

Doğu Anadolu Malatya (Sofular-Kuluncak) bölgesindeki siyenotoidik ve karbonatlı kayalarda sıvı kapanımı çalışmaları

Hilal Pakay KULABEROĞLU¹ ve
Aynur ÇOŞKUN¹

1. Giriş

Bu çalışmada, Malatya (Sofular-Kuluncak) bölgesindeki karbonatlı kayaların kökeninin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bölgedeki karbonatlı kayaların sıvı kapanım analizlerine ağırlık verilmiştir. Çünkü sıvı kapanımları, maden yataklarının oluşum sıcaklıkları, basınç koşulları, cevherleşmeye neden olan çözeltilerin yoğunluğu ve bileşimi gibi konularda bilgi vermesi açısından oldukça önem taşımaktadır.

Doğu Anadolu Malatya (Sofular-Kuluncak) bölgesindeki siyenotoidik ve karbonatlı kayalar;

petrografik, XRD, jeokimyasal ve ağırlıklı olarak sıvı kapanım analizi açısından irdelenmiştir.

2. Coğrafik Konum

Çalışma alanı Malatya ili Kuluncak ilçesi sınırları içerisinde K39-a2 paftasında yer almaktadır. Sahanın kuzeyinde Başören ve Darılı, doğusunda Bıyıkboğazı, batısında Yeşildere köyleri bulunmaktadır (Şekil 1).

3. Bölgenin Genel Jeolojisi

Doğu Toroslar'da K39 paftası içerisinde bulunan çalışma alanında temeli; Domuzdağı Napına ait neritik karbonatlardan oluşan Andırın Formasyonu



Şekil 1- Çalışma Alanı.

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.

ve üzerinde Maastrichtiyen öncesinde yerleştiği düşünülen Kuluncak Ofiyoliti oluşturmaktadır. Kuluncak, Hekimhan ve Hasançelebi arasında yüzeylenmeler gösteren Kuluncak Ofiyoliti, düzensiz olmakla birlikte tektonitler, kümülatlar, izotrop gabrolar, levha daykları, volkanikler ve örtü sedimanları ile tam bir istif sunar (Şekil 2) (Metin vd., 2013).

Temel birimler üzerinde paraallokton konumlu; Maastrichtiyen yaşlı Hekimhan Formasyonu, Paleosen yaşlı Yağca Formasyonu, Eosen yaşlı Darende Formasyonu, Oligosen yaşlı karasal Selimiye Formasyonu ile neo-otokton konumlu sığ denizel Erken Miyosen yaşlı Tahtalıtepe Formasyonu ile Orta-Geç Miyosen - Pliyosen yaşlı karasal-gölsel kırıntılı ve karbonatlardan oluşan birimler yer almaktadır (Şekil 3) (Metin vd., 2013).

Orta- Geç Miyosen yaşlı akarsu ve göl karbonatları ile temsil olunan karasal çökellere zaman zaman Yamadağ volkanitlerinin eşlik ettiği gözlenmektedir. Bu hem Kangal havzası hem de daha güney-güneydoğudaki izole karasal havzalarda gözlenmektedir. Bu da Yamadağ volkanitlerinin, Miyosen'in erken dönemlerinde faaliyetlerine başladığını ağırlıklı olarak düşündürmektedir (Metin vd., 2013).

4. Materyal ve Metod

Arazi çalışmaları sırasında çalışma alanındaki mevcut sondajlardan sıvı kapanımı analizine uygun 30 adet karot örneği alınmıştır. Çalışma kapsamında toplam 20 adet örneğin petrografik, XRD ve jeokimyasal analiz sonuçları, 16 adet örneğin sıvı kapanımı analiz sonuçları yorumlanmıştır. Petrografik analiz; araziden alınan örnekler ince kesit haline getirildikten sonra, alttan aydınlatmalı polarizan mikroskoplarda kayaç tanımlanması yapılmıştır. XRD analizi; X ışınları kırınım çekimleri sırasında elde edilen difraktogramlardan itibaren, minerallerin

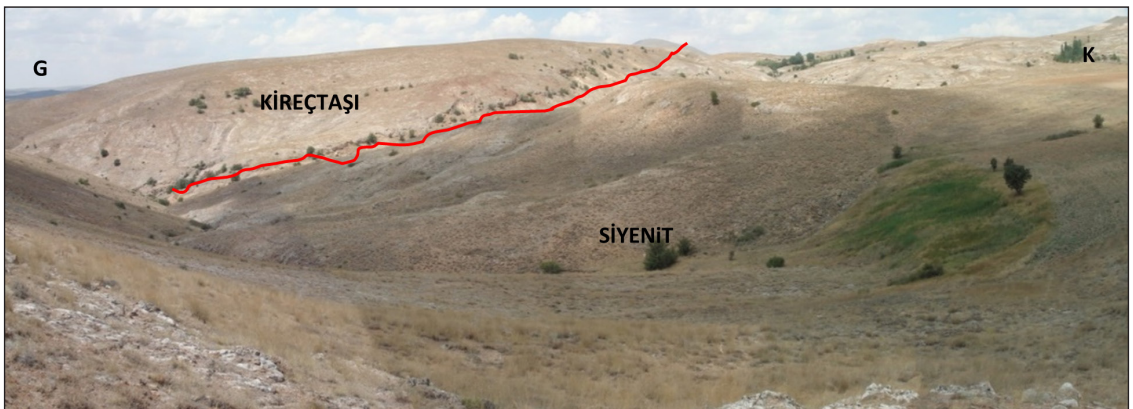
tanımlamaları ASTM (1972) (American Society for Testing Materials) kartoteksinden yararlanılarak yapılmıştır. XRD çalışmaları Panalytical X'Pert Powder marka model cihazı ile yapılmıştır (Şekil 4).

Sıvı kapanım analizi; Sıvı kapanım analizlerinin sağlıklı yapılabilmesi için en az 3 mm ve üzeri kristal boyutundaki minerallerin bulunduğu numuneler seçilmiştir. Sıvı kapanım kesiti mikrotermometrik çalışmaların yapılabileceği minerallerden, 90-120 mikrometre kalınlığında ve 3x5 cm boyutlarında levhalar şeklinde hazırlanmış ve soğuk yapıştırıcılar kullanılarak lamel üzerine yapıştırılmıştır. Sıvı kapanım kesitlerinin hazırlanması sırasında örneklerin fazla basınca maruz kalmaması gerekmektedir. Sıvı kapanım kesitleri yapılırken ince ağızlı elmas bıçak ve uygun soğutmali makine kullanılmıştır ve her iki tarafı parlatılmış ince kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler yaklaşık 12-24 saat ksilen sıvısında bekletilip çözdürülmüş ve daha sonra küçük parçalara bölünerek analize hazırlanmıştır (Şekil 5).

Jeokimyasal analiz; MAT Dairesi, Analiz Laboratuvarları Koordinatörlüğü laboratuvarlarında ICP – MS DRC-e (Inductively Coupled Plasma – MassSpectrometer) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Analizi yapılan örneklerdeki elementler ICP cihazında iyonlaştırıldıktan sonra kütle spektroskopisine gönderilirler ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılarak ölçülürler.

Çalışma sahasından alınan karot örneklerinden yapılan ince kesitler, polarizan mikroskoplarda incelenerek, dokusal özellikleri ve mineralojik bileşimleri tespit edilmiş ve kayaç adlandırılması yapılmıştır. İncelenen örnekler ağırlıklı olarak karbonat minerallerinden oluşmuş, Kireçtaşı, Mermer türü kayaçlardır.

XRD analizi sırasında, analize uygun şekilde toz haline getirilen numunelerin Panalytical X'Pert Powder marka XRD cihazı ile çekimi yapılarak, mineral bileşimi değerlendirilmiştir (Çizelge1).



Şekil 2- Hasançelebi Kuluncak Siyenitoyidi ve Andırın Kireçtaşı arasında gözlenen formasyon sınırının panoramik arazi görüntüsü.



Şekil 4- Numunenin tutucuya yerleştirilmesi ve XRD analizi yapılan Panalytical X'Pert Powder marka model cihaz.



Şekil 5- Sıvı Kapanım Analizi.

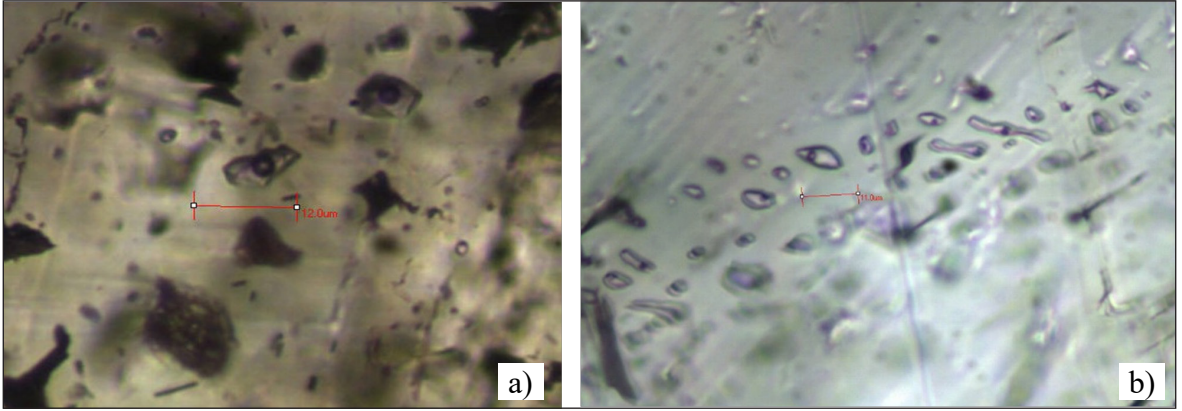
Çizelge 1- Tüm örneklerle ait XRD analiz sonuçları.

Örnek Numarası	Petrografik Analiz Sonucu	XRD Analizinin Sonucuna Göre Tespit Edilen Mineraller
18-D-448768	Kireçtaşı	Kalsit, Dolomit
18-D-448769	Kireçtaşı	Kalsit, Mika Grubu Mineraller, Dolomit, Kuvars
18-D-448770	Mermer	Kalsit, Kuvars, Mika Grubu Mineraller
18-D-448771	Kireçtaşı	Kalsit, Seriyanit
18-D-448772	Alkali Feldispat Siyenit	Kalsit, Feldispat Grubu Mineraller, Dolomit, Klorit Grubu Mineraller
18-D-448773	Mermer	Kalsit
18-D-448774	Kireçtaşı	Kalsit, Feldispat Grubu Mineraller
18-D-448775	Fels	Kalsit, Spessartin, Arsenik
18-D-448776	Mermer	Kalsit, Kuvars
18-D-448777	Mermer	Kalsit
19-D-229553	Fels	Kalsit, Kil Grubu Mineraller, Mika Grubu Mineraller, Kuvars, Uvarovit, Alkali Feldispat
19-D-229554	Kireçtaşı	Kalsit, Feldispat Grubu Mineraller, Mika Grubu Mineraller, Dolomit, Kil Grubu Mineraller, Kuvars
19-D-229555	Kireçtaşı	Kalsit, Mika Grubu Mineraller, Kuvars, Kil Grubu Mineraller
19-D-229556	Mermer	Kalsit, Anhidrit, Dolomit, Mika Grubu Mineraller
19-D-229557	Mermer	Kalsit, Kuvars
19-D-229558	Mermer	Kalsit, Dolomit, Kuvars, Mika Grubu Mineraller
19-D-229559	Mermer	Kalsit, Dolomit, Kuvars, Mika Grubu Mineraller
19-D-229560	Mermer	Kalsit, Dolomit, Kuvars, Mika Grubu Mineraller
19-D-229561	Dolomitik Kireçtaşı	Kalsit, Dolomit, Kuvars, Mika Grubu Mineraller, Kil Grubu Mineraller
19-D-229562	Mermer	Kalsit, Kuvars, Mika Grubu Mineraller

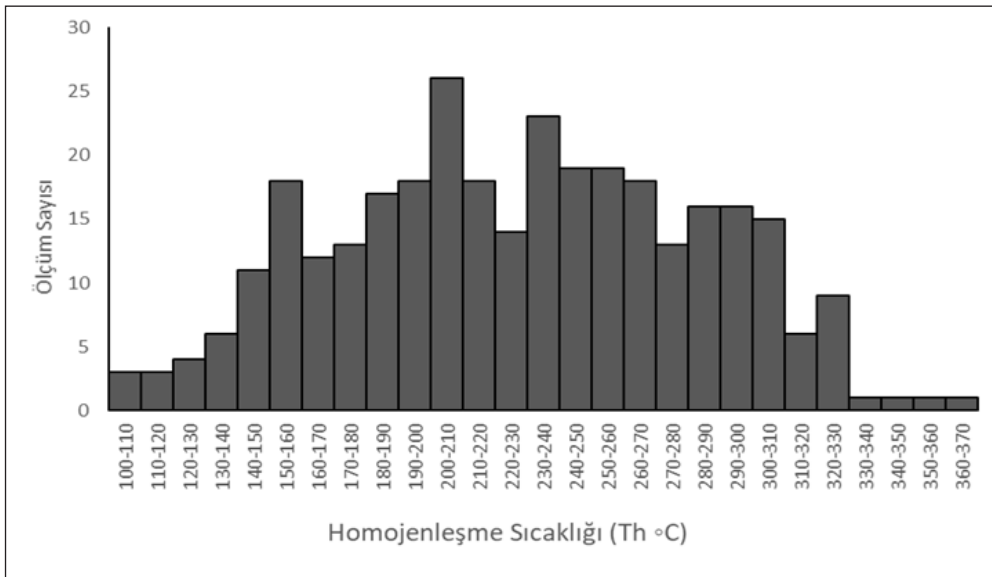
5. Laboratuvar Çalışmaları

Sıvı kapanım analizleri kalsit minerallerinde yapılmıştır. Kalsit mineralleri küçük-orta taneli özşekilsiz, yarı özşekilli kristaller halinde, mat-yarı şeffaf olup kapanım miktarı az-orta bolluكتadır. Örneklerde iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kökenli sıvı kapanımlar (Şekil 6a) az-orta miktarda olup, boyutları 25 mikrondan küçüktür. Bazı örneklerde birincil kökenli üç fazlı (sıvı+gaz+katı) kapanımlar tespit edilmiş olup bu kapanımlarda yüksek tuzluluk değerleri ölçülmüştür. Örnekte birincil kökenli tek faz (sıvı) kapanımların boyutları 2- 6 mikron arasındadır. Örnekteki ikincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) sıvı kapanımlar (Şekil 6b) az miktarda olup, boyutları <5 mikrondur. Ayrıca örnekte <1 mikron olan sıvı kapanımların türü optik olarak tespit edilememiştir. Çalışma kapsamında toplam 20 adet örnekte sıvı kapanımı analizi yapılmış olup 4 adet örnekte birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanım tespit

edilemediğinden ölçüm yapılamamıştır. Toplam 16 adet sıvı kapanımı örneğinde birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar tespit edilmiş toplamda 577 adet sıvı kapanımı analizi yapılmış olup 321 adet homojenleşme sıcaklığı ve toplam 256 adet son buz ergime sıcaklığı tespit edilmiştir. Homojenleşme sıcaklıklarının (T_h °C) ölçüldüğü örneklerdeki birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar sıvı azot kullanılarak dondurulmuş ve ergime sıcaklıkları (T_m °C) bulunmuştur. Ölçülen ergime sıcaklıklarından (T_m °C) bunlara karşılık gelen %NaCl eşdeğerleri, Bodnar (1993)'in, Bodnar ve Vitky (1994)'nin eşitliği, kütle yoğunluk değerleri ise Bakker (2003)'ün programı kullanılarak hesaplanmıştır. Mikrotermometrik ölçümler sonucunda elde edilen homojenleşme sıcaklığı (T_h °C), son buz ergime derecesi (T_m °C) ve bu ölçümlere göre hesaplanan tuzluluk ve kütle yoğunluk değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 2) (Şekil 7).



Şekil 6- a) Birincil iki fazlı (L+V) kapanımlar; b) İkincil kapanımlar.



Şekil 7- Örneklerin homojenleşme sıcaklık değerlerinin (T_h °C) grafikteki görünümü.

Çizelge 2- Tüm kalsitlerde yapılan mikrometrik ölçümler (Bodnar vd., 1989; Bodnar, 2003).

Örnek No	Sondaj(m.)	Kapanım Türü	Homojenleşme Sıcaklığı(°C)	Tuzluluk (% NaCl eşdeğeri)	Kütle yoğunluğu(bulk density)(g/cm ³)
18-D-448768	353.20-353.30	iki fazlı	110-310	5.6-19.6	0.77-1
18-D-448769	151.20-151.30	iki fazlı	140-350	5.0-19.0	0.7-5.1
18-D-448770	3.50-3.80	iki fazlı	120-360	3.9-20.5	0.73-1.29
18-D-448771	89.30-89.50	1 mikrondan küçük kapanımların türü tespit edilemedi			
18-D-448772	197.10-197.20	1 mikrondan küçük kapanımların türü tespit edilemedi			
18-D-448773	173.30-173.60	iki fazlı	140-290	0.7-12.3	0.82-1
18-D-448774	111.80-112.40	iki fazlı	150-350	6.6-12.3	0.69-0.93
18-D-448775	226.00-226.10	iki fazlı	200-340	20-23.2	0.91-1.03
18-D-448776	289.80-290.00	iki fazlı	60-270	16.7-21.3	0.90-1.03
18-D-448777	69.80-70.00	çok fazlı	170-330	5.1-43.3	0.80-0.97
19-D-229553	87.80-88.00	1 mikrondan küçük kapanımların türü tespit edilemedi			
19-D-229554	118.80-119.00	1 mikrondan küçük kapanımların türü tespit edilemedi			
19-D-229555	171.30-171.60	iki fazlı	140-260	19.8-23.2	0.99-1.09
19-D-229556	77.00-77.20	iki fazlı	130-330	3.1-10.4	0.70-0.97
19-D-229557	218.80-219.00	iki fazlı	150-360	1.6-8.8	0.79-0.96

6. Sonuçlar ve Öneriler

Malatya ili Kuluncak ilçesindeki çalışma sahasında yayılım gösteren Üst Kretase-alt Paleosen yaşlı Hasançelebi-Kuluncak siyenotoyidi ve bölgelerdeki karbonatlı kayaçlar nadir toprak elementleri açısından zengindir. Nadir toprak element cevherleşmeleri genellikle alkali magmatik kayaçlar ve karbonatitler ile çok yakından ilişkilidir. Karbonatitler alkali magmatik kayaç komplekslerine bağlı olarak çoğunlukla intrüviz kütleler ve çevrelerinde gelişmiş dayk sistemleri şeklinde bulunurlar. Karbonatitler her zaman düşük Si ve yüksek alkali içeren magmatik kayaçlarla birlikte gözlenmektedir. Petrografik olarak basit bir mineralojik bileşime sahiptirler. Karbonatitler %50 üzerinde (çoğunlukla %70-90 arasında) magmatik kökenli kalsit, dolomit, siderit, ankerit gibi karbonat minerali içeren kayaçlardır. Kalsit mineralinde yapılan sıvı kapanım analizi sonuçlarına göre ortalama homojenleşme sıcaklığı (Th°C) ~500°C, tuzluluk ise %30 NaCl eşdeğeri civarında ölçüldüğü zaman karbonatit olabileceği düşünülmelidir. Bu çalışma kapsamında yapılan laboratuvar çalışmalarında, kalsit minerallerinde gerçekleştirilen tüm homojenleşme sıcaklıkları birlikte değerlendirildiğinde sıcaklık aralığı 110-375°C arasında olup bu ölçümler karbonatit sahası için yeterli homojenleşme sıcaklığını göstermemektedir (Çizelge 2).

Çalışma kapsamında analizi yapılan ilk 15 adet karot örneğinden elde edilen homojenleşme sıcaklıkları karbonatit sahası için gerekli sıcaklık

aralığını karşılamadığı için cevherleşmenin oluşumuyla ilgili iki farklı düşünceye gidilmiştir. Cevherleşmenin hidrotermal akışkanlara bağlı olarak oluştuğu düşünülebildiği gibi, çalışılan örneklerin karbonatit magmadan uzak (geç faz gibi) bir alanı temsil ettiği ihtimali de düşünülmüştür. Bu sebeple daha sonraki 5 adet örnek daha derin metraja sahip sondaj karotlarından seçilmiştir. Ancak yapılan tüm sıvı kapanımı analizleri sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları, karbonatit sahası için yeterli yüksekliğe sahip değildir (olması gereken (Th°C)~500°C). Analizlerden elde edilen tuzluluk değerlerinin (%NaCl eşdeğeri) değişken olması cevherleşmenin hidrotermal akışkanlara bağlı olarak oluştuğunu düşündürmektedir. Yapılan ölçümler sonucu elde edilen tuzluluk (%NaCl eşdeğeri) değerleri incelendiğinde cevherleşmenin oluşumunda iki farklı hidrotermal fazın etkin olduğunu söylemek mümkündür. Hidrotermal akışkanların oluşturduğu cevherleşmede, birinci faz yüksek tuzluluğa (~ %40 NaCl) ve buna bağlı olarak yüksek yoğunluğa (~1.1g/cm³) sahip akışkanların oluşturduğu faz iken, ikinci faz ise düşük tuzluluk (~ % 4 NaCl) ve düşük yoğunluğa (<1 g/cm³) sahip akışkanların oluşturduğu faz olarak düşünülmüştür.

Daha önce Kuluncak bölgesinde NTE mineralleşmesiyle ilgili yapılan çalışmalarda Kuluncak bölgesindeki NTE mineralleşmesinin bölgedeki plütonik kayaçlarla kireçtaşlarının kontak metamorfizması sırasında hidrotermal akışkanlara bağlı olarak geliştiği ileri sürülmüştür

(Çimen vd., 2020). Bu çalışma da incelendiğinde her iki çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak cevherleşmenin kesin kökenini daha iyi değerlendirmek için ileriki çalışmalarda daha fazla sayıda örnek incelenmesi ve bu örneklerde izotop analizi gibi ek analizler yapılması gerekmektedir

Değerlenen Belgeler

- ASTM, 1972. Inorganic index to the powder diffraction file. Joint committee on powder diffraction standards, Pennsylvania. 1943 s.
- Bakker, R.J. 2003. Package Fluids 1. Computer programs for analysis of fluid inclusion data and for modelling bulk fluid properties. Elsevier Chemical Geology, 194, 3-23.
- Bodnar, R.J. 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O NaCl solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57;683-684.
- Bodnar, R.J. 2003. Reequilibration of fluid inclusions: in Samson, I. , Anderson, A. and Marshall, D., Eds., *Fluid Inclusion: Analysis and Interpretation*. Mineralogical Association of Canada, Short Course, 32, 213-230.

- Bodnar, R.J., Vitky, M.O. 1994. Interpretation of microthermometric data for H₂O-NaCl fluid inclusions: in *Fluid Inclusions in Minerals, Methods and Applications*. B. De Vivo and M.L. Frezzotti, eds., pub. by Virginia Tech, Blacksburg, VA, P. 117-130.
- Bodnar, R.J., Sterner, S.M., Hall, D.L. 1989. Salty: a fortran program to calculate compositions of fluid inclusions in the system NaCl-KCl-H₂O. *Computers & Geosciences* 15; 19-41.
- Çimen, O., Corcoran, L., Kuebler, C., Simonetti, S.S., Simonetti, A. 2020. Geochemical, stable (O, C and B) and radiogenic (Sr, Nd, Pb) isotopic data from the Eskişehir-Kızılcaören (NW-Anatolia) and the Malatya-Kuluncak (E-central Anatolia) F-REE-Th deposits, Turkey: Implications for nature of carbonate-hosted mineralization. *Turkish Journal of Earth Sciences*, TÜBİTAK Doi: 10.3906/yer-2001-7 page:17.
- Metin, Y., Vergili, Ö., Öcal, H., Tunçdemir, V., Bağcı, U., Uçar, L., Çörekçioğlu, E., Taptık, M.A., Duygu, L., Duran, S., Rızaoğlu, T., Sevimli, U.İ. 2013. Doğu Toroslar'ın Kuzey Kesiminin Jeodinamik Evrimi, Hekimhan – Darende – Kuluncak ve Çevresi, Maden Tetkik ve Arama Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı. Rapor No: 11685, 263 s. Ankara (yayımlanmamış).