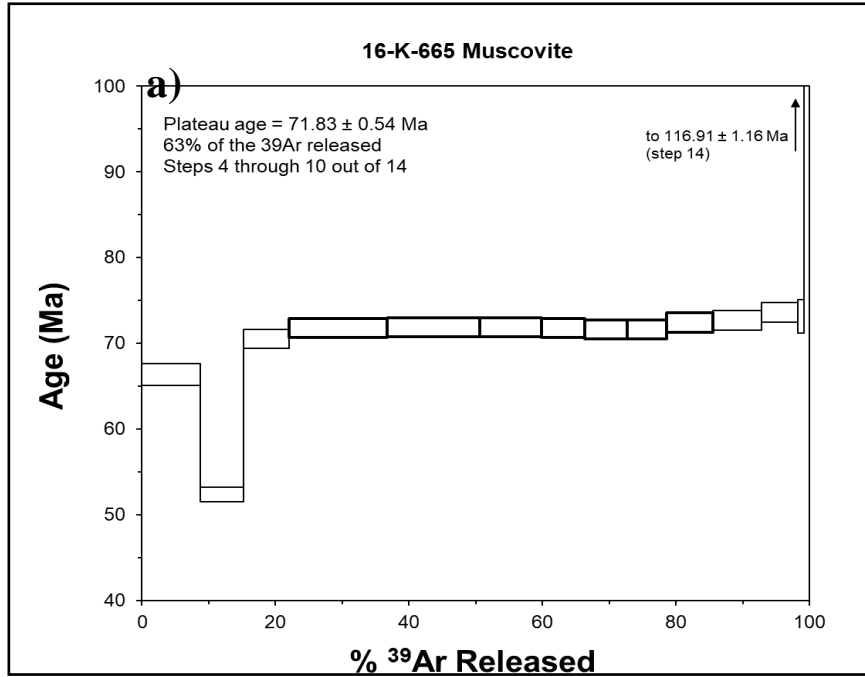
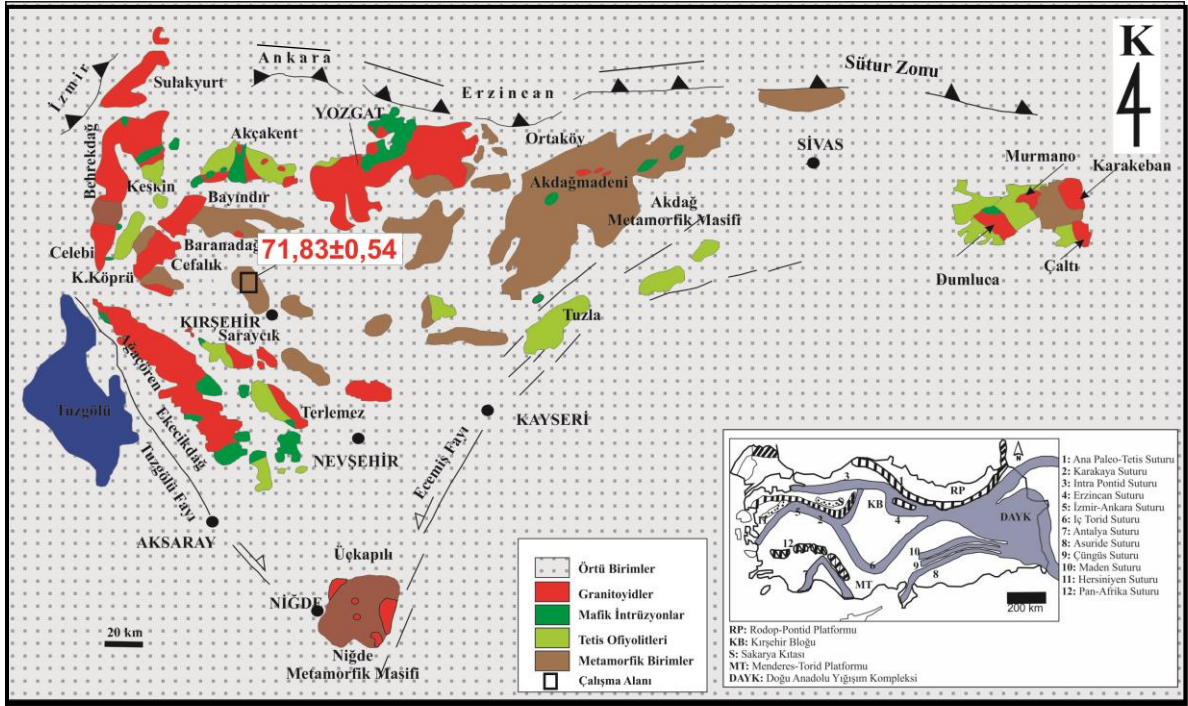


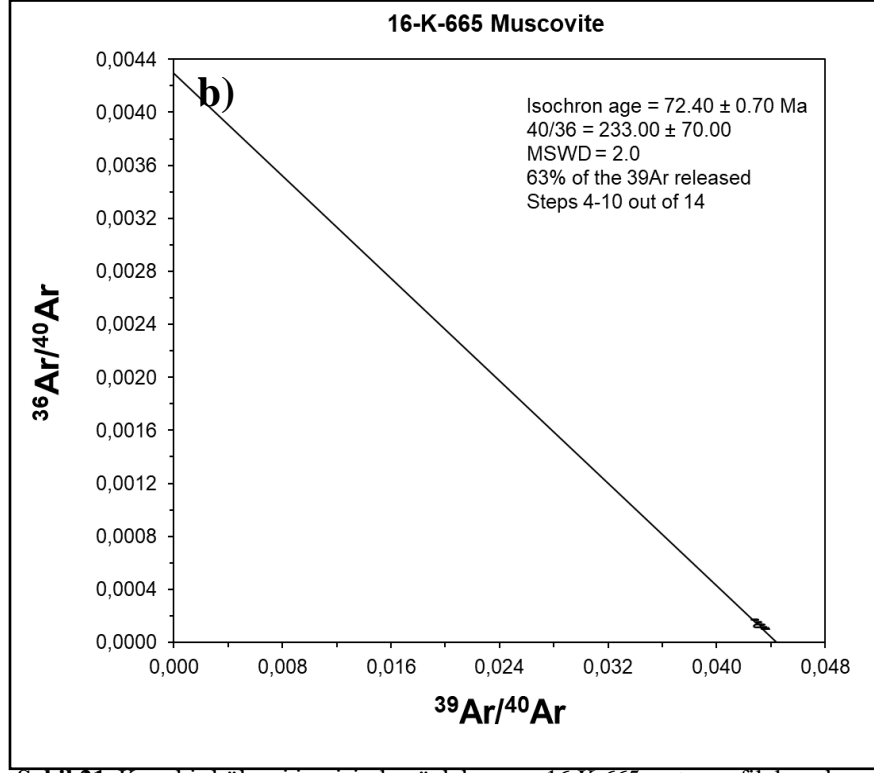
Şekil 19. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'na ait metamorfik kayaların başkalaşım/soğuma zamanlarını gösterir yaş haritası (Hinsbergen ve ark. 2016'dan değiştirilerek alınmıştır; yaş verileriyle ilgili referanslar Tablo 3 içerisinde sunulmuştur)

Tablo 3. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'na ait başkalaşım yaş verileri

| MASİF | YAŞ (My) | METOD | MİNERAL | ARAŞTIRMACILAR | KAYA ADI |
|-------|------------|-------------------------------------|-------------|---------------------------|------------------|
| 1 | 68,8±0,9 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Lefebvre ve ark., 2015 | Şist |
| 1 | 67±1,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | K.Feldispat | Lefebvre ve ark., 2015 | Şist |
| 2 | 75,2±0,5 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Hinsbergen ve ark., 2016 | Şist |
| 2 | 75±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Hinsbergen ve ark., 2016 | Şist |
| 2 | 73,4±0,4 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | K.Feldispat | Hinsbergen ve diğ. 2016 | Şist |
| 2 | 73,2±0,6 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Hinsbergen ve ark., 2016 | Şist |
| 2 | 80,3±1,6 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Hinsbergen ve ark., 2016 | Şist |
| 2 | 65,1±1 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Hinsbergen ve ark., 2016 | Şist |
| 2 | 68±0,6 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Hinsbergen ve ark., 2016 | Şist |
| 4 | 76,2±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Whitney ve ark., 2003 | Migmatitik gnays |
| 3 | 75,9±0,9 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Muskovit | Gautier ve ark., 2008 | Milonitik gnays |
| 3 | 81,7±1,1 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Gautier ve ark., 2008 | Şist |
| 4 | 84,1±0,8 | ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb | Monozit | Whitney ve Hamilton, 2004 | Şist |
| 4 | 84,7±0,7 | ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb | Monozit | Whitney ve ark., 2003 | Şist |
| 4 | 74±0,8 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Biyotit | Whitney ve ark., 2003 | Migmatitik gnays |
| 4 | 80,7±0,5 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Whitney ve ark., 2003 | Şist |
| 4 | 78,8±0,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Whitney ve ark., 2003 | Şist |
| 5 | 84,2±0,5 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Muskovit | Idleman ve ark., 2014 | Gnays |
| 5 | 78,2±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Muskovit | Idleman ve ark., 2014 | Gnays |
| 5 | 71,8±0,4 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Muskovit | Idleman ve ark., 2014 | Gnays |
| 5 | 75,7±0,5 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Muskovit | Idleman ve ark., 2014 | Gnays |
| 6 | 74,6±0,8 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Çörtük R. M, 2021 | Amfibolit |
| 6 | 69,4±3,2 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Çörtük R. M, 2021 | Meta-gabro |
| 6 | 61,3±0,5 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Hornblend | Çörtük R. M, 2021 | Amfibolit |
| 6 | 55±0,3 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Muskovit | Çörtük R. M, 2021 | Mikaşist |
| 7 | 71,83±0,54 | ³⁹ Ar/ ⁴⁰ Ar | Muskovit | Bu çalışma | Şist |

Kırşehir ilinin Karıncalı köyü kuzeydoğusunda yer alan Kırşehir masifine ait metamorfiklerden derlenen 16-K-665 numaralı Kuvarsşist örneği, kuvars, muskovit, grafit ve opak minerallerden oluşan lepidogranoblastik dokulu bir kayadır. Bu kayadan ayıklanan muskovit minerallerinden yapılan ³⁹Ar/⁴⁰Ar tarihlendirmede plato yaşı 71,83 ± 0.54 My (Kampaniyen) plato yaşı ve 72,40±0,70 My izokron yaşı elde edilmiştir (Şekil 21.a,b).





Şekil 21. Kırşehir bölgesinde yüzlek veren 16-K-665 metamorfik kayalarının muskovit minerallerinden gerçekleştirilen ^{39}Ar - ^{40}Ar yaş tayini sonuçları (a) plato yaşı, b) izokron yaşı)

6. Sonuçlar ve Değerlendirme

Orta Anadolu metamorfikleri üzerine yapılan jeolojik çalışmalar bu kayaların tamamının Paleozoyik yaşlı olduğu ve bölgenin temelini oluşturduğunu belirtmektedir. OAKK bölgesinde çok sayıda farklı bileşim ve büyüklüklerde felsik ve mafik magmatik sokulumların Geç Kretase'den başlayarak Paleosen'e kadar devam ettiği ve bölgenin temel metamorfiklerini etkilediğinden söz edilmemiştir. Metamorfik mineraller üzerinde yapılan Konfokal Raman Spektroskopisi sonuçlarına göre amfibollerin tremolit bileşiminde, granatların almandin bileşiminde ve plajiyoklazların albit bileşiminde olduğu belirlenmiştir. Tüm bu minerallerin doğrudan kayanın metamorfizma süreci içerisinde oluştuğu ortaya konulmuştur.

Bu bağlamda metamorfik kayaların magmatik sokulumlar sonucunda gerek yakın gerekse uzak dokanıklarda kayaların metamorfizma etkileri araştırılmıştır. Kırşehir masifi metamorfik kayalarının metamorfizmaya uğrama dönemlerini belirlemek ve bölge stratigrafisine kronolojik olarak katkıda bulunmak üzere, Kırşehir bölgesinden (Karıncalı mevki) kuvarşist metamorfik kayasından muskovit minerali ayıklanarak $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ radyometrik yaş tayini analizi yapılmıştır. Ayıklanan muskovitler $71,83 \pm 0,54$ My yaş verisi vermiştir. Yapılan jeokronolojik yaşlandırmaya göre metamorfik mineralden elde edilen bu yaş bulgusunun, bölgedeki intrüzyif yaş bulgularından daha genç olduğunu göstermiştir. Bu yaş verisinin doğrudan magmatik sokulumların etkisi sonucu oluşmuş olabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda Orta Anadolu Kristalen Kompleksindeki metamorfik kayaların

magmatik sokulumlara bağlı olarak Paleozoyik yaşından çok daha genç yaş verebileceği görülmektedir. Paleozoyik yaş verilerinin daha çok magmatik sokulumlar gerçekleşmeden temel birimlere ait olabileceği söylenebilir. Ancak magmatik sokulumlar Geç Kretase döneminden başlıyarak Paleosen dönemine kadar devam etmesi ve oldukça yaygın bir alan içerisinde dağılım göstermesi bölgenin en yaşlı temelini oluşturan Paleozoyik metamorfik kayalarının yeniden progresif bir metamorfizma etkisi ile yeniden metamorfizma geirirdiği yapılan $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ radyometrik yaş verileri ile ortaya konulmuştur. Magmatik sokulumlara göre daha genç metamorfik kayaların yer alması, bölgenin orojenik etkiler altında kalarak yeni bir metamorfik sürecin geliştiğini ortaya koymuştur. Bu orojenik metamorfik kuşağın içerisinde magmatizmaya bağlı yeni cevher mineralleri oluşmuş olabileceğinden maden yataklarına yönelik yeni araştırmaların yapılmasında yarar görülmektedir.

Sonuç itibariyle bölgedeki metamorfik kuşağın yer alması temel olarak sadece Paleozoyik yaşta oluşmadığı aynı zamanda bu metamorfik kuşakların, Orta Anadolu'da intrüzif kütlelerin egemen olmasından dolayı metamorfik kütleler üzerinde etkin olması bölgesel metamorfizmanın değişmesine neden olmuştur. Bölgede kontakt metamorfizmanında rol oynamasına neden olmuştur. Bu nedenle bölgesel stratigrafik çalışmalar üzerinde etkin olduğu söylenebilir.

Teşekkür

Bu alışma Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Ettleri Dairesi Başkanlığı tarafından uygulanmış olan 2018 yılında İç Anadolu Bölgesinde gerçekleştirilen 2018.30.14.13 özel kodlu "Türkiye Yüzey Jeolojisi ile Jeofizik Anomalilerinin Karşılaştırılarak Yorumlanması ve Olası Gömülü Cevherleşmelerin Araştırılması" projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında görüş ve önerileriyle katkı sağlayan Yüksek Jeoloji Mühendisi Metin Beyazpirinç'e (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) ayrıca petrografi çalışmaları, numunelerin hazırlanması, Raman, XRF ve Elektron Mikropirop alışmaları esnasında yardımlarını ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Doç. Dr. Kıymet DENİZ ve Yüksek Jeoloji Mühendisi Sernur DURSUN'a teşekkür ederim.

ıkar atışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar atışması olmadığını beyan eder.

Araştırmaların Katkı Oranı Beyan zeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

Beyazpirinç M., Akçay, AE. Akdağmadeni Masifi'nin jeolojisi ve jeodinamik evrimi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 2017; Rapor No: 13569 (yayımlanmamış).

- Boztuğ D., Tatar S., Otlu N., Yılmaz S., Kayakıran S., Yücel E., Serdar AM. Orta Anadolu çarpışma plütonizmasının oluşumunda eş yaşlı mafik ve felsik magmaların çeşitli etkileşim tipleri. 51. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri 1998; 29-31.
- Boztuğ D. S-I-A type intrusive associations: geodynamic significance of synchronism between metamorphism and magmatism in Central Anatolia, Turkey. In *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Areas* (eds E. Bozkur, J.A. Winchester and J.A.D. Piper). Geological Society of London Special publication 2000; 173: 441-485.
- Boztuğ D., Tichomirowa M., Bombach K. 207Pb-206Pb single-zircon evaporation ages of some granitoid rocks reveal continent-oceanic island arc collision during the Cretaceous geodynamic evolution of the central Anatolian crust, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 2007; 31: 71-86.
- Boztuğ D., Harlavan Y. K-Ar ages of granitoids unravel the stages of Neo-Tethyan convergence in the eastern Pontides and Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 2008; 97: 585-599.
- Boztuğ D., Jonckheere RC., Heizler M., Ratschbacher L., Harlavan Y., Tichomirova M. Timing of post-obduction granitoids from intrusion through cooling to exhumation in central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics* 2009; 473(1-2, 20): 223-233.
- Boztuğ D., Turksever E., Heizler M., Jonckheere RC. Tichomirowa M., 207Pb- 206Pb, 40Ar-39Ar and apatite fission-track geothermochronology revealing the emplacement, cooling and exhumation history of the Karacayır Syenite (N Sivas), East-Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Science* 2009a; 18: 109– 125.
- Boztuğ D., Güney Ö., Heizler M., Jonckheere RC., Tichomirowa M., Otlu N. 207Pb-206Pb, 40Ar-39Ar and fission-track geothermochronology quantifying cooling and exhumation history of the Kaman-Kırşehir region intrusions, central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Science* 2009b; 18: 85–108.
- Boztuğ D., Jonckheere RC., Heizler M., Ratschbacher L., Harlavan Y., Tichomirova M. Timing of post-obduction granitoids from intrusion through cooling to exhumation in central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics* 2009c; 473: 223–233.
- Çörtük RM. İç Toros okyanusu sorunu. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, sayfa no:427, Ankara, Türkiye, 2021.
- Delibaş OY., Genç C. De Campos P., Magma mixing and unmixing related mineralization in the Karacaali Magmatic Complex, central Anatolia, Turkey. *Geol. Soc. London* 2011; 350: 149–173.
- Deniz K., Kadioğlu YK. Assimilation and fractional crystallization of foid-bearing alkaline rocks: Buzlukdağ intrusives, Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 2016; 25: 341-366.

- Deniz K., Kadioğlu YK. Investigation of feldspar raw material potential of alkali feldspar granites and alkali feldspar syenites within Central Anatolia. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration* 2019; 158: 265-289.
- Erkan Y. Orta Anadolu Masifinin gúneybatısında (Kırşehir bölgesinde) etkili rejyonal metamorfizmanın petrolojik incelemesi. Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Enstitüsü Doçentlik Tezi, Ankara, Türkiye, 1975 (yayımlanmamış).
- Erkan Y. Kırşehir çevresindeki rejyonal metamorfik bölgede saptanan isogradlar ve bunların petrolojik yorumlanmaları. *Yerbilimleri* 1976a; (2-1): 23-54.
- Erkan Y. Orta Anadolu Masifindeki karbonatlı kayalarda plajiyoklaz bileşimi ile metamorfizma arasındaki ilişkilerin incelenmesi. *Yerbilimleri* 1976b; (2-1):107-111.
- Erkan Y. Orta Anadolu Masifinin gúneybatısında, Kırşehir bölgesinde etkili rejyonal metamorfizma ile amfibol minerallerinin arasındaki ilişkiler. *Yerbilimleri* 1977; 3(1): 41-46.
- Erkan Y. Orta Anadolu masifinin metamorfizması üzerine yapılmış çalışmalarda varılan sonuçlar. İç Anadolu'nun jeolojisi Sempozyumu 1981; 35: 9-11.
- Erkan Y., Ataman G. Orta Anadolu Masifi (Kırşehir yöresi) metamorfizma yaşı üzerine K-Ar yöntemi ile bir inceleme. *Yerbilimleri Dergisi* 1981; 8: 27-30.
- Erler A., Bayhan H. Orta Anadolu granitoidlerinin genel değerlendirilmesi ve sorunları. *Yerbilimleri Dergisi* 1995; 17: 49-67.
- Fayon AK., Whitney DL., Dilek Y. Constraints on the transition from Alpine crustal thickening to extension in Central Anatolia, Turkey. *EOS (American Geophysical Union Transactions)* 1999; 80: F1065.
- Gautier P., Bozkurt E., Bosse V., Hallot E., Dirik K. Coeval extensional shearing and lateral underflow during Late Cretaceous core complex development in the Niğe Massif, Central Anatolia, Turkey. *Tectonics* 2008; 27.
- Göncüoğlu MC. Geochronological data from the southern part (Niğe area) of the Central Anatolian Massif. *Mineral Research and Technical Institute of Turkey (MTA) Bulletin* 1986; 105/106: 83-96.
- Göncüoğlu MC., Toprak V., Kuşcu İ., Erler A., Olgun E. Orta Anadolu Masifinin Batı bölümünün jeolojisi. Bölüm 1-Güney Kesim. TPAO, 1991; Rapor No: 2909 (yayımlanmamış).
- Göncüoğlu MC., Erler A., Toprak V., Olgun E., Yalınz K., Kuşcu İ., Köksal S., Dirik, K. Orta Anadolu Masifi'nin Orta Bölümü'nün Jeolojisi, Bölüm 3: Orta Kızılırmak Tersiyer Baseni'nin Jeolojik Evrimi. TPAO, 1993; Rapor No: 3313.
- Göncüoğlu MC., Köksal S., Floyd PA. Post-collisional A-type magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex: petrology of the İdiş Dağı Intrusives (Avanos, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences* 1997; 6(2): 65-76.
- Görür N. Türkiye'nin Triyas-Miyosen paleocoğrafya atlası. İTÜ ve MTA, Ankara; 1998.

- Görür N., Oktay FY., Seymen İ., Şengör, AMC. Paleotectonic evolution of the Tuzgölü Basin complex, central Anatolia (Turkey): Sedimentary record of Neo-Tethyan closure. In: Dixon J.E., Robertson A.H.F (eds) the geological evolution of the eastern Mediterranean. Geological Society of London, Special publications 1984; 17: 467-482.
- Gürer ÖF., Aldanmaz E. Origin of the Upper Cretaceous–Tertiary sedimentary basins within the Tauride–Anatolide platform in Turkey. Geological Magazine 2002; 139(02): 191-197.
- Hinsbergen VDJ., Maffione M., Plunder A., Kaymakci N., Ganerød M., Hendriks BW., McPhee PJ. Tectonic evolution and paleogeography of the Kbox drawings light down and Kırşehir Block and the Central Anatolian Ophiolites, Turkey. Tectonics 2016; 35(4): 983-1014.
- Idleman L., Cosca MA., Heizler MT., Thomson SN., Teyssier C., Whitney DL. Tectonic burial and exhumation cycles tracked by muscovite and K-feldspar $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ thermochronology in a strike-slip fault zone, central Turkey. Tectonophysics 2014; 612–613, 134–146.
- Işık V., Lo CH., Göncüoğlu C., Demirel S. $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ ages from the Yozgat Batholith: Preliminary data on the timing of Late Cretaceous extension in the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. Journal of Geology 2008; 116(5): 510-526.
- İlbeyli N. Mineralogical-geochemical constraints on intrusives in central Anatolia, Turkey: tectono-magmatic evolution and characteristics of mantle source. Geological Magazine 2005; 142: 187-207.
- Kadioğlu YK., Güleç N. Granitoidler içinde anklavların kökeni ve Türkiye’den örnekler. Türkiye Jeoloji Bülteni 1993; 8: 113-118.
- Kadioğlu YK., Güleç N. Mineral kimyası ve petrografik özelliklerinden yararlanarak granitoidlerdeki anklav ve gabroların ilişkilerinin belirlenmesi: Ağaçören (Aksaray). Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 20. Yıl Sempozyumu 1997; 95.
- Kadioğlu YK., Özsan A. Sulakyurt granitoidindeki gabroların derin yapısının sondajlarla belirlenmesi. Türkiye Jeoloji Bülteni 1998; 41: 2: 177-185.
- Kadioğlu YK., Güleç N. Types and genesis of the enclaves in central Anatolian granitoids. Geological Journal 1999; 34: 243-256.
- Kadioğlu YK., Dilek Y., Güleç N., Foland K.A. Tectonomagmatic evolution of bimodal plutons in the Central Anatolian crystalline complex, Turkey. The Journal of Geology 2003; 111: 671-690.
- Kadioğlu YK., Dilek Y., Foland KA. Slab break-off and syncollisional origin of the Late Cretaceous magmatism in the Central Anatolian crystalline complexes. Geological Society of America 2006; special paper 409: 381-415.
- Kadioğlu YK., Deniz K., Koralay T., Güllü B. Raman characteristics of the mafic minerals of ophiolitic and non ophiolitic gabbros from Central Anatolia, Turkey. The 36th National and 3rd International Geoscience Congress, 2018: 24-31.

- Kadioğlu YK., Deniz K., Koralay T., Güllü B. Nature of the gabbro in Central Anatolia: geological observation and spectroscopic applications, Turkey. 19th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM 2019; 19(1.1): 377-384.
- Kadioğlu YK., Deniz K., Koralay T., Güllü B., Akçe MA. Orta anadolu'daki gabroyik kayaların jeolojisi ve petrolojisi, Türkiye. Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu 2022; 147-148.
- Kara H., Dönmez M. 1/100000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Kırşehir-G17 paftası No:34. MTA, Ankara, 1990.
- Köksal S., Göncüoğlu MC., Floyd, PA. Extrusive members of post collisional A-type magmatism in Central Anatolia: Karahıdır Volcanics, İdiş Dağı-Avanos area, Turkey. International Geology Review 2001; 43(8): 683-694.
- Köksal S., Romer RL., Göncüoğlu, MC., Toksoy-Köksal, F. Timing of the transition from the post-collisional to A-type magmatism: titanite U/Pb ages from the alpine Central Anatolian Granitoids, Turkey. International Journal of Earth Science 2004; 93: 974-989.
- Köksal S., Moller A., Göncüoğlu CM., Frei D., Gerdes A. Crustal homogenization revealed by U-Pb zircon ages and Hf isotope evidence from the Late Cretaceous granitoids of the Ağacören intrusive suite (Central Anatolia/Turkey). Contrib Mineral Petrol 2012; 163: 725-743.
- Köksal S., Toksoy-Köksal F., Göncüoğlu MC., Möller A., Gerdes A., Frei D. Crustal source of the Late Cretaceous Satansari monzonite (Central Anatolia/Turkey) and its significance for the Alpine geodynamic evolution. Journal of Geodynamics. 2013.
- Köksal S. The Upper Cretaceous intrusive rocks with extensive crustal contribution in Hacımahmutuşağı Area (Aksaray/Turkey). Geological Carpathica 2019; 70(3): 261-276.
- Lefebvre C. the tectonics of the Central Anatolian crystalline complex: a structural, metamorphic and paleomagnetic study. Utrecht Studies in Earth Science 2011; 3: 147.
- Lefebvre C., Peters MK., Wehrens PC., Brouwer FM., Van Roermund HL. Thermal history and extensional exhumation of a high-temperature crystalline complex (Hırkadağ Massif, Central Anatolia). Lithos 2015; 238: 156-173.
- Lindsey DA. An evaluation of alternative chemical classifications of sandstones: U.S. Department of the interior U.S. Geological Suvey. Denver Colo 2005; 80225, 32.
- Okay AI., Satir M., Maluski H., Siyako M., Monié P., Metzger R., Akyüz S. Paleoand Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic and geochronologic constraints. In The Tectonic Evolution of Asia. Yin A., Harrison TM. (eds). Cambridge University Press 1996; 420-441.
- Oktay FY. Savcılı-Büyükoba (Kaman) çevresinde Orta Anadolu masifi tortul örtüsünün jeolojisi ve sedimentolojisi. İTÜ Maden Fakültesi Doçentlik tezi, İstanbul, Türkiye, 1981 (yayımlanmamış).
- Önen AP., Unan C. Kaman (Kırşehir) Kuzeydoğusunda bulunan Gabroların mineralojisi, petrografisi. Türkiye Jeoloji Bülteni 1988; 31: 23-28.

- Seymen İ. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 1981a; 24 (2): 7-14.
- Seymen İ. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin metamorfizması. İç Anadolu'nun Jeoloji Sempozyumu 1981b; Türkiye.
- Seymen İ. Kaman dolayında Kırşehir Masifinin jeolojisi. İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Maden Fakültesi Doçentlik Tezi, sayfa no:164, İstanbul, Türkiye, 1982.
- Staudacher TH., Jessberger EK., Dorfl inger D., Kiko J. A refined ultra-high vacuum furnace for rare gas analysis. Journal of Physics E: Scientific Instruments 1978; 11: 781-784.
- Şengör AMC., Yılmaz Y. Tethyan evolution of Turkey. A Plate Tectonic Approach. Tectonophysics 1981; 75: 181-241.
- Tatar S., Boztuğ D. Fractional crystallization and magma mingling/mixing processes in the monzonitic association in the SW part of the composite Yozgat batholith (Şefaatli-Yerköy, SW Yozgat). Turkish Journal of Earth Sciences 1998; 7: 215-230.
- Tolluoğlu AÜ. Kırşehir Masifini kesen felsik intrüzyonların (Kötüdağ ve Buzlukdağ) petrografik ve jeokimyasal karakterleri. Yer Bilimleri Dergisi 1993; 16: 19-43.
- Whitney DL., Teyssier C., Dilek Y., Fayon AK. Metamorphism of the Central Anatolian crystalline complex, Turkey: influence of orogen-normal collision vs wrench-dominated tectonics on PT-t paths. Journal of Metamorphic Geology 2001; 19: 411-432.
- Whitney DL., Teyssier C., Fayon AK., Hamilton MA., Heizler M. Tectonic controls on metamorphism, partial melting, and intrusion: timing and duration of regional metamorphism and magmatism in the Niğde Massif, Turkey. Tectonophysics 2003; 376 (1–2): 37–60.
- Whitney DL., Hamilton MA. Timing of high-grade metamorphism in central Turkey and the assembly of Anatolia. Journal of the Geological Society 2004; 161: 823–828.
- Whitney DL., Evans BW. Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist 2010; 95(1): 185-187.
- Yalınız MK., Aydın NS., Göncüoğlu MC., Parlak O. Terlemez quartz monzonite of Central Anatolia (Aksaray-Sarıkaraman): age, petrogenesis and geotectonic implications for ophiolite emplacement. The Journal of Geology 1999; 34: 233-242.
- Yılmaz S., Boztuğ D. Petrogenesis of the Çiçekdağ igneous complex, north of Kırşehir, Central Anatolia, Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences 1998; 7: 185-199.