



**GÖZLÜCE-DÜVENLİK-KOÇKÖY (MALATYA) ARASINDAKİ
DİSTEN KUVARSİTLERDE KİMYASAL JEODİNAMİK
OLUŞUMLARIN MİNERALojİK VE İZOJEOTERMİK
METODLA İNCELENMESİ
Filiz GÜNGÖR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ayşe Didem KILIÇ

ARALIK-2016

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖZLÜCE-DÜVENLİK-KOÇKÖY (MALATYA) ARASINDAKİ DİSTENLİ
KUVARSİTLERDE KİMYASAL JEODİNAMİK OLUŞUMLARIN MİNERALojİK VE
İZOJEOTERMİK METODLA İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Filiz GÜNGÖR

(091116110)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Aralık 2016

Tezin Savunulduğu Tarih : 23 Aralık 2016

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ayşe Didem KILIÇ (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Cengiz TATAR (F.Ü)
Yrd. Doç. Dr. Mustafa BİRİNCİ (İ.Ü)





ARALIK-2016

ÖNSÖZ

“Gözlüce-Düvenlik-Koçköy (Malatya) Arasındaki Disten kuvarsitlerde Kimyasal Jeodinamik Oluşumların Mineralojik ve İzoeotermik Metodla İncelenmesi“ başlıklı bu çalışma, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Mineraloji-Petrografi Anabilim dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın hazırlanması, arazi, büro ve analiz verilerinin değerlendirilmesinde yönlendirici ve bilgilendirici olan, katkı ve yardımlarını fazlasıyla sağlayan danışmanım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ayşe Didem KILIÇ’a, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü Raman Spektrometresi laboratuvar çalışmalarında yardımını esirgemeyen Doç. Dr. Alpan BEK’e, MTA Jeo. Müh. Hayrullah Yıldız ve Ümit Uzunhasanoğlu’ na teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi FÜBAP-MF.13.23 nolu proje kapsamında desteklenmiş olduğundan FÜBAP birimine teşekkür ederim.

Sabır ve ilgilerini üzerimden esirgemeyen, bana olan inançlarını her daim hissettiğim değerli ANNEM ve sevgili AİLE’ me sonsuz teşekkürler.

Filiz GÜNGÖR
ELAZIĞ-2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ	8
3.1. Saha Çalışmaları.....	8
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	8
4. İNCELEME ALANININ JEOLojİSİ	11
4.1. Disten Kuvarsitlerin Jeolojik Konumu	11
5. PETROGRAfİ VE MİNERAL KİMYASI.....	17
6. DİSTENLERDE RAMAN SPEKTROSKOBİSİ.....	26
6.1. Faz İlişkisi ve İzotermi	28
7. TARTIŞMAVE SONUÇLAR.....	31
8. KAYNAKLAR.....	33
9. ÖZ GEÇMİŞ	37

ÖZET

Bu tez çalışmasında, Gözlüce-Düvenli-Koçköy civarında yer alan disten kuvarsitlerin jeolojisi ve mineralojik-petrografik ve mineral kimyası incelenmiş ve bu kayaçların kökeni ve oluşumunda etkili petrojenetik süreçler belirlenmeye çalışılmıştır. Disten kuvarsitler, Pütürge metamorfik masifinin metapelit ve psamitleri içerisinde mercer ve damar şeklinde bulunmaktadır. Disten kuvarsitler mineralojik-petrografik incelemeler ve kimyasal analiz sonuçlarına göre, kuvars, disten, az miktarda muskovit ve serizit, ikincil olarakta sülfür ve oksit minerallerinden oluşur.

Jeoloji, petrografi, Raman spektroskopik, ana oksit element ve iz element sonuçlarına göre disten kuvarsitler Pütürge metamorfik masifinin yükselimi sırasında oluşan akışkanlarla, tektonizmanında etkisiyle alüminyum hareketliliği sonucu sedimanter kökenli kayaçların metamorfizmaya uğramasıyla oluştuğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Pütürge, Gözlüce, Düvenli, Disten kuvarsit, Raman spektroskopisi

SUMMARY

Mineralogic and İsothermic Investigation of Chemichal Geodynamic Functions in The Kyanite quartsite between Gözlüce-Düvenlik-Koçköy (Malatya)

In this thesis, the mineralogical, petrographical and mineral chemistry properties of Gözlüce-Düvenlik-Koçköy around are examined and the petrologic proceses that has resulted in generation of these rocks and rock-forming processes are interpreted. The Disten quartsites is lens and veins within the metapelitic and psamitic rocks of the Pütürge Massif. On the basis of mineralogical-petrographical examinations and chemichal analyses, the Kyanite quartsite contains quartz, kyanite, and muscovite as main constituents and muscovite, serisite and sulphite and oxides as a secondary minerals

Geology, petrography, Raman spectroscopy, whole rock, major and trace element results reveal that kyanite quartsites derived from the fluid flow with tectonism and aluminum mobility during the uplift of metamorphic massif.

Keywords: Pütürge, Gözlüce, Düvenlik, Kyanite quartsite, Raman spectroscopy

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası	4
Şekil 3.1. Raman spektroskopisi aleti.....	9
Şekil 4.1. İnceleme alanının jeolojik haritası ve Dogu Toroslar' daki konumu.....	12
Şekil 4.2. Gnayslarda görülen makaslanma lineasyonu.....	13
Şekil 4.3. Metamorfizma içerisinde değişen ölçeklerde mikro kıvrımlar.....	13
Şekil 4.4. Tektonik zonlara yakın konumlanmış mercek şekilli disten kuvarsitlerin görünümü.....	14
Şekil 4.5. Laminar uzanımlı disten kuvarsitlerin arazi görünümü.....	14
Şekil 4.6. Disten kuvarsitlerdeki disten ve kuvars minerallerinin makro görünümü.....	15
Şekil 5.1.a) Mikaşitlerin makroskobik ve b) mikroskobik görünümü. Feldispat (Fl), disten (Ky), muskovit (Mu), biyotit (Bt,) granat (Gr),zirkon (Zr).....	18
Şekil 5.2. Gnaysların mikroskobik görünümü. Alkali feldispat (Kf), kuvars (q), biyotit (bt), amfibol (Hb).....	18
Şekil 5.3 a) Disten porfiroblastlarının makroskobik görünümü ve b) mikroskoptan alınan mükemmel polarizan rengi, dilinim izleri ve kapanımlar.....	19
Şekil 5.4. a,c) Merceksel disten kuvarsitlerin makro görünümü ve segragasyon, (b) mikroskop görünümü,q-kuvars, Di-disten,gf-grafit.....	19
Şekil 5.5. Retrograd metamorfizma sonucu distenlerin dilinim izlerindeki serizit oluşumları. Disten (Di), serizit (sz).....	20
Şekil 5.6. Retrograd metamorfizma etkisiyle gelişen klorit minerali ve biyotitlerdeki metamikt zirkonların görünümü (Erdem,1994). Biyotit (Bi), zirkon (Zr), kuvars(q), klorit(kl).....	23
Şekil 5.7a Disten kuvarsitlerin major element diyagramı. b – Disten kuvarsitlerin Zr ve Cr/Zr diyagramı.....	23
Şekil 6.1 a) Disten örneğinden alınan raman spektroskopisi grafiğinin standart raman grafiğiyle karşılaştırması, b) Raman grafişi alınan disten kristalinin fotomikroskopi görüntüsü.....	25
Şekil 6.2. Distenin pik değeri alanındaki değişimi.....	28
Şekil 6.3. Disten-kuvars oluşumunun P-T eğrisi. Stage I:>9 kbar basınç (disten-kuvars oluşumu gerçekleşir), Stage II: 4-5 kbar basınç	28

TABLÖLAR VE LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 5.1. Pütürge Metamorfitlerine ait Kayaçların Major Oksit ve İz element Bileşimi.....	21
Tablo 5.2. Disten kuvarsitlerde tüm kayaç iz element analizi.....	22
Tablo 5.3. Distenlerin Elektron mikroskop analizi (%ağırlık oksit).....	22



1.GİRİŞ

Disten kuvarsitler, tektonizma, akışkanların varlığı ve segragasyon mekanizması hakkında jeolojik açıdan önemli kayaç gruplarındandır. Disten kuvarsitler esas olarak disten, kuvars, daha az olarak zirkon, pirofillit, muskovit, pirit, Fe-Ti oksit içerir. Bu kayaçlar, sedimanter ve magmatik kökenli olabilirler. Sedimanter ve magmatik köken arasında bazı farklılıklar vardır. En önemli fark, Al-fosfat mineralleri, Cr-mika ve prograd metamorfizma ürünü potassik silikatlar sedimanter kökenli kuvarsitlerde bulunurken (Willner ve Krohe, 2000; Schreyer,1987), magmatik kökenli kuvarsitler, magmatik kayaçlara olan konumları ve daha fazla feldispat içermeleriyle ayırte edilir. Magmatik kuvarsitler genellikle, asitik-ortaç volkanik ve subvolkanik kayaçlar, adayı derinlik ve volkanitlerinin metamorfizması (Spence ve diğerleri, 1979; Bibikova ve diğerleri, 2001), magmatik kütleyle yan kayaç arasında gelişen arjillik alterasyon zonları (Bibikova ve diğerleri., 2001; Spence ve diğerleri, 1979; Bibikova ve diğerleri, 2001; Nysten, 2001) veya kıtasal kabuğun yitiminin ardından manto sıcaklığında, çarpışma zonlarındaki granitik gnaysların metamorfizmasıyla oluşabilir (Ghera ve diğerleri, 1986; Rudnick ve Fountain, 1995; Lumpkin, 2001). Oluşum yerleri ve kökenleri bakımından farklılık gösteren bu kayaçlar, basıncın yüksek olduğu koşullarda yüksek Al_2O_3 , daha az SiO_2 bileşimine sahiptir ve yaklaşık %10-40 kadar disten içerir.

Jeolojik bakımdan önemli olan disten kuvarsitler, ekonomik rezerv bakımından da önemli kayaçlardandır. Bu kayaçlardaki disten ve kuvars minerallerinin mineralojik ve kimyasal özelliklerine göre farklı kullanım alanları vardır. Endüstriyel amaçlı kullanılan disten kuvarsitler çoğunlukla Norveç, Rusya, Çin, ABD,..vb gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılır. Türkiye’de sadece Gördes metamorfitleri (Manisa) içerisindeki disten kuvarsit pegmatoidlerindeki distenler (Atabek, 1943; Egger ve Glimmer, 1960; Candan ve Dora, 1984) Bingöl (muhtemel toplam disten rezervi 3104538 ton) (Ayhan, 2003; Demirhan vd., 1989; 1991; Demirhan, 1990; 1990; Türkbileği vd., 1985) ve Bitlis’in Hürmüz, Ağaçköprü, Orsak-Zinir, Bayramalan, Arzıvık ve Şetek ilçelerinde muhtemel rezervler olmasına rağmen, kullanım alanları sınırlı kalmaktadır. Türkiye arazisinde değişik renkte (mavi, beyaz, pembe, yeşil) görülebilen distenler farklı endüstriyel hammadde olarak kullanılır (Genel olarak bu distenlerin Al_2O_3 oranlarının 18-58 olmalıdır). Endüstride, disten ve kuvars mineralleri, saf silis camı yapımında, etüv fırınlarında, silikon ve ferrosilikon

malzeme üretiminde kullanılır. Endüstriyel distenin alüminyum oksit ve demiroksit oranları önemli iken, kuvarsın Al, Ti, H, K, Na, Li, B, Fe, P ve Ge element oranlarında önemlidir (5 – 30 ppm Al, 0.2 – 16 ppm Ti, <1 ppm Li, <1 ppm B and <2 ppm Fe). Kuvars içerisinde Alüminyum ve Titanyum değerlerinin yüksek olması kirlilik göstergesi olduğu için, istenmeyen bir durumdur ki (Busigny, et al., 2003) endüstriyel kuvarsın birim fiyatını ve rengini etkiler. Bu elementlerin oranı yüksek ise, kuvarsın rengi turkuvaza dönüşür. Disten kuvarsitlerdeki kuvarsın oranı %70-80 iken disten oranı >%15 dir.

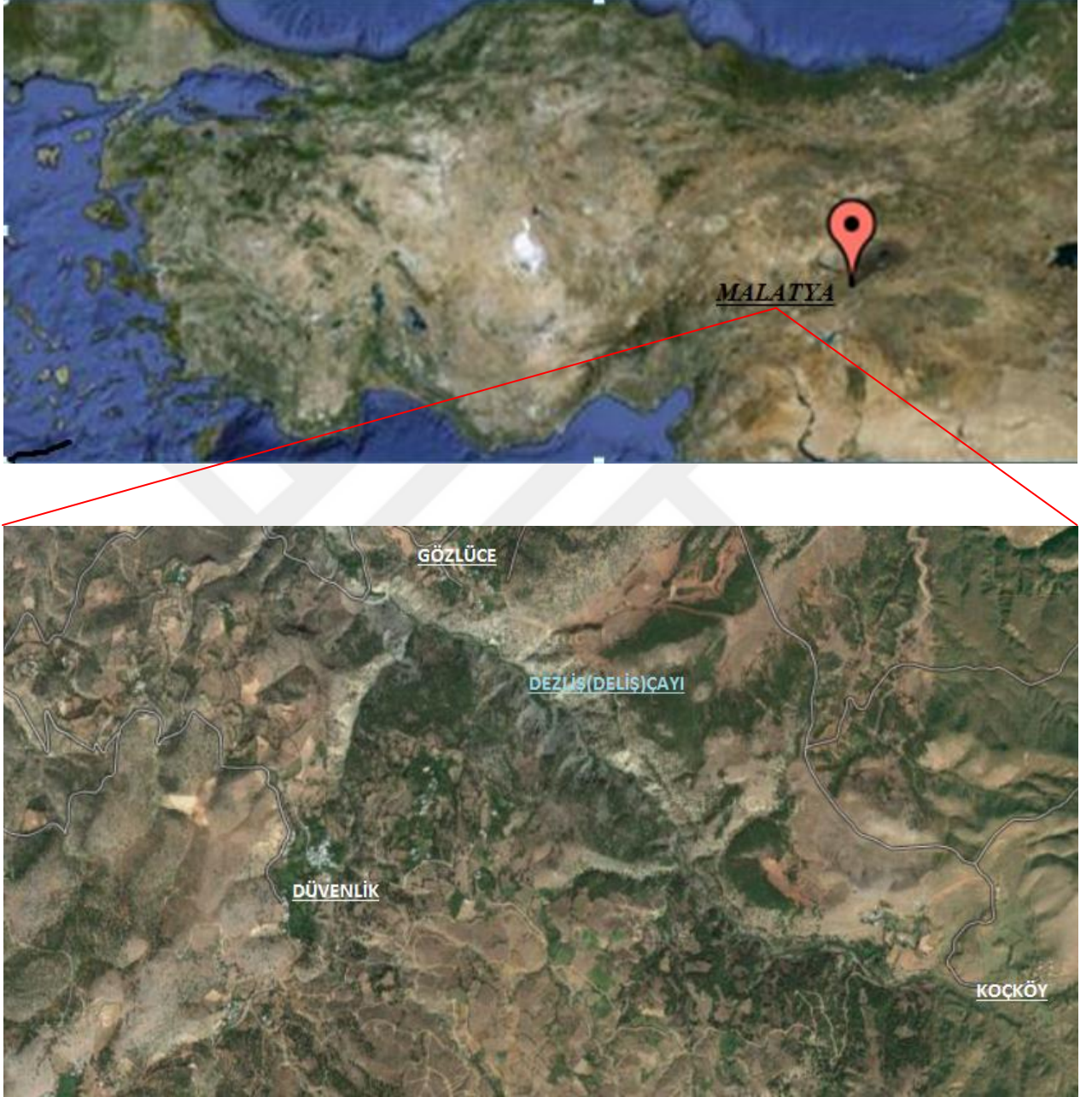
İnceleme alanındaki disten kuvarsitler, Neotetis'in güney kolu üzerinde, Pütürge Metamorfik Masifi içerisinde yer alır. Litolojik olarak, metapelitik yer yer psamitik kayalar (mikaşist, gnays,..vb gibi) içerisinde yer alan, disten kuvarsitleri kapsamaktadır. Torid-Anatolid platformu üzerindeki metamorfizmler; metapelitik, psamitik, metabazit, metakarbonat kökenli şist, gnays, amfibolit, amfibol şist, mermer ve kuvarsitten oluşur. Metamorfizmler yaklaşık 628°C sıcaklıkta (Kaya, 2015), bölgesel metamorfizmanın ilerleyen üst yeşilşist ve amfibolit fasiyesi metamorfizma koşullarında oluşmuştur. Pütürge metamorfizmlerin kuvarsitlerinde olduğu kadar, metapelitik kayalar içerisinde de disten minerali görülür. Orta/yüksek basınç koşullarında bölgesel metamorfizmayı karakterize eden bu mineral, sıcaklığın yükselmesi ile silimanite, retrograd metamorfizma sonucu margarit, paragonit, serizit ve kloritoyid minerallerine dönüşebilir (Erkan, 2007). Kontak metamorfizmada ise andaluzit veya kordiyerite dönüşür.

Distenin kimyasal bileşimi Fe, Ti, Cr ve alkali ile saf Al_2SiO_5 içerir (Ghera ve diğ., 1986). Disten H_2O ve/veya CO_2 gibi molekülleri, kristal yapısından atar, açığa çıkan bu akışkanlar ya yeni mineralleri oluşturmak için kristal kafesine katılmakta veya mineraller arası boşlukta korunmaktadır. Mineral yapısında, kimyasal değişim ve katyon hareketliliği termodinamik koşullarda değişebilen bir mineraldir (Wei ve Clarke, 2011). Disten mineralinin kristal yapısındaki sıcaklığa bağlı değişiklikler, raman spektroskopisiyle belirlenmeye çalışılmıştır. Raman spektroskopisi, kristallerin termal koşullardaki değişimleri belirlemek için kullanılan bir tekniktir. Bunun için standart raman grafikleri, analiz edilen örneklerle karşılaştırılır. Genel olarak hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesi nedeniyle son yıllarda raman spektroskopisi tekniği jeolojide, özellikle mineralojide kullanılır. Raman spektroskopisiyle yapılan deneysel çalışmalarda, disten 140 kbar ve aynı kimyasal bileşime sahip diğer Al_2SiO_5 mineralleri olan andaluzitin 104 kbar, silimanitin ise

153 kbar basınçta oluştuğu belirlenmiştir (Richardson et al., 1969; Holdaway, 1971; Salje and Werneke, 1982).

Disten kuvarsitlerin içinde bulunduğu Pütürge Metamorfik Birimi, Torid-Anatolit platform ile kenar kıvrımları alanını kapsar (Ketin, 1966). Üst Kretase'den itibaren Avrasya ve Arap-Afrika levhelerinin birbirlerine yaklaşması ve çarpışmaları sonucu oluşmuştur (Perinçek ve Özkaya 1981; Şengör ve Yılmaz, 1981; Robertson ve Dixon, 1984; Yazgan, 1983; Yazgan ve Chessex, 1991; Yılmaz vd., 1992). Doğu Toros Orojenik Kuşağı içinde yer alan inceleme alanı, güneyinde Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı, Kuzey-Kuzeybatısında ise Doğu Anadolu Fayı gibi iki önemli tektonik hat üzerindedir. Dolayısıyla tektonizmadan kayaçların etkilendiği gözlenir.

Malatya'nın güneydoğusundaki masifin Koçköy, Gözlüce, Düvenlik köyleri arasındaki yayılımı (Şekil 1.1), Malatya L41C1 1/25000 ölçekli topografik paftasında yaklaşık 30 km²'lik bir alanı kapsar. Bölgede ortalama yükseklik, 600-950 metre arasında değişmektedir. Bitki örtüsünden yoksun bir alandır. İnceleme alanı içinde gözlenen başlıca yükseltiler Küçükçayır Tepe ve Çakorikurtame Tepe'dir. Bölgede kışın sulu, yazın kuru izlenen dereler; Oluk Dere, Delay Dere ve Kamışlık Dere'dir. İnceleme alanı içinde ulaşım asfalt ve stabilize yollarla sağlanmaktadır.



Şekil 1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Disten kuvarsitler, tektonik hareketlilik, akışkanların varlığı ve segragasyon mekanizması hakkında jeolojik açıdan önemli bilgiler vermesi bakımından önemli olduğu kadar, içerdiği disten ve kuvars minerallerinin endüstriyel malzeme olarak kullanılabilirliği bakımından da önemlidir. Oluştugu ortamda kırık zonları boyunca hareket eden akışkanlar ve gelişen segragasyon olayı, disten kuvarsitlerin gelişmesine sebep olmuştur. Bu konuda petrografik ve petrolojik amaçlı uluslararası çalışmalar olmasına rağmen, ulusal düzeydeki çalışmalar sınırlıdır.

Uluslararası ilk çalışma, Nystuen (1969a) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada araştırmacı, Norveç'teki disten kuvarsitlerin kökeni ve endüstriyel olarak kuvars ve distenin kullanılabilirliği incelenmiştir.

Zhang ve diğerleri (2003), eklojit ve granat peridotitli ultra-yüksek basınç metamorfizmasının görüldüğü Çin'de yaptığı araştırmada, disten kuvarsitlerin yaşı ve jeokimyasını irdelemiştir.

Spence ve diğerleri (1980) disten kuvarsitlerin mineralizasyonu ve distenlerin kristal yapısındaki katyon değişimini incelemişlerdir. Diğer endüstriyel amaçlı çalışmalar; Pasek ve Owens (2002), Owens ve Dickerson (2001), Ihlen ve Marker (1998, 2000)...vb dir.

Disten kuvarsitler üzerine Türkiye'de yapılan çalışmalar arasında; Gördes metamorfikleri (Manisa) içerisindeki distenli kuvarsit pegmatoidlerinin ekonomik değerlendirilmesi (Atabek, 1943; Egger ve diğ., 1960; Candan ve Dora, 1984; Kuşcu, 2010), Bitlis masifi içindeki disten kuvarsitler (Seyhan, 1979; Turkbileği ve Tekin, 1985) haricinde bilinen bilimsel çalışma bulunmamaktadır.

Koçköy-Gözlüce-Düvenli köyleri arasında yayılım sunan disten kuvarsitlerin içinde yer aldığı Pütürge metamorfik masifinde, daha önce değişik araştırmacılar farklı amaçlı çalışmalar yapılmıştır.

Kovenko (1943), Pütürge civarındaki metalik cevherleşmeleri incelemiştir.

Ketin (1966), Doğu Toros Orojenik Kuşağı üzerinde jeolojik incelemelerde bulunmuştur.

Yazgan (1972), Pütürge Metamorfitleri ile bunun üzerindeki Maden karmaşığının petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemiş ve metamorfitleri, yeşilist ve amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğrayan allokon birimi tanımlamıştır.

Boray (1975), Şengör and Yılmaz (1981), Özkaya (1982), ve Yazgan (1983); Pütürge metamorfitlerine ait kayaçlar üzerinde K/Ar radyometrik yaş analiz verilerini değerlendirmiş ve metamorfik masifin, Üst Kretase-Kampaniyen'de 500-550°C sıcaklıklarda metamorfizma geçirdiğini ifade etmişlerdir.

Yılmaz ve diğerleri (1987), Pütürge metamorfik masifinin, karmaşık bir iç yapı göstermesi nedeniyle, masifi oluşturan birimlerin Mesozoyik' teki platform birimleri olduklarını işaret etmektedirler. Metamorfizma nedeni olarak ta Üst Kretase'de bölgeye yerleşen ofiyolit napları işaret edilmektedir.

Yazgan ve Chessex (1991), Pütürge metamorfitlerini, Bitlis metamorfik masifi ile aynı özelliklere sahip olduğunu kabul etmiş ve Bitlis-Pütürge Metamorfik Kuşağı olarak isimlendirmişlerdir. Bu çalışmalarında araştırmacılar, masiflerin metamorfizmasına (70-75 My) neden olan ısının kaynağını yitim zonu üzerinde bulunan yayönü okyanusal kabuk malzemesinin yerleşmesi, dolayısıyla bindirmeye bağlı sürtünme ısı ve ofiyolitik napın yükü altındaki gömülme basıncına bağlamaktadır.

Yılmaz (1993), metamorfik masifin kökeni üzerine araştırma yapmış ve Üst Kretase'de metamorfizmaya uğramış bir kıta kenarından türeyen kayaç grupları olduklarını belirlemişlerdir.

Erdem (1994), Pütürge ilçesi ve yakın çevresini kapsayan çalışmada, metamorfitleri oluşturan kayaçların petrografik ve petrolojik özelliklerini incelemiş ve masifin metamorfizmasının amfibolit fasiyesi ile yeşilist fasiyesi olmak üzere iki tür metamorfizmaya maruz kaldığı sonucuna ulaşmıştır.

Ateş (2011), Pütürge metamorfitlerindeki kayaçların köken ve metamorfizma yaşını belirlemeye çalışmıştır. Bu çalışmayla araştırmacı ilk defa Pütürge metamorfik kayaçlarının kristalizasyon yaşını 300-350 my olarak belirlemiştir.

Kaya (2015), metamorfiklerin metapelitlerindeki granat-biyotit jeotermometre hesaplamalarını kullanmış ve masifin metamorfizma yaşını kimyasal analiz verileriyle körele ederek 628°C sıcaklık değeri bulmuştur.

Disten kuvarsitler, ada yayı felsik ve nötr volkanik ve subvolkanik intrüzyonlarında pre-metamorfik arjillik alterasyon zonlarında (Owens ve Dickerson 2001, Pasek ve Owens

2002), alüminyum içeriği yüksek sedimanların metamorfizması sırasında (Gresens 1972, Flicoteaux ve Lucas, 1984; Liu ve Hu, 1999) ve metamorfizmayla eş zamanlı gelişen tektonik zonlar boyunca hareket eden akışkanlarla oluşabilen kayaçlardır (Lundegårdh 1995, Ihlen ve diğ., 1993; Ihlen ve Marker, 1998). Bir kısım araştırmalarda, disten kuvarsitler, hidrotermal alterasyon sonucu geliştiği belirtilmektedir (Schreyer, 1987; Hora, 1998; Owens ve Dickerson, 2001; Pasek ve Owens, 2002). Tüm ortamlar genellikle adayı, okyanus tabanı yayılma merkezleri ve jeotermal sistem içerisindeki sıcak noktalarla bir bağ olabileceğini gösterir (Spence ve diğ., 1980; Greiner, 2003) ki bu jeolojik ortamlarda alterasyon yoğunudur. Arjilik zon, kuvars, alüminyum silikatlar(kil) ve alüminyum hidroksitler(Jipsit)) içerir ve sıcaklık/metamorfizma derecesi artarsa, andaluzit, silimanit, disten ve kuvars bozunur. Alüminyum oksitler fazla olmasına rağmen disten kuvarsit oluşumu sınırlıdır, çünkü alterasyon yoğunudur. Disten kuvarsitlerin oluşumları için bir diğer teori, magmatik kayaçların alterasyon ürünü alüminyumlu killerle kuvarslı kumtaşlarının metamorfizmasıdır ki, metasomatik akışkanlar aktif rol almaktadır (Horton, 1981) ve disten kuvarsit oluşumuna elverişli bir ortamdır. Son teori, metamorfizmayla eş zamanlı gelişen tektonizmanın sebep olduğu disten kuvarsit oluşumlarıdır. Burada kuvars-feldispatik veya mika minerallerince zengin metapelitik kayaçların metasomatizması gerekir. Amfibolit veya granit kayaçların, kırıklardan çıkan akışkanlar önemli rol oynar (Banerji, 1981; Ihlen ve Marker, 1998). Disten kuvarsitlerde metamorfizmayla eş zamanlı tektonizmada varsa; Andaluzit ve granat porfiroblastları, hidrotermal damarlar ve disten kuvars segregasyonundan ziyade disten-silimanit segregasyonu görülür (Schreyer, 1987; Ihlen ve diğ., 1993; Ihlen ve Marker, 1998).

Pütürge metamorfitlere ait tüm kayaçlarda foliyasyon özelliği belirgin olarak gözlenmektedir. İki farklı foliyasyon belirgindir. Bu foliyasyonlardan ilki şistozite ve gnays bandlaşması şeklinde görülürken, diğeri foliyasyon klivaj şeklindedir. Bölgedeki tektonik zonlar boyunca, milonitik foliyasyon, makaslanma lineasyonu izlenir.

MF.13.43 nolu FÜBAP (Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi) tarafından desteklenen bu tez çalışmasının amacı, disten kuvarsitlerin petrografisi, mineralojisi, oluşumunu incelemektir. Ayrıca, ulusal düzeyde yapılmamış ve tektonizma-segregasyon arasındaki işlevleri irdelemektir.

3. ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

Tez konusu ile ilgili olarak yapılan çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç asamada gerçekleştirilmiştir.

3.1. Saha Çalışmaları

2012-2013 yılının yaz sezonunda gerçekleştirilen arazi çalışmalarında, 1/25000 ölçekli topografik harita kullanılarak, inceleme alanının jeoloji haritasının üzerinden geçilmiş ve eş zamanlı olarak inceleme alanında yer alan metametapelitik kayalardan 33 adet, metametapelitler içerisinde yer alan disten kuvarsitlerden de 12 adet olmak üzere, toplam 45 örnek alınmıştır. Örneklerin adlandırılması için; Koçköyü civarından alınan örnekler, **KoçKöy Yol Üstü (KYU)**, **Düvenlik Deresi Kenarı (DDK)**, **Gözlüce Köyü (GK)** kısaltması kullanılmıştır.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları mineraloji-petrografi ve jeokimyasal analiz yöntemiyle yapılmıştır.

İnceleme alanından alınan 45 adet örnekten Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Maden Analizleri ve Teknoloji (MAT) Dairesi Mineraloji-Petrografi Laboratuvarları Koordinatörlüğü'nde 20 adet ince kesit hazırlanmıştır. Petrografik tanımlamalar yapmak üzere ince kesitler polarizan mikroskopta incelenmiştir. Önemli bulunan kesitlerden mineralojik bileşimi ve dokusal özellikleri yansıtmak üzere fotoğraflar çekilmiştir. Ayrıca, mineral türü ve içyapı değişiminin belirlenmesi için Raman Spektrometre incelemeleri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü Laboratuvar'larında 5 Jobin Yvon Labram Horiba marka Raman spektrometresi ile 632 mikro laser güçlü Bx41 Olympus marka mikroskop altında yapılmıştır.

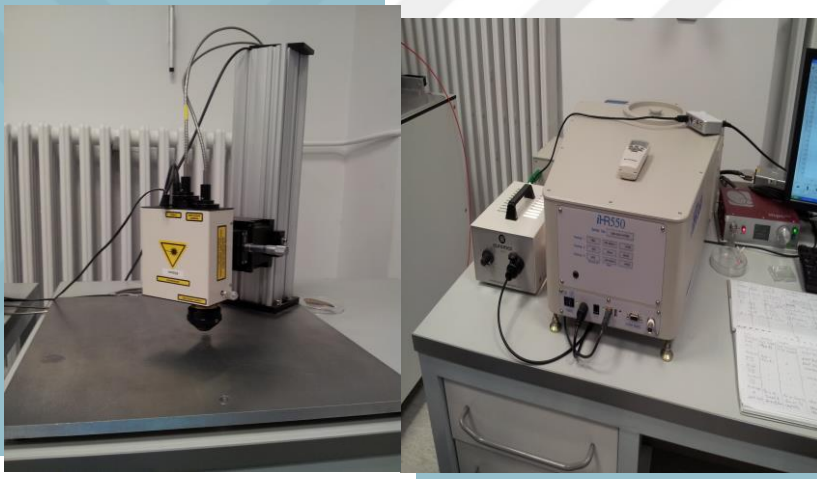
Petrografik ve mineralojik çalışmalar sonucu belirlenen, yirmi adet taze kayalık örneği Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında, öğütülmüş ve hazırlanan ince kesitlerle mineral ve kayalık adlandırılması yapılmıştır.

Örneklerin ana oksit element ve iz element analizleri ACME (Ankara)'de yapılmıştır. Bu laboratuvarında örneklerin ana element bileşimleri ICP-MS, eser element bileşimleri ise LAICP-MS yöntemi kullanılarak (Group 4A + 4B yöntemi) analiz edilmişlerdir. Analiz yöntemi hakkında ayrıntılı bilgi <http://acmelab.com> sitesinden Price Brochure başlığı altında, ICP-MS Ultratrace Packages seçeneği ile görülebilir.

Distenlerin oksijen izotop verileri, ACTLAB (Kanada) laboratuvarında yaptırılmıştır.

Distenlerin kimyasal bileşimini belirlemek için yapılan Elektronmikropirob analizleri (EPMA), altı adet ince kesitte bulunan disten minerallerinde çok sayıda noktadan alınmıştır.

Minerallerde raman spektroskopisi son yıllarda uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi bir ışık kaynağı, örnek hücresi, dalga boyu seçici, dedektör ve kaydediciden oluşur. Raman spektrofotometrelerinde Raman saçılmalarının iyi gözlenebilmesi için yüksek şiddette, ışık yayabilen lazerler kullanılır. Lazer kaynağı, numunenin küçük bir alanına odaklandırılır. Örnek hücresi olarak cam kapiler kullanılır. Raman spektrometrelerinde keskin ışık elde edildiğinden ışık kaynağından sonra filitre kullanılması yeterlidir. Dalga boyu seçiciden geçen ışık kullanılan lazer türüne uygun ve o dalga boyunda duyarlı bir detektöre gönderilerek elektrik sinyalline dönüştürülür ve kaydedilir. Alınan değerler grafik haline getirilir ve standart grafiklerle karşılaştırılarak sonuca ulaşılır.



Şekil 3.1. Raman spektroskopi aleti

Büro çalışmaları, arazi çalışmaları öncesi ve sonrası olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi öncesi çalışmaları bölgenin ayrıntılı literatür araştırması yapılarak, tezin önceki çalışmalar bölümünde yer verilmiştir.

Arazi sonrası büro çalışmaları ile jeoloji haritası ve profiller CorelDRAW 12 çizim programı kullanılarak bilgisayar ortamında çizilmiştir. Jeokimyasal analiz verileri Microsoft Excel programında düzenlenmiştir.

4. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

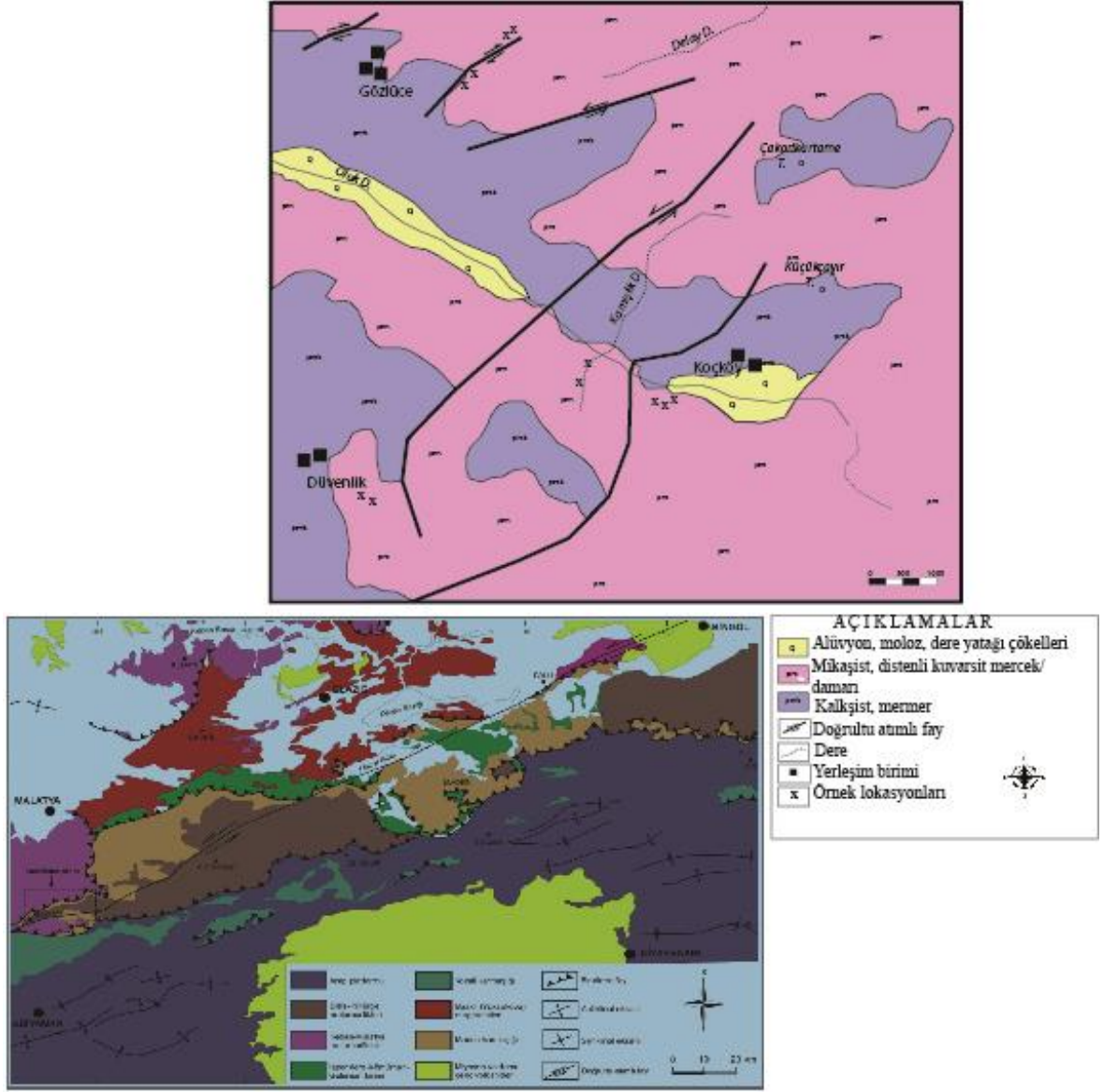
Neotetisin Güney kolu üzerinde, Doğu Toros Orojenik Kuşağı üzerinde yer alan çalışma alanı ve yakın civarında, Pütürge Metamorfikleri ve Maden Karmaşığında oluşan kayaç grupları yayılım sunmaktadır (Şekil 4.1). Maden Karmaşığı, bazı alanlarda Pütürge metamorfikleri üzerine transgresif olarak gelirken, diğer alanlarda faylı dokanak olarak devam etmektedir. Bölgede hem eğim atımlı ters, hem de doğrultu atımlı fayların oluşturduğu tektonik yapı, Pütürge metamorfiklerinin kalınca görülmesini sağlamaktadır. Pütürge metamorfikleri, tabanda genellikle yarı metapelitik yer yer pisamitik kayaçlar, daha üst rakımlarda ise, metapelitik, yarı metapelitik ve bunlara araseviyeli metagranit ve metakarbonatik kayaçlardan oluşmaktadır.

Litoloji özelliği, Pütürge metamorfiklerinin sert veya yumuşak topoğrafya olarak görülmesine neden olmaktadır. Yani, metakarbonatlar genelde sarp yamaçlar oluştururken metapelitik seviyeli kesimler daha yumuşak bir topoğrafya sunmaktadır.

Metamorfiklere ait tüm kayaçlarda foliyasyon özelliği belirgin olarak gözlenmektedir. İki farklı foliyasyon belirgindir. Bu foliyasyonlardan ilki şistozite ve gnays bandlaşması şeklinde görülürken, diğeri foliyasyon klivaj şeklindedir. Tektonik zonlar boyunca, milonitik foliyasyon izlenmektedir. Babik çayı ve civarında makaslanma lineasyonu, kayaçlarda yaygın özelliklerden biridir (Şekil 4.2). Metamorfikler içerisinde değişen ölçeklerde kıvrımlanmalar da sıkça görülen diğeri bir özelliktir (Şekil 4.3).

4.1. Disten Kuvarsitlerin Jeolojik Konumu

İnceleme konusu disten kuvarsitler, metamorfik şist ve gnayslar içerisinde bulunur. Bu metamorfik kayaçlardaki kayaç topluluğu, metapelit/semimetapelit, metakarbonat, metagranitoid türü gözlü/granitik gnays, mikaşist, kuvarsit, amfibolit ve mermer ara bantları/merceklerini kapsamaktadır. Disten kuvarsitler, genel olarak metapelitler içerisinde mercek (Şekil 4.4) veya lamine uzanımlar şeklinde yayılım sunmaktadır (Şekil 4.5). Örneklerin alındığı lokasyonlardan, Koçköy civarındaki disten kuvarsitler yaklaşık 3-5 metre uzunluk ve yaklaşık 1 metre kalınlıkta düzgün uzanım sunmaktadır. İnce-orta taneli gnayslar içerisinde ve doğrultu atımlı faylarla ötelenmiş amfibolit mercceklerine kısmen yakındır. Bu örneklerin tamamı distence zengindir. Tipik yüzeylemeyi, Alihame mahallesinin 400 metre Güneybatı'sında, Kırmızıgöl deresinin yamacında göstermektedir.





Şekil 4.2. Gnayslarda görülen makaslanma lineasyonu



Şekil 4.3. Metamorfitletler içerisinde değişen ölçeklerde mikro kıvrımlar

Düvenli ve Gözlüce'den alınan örnekler mikaşistler içinde yer alır. Genel olarak, uzun eksenleri şistozite doğrultusuna paralel, yer yer mercek ve damarlar halindedir. Koçköy civarından alınan örneklerden farkı; kuvars kristallerinin bu alanda daha iri taneli ve oranca daha fazla, distenlerinse daha az ve tane boyutunun daha küçük olmasıdır (Şekil 4.6).



Şekil 4.4. Tektonik zonlara yakın konumlanmış mercek şekilli disten kuvarsitlerin görünümü



Şekil 4.5. Laminar uzanımlı disten kuvarsitlerin arazi görünümü



Şekil 4.6. Disten kuvarsitlerdeki disten ve kuvars minerallerinin makro görünümü

Disten kuvarsitler, jeolojik olarak bulundukları ortam, yayılım şekli, içinde bulunduğu köken kayaçta, alüminyum ve silisin varlığı/yokluğu, kaynak kayaçta varolan alkalilerin tüketilmesi ve metamorfizma sonucu açığa çıkan bileşim ve mineralojik farklılık belirleyicidir. İnceleme alanı içerisindeki disten kuvarsitler, bileşim olarak, kuvarsit ve sedimanter arkozdan farklıdır. Bu kayaçlar, mercek ve damar şeklindedir, genellikle gnays ve şist birimi içerisindedir. Mineralojik bileşimlerinde feldispat bulunmaz ve muskovit-kuvars parajenezi görülür. Köken kayacı metavolkanik birimden kaynaklanan disten kuvarsitlerde; Cr-mika ve Al-fosfat mineralleri yaygındır (Ek ve Nysten, 1990; Ihlen, 2000). Subvolkanik veya volkanik kayaçların alterasyon ürünü alüminyumlu killer ve kuvarslı kumtaşlarından kaynaklanan disten kuvarsitlerde, alüminyum %80'nin üzerindedir. Belirtilen bu özellikler incelenen disten kuvarsit örneklerinde gözlenmemiştir. Dolayısıyla köken kayacı volkanik kayaç olması mümkün görülmemektedir. Metapelitik kayaçlar içerisinde konumlanmış, bu kayaçlardaki distenin TiO_2 ortalaması 0.32 ppm, Al_2O_3 oranının ise 22.75 ppm dir. Bu oksit değerleri, kırık zonlarıyla yakın konumlanmış kuvarsitlerde görülür. Örneklerin alındığı bazı lokasyonlarda faylar gözlenmiştir. Ayrıca,

sedimanter kökenli killi kayaçlardan türemiştir. Tektonizma ve metamorik akışkanlar ve segragasyon disten kuvarsitlerin oluşumuna sebep olduğu sonucuna ulaşılır.



5. PETROGRAFİ VE MİNERAL KİMYASI

Disten kuvarsitler genel olarak metapelitik kayaçlar içerisinde yer alır. Metapelitik/psamitik kayaçlar genel olarak granat, stavrolit, disten, sillimanit gibi Barroviyen zonunu temsil eden indeks mineraller içerir. Mineral parajenezlerinden ve granatların dağılım katsayısı verilerinin hesaplanmasından, maksimum sıcaklık 628°C olarak hesaplanmıştır (Kaya, 2015). Bu koşullar, metamorfizmanın bölgesel metamorfizmanın ilerleyen amfibolit fasiyesi metamorfizmasını, porfiroblastların kırık ve çatlaklarında gelişen klorit, epidot gibi minerallerin varlığında gerileyen yeşilşist fasiyesi metamorfizmasını gösterir. Dolayısıyla hem ilerleyen hemde gerileyen metamorfizmanın etkileri görülür. Metapelitlerin tipik mineral parajenezleri, muskovit + granat + stavrolit + kuvars ve disten + granat + biyotit + oligoklaz + kuvars ($\pm$ muskovit)'tir. Pütürge metamorfizmadaki şist ve gnaysların mineralojik bileşimleri benzer olmasına rağmen, şistlerin mineral bileşiminde granat, ağırlıklı olarak muskovit, biyotit, stavrolit, klorit, serizit, apatit, zirkon görülürken (Şekil 5.1), gnaysların mineralojik bileşiminde, feldispat, disten, granat, muskovit, biyotit, kuvars, amfibol, zirkon, apatit, opak mineraller görülür (Şekil 5.2).

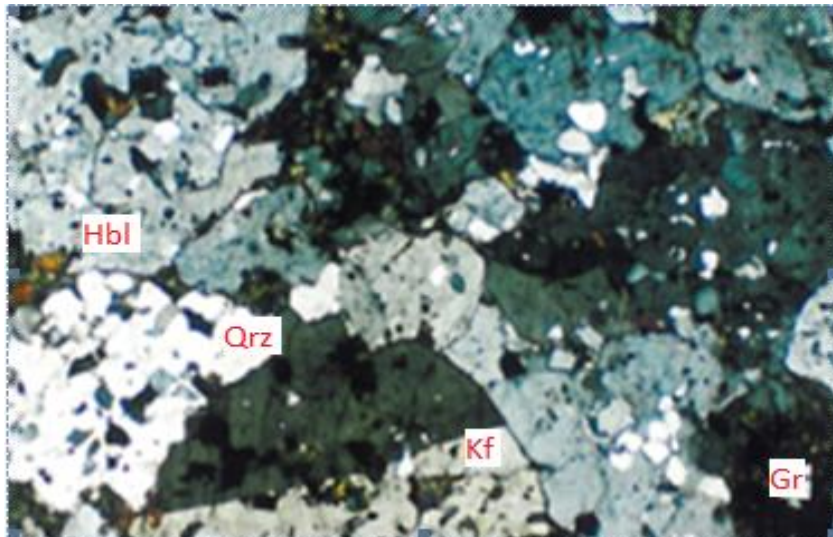
Metapelitlerdeki disten porfiroblastları canlı mavi, kırmızı, kahve ve sarı çift kırılma renklerine sahiptir. Tek yönde gelişmiş mükemmel dilinim ve bu dilinimlerin doğrultusuna dik yönde kırıklar görülür. Dilinim düzlemlerinde ve kırıklarında retrograd metamorfizmanın göstergesi olan muskovit ve serizit oluşumları azdır. Şistlerdeki distenler gnaystaki lerine göre daha küçük kristal halindedir. Önemli metamorfizma minerallerden olan stavrolit; plajiyoklas, muskovit ve klorit mineralleriyle birlikte bulunur. Metamorfizmanın ilerlemesiyle kloritle reaksiyona girer ve disten, biyotit veya granatla yer değiştirir. Disten, granat porfiroblastlarıyla birlikte yaklaşık 1cm boyutunda porfiroblast olarak veya granatla yer değiştirmesi sonucu, biyotitle birlikte küçük taneler şeklindedir. Küçük taneler halindeki distenler, disten+biyotit+kuvars parajeneziyle reaksiyona giren, granat+muskovit bileşiminin orta Amfibolit Fasiyesi koşullarında rekristalizasyonunun son ürünü olarak gelişir (Barker, 1990). Granat distenle porfiroblastik dokuyu oluşturur ve kuvars, muskovit kapanımları içerir. Granatların kristal kenarları ve kırık yüzeyleri gibi zayıf zonlar boyunca gerileyen metamorfizmayı işaret eden kloritleşme sıkça görülür. Mikaşistlerde muskovit minerali biyotite göre daha fazlayken, gnayslarda biyotit

yaygındır. Biyotitler de çoğunlukla retrograd metamorfizma etkisi ile klorite dönüşmüştür. Hem muskovit hem biyotit mineralleri esas mineraller oldukları gibi feldispat mineralleri içinde kapantı olarak da bulunabilmektedir. Bazı biyotit tanelerinin içinde radyasyon hasarının gözlendiği zirkon mineralleri belirlenmiştir (Ateş, 2011). Klorit, biyotit ve granatlardan dönüşmüş ikincil mineraller olup oluştukları yerlerde aynen korunmuştur. Amfiboller, özşekilsiz küçük kristaller halindedir. Yeşil pleokroizma ve sarımsı kahve çift kırılma rengine sahiptir. Zirkon, apatit ve opak mineraller çok az olmakla beraber, yinede tali mineral olarak yaygındır.

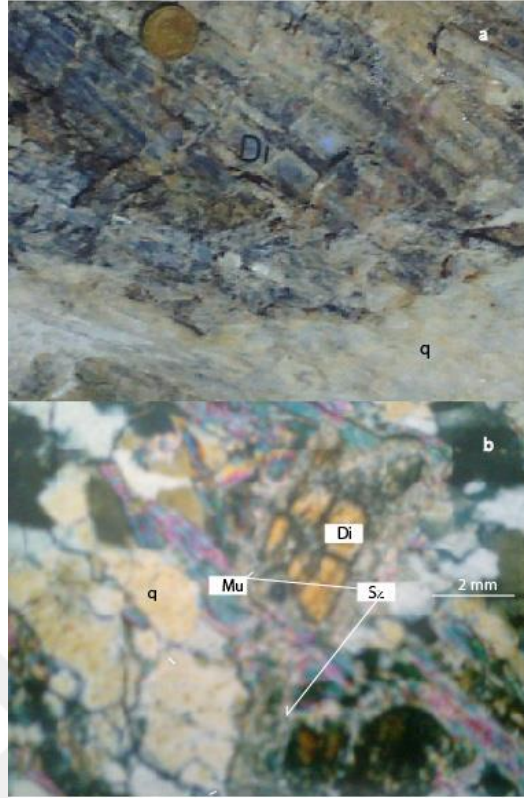
Pütürge metamorfitlerinin metapelitik kayaçları içerisinde, mercek yer yer laminalı tabakalar şeklinde görülen disten kuvarsitler, Makroskopik olarak ince taneli, mavimsi beyaz alacalı yer yer laminalı görünümlüdür (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4). Laminalanma, distence zengin seviyelerle, kuvarşlı seviyelerin ardalanması ve ara ara muskovit geçişleri şeklindedir. Bu tür kuvarsitlerin kalınlığı birkaç santimetreden bir metreye kadar değişir. Kuvarsca zengin seviyelerde kuvars oranı %80 iken, disten mineralinin baskın olduğu seviyelerde bu oran düşer ve maksimum %45 dir. Disten kuvarsitlerinin mineralojik bileşimleri esas olarak kuvars, disten, az miktarda muskovit ve serizit ikincil olarakta sülfür ve oksit mineralleridir. Mineral bileşiminde feldispat ve biyotit bulunmaz. Bu minerallerin olmayışı köken kayacın bileşimine bağlıdır. Köken kayaç sedimanter ise, feldispat ve biyotit, minör oranda görülebilir (kaynak). Mikroskop incelemelerinde, distenin retrograd metamorfizma sonucu muskovit ve serizite dönüştüğü ve bu dönüşüm sonucu disten içeren kayaçların arazide bazı bölgelerde yansımalar sunduğu görülür(Şekil 5.5).



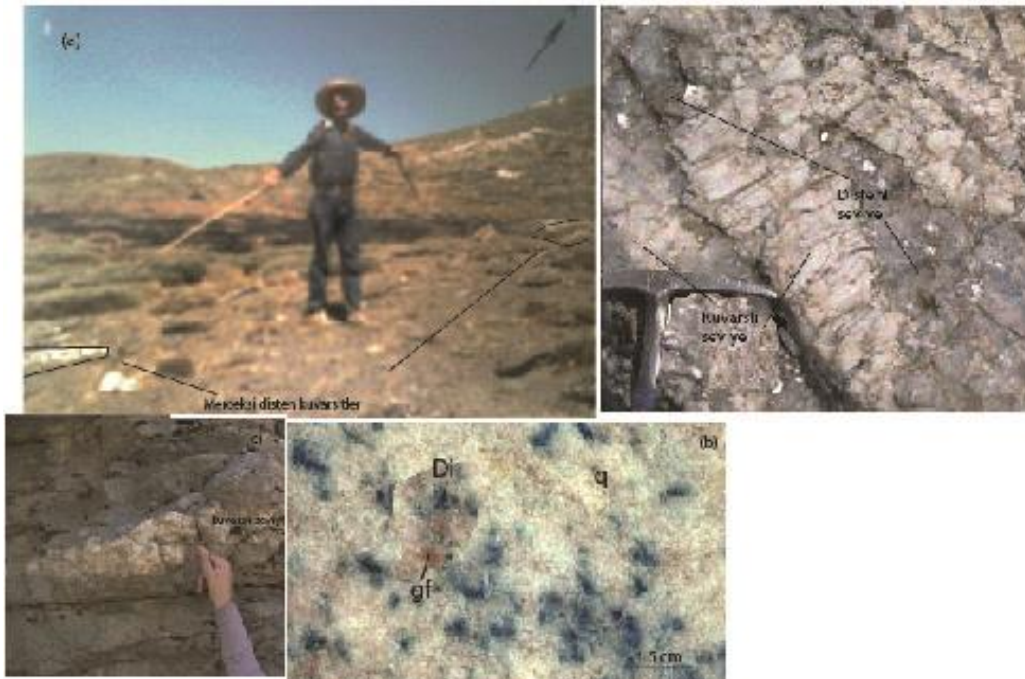
Şekil 5.1. a) Mikaşitlerin makroskobik ve b) mikroskobik görünümü. Feldispat (Fl), disten (Ky), muskovit (Mu), biyotit (Bt,) granat (Gr),zirkon (Zr)



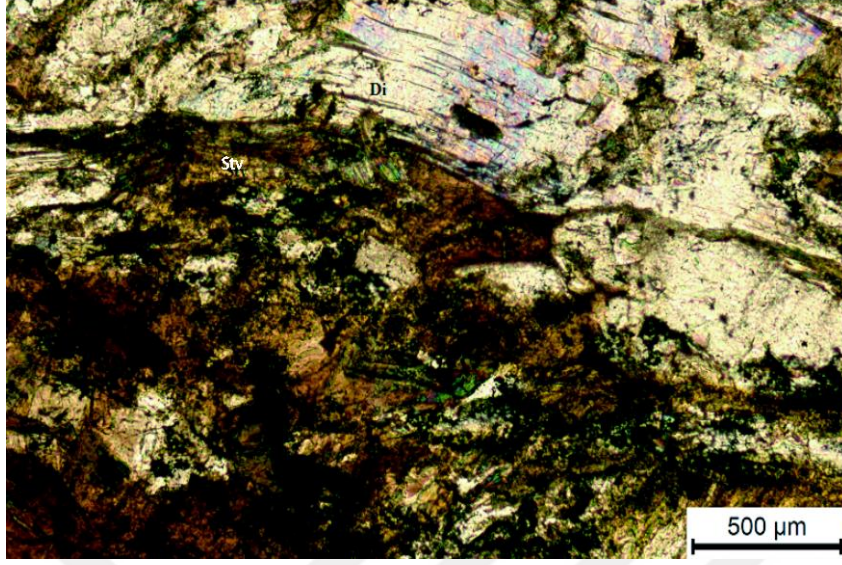
Şekil 5.2. Gnaysların mikroskobik görünümü. Alkali feldispat (Kf), kuvars (Qrz), biyotit (bt), amfibol (Hbl)



Şekil 5.3 a) Disten porfiroblastlarının makroskobik görünümü ve b) mikroskoptan alınan mükemmel polarizan rengi ve kapanımlar



Şekil 5.4. a,c) Merceksel disten kuvarsitlerin makro görünümü ve segragasyon, (b) mikroskop görünümü, q-kuvars, Di-disten,gf-grafit



Şekil 5.5. Retrograd metamorfizma sonucu distenlerin dilinim izlerindeki Serizit oluşumları. Disten (Di), serizit (sz)

Tüm kayaç major oksit verileri Tablo 5.1’de, iz element verileri Tablo 5.2’de, disten kuvarsitlerin, distenlerinde yapılan elektron mikroprob verileri ise Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.1’ deki tüm kayaç kimyası incelendiğinde SiO_2 değeri tüm örneklerde birbirine yakın ve ortalama %50’dir. $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$ ortalama %97.43, TiO_2 değeri Düvenli örneklerinde düşük, Koçköy örneklerinde daha yüksektir. Bunun sebebi içinde bulundukları kayaçlara bağlıdır. Analizlerde distence zengin seviyede Al_2O_3 yüksek, silis oranının distene göre yüksek olduğu seviyelerde düşüktür ki, köken kayacın bileşimiyle bu oran değişmektedir. Tüm kayaç oksit oranları değerlendirildiğinde, analiz verilerinin standart disten kuvarsit verilerinden daha yüksek olduğu görülür. Al_2O_3 minimum %56.50 standart değerinin altında olması endüstriyel hammadde açısından yeterli değildir.

Disten mineralinin Elektropirob analiz verileri incelendiğinde, SiO_2 içeriği ~%50.60 olması, Nystuen (1969a) tarafından ifade edilen distenin SiO_2 içeriğinden (%10-15) yüksektir. Silis oranının yüksek olması, kristali içerisindeki silisce zengin kapanımların (kuvars gibi) varlığına yorumlanmıştır (Şekil-kapanımlar ince kesit). Ana kayacın silis içeriğide Maden Teknik Arama disten kuvarsit standartlarından yüksektir. Majör oksitlerden K_2O içeriği incelendiğinde minimum 0.02, maksimum 1.12 aralığındadır. %1.12 potasyum oksit değeride açık renkli örneklerden elde edilmiştir. Bu örneklerde

kısmen serizitleşme mevcuttur. Metamorfik ve/veya metasomatik işlevleri yansıtan K₂O içeriğinin düşük olması ise, retrograd metamorfizmadan distenin etkilemediğini yani muskovit ve serizit mineralleriyle yer değiştirmenin kısmen olduğu şeklinde yorumlanabilir ki, mikroskobik incelemede bunu doğrulamaktadır.

Koçköy (KYU) örneklerinin, MgO, FeO, TiO, CaO ve kısmen Na₂O içeriği kısmen yüksektir (Tablo 5.3). Oksit oranlarındaki bu yükseklik, kısmen mafik kökenli yankayaçla etkileşimden kaynaklanabilir. Disten kuvarsitler bu alanda faylarla ötelenmiş amfibolitlere yakın konumlanmıştır. Artan sıcaklıkta ve rekristalizasyonun ilerlemesiyle kristalden atılan akışkanlar kayaç içerisinde değişimlere sebep olabilmektedir. Ayrıca demir içeriğinin yüksek olması, biyotit ve almandin granattan da kaynaklanabilir.

Düvenli-Gözlüce civarındaki örneklerde (DDK ve GK), Al₂O₃ değerinde artış görülürken, CaO ve K₂O değerleri birbirine yakındır. Bu örnekler, alüminyumca zengin killi kayaçların meamorfizma ürünü mikaşist içerisinde bulunur. Dolayısıyla Alüminyum oksit fazlalığı, muskovit ve kil minerallerinden gelir. Alüminyum retrograd metamorfizmada, muskovit ve distenin kristal kafes yapısında zaten bulunan bir elementtir. Ancak, Al elementi kafesten hızla ayrılmasına rağmen ortamdan uzaklaşması hemen gerçekleşmez. Dolayısıyla hem bozunma, hemde Al₂O₃ ce zengin minerallerin fazlalığı, alüminyum oranının artmasına sebep olur. Al₂O₃ bileşiminin %10-32 (kuvarsitler veya metaarkozlarda <%9 Al₂O₃) olması basıncın kısmen yüksek olduğu koşulları ve Al-ca zengin biyotit, almandin granat, ikincil muskovitin varlığına işaret edebilir (Şekil 5.6) (Torrez-ruizza,2003; Lumpkin, 2001)

Table 5.1. Disten kuvarsitlerin tüm kayaç major oksit analizi (Distence fakir olan disten kuvarsitlerde <%25 disten ve <%17.5 Al₂O₃ bulunur)

Lokasyon	Örnek no	Kayaç Türü	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	Total
Düvenli 1	DY-1	Di-fakir	52.06	0.30	45.83	0.03	1.33	0.05	<0.01	0.01	-	-	99.62
Düvenli 2	DY-2	Di-fakir	46.04	0.33	46.76	0.02	1.37	0.07	<0.01	0.01	-	-	94.61
Koçköy 1	KY-1	Di-zengin	47.84	0.32	51.21	0.01	0.73	0.08	<0.01	-	-	-	100.02
Koçköy 2	KY-2	Di-zengin	54.43	0.31	46.55	0.05	0.20	0.15	<0.01	-	0.01	-	99.72
Koçköy 3	KY-3	Di-fakir	50.30	0.38	48.20	0.03	1.22	0.12	<0.01	-	0.02	-	99.90
MTA standartı	Di-kuvarsit		39.01	0.18	56.50	0.01	0.80	0.02	<0.01	0.02	0.09	0.01	-

Tablo 5.2. Disten kuvarsitlerde tüm kayaç iz element analizi

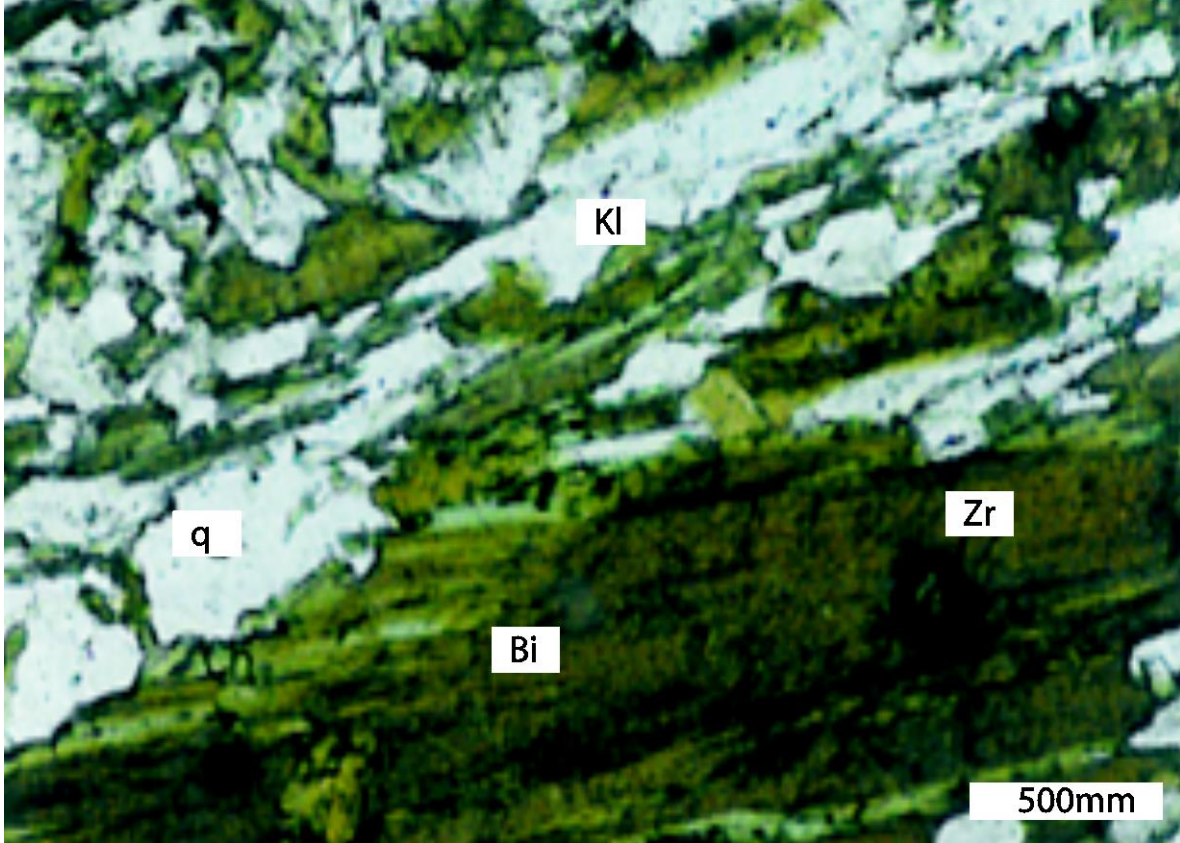
Lokasyon	Örnek no	Ba	Ga	Zn	Cu	Ni	Co	Ce	La	Nd	W	Zr	Y	Sr	Cr	V
Düvenli 1	DY-1	274	13	17	11	5	5	21	10	12	42	132	6	28	37	19
Düvenli 2	DY-2	129	16	13	9	5	<5	24	16	10	38	153	12	51	29	34
Koçköy 1	KY-1	225	11	12	10	5	7	10	32	10	31	127	6	24	40	13
Koçköy 2	KY-2	10	10	9	5	7	6	11	18	12	53	77	8	49	15	14
Koçköy 3	KY-3	58.3	16.8	14	8	6	7	17	13	11	36	81	7	35	43	25

Tablo 5.3. Distenlerin Elektromikroprob analizi (%ağırlık oksit)

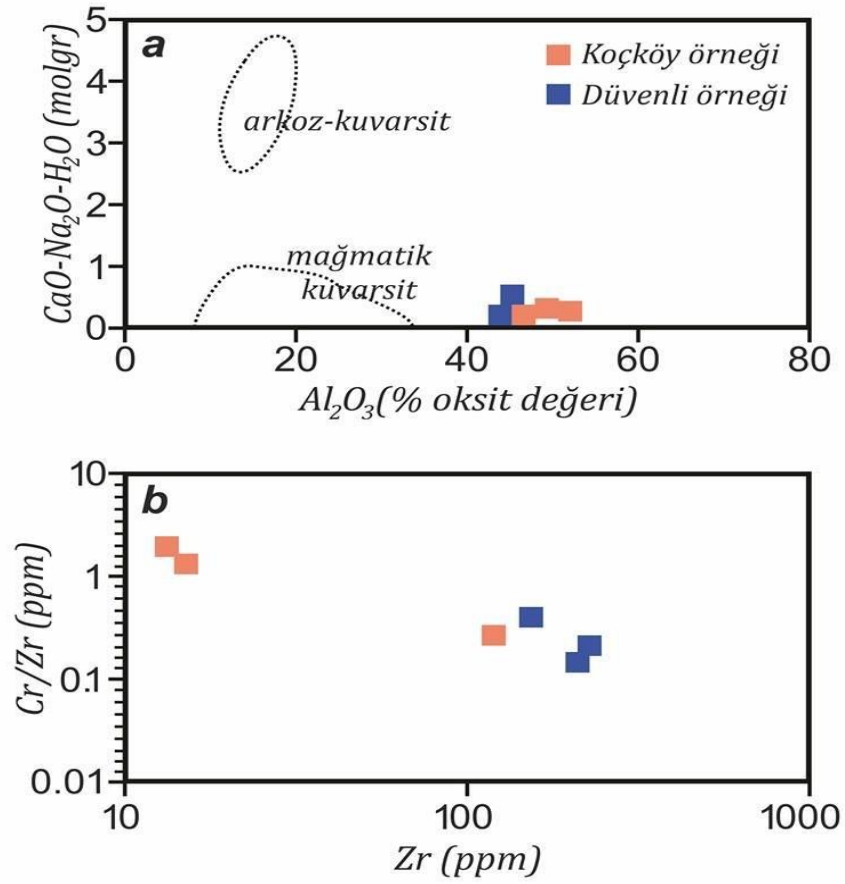
Tane	Örnek	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	Total
1	DDK-1	49,76	0,06	14,31	0,02	17,28	13,45	0,74	0,09	2,58	0,25	98,56
2	DDK-1	49,27	0,12	14,14	0,04	19,63	11,66	0,65	0,13	2,48	0,27	98,38
3	DDK-1	51,96	0,56	14,80	0,04	11,11	17,08	0,38	0,12	1,98	0,65	98,67
4	KYU-3	46,44	0,71	13,38	0,06	11,06	21,44	0,58	1,12	4,58	0,21	99,58
5	KYU-3	46,58	0,69	12,28	0,00	10,98	21,51	0,12	1,07	4,17	0,49	97,89
6	KYU-3	44,93	0,72	13,06	0,04	13,66	23,14	0,51	0,22	3,16	0,30	99,74
7	KYU-3	46,24	0,66	11,52	0,00	14,40	22,31	0,48	0,07	3,02	0,16	98,86
8	KYU-3	46,71	0,72	11,33	0,02	19,24	19,07	0,22	0,02	2,01	0,19	99,53
9	KYU-3	45,34	0,69	11,28	0,21	19,13	21,03	0,20	0,09	2,15	0,15	100,27
10	GK-2	50,21	0,65	16,05	0,10	8,84	28,52	0,11	0,05	2,56	0,52	97,61
11	GK-2	50,32	0,08	15,36	0,03	16,12	15,34	0,42	0,05	2,40	0,24	99,37
12	GK-2	50,05	0,58	15,53	0,04	15,36	14,47	0,07	0,10	2,37	0,53	99,01
13	GK-2	48,19	0,05	15,37	0,02	22,44	9,52	0,61	0,19	2,19	0,32	98,90

İz elementler açısından bakıldığında Ga, Cu, Ni, Co, Nd, Pr, Mo, Y, Pb, As, Hf, Sb, Sn, U, Cs, Ta, Yb, Sc, F ve Cl deteksiyon limitlerinin altındadır. Köken belirteci olan Ba, W, Zr, Sr, Cr, V, Zr gibi iz elementlerden Zr, Koçköy'den alınan örneklerde kısmen yüksektir (Şekil 5.6b). Bu örneklerde zirkonda yaygındır. Aynı zamanda gnays birimi içerisinde bulunurlar, dolayısıyla zirkonun yüksek olması normal kabul edilir. Disten kuvarsitlerin diğer önemli minerli kuvars mineralidir. Endüstriyel kuvars Li<1 ppm, Be<2ppm, B 2.0 ppm, Mn <0.2ppm, Ge <0.5ppm, Na <87ppm, Al 20 ppm, P<4 ppm, K<4 ppm, Ca<53 ppm, Ti 6.1ppm Fe < 2ppm olmalıdır (saf kuvarsın Al<25 ppm, Ti<10 ppm) [14]. İncelemelerimizde kuvarsın iz element analizi yapılamamıştır. Ancak metapelitlerde biyotit minerali içerisinde görülen metamikt zirkonların varlığı (Şekil 5.6), metamorfik derecenin yüksek olmasına (Ateş, 2011) ve kuvarsın doğal radyoaktiviteye maruz kalmış olabileceğine, dolayısıyla hammadde olarak kullanılabilirliğinin mümkün olamayacağına inanılmaktadır.

Şekil 5.7a grafiğinde tüm kuvarsitlerin ne magmatik kökenli kuvarsit alanına ne de arkoz-kuvarsit alanına düşmemektedir. Bu, sedimanter kökenli metapelitik kayaçların yoğun tektonizma sonucu metamorfizma sürecinde ortamdaki akışkanların etkisiyle değişime uğradığını gösterir.



Şekil 5.6. Retrograd metamorizma etkisiyle gelişen klorit minerali ve biyotitlerdeki metamikt zirkonların görünümü (Erdem,1994). Biyotit (Bi), zirkon (Zr), kuvars(q), klorit(kl)



Şekil 5.7. a – Disten kuvarsitlerin major element diyagramı. b – Disten kuvarsitlerin Zr ve Cr/Zr diyagramı

6. DİSTENLERDE RAMAN SPEKTROMETRESİ

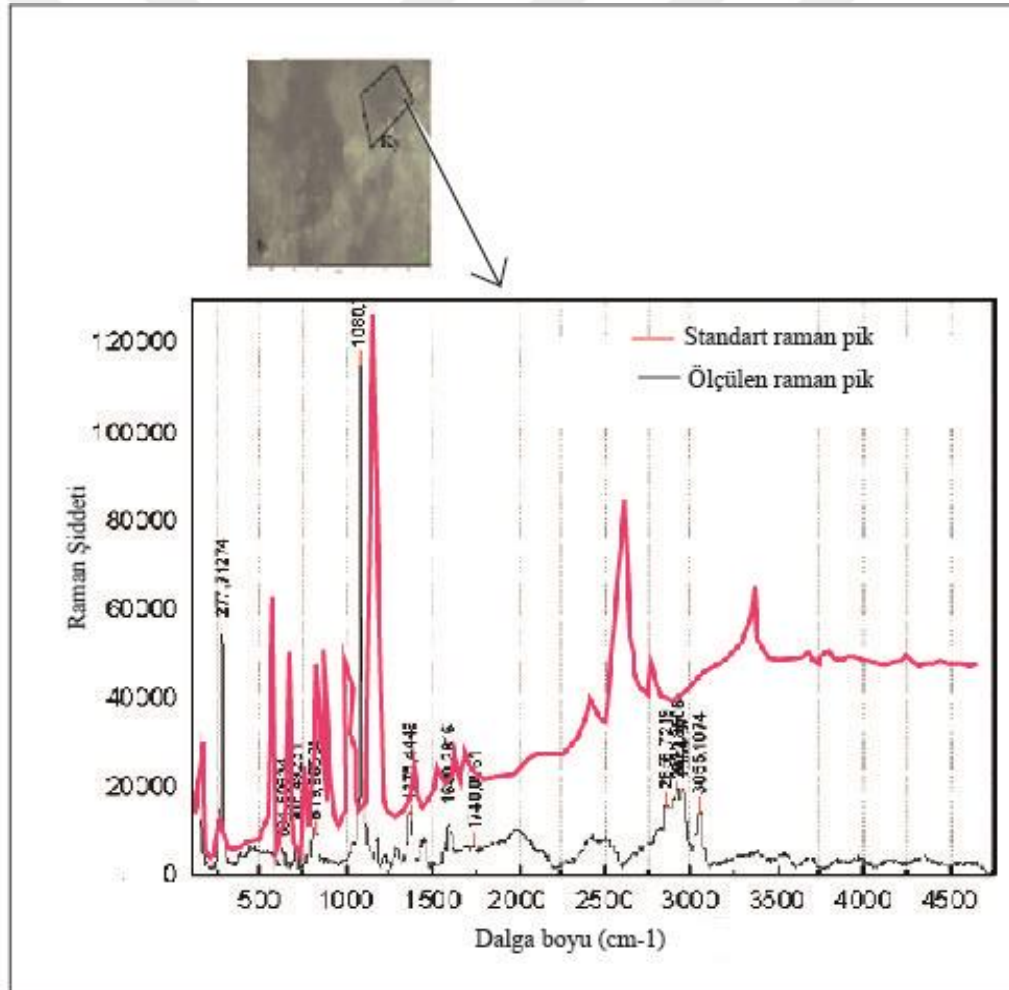
Minerallerin yapısal ve spektroskopik verilerinden termodinamik özelliklerin tahmin edilmesi ilk kez (Kieffer, 1979a, b, c, 1980) tarafından vurgulanmıştır. Herbir mineralin sahip olduğu bir iç enerji vardır ve belirli sıcaklıklara kadar kristal yapılarını koruyabilirler. Sıcaklık değeri aşıldığında (Si, Al)-O simetrik bağı bozulur. Bu bağın değişimi tetraederin polimerizasyonunun derecesine bağlıdır. Kristal yapı ve mineral bileşiminin fonksiyonu olarak bir mineralden diğerine farklılık gösterir (Kieffer, 1982). Raman spektroskopisinde düşük frekansta alınan eğriler karışıktır. Çünkü düşük sıcaklık termodinamik fonksiyonlar düşük frekanslı optik modları etkiler. Mineraldeki değişik polihedra, katyon ağırlığı, strüktür yapıdaki koordinasyon karışıklığa sebep olabilir (Kieffer, 1982). Metamorfitlerden alınan disten kuvarsitler içerisindeki distenlerin Raman spektrometresi verileri ve elde edilen grafik Şekil 6.1’de gösterilmiştir.

Distenin kristal yapısında Al^{+3} iyonu dört oktahedral köşede bulunur. Sıcaklığın değişimine göre kristal yapıda yer değiştirir ve diğer alüminosilikatların oluşumu gerçekleşir. Standart raman pik değeri maksimum 16.670 cm^{-1} dir (Burnham, 1963b). Bu pik değeri Al^{+3} iyonundan ziyade $Fe^{+2} \rightarrow Ti^{+4}$ veya $Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$ dönüşümünü gösterir (Burns, 1993). Fe^{+2} , Fe^{+3} , Ti^{+4} ve Al^{+3} katyon değişimleri, atomik boşluk gibi kristal hasarı veya enerji absorpsiyonuna bağlıdır. Kristal yapıda hasar varsa raman grafiğinde genişlik fazladır (Şekil 6.2). Yüksek/düşük dalga boyuna sahip bir grafik mevcutsa kristal üzerindeki basınç gerilmesi fazladır (Prinsloo, 2001). Şekil 6.1.’de disten minerali için raman spektroskopisi alınmış ve standart disten raman grafiğiyle karşılaştırılmıştır (Standartlar MTA’ dan alınmıştır). İncelenen distenlerin 240 saniyede (240 t), $137\text{-}4800\text{ cm}^{-1}$ grafik aralığında 100 dalga boyunda 600 noktaya uygulanmış raman spektra pikleri 3054 cm^{-1} , 634 cm^{-1} , 1080 cm^{-1} , 277.6 cm^{-1} , 3054 cm^{-1} , 1080 cm^{-1} dir (Tablo 6.1). Standart raman spektrasına nazaran, analiz edilen disten spektraları düşüktür. Spektralar arasındaki genişlik daha fazladır. Bu farklılık katyon değişiminden çok kristal yapıdaki hasardan kaynaklanabilir (Thomas, 2000). 240 saniyede (240 t), $137\text{-}4800\text{ cm}^{-1}$ grafik aralığında 100 dalga boyunda 600 noktaya uygulanmıştır. Aynı kristal için 240 saniyede , 75 dalga boyunda 1800 noktaya uygulanan raman spektrasında (Şekil 6.2) maksimum pik değeri 715.3 cm^{-1} en küçük pik değeri 159.2 cm^{-1} dir (Tablo 6.2). İki spektra arasındaki en önemli fark, ikinci grafikte oldukça fazla ışıma yapılan noktadan alınan spektraların geniş aralık

göstermesidir. Bu da yine, iç enerjinin aşılmış olduğunu ve kristal hasarını işaret etmektedir. Kristal hasarının geliştiği sıcaklık 600°C’de başlar (Burnham, 1963b). Kristalin yapısal hasarın artması mineralin ergime sıcaklığına yaklaşıldıkça azalır. Bu tür mineraller katı hal amorfizasyonu veya metamiktizasyon olarak adlandırılan olaydır.

Tablo 6.1. Disten mineralinden alınan Raman spektroskopi pik değerleri

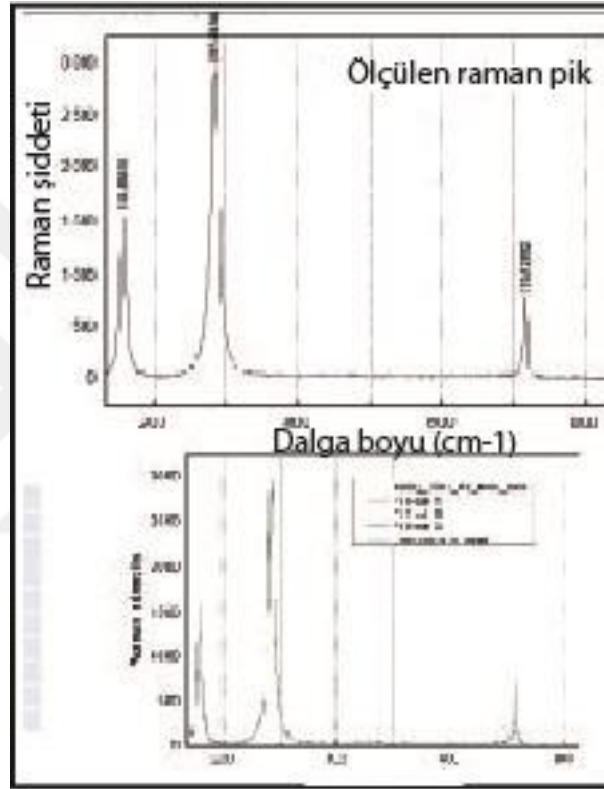
Pik noktası	Pik1 (xc)	Pik2 (xc)	Pik3 (xc)	Pik4 (xc)	Pik5 (xc)	Pik6 (xc)	Pik 7 (xc)	Pik 8 (xc)	Pik9 (xc)	Pik10 (xc)	Pik 11 (xc)	Pik 12 (xc)
Değer	277.0	634.0	706.4	818.4	1080.1	13.73.2	1604.1	1722.6	2741.5	2902.2	2953.1	3053.6
Standrt sapma	0.2	0.4	0.2	0.5	0.1	0.6	0.6	6.9	19.2	2.2	0.2	0.4



Şekil 6.1. a) Disten örneğinden alınan raman spektroskopi grafiğinin standart raman grafiği karşılaştırması, b) Raman grafişi alınan disten kristalinin fotomikroskopi görüntüsü

Tablo 6.2. Disten mineralinden alınan Raman spektroskopi pik değerleri

Pik noktaları	Pik1 (xc)	Pik2 (xc)	Pik3 (xc)
Değer	159.2	385.7	395.4
Standart sapma	0.2	0.1	0.2



Şekil 6.2. Distenin pik değer aralığındaki değişim

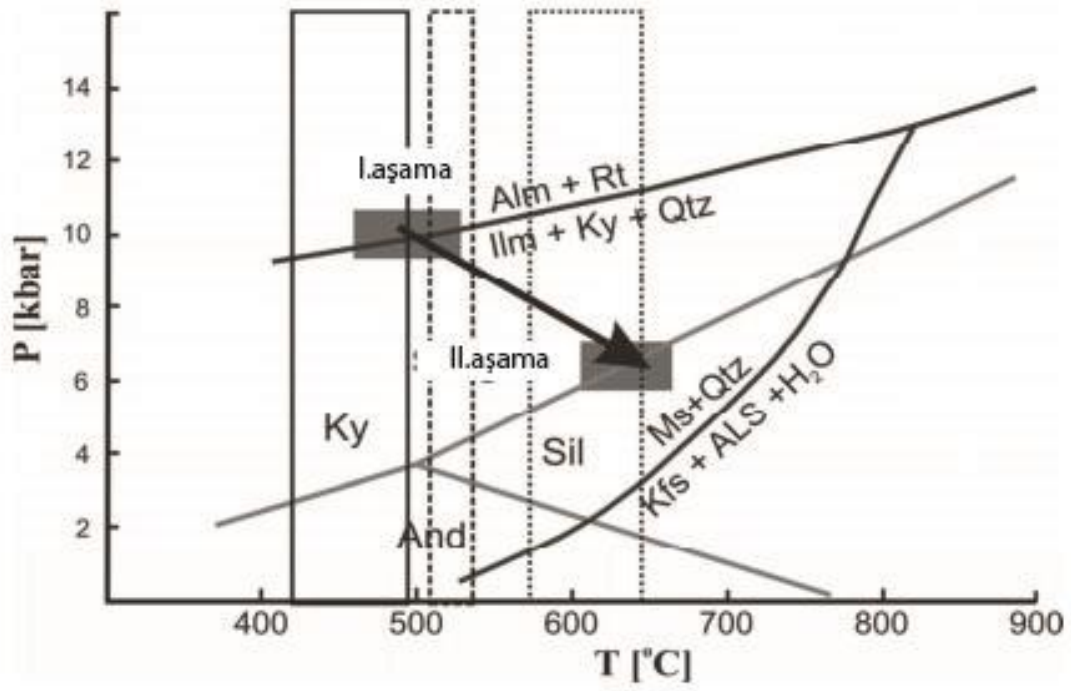
6.1. Faz ilişkileri ve izotermi

Disten, Al_2SiO_5 polimorf minerallerinden biridir. Metapelitik kayalarda orta-yüksek basınç metamorfizmasını karakterize eder. Disten kuvarsitlerde yani kuvarsla distenin damar ve lens şeklinde birarada bulunması Barrowien metamorfizmasının önemli göstergesi olarak kabul edilir (Ague, 2011). Metamorfizma sırasında SiO_2 ve Al_2O_3 hareketlidir. Bu oksitlerin kristalizasyonu sonucu açığa çıkan akışkanların taşınır ve basıncın arttığı alanlarda çöker, yani segragasyon gelişir ki; basınç, disten mineralinin duraylılığını kontrol eden en önemli faktördür. Distenin Pütürge metamorfitleri içerisindeki

oluşumu Muskovit +Stavrolit + Klorit → Biyotit + Disten + Kuvars +H₂O reaksiyonu ile oluşması muhtemeldir (Winkler 1979, Yardley 1989). Sillimanit + biyotit + kuvars, Sillimanit + muskovit + kuvars, Sillimanit + biyotit + disten + muskovit +kuvars, Disten + biyotit + kuvars, Stavrolit + biyotit + granat + kuvars +plajiyoklaz mineral parajenezlerinin görülmesi, sıcaklığın amfibolit fasiyesinin üst koşullarına yani stavrolit zonuna ulaştığını gösterir (Miyashiro1972, Winkler 1979, Yardley 1989, Barker1990, Kerrick 1990). Stavrolit, sillimanit, granat ve disten amfibolit fasiyesi sıcaklık ve basınç koşullarını gösteren indeks minerallerdir. Amfibolit fasiyesi koşulları (520-700 °C sıcaklık ile 3-12 kbar basıncı), 8-40 km arasındaki derinlik gerektirir. Granat ve stavrolitin klorit ve epidot dönüşmesi ve disten mineralinin muskovite dönüşümü metamorfizma koşullarının düştüğünü gösterir. Klorit ve epidot Yeşilşist fasiyesinin karakteristik mineralleridir (340-520 °C sıcaklık ile 2-9 kbar basınç). Sıcaklık azalması masifin yükselimi sonucu meydana gelen sıcaklık ve basınç azalmasına bağlanmaktadır.

Amfibolit fasiyesi koşulları disten kuvarsitlerin oluşması için uygun koşullardır. Çünkü bu kayalar mineral segregasyonu ile oluşur. Segregasyonun gelişmesine sebep olan alüminyum hareketliliği, 600°C sıcaklık ve yaklaşık 5 kbar basınç koşullarında sulu metamorfik akışkanlarla gerçekleşebilir (Beitter ve diğ., 2008). Metamorfik sıcaklığın 579-639°C olduğu koşullar için kullanılan, Ferry and Spear (1978) diyagramında da (Şekil 6.3) disten kuvarsitler stage II alanındadır. Bu alanda, kayada muskovit-kuvars parajenezi ve sillimanit yaygın olarak görülür. Ayrıca, Ateş (2011) tarafından yapılan tez çalışmada, metapelitlerdeki biyotitlerde görülen zirkon metamiktizasyonunda 600-650°C sıcaklığın var olması gerektiği ifade etmektedir. Disten kuvarsitlerin oluşumu sırasındaki basınç ve sıcaklığı belirlemek için bir diğer gösterge, Granat-biyotit jeotermometresi, muskovit katı-katı eğrisi ve oksijen izotop jeotermometresidir (Beitter, 2008). Bu tez çalışmada oksijen izotop jeotermometresini kullanılması tercih edildi. Oksijen izotop jeotermometresi, biyotit-granat jeotermometresi hesaplamalarıyla granatlarda 628°C sıcaklık belirlenmiş olmasıyla karşılaştırma yapabilmek içindir. Disten kuvarsitlerdeki distenlerde yapılan oksijen-18 izotopu 6.5-7.8‰ bulunmuştur. Bu değer, 620-690°C sıcaklık aralığını işaret eder (Blencoe ve diğ., 1994). Elde edilen sıcaklık değerleri, petrografik ve mineralojik veriler, arazi gözlemleri, metamiktizasyonun varlığı gibi verilerle uyumlu olduğu görülmüştür. Distenin çatlaklarında muskovitin varlığı, metamorfizma sırasında gelişen dehidrasyon ve akışkan aktivasyonu sonucudur. Çünkü

muskovit daha düşük sıcaklıkları karakterize eder. Bu sıcaklıkta varolması, mineral reaksiyonları sonucu açığa çıkan H_2O 'nun muhtemelen sıcaklığı düşürmesiyle açıklanabilir.



Şekil 6.3. Disten-kuars oluşumunun P-T eğrisi. Stage I: >9 kbar basınç (disten-kuars oluşumu gerçekleşir), Stage II: 4-5 kbar basınç (Ferry and Spear, 1978)

7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Malatya, Keban metamorfiti, Pütürge ve Bitlis masifi olarak batıdan doğuya doğru Güneydoğu Anadolu kuşağı boyunca yüzeyleyen metamorfitlerden, inceleme kapsamında yeralan Pütürge metamorfitleri; Gözlü gnays, amfibol şist, biyotit şistler, granitik gnays ve amfibolit, disten kuvarsit damarlı mikaşist, kalkışist ve mermer birimlerinden oluşturmaktadır (Erdem, 1994; Ateş, 2011).

Erdem (1994)'e göre metamorfitler, ilerleyen amfibolit fasiyesi metamorfizması ile gerileyen yeşilşist fasiyesi metamorfizmasından etkilenmiştir. Bunlardan amfibolit fasiyesi metamorfizmasını, Maastrihtiyen'deki İspendere ve Guleman ofiyolitlerinin üzerlemesine bağlı olduğunu, yeşilşist fasiyesi metamorfizmasını ise Orta Eosen'deki Maden karmaşığının volkanizması ile ilişkilendirmektedir. Erdem (1994), Pütürge metamorfitlerinin petrolojisinde, amfibolitlerin orto (magmatik) kökenli olduğunu ve duraylı iz element dağılımlarına göre levha içi bazalt/toleyitik bazalt bölgesine düştüğünü ve yine benzer şekilde gnays olarak tanımladığı kayaçların, orto (magmatik) kökenli olduğunu ve çarpışma ve yay bölgelerini temsil ettiğini ifade etmektedir.

Petrografik ve mineralojik incelemeleri yapılan kayaçlarda, Sillimanit, granat ve stavrolit minerallerinin varlığı, metamorfitlerinin üst amfibolit fasiyesi koşullarını, benzer şekilde stavrolit-disten beraberliği, bölgedeki metamorfizmanın amfibolit fasiyesi stavrolit zonu koşullarını göstergesidir. Stavrolit ve disten minerallerinin bir arada bulunması, metapelitlerde 6-9 kbar basınç ve 600-800°C sıcaklığı temsil ederki, orta-yüksek metamorfizma koşulların tipik mineral parajenezi, disten + granat + biyotit + oligoklaz + kuvars ($\pm$ muskovit) dir.

İnceleme konusu olan ve Düvenli- Koçköy civarından alınan disten kuvarsitler, mercek veya laminalı uzanımlar sunmaktadır. Koçköy'den alınan örnekler, ince-orta taneli gnayslar içerisinde yeralırken, disten bakımından zengindir. Düvenli ve Gözlüce'den alınan örneklerde mikaşistler içindedir ve damar şeklindedir. Ancak, kuvars mineralleri daha iri taneli ve oranca fazladır. Disten daha küçük kristallidir. Bu özellik tamamen köken kayaçtan kaynaklanmaktadır.

Raman spectrasından, distenlerin 600°C'in üstündeki sıcaklıkta kristal hasarına uğradığı, pikler arasındaki genişlikten anlaşılmaktadır. Aynı zamanda kristal spektrasında görülen yüksek/düşük dalga boyuna sahip değişimler, kristal üzerindeki basınç gerilmesini yansıtır

ki, mineraller katı hal amorfizasyonuna yani metamiktizasyona uğrayabilirler (Kılıç ve Ateş, 2011). Metamiktizasyon metapelitik kayaçlardaki biyotitlerin içerisinde kapanlanmış zirkonlarda görülen bir özelliktir.

Distenli kuvarsitlerin oluşumu, 5-9 kbar basınç ve 600°C yi geçtiği sıcaklıklarda oluşmuştur. Masifin yükselmesi sırasında ana kayaçla ilişkili yapısal faktörlerin etkisiyle (Syn-metamorfizmayı işaret eder) segregasyon gelişmiştir.

Jeolojik yerleşim, petrografi ve mineral kimyası verilerinden, distenlerle biyotitler arasında kökensel bir ilişkinin olduğu, disten kuvarsitlerdeki iri disten kristallerinin metamorfizma esnasında, yan kayaçlardan veya kırık zonlarından alüminyum göçü sonucu oluşabileceği ve kuvarsitlerin içinde bulunduğu kayaçların yüksek alüminyum getirisine sahip olması gerekliliği açığa çıkar. Alüminyum granat, silimanit veya biyotitden kaynaklanabilir. Metamorfizmayla eş zamanlı gelişen faylarla alüminyum taşınabilir. Sedimanter kökenli bu kayaçların metamorfizma esnasında, tektonizma etkisiyle hareketlenen akışkanlardan etkilendiği distenin kırık ve çatlaklarında muskovit oluşumundan, ana kayaçlarla disten kuvarsitlerin kimyasal bileşiminden anlaşılmaktadır.

Disten kuvarsitlerdeki distenlerin endüstriyel hammadde olarak kullanılabilirliği irdelendiğinde, Maden Teknik Arama standartlarına göre kimyasal veriler düşüktür. Dolayısıyla, hammadde olarak kullanılabilmesi mümkün olmamasına rağmen, refrakter hammadde olarak kullanılabilir. Çünkü, Chesti (1986) sınıflamasına göre, Pütürge metamorfitindeki disten kuvarsitlerin alümina içeriği, 45–55% arasındaki III. Grup refrakter malzeme değerine uygundur.

8. KAYNAKLAR

- Atabek, S., 1943. Gördes mika zuhurları hakkında rapor .M.T.A. Arviş No : 348.
- Ateş, C., 2011. Metamorfik kayaçlardaki zirkon mineralinin kristal yapısı ve metamorfizma koşullarının etkisi: Pütürge Metamorfiti Örneği. F. Ü. Fenbilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 88.
- Ayhan, F.D., 2003. Bitlis masifi disten cevherinin zenginleştirme koşullarının araştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 159.
- Banerji, A.K. 1981. On the genesis of Lapsa Buru kyanite, Singhbhum District, Bihar. Journal Geological Society of India 22: 496-501.
- Barker, A.J., 1990., Introduction to Metamorphic Textures and Microstructures. Blackie&Son Limited, New York, 170 p.
- Beitter, T., Wagner, T., Markl, G., 2008. Formation of kyanite quartz veins of Alpe Sponda, Central Alps, Switzerland. Contrib. Mineral petrol, 156, 689-707.
- Bibikova, E.V., Ihlen, P.M., Marker, M. 2001. Age of the hydrothermal alteration leading to garnetite and kyanite pseudo- quartzite formation in the Khizovaara segment of the late Archean Keret Greenstone Belt, Russian Karelia. EUG XI Strassbourg, 8- 12.4.2001. Journal of Conference Abstracts 6, 227.
- Burnham, C. W, 1963b. Refinement of the crystal structure of kyanite. Z Kristallogr 118:337–360.
- Burns, R. G., 1993. Mineralogical applications of crystal field theory, 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge.
- Busigny, V., Cartigny, P., Philippot, P., Ader, M., Javoy, M., 2003. Massive recycling of nitrogen and other fluid-mobile elements (K, Rb, Cs, H) in a cold slab environment: evidence from HP to UHP oceanic metasediments of the Schistes Lustres nappe (western Alps, Europe). Earth Planet. Sci. Lett. 215, 27–42.
- Candan, O., Dora, Ö., 1984. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 27, 45 – 56.
- Chesti, A. R., 1986. Refractory, Manufacture, Properties and Application. Grinadar Publ.(India). August 1986, 59 – 57.
- Corey, A.F. 1960. Kyanite occurrences in the Petaca district, Rio Arriba County, New Mexico. New Mexico Institute of Mining and Technology, State Bureau of Mines and Mineral Ressources Bulletin 47.
- Demirhan, M., Kapkaç, F., Bahçeci, A., 1989. Bitlis Merkez-Hürmüz Köyü ÖİR-736 No'lu Disten Sahası Maden Jeoloji Raporu, MTA Rapor No: 8879, 3-24 (Yayımlanmamış).
- Demirhan, M., 1990. Bitlis Merkez-Şetek (Ortakapı) Köyü ÖİR-2074 Ruhsat No'lu Disten Sahası Maden Jeoloji Raporu, MTA Rapor No:9015, 3-8 (Yayımlanmamış).

Egger, A., Glimmer, T., 1960. Feldspar und disthen Vorkommen in Gebiet von Gördes, Manisa: M.T.A. Derleme Rap.No : 2759.

Erdem, E. 1994. Pütürge (Malatya) metamorfitlelerinin petrografik ve petrolojik özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Doktora Tezi, 119 s.

Erkan, Y., 2007. Kayaç oluşturan minerallerin mikroskopik özellikleri, Hacettepe yayını, Ankara.

Ek, R., Nysten, P. 1990. Phosphate mineralogy of the Hålsjöberg and Hökensås kyanite deposits. Geologiska Föreningens i Stockholm GFF 112: 9-18.

Ferry, J. M., & Spear, F. S., 1978. Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. Mineralogy and Petrology, 66, 113-117.

Flicoteaux, R. and Lucas, J. 1984. Weathering of phosphate minerals. In: Nriagu, J.O. and Moore, P.B. (eds.). Phosphate minerals. p. 292-317.

Ghera, A., G. Graziani, and S. Lucchesi, 1986. Neues Jahrbuch fuer Mineralogie, Abhandlungen, 155, 109-127.

Gültekin, A. H., 1993. Titanyum Mineral Yatakları, Kayaçlarda Titanyum:İçeriği Ve Bölümlenmesi, Jeoloji Mühendisliği, 42, 21-37.

Gresens, R.L. 1972. Staurolite-quartzite bands in kyanite quartzite at Big Rock, Rio Arriba County, New Mexico – a discussion. Contributions to Mineralogy and Petrology 35: 193-199.

Greiner, E.M. 2003. A metallogenetic study of gold-bearing pyritic quartz-pebble conglomerates, Woodburn Lake Group, western Churchill province, Nunavut. Master's, University of Western Ontario, Canada.

Hora, Z.D. 1998. Industrial minerals in island arcs. In: Metallogeny of volcanic arcs. B.C. Geological Survey, Short Course Notes, Open File 1998-8, Section L. Accessed 20th May 2005.

Horton, Jr. W., 1981. Geological map of the Kings Mountain belt between Gaffney, South Carolina, and Lincolnton, North Carolina. In: Horton, J.W. et al. (eds.) Geological investigations of the Kings Mountain belt and adjacent areas in the Carolinas. Carolina Geological Society field trip guidebook, Columbia, S.C., South Carolina Geological Survey, p. 6-18.

Ihlen, P.M., Often, M., Marker, M. 1993. The geology of the Late Archean sequence at Khisovaara, Russian Karelia, and associated metasomatites: Implications for the interpretation of the Raitevarri Cu-Au deposit in the Karasjok Greenstone Belt, North Norway. In: Abstract volume for the Norwegian-Russian Collaboration Programme in the "North Area", 1st International Barents Symposium, 1993, Kirkenes, Norway. Norges geologiske undersøkelse.

Ihlen, P.M. and Marker, M. 1998. Kyanite- rich metasomatic rocks along crustal-scale shear zones in the Baltic Shield: Evidence of shear induced fluid migration during tectonic

dissection of Palaeoproterozoic supracrustal sequences? In: Phillippov, N. (ed) Abstract volume for Svekalapko Europrobe project Workshop 1998, Repino, Russia. The Ministry of Natural Resources of Russian Federation/State Company 'Mineral', 25-26.

Ihlen, P.M. 2000. Utilisation of sillimanite minerals, their geology, and potential occurrences in Norway – an overview. *Norges Geologiske Undersøkelse Bull.* 436: 113-128.

Kaya, H., 2015. Pütürge Metamorfitindeki Zonlu Granatların İncelenmesi, F.Ü.Fenbilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi, Elazığ.

Kılıç, A. D., Ateş, C., 2015. Geochronology of the Late Cretaceous magmatism and metamorphism, Pütürge massif, Turkey, *Acta Petrologica Sinica*, 31(5),1485-93.

Kieffer, 1982. Thermodynamics and Lattice Vibrations of minerals applications to phase Equilibria, Isotopic Fractionation, and High-Pressure Thermodynamic Properties. *Reviews Of Geophysics And Space Physics*, 20, 4, 827-849.

Kovenko, V., 1943. Visite de la region de Pütürge, vilayet de Malatya. MTA Enst. Rap. No: 1393, Ankara.

Liu, Y. and Hu, K.1999. Ultrahigh-pressure metamorphic aluminium-rich rocks in central China. *Yanshi Xuebao (Acta Petrologica Sinica)* 15/4: 548-556.

Lumpkin, G.R., 2001. *Journal of Nuclear Materials*, 189, 136–166.

Lundegårdh, P.H. 1995. Beskrivning till berggrundskartan över Värmlands län. Östra och mellersta Värmlands berggrund. *Fyndigheter av nyttosten och malm i Värmlands län. Sveriges geologiska undersökning Ba 45: 1-167.*

Mullis, J. & Ramseyer, K. 1999. Growth related Al-uptake in fissure quartz, Central Alps, Switzerland. *Terra Nostra* 99/6: p. 209.

Müller, A., Lennox, P., Trzebski, R. 2002. Cathodoluminescence and micro -structural evidence for crystallisation and deformation processes of granites in the Eastern Lachlan Fold Belt (SE Australia). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 143: 510-524.

Müller, A., Wiedenbeck, M., Van den Kerkhof, A.M., Kronz, A. & Simon, K. 2003. Trace elements in quartz – a combined electron microprobe, secondary ion mass spectrometry, laser-ablation ICP-MS, and cathodoluminescence study. *European Journal of Mineralogy* 15: 747-763.

Nystuen, J.P. 1969a. Kyanitt- førende kvartsitt i Elverum-Våler, en mulig ekvivalent til Hårresbøbergets kvartsitt? *Norges Geologiske Undersøkelse Bull.* 258: 237-240.

Owens, B.E., Dickerson, S.E., 2001. Kyanite color as a clue to contrasting protolith compositions for kyanite quartzites in the Piedmont Province of Virginia. *Southeastern Geology* 40/4: 285-298.

Pasek, M.A., Owens, B.E. 2002. Regional geochemical constraints on the petrogenesis of kyanite quartzites in the Piedmont province of Virginia and an evaluation of anomalous

Ga/Al values. GSA Joint Annual Meeting 3.-5. April 2002, Lexington Kentucky, abstracts with programs, Geological Society of America 34/2: p- 4.

Prinsloo, L.C., 2001. Infrared and Raman spectroscopy, in ‘‘Diamond for High-Density Optical Recording’’, S. Kalbitzer, ed. Appl. Phys. 72, 639–670.

Rudnick, R. L and Fountain, D. M., 1995. Reviews of Geophysics, 33, 267-309.

Schreyer, W. 1987. Pre - or synmetamorphic metasomatism in peraluminous metamorphic rocks. In: Helgeson H.C. (ed) Chemical transport in metasomatic processes. Reidel Berlin, 265-296.

Spence, W.H., Worthington, J.P., Jones, E.M., Kiff, I.T. 1980. Origin of the gold mineralization at the Haile Mine, Lancaster County, South Carolina. Mining Engineering 32: 70-73.

Turkbilegi, H., Tekin, A., 1985. Bitlis-MerkezHürmüz(Ağaçköprü) Disten Yatağı Maden Jeoloji Raporu, MTA Rapor No: 7809, 4-12(Yayımlanmamış).

Willner, A.P., Krohe, A., Maresch W. V., 2000. Int. Geol. Rev., 42, 64- 85.

Yazgan, E., 1987. Malatya L₄₁C₁ ve L₄₁C₂ paftalarının Jeoloji haritası. MTA Gen. Müd., Jeoloji Etüdları harita arşivi, Ankara.

Yazgan, E., Cnessex, R., 1991. Geology and tectonic evolution of the southeastern Taurides in the region of Malatya. Türkiye Petr. Jeo. Der., 3, 1, 1-41, Ankara.

Zhang, Z. M., Xu, Z.Q., Xu, H. F., 2003. Petrology of the non-mafic UHP metamorphic rocks from a drillhole in the Southern Sulu Orogenic belt, Eastern-Central China. Acta Geologica Sinica, 77, 173-186.

9.ÖZGEÇMİŞ

1981 yılı Malatya doğumluyum. 2004-2008 yılları arasında Aksaray Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünden mezun oldum. 2009-2010 Eğitim-Öğretim yılında, Fırat Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisansa başladım, halen aynı bölümde yüksek lisansa devam etmekteyim.

