

Türkiye’deki intrüzif kayaların tektojenetik sınıflandırılması ve ilişkili olarak gelişen olası metalojenik provenislerin araştırılması (Doğu Pontitler: Kaçkar Batoliti)

Yasin BOZKURT¹

Giriş

Alpin orojenik kuşağı içerisinde yer alan ülkemizin jeolojisinin daha iyi anlaşılabilmesi ve metalojenik provenislerinin ortaya konulmasında intrüzif kayalar büyük önem taşımaktadırlar. Levha hareketlerine bağlı olarak gelişen ve yer kabuğunun en önemli bileşenlerinden biri olan granitoidler kabuğun sergilemiş olduğu yapısal değişimin açıklanmasında çok büyük bir öneme sahiptir. Benzer şekilde siyenitik kayalar mantonun, monzonitik kayalar kabuk ve mantonun, gabroyik kayalar ise alt kabuk ve üst mantonun özelliklerinin ortaya konmasında önemli rol oynamaktadır (Kadioğlu, 2015). Bu kayaların her birinin jeotektonik oluşum ortamları farklılık arz ettiğinden yapılacak olan çalışmalar, ülkemizin jeolojik evriminin aydınlatılmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca bu tür kayalar magma karakterlerinin ayrılması ile sokulumlarına bağlı olarak farklı türde cevher oluşturabilmektedir. Bu yüzden intrüzif kayaların zamansal-mekansal konumları ve magma karakterlerine göre ayrı ayrı gruplandırılması, yan kaya ilişkilerinin belirlenmesi, ülkemizdeki metalojenik provenislerin ortaya konulmasına fayda sağlayacaktır.

Alp-Himalaya orojenik kuşağı içinde önemli bir yere sahip olan Türkiye, yaklaşık olarak D-B uzanımlı tektonik birlikler arasında (Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar kıvrımlar; (Şekil 1). Paleotetis ve Neotetis okyanusal havzalarının kalıntılarını içermektedir Şengör ve Yılmaz (1981). Paleotetis ile ilgili jeolojik olaylar genel olarak K-KB Türkiye’de Sakarya zonu ve Orta Pontidler’de hüküm sürmüş ve Liyas yaşlı sedimanlar tarafından uyumsuz olarak üzerlenerek evrimini tamamlamıştır Şengör ve Yılmaz (1981). Bununla birlikte Neotetis ile ilgili jeolojik olaylar ise Triyas’tan Miyosen’e kadar tüm Anadolu’yu etkisi altına almıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Neotetis okyanusal havzalarının kapanması sırasında meydana gelen orojenik olaylar zincirinin en önemli halkalarından birini Geç Kretase ve Tersiyer yaşlı granitoid magmatizması oluşturmaktadır.

Çalışma alanı, Türkiye’nin Tektonik Birliklerinin Sınıflandırılması’na göre (Okay ve Tüysüz, 1999), Sakarya Zonu’nun doğusunda yer almakta olup, Doğu Pontidler olarak adlandırılmaktadır. Kaçkar

Batoliti bu bölgenin önemli ve hakim kayaçlarını oluşturmaktadır (Şekil 1).

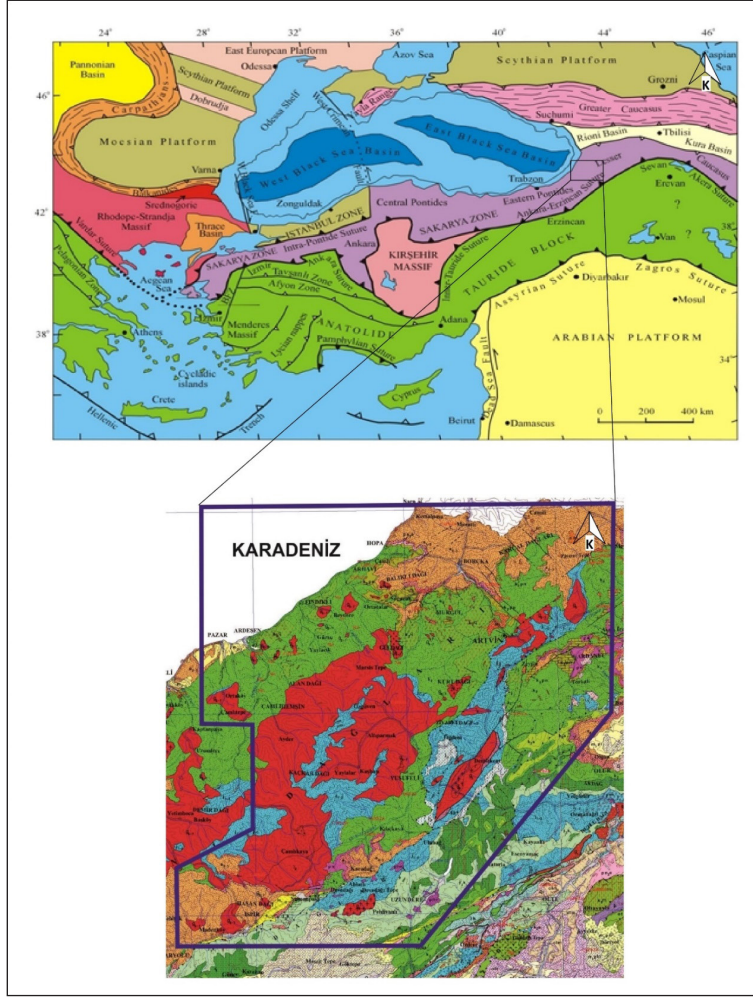
1. Bölgesel Jeoloji

Doğu Pontidler kuşağının temeli, daha önce yapılan çalışmalarda, jeolojik olarak ya Kimmerid kıtasının parçası (Şengör ve Yılmaz, 1981) ya da Sakarya Zonunun doğu uzantısı (Okay, 1989; Okay ve Tüysüz, 1999) olarak yorumlanmaktadır. Doğu Pontidler jeolojik birimleri 7 bölümde incelenebilir: (1) Paleozoyik yaşlı temel birimler (2) Erken-Orta Jura yaşlı volkanik-volkanosedimanter-intrüzif kayaçlar (3) Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşları ve intrüzif kayaçlar (4) Geç Kretase yaşlı volkanik-volkanoklastikler- yay magmatizmasının intrüzif kayaçları (5) Paleosen yaşlı sedimanter kayaçlar (6) Eosen yaşlı volkanik-volkanoklastikler-sedimanter ve intrüzif kayaçlar ile (7) Oligosen-Miyosen yaşlı genç örtü birimleri bulunmaktadır (Akın, 1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981; Konak vd., 2001; Kandemir vd., 2017) (Şekil 2).

Doğu Pontidler Paleozoyik yaşlı temeli 4 bölümde incelenebilir: (1) yüksek sıcaklık-düşük basınç metamorfizması geçirmiş, gnays, migmatit, metakuvarsit, amfibolit, metadiyoritler ve az oranda metadunit-metaharzburjit bantlarından oluşan, Pulur masifi olarak adlandırılan erken Karbonifer’de metamorfizma geçirmiş (331-327 Ma; Topuz vd., 2004a) bir metamorfik kompleks. (2) Bu metamorfik kompleksi kesen 295-325 My yaşındaki (Topuz vd., 2007; Ustaömer vd., 2013) Karbonifer plutonları. (3) Geç Karbonifer (late Kasimovian-early Gzelian) fusilin ve konodontları içeren Üst Paleozoyik sedimanları (Okay ve Leven, 1996). (4) Literatürde Karakaya Kompleksi olarak adlanmış olan yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş metabazit, mermer ve fillatlardan oluşan Permo-Triyas kayaçlar (Okay, 1984; Okay ve Tüysüz, 1999; Topuz vd., 2004b).

Bu paleozoyik yaşlı temeli oluşturan temel birimler, (2) Erken-Orta Jura yaşlı ammonitikorosso seviyeleri ile volkanik-volkanosedimanter kayalarla örtülür ve bu volkanitlerin intrüzif eşleniği gabro, diyorit ve granitlerce kesilirler (Görür vd., 1983; Yılmaz ve Boztuğ, 1986; Konak vd., 2001; Şen, 2007; Kandemir ve Yılmaz, 2009; Genç ve Tüysüz, 2010; Dokuz vd., 2010; Ustaömer ve Robertson,

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



Şekil 1- İnceleme alanının Türkiye'nin Tektonik Birliklerine (Okay ve Tüysüz, 1999) göre konumu ve yer bulduru haritası.

2010; Ustaömer vd., 2013). Doğu Pontidlerin Alt Jura sedimanter serileri iki ayrı şekilde yorumlanmıştır: (1) NeoTetis okyanusunun açılması ile ilişkili rift (Şengör vd., 1980; Şengör ve Yılmaz 1981) ve (2) Dalmabatmayla ilişkili volkanitler (Okay, 2000; Okay vd., 2002; Konak vd., 2009; Okay ve Nikishin, 2015).

Alt-Orta Jura sedimanter serileri dereceli olarak (3) Üst Jura-Alt Kretase platform karbonatlarına geçiş gösterir ve aynı zamanda Alt Kretase karbonatlarını kesen az oranda magmatik kaya intrüzyonları da vardır.

Geç Kretase dönemi Doğu Pontidler'de geniş alanlar kaplayan yay magmatizması ürünlerinin geliştiği bir dönemdir. Bu dönem çoğunlukla olgun yay dönemi olarak tanımlanmıştır (Konak vd., 2001). (4) Geç Kretese yaşlı volkanik-volkanoklastikler ve yay magmatizmasının intrüviz ürünlerinden oluşur.

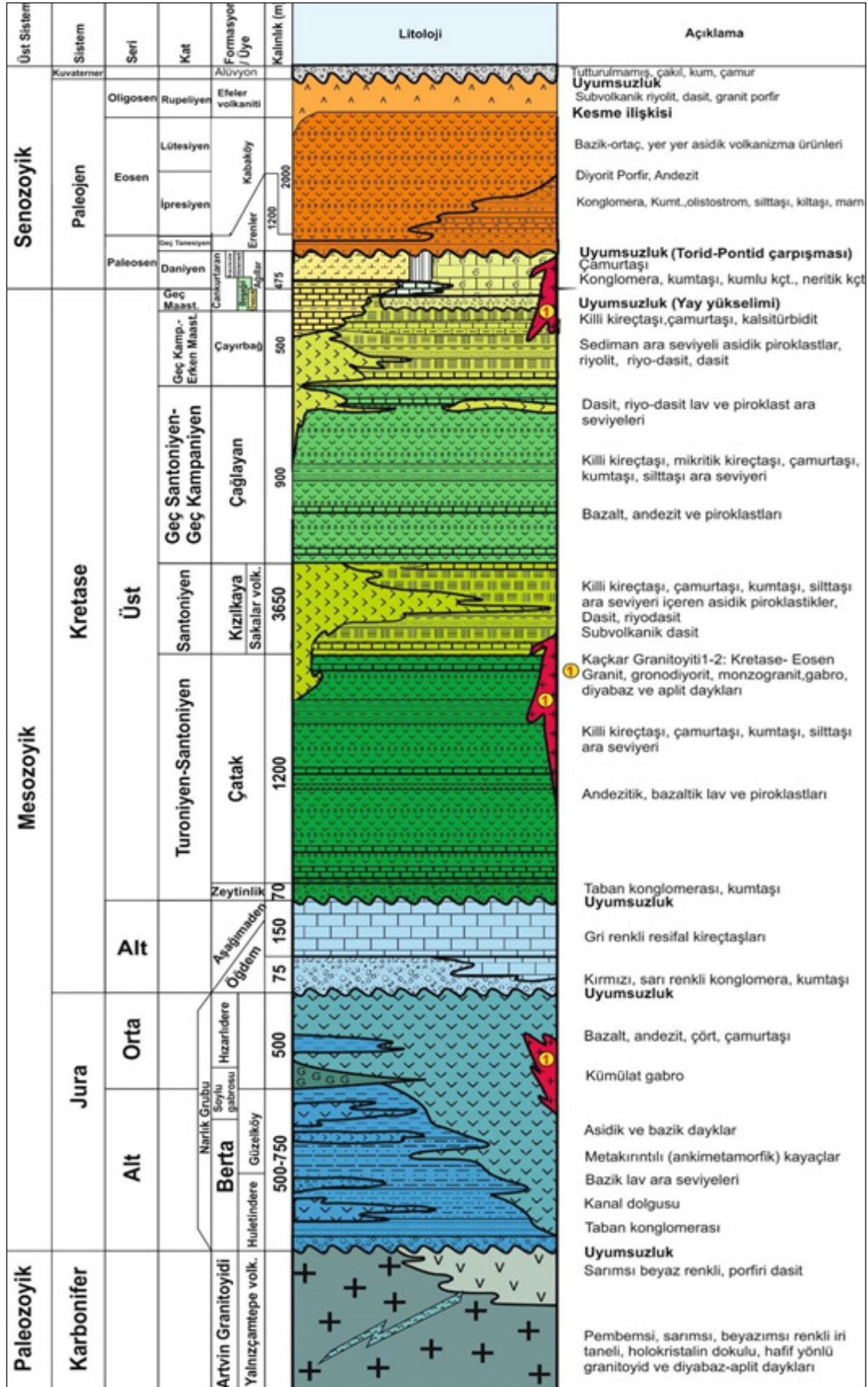
Geç Maastrichtiyen'de yeni bir transgresyonla (5) Paleosen yaşlı sedimanter kayaçlar yükselen yay bölgesini uyumsuz olarak üzerler (Kandemir vd., 2017).

Eosen döneminde genişleme rejimi ile birlikte yay-ardı havzalar açılarak yeni bir magmatik aktivite başlamış ve (6) Eosen yaşlı volkanik-volkanoklastikler-sedimanter ve intrüviz kayaçlar oluşmuştur.

Oligosen ve sonrasındaki dönemde ise Türkiye'nin neotektonik rejiminden bölgede etkilenmiş ve (7) Oligosen-Miyosen yaşlı örtü kayaçları oluşmuştur.

2. İntrüviz Kayaçların Stratigrafisi

Bölgede yaptığımız çalışmalar ve literatür taramaları ile elde ettiğimiz bilgiler ışığında, Doğu Pontidler Orojenik Kuşağında gözlenen intrüviz kayalar, Paleozoyik'den Senozoyik dönem ortalarına kadar geniş bir yaş aralığına



Şekil 2- İnceleme Alanının Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesiti (Kandemir vd., 2017) .

sahiptir. Başlıca gabrodan granite ve siyenite kadar değişen türdeki mafik ve felsik bileşimli kayalardan oluşur (Şekil 3). Bu intrüzif kayalar; Variskan, Kimmeriyen ve Alpin orejenezinin izlerini taşımaktadır.

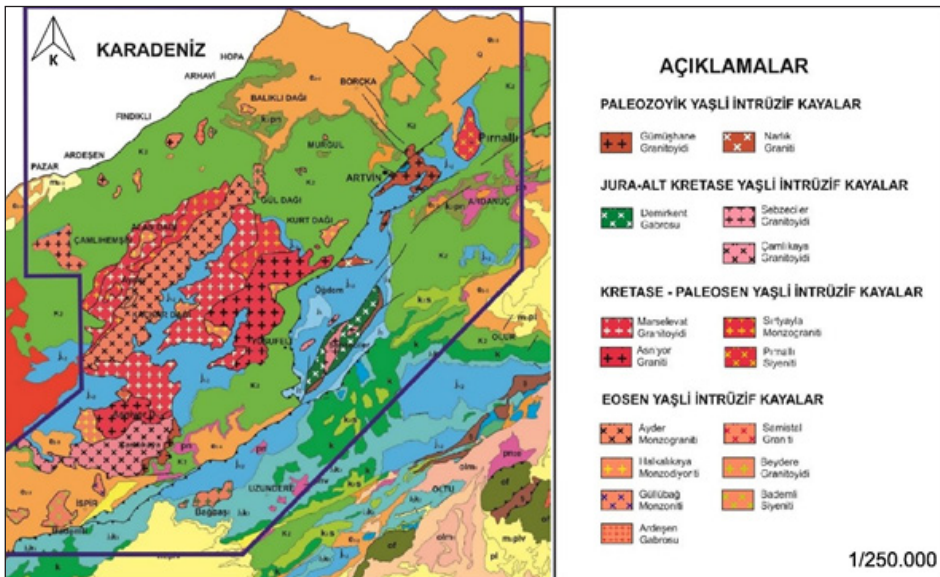
Bunlardan Variskan orejenezini ile ilişkili Permo-Karbonifer yaşlı granitoidler, Pontidler'in temelini oluşturan metamorfik kayaları keserek yerleşmişlerdir.

Kimmeriyen orejenezini yada Erken Alpin dönemlerinde sokulum yapan intrüzif kayalar Paleotetis okyanusun kapanması ile ilişkili, Jura-Erken Kretase yaşlı granitoidlerden oluşur ve Erken Jura kayalarını keserek çıkarlar. Doğu Pontidler için Jura magmatizmasının tartışmalı olduğunu belirtmekte fayda vardır.

Alpin orejenezini döneminde sokulum yapan intrüzif kayalar, Neotetis okyanusun kapanması ile ilişkilidir. Bu intrüzif kayalar, Doğu Pontidler Orejenik Kuşağında en yoğun olarak bulunan intrüzif kayalardır. Doğu Pontid magmatik yayında yitimin yönü, yitimin sonlanma zamanı ve Torid-Anatolid Platformunun, Sakarya mikro kıtasına çarpışma zamanı ile ilgili görüş farklılıkları vardır. Bunlar başlıca üç grup altında toplanabilir; (1) Pontid yayının Paleozoyik'ten Eosen sonlarına kadar süregelen kuzeye doğru olan bir yitim sonucunda geliştiği Ustaömer ve Robertson (1996), Okay ve Şahintürk (1997), Okay ve Nikishin (2015), (2) Paleotetis'in Pontidler'in kuzeyinde olduğu ve Paleozoyik sonundan Eosen sonuna kadar devam eden güney yönlü bir yitim polaritesinin varlığı Dewey vd. (1973), Bektaş vd. (1995, 1999), Eyüboğlu vd. (2011a) ve

(3) Pontid yayı için Dogger'e kadar güneye, Geç Kretase'den Eosen sonuna kadar ise kuzeye doğru olan çift yönlü bir yitim polaritesinin varlığı Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından ileri sürülmüştür. Alpin orejenezini döneminde sokulum yapan intrüzif kayalar ile ilgili en kapsamlı çalışma MTA projesi olarak Boztuğ vd. (2006) yapmıştır.

Boztuğ vd. (2006), Kaçkar Batolitinin Ardeşen ile İspir ilçeleri arasında, bir hat boyunca yaptıkları çalışmada, ilk defa Kaçkar batolitini 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaları yaparak, intrüzif kayaları jeokimyasal ortam ve karakteristiklerine göre 5 ayrı jeodinamik ortamda oluşan 10 farklı birime ayırmışlardır. 1) Çamlıkaya granitoidini Erken-Kretase yaşında ve erken yay döneminde oluşan orta-potasyumlu kalk-alkalen granitoid olarak tanımlamışlardır. 2) Marselevat ve Sırtayla granitoidlerini Geç Kretase-Erken Paleosen yaşında ve olgun yay döneminde oluşan orta-yüksek potasyumlu kalk-alkalen granitoidler olarak tanımlamıştır. 3) Asniyor granitini Paleosen yaşında ve çarpışma ile eş yaşlı peralüminüme lökogranit olarak tanımlamıştır. 4) Ayder ve Samistal granitoidlerini, Orta-Geç Eosen yaşında ve çarpışma sonrasında oluşan, yüksek potasyumlu kalk-alkalen K-feldspar megakristalli Ayder ve mikrokristalli Samistal granitoidleri olarak tanımlamıştır. 5) Güllübağ monzoniti, Halkalıkaya monzodiyoriti ve Ardeşen gabrosunu, Geç Eosen yaşında ve açılmayla ilişkili oluşan, az alkalın Güllübağ monzoniti, orta-K kalk-alkalenden toleyitiğe kadar değişen Halkalıkaya monzodiyoriti ve düşük-K toleyitik Ardeşen gabrosu olarak tanımlamıştır.



Şekil 3- İnceleme alanındaki intrüzif kayaların jeoloji haritası ve stratigrafisi.

Bölgede yaptığımız arazi çalışmaları ve literatür taramaları sonunda, farklı orojenik dönemlerde oluşan intrüzif kayaçlar 4 ayrı yaş konağına ayrılarak intrüzif kayaçların stratigrafisi oluşturulmuştur (Şekil 3).

2.1. Paleozoyik Yaşlı İntrüzif Kayalar

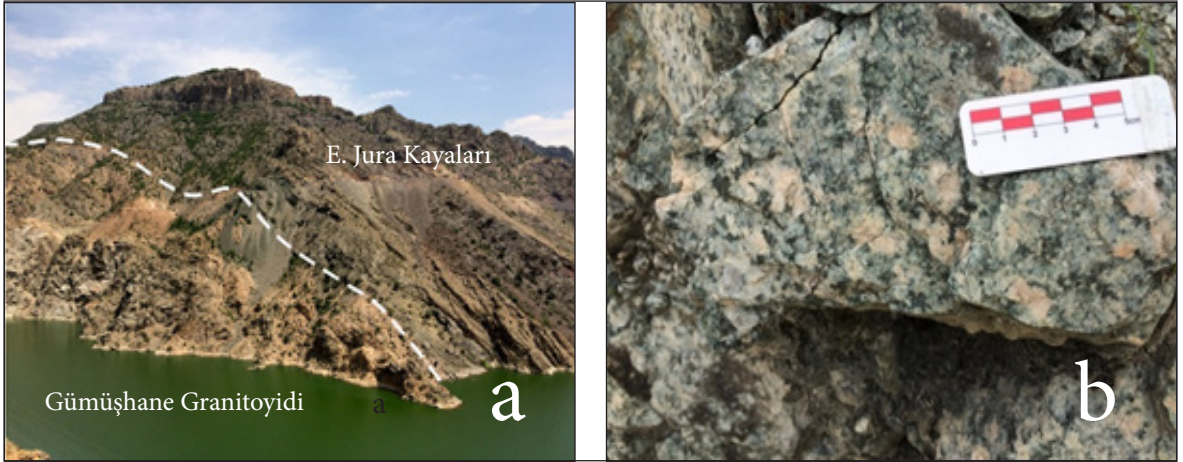
Doğu Pontidler'in temelini oluşturan metamorfik kayaçları keserek yerleşen bu intrüzif kayalar, Variskan orejenezi ile ilişkilidir. Bölgede yaptığımız çalışmalarda Artvin-Yusufeli-İspir arasında kalan alanda yüzlekler veren bu intrüzif kayalar Gümüşhane granitoyidi ve Narlık graniti olarak ikiye ayrılmıştır (Şekil 4a,b; 5a,b). Artvin granitoyidi benzer minerolojik, kimyasal ve jeokronolojik yaş gösterdiğinden Gümüşhane granitoyidi içerisinde değerlendirilmiştir. U-Pb yöntemiyle yapılan yaşlandırma çalışmalarında Gümüşhane granitoyidi, Kandemir vd, (2017) göre 327my, Narlık graniti, Ustaömer vd, (2013) göre 330 my jeokronolojik yaş değerleri elde edilmiştir.

2.2. Jura-Erken Kretase Yaşlı İntrüzif Kayalar

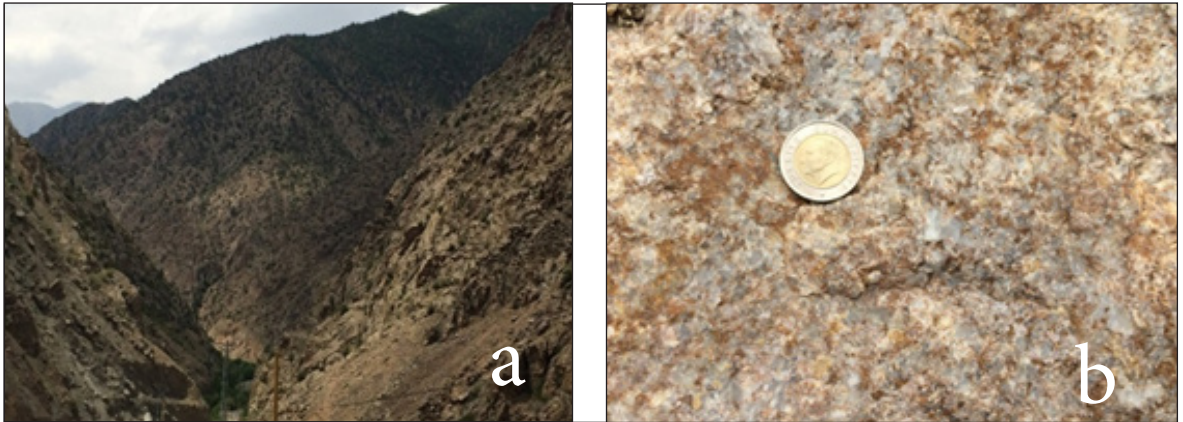
Doğu Pontidler için Jura magmatizması henüz bir netlik kazanmamıştır. Paleotetis okyanusunun kapanması ile ilişkili olduğu düşünülen bu granitoidler, Erken Jura kayaçlarını keserek çıkarlar. Bölgede yaptığımız çalışmalar ve literatür araştırmalarında Jura-Erken Kretase granitoidleri: Sebzeçiler granitoyidi, Demirkent gabrosu ve Çamlıkaya granitoyidi olarak ayrılmıştır (Şekil 6a,b; 7a,b; 8a,b). U-Pb yöntemiyle yapılan yaşlandırma çalışmalarında Eyüboğlu vd. (2016b) göre Demirkent gabrosu 181my, Dokuz vd. (2010) göre Sebzeçiler granitoyidi 188my, Ustaömer vd. (2013) göre Çamlıkaya granitoyidi 156my jeokronolojik yaş değerleri elde etmişlerdir.

2.3. Kretase-Paleosen Yaşlı İntrüzif Kayalar

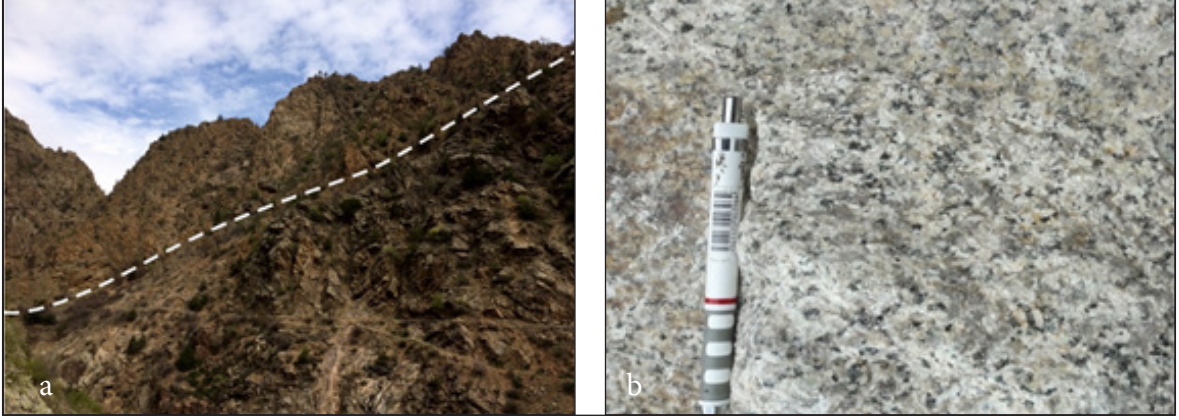
Alpin orojenezi ile ilişkili olan, Geç Kretase ile Paleosen yaşları arasında değişen bu intrüzif kayalar, Neotetis okyanusunun, Pontid mikro kıtasının altına dalması ile oluşan ada yayı magmatizmasının



Şekil 4- Gümüşhane granitoyidi a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



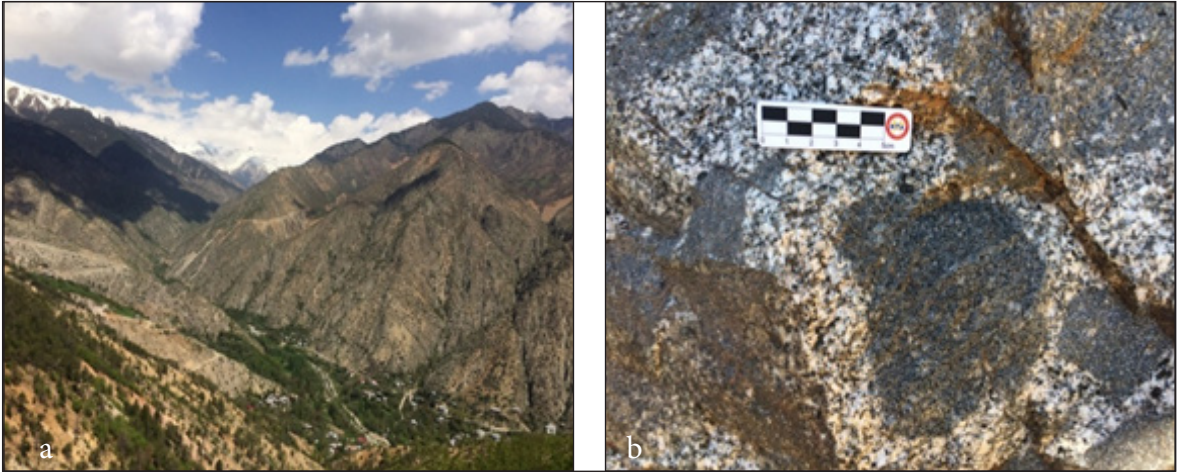
Şekil 5- Narlık graniti a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



Şekil 6- Sebzeçiler granitoidi a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



Şekil 7- Demirkent gabrosu a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



Şekil 8- Çamlıkaya granitoidi a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.

ürünleridir. Yaptığımız arazi gözlemleri ve literatür çalışmalarına göre bu yaş konağında oluşan intrüzif kütleler: Pırnallı siyeniti, Sırtayla monzograniti, Marselevat granitoidi ve Asniyor graniti olarak ayrılmıştır (Şekil 9a,b; 10a,b; 11a,b; 12a,b). Kaçkar Batolitinde farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, Pırnallı siyeniti 81.2 ± 1 my, Sırtayla monzograniti 57.1 ± 1.2 my ve Marselevat granitoidi

52.9 ± 1.3 my jeokronolojik yaş değerleri elde etmişlerdir (Boztuğ vd., 2007; Karlı vd., 2012).

2.4. Eosen Yaşlı İntrüzif Kayalar

Alpin orojenezinin son döneminde Neotetis okyanusunu kapanmış, Pontid mikro kıtası ile Anatolid-Torid platformu çarpışması (kıta-kıta çarpışması) Geç Paleosen döneminde gerçekleşmiştir.



Şekil 9- Pırnallı siyeniti a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



Şekil 10- Sırtıyla monzograniti a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



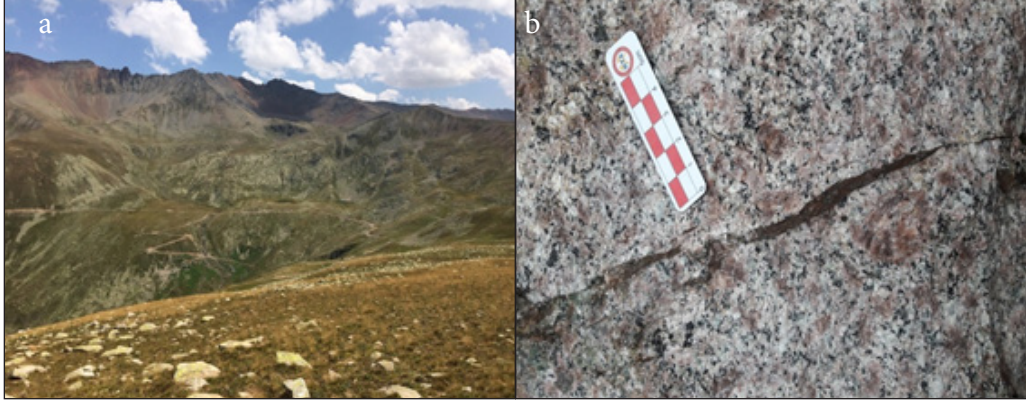
Şekil 11- Marselevat granitoyidi a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



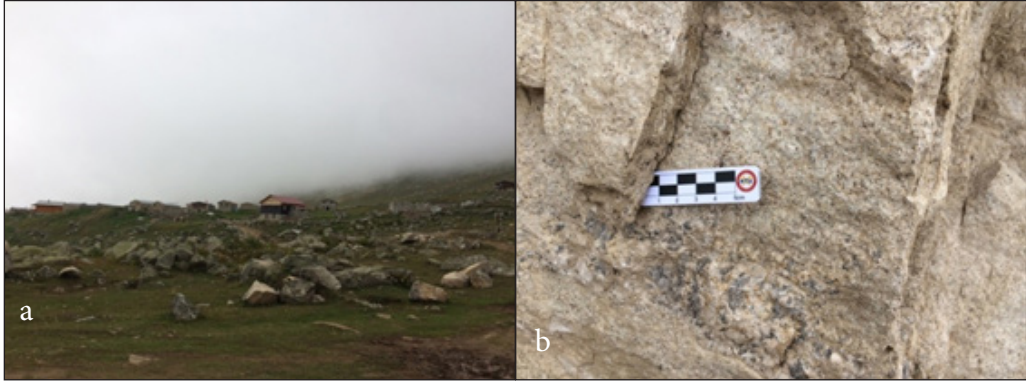
Şekil 12- Asniyor graniti a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.

Çarpışma sonrası Erken-Orta Eosen döneminde yeni bir magmatizma etkinliği başlamıştır. Eosen yaşlı oluşan bu intrüzif kayalar: Ayder monzograniti, Samistal graniti, Halkalıkaya monzodiyoriti, Beyderesi granitoyidi, Güllübağ monzoniti, Bademli siyeniti ve Ardeşen gabrosu olarak ayrılmıştır (Şekil 13a,b; 14a,b; 15a,b; 16a,b; 17a,b; 18a,b; 19a,b). Bu

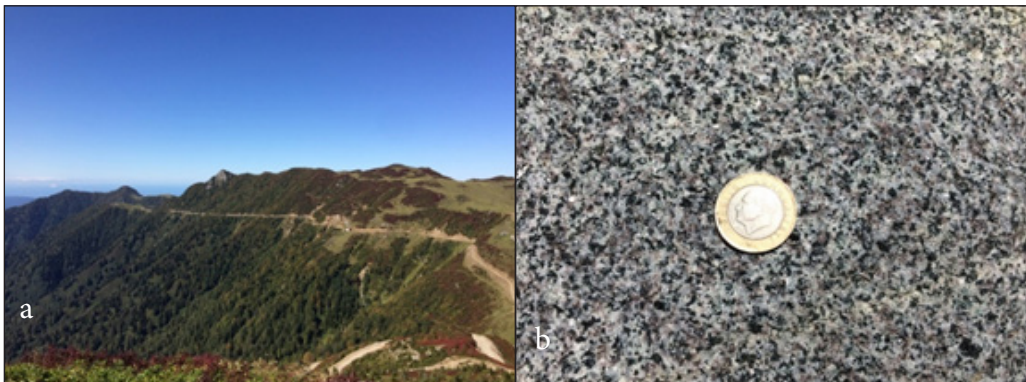
intrüzif kayalarda farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, Ayder monzograniti 46.4 ± 1.0 my, Halkalıtış monzodiyoriti 43.7 ± 2.3 my, Güllübağ monzoniti 41.0 my, Bademli siyeniti 42.4 ± 0.3 my, Ardeşen gabrosu 45 ± 2 my jeokronolojik yaş değerleri elde edilmiştir (Boztuğ vd., 2007; Eyüboğlu vd., 2016,2017; Dokuz vd., 2019).



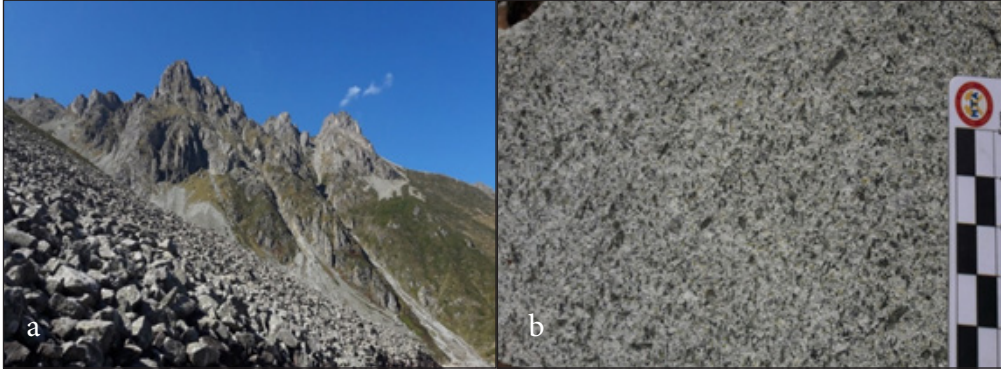
Şekil 13- Ayder monzograniti a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



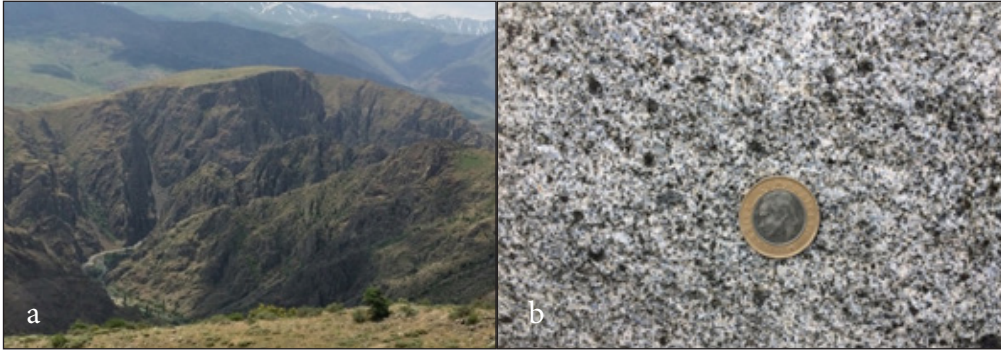
Şekil 14- Samistal graniti a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



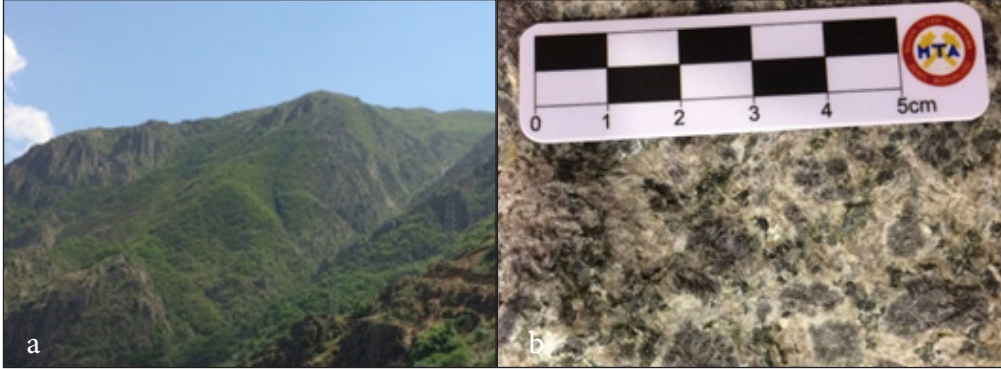
Şekil 15- Halkalıkaya monzodiyoriti a) genel görünüm, b) yakın çekim el örneği.



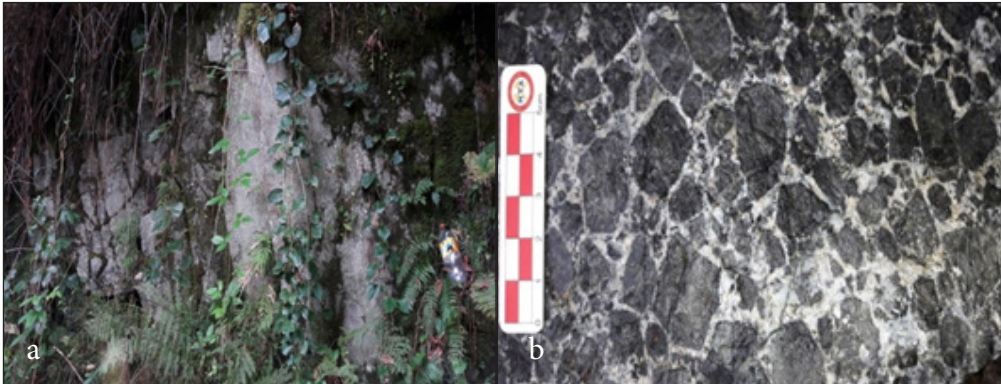
Şekil 16- Beyderesi granitoyidi a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



Şekil 17- Güllübağ monzoniti a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



Şekil 18- Bademli siyeniti a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.



Şekil 19- Ardeşen gabrosu a) genel görünümü, b) yakın çekim el örneği.

3. İntrüzif Kayaçların Maden Yatakları ile İlişkisi

Maden yataklarının oluşmasında etkili olan en önemli etken magmatizmadır. Magma oluşumunu etkileyen en önemli faktörler; sıcaklık yükselmesi, litostatik basınç azalması ve ortama su ilavesi şeklinde sıralanabilir. Magmaların bileşimleri ve cevher içerikleri, oluştukları, göç ettikleri ve yerleştikleri ortamların fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Magmatik süreçlerin ve hidrotermal etki alanlarının gelişimi ise levha tektoniğiyle yakından ilişkilidir. Mantodaki büyük konveksiyon döngüleri ile yer kürenin daha sığ derinliklerindeki sıcak noktaların konveksiyon akımlarıyla başlayıp gelişen levha hareketleri, maden yataklarının ortaya çıkmasında da etkili olmaktadır (Ayaz, 2018). Bu yüzden İntrüzif kayaların minerolojik ve tektojenetik olarak sınıflanması, olası gelişebilecek maden yataklarını belirlenmesinde önemli bir yeri vardır.

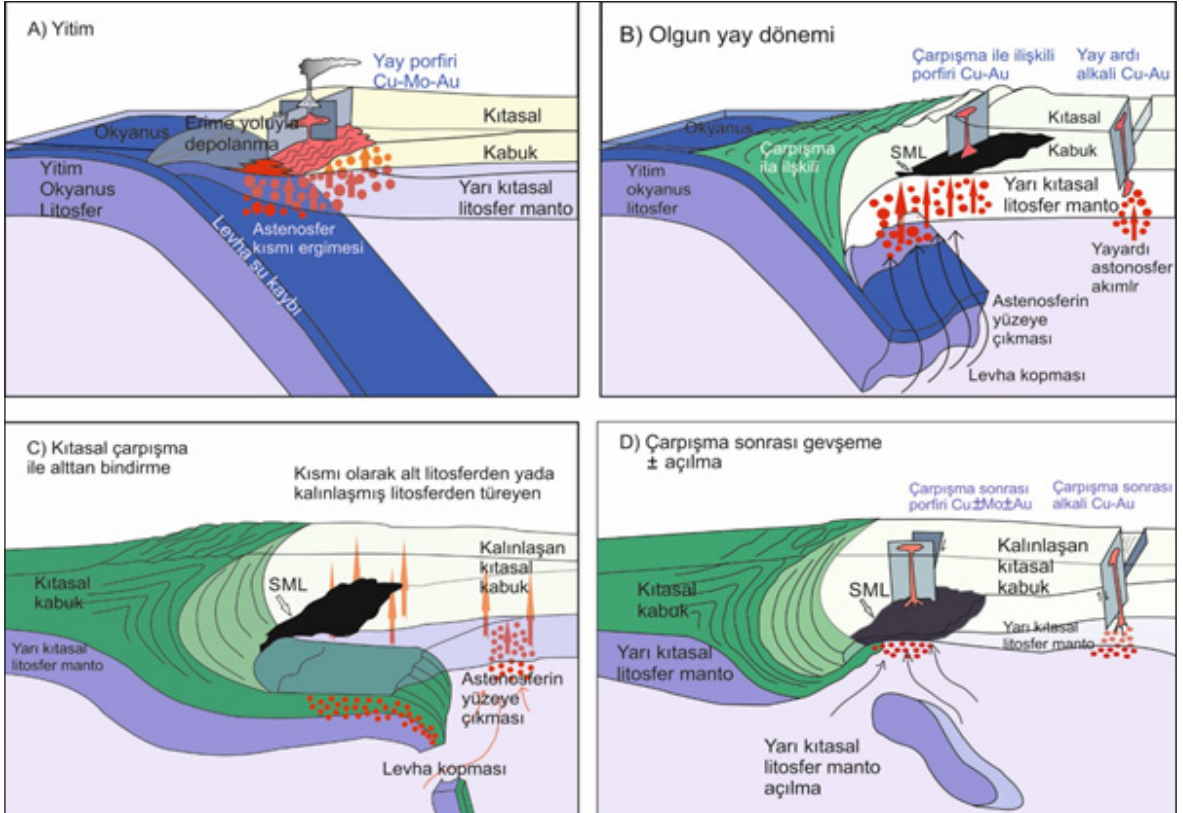
İntrüzif kayaların tektojenetik olarak sınıflandırılması maden yataklarının aranmasına bir ışık tutacaktır. Bölgede yaptığımız arazi çalışmaları ve literatür taramaları sonucunda Tetis orojenik

kuşağında oluşabilecek cevherleşmelerin jeodinamik ile ilişkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır (Şekil 20).

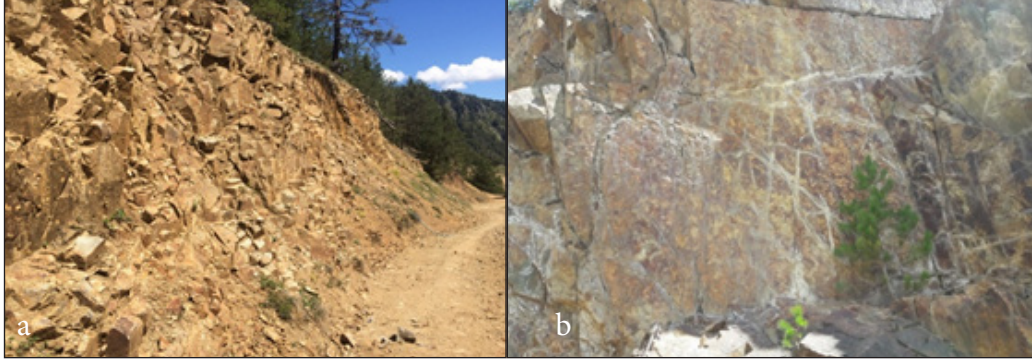
Bölgede yaptığımız çalışmalarda, olgun yay döneminde oluşan Sırtayla monzograniti ve Marselevat granitoyidi ile ilişkili, porfiri tip 2 adet cevherleşme tespit edilmiştir (Şekil 21a,b; 22a,b). Çarpışma sonrası gevşeme yada açılma ile oluşan Halkalıkaya monzodiyoriti ile ilişkili, porfiri tip 1 adet cevherleşme tespit edilmiştir (Şekil 23a,b). Doğu Pontidler Orojenik Kuşağında pek çok yerde gözlenen bu intrüzif kayaların, cevher oluşturma potansiyeli göz önünde bulundurularak, detaylı araştırma yapılması yeni cevherleşmelerin ortaya çıkarılmasına ışık tutacaktır.

4. Sonuçlar

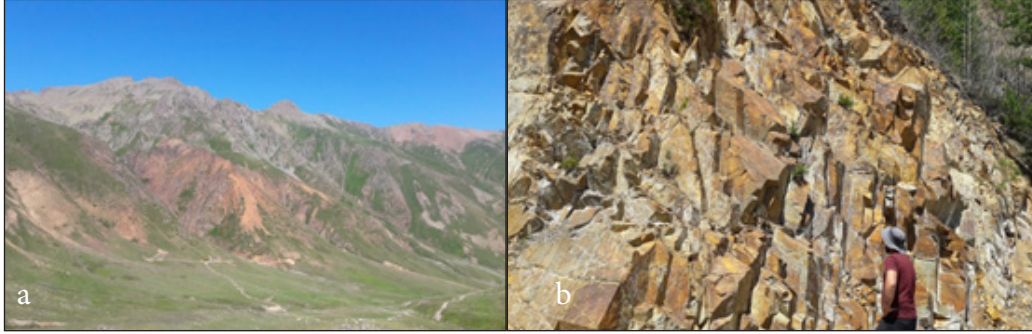
Cevherleşmenin, magmatizma ile sıkı bir ilişkisi olduğu bilinen bir gerçektir. Bu nedenle cevher yataklarının aranmasında öncelikli olarak, magmatik jeoloji sorunun çözülmesi gerekir. Proje kapsamında felsik - mafik intrüzif kayaların ayrıntılı olarak gruplandırılması ve yan kaya ilişkisi ile cevher aramaya yönelik önemli bir altlığın oluşturmasına yardımcı olmak için intrüzif kayalardan petrografik



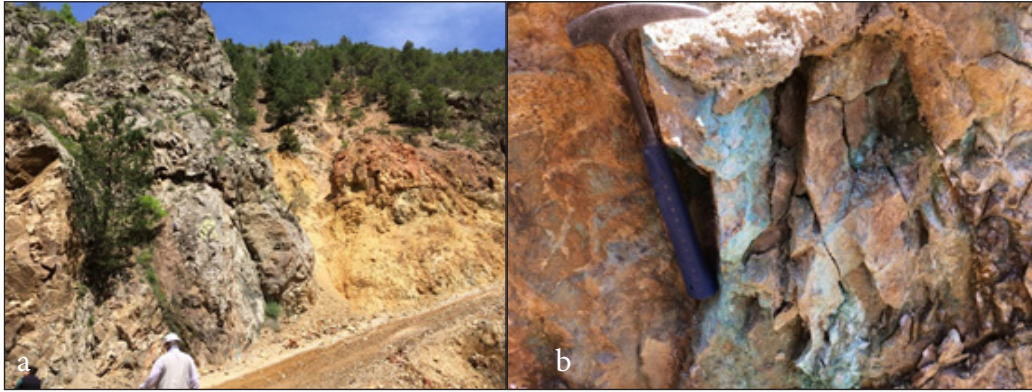
Şekil 20- Tetis orojenik kuşağında A) Yitim ile, B) olgun yay döneminde, C) kıtasal çarpışma sonucu alttan bindirme ile, D) çarpışma sonrası gevşeme ± açılma ile oluşabilecek porfiri tip cevherleşmelerin şematik gösterimi Richards (2015)'den düzenlenmiştir.



Şekil 21- Sırtıyla monzograniti ile ilişkili porfiri tip Artvin-Yusufeli Balcılı Cu-Mo sahası a) genel görünümü, b) yakın çekim görünümü.



Şekil 22- Marselevat granitoidi ile ilişkili porfiri tip Artvin-Yusufeli Yüksekoba Cu-Mo-Au sahası a) genel görünümü, b) yakın çekim görünümü.



Şekil 23- Halkalıkaya monzodiyoriti ile ilişkili porfiri tip Artvin-Yusufeli Esendal Au-Cu sahası a) genel görünümü, b) yakın çekim görünümü.

ve kimyasal analiz için örnekler alınmıştır. Ayrıca intruzif kayaların zamansal ve mekânsal konumlarını U/Pb yaşlandırma yöntemiyle belirleyerek Pontidler'in magmatizma tarihçesini ortaya konulması için jeokronoloji örnekleri alınmıştır.

Değerilen Belgeler

Akın, H. 1978. Geologie, Magmatismus und Lagerstaettenbildung im ostpontischen Gebirge-Turkei aus der Sicht der Plattentektonik. Geologisches Rundschau 68, 253-283.

Ayaz, M. E. 2017. Yeryuvarının Zonlu İç Yapısı, Yerbilim Kaynaklarının Sınıflandırılması ve Granitoidlere

Bağlı Olarak Gelişen Maden Yatakları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni 23, 1-12.

Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K. 1995. Doğu Pontid Yay Gerisi Havzasında Derin Yayılma Çukurlarının Oluşumu (KD Türkiye): Neo-Tetis'in Pasif Kıta Kenarı Evrimi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Müh. Böl. 30. Yıl Sempozyumu Bildiriler Kitabı, I, 263-274.

Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y., Köprübaşı, N. 1999. Migration of the Upper cretaceous subduction-related volcanism towards the back-arc basin of the eastern pontide magmatic arc (NE Turkey). Geology. Journal 34, 95-106.

- Boztuğ D., Erçin A.İ., Kuruçelik MK., Göç, D., Kömür, İ., İskenderoğlu, A. 2006. Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey Journal of Asian Earth Sciences 27: 286–302
- Boztuğ D., Jonckheere R., Wagner, G. A., Erçin, A.İ., Yeğingil, Z. 2007 Titanite and zircon fission-track dating resolves successive igneous episodes in the formation of the composite Kaçkar batholith in the Turkish eastern Pontides International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch) 96:875-886
- Dewey, J.F., Pitman, WC., Ryan, W.B.F., Bonin, J. 1973. Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine system. Geological Society of American Bulletin 84, 3137-3180.
- Dokuz, A., Karşlı, O., Chen, B., Uysal, I. 2010. Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: implications for pre- and post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, Tectonophysics 480, 259–279.
- Dokuz, A., Aydın, F., Karşlı, O. 2019. Postcollisional transition from subduction- to intraplate-type magmatism in the eastern Sakarya zone, Turkey: Indicators of northern Neotethyan slab breakoff Geological Society of American Bulletin 131, 9-10
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Chung, S.L. 2011a. Petrochemistry and U-Pb ages of adakitic intrusions from the Pular massif (Eastern Pontides, NE Turkey): implications for slab roll-back and ridge subduction associated with Cenozoic convergent tectonics in eastern Mediterranean, Journal of Geology 119, 394e417
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Santosh, M., Xiao, Y., Yi, K., Chatterjee, N., Wu, F.Y., Bektaş, O. 2016b. Where are the remnants of a Jurassic Ocean in the Eastern Mediterranean Region? Gondwana Research 33, 63-92
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Santosh, M., Zhu D., Yi, K., Chatterjee, N., Jeong, Y., Akaryalı, E., Liu Z. 2016. Cenozoic forearc gabbros from the northern zone of the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: Implications for slab window magmatism and convergent margin tectonics Gondwana Research 33, 160-189
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Thorkelson, D., Zhu D., Liu Z., Chatterjee, N., Yi, K., Santosh, M. 2017. Eocene granitoids of northern Turkey: Polybaric magmatism in an evolving arc-slab window system Gondwana Research 50, 311-345
- Genç, Ş.C., Tüysüz, O. 2010. Tectonic setting of the Jurassic bimodal magmatism in the Sakarya Zone (Central and Western Pontides), Northern Turkey: A geochemical and isotopic approach, Lithos 118, 1–2, 95–111.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S., Özsayar, T. 1979. The Main Lines of Geotectonic Development of The East Pontids in the Mesozoic Era. Proceedings of The 1st. Geological Congress of The Middle East (Geocome), 1979, Ankara, 68-69.
- Görür, N., Şengör, A.M.C., Akkök, R., Yılmaz, Y. 1983. Sedimentological data regarding the opening of the northern branch of the Neo-Tethys (in Turkish): Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 26, 11-19.
- Kadıoğlu, Y.K. 2015. Orta Anadolu İntruzif Kayalarının arazi verilerine göre tanımlanması, haritalanması ve bölge jeolojisi açısından magmatotektonik konumunun irdelenmesi: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı Arazi Gezi Notları, 1-26, (yayımlanmamış).
- Kandemir, R., Yılmaz, C. 2009. Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the lower Jurassic ammonitico rosso type sediments (ARTS) in the Gümüşhane area, NE Turkey: Implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys ocean, Journal of Asian Earth Sciences 34, 4, 586–598.
- Kandemir, Ö., Kanar, F., Çobankaya, M., Pehlivan, Ş., Tok, T., Akbayram, K., Atıcı, G. 2017. Artvin-Borçka-Yusufeli Arasında Kalan Alanın Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No:13575 Ankara.
- Karşlı, O., Caran, S., Dokuz, A., Çoban, H., Chen, B. and Kandemir, R. 2012. A-type granitoids from the Eastern Pontides, NE Turkey: Records for generation of hybrid A-type rocks in a subduction-related environment. Tectonophysics 530–531, 208–224.
- Konak, N., Hakyemez, Y., Bilgiç, T., Bilgin, R., Hepşen, N., Ercan, T. 2001. Kuzeydoğu Pontidler'in (Oltu- Olur-Şenkaya- Narman-Tortum-Uzundere-Yusufeli) Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 10489, Ankara (yayımlanmamış).
- Konak, N., Okay, A.I., Hakyemez, Y. 2009. Tectonics and Stratigraphy of the Eastern Pontides, Field trip guide book, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü ve TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, ISBN 978-9944-897-83-9, 120 pp
- Okay, A. I. 1984. The geology of the Ağvanis metamorphic rocks and neighbouring formations: Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, v. 99/100, p. 16-36, Ağvanis metamorfizleri ve çevre kayalarının jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Dergisi 99/100, 51-57.
- Okay, A. I. 1989. Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey, In: Şengör, A.M.C. (Ed.) - Tectonic Evolution of the Tethyan region, pp. 109-115, Kluwer Academic Publications, Dordrecht.

- Okay, A.I., Leven, E.Ja. 1996. Stratigraphy and Paleontology of the Upper Paleozoic Sequences in the Pular (Bayburt) Region, Eastern Pontides, Turkish Journal of Earth Sciences 5, 145-155.
- Okay, A.I., Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, A.G. (Editor) Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, Am. As. Petr. Geol (AAPG) Memoir 68, 291-311.
- Okay A.İ., Tüysüz O. 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. Durand, B., Olivet, J.L., Horvath, E. and Serrane, M. (Eds.). The Mediterranean Basins, Extension within The Alpine Orogen. Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.
- Okay, A.I. 2000. Was the Late Triassic orogeny in Turkey caused by the collision of an oceanic plateau ? In "Tectonics and Magmatism in Turkey and Surrounding Area" (eds. E. Bozkurt, J.A. Winchester and J.A.D. Piper), Geological Society, London, Special Publication, 173, 25-41.
- Okay, A., Monod, O., Monié, P. 2002. Triassic blueschists and eclogites from northwest Turkey: vestiges of the PaleoTethyan subduction, Lithos 64, 155–178.
- Okay, A.I., Nikishin, A.M. 2015. Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region, International Geology Review 57(5-8), 1051-1076.
- Özsayar, T., Pelin, S., Gedikoğlu, A. 1981. Doğu Pontidler’de Kretase (Cretaceous in the Eastern Pontides), Karadeniz Teknik Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi Jeoloji 1, 65-114.
- Richards, J. P. 2015. Tectonic, magmatic, and metallogenic evolution of the Tethyan orogen: From subduction to collision, Ore Geology Reviews 70, 323-345.
- Şen, C. 2007. Jurassic volcanism in the eastern Pontides: is it rift related or subduction related?: Turkish Journal of Earth Sciences 16, 523–539.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. ve Ketin, İ. 1980. Remnants of a Pre-Late Jurassic Ocean in Northern Turkey: Fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys, Geological Society of American Bulletin 91, Part I, 599-609.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. Tectonophysics 75, 181e241.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner, O., Schwartz, W.H. 2004a. Aluminous granulites from the Pular Complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallisation, Lithos 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M., Schwartz, W.H. 2004b. Low-grade metamorphic rocks from the Pular Complex, NE Turkey: implications for the pre-Liassic evolution of the Eastern Pontides. International Journal of Earth Sciences 93, 72-91
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W. H., Dokuz, A., Meyer, H.-P. 2007. Variscan amphibolite-facies metamorphic rocks from the Kurtuluş metamorphic complex (Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey): International Journal of Earth Sciences 96, 861– 873.
- Ustaömer, T., Robertson, A.H.F. 1996. Paleotethyan tectonic evolution of the North Tethyan margin in the central Pontides, N Turkey. In: Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örcen, S. (Eds), International Symposium on the Geology of the Black Sea Region, Proceedings-I, 24-33.
- Ustaömer, T., Robertson, A. H. F. 2010. Late Paleozoic–Early Cenozoic tectonic development of the eastern Pontides (Artvin area), Turkey: Stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia. In M. Sosson, N. Kaymakçı, R. A. Stephenson, Bergerat, F., Starostenko, V. (Eds.), Sedimentary basin tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian platform (Vol. 340, pp. 281–327), London: Geological Society, Special Publications.
- Ustaömer, T., Robertson, A. H. F., Ustaömer, P. A., Gerdes, A., Peytcheva, I. 2013. Constraints on Variscan and Cimmerian magmatism and metamorphism in the Pontides (Yusufeli–Artvin area), NE Turkey from U–Pb dating and granite geochemistry, in Robertson, A. H. F., Parlak, O., and Ünlügenç, U. C., editors, Geological Development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region: Geological Society, London, Special Publications 372, 49–74.
- Yılmaz, O., Boztuğ, D. 1986. Kastomonu granitoids belt of northern Turkey: First arc plutonism product related to subduction of Paleo-Tethys: Geology 14, 179–183.