

Afyon Zonu Kuzeybatısındaki (Tava Dağı/Çavdarhisar/Kütahya) metamorfik kayaçların kinematik özellikleri

Ali Kamil YÜKSEL^{1,*}, Meral YILMAZ²

¹Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çağış Kampüsü Balıkesir

²Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çağış Kampüsü Balıkesir

Geliş Tarihi (Received Date): 25.02.2025

Kabul Tarihi (Accepted Date): 22.05.2025

Öz

İnceleme alanı, Türkiye'nin tektonik bölgelerinden biri olan Afyon Zonu içerisinde yer almaktadır. En altta, Triyas'dan daha eski ve farklı kökende çakıllar içeren Orta-Üst Triyas yaşlı meta-kırıntılardan oluşan İkibaşlı Formasyonu yer almaktadır. İkibaşlı Formasyonu üste doğru uyumlu bir şekilde Jura yaşlı karbonatlı kayalardan oluşan Çiçeklikaya Formasyonu'na geçiş yapar. Her iki formasyon, Eosen döneminde bir nap (Muratdağı Melanjı) bindirmesine maruz kalmış ve sonuçta İkibaşlı Formasyonu'na ait kırıntılar artan basınç ve sıcaklık koşullarında metamorfizma geçirmiştir. Afyon zonu kuzeyinde yer alan Tavşanlı zonunda ise daha fazla derinliklerde dolayısı ile daha fazla basınç/sıcaklık koşullarında mavi şist metamorfizması gerçekleşmiştir. Nap yerleşimi/bindirmesi esnasında metamorfizmaya uğrayan kayalarda farklı basınç ve sıcaklık koşullarında sünümlü bir şekilde ikincil yapılar gelişebilmektedir. Bu yapıların başlıcaları kıvrımlar, foliasyon düzlemleri, lineasyonlar, makaslama bandı klivajları, sigmoidal makro ve mikro çakıl ve porfiroklastlardır. Bu çalışmada, İkibaşlı Formasyonu içerisinde gelişen ikincil yapıların mostra ve mikro ölçekte tespiti/ölçümü ile nap hareketinin yönü ve zamanlaması ortaya konulmaya çalışılmıştır. Tüm veriler ışığında bu nap hareketinin Eosen döneminde Kuzeydoğu'ya doğru olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Afyon zonu, makaslama zonu, kinematik belirteçler, nap yerleşimi.

* Ali Kamil YÜKSEL, akyuksel@balikesir.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0003-3793-6294>

Meral YILMAZ, my.meralyilmaz1984@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0000-7288-726X>

Kinematic properties of metamorphic rocks in the northwest of the Afyon Zone (Tava Mountain/Çavdarhisar/Kütahya)

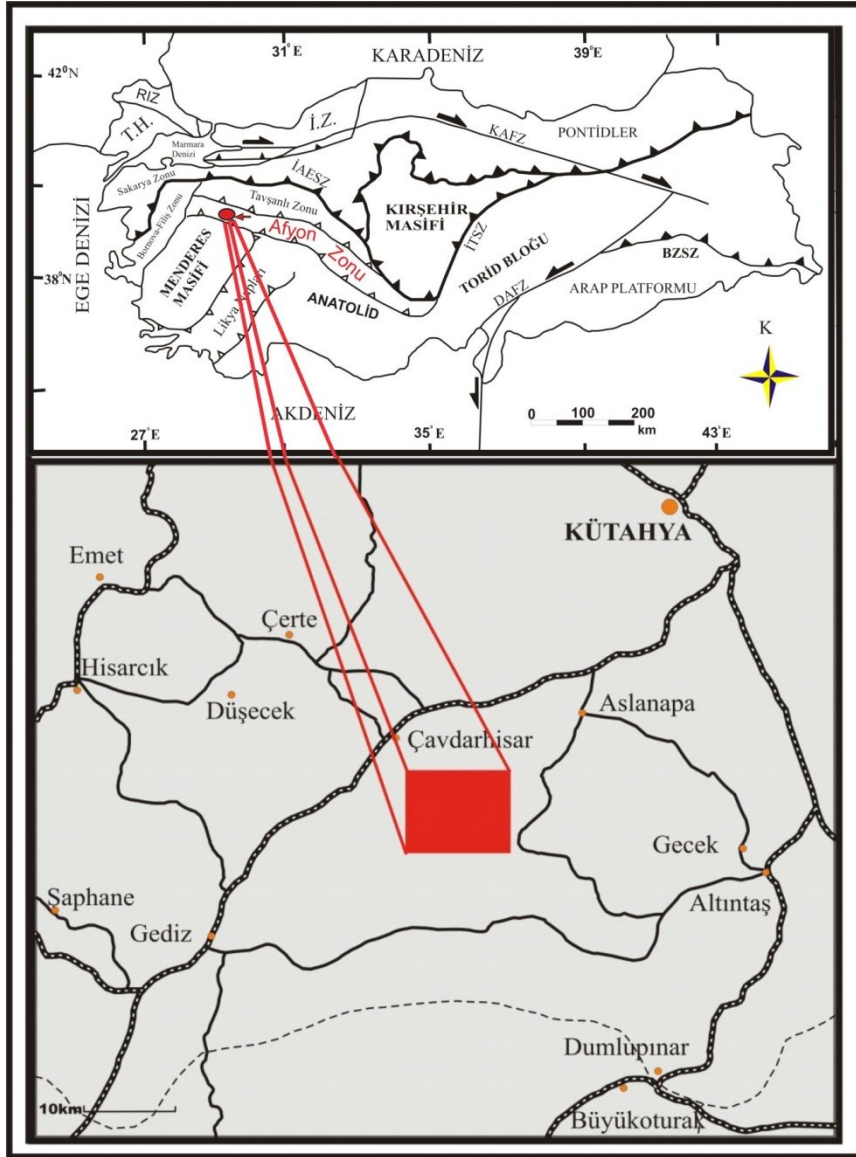
Abstract

The investigated area is located within the Afyon Zone, one of the tectonic units of Turkey. İkibaşlı Formation, consisting of Middle-Upper Triassic metaclastics containing gravels of different origins and older than the Triassic, forms the lowest section of the investigated area stratigraphically. İkibaşlı Formation passes upwards conformably to the Çiçeklikaya Formation, which consists of Jurassic carbonate rocks. Both formations were subjected to a nappe (Muratdağı Melange) emplacement during the Eocene period, and as a result, the clastics of the İkibaşlı Formation underwent metamorphism with increasing pressure and temperature conditions. In the Tavşanlı zone, located to the north of the Afyon zone, blueschist metamorphism occurred at greater depths and therefore under higher pressure/temperature conditions. In rocks that have undergone metamorphism during the nappe emplacement/thrust, ductile secondary structures can develop under different pressure and temperature conditions. Mainly secondary structures are folds, foliation planes, lineations, shear band cleavages, sigmoidal macro and micro gravels and porphyroclasts. In this study, the direction and timing of the nappe emplacement were tried to be revealed by the definition/measurement of secondary structures developed in the İkibaşlı Formation on mesoscopic and micro scale. And in the light of all the data, it was determined that this nappe movement was towards to the northeast during the Eocene period.

Keywords: *Afyon zone, shear zone, kinematic indicators, nap emplacement.*

1. Giriş

Bu çalışmada, Tava dağı (Çavdarhisar/Kütahya) civarındaki metamorfik kayalar incelenmiştir. Yaklaşık 300 km²'lik bir alanı içeren inceleme alanı, 1/25.000 ölçekli Kütahya J23c1, J23c4, J23d2 ve J23d3 paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). İnceleme alanının Kuzeydoğusunda yüzlekler veren Tetis okyanusunun taban kalıntısı olan Muratdağı Melanji'na ait ofiyolitik ve karmaşık kütlelerin inceleme alanına tektonik yerleşmesi/bindirmesi sonucu, bölgede, daha öncesinde yer alan kayalar (İkibaşlı Formasyonu) üzerindeki kalıcı izlerinin tespiti ve kinematik analizi çalışmanın asıl konusunu oluşturmaktadır.



Şekil 1. İnceleme alanının yeri ve Türkiye'nin tektonik birliklerindeki konumu [1]
 (KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, İAESZ: İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu, RİZ: Rodop-Istranca Zonu, TH: Trakya Havzası, İZ: İstanbul Zonu, İTSZ: İç Torid Sütur Zonu, BZSZ: Bitlis-Zagros Sütur Zonu).

Birçok kıtasal mozaik parçaları kapsayan Türkiye, Güneyde Gondwana ile kuzeyde Lavrasya arasında tektonik bakımdan oldukça aktif olan Alp-Himalaya orojenik dağ kuşağında yer almaktadır. En geç Kretase-Erken Senozoyik'te tüketilmiş olan Tetis Okyanusu'na ait kalıntılar içeren İzmir-Ankara suture zone kuzeydeki Lavrasya'yı güneydeki Gondwana'dan ayırmaktadır [2]. Bu kapanma ile ilişkili olarak Anatolide-Torid kara parçasının kuzey bölümü Alpin orojenezinden etkilenmiş, metamorfik fasiyeslerine ve metamorfizmanın gerçekleştiği zamana göre bölgelere ayrılmış ve adlandırılmıştır. İnceleme alanının da içinde yer aldığı Türkiye'nin Batısı, farklı özellikteki tektonik kuşaklardan oluşmaktadır. Batı Anadolu'nun Kuzey'inden Güney'ine bu bölgeler sırası ile; Sakarya Zonu-Pontidler, İzmir-Ankara-Erzincan okyanusuna ait suture zone (Neotetis kuzey kolu), Bornova Flişi, Tavşanlı ve Afyon Zonları, Menderes Masifi ile Likya Napları'dır. Kinematik çalışmaların yapıldığı bu

çalışma (Çavdarhisar GD'su/Kütahya) ise Türkiye tektonik kuşaklarından olan Afyon Zonu'nda yer almaktadır (Şekil 1).

Batı-Orta Anadolul'da çok geniş bir alanda birbirleri ile tektonik dokanak halinde olan Tavşanlı ve Afyon Zonu, Alpin orojenezi esnasında dalma-batma sonucu yüksek basınç-düşük sıcaklık (YB/DS) koşullarında metamorfizma geçirmiş bölgelere iyi birer örnektir. Anatolidlerin başlıca tektonik birliklerinden ve Kütahya-Bolkardağ Kuşağı'nın [3,4] bir parçası olarak da yorumlanan Afyon Zonu, Prekambriyen temel ve onu üzerleyen Paleozoyik-Mezozoyik bir örtüden oluşmaktadır [5,6]. Afyon Zonu'nda yapılan önceki çalışmalarda, bu kayaçların yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirdiği, kuzeyinde tektonik bir dokanak boyunca bulunan Tavşanlı Zonu'na ait kayaçlarda ise mavişist metamorfizmasının egemen olduğu belirtilmektedir [5,7]. Ancak, Candan vd. (2005), Afyon Zonu'nun temel ve örtü serilerinde tespit ettikleri glokofan ve Fe-Mg-karfolit minerallerine dayanarak Afyon Zonu'ndaki yeşilist fasiyesinin aksine bölgede Alpin mavişist fasiyesi metamorfizmasının etkin olduğuna değinmişlerdir [6]. Aynı yazarlar, tespit ettikleri bu mineral parajenezine göre mavişist metamorfizmasındaki basıncın minimum 6-9 kbar, sıcaklığın 350°C ve gömülme derinliğinin ise 30km olduğunu belirtmişlerdir. Tavşanlı Zonu'ndaki metamorfizmaya ait basıncın 24kbar, sıcaklığın da 440°C olması ise Tavşanlı Zonu'nun, Afyon Zonu'na kıyasla 60km'den daha fazla derinliğe gömülmüş olduğunu göstermektedir [7]. Bu iki bölgenin YB/DS metamorfizma yaşları ise Tavşanlı Zonunda Ar-Ar ve Rb-Sr yaş tayinine göre 80 my [8], Afyon Zonu'nda ise Afyon bölgesindeki Geç Maastrihtiyen yaşlı mermerleri uyumsuz olarak örten Paleosen-Erken Eosen yaşlı metamorfizma geçirmemiş birimlere göre göreceli olarak Paleosen'dir [9].

Kaya vd. (1995), inceleme alanının da bulunduğu Afyon Zonu kayaçlarını, kuzeyde Tavşanlı Zonu'nun mavişistleri ile güneyde Menderes Masifi kayaları arasında kalan Anki-metamorfik kırıntılılar olarak belirtmiş ve bu sleytimsi kaya grubunu Alt Sleyt, Üst Sleyt ve Kireçtaşı Birimi olarak bölümlemiştir [10]. Bu çalışmadaki stratigrafik olarak temeli oluşturan İkibaşlı Formasyonunun eşleniği olan Alt Sleyt biriminin üst seviyelerinde fosiller ile Erken Ladinien yaşlı elde etmiş ve metakırıntılıların dereceli ve uyumlu olarak Jura yaşlı Kireçtaşı Birimine geçtiğini tespit etmiştir.

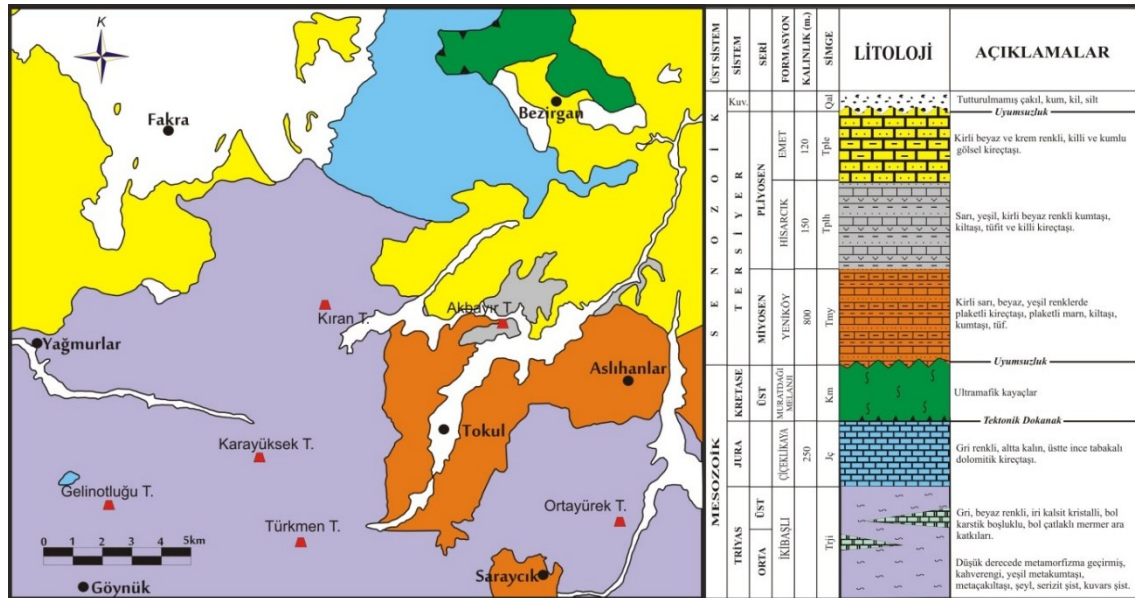
İzmir-Ankara Sütur Zonu'nun yani Neotetis okyanusunun kuzey kolunun Üst Kretase-Eosen zaman aralığında kapanması, Lavrasya ile Gondwana kıtalarının bir araya gelmesini sağlamış, yitim, ekaylanmalar ve çarpışmalar gibi süreçler meydana gelmiştir. Kretase döneminde meydana gelen Neotetis okyanusunun tüketilmesi ile okyanusal kabuğa ait dilimler, sedimanter ve volkanitler ile karışarak (Muratdağı Melanjı) Eosen'e dek bölgedeki otoktonlar üzerine tektonik olarak yerleşmişlerdir.

Afyon Zonu kayaçlarına ait literatürde yeterli tektonik çalışma bulunmamasına karşın güneyinde yer alan Menderes Masifinde pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara göre Menderes Masifinde, Alpin öncesi, sırası ve sonrasında dört deformasyon fazı ve bunlarla ilişkili çok sayıda metamorfizma süreçlerinin gerçekleştiği belirtilmiştir [11]. Afyon Zonu içerisinde yer alan inceleme sahasındaki kinematik çalışmalar ise Alpin dönemi sünümlü bir deformasyon (D₁) ve mavişist fasiyesine erişen bir metamorfizma ile Neotektonik dönem gevrek deformasyon (D₂) fazlarını işaret etmektedir. Napların tektonik yerleşimi/bindirmesi esnasında gelişen deformasyon fazı (D₁) ile metamorfizmaya uğrayan İkibaşlı Formasyonu'na ait kırıntılılarda farklı basınç ve sıcaklık koşullarında sünümlü bir şekilde ikincil yapılar gelişmiştir. Bu yapılardan

bazıları lineasyonlar, makaslama bandı klivajları, sigmoidal makro ve mikro çakıl ve porfiroklastlardır. Neotektonik dönemde gelişen gevrek D₂ deformasyon fazı ise D₁'e ait yapıları yüksek açılı faylar ile kestiği arazi çalışmalarında görülmüştür. Bu çalışmada, İkibaşlı Formasyonu içerisinde gelişen ikincil yapıların mostra ve mikro ölçekte tespiti/ölçümü ile nap hareketinin yönü ve zamanlaması ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. Stratigrafi

Çalışma alanının temelini, Kaya (1972)'nin tanımladığı Alt Sleyt biriminin eşleniği olan serizit, kuvars, klorit ve kloritoyid şistlerden oluşan İkibaşlı Formasyonu oluşturmaktadır (Şekil 2) [12]. Formasyon, uyumlu olarak Jura yaşlı Çiçeklikaya formasyonuna geçiş yapmaktadır. Üst Kretase yaşlı Muratdağı Melanjı ise bu metakırıntılılar ve karbonatlı kayalar üzerinde tektonik olarak bulunmaktadır. Volcano-sedimanter tabakalı serilerden meydana gelen Yeniköy Formasyonu (Miyosen), Mesozoyik yaşlı kaya birimlerini açısız uyumsuz olarak örtmüş, üzerine ise Pliyosen yaşlı kırıntılılardan oluşan Hisarcık ve Emet Formasyonları çökelmiştir. Bu çalışmada, Neojen kaya birimlerinin yanı sıra çalışmanın asıl konusunu oluşturan Mesozoyik kaya birimleri üzerinde durulacaktır.



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası [13].

Bölgenin temelini oluşturan İkibaşlı Formasyonu, arazi çalışmalarında gözlenebilen en alt kesiminde (Saraycık KD'su) Paleozoyik yaşlı olması muhtemel elipsoidal mermer, kuvarsit ve şist çakıllarından oluşan bir konglomera ile başlar (Şekil 3). Metakonglomeratik seviye haricinde ise birim, kahverengimsi, grimsi ve yer yer yeşilimsi mostra renkleri sunan serizit–kuvars şist, klorit–serizit şist ve kloritoyit şist türü kayalardan oluşmaktadır (Şekil 3). İnce kesitlerde gözlenen iğnemsiz kloritoyitlerin aksine karfolit, granat ve biyotitin olmaması, Güngör (2013)'ün çalışmasında belirttiği gibi bölgedeki metamorfizma koşullarının 3 kilobarı geçmeyen bir basınca ve 350°C'den daha düşük bir sıcaklığa sahip olduğunu göstermektedir [14]. Şistlerin içerisinde mercekler şeklinde bol çatlaklı, karstik erime boşlukları barındıran, mavimsi-grimsi renkler sunan karbonatlı seviyeler de gözlenmiştir. Kaya vd. (1995), formasyonun eş değeri olan Alt Sleyt biriminin üst seviyelerinde Erken Ladinien yaşı veren

foraminiferler tespit etmiştir [10]. Akay vd. (2011), şistler içerisindeki karbonatlı seviyeler haricinde metariyolitik sokulumlar da tespit etmiş, Akal (2008) ise bu metariyolitik sokulumlardaki zirkonlardan $240,8 \pm 3,7$ My (Anisiyen) yaşını bulmuştur [15,16]. Gerek bu veriler gerekse Jura yaşlı karbonatlı kayalara uyumlu geçişinden dolayı İkibaşlı Formasyonunun yaşı Orta-Üst Triyas olarak bu çalışmada kabul edilmiştir.



Şekil 3. a) Elipsoidal mermer, kuvarsit ve şist çakıllarından oluşan konglomera (Saraycık KD'su) (Koordinatlar: 39.04676/29.85935); İkibaşlı Formasyonundan kloritoyit şiste ait b) (II. Nikol, 10x) c) (I. Nikol, 10x) ince kesit görüntüleri (Görüntü Boyutu: 2mm).

Budağan Dağı civarında (Emet/Kütahya KD'su), dolomitik bileşimde olan Çiçeklikaya Formasyonu ile İkibaşlı Formasyonu arasındaki uyumlu geçiş Akay vd. (2011) tarafından gözlenmiş ve elde edilen paleontolojik bulgular ile yaşı Jura olarak tespit edilmiştir [15].

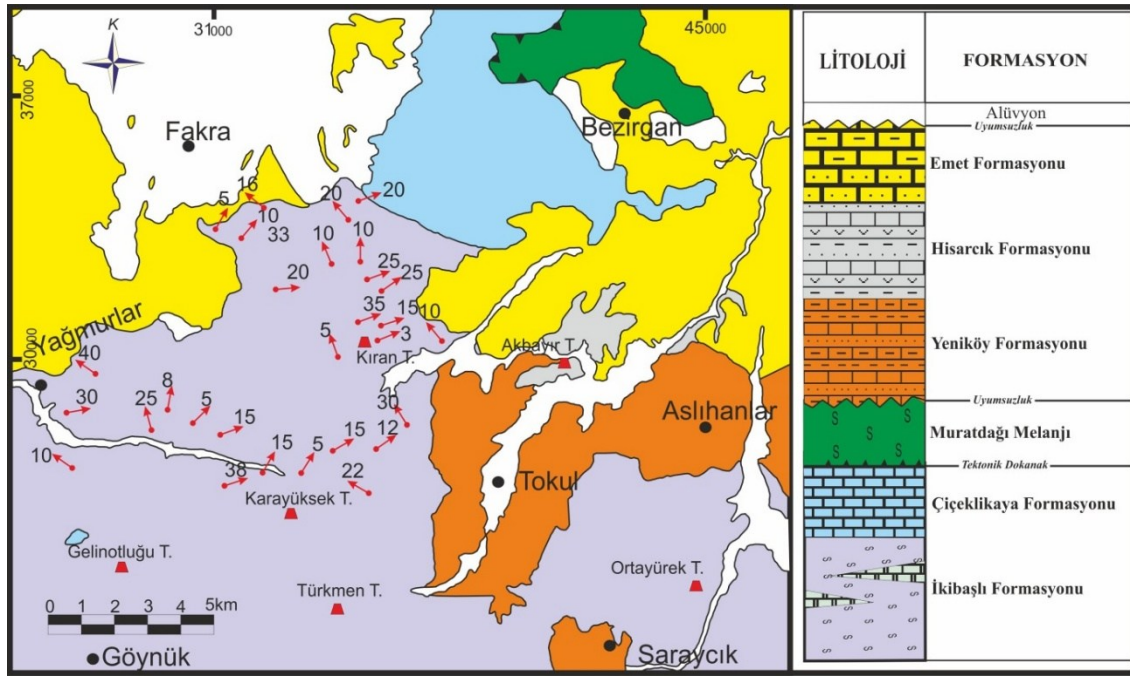
İkibaşlı ve Çiçeklikaya Formasyonları üzerinde ise tektonik olarak bölgeye yerleşmiş Neotetis okyanus tabanına ait ultramafikler ve ofiyolitik karmaşıktan meydana gelen Muratdağı Melanjı bulunmaktadır. Çoğunlukla serpantinize peridotitlerden oluşan Muratdağı Melanjı farklı bölgelerde metamorfik dilimlerde barındırmaktadır [17,18]. Murat Dağı'nda (Gediz/Kütahya), Yüksel vd., (2014) tespit ettikleri peridotitler ile melanj arasında kalan metamorfik dilime ait hornblendlerde $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş analizi ile 100.7 my yaşını elde etmişlerdir [18]. Allohton Muratdağı Melanjının yerleşiminden sonra, bölgedeki Mesozoyik yaşlı kayalar üzerinde uyumsuz fakat kendi içlerinde uyumlu olarak Neojen yaşlı Yeniköy Formasyonu, Hisarcık ve Emet Formasyonları çökeltim yapmıştır.

3. Kinematik çalışmalar

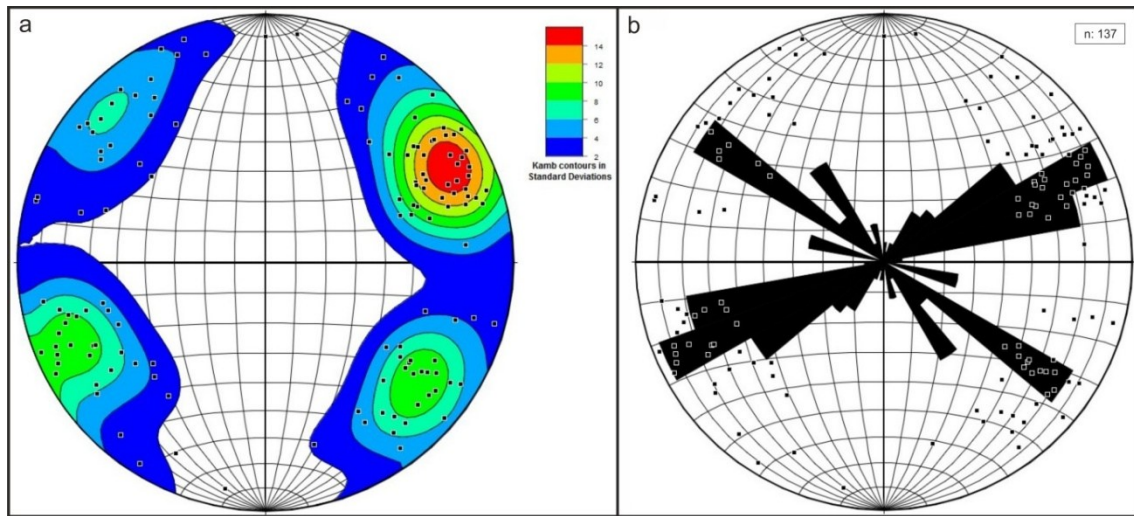
Muratdağı Melanjına ait napların tektonik yerleşimi esnasında gelişen deformasyon fazı (D_1) ile deforme olan İkibaşlı Formasyonu'na ait kırıntılılarda sünümlü bir şekilde ikincil lineasyonlar, foliasyonlu kırınlar, makaslama bandı klivajları (S/C tip), sigmoidal makro ve mikro çakıl ve porfiroklastlar (σ -tip) gelişmiştir. Bu bölümde, gelişen ikincil yapıların mostra ve mikro ölçekte tespiti/ölçümü ile nap hareketinin yönü ve zamanlaması ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Deformasyona maruz kalmış kayalarda ikincil olarak gelişen lineasyonlar, nap hareketi sonucu gelişen makaslama deformasyonunun etkin olduğu bölgelerde, makaslama ile yer değiştiren blokların hareket yönü doğrultusuna paralel bir şekilde gelişmektedir. Bu linear yapılar ise uzama, mineral ve arakesit lineasyonlarıdır. D_1 fazı ile gelişen ve arazi çalışmaları ile ölçümü yapılan lineasyonlar (L_1), bölgedeki nap hareketinin doğrultusunu Kuzeydoğu-Güneybatı olarak göstermektedir. Ölçümü gerçekleştirilen lineasyonların bir kısmının harita üzerindeki dağılımları Şekil 4'te, Schmidt ağı alt yarım küresi üzerindeki ve gül diyagramındaki dağılımları ise Şekil 5'te gösterilmiştir. Stereografik plot ve gül diyagramında iki ana doğrultu (64/21 ve 130/22) yönü ortaya çıkmış ancak baskın olan yönün KD-GB olduğu gözükmemektedir.

Arazi çalışmaları esnasında, KB-GD yönünde gelişmiş olan linear yapılar ile baskın yönde gelişmiş KD-GB linear yapılar arasında kesme-kesilme ilişkisi asla saptanamamıştır. Ayrıca baskın yön haricinde gelişen bu KB-GD yapıların genellikle yersel devrik kırınların kanatlarındaki ve kırınlanma (D_1) ile rotasyona uğramış lineasyonlar olduğu tespit edilmiştir. Dolayısı ile bu iki farklı yöndeki yapıların bölgede etkin olmuş tek bir sünümlü deformasyona (D_1) ait ürünler olduğu kesinleşmiştir.



Şekil 4: İkiabaşlı Formasyonunda ölçülen linear yapılardan bazılarının araziye dağılımları.

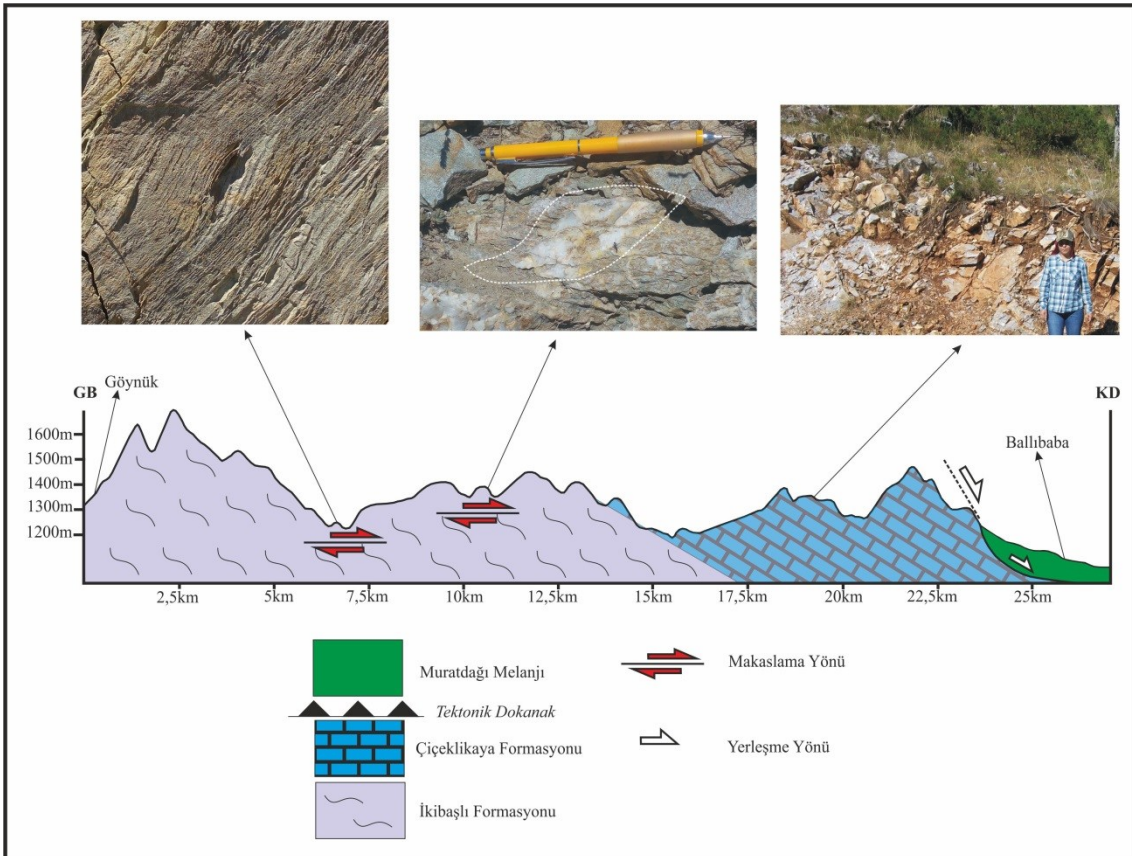


Şekil 5: a) Ölçümü gerçekleştirilen linear yapılara ait stereografik plot; b) Linear yapılara ait gül diyagramı.

Jeolojide en çok çalışılan konulardan biri de kıvrımlardır. Makaslama bölgeleriyle ilişkili kıvrımlar genel olarak iki türdür: (i) düşük iç-kanat açılara ve aşırı bükülmüş eksen çizgilerine sahip kın/kılıf kıvrımları ile (ii) makaslama ile eş zamanlı gelişen foliasyoniçi (intrafolial fold) kıvrımlardır [19]. Arazi çalışmalarında metakıvrıntılılar içerisinde kın/kılıf kıvrımları gözlenememiş sadece foliasyoniçi kıvrım gözlenebilmiştir. Makaslama deformasyonu ile eş yaşı gelişen bu foliasyoniçi kıvrım, makaslama yönü için üst bloğun sağa yani Kuzeydoğuya doğru olduğunu göstermektedir (Şekil 6,7).

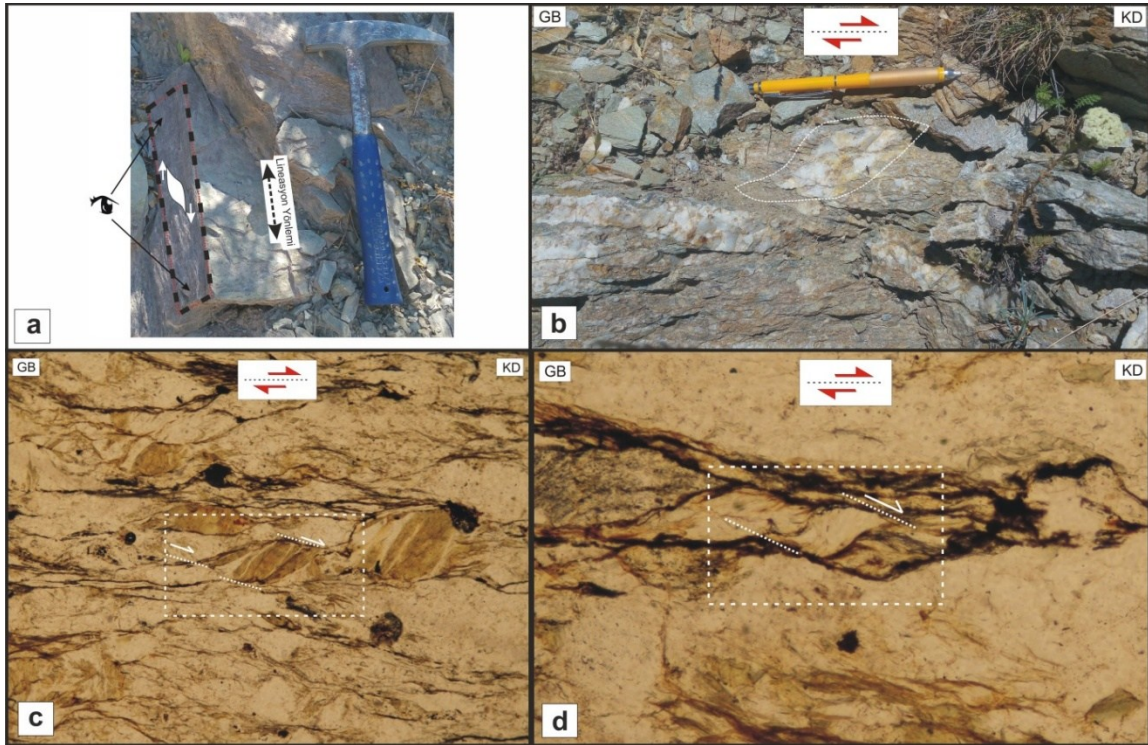


Şekil 6. İkibaşlı formasyonu içerisinde gelişmiş foliasyonu içi kıvrım, nap yerleşiminde üst bloğun KD'ya doğru hareket ettiğine işaret etmektedir (Koordinatlar: 39.06725/29.67125).



Şekil 7: Göynük-Ballıbaba arasının enine kesiti ve KD nap yerleşimine ait kinematik göstergeler.

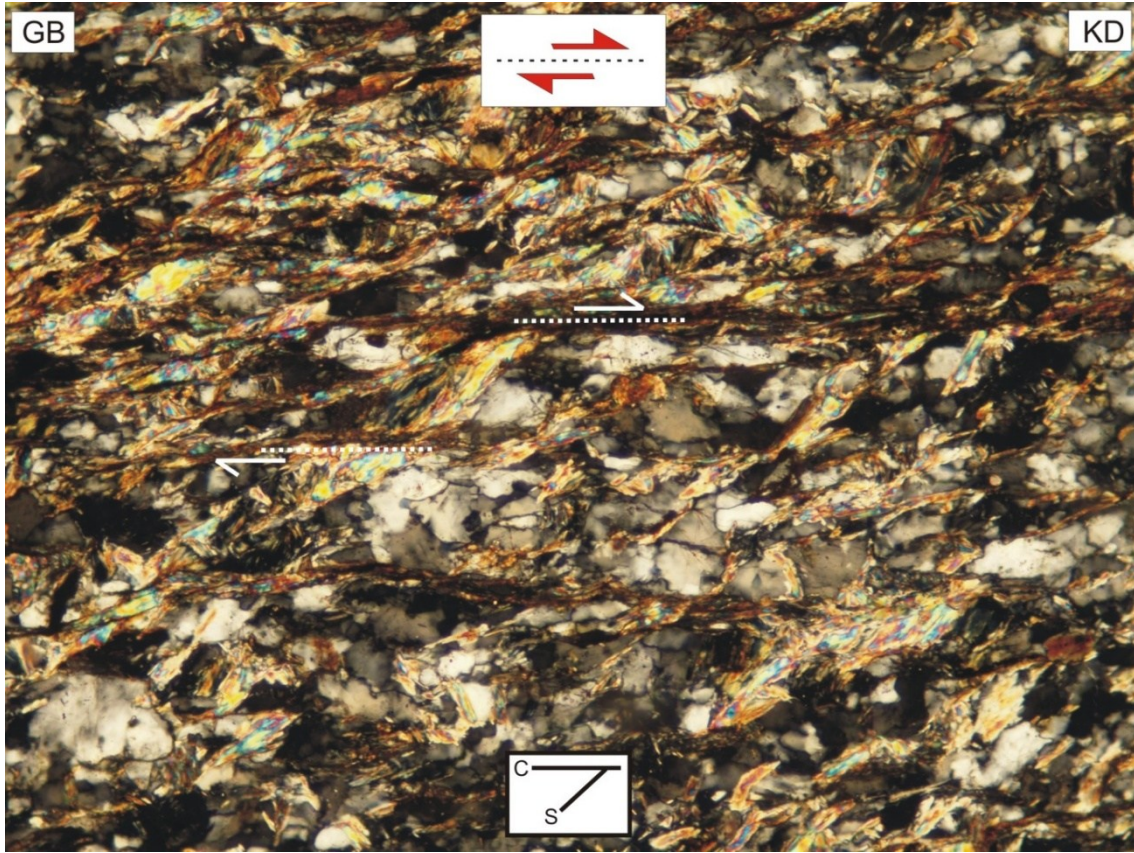
Makaslama deformasyonuna neden olan nap yerleşiminin hareket yönünün belirlenmesinde σ - ve δ -tip asimetrik porfiroklastlardan da yararlanılmaktadır. Porfiroklastlar, makaslama maruz kalmış bölgelerdeki kayalarda gelişen boyutsal anlamda matrikse göre iri olan minerallerdir. Matriks ile porfiroklast aynı mineral bileşiminde ise (i) manto; farklı bileşimde ise (ii) basınç gölgesi olarak adlandırılmaktadır [20]. Manto ve porfiroklastlar, sünümlü bir şekilde gelişen deformasyon sonucunda, makaslama yönüne paralel kuyruklar şeklinde deforme olmaktadır. Farklı seviyelerde birbirine paralel gelişen bu kuyruklar makaslama yönü belirteci olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yapıların, makaslama yönünü doğru bir şekilde işaret etmesi için lineasyona paralel, foliasyona dik bir şekilde mostra vermiş yüzeylerde gözlenmesi ve ölçülmesi gerekmektedir (Şekil 8). Arazi çalışmalarında, mostra ölçeğinde ve uygun yüzeylerde nadir olarak tespit edilen farklı seviyelerde kuyruklara sahip kuvars, makaslama hareketi için üst bloğun KD'ya doğru hareket ettiğini göstermektedir. Araziden alınan yönlü örneklerle ait ince kesitlerde ise tanımlanan porfiroklastlar çoğunlukla muskovit türü olup, etrafı basınç gölgesiyle çevrili ve yine üst bloğa ait hareketin KD'ya doğru olduğunu göstermektedir (Şekil 8).



Şekil 8. a) Lineasyon ve foliasyon düzleminin tanımlanmasından sonra incelenen foliasyona dik yüzey. b) Uygun yüzeyde gözlenen sigmoidal kuvars çakılı üst bloğun KD'ya doğru hareketini göstermektedir (Koordinatlar: 39.00434/29.81902); c, d) İkibaşlı Formasyonundan alınan yönlü ince kesitlerdeki muskovitlerin kuyrukları, nap yerleşimi ile ilişkili üst bloğun sağ yönlü (KD'ya) hareketini göstermektedir (Görüntü boyu: 2mm).

Passchier ve Trouw (2005), orta dereceli makaslama zonlarında ve makaslama yönünden farklı doğrultuda mikro ve mostra ölçeğinde gelişebilen, S/C ve S/C' tip olarak adlandırılan Makaslama Bandı Klivajlarını (Shear Band Cleavage) tanımlamıştır [20]. Birbiriyle kesişen makaslama bantları (C) ile foliasyon düzlemlerinin (S) durumu makaslama yönünün belirlenmesinde kullanılmaktadır. Arazi çalışmalarında, mostra ölçeğinde makaslama bandı klivajları gözlenememiş ancak yönlü ince kesitlerde

tanımlanmıştır. Yönlü ince kesitte tanımlanan tipik S/C yapısı, nap yerleşiminde üst bloğa ait hareketin yine KD'ya doğru olduğunu göstermektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Yönlü ince kesitte tanımlanan tipik S/C tipi makaslama bandı klivajı, makaslama yönü için üst sağı yani KD'yu göstermektedir (Görüntü boyu: 2mm).

4. Sonuçlar

Afyon Zonu'nda yer alan metakırıntılılarda hem mostra hem de mikroskop ölçeğinde kinematik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Arazide gerçekleştirilen ölçümler foliasyona dik ve lineasyona paralel yüzeylerde uygulanmıştır. İkibaşlı Formasyonunda tanımlanan linear yapılar çoğunlukla KD-GB yönlemine sahiptir. KB-GD yönelimli çizgiselliklerin ise yersel devrik kıvrımlanmalar ile ilişkili olduğu tespit edilmiş, ilksel yönelimlerinin yine KD-GB olduğu belirlenmiştir. Dolayısı ile çalışma alanında, sünümlü olarak tek bir deformasyon fazının (D_1) etkin olduğu görülmüştür. D_1 deformasyonu ile ikincil olarak gelişen mostra ölçeğindeki foliasyon içi kıvrım ve sigmoidal kuvars çakılı, mikroskop ölçeğinde ise muskovit porfiroklastları ile S/C tip makaslama bandı klivajı, lineasyon yönlemine paralel olarak nap yerleşiminde üst bloğun KD'ya hareket ettiğini göstermektedir. Miyosen öncesi, kuzey yönlü nap hareketlerine dair veriler Menderes Masifine ait alt masiflerinde yapılan çalışmalarda da yer almaktadır [21-28].

Mostra ve mikroskop ölçeğinde belirlenen KD yönlü nap hareketinin zamanlaması için yerel olarak bakıldığında, hem Orta-Üst Triyas yaşlı metakırıntılılar hem de Muratdağı Melanjına ait malzemeler uyumsuz olarak Orta-Üst Miyosen yaşlı Yeniköy Formasyonu ile örtülmektedir. Bu da nap hareketi için göreceli ve yerel olarak en geç Orta Miyosen'i

göstermektedir. Ancak bölgesel korelasyonda ise Eosen yaşlı Başlamış Formasyonu'nun (Başlamış Köyü/Akhisar) Muratdağı Melanjı ile eş yaşlı ofiyolitik seri üzerine açısız diskordans ile çökmesi, nap hareketinin zamanlamasını daha da geriye çekerek Eosen'e indirmiştir [29]. Tüm veriler ışığında çalışma alanındaki nap yerleşimine ait hareketin zamanı için Eosen dönemi daha uygun görülmüştür.

Neotektonik dönemde ise bölgede, sınırlı D₁ deformasyon fazından sonra kırıklar/faylar ile temsil olunan gevrek bir şekilde etkin olmuş D₂ deformasyon fazı, D₁ fazına ait yapıları kestiği görülmüştür.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi 2017/039 no'lu "Tava Dağı'nın (Kütahya) Metamorfik Kayaçlarının Yapısal Özellikleri" başlıklı proje ile desteklenmiştir. Projeden çıkan bulgular, 5-9 Eylül 2018'de "International Conference on Science and Technology" (Prizren/Kosova) adlı konferansta sunulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Okay, A.I. and Tüysüz, O., Tethyan sutures of northern Turkey. Durant, B., Jolivet, F., Horvath, F., Seranne, M. (ed.). The Mediterranean basin: Tertiary extension within the Alpine orogen. **Geological Society Special Publication**, 156, 475- 515, (1999).
- [2] Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey: A Plate tectonic approach. **Tectonophysics**, 75, 181-241, (1981).
- [3] Göncüoğlu, M. C., Kütahya - Bolcardağ Kuşağının Jeolojisi. **Bulletin of the Mineral Research and Exploration**, 142, 227-282, (2011).
- [4] Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Uysal, Ş. ve Şentürk, K., Late Palaeozoic evolution of the Kütahya-Bolcardağ Belt. **Middle East Technical University Journal of Pure and Applied Sciences**, 21/1-3, 211-220, (1990).
- [5] Okay, A.I., Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon & A.H.F. Robertson), **Geological Society Special Publication**, 17, 455-466, (1984).
- [6] Candan, O., Çetinkaplan, M., Oberhansli, R., Rimmele, G. and Akal, C., Alpine high-P/low-T metamorphism of the Afyon Zone and implications for the metamorphic evolution of Western Anatolia, Turkey. **Lithos**, 84, 102-124, (2005).
- [7] Okay, A.I., Satır, M., Maluski, H., Sıyako, M., Monie, P., Metzger, R., Akyüz, S., Paleo- and Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: geologic and geochronologic constraints. In: The Tectonic Evolution of Asia (eds Yin, A. & Harrison, T.M.), **University Press, Cambridge**, 420-441, (1996).
- [8] Okay, A.I., Tavşanlı Zonu: Anatolide-Torid Bloku'nun dalma-batmaya uğramış kuzey ucu. **Maden Tetkik ve Arama Dergisi**, 142, 195-226, (2011).
- [9] Pourteau, A., Sudo, M., Candan, O., Lanari, P., Vidal, O., Oberhansli, R., Neotethys closure history of Anatolia: insights from ⁴⁰Ar- ³⁹Ar geochronology and P-T estimation in high-pressure metasedimentary rocks. **Journal of Metamorphic Geology**, 31, 585-606, (2013).
- [10] Kaya, O., Sadeddin, W., Altın, D., Meriç, E., Tansel, İ. ve Vural, A., Tavşanlı (Kütahya) güneyindeki ankımetamorfik kayaların stratigrafisi ve yapısal konumu:

- İzmir-Ankara zonu ile bağlantısı. **Maden Tetkik ve Arama Dergisi**, 117, 5-16, (1995).
- [11] Bozkurt, E., Oberhänsli, R., Menderes Massif (Western Turkey): structural, metamorphic and magmatic evolution – a synthesis. **International Journal of Earth Sciences**, 89, 679–708 (2001).
- [12] Kaya, O., Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri. **Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni**, XV, 1, 26-108, (1972).
- [13] Günay, E., Akdeniz, N., Şaroğlu, F. ve Çağlayan, A., Murat Dağı-Gediz dolaylarının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Raporu, Ankara, (1986).
- [14] Güngör, T., Kinematics of the Central Taurides during Neotethys closure and collision, the napped in the Sultan Mountains, Turkey. **International Journal of Earth Sciences** (Geol Rundsch) 102, 1381-1402, (2013).
- [15] Akay, E., Işıntek, İ., Erdoğan, B. and Hasözbeke, A., Stratigraphy of the Afyon Zone around Emet (Kütahya, NW Anatolia) and geochemical characteristics of the Triassic volcanism along the northern Menderes Massif. **Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen Band**, 188 Heft 3, p. 297-316, (2011).
- [16] Akal, C., Candan, O., Koralay, O.E., Okay, A., Oberhansli, R. and Chen, F., Afyon Zonundaki Erken Devoniyen asidik magmatizmaya ait jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik ön bulgular. **61. Türkiye Jeoloji Kurultayı**, Ankara, (2008).
- [17] Önen, A.P. and Hall, R., Sub-ophiolite metamorphic rocks from NW Anatolia, Turkey. **Journal of Metamorphic Geology**, 18, 483–495, (2000).
- [18] Yüksel, A.K., Güngör, T. ve Kılıç, A.M., Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolit tabanı metamorfik kayalarından yeni bulgular (Gediz-Kütahya). **Türkiye Jeoloji Bülteni**, 57, 2, 19-34, (2014).
- [19] Alsop G.I., Holdsworth R.E., Shear zone folds: records of flow perturbation or structural inheritance? In Flow Processes in Faults and Shear Zones, edited by G.I. Alsop, R.E. Holdsworth, K.J.W. McCaffey, and M. Hand, **Geological Society of London**, Special Publication, vol. 224, pp. 177–799, (2004).
- [20] Passchier, C. W. and Trouw, R. A. J., **Microtectonics (2nd Edition)**. Springer Berlin Heidelberg New York, 366 pp, (2005).
- [21] Arslan, A., Güngör, T., Erdoğan, B. and Passchier, C. W., Tectonic transport directions of the Lycian nappes in Southwest Turkey constrained by kinematic indicators. **Journal of Asian Earth Sciences**, 64, 198-209, (2013).
- [22] Güngör, E. and Erdoğan, B., Emplacement age and direction of the Lycian Nappes in the Söke-Selçuk region, western Turkey. **International Journal of Earth Sciences**, 89, 874-882, (2001).
- [23] Bozkurt, E. and Park, R.G., The structure of the Palaeozoic schists in the southern Menderes Massif, western Turkey, a new approach to the origin of the main Menderes metamorphism and its relation the Lycian Nappes, **Geodinamica Acta**, 12, 25-42, (1999).
- [24] Bozkurt, E., Late Alpine evolution of the central Menderes Massif, western Anatolia, Turkey. **International Journal of Earth Sciences**, 89, 728-744, (2001).
- [25] Buğdaycıoğlu, Ç., Tectono-metamorphic evolution of the northern Menderes Massif: evidence from the horst between Gördes and Demirci Basins (West Anatolia, Turkey). Ph.D. Thesis. The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, Ankara, (2004).
- [26] Rimmelé, G., Jolivet, L., Oberhänsli, R. and Goffé, B., Deformation history of the high-pressure Lycian Nappes and implications for tectonic evolution of SW Turkey. **Tectonics**, 22, 1007-1029, (2003).

- [27] Rimmelé, G., Oberhänsli, R., Goffé, B., Jolivet, L., Candan, O. and Çetinkaplan, M., First evidence of high-pressure metamorphism in the ‘Cover Series’ of the southern Menderes Massif, Tectonic and metamorphic implications for the evolution of the SW Turkey. **Lithos**, 71, 19-46, (2003).
- [28] Akdeniz, N., Başlamış Formasyonu. **Jeoloji Mühendisliği Dergisi**, 4 (1), 39-48, (1980).