

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Meltem GÜRBÜZ

**GÜĞÜ (DURSUNBEY - BALIKESİR) CİVARINDAKİ
AMETİSTLERİN OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2007

ÖZ

DOKTORA TEZİ

GÜĞÜ (DURSUNBEY-BALIKESİR) CİVARINDAKİ AMETİSTLERİN OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ

Meltem GÜRBÜZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENİSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Osman PARLAK
Eş Danışman : Doç. Dr. İ. Sönmez SAYILI
Yıl : 2007 Sayfa:150

Jüri :Prof. Dr. Osman Parlak
Doç. Dr. İ. Sönmez SAYILI
Prof. Dr. Fikret İŞLER
Prof. Dr. Selim KAPUR
Yrd. Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ

Bu tezde, Balıkesir-Dursunbey Güğü köyü civarında izlenen kalsedon, kuvars ve ametist damarlarının içinde yer aldığı volkanik kayaların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. İncelemeler sonunda riolitik tüfler ve aglomeralar ile andezit, dasit, riolit türü lavlar saptanmıştır. Bunlar yüksek potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik karakterlidirler. Kuvars ve ametist damarlarına yakın kesimlerdeki riolitlerde diğer volkaniklere göre ana element olarak yüksek K_2O ve düşük Na_2O , CaO ve MgO ve eser element olarak da yüksek As, Sb, Li, Cs ve W değerleri dikkati çekmektedir. Ametist ve kuvars damarlarının tümünde As, Sb, ve Li, bazılarında ise W, Mo ve Sn değerlerinde artış belirlenmiştir.

Ametistli damarlarda tarak dokuları ile bantlı ve kokart dokularla daha az oranda ornatım dokularına rastlanması damarların oluşum derinliğinin epitermal sistemlerin ortalama 500 metre derinliğini temsil eden ve kaynamanın meydana geldiği değerli metal zonu civarında ve biraz üstünde olabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca ametist ve kuvars damarlarında yapılan sıvı kapanım çalışmaları, sıvı ve gaz fazları gösteren kapanımlara ve 170-230° C arasında homojenleşme sıcaklıklarına işaret etmektedir.

Li, Cs, As ve Sb gibi tipik elementlerin hem kayalarda hem de ametist damarları ve kristallerde artmış olmasının Batı Anadolu'da Miyosen de etkin olan ve bor yatakları ile antimon yataklarını oluşturan sistemlerle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler; Petroloji, mineral kimyası, jeokimya, ametist, Balıkesir.

ABSTRACT
Ph.D. THESIS

**THE SEARCH OF FORMATION OF AMETHYST AROUND GUGU
(DURSUNBEY- BALIKESIR, TURKEY)**

MELTEM GÜRBÜZ

DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF CUKUROVA

Supervisor: Prof. Dr. Osman PARLAK
Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İ. Sönmez SAYILI
Year: 2007 Pages:150

Jury : Prof. Dr. Osman Parlak
Assoc. Prof. Dr. İ. Sönmez SAYILI
Prof. Dr. Fikret İŞLER
Prof. Dr. Selim KAPUR
Assoc. Prof. Dr. Mustafa AKYILDIZ

In this thesis, mineralogical, petrographical and geochemical features of volcanic rocks which host chalcedony, quartz and amethyst bearing veins around Gugu village of Dursunbey-Balıkesir are determined. Due to investigations, volcanic rocks are represented by rhyolitic tuffs, lithic tuffs and agglomerates and also andesitic, dacitic and rhyolitic lavas. These volcanites are characterized by high K calcalkaline and shosonitic magma series. Quartz and amethyst bearing veins occur in special type of rhyolites which contain higher amounts of K₂O and lower amounts of Na₂O, CaO and MgO as major elements compared to other volcanics in the investigated area. Rhyolites with amethyst bearing veins display As, Sb, Li, Cs and W enrichments. Amethyst and quartz crystals are also enriched in As, Sb, Li and some samples show W, Mo and Sn increases.

Comb, banded and cockade textures in addition to some replacement textures of the amethyst veins indicate an around 500 m. depth of formation of an epithermal system which characterize boiling level for solutions of precious metal zone or a little bit upper of it. Fluid inclusion studies at amethyst and quartz crystals point out liquid and vapour phases with 170-230° C homogenization temperatures.

Enrichments in Li, Cs, As and Sb elements both at amethyst and quartz veins and crystals may indicate a close relationship to boron and antimony deposits forming systems at Miocene at the Western Turkey.

Key Words; Petrology, mineralchemistry, geochemistry, amethyst, Balıkesir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Prof. Dr. Osman PARLAK yönetiminde doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Tezin hazırlanması ve arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı ikinci danışman olan Doç. Dr. İ.Sönmez SAYILI' ya, destek ve eleştirilerinden dolayı Prof. Dr. Fikret İşLER' e teşekkür ederim.

Elektron Mikroskop alışmalarının H.. Jeoloji Mühendisliğinde yapılması için olanak sağlayan Prof. Dr. Erkan AYDAR' a ve yapımında yardımcı olan Arş. Gör. Evren ÇUBUKÇU' ya, sıvı kapanım çalışmalarının yapımını sağlayan ve değerli yorumlarını sunan K.T.. Jeoloji Mühendisliğinden Yrd. Doç . Mithat VICIL ve sıvı kapanımın yapımına yardımcı olan ğrencilerim Eyüp Hikmet KINACI ve İbrahim AKINCI ya, M.T.A.'a da yapılan sıvı kapanımlar da yardımcı olan Ebru OşKUN' a ve değerli yorumlarından dolayı Dr. Zeynep AYAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Atomik Absorbsiyon çalışmalarında yardımcı olan .. Jeoloji Mühendisliği jeokimya teknisyeni Ertuğrul ÇANAKÇI ya, Raman spektroskop okumasında yardımlarını esirgemeyen Ankara niversitesinden Doç. Dr. Yusuf Kaan KADIOğLU' na ve harita çizimlerine yardımcı olan Ankara Üniversitesi Arş. Gör. Gökhan DEMİRELA, Dr. Koray SÖZERİ, Yüksek lisans ğrencisi Seda ÖZDEMİR, Elif EKEN ve Nihal ÇELİK' e, bazı yayınların teminini sağlayan ve grafik çizimlerinde yardımcı olan doktora ğrencisi Jeo. Yük. Müh. Evren ATAKAY' a teşekkür ederim.

Ametist ocağı sahibi Mustafa ÖZTÜRK' e arazi çalışmaları sırasında, ocak sahasında çalışılmasına izin verdiği ve gösterdiği konukseverlik için teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tezin hazırlanmasındaki desteği ve fedakrlıklarından dolayı eşim Jeo. Müh. Devrim GÜRBÜZ' ve hayatımın anlamı kızlarım Ezgi ve İnci GÜRBÜZ'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİL DİZİNİ.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XI
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması.....	2
1.3. Ametistin Genel ve Gemolojik Özellikleri	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	16
2.1. Jeoloji.....	16
2.2. Ametist.....	24
2.2.1. Silisli Çözeltilerin Oluşum Ortamları	24
2.2.2. Ametistlerin Renklenme Sebepleri.....	25
3. MATERYAL VE METOD.....	31
3.1. Arazi Çalışmaları.....	31
3.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	32
3.3. Büro Çalışmaları.....	34
4. BÖLGESEL JEOLJİ	35
5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ, MİNERALOGİSİ ve	
PETROGRAFİSİ	38
5.1. Stratigrafi.....	38
5.2. Jeolojik ve Mineralojik-Petrografik İncelemeler.....	41
5.2.1. Derinlik Kayaçları.....	42
5.2.2. Volkanik (Yüzey) Kayaçlar.....	44
5.2.2.1 Civanadağ Tüfleri.....	45
5.2.2.2. Akdağ Volkanitleri.....	52
5.3. Mineral Kimyası	61

6. JEOKİMYA.....	66
7. DURSUNBEY AMETİST OLUŞUMLARI.....	81
7.1. Jeolojik Özellikler.....	81
7.2. Dokusal Özellikler.....	86
7.2.1. Açık Boşluk Dolgusu Dokular.....	87
7.2.1.1. Kovuk (Boşluk) dolgusu.....	87
7.2.1.2. Tarak Dokusu.....	88
7.2.1.3. Bantlı Dokular.....	89
7.2.2. Binik Dokular.....	91
7.2.2.1. Ornatım Dokusu.....	92
7.3. Mikroskobik İncelemeler	97
7.4. Kimyasal Veriler.....	100
7.5. Element Dağılım Haritaları.....	112
7.6. Sıvı Kapanım Çalışmaları	115
7.7. Jeofizik Uygulamaları	119
8. TARTIŞMA VE YORUM	123
9. SONUÇLAR.....	129
KAYNAKLAR.....	131
ÖZGEÇMİŞ.....	138

ŞEKİLLER DİZİNİ	SAYFA
Şekil 1.1. Yer bulduru haritası.....	3
Şekil 1.2. Ametist ile ilgili irradyasyon değişimleri.....	6
Şekil 1.3. Damla, markiz step şeklinde fasetalı kesilmiş örnekler.....	6
Şekil 1.4. Bolivya Anahi madeninden ametrin örnekleri.....	7
Şekil 1.5. Meksika'dan den ametist örnekleri	9
Şekil 1.6. Brezilya'dan ametist örnekleri	10
Şekil 1.7. Kanada'dan ametist örnekleri	11
Şekil 1.8. Uruguay'den ametist örnekleri	11
Şekil 1.9. Afrika'dan ametist örnekleri	12
Şekil 1.10. A.B.D. 'den ametist örnekleri	13
Şekil 1.11. Avrupadan Ametist örnekleri	14
Şekil 1.12. Türkiye Balıkesir-Dursunbey ametist örnekleri	15
Şekil 4.1. Batı Anadolu ve Kuzeybatı Anadolunun Neojen Volkanik kayaları ve granit plütonlarının gösterildiği jeolojik harita.....	37
Şekil 5.1. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti	39
Şekil 5.2. Çalışma alanı ve civarında yüzeyleyen granitik kayalar.....	41
Şekil 5.3. Granitik kayalar ve içinde açık renkli damar.....	43
Şekil 5.4. Alaçam Dağlarından alınan granit el örneği ve ince kesiti	43
Şekil 5.5. Açık renkli damar kayacının el örneği ve ince kesiti.....	44
Şekil 5.6. Porfirik dokulu gri renkli kayaç.....	45
Şekil 5.7. Pembemsi, bej renkli tüfler	46
Şekil 5.8. Gri renkli tüfler.....	46
Şekil 5.9. Gri renkli tuf içinde pümis parçası	47
Şekil 5.10. Gaz boşlukları izlenen bej renkli tuf	47
Şekil 5.11. Aglomera	47
Şekil 5.12. Tüflerin volkan camı ve mikrolitlerden oluşan hamuru.....	48
Şekil 5.13. Tüflerde volkan camının mikrokristalin kuvarsa dönmesi.....	48
Şekil 5.14. Tüflerin hamuru içinde yarı konsantrik halkalı aksiolitik yapılar..	49
Şekil 5.15. Tüflerin hamuru içinde iğ şekilli pümis parçası.....	49

Şekil 5.16. Tüflerin hamurunda izlenen cam kıymıklarının fenokristaller etrafından dönmesi ile belirginleşen kaynaşmış tüf dokusu.....	50
Şekil.5.17. Tüflerde gözlenen volkanik (vk), metamorfik (mk), derinlik (dk) kayaç parçaları ve kuvars dolgu (kd).....	51
Şekil 5.18. Volkanik kayaç ile Kızılbük formasyonunun sedimanter birimleri arasındaki ilişki.....	52
Şekil 5.19. Andezit.....	53
Şekil 5.20. Andezit. Vitrofirik hamur içinde fenokristaller.....	53
Şekil 5.21. Andezit. Hiyalopilitik dokulu hamur içinde fenokristaller.....	54
Şekil 5.22. Andezit. Hiyalopilitik- vitrofirik hamur içinde fenokristaller.....	54
Şekil 5.23. Kirli bej ve gri renkli porfirik dokulu riyolit-riyodasitler.....	55
Şekil 5.24. Riyolit. Vitrofirik hamur içinde mikrolitler.....	56
Şekil 5.25. Riyolit. Sferulitik hamur içinde fenokristaller.....	56
Şekil 5.26. Riyolit. Perlitik hamur içinde fenokristaller.....	56
Şekil 5.27. Hematitleşmiş riyolitler.....	57
Şekil 5.28. Silisleşmiş ve hematitleşmiş riyolitler.....	57
Şekil 5.29. Riyolitlerdeki kırılanmalar.....	58
Şekil 5.30. a) Kuvarslarda breşleşmeler ve kalsedonlar, b) plajiyoklazlarda kırılanma ve hematit dolguları.....	59
Şekil 5.31. Sferulitlerin arasını dolduran ince taneli kuvarslar.....	59
Şekil 5.32. Biyotitlerde opaklaşmalar.....	59
Şekil 5.33. Plajiyoklazlarda serisitleşme.....	60
Şekil 5.34. Riyolit içindeki allanit ve kenarlarından itibaren opaklaşmaya başlayan biyotit.....	60
Şekil 5.35. Kalsedonlar ve ince taneli kuvarslar.....	60
Şekil 5.36. Allanite mineralinin raman spektrumu.....	62
Şekil 5.37. a) Allanit minerali içinden alınan profil çizgisi, b) Bir başka profil boyunca element değişimleri , c) a'daki profil boyunca çizilen spektrum.....	64
Şekil 5.38. Allanit mineralinde element yoğunlukları.....	65
Şekil 6.1. İnceleme alanından alınan volkanik kayaçların Cox et al.(1979)	

	tarafından oluşturulan $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diyagramına göre sınıflanması.....	71
Şekil 6.2.	İnceleme alanından alınan volkanik kayaçların Winchester ve Floyd (1977) tarafından oluşturulan $\text{SiO}_2 - \text{Log Zr/Ti}_2\text{O} \cdot 0.0001$ diyagramına göre sınıflanması.....	72
Şekil 6.3.	İnceleme alanından alınan volkanik kayaçların Winchester ve Floyd (1977)'un $\text{Log Zr/Ti}_2\text{O} \cdot 0.0001 - \text{Nb/Y}$ diyagramına göre sınıflanması.....	73
Şekil 6.4.	İnceleme alanından alınan volkanik kayaçların Le Maitre (1989) tarafından yapılan $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diyagramına göre magmatik karakterleri.....	74
Şekil 6.5.	İnceleme alanından alınan volkanik kayaçların Peccerolli and Taylor (1976) tarafından kullanılan $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ diyagramına göre sınıflanması	75
Şekil 6.6.	Dursunbey güneyi Akdağ volkanitleri ve Civanadağ tüfleri için ilksel mantoya göre zenginleştirilmiş çoklu element desenleri	77
Şekil 7.1.	Güğü köyü civarı jeoloji haritası.....	82
Şekil 7.2.	Asarlık Tepe altındaki büyük ocağın doğu kısmındaki volkanik kayaç	83
Şekil 7.3.	Volkanik kayacın içindeki kırıklarda ve boşluklarda ametist büyümeleri.....	83
Şekil 7.4.	Asarlık Tepe altındaki büyük ocakta volkanik kayaçlarda izlenen kırık sistemleri.....	84
Şekil 7.5.	Volkanik kayaç içinde oluşan kırık ve breşleşmelerle bu zona yerleşmiş kuvars ve ametist dolguları.....	84
Şekil 7.6.	Asarlık Tepe büyük ocaktaki volkanik kayaç içindeki. a)damarda dış zonda kalsedon bantları içe doğru boşlukta büyümüş açık renkli ametistlerden oluşan dolgu, b)kuvars ile başlayıp ametist ile biten renk zonlanması	85
Şekil 7.7.	Volkanik kayaç içindeki şeffaf kuvars damarları.....	85
Şekil 7.8.	Kırılmış, breşleşmiş volkanik kayaç.....	85

Şekil 7.9.	Karaçitme Tepe civarındaki tüflerin içindeki bej ve kahverengimsi opaller ve yosun agatlar.....	86
Şekil 7.10.	Kayaç içerisinde oluşan boşluk dokuları.....	87
Şekil 7.11.	Boşlukta karşılıklı kuvars büyümeleri ile oluşmuş tarak dokusu...	88
Şekil 7.12.	Kalsedonla başlayıp koyu renkli ametistle devam eden ve son evrede daha açık renkli kristallerle biten tarak dokusu.....	89
Şekil 7.13.	Kayaç boşluk duvarına paralel gelişmiş yollu kalsedonik dokular.....	90
Şekil 7.14.	Ağ sistemine paralel gelişmiş yollu dokular.....	90
Şekil 7.15.	Kolloform dokular.....	91
Şekil 7.16.	Kokart Doku.....	91
Şekil 7.17.	Ornatım dokuları.....	92
Şekil 7.18.	Çentikli dokular.....	92
Şekil 7.19.	Yapraklı kuvars.....	93
Şekil 7.20.	Kalsedonik bantlar arasındaki ornatılmış bir parça.....	93
Şekil 7.21.	Kabuksal büyümeler.....	94
Şekil 7.22.	İçi boş kabuk şeklindeki büyümeler.....	94
Şekil 7.23.	Amorf ve kristal kuvarsın bir arada bulunduğu ve üst üste büyümelerin gözlendiği el örnekleri.....	95
Şekil 7.24.	Epitermal damar sisteminde kuvars dokularının genelleştirilmiş düşey zonlanması.....	96
Şekil 7.25.	Kuvars – ametist damarlarına yakın volkanik kayalarda minerallerdeki kırılma, bükülme ve yeni kuvars dolgu ve damarcıkları.....	97
Şekil 7.26.	Volkanik yan kayacın kırığında büyüyen kuvarslar.....	98
Şekil 7.27.	Kalsedon ve kuvars büyümeleri.....	99
Şekil 7.28.	Farklı doku ve renkte gözlenen ametist damar zonlarının harflendirilmesi.....	101
Şekil 7.29.	Renk derecelerine göre gruplandırılmış ametist örnekleri.....	106
Şekil 7.30.	Kritalize ametist topluluklarında renk dağılımı.....	107

Şekil 7.31. Açıktan Koyuya geçiş yapan ametist örneğinde elektron mikroskop element dağılımı.....	114
Şekil 7.32. MG - 2.7. örneğine ait açıktan koyuya geçiş yapan ametist örneğinde elektron mikroskop element dağılımlarının yoğunluk görüntüleri.....	115
Şekil 7.33. 73 adet sıvı kapanımda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları ve bunlara ait histogram.....	116
Şekil 7.34. Homojenleşme sıcaklıkları ölçülen iki sıvı kapanım.....	117
Şekil 7.35. Mor renkli (ametistli) kesimdeki homojenleşme sıcaklıkları.....	118
Şekil 7.36. Şeffaf kuvarslı kesimdeki homojenleşme sıcaklıkları.....	118
Şekil 7.37. ARIS Scintrex çok kanallı öz direnç aleti.....	120
Şekil 7.38 Profile ait kesit.....	121
Şekil 7.39 Profile ait kesit.....	121

ÇİZELGELER DİZİNİ	SAYFA
Çizelge 5.1 Biyotitin merkez ve kenar zonları mineral kimyası	61
Çizelge 5.2. Allanitin merkez ve kanarındaki birer nokta ile allanit içindeki monazit mineralinde yapılan mikroprob analizleri...	63
Çizelge 6.1 İnceleme alanından alınan kayaçlarda ana element analiz sonuçları	68
Çizelge 6.2. İnceleme alanından alınan kayaçlarda eser element analiz sonuçları.....	69
Çizelge 6.3. İnceleme alanından alınan kayaçlarda nadir torak element analiz sonuçları.....	70
Çizelge 7.1 Renk derecelerine ayrılmış damarlarda ana element sonuçları.....	103
Çizelge 7.2. Renk derecelerine ayrılmış damarlarda eser element sonuçları.....	104
Çizelge 7.3. Renk derecelerine ayrılmış damarlarda toprak element sonuçları.....	105
Çizelge 7.4. Renk derecelerine ayrılmış kristallerde ana element sonuçları.....	1098
Çizelge 7.5. Renk derecelerine ayrılmış kristallerde eser element sonuçları.....	110
Çizelge 7.6. Renk derecelerine ayrılmış kristallerde eser element sonuçları.....	111
Çizelge 7.7 Ametistler içinde nokta analizleri.....	112

1. GİRİŞ

Açık eflatun ile koyu mor arasında değişen renkleri ile karakteristik olan ametistler silikat grubuna ait kuvars minerali türlerinden birisini temsil etmektedir. Ametist kristallerinin Türkiye’de bugüne kadar bilenen en büyük rezervi Balıkesir-Dursunbey Güğü köyü civarında olduğu bilinmektedir. Ametist damarlarının içinde olduğu kayalar ve oluşum koşulları hakkında bugüne kadar kapsamlı veriler bulunmamaktadır. Bu çalışma ile kristallerin içinde olduğu kayaların mineralojik-petrografik ve kimyasal özellikleri ile ametistlerin kimyasal özellikleri, oluşum ısı ve diğer karakteristikleri hakkında önemli veriler elde edilmesi ileride yapılacak çalışmalara ışık tutması bakımından yararlı olacaktır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu tez kapsamında Balıkesir-Dursunbey-Güğü köyü civarında izlenen ametist kristalleri içeren damarların içinde bulunduğu volkanik kayaların incelenmesi ve bu kayaların mineralojik-petrografik özelliklerinin belirlenmesi ana amaçlardan biridir. Bu kayalardan alınan örnekler üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalar ile volkaniklerin magma karakterleri ve levha tektonik konumları hakkında veriler elde edilmesi bir diğer önemli amaçtır. Çalışma alanının daha önce yapılmış olan 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarının revize edilmesi (düzeltmesi) ve gerek temele ait gerekse onun üzerine gelen diğer birimlerle Eğrigöz granitinin bir bölümü olan sokulum kayaları hakkında da mineralojik ve petrografik veriler elde edilmeye çalışılacaktır. Ayrıca Güğü köyü civarında izlenen ametistlerin yerleşimine yol açan olaylar ve yapısal özelliklerin neler olacağını belirlemek, ametistlerin mineral kimyaları ve içlerindeki sıvı kapanımlarından hareketle oluşumları sırasında etkin olan fazlar ve sıcaklık değerleri saptanmak, ametist damar ve kristallerinin ana ve eser element içerikleri belirlenerek oluşumları sırasındaki element dağılımları konusunda veriler elde edilerek yorumlar yapmak amaçlar arasında yer almaktadır. .

1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması

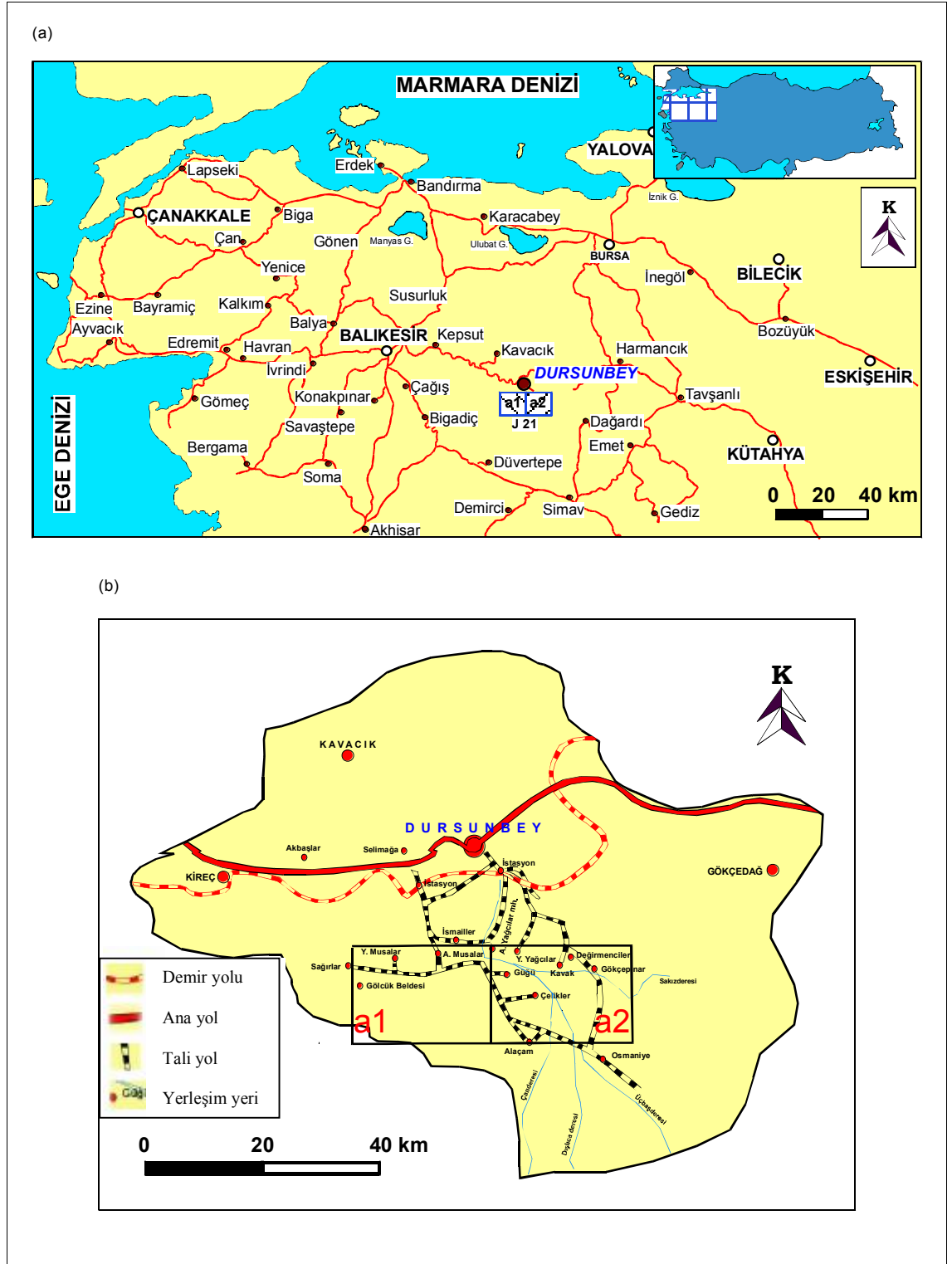
Çalışma sahası, Balıkesir ili Dursunbey ilçesi Güğü (Göğü) köyü yakını ve çevresi olup, J21 a1 ve a2 paftalarının kuzey kesimlerini içine alan yaklaşık 100 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1.).

Çalışma alanında Güğü köyüne ulaşım için Balıkesir' den Dursunbey'e giden karayolu kullanılmaktadır. Dursunbey'den kuş uçuşu 21 km güneyde yer alan Güğü köyüne ise 25 km'lik asfalt bir yol ile ulaşılabilir. Ayrıca Dursunbey ilçesine Ankara-İzmir tren yoluyla da varılabilmektedir. Güğü dışındaki köylere ulaşım genellikle asfalt ve bazen stabilize yollardan olmaktadır (Şekil 1.1).

Çalışılan bölgede ortalama yükseklik 1200 metre civarında olup, yükseklik maksimum 1600 metrelere Alaçam dağı ile ulaşmaktadır. İnceleme alanı içinde çok sayıda tepe bulunmaktadır. Ancak jeolojik araştırmalara yakın bazı önemli yükseltiler olarak Köklük Tepe, Kızıl Tepe, Erikli Tepe, Asarlık Tepe, Karaçitme Tepe, Çavdarlık Tepe, Döngeli Tepe, Akgüney Tepe, Aktaş Tepe, Eyrek Tepe, Göynük Tepe, Porsukburnu Tepe, Kızılca ağaç Tepe, Karavelli Tepe, Savalar Tepe ve Pınarlıkkaya Tepe sayılabilir (Ek-1 ve bakınız Şekil 7.1). Sahada dağ ve tepelerin arasında gelişmiş bir ağaçlama sistemi görülmekte olup çok sayıda dere izlenmektedir. Bunlardan en büyükleri genellikle güney-kuzey yönelimli Çanderesi, Üçbaşdere, Dışlıcadere ve Sakızderesi (Şekil 1.1) ile Höbek Dere ve Koca Dere'dir (Bakınız Şekil 7.1).

Çalışılan bölgede yerleşim yerleri olarak, Yukarı Musalar, Aşağı Musalar, Yukarı Yağcılar, Aşağı Yağcılar, Güğü, Çelikler, Alaçam, Kavak, Değirmenciler ve Gökçepinar köyleri bulunmaktadır (Şekil 1.1).

Çalışma alanının yer yer sık orman örtüsü ile kaplı olması jeolojik çalışmaların ancak yol yarmaları ve bulunabilen yüzleklerde yapılmasına olanak vermiştir.



Şekil 1.1. Yer bulduru haritası

1.3. Ametistin Genel ve Gemolojik Özellikleri

Silis grubu mineraller doğada çok çeşitli formlar ve şekiller sunmaktadır. Bu minerallerden agat, opal, jasper, kalsedon, kuvars (dağ kuvarısı, sitrin, gül kuvarısı, dumanlı kuvars, krizopras ve ametist) en çok adı duyulanlarıdır. Her birinin içinde olduğu kayaçlar ve ortamlar farklılıklar göstermektedir. İnceleme konusu, Dursunbey–Güğü köyü civarında izlenen ve kabaca kalsedon, şeffaf kuvars ve ametistlerden oluşan silisli çözeltilerin oluşumları ve özellikleri hakkında olduğundan aşağıda ametist ile ilgili genel ve gemolojik bilgilere yer verilmiştir.

Ametist, Kuvars (SiO_2) mineralinin makrokristalin çeşididir. Makroskobik kristaller ve mikro kristaller olarak iç tarafı agat ile çevrilmiş boşluklarda ve sıkça jeod şeklinde silikatlı volkanikler içinde bulunurlar.

Kimyasal Kompozisyon:

Silisyum dioksit, SiO_2 . Diğer elementlerin az miktarda bulunuşu renk çeşitliliğini arttırır. Ametiste demir kirliliği mor rengin sebebi olarak belirtilmektedir.

Kristallografi:

Hexagonal-R; 32 (trigonal-trapezohedral) dir, dolphin ve brezilya ikizlenmeleri gösterir.

Fiziksel Özellikleri:

Kırınım konkoidal, rombohedral dilinim enderdir. S:7. Kristallilerde $\text{Ö.A:}2.65$; iyi tanelenmiş çeşitlerde $\text{Ö.A:} 2.60$. Kristallerde parlaklık camsı, iyi tanelenmiş çeşitlerde donuk mum şeklindedir. Geçirgen ya da yarı geçirgen ve pizoelektriktir. Dilinim göstermezler, kırılınımı konkoidaldır.

Açık leylaktan koyu mora kadar değişen renklere sahiptir. Renklenmeye sebep olan küçük miktardaki demirin, yanı sıra manganez ve antumuan varlığı ve radyasyonun da etkili olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir.

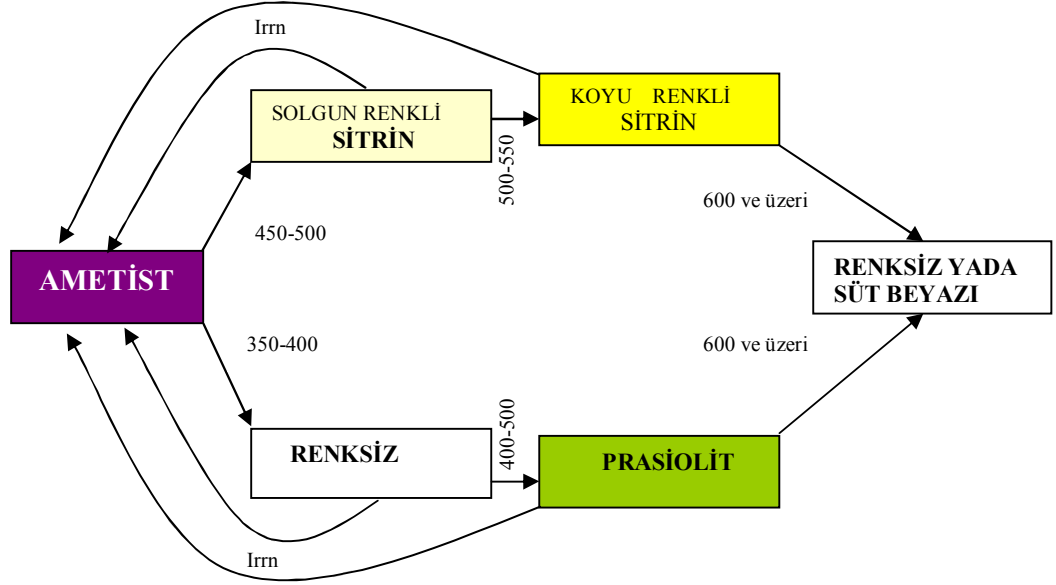
Ametist farklı ısılarda renk değiştirir. Sıcaklık 400°C ve 500°C arasında iken renk genellikle kahverengimsi-sarı veya granat kırmızısına değişip, 575°C üzerinde rengini kaybederek aytaşı benzeri bir görünüm almaktadır. Isıl işlem sonucu rengi kahverengimsi-sarıya dönüştürülerek doğada ender rastlanan sitrin elde edilmektedir.

Bazı ametistler doğada daha açık renklerde, bazıları ise koyu renklerde bulunabilmektedir. Ancak koyu renkli olanların gün ışığında ısı gerekmeksizin renginin açıldığı gözlenmiştir. Koyu renkli olanların daha makbul olduğu için karanlık ortamlarda saklanması gerekmektedir.

Kuvars içerisindeki demirin irradyasyonu ametistin mor, mavimsi kırmızı rengini ortaya çıkarır. Sentetik kuvars üzerine yapılmış çalışmalar da kuvarsın bazı renk merkezlerinin irradyasyona maruz bırakılması ile üretilen ametistlerden Fe^{+3} içerenlerin sarı ve Fe^{+2} içerenlerin yeşil olduğu görülmüştür. Dolayısı ile doğal yada sentetik ısı verilen ametistler de iki farklı sonuç ortaya çıkmış, eğer irradyasyondan önce ametist bünyesinde Fe^{+3} bulunduruyorsa sitrin adı verilen sarı renkli kuvars çeşidinin ancak Fe^{+2} bulunduruyorsa prasiolit veya vermandin olarak adlandırılan yeşil renkli ametist çeşidinin oluşumu söz konusudur.

Sitrin genellikle yalancı topaz olarak satılmaktadır ve genellikle de ametistin 450 °C civarında ısıtılması ile elde edilmiştir. Pratikte ısıtma, 150 °C civarında başlatılır ve taş her 25 °C de bir kontrol edilerek yer değiştirilir. Her bir adım da bu işlemin süresi uzar ve optimum renk elde edilene dek bu işlemlere devam edilir. Bazen düşük sıcaklıklarda renk açılır ve renksiz kuvars oluşur. Eğer çok az miktarlarda da olsa Fe^{+3} bulunuyorsa, sarı renkli sitrin elde edilecektir, ancak koyu renkli ametistler irradyasyon altında sitrine dönüşümü daha kesin sonuç vermektedir. Ametist yada sitrin, sıcaklık yavaş yavaş arttırıldığında demir oksit bileşimi ısıtıldığından, (500-575 °C altında, yoğunlukta sarı renk), tipik olarak turuncu, kahverengi, kırmızımsı renklere dönüşür. Isı yeterinden yüksek sıcaklıklara ulaştığında renk beyaza döner ve sütümsü opalesans oluşur (Şekil 1.2). Ametist içindeki götit inklüzyonları ısı ile hematite dönüşür ve kırıklara yol açar (Nassau, 1994).

Ametsitten dönüşen sitrin çok az ısı farklılıklarında bir arada bulunabilir. Bu iki mineralin birlikte bulunması 350-400 °C arasında çok dikkatli ısıtılması ile mümkündür ki bu çift renkli ametist-sitrin karışımı mineral ametrin olarak adlandırılır. Isı daha da arttığında 400-450 °C arasında ametist tamamen sitrine dönüşecektir. Bazen de irradyasyon uygulandığında tekrar ametist elde edilir (Şekil 1.2).



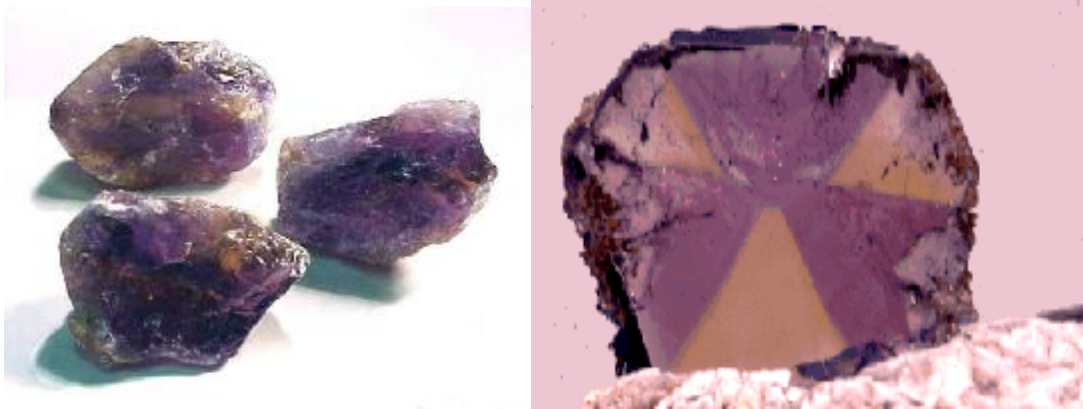
Şekil 1.2. Ametist ile ilgili iradyasyon değişimleri. Sıcaklıkların uygulanma süreleri farklı olup, °C olarak gösterilmektedir (Nassau, 1994).

Kuars kristal yapısı içine demir atomları birkaç çeşitte girebilir ve farklı oksidasyon durumunda olabilir. Ametrin oluşumu, Fe^{4+} oksidasyon durumundaki demir kirliliğinin, kuvarsın bir bölümünde özel renk üretiminde bulunması ve Fe^{3+} de kuvarsın diğer bölümlerini farklı renge boyaması ile oluşur. Ametrinin rengi suni olarak ışıma veya ısıtma ile sağlanır, ancak azda olsa doğada oluşur (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. a) Damla şeklinde fasetalı kesilmiş bir *ametist* örneği
b) Markiz şeklinde fasetalı kesilmiş bir *sitrin* örneği
c) Step kesim uygulanmış dikdörtgen *ametrin* kolye ucu

Çok iyi bilinen doğal ametrin kaynağı Bolivya daki Anahi madenidir (Şekil 1.4). Bu bölgede ametist ve sitrinin her ikisinin de oluşum sürecinde aynı zamanda kristallendiği düşünülmektedir. Bu oluşumu sağlayan sıcaklık, Fe^{+3} ün kuvarstaki renk üretim alanına girerek sitrini oluşturacağı sıcaklığının üzerinde ve Fe^{+4} gerekli uygun alanlara girerek ametisti oluşturacağı sıcaklığın altındadır. Kuvarsın kristalleşme yüzeyleri arasındaki sıcaklık da çok küçük fark bulunmaktadır, bazı yüzeyler için sıcaklık biraz daha yüksektir ve bu durumda sitrin kristalleşecektir diğer yüzeyler biraz daha renklenir ve ametist olarak kristalleşir. Eğer bir sıcaklık kaynağının çevresindeyse veya bir boşluğu kaplıyorsa kristallerin bir kenarında böyle bir oluşum söz konusu olacaktır. Basıncıdaki her değişiklik de ametistin yerine oluşan sitrinin oluşum sıcaklığını etkiler. Suni olarak kristal üretimi yapılırken, ametrin kuvarsi kristalleştiren sıcaklıktaki bu hassas denge sağlanırken aynı zamanda, basınç ve kimyasal ortam da korunmuş olmalıdır (www.mineralminers.com).



Şekil 1.4. Bolivya Anahi madeninden Ametrin örnekleri. Sağda ki zonlu yapı sunmakta.

Mikroprop analizleri sarı- yeşil renkli sitrin alanlarında bileşimde 70 ppm ametist alanlarında ise 20 ile 40 ppm arasında demir konsantrasyonu olduğunu göstermektedir (Vasconcelos ve ark.,1994).

Brezilya' nın bir bölgesindeki ametistlerin 1950'lerden beri dikkatli bir şekilde ısıtılmasıyla açık ile orta yeşillikteki kuvars çeşidi (vermarine veya prasiolite) elde edilmektedir. Doğal prasiolite Polanya'nın Lower Silesia bölgesinde görülmüştür (www.wikipedia.org).

Optik Özellikler:

Uniaxial (+); $\epsilon = 1.544$, $\omega = 1.550$; iyi tanelenmiş çeşitlerinde K.İ: 1.53. **Brief:** 0.009; Disp:0.013. Paleokrizma: amatist mavi ve morun renk tonundaki gücü zayıftır. Dumanlı kuvars ϵ koyukahverengi solgun, ω kahvesi siyaha yakın; sitrin ϵ renksizden açık sarıya, ω sarı. Güçlü dikroik olabilir.

Tanıttıcı Özellikler:

Geçirgen kuvars sabit K.İ ve Ö.A sahiptir ve bu özellikleri tarafından hem renksiz hem de renkli taşlar benzer görünümlü süs taşlarından ayırt edilebilir. Çift kırılma onları camdan ayırır. İyi tanelenmiş çeşitler kaba taneli kuvarslardan hem düşük K.İ(1.535) hem de Ö.A(2.60)'na sahiptir. Demir oksit (götit) inklüzyonları yaygındır. Tüy şekilli boşluklar, primatik kristaller, parmak iz, balon şeklindeki sıvı inklüzyonlar görülen inklüzyon çeşitleridir ve sentetikleri ve taklitlerinden ayırmada çok kullanılır.

Bulunduğu Bölgeler:

Ametist çeşitli jeolojik ortamlarda oluşur, ancak lav akıntılarının olduğu boşluklar içinde büyüyen kristaller olarak oluşumları önemlidir. Bu şekildeki oluşumu, bugün en önemli ticari kaynağı karşılayan Uruguay ve Brezilya'dır. İyi kalitedeki yaygın bir kristal ve mineral kaynağı ilk önce Urallardaki damarlarda bulunmuştur. Onlar Sibiryaya ametisti olarak adlandırılmışlardır, ancak bugün bu anlatım bölgeye dikkat edilmeksizin koyu renklenmiş süs taşları için uygulanır. Diğer önemli bölgeler Zambiya, Sri Lanka, Meksika ve Madagaskar'dır. İyi ametist kristaller bol olmamasına rağmen Birleşmiş Devletlerde birçok yerde bulunmuştur: Maine, New Hampshire, North Carolina, Wyoming ve çok tanınmışların birkaçı da Kolorado'dadır. Türkiye de de birçok bölgede ametist kristali bulunmaktadır. Ancak bunlardan sadece Balıkesir Dursunbey (Güğü) deki, maden ocağı olarak işletilmekte ve pazarlanmaktadır.

Meksika Ametisti : Vera Cruz ve Guerrero olmak üzere Meksika'da iki ametist kaynağı bilinmektedir. Vera Cruz ametistleri tipik temizlikte ve çok mor renkte prizmatik şekillerde gözlenir, bazen kayanın sonuna doğru açık renklenme ile son bulur. Kristaller trigonal şeklinde yaygındır. Guerrero ametistleri tipik olarak koyudur ve yüksek çeşitlilikte koyu mor renge sahiptir. Kristalleri iç kısımdaki renk

çeşitliliği ile ve dışarıya doğru şeffaflığı ile görünür bir sınıra sahiptir. Dünyadaki değerli ametistler arasında yerini alır (www.jewelrystupplier.com).



Şekil 1. 5. Meksikadan ametist örnekleri

a) Vera Cruz'dan 6 x 3.5 x 2 cm. (www.miniclassics.com)

b) Guerrero dan 81 gr. 55x41x35 mm.
(www.towercrystals.com)

Brezilya Ametisti: Brezilyadaki ametist kaynakları Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Bahia and Maraba olarak not edilmiştir. Brezilya ametistleri kristallerle çevrilmiş kayalarda küçük oyuklarda veya vuglarda bulunmaktadır. Brezilya'da ametist kristallerini içeren kayalar arasında volkanik materyaller tarafından şekillenmiş olan büyük cepler yer alır. Bazı vuglar ısı yayılması sağlayan gaz bolcuklarından veya ağaçlar üzerinde magmatik akışkanlardan veya lavlardan şekillenmişlerdir kristaller bu bölgelerde açıktan koyuya eflatun yada koyu mor renkte oluşur (Şekil 1.6.).

Kanada Ametisti: Thunder Bay Kanada da yer alan birçok ametist madeninden biridir. Kayaların yüzeyinde küçük kristal kümeleri şeklindeki eski metamorfik kayalar içerisine yerleşmişlerdir. Kırmızımsı rengini kazandıran hematit inklüzyonları içerir. Ametist ayrıca Ontario'nun süs taşı olarak bilinir (Şekil 1.7.) .



Şekil 1.6. Brezilya'dan ametist örnekleri

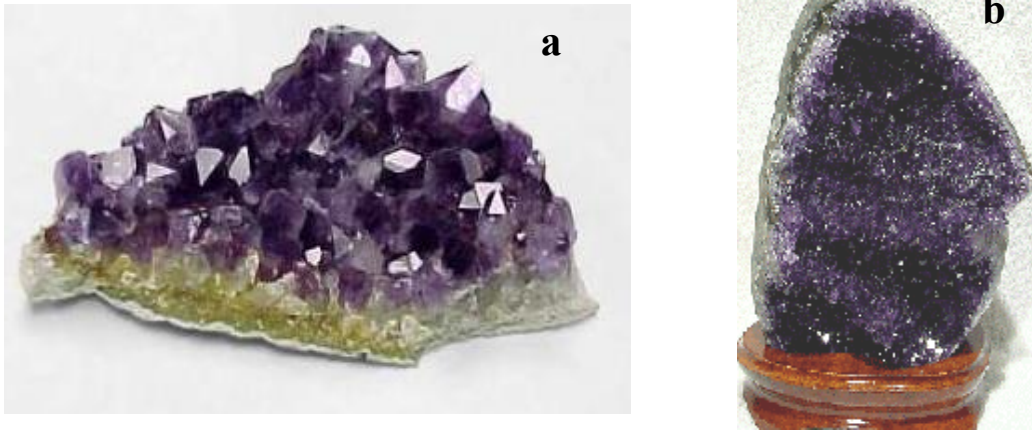
- a) 43.8 cm yükseklik x 20.32 genişlik ve 11.33 kg ağırlığında Brezilya Ametisti (<http://bedrockfossils.com>)
- b) 2,68kg ağırlığında 17.8x14 x12.7cm ölçülerindeki Maraba, Brazil ametist örneği.300 karatlık fasetli şekilde kesilebilecek bu örnek nadir bulunabilecek büyüklüktedir. (www.mineralminers.com)



Şekil 1.7. Kanada'dan ametist örnekleri

- a) Thunder Bay bölgesinden granit kırığı üzerinde ki mor ametist kristalleri
- b) Thunder Bay ametist madeninden büyük bir ametist kristali ve yanında yüzük (www.mndm.gov.on.ca)

Uruguay Ametisti: Bu bölgedeki ametistler orta derecede ki mor renkle daha koyu mor arasında ki çeşitlilikte bulunurlar. Brezilya kristallerine benzer şekilde volkanik damarlarda gözlenirler. Uruguay'daki damarlar da bulunan kayaların dışı gri veya kahverengidir ve büyük damarlar sarkıtlar ve diğer ametistin diğer kristal şekilleri ile dolmuştur. Her ametist kristalini içi bu bölgenin tipik rengini içerir (Şekil 1.8.).



Şekil 1.8. Uruguay'dan ametist örnekleri

- a) 88x55x22mm ölçülerinde 4mm ile 8mm çapında camsı parlaklıkta mor renkli kristallere kaplanmış olan Uruguay ametisti (www.mineralminers.com)
- b) Ametistin boyutları 16.51 x 11.43 x 6.354 cm Tabandan yüksekliği 24.13cm dikey olarak bölünmüş ametistin iki parçasından biri. Kenarları agat ile çevrili (www.cyberocks.com)

Afrika Ametisti: Afrika şehirleri arasında ametist depoları içeren Zambia ve Namibia dır. Afrika ametistleri çeşitli renklerde küçük kristalli yapılar içerir ve kristallerinin temiz olması önemli özellikleri arasındadır. Doğal olarak oluştuklarında kaba olanları kirli oldukları zaman parlatılır ve oymacılıkta kullanılır.



Şekil 1.9. Afrika'dan ametist örnekleri

- a) Boyutları: 3.8x2.4x1.7cm , 20.8g . Magaliesberg Mountains, Kwa, Güney Afrika
- b) Ağırlığı 63 gr boyutları 62x27 mm Zambia, Afrikadan tamburlanmış güzel bir ametist örneği (<http://rayerminerals.homestead.com>)

Amerika Birleşik Devletlerinde Ametist: Amerika, Main, Pensilvanya, Montana' da Kuzey Karolina ve Kolorado da çeşitli büyüklüklerdeki ametist depolarına sahiptir. Amerika ametistlerinin renk sırlaması genellikle orta ve yüksek durumdadır ve dumanlı veya şeffaf kristaller çeşitleri içerir. Maine ve Karolina' nın ametistleri koyu koyu, kuzey Karolina nın ametistleri hafif mavi tonlara sahiptir. Güney Karolina da bir yer Ametist olarak adlandırılmıştır. Pensilvanya' daki ametist kümeleri metamorfik kayalar içindeki büyük çatlaklar içerisinde şekillenmişleridir. Kolorado da bilinen ametist kümeleri kumtaşı içerisindeki oyuklarda şekillenmiştir. Ametistlerin görüldüğü diğer yerler arasında Georgia, Arizona, Rhode Island ve Virginia yer alır (Şekil 1.9.).

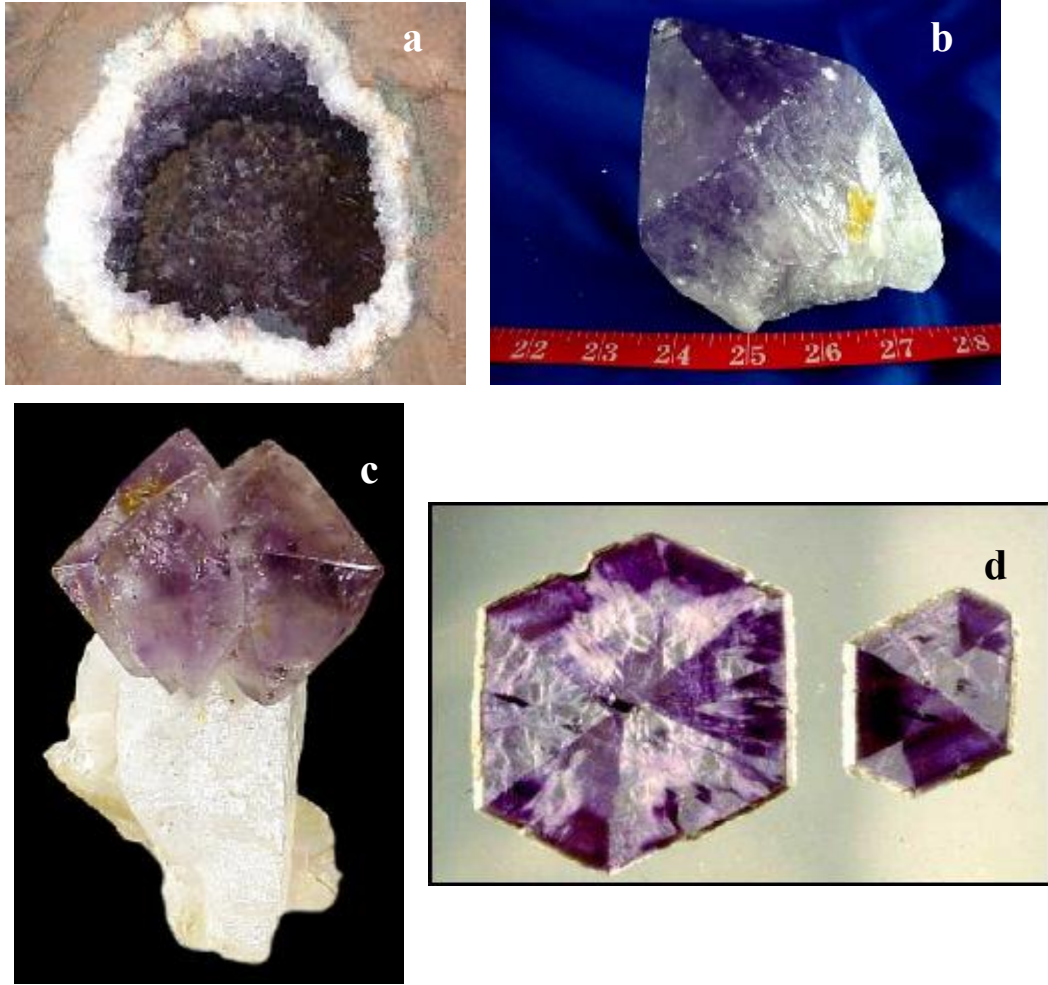


Şekil 1.10. A.B.D. ‘den ametist örnekleri

- a) 3.5 cm Güney Karolina’ dan Ametist örneği
(www.jendonminerals.com)
- b) Smithsonian doğal tarih müzesinden 10x8 cm kaya örneği, süs taşı
36.2karat (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>)
- c) Kuzey Karolina Mucon şehrinden iri ametist kristalleri
(www.wncrocks.com)

Ametist ve Avrupa: Ametist depolarının bulunduğu iki Avrupa ülkesi İtalya ve Almanya’dır. İtalya depoları her renk çeşidinde ametist kristallerinin bulundurulur. Solgun görünümlü ve prizmatik karakterli kristaller sıklıkla boyutları geniş ve formasyon içinde paralel oluşurlar. Alman ametistleri sıklıkla solgun ve iki tarafı agatlar ile çevrili kristaller içerir.

Dünyada ametist depolarının bulunduğu diğer ülkeler Arjantin, Bolivya, Madagaskar, Hindistan ve Sri Lanka dır (Şekil 1.11)



Şekil 1.11. a) Wanda madeni Misiones, Aajantin den ametist örneği (www.mindat.org)
b) Boliviyadan ametist (www.jimcolemancrystals.com)
c) Ambatondrazaka, Madagaskar dan ametist örneği
d) Hindistandan ametist örneği (www.csd.unl.edu)

Türkiye'deki ametistler: Türkiye'de bir çok bölgede rastlanılan ametist kristali, Balıkesir-Dursunbey, Ordu-Fatsa, Yozgat-Şefaati, Çanakkale- Lapseki, Ordu – Gököy, Giresun Şebinkarahisar bölgelerinde çıkmaktadır. Ancak bu bölgelerden sadece Dursunbey de yer alan ametist maden ocağı işletilmektedir. Volkanik magmatitlerin çatak ve kırıklarını dolduran ametist kristalleri yer yer iri, yer yer ise ince kristalli çıkmaktadır. Renkleri açıktan koyuya kadar değişen ametist kristallerine kalsedon ve kaya kristalli kuvars mineralleri eşlik etmektedir.



Şekil 1.12. Türkiye Balıkesir-Dursunbey ametist örnekleri

- a)** Kristal boyutları orta mor ametist kristalleri
- b)** Kök ametist
- c)** MTA müzesinde sergilenen iri ve koyu kristalli ametist

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Jeoloji

Balıkesir merkez olmak üzere Batı Anadolu’da özellikle magmatizmayı kapsayan çok fazla sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan inceleme alanını da içine alan yakın bölgede jeolojik, maden ve jeokimya ilgili olanlarından bir kısmı aşağıda özetle sunulmuştur.

Ketin (1959), Türkiye’deki magmatik olaylar özellikleri ve yayılışları bakımından olduğu gibi, kimyasal ve mineralojik bileşimleri ile kronolojik gelişimleri hakkında ilk incelemeleri yapmıştır.

Kalafatçioğlu (1962), Dursunbey’e oldukça yakın olan “Tavşanlı- Dağardı arasındaki bölgenin jeolojisi ve serpantin ve kalkerlerin yaşı hakkında not” adlı makalesinde, bölgenin Hersiniyen ve Alp orojenezi geçirmiş olduğunu ve tektonik birimlerin en eskisinin kristalin şistlere ait kayalardan oluştuğunu belirtmiştir. Permiyen sonunda varistik orojenez ile bölgenin su üstüne çıkması ile asidik intrüziflerin oluştuğunu ileri sürmüş ve volkanik faaliyetlerin ise Miyosen’de başlayıp Pliyosen’de hızlandığını belirtmiştir.

Kalafatçioğlu (1964), Balıkesir-Kütahya arasındaki bölgenin stratigrafisini vererek en eski kayaların Paleozoik yaşlı mermerler ve muhtelif şistlerden oluşan bir seri olduğunu ifade etmiştir. Bölgenin güneyindeki granitlerin Laramiyen orojenik fazı ile ilişkili olduğunu belirten görüşler bulunduğunu söylemiştir. Volkanik faaliyetlerin ise Miyosen’de başlayıp Pliyosen’de yoğunlaştığını ifade etmiştir.

Leo ve Genç (1970), Balıkesir-Şamlı civarının jeolojisi ve demir yataklarını incelemişler ve bölgede çok sayıda siller ve dayklara sahip bir granodiyorit kuvars diyorit batolitlerinin bulunduğunu, sodik metadiyabaz ve volkanik kayalardan oluşan ve yapı itibari ile karmaşık bir durum sunan dizide sokulumlar meydana geldiğini belirtmişlerdir. Kalkerler ve onun altında bulunan otokton kayaların kontak metamorfizma tarafından değişik derecelerde etkilendiğini bildirmişlerdir.

Özacak (1970), Balıkesir-Dursunbey civarında Alaçam Dağı'nda maden prospeksiyonu ve kurşun madeni jeolojik etüdünü yaparak bölgede granit kontağında pnömatolitik tipte Pb, Zn, Cu, Fe, pirit ve protin ile manyezit yatakları belirlemiştir. Güğü köyü Demirboku mevkiinde yaptıkları kurşun madeni incelemelerinde bölgenin iki mikalı şistlerinin bir granit intrüzyonu ile kesildiğini yine bu granitle aynı yaşta olan granitik apofizler ve mağmanın son evresine denk gelen riyodasidik bir volkanizmanın ve kuvars filonlarının yine bu şistleri kestiğini belirtmişlerdir.

Turgay (1973), Balıkesir-Dursunbey Demirboku yanında kurşun aramalarını jeofizik yöntemlerinden biri olan I.P yöntemi ile etüd etmiştir. Sonuçların değerlendirilmesi sonucu rezistivite, metal faktör ve frekans efekt(etki) haritalarında, çalışılan sahanın batı-kuzeybatısından başlayıp daralarak önce güneye sonra da genişleyerek batıya doğru yönelen yay şeklinde bir anomali uzanımı sunduğunu belirtmiştir.

Takashima (1974), Dursunbey-Balıkesir Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojisi adlı çalışmasında bölgedeki cevher yataklarının, granitik batolitlerin özellikle doğu kısmı etrafındaki skarnlaşmış metamorfik zon içinde yer aldığını, skarn zonunun mineralizasyonla ilgili olarak zonlanma gösterdiğine dikkat çekmiştir.

Yılmaz (1975), Alaçam Dağları granitlerinin petrojenetik olarak incelemesini yapmış ve granitlerin mikroskopta iri taneli holokristalin ve porfiri olmak üzere iki faz gösterdiklerini ve kristalleşme sırasının gerek fenokristallerde gerekse artık magmada (iri taneli hamur içinde) riyolit, dasit gibi lavlardaki ile aynı kristalleşme sırasını takip ettiğini belirtmiştir. Granitlerin kimyasal analizlerine göre kalk alkalın tipte olduğunu, magmatik bir diferansiyasyonun görüldüğünü, bazik kapanımlara rastlanıldığını ve kenar fasiyeslerinde Ca-Mg-Fe'ce zenginleşmenin oluştuğunu ileri sürmüştür. Bu anateksitik granitlerin 700° C'da kristalleşmeye başladığını ve kristalleşmenin 545° C'da tamamlandığını ileri sürmüştür. İntrüzifin yaşını 330–360 milyon yıl olarak vermiştir.

Bingöl (1976), Batı Anadolu'nun jeoteknik evrimini incelerken, Batı Anadolu'nun Ege adaları ve Yunanistan'la Üst Tersiyer'e kadar aynı jeotektonik evrimi gösterdiğini, kabaca Manisa-Balıkesir-Eskişehir hattının Üst Kretase'de bir yok olma zonuna karşılık geldiğini ve Pliyo- Kuvaterner'de Batı Anadolu'nun Ege

adaları ile birlikte Yunanistan doğusundan geçen bir hat boyunca güneye doğru hareket etmiş olmasının olası olduğunu bildirmiştir.

Atılğan (1977), Balıkesir-Dursunbey Kulat Çiftliği yöresinde Pb-Zn-Cu arama çalışmalarında cevherleşmenin pirometazomatik bir cevherleşme olduğunu ve Paleozoyik yaşı olarak bilinen metamorfik seri içersindeki karbonatlı zonlarda, olasılıkla Paleosen yaşı bir granit intrüzyonunun kontak etkisi ile oluştuğunu belirtmektedir. Granit intrüzyonuna yakın yerlerde silisli zonların bulunduğunu, volkanik kayalar olarak izlenen dasidik tüflerin Miyosen yaşı olduğunu söylemekte ve cevherleşme ilgili rezerv ve tenör değerleri vermektedir.

Dağ (1978), Güğü köyü civarında yer alan ametist damarları üzerinde ilk çalışmaları yapan araştırmacıdır. Ametistlerin dasidik tüfler içinde damarlar şeklinde bulunduğu, ayrıca yer yer saydam iri beyaz kuvarsların da gözlemlendiğini ve kuvarsların içinde bulunduğu damarların 9 cm'ye varan kalınlıklar sunduğunu, ametist kristallerinin boyunun 0,7 cm.'yi geçmediğini belirtmiştir. Kuvars damarlarının oluşumlarını, volkanizma esnasında en son evrede silisli çözeltilerin, tüflerin arasındaki çatlaklara sokulması şeklinde açıklanmaya çalışılmıştır.

Kayhan (1978), Kütahya J 21 a1 paftasında 40 km² lik bir alanı incelemiş ve bu alanda Paleozoyik yaşı metamorfik seri, Kretase yaşı yeşil kayalar, Üst Kretase yaşı kireçtaşı, Paleosen yaşı granit ve Miyosen yaşı andezit yer aldığını ifade etmiştir. Granit sokulumuna ve gelişimine bağlı olarak, galen, sfalerit, pirit, pirotin, kalkopirit, manyetit gibi cevherleşmeleri ayırt ettiğini belirtmiştir.

Dikmen ve Işık (1978), Balıkesir-Dursunbey Alaçam, Kulat Çiftliği ve civarı ile Kütahya-Dağardı, Ortaca köyü civarında jeokimya çalışmaları yapmıştır. Kütahya J21 a2 ve a3 paftalarındaki incelemelerinde Cu-Pb-Zn anamolilere rastlanıldığını ve anamoli sahalarının mineralizasyon yönünden ayrıntılı çalışılması gerektiği bildirilmişlerdir.

Akat ve ark. (1978), Dursunbey-Orhaneli-Susurluk-Kepsut arasındaki bölgenin jeolojisini incelemişlerdir. Bölgede, Paleozoyik'in bazik katmanlar içeren epimetamorfikler, Mesozoyik'in ise karbonatlarla temsil edildiğini, Permian'ın, Triyas ve Jura-Kretase yaşı blokları içeren karasal çökeller olduğunu ve bunların daha eski birimler üzerine itildiğini belirtmişlerdir. Genç Tersiyer çökellerinin ise

alüvyal ve yelpaze özelliğini taşıdığını, Alt Tersiyer yaşlı granit ile Miyosen yaşlı dasit-andezit ve volkanizmaların bölgedeki magmatik olayları oluşturduğunu vurgulamaktadırlar.

Toksöz ve Arslanpay (1978), Dursunbey-Kulat Çiftliği sahasında kurşun-çinko-bakır aramaları sırasında önerdiği jeofizik etüdlerde, aynı bölgede Atılğan (1976)'nın yapmış olduğu jeolojik çalışmalar sonucundaki önerisi ile karbonatlı zona bağlı Pb, Zn, Cu, cevherleşmesinin düşey ve yatay dağılımını belirlemeyi amaçlamış ve üç anomali alanı saptayarak bazı sondaj önerilerinde bulunmuşlardır.

Akdeniz ve Konak (1979), Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi adlı çalışmalarında, genel stratigrafik istifi vermişlerdir. Plutonizmanın Eğrigöz granitlerinin doğudaki devamı olan Paleojen yaşlı Alaçam dağı granitleri ile temsil edildiğini belirterek inceledikleri alandaki granitik kayaçları taneli (holokristalin) granitler, porfirik dokulu granitler ve yönlenmiş granitler olarak ayırtlamışlar ve stratigrafik istifi oluşturan kayaçların ayrıntılı petrografik incelemelerini sunmuşlardır. Granitik kayaçların genel olarak granodiyorit, mikrogranit, pegmatit ve aplit gibi türevlerden oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Bölgedeki volkanizmanın ise Orta-Üst Miyosen yaşlı Civanadağ tüfleri ve Akdağ volkanitleri ile temsil edildiğini belirtmişler, volkanitlerin alt-üst sınır ilişkilerini irdelerek mineralojik incelemeler yapmışlardır.

Ergül ve ark. (1980), “Balıkesir İli Marmara Denizi Arasının Jeolojisi” adlı çalışmalarında, Paleozoik'in bazik ara katkılı epimetamorfikler ve bunları kesen yine olası Paleozoik yaşlı granitle, Mesozoik ise Üst Permian Alt Triyas yaşlı ve genellikle Karbonifer ve Permian bloklarını içeren baskın biçimde karbonatlarla temsil edildiğini bildirmişlerdir. Karasal çökellerin Tersiyer yaşlı olduğunu ve olasılıkla Alt Tersiyer yaşlı olan granitler ile Miyosen-Pliosen yaşlı dasit, andezit bazalt türü bir volkanizmanın ise bölgedeki magmatik olayları oluşturduğunu ileri sürmüşlerdir.

Ercan ve ark., (1984), Simav ve çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmayı bölgesel olarak yorumlamışlardır. Batı Anadolu'da Miyosen-Kuvaterner arasında hüküm süren karasal volkanizmada kalkalkali, geçişli ve alkali kayaların bir birlikte bulunduklarını belirtmişlerdir. Simav ve çevresinde aynı volkanitlerin, çok düzenli

bir gidişle, zamana bağlı olarak, kalkalkali karakterden, geçişli ve daha sonra alkali bazaltik jeokimyaya dönüşüm gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bunların üstündeki örtünün yükü ile gömülen metamorfik kütlelerin daha sonra bir yandan K-G sıkışmalarla domlaşıırken, üstleyen yükün aşınması ve mantonun yükselmesi (manto diyafirizmi) olayları ile ilgili bir riftleşme görünümünde olduğunu belirtmişlerdir.

Şener ve Gevrek (1986), Simav-Emet-Tavşanlı yörelerinde Abide, Eynal, Naşa (Simav), Göbel, Başköy (Tavşanlı), Yoncağağaç, Dereli (Emet) ve Ilıca (Kütahya) civarında (yani genellikle kaplıca alanlarında) izlenen hidrotermal alterasyon zonlarını X-ışınları kırınımı ve jeokimyasal analiz teknikleri ile incelemişlerdir. Sonuç olarak kil ve silisifiye zonlar saptamışlar ve bu yörelerde 100° C ile 230° C arasında rezervuar sıcaklığına sahip bir jeotermal akışkanın varlığından söz etmektedirler.

Ercan ve ark., (1987), Batı Anadolu’ da Manisa ve Balıkesir arasında, yaklaşık 9000 km² lik bir alanda yüzlek veren Tersiyer yaşlı bazik volkaniklerin beş farklı evrede oluştuklarını saptamış ve petrokimyasal çalışmalar yaparak kökensel yorumlarını yapmışlardır. Bazalt görünümlü bu volkanik kayaların bir kısmının, petrografik ve jeokimyasal incelemelerle gerçekte bazalt olmayıp, kalkalkalen kuvars latit ve andezit türde volkanikler oldukları ortaya çıkarmışlar ve bunları “Yalancı Bazalt” olarak adlandırmışlardır.

Baş (1987), Kütahya-Domaniç ve Tavşanlı civarındaki volkanitlerin özelliklerini ve Batı Anadolu Senozoyik volkanizmasının önemi üzerinde durmuştur. Bu volkanizmanın Orta-Üst Miyosen yaşlı dasit – riyolit şeklinde başladığını ve bunların Pliyosen’de ardalanmalı olarak andezit ve bazaltik andezitlere geçtiği belirtmiştir. Kayaları subalkali nitelikte olduklarını ve kabuk kökenli gruba girdiklerini savunmuştur.

Ercan ve ark. (1990), Balıkesir Bandırma arasının jeolojisi ve Tersiyer volkanizmasını petrolojisini ve bölgesel yayılımını incelemişlerdir. İnceleme alanlarındaki Miyosen yaşlı volkanik kayalarda yaptıkları petrokimyasal çalışmalarda bu volkanitlerin andezit, dasit, riyodasit ve riyolit türde ve kalkalkalin nitelikte olduklarını, kabuksal köken özellikleri taşıdıklarını belirtmişlerdir.

Savaşçın (1990), Batı Anadolu'daki Senezoyik sıkışmalı ve gerilmeli tektonik rejimlerinin magmatik aktivitelerini araştırmış ve bu iki rejimin magmatik fazları arasındaki belirgin özellikleri özetlemiştir. Sıkışma ile ilişkili kalkalkalen magmatiklerin büyük stratotip kompleksler oluşturduğunu ve magmatik merkezlerin yersel ve zamansal olarak göçünün yitim süreçleri ile karakterize olduğunu belirtmiştir. Bu magmatizmanın biyotit, muskovit ve amfibollerin varlığı ve eriyikteki sıkışmış gaz fazı ile ilişkili olduğunu ileri sürmüştür. Gerilme ile bağlantılı alkali magmatizmanın şoşonit, alkali riyolit ve alkali bazaltlarla temsil olunarak olasılıkla Neojen yayardı gerilme sınırları dışında geniş alanlar kapladığını ileri sürmüştür. Bu volkanizma ürünlerinin bağımsız kütleler olarak grabenlerin fay sınırlarına paralel olarak doğrusal gidişlerle karakterize edildiğini söylemiştir.

Savaşçın ve Güleç (1990), Batı Anadolu'da magmatik faaliyetlerin gelişiminin bölgedeki tektonik evrimle yakın bir ilişki içinde olduğunu belirtmişlerdir. Sıkışmalı rejimin Geç Miyosen'e kadar devam eden kalkalkalen volkanitleri ve onların eşleniği plütonitlerle Menderes Masifi'nin metamorfiteeri içine yerleştğini ileri sürmüşlerdir. Gerilmeli rejimin ise Geç Miyosen'den itibaren etkin olduğunu, alkali volkanitler ve onların plütonitleriyle ana grabenleri birbirine bağlayan faylar boyunca yerleşmiş başlıca gabroyik dayklarla temsil edildiğini savunmuşlardır. Eser element ve izotop verilerine göre kalkalkalen volkaniklerin manto ile kabuk malzemelerinin karışımı, alkali volkaniklerin ise önemsenmeyecek ölçüde kabuk kirlenmesi olan mantodan türediğini belirtmişlerdir.

Savaşçın ve Erler (1994), Batı Anadolu'daki Neojen-Kuvaterner magmatizmasını ve onunla ilişkili bazı cevher yataklarını bir gezi notu olarak vermişlerdir. Bölgenin jeotektonik yerleşimini, tektonizma ve magmatik faaliyetler arasındaki ilişkileri, evrimsel modellemeyi ve cevher yatakları volkanik faaliyet ilişkilerini irdelenmişlerdir. Karaburun, Yamanlar, Foça, Bergama, Ayvalık, Havran, İvrindi, Akhisar, Kurşunlu(dere), Kula ve Afyon-Şuhut yörelerindeki Au-Ag, Sb, Hg, Fe, Mn, kaolin, perlit ve alunit cevherleşmeleri ile bazı ılıca oluşumları teknik gezi notları olarak derlenmiş ve yorumlanmıştır.

Alpan (1994), Balıkesir-Balya-Kepsut-Dursunbey civarında İ.19 - İ.20 - İ.21 1/100 000'lik paftalarda genel jeokimya ve ağır mineral çalışmaları yapmıştır.

Metalik elementlerden Cu, Pb, Zn, Sb, As, Ni, Co, Au, Ag, analizleri yapılmış ve bazı numunelerde mineralojik incelemelerde bulunmuştur. Dursunbey Dereharmanı'ndan alınan örneklerde Au, Ni ve Co, Sarıkaya'dan alınanlar da ise Pb, Zn, As ve Sb, Serçidere ve kollarında ise bol manyetit, hematit, titanit, hornblend, az miktarda spinel saptamıştır.

Ercan ve ark. (1996), yaptıkları çalışmada Batı Anadolu'da geniş alanlarda yüzlekler veren ve çeşitli evrelerde meydana gelen Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan 17 örnek alınarak yaş problemlerine açıklık getirmek için K/Ar ve Rb/Sr yöntemleri ile radyometrik yaş ölçümleri yapmış ve volkanizmanın bölgesel yorumlanmasına katkı sağlayacak jeokimyasal veriler elde etmişlerdir. Ölçtükleri en eski yaş andezitler ve kalkalkalen nitelikli Selendi volkanitlerine ait $18,0 \pm 0,2$ milyon yıl, en yeni yaş ise 100.000 - 200.000 yıl ile alkali nitelikli bazaltik Kula volkanitlerine aittir.

Oygür (1997), Balıkesir-Sındırgı-Mumcu civarında belirlediği bir epitermal cevherleşmenin Simav grabenini dik olarak enine kesen "basit transfer fayları" üzerinde, Paleozoyik yaşlı metamorfitletler ile Miyosen yaşlı andezitik volkanitler arasında geliştiğini ileri sürmüştür. Epitermal cevherleşmenin metamorfitletler içindeki bir opalit zonunda, arsenopirit ve seyrek altın taneciklerinin eşlik ettiğini zinober ile temsil edildiğini belirtmektedir. Gerek civalı opalit, gerekse piritler içinde belirlenen altın değerlerinin sırasıyla 500 ve 340 ppb olduğunu ve bu veriler dikkate alınarak; civalı opalitin bir epitermal altın cevherleşmesinin henüz erozyona uğramamış olan tavanını temsil ettiğini savunmaktadır.

Genç (1998), Dursunbey ilçesinin 50 km güneybatısında yer alan Bigadiç civarında yüzeyleyen ve Bigadiç magmatik kompleksi adını verdiği kompleksin evrimini incelemiş ve Oligosen ile Orta Miyosen arasında Batı Anadolu'da yaygın bir magmatik aktivite olduğunu belirterek bu bölgede intrüzif ve ekstrüzif kayaların zamansal ve mekansal açıdan birbirleri ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Bu alanda magmatik aktivitenin Evciler graniti ve Alt Volkanik Topluluk (AVT) ile başlayıp Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Üst Volkanik Toplulukla (ÜVT) sona erdiğini söylemiştir. Evciler graniti ve AVT kayalarının K-G sıkışma rejimi altında litosferik manto kökenli bir magmadan türemeye başlayarak Oligosen-Erken Miyosen

süresince giderek kıta kabuğu tarafından kirletildiğini ve çarpışma sonrası tektonik rejim altında oluştuğunu ileri sürmüştür. Magmatizmanın son ürünleri Geç Miyosen Pliyosen’de bazaltik lavlardır ve bunlar K-G yönlü gerilme rejimi altında oluşmuşlardır.

Bayburtoğlu ve ark., (2003), çalışmalarında Balıkesir-Dursunbey-Dereharmanı civarındaki altın cevherleşmesi sahasının Pontitler ve Anatolidleri birbirinden ayıran ofiyolitlerle belirgin KD-GB gidişli kenet kuşağı içerisinde yer aldığını, bölgede yüzeylenen ve kalkalkelen bileşimli olan çok sayıdaki granitoid sokulumu çeşitli tipte cevherleşmelerin oluşumuna neden olduğundan söz etmektedir.

Gemici ve ark, (2004), Kütahya-Emet bölgesindeki termal sulara özellikle metamorfik kayalar ev sahipliği yapmakta olduğunu ve sadece Dereli kaynağının metamorfik olmayan karbonatlar ve ofiyolitik kayalar içinde bulunduğunu ve sıcaklıkları 33° ile 54° santigrad olarak saptamış ve suların Ca-Mg-SO₄-HCO₃ ile karakteristik olduğunu belirtmişlerdir.

Innocenti et al.(2005), Batı Anadolu Neojen ve Kuvaterner volkanizmasını magma kaynakları ve jeodinamik evrim açılarından irdelemişlerdir. Miyosen’den günümüze magmatizmanın 21-16 milyon yıl yaşlı kalkalkalen ve şoşonitik kayaçlarla, 16-14 milyon yıl önce lamproitlerle ve 2-0 milyon yıl yaşlı OIB tipi magmalarla karakterize olunan Kula volkanitleri ile temsil edildiğini belirtmişlerdir. Kalkalkalen ve şoşonitik volkanizmanın Sr-Nd izotop oranları ve eser element değişimleriyle manto ile kabuk etkileşiminin orta derecede olduğunu savunmuşlardır. Ultrapotasik ve lamproitik kayaçların yüksek Sr ve düşük Nd izotop bileşimleri ve Ba’a göre K ve Rb’ca çok zenginleşerek flogopit içeren litosferik bir kaynağa işaret ettiğini söylemişlerdir. Düşük Sr ve yüksek Nd izotop bileşimleri ile düşük LILE/HFSE oranlarının Kula volkanitleri için OIB-tip bir karakteri gösterdiğini belirtmişlerdir.

2.2. Ametist

Ametistin oluşum ortamları ve renklenmelerine yönelik önceki çalışmalar ise konu karışıklığı yaratmamak için tarih sırasına göre aşağıda sıralanmıştır. .

2.2.1. Silisli Çözeltilerin Oluşum Ortamları

Fournier (1985a), göre kuvars, hidrotermal sistemde silikanın en duraylı biçimidir. Başlangıç sıcaklığı 200° - 340° C arasındaki bir hidrotermal çözeltinin yavaş soğumasıyla kuvars kristalleri ortaya çıkar. Öz şekilli veya düzgün biçimli kristaller nispeten yavaş değişen basınç ve sıcaklık koşullarında oluşur. Kuvarslar silika bakımından az doymuş çözeltilerde gelişirler. Buna karşın amorf silika birikimi için hidrotermal çözeltinin silika bakımından aşırı doymuş olması gerekir. Kalsedon ise ya hidrotermal çözeltiden çökme yoluyla ya da amorf silikanın kristalin malzemeye dönüşmesiyle oluşur ve bu oluşum 180° C'ın altında meydana gelir. Ametist ise hidrotermal (sıcak suların) nispeten yüzeye yakın ortamlarda, oksijence zengin soğuk meteorik sularla karşılaşması sonucu oluşurlar. Bu oksitleyici koşullar altında ametiste mor rengini veren Fe^{+3} bulunmaktadır.

Alt et al.(1987), Doğu Pasifik yükselinde izlenen ve hidrotermal çözeltilerin bacalar şeklinde boşaldığı sahalarda yaptıkları çalışmalarda opal ve kalsedonun 70°-180° C sıcaklıklarda biriktiklerini ve bunların da 230° -320° C arasında kuvars şeklinde yeniden kristallendiklerini saptamışlardır.

Dowling and Morrison (1989), kuvars damarlarını sınıflamışlardır. Kuvarsların dokularının altın yataklarının sınıflanmasında yararlı olup olamayacağını, North Queensland'daki altın yatağı örneğinden hareketle, yorumlamaya çalışmıştır.

Oygür (2001) ise kuvars ve ametist damarlarındaki doku çeşitlerini özetlemiş ve Batı Anadolu'daki epitermal kuvars damarlarında doku çeşitlerinin damarlardaki altın-gümüş gibi değerli metal içeriği ve bazı metal içeriğine bağlı olarak bunların farklı doku grupları ile ilişkili olabileceğini vurgulamıştır.

2.2.2. Ametistlerin Renklenme Sebepleri

Doğal minerallerin çoğunluğunda renklenme nedeni olarak kristal hata yapıları gösterilir. Bu kristal hata yapılarını atom boşluğu, atomlar arası iyonlar, safsızlık iyonları ve bunların kombinasyonları olarak tanımlanan noktasal hatalar, çizgisel hatalar (dislokasyonlar, dizilim hataları ikizlenmeler gibi iki boyutlu hatalar ve sıvı–katı kapanımlar, çökelleri içeren üç boyutlu hataları oluştururlar. Bunlardan noktasal hatalar renklenme sebebi olan renk merkezlerini oluşturduğu için en çok inceleneni olmuştur.

Cohen (1956) farklı jeolojik bölgelerden derlediği 6 ametist örneğinin 2000 ile 1400 Å° olan dalga aralıklarında absorpsiyon bantlarına rastladığını ancak tüm örneklerde 3400, 5400, ve 9500 Å° civarında maksimum seviyeye ulaşan absorpsiyon bantlarının element kirliliğinden kaynaklandığı sonucuna varmıştır. Bu kirliliği ametistin renklenme nedeni olarak belirtmiştir. Ametistin renk merkezleri olarak kabul ettiği 3600 ve 5400 Å° bantları oranının X ışınları uygulandığında belli bir süre artış gösterdiği daha sonra ise ilk halinden de düşük değerler sergilediği belirtilerek oranların aynı/yakın değerler gösterdiği bölgelerde benzer kirlilikler olduğuna işaret etmiştir.

Cohen ve ark., 1958 dört sentetik ve yedi doğal kuvars örneğinin kafes değişkelerini ölçmüşler ve a_0 ekseninin kirlilik içermeye çok fazla duyarlı olduğunu görmüşlerdir.

Barry ve Moore (1964), ametistteki renk merkezlerinin α -kuvars yapısındaki Si^{+4} ün yerini alan Fe^{+3} tarafından ortaya çıktığını ve merkezlerin habercisi olan iyonize radyasyonların etkisi tarafından oluştuğunu belirtmiştir. Bu Fe^{+3} merkezlerin, ametistin elektron paramanyetik yansımalarında baskın önemli bir rol almalarını sağladığını bildirerek, üç eşit Si^{+4} yerini düzensiz olarak Fe^{+3} tarafından işgal edildiğini ve bu durumda ametistin biaxial optik özelliğini açıkladığını belirtmişlerdir.

Lehman ve Moore (1966) doğal ve sentetik olan sarı ve mor renkli kuvarslarda yapılan EPR çalışmalarında biri Si^{+4} ün yerini alan diğeri ise atomlar

arsı boşluklara yerleşen Fe^{+3} merkezi ayırt etmiştir. Ametistin renginin atomlar arası boşluğa yerleşen demirden kaynaklı olduğunu belirtmiştir.

Schlesinger ve Cohen (1966), ametistlerde, Fe^{+3} atomlar arasındaki boşluktaki alkali iyonundan kaynaklanana 2250 Å^0 bandı, $2 \text{Li}^+ + \text{Fe}^{+3}$ ve elektron kapanımından kaynaklı 3430 Å^0 bandı, $2 \text{Na}^+ + \text{Fe}^{+3}$ ve elektron kapanımından kaynaklı 3570 Å^0 bandı ve Fe^{+3} ve elektronik boşlukla ilişkili 5450 Å^0 bandı olmak üzere dört bant tespit etmiştir.

Heinrich ve Shappiro (1966), Kolorado eyaleti yakınlarındaki Mc.Clure dağı alkali kompleksinin içerisinde yer alan demir madeni çevresindeki dayklarda ametist karbonitlerinin tipik örneklerine rastlamış ve bu depoların üç faz 1) hematitleşmiş ve feldipatlaşmış granitlerinin exomorfik zonları 2) kalsit-barit karbonitleri ve 3) ametist kuvarsin damarlarını içerdiğini bildirmiştir. Bu depoların magmatik durumda başlamış olduğu ve hidrotermalleride içerdiğinden söz etmiştir.

Lehmann (1971), ametistteki mor renginin, Fe^{+4} ün yapıda Si^{+4} yerine geçtiğini ve Fe^{+2} de atomlar arasındaki boşluklarda olduğu zaman, gerçekleşebileceğini belirtmiştir.

Lehman ve Bambauer (1973) kuvarsdaki mor renk için Si^{+4} atomunun yerini alan Fe^{+3} iyonu ve atomlar arası boşluğu dolduran Fe^{+2} iyonlarından oluşan bir model üzerinde çalışmıştır.

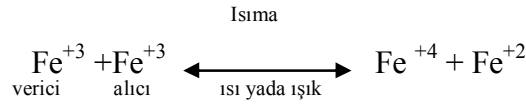
Cohen ve Hassan (1974), Si^{+4} iyonunun yerini alan Fe^{+4} iyonu ile atomlar arası boşlukta bulunan, Fe^{+3} iyonunun iyonize radyasyon uygulamasından sonra mor rengin oluşumu ile ilgili olduğunu kanıtlamıştır.

Hassan ve Cohen (1974), ametistin biaxial ve paleokrizma özelliklerinin, güçlü anizotropik renk merkezleri varlığı ve demir ile ortorombik ve düşük simetrisi ile ilgili olduğunu açıklamışlardır. Ametist renginin beyazlaşmasını sağlayan ısı ve optik uygulamaların her ikisinin de de biaxialliğin kaybolduğunu ametist kuvarsta görülen bu biaxial ve paleokrizma anomalilerinin renk merkezlerinin bir özelliği olduğu ve α -kuvars yapısının ait bir özellik olmadığını belirtmişlerdir.

Cohen ve Hassan (1974), Fe^{+2} ve Fe^{+3} iyonlarının her ikisinin de depolandığı sentetik α -kuvarslarda ve doğal ametistte çeşitli optik absorpsiyon bantlarının oluşması ve kaldırılmasındaki rollerini gözden geçirmişlerdir. Fe^{+3} iyonu içeren

sentetik α -kuvarsın pozitif rhombohedral büyüme alanlarında, iyonize radyasyon ile ametistin renginin oluşumu üzerine olan katkısını kanıtlamışlardır.

Lehman (1975), sentetik kuvars ve ametistte demirin renk merkezleri üzerine bir tartışma açarak, Barry (1965) e göre EPR çalışmaları ile açıkça yedek Fe^{+2} nin ametistin renk merkezinin başlangıcı olduğunu ve ayrıca ara Fe^{+3} in de katkıda bulunduğunu belirtmektedir. Ayrıca tek başına ara iyonların değil yedek Fe^{+3} ün de etken olduğunu belirten Lehman, ı ışık yada ısı ile Fe^{+3} birinin verici diğerinin de transfer edilen elektron alıcısı olarak davrandığından söz etmektedir.



Cohen (1975), Lehman (1975) in makalesine yanıt olarak Fe^{+2} nin bir ara değer olmasının ve 500 °C'nin üzerinde ısıtma da karasız kalmasının mümkün olamayacağını, eğer bu mümkün olsaydı, katyon boşluklarının kuvars içerisinde nispeten daha düşük sıcaklıklarda oluşacağından söz etmektedir. Ayrıca Lehman'ın Fe_2O_3 ün kahverengi partiküllerinin ametist içerisinde ara iyonlardan değil Fe^{+3} den oluştuğu iddiasını ispatlanmadığını belirtmektedir.

Leoffler ve Burns (1976), ametistteki mor rengin Si^{+4} ün yerini alan Fe^{+3} den kaynaklandığı modeli üzerinde durmuşlardır.

Cox (1977) ' ye göre de, ametistteki saflığı bozan madde Fe 'dir. Kuvarstaki silikon kısımlar içeren Fe^{+3} , radyasyonlaşma sonucu Fe^{+4} e dönüşür. Bu Fe için pek rastlanmayan bir valans durumudur. Doğal ametistlerde bu oksidasyon yine doğal radyasyonlaşma ile oluşur.

Nassan K., 1981 '' Doğal, ısıtılmış ve sentetik ametist, strin kuvars'' adlı çalışmalarında ametist ve strindeki renk merkezlerinden, sentetik ametist ve strin kuvars büyümelerinden, doğal ametist strin kuvars özelliklerinden ve iyileştirilmiş örneklerden söz etmektedir.

Birsoy (1983), bu konuda yaptığı çalışmasını şöyle özetlemiştir. Ametistlerde gözlenen 5500–5900 Å⁰ absorbsiyon bandının renk merkezi konsantrasyonu Fe, Mn ve Sb konsantrasyonları ile artmaktadır. Fe^{+3} , Al^{+3} ün yerini alabilmekte, buna karşın

Fe^{+3} ise atomlar arındaki boşluklarda yer almaktadır. Mn^{+2} de atomlar arası boşlukta bulunmaktadır. Yük ve iyon yarıçapı bakımından Sb^{+5} hem Si^{+4} ün yerini alabilir hemde atomlar arası boşluğa geçebilir. Mn^{+3} ve Mn^{+2} nin de, Fe iyonundan daha etkin olarak bu renge katkıda bulunmaktadır

Cohen (1985) kuvarsın uç ana rhombohedral yüzeylerin büyüdüğü ara Fe^{+3} kirliliği olan bu bölgelerde, demir içeriğinin Al^{+3} kirliliği içeriğinden fazla olması durumunda dumanlı renge bürünmesinin engellendiği ancak radyasyon varlığının dumanlı renge sebep olan tuzak alanlarının merkezini oluşturduğundan fazla demire rağmen dumanlı renk alabileceğini belirtmektedir. Demirin kuvars içerisinde Fe^{+2} , Fe^{+3} , Fe^{+4} şeklinde üç farklı değerde olabileceğini ve üç farklı değerde demirin de atomlar arası boşlukta yer alabileceğini ancak Fe^{+3} ün Si^{+4} ün de yerine geçeceğinde söz eder. Yüksek değerli iyon içeren demirin oyuklarda ve badem şekilli boşluklar ya da hidrotermal damarlar gibi yüzeye yakın şartlar altında büyüyen kuvarslarda bulunma eğiliminde iken iki değerlikli demirin derinlere yerleşen pegmatitik şartlar altında üretilen kuvarslarda hakim olduğunu belirtmektedir.

Adekeye ve ark (1986)' a göre, ametist renginin, atomlar arasında yer alan demirin yanı sıra iyonlaştırıcı ışımaya ve alüminyum da kuvars içerisinde bulunması sonucu oluşur.

Plath ve Lehman (1987) x-ray ışınları ile ametist kuvarslar üzerine uyguladıkları termoluminesansı ve sonuçlarını belirtmiştir.

Birsoy R.(1987) Doğal ametist ve renksiz kuvarsların absorpsiyon spektralarını analiz etmiş ve bunların kuvars yapısında yer alan demir, mangan ve antimuan gibi kimyasal kirliliklere göre kıyaslamıştır.

Hatipoğlu ve Gökçen (1999), Batı Anadolu Yarı Kıymetli Süs taşlarının Başlıca Mineralojik Jeolojik Ve Ekonomik Nitelikleri adlı çalışmalarında Batı Anadolu'da Aydın, Balıkesir, Bursa, Çanakkale, İzmir, Kütahya, Manisa ve Muğla bölgelerinde, çoğunluğu silikat gurubunda olmak üzere 26 adet yarı kıymetli süs taşı olarak değerlendirilebilecek mineral yatakları saptanmıştır. Bu yatakların coğrafik konumları, karakteristik özellikleri, boyutları doğada bulunuşları ve oluşum mekanizmaları bu çalışmalarında verilmiştir.

Balitsky ve ark.(2000), ametist renginin dört değerlikli silikonla üç değerlikli demirin yer değiştirdiği kuvars yapısı içerisindeki ışınım merkezlerinin oluşumuyla ortaya çıktığını, pozitif şarjın eksikliği, kuvars içine alkali metal iyonlarının (Li^+ , Na^+) ya da protonların (H^+) sunulması ile dengelenmekte olduğunu, ametist rengin gelişiminin iyonlaştırıcı ışımaya ihtiyaç duyduğunu belirtmiştir.

İçözü (2001), Anadolu' nun Gemolojik Potansiyelinin Artışında Etmen Olan Bazı Değerli Taşlar konulu tezinde Dursunbey, Balıkesir ametistlerinin bakışımı ve bakışimsız damar dolgusu, jeod, küresel yarı küresel yapıda dasidik ve riyoasidik Neojen yaşlı volkanikler içerisinde oluştuğunu ve içerisinde Al, Ca, K, ve Cl içerdiğinden söz etmektedir. Doğal ışım (radyasyon) nedeni ile renk zonlanması gösterdiğini, hidrotermal sürecin hipo ve mezotermal evresinde oluştuğunu, Balıkesir ametistlerinin mor rengine Fe^+ değil Sb^{+5} elementinin de sebep olduğunu, Kızıl ötesi spektrumunda 455 ve 780 cm^{-1} de tanı pikleri bulunduğunu bildirmiştir.

Kitawaki (2002), sentetik ametistlerle doğal ametistleri karşılaştırmışlardır ve renk zonlanmalarının ikizlenme çeşitlerinin ve infrered spektrumlarının farklı olduğunu ortaya koymuşlardır. 3543 cm^{-1} pikinin sentetikler için karakteristik olduğunu iletmektedir.

Balitsky ve ark.(2004)'a göre, doğal ve sentetik ametistlerde IR spektroskopundaki değerlerin 3000 ile 3800 cm^{-1} arasındadır. NH_4F de büyüyen kristallerin 3680, 3664 ve 3630 cm^{-1} , K_2CO_3 de büyüyen kristallerde ise 3595 ve 3543 bantları vardır. 3595 bandı sentetiklerde bulunmaz ancak 3543 bandının sentetik ametistin birçoğunda bulunurken bazen de doğallar da bulunabildiğinden kristalin içinde geliştirdiği yapıların inklüzyonların da birlikte kombine değerlendirilmesi gerekmektedir. .

Hatipoğlu (2003), Güğü Köyü Ametist Kristallerinin Değerlendirilmesi ve Yöresel Ekonomiye katkısı isimli bildirisinde ametist kristalinin içinde bulunduğu jeolojik ortam, mineralojik özellikleri ekonomik olarak değerlendirilmesine değinmiştir.

Hatipoğlu (2004a), Türkiye' de bulunan süs taşı malzemeleri olan ametist, dumanlı kuvars, rubellit (pembe turmalin) ve kalsedon örnekleri renklenme ajanları

araştırılmış ve mevcut renklerin koyuluğunu artırmak için kimyasal analizler yaparak gama beta ve nötron ışınları ile ışınlamıştır.

Hatipoğlu (2004b), Doğal Taş Sektörünün Dergisi Mermer de yer alan ametist adlı yazısında Süs taşlarının turizme ve yöresel ekonomiye olan katkısına, ametist kristalinin bazı mineralojik özelliklerine, kristalin değerli bir obje haline nasıl ve ne şekilde getirileceğine, gerekli ekipmanların neler olduğuna, maliyetinin ne kadar olacağına ve kısa-uzun vadede ekonomik ve sosyal getirilerine değinmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Çalışma konusu ile ilgili olmak üzere genel olarak harita, örnek alımı, laboratuvar ve çeşitli çizim çalışmaları yapılmıştır. Bunlar aşağıda arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç ayrı bölümde toplanarak anlatılmıştır.

3.1. Arazi Çalışmaları

2004 yılı Temmuz - Ağustos aylarında özellikle ametist damarlarının yer aldığı Güğü köyü ile Yukarı Yağcılar köyü, Alaçam Tepe, Çelikler köyü civarlarında yüzlek veren volkanik ve derinlik kayaçların izlendiği sahalarda, jeolojik haritalarda düzeltmeler (revizyon) ve örnek alım çalışmaları yürütülmüştür. Bölgede yer alan metamorfikler, kireçtaşları, volkanikler ve ametistlerden toplam 50 adet kayaç örneği derlenmiştir. 2005 yılı Temmuz ayı içinde arazi çalışmalarına devam edilmiş ve bölgedeki kuvars damarlarını içeren çatlak ve kırıkların tespiti için jeofizik çalışmaları yapılmıştır. Değirmenciler köyü, Kavak köyü, Gökçepınar köyü ve Yukarı Musalar köyü civarlarından 34 örnek alınmış ve 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarda revizyon çalışmalarına devam edilmiştir. 2006 yılı Temmuz ayı içinde ise Asarlık Tepe'deki ametist ve kuvars damarlarının yaşını belirlemek için termoluminesans yöntemini gerçekleştirmeye uygun karanlık ortamda örnek alımları yapılmıştır.

Çalışma alanındaki kayaçların adlandırılması için seçilen sistematik, yazarın adının ilk harfinin arkasına köy adlarının ilk harflerinin eklenmesi şeklinde olmuştur. Böylelikle sahadan alınan örneklerin harita üzerinde kolaylıkla bulunabilmeleri sağlanmaya çalışılmıştır. Buna göre Güğü köyünün kuzeyinden ve batısından alınan örnekler MG, Yukarı Yağcılar köyünün kuzey ve batısından derlenen örnekler ise MY harflerinden oluşan rumuzlarla numaralandırılmıştır. Çelikler köyünün genellikle güneybatısındakiler MÇ, Alaçam Tepe kuzeyinden toplanan örnekler MA, Değirmenciler köyü civarından derlenen örnekler MD, Kavak köyü civarından alınanlar MK, Gökçepınar köyü güneyinden toplanan örnekler MGP ve Yukarı Musalar köyü güneyi ve güneydoğusundan alınan örnekler ise MM rumuzları ile temsil edilmiştir.

3.2 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları ile bölgeden derlenen örneklerin 80 adedinden Çukurova Üniversitesi Kesit laboratuvarında ince kesitler hazırlanmıştır. Petrografik tanımlamalar yapmak üzere ince kesitler Leica marka DM/LSP model polarizan mikroskopta incelenmiş ve önemli olduğu düşünülen kesitlerden mineralojiyi ve dokusal özellikleri yansıtmak üzere 108 adet fotoğraf çekilmiştir. Bunlardan seçilen ve anlatılmaya değer bulunanları teze konmuştur.

İnce kesit incelemeleri sırasında rastlanılan optik engebesi yüksek, turuncu pleokroizma gösteren ve zonlu doku izlenen bir mineralin ne olduğu konusunda oluşan belirsizliği gidermek için Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında Raman Spektroskopisi ile çalışılmıştır. Raman Spektroskobu ile yapılan analizlerde HR-800 (Horiba-Jobin Yvon) Confocal Raman Spektrometresi (CSR) kullanılmıştır. Bu sistemde 633 nm dalga boyunda lazerle çalışan bir CCD (cooled Charged Coupled Dedector) ile spektrumlar elde edilmektedir. Lazer ışını 10x, 50x ve 100x büyütme uzun odaklı objektiflerle minerale odaklanmıştır. Bu büyütme 65mm ve 13mm çalışma uzaklığına olanak vermekte olup lateral çözünürlük sırasıyla 5 ve 2 mikrondur. Lazer ışınlarının polarizasyonu, örnek ortalama y yönelimine paralel olarak seçilmiş ve spektrumlar kesin (strict) backscattering geometri ile toplanmıştır. Fononun yükseklik değerleri Labsec 4.02 (Honba/Jobin-Yvon) program paketi ile elde edilmiştir.

Mineralojik ve petrografik çalışmalar sonucunda taze ve tazeye yakın örneklerden seçilen 30 adet kayaç örneği öğütülerek Kanada-ACME Analiz Laboratuvarlarına gönderilmiştir. Bu örnekler ana, eser ve nadir toprak element analizleri için ICP- MS yöntemi ile analiz edilmiştir. Naylon torbalara paketlenerek gönderilen örnekler bu laboratuvar tarafından; 0,2 gram kadar alınıp LiBO₂ ile eritiş yapılarak SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO ve Cr₂O₃ ana oksitleri ile Ba, Ni, Sc, Sr, Zr, Y, Nb eser elementleri için tüm kayaç ICP-ES yöntemiyle analiz edilmiştir. Toplam C ve Toplam S, Leco yöntemi ile analiz edilmiş ve bu değerler toplama ilave edilmemiştir. 0,5 gram örnek 95 °C’de 1 saat boyunca 3ml 2-2-2 HCl, HNO₃, H₂O₂ asitleri ile çözülmüş ve çözelti 10 ml’ye seyreltilerek

eser elementlerden Au, ppb cinsinden, Ag, As, Ba, Bi, Cd, Co, Cs, Ga, Hf, Hg, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Sr, Ta, Th, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Du, Ho, Er, Tm, Yb, Lu ise ppm cinsinden olmak üzere eser element ICP-MS yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Ametist kristalinin renklenme sebebini anlamak için renk derecelerine göre örnekler açık renkten (A) koyu renge (K) doğru gruplandırılmıştır. Ayrıca tek bir mineralde görülen renk farklılıklarına göre örnekler kesilerek öğütülmüş Çukurova Üniversitesi Jeokimya Laboratuvarında yapılan Atomik Absorbsiyon analizleri ile eser element değerleri belirlenmiş ancak bu laboratuvarı sadece Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Au, Ag, Al, Cr, Ni, Co elementleri analiz edilebilmiştir. Daha fazla sayıda (41 element) ve daha düşük dedüksiyon limitleri ile örneklerdeki eser element dağılımlarını görmek ve aralarında korelasyonlar yapabilmek için atomik absorbsiyon ile analiz edilen örnekler de dahil olmak üzere otuz dört adet örnek Kanada-Acme laboratuvarlarında ICP-MS yöntemi ile analiz edilmiştir. Yukarıdaki belirtilen kayaç ve damar örnekleriyle karşılaştırmaları sağlamak açısından Atomik Absorbsiyon analizleri tezde verilmemiştir. Acme Laboratuvarı'nda 1EX grubu analiz yöntemi eser elementlerin analizlerinde dedüksiyon limitlerinin düşük olması ve 41 element gibi çok sayıda elementin analizine olanak vermesi nedeniyle seçilmiştir. Bu yöntemde; 0.25 gram toz örneği buharlaşana kadar HNO –HClO –HF asitlerinin karışımı içinde ısıtılır ve kurutulur. Kalan kısım HCl içinde çözündürülür. Çözeltiler 41 element için ICP-MS yöntemi ile analiz edilir. Ancak çözeltiye geçme sırasında Cr ve Ba minerallerinde ve Al, Hf, Mn, Sn, Ta ve Zr için kısmi çözünme söz konusudur. Buharlaşma esnasında ise As, Sb ve Au elementlerinde bazı kayıplar olabilmektedir.

Örnekler içinde bir ametist damarından hazırlanan iki ince kesitte, ametistlerde renk oluşmasına sebep olan element veya elementlerin belirlenmesi amacıyla Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Elektron Mikroskop (SEM-EDAX) Laboratuvarında profiller boyunca element değişimleri ve element dağılımı haritaları elde edilmiştir. Ayrıca Raman spektroskopisi çalışmaları ile allanit (ortit) olarak belirlenen mineralde de mineralin ortasından geçen bir profil boyunca element değişimleri belirlenmiş ve ayrıca tüm mineralde element dağılım haritaları yapılmıştır. Tüm veriler gerek grafikler gerekse fotoğraflarla görsel hale getirilmiştir.

SEM-EDAX cihazına ait çalışma koşulları ise şöyledir: İnce kesitler EMS Altın-Karbon kaplama cihazında karbon buharı ile kaplanmıştır. Karbon kaplı örnekler ZEISS marka EVO 50 EP model taramalı elektron mikroskop ve onun üzerindeki BRUKER-AXS XFLASH 3001 SDD-EDS sisteminde 15 kv ivmelendirici gerilim ve 15 nA demet akımı altında noktasal analiz için 10–30 saniye ile element haritalaması için 2-4 dakika sayma zamanı çalışma koşullarında analiz edilmiştir.

Sıvı kapanımları ile ilgili çalışmalar için iki adet ametist kristalinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde on dört adet sıvı kapanım üzerinde homojenleşme sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca üç örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Sıvı Kapanım laboratuvarında hazırlanmış ve beş örnek üzerinde 60 adet sıvı kapanımda sıcaklık ölçümleri yapılmıştır.

Termoluminesans çalışmaları için alınan örnekler daha sonra bu konunun uzmanları ile yapılan görüşmeler sonrası, ölçülen yaşların çok genç yaşlar vermesinden dolayı bu yöntemin kuvars damarlarının yaşını belirlemek de yetersiz olabileceği anlaşıldığından uygulanmaktan vazgeçilmiştir. Ayrıca yapılan literatür araştırmaları sonucu Elektron Spin Rezonans (ESR) yönteminin daha iyi sonuçlar verebileceği görülmüştür ancak çalışmaya uygun örnek alımlarının çok özel koşullar gerektirmesinden dolayı bu çalışmaların daha sonra yapılmasına karar verilmiştir.

3.3 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları ile revize edilen jeoloji haritaları, stratigrafik istif ve diğer şekillere ait çizimler FREEHAND bilgisayar programı ile yeniden çizilmiştir. Analiz verilerinin bulunduğu çizelge ve diyagramlar EXCEL programında hazırlanmıştır. Jeokimya verilerinden hareketle volkanik kayaç sınıflamaları, levha tektonik ortam değerlendirme diyagramları EXCEL ve MIN-PET 2.02 programı ile yapılmıştır.

4. BÖLGESEL JEOLJİ

Balıkesir-Dursunbey-Güğü köyü civarında izlenen ametist-kuars ve kalsedonlu damarların daha ilk incelemelerde volkanik kayalar içindeki kırıklarda ve boşluklarda yer aldığı görülmektedir. Bu volkanik kayaların özelliklerini başka volkanitlerle karşılaştırabilmek için inceleme alanının jeolojisine geçmeden önce Batı Anadolu'daki volkanizmanın konumsal ve karakteristik özelliklerine genel olarak bakmak yararlı olacaktır.

Batı Anadolu magmatizmasının gelişimi en son Innocenti et al. 2005 tarafından özetlenmektedir. Bu yazarların görüşlerine göre; Anadolu-Ege alanı Avrasya ve Afrika levhalarının karmaşık olan yaklaşan ve çarpışan sisteminin bir parçasını oluşturur. Bu bölge en azından Eosen'den itibaren yitim zonunun G-GB'ya göçü ile karakterize olmaktadır. Sıkışmalı ve gerilmeli tektonik süreçler, ana Geç Kretase çarpışma olayından sonra gelişen karmaşık kinematik mikro levha etkileşimlerinin bir sonucu olarak gelişmiştir. Üstteki levha içinde çarpışma kenarı boyunca gelişen yaygın magmatizma, farklı petrojenetik eğilimi olan ürünlerin varlığı ile karakterize olmaktadır. Bu volkanik kayalar çok sıkı biçimde zamansal ve yersel olarak karşılaştırılabilirler.

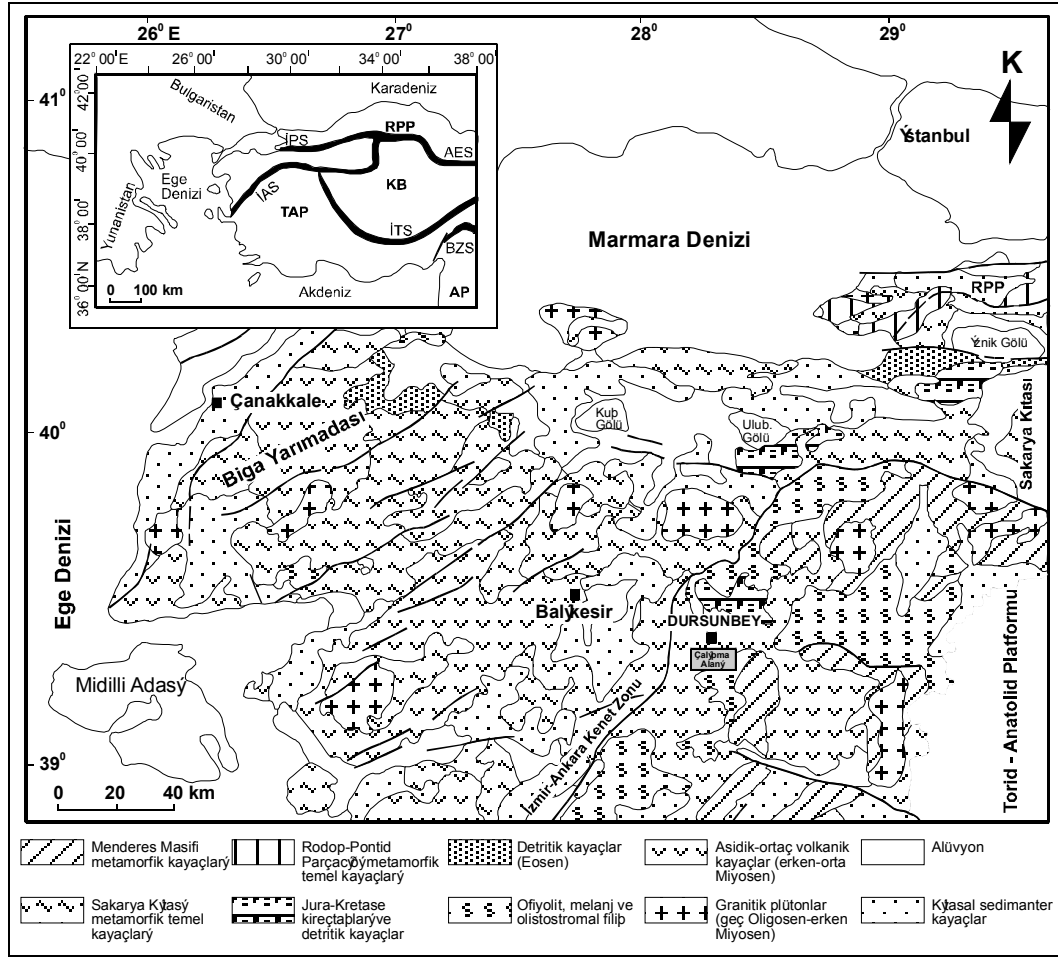
Geç Eosen-Orta Miyosen ve Kuvaterner yaşlı magmatik faaliyetlerin iki ayrı evresine bağlı baskın orojenik ürünler dışında bu volkanikler levha içi eğilimli alkali lavları da içerirler (Yılmaz et al. 2001). Alkali lavlar Geç Miyosen'den günümüze kadar çıkmışlardır ve bölgedeki tektonik rejimler içindeki hızlı değişimlerle bağlantılı biçimde ve jeokimyasal olarak farklı magma kaynaklarının faaliyetlerine işaret ederler. Ege –Batı Anadolu volkanik kuşağı Rodop Masifi-Trakya'dan güneye doğru Orta Ege Denizi- Batı Anadolu ve Güney Ege Aktif Volkanik Yayına uzanarak Üst Eosen'den günümüze kadar değişik yaşlar sunar (Fytikas et al. 1984).

Magmatizma üç farklı magmatik faaliyet evresi içinde gelişir. En eski evre Geç Eosen'de (yaklaşık 37 m.y.) başlar ve Orta Eosen'de (yaklaşık 14-15 m.y.) sona erer. Bu evre volkanik ve plütonik kayalarla temsil olunur. Magmatik ürünler orojenik bir karakter sunarlar. Petrojenetik olarak ise kalkalkalin ile baskın biçimde yüksek K'lu kalkalkalin hatta şösonitlere kadar değişirler. Andezit ve dasitler çok

yaygındır. Bazalt ve bazaltik andezitlere ise daha ender olarak rastlanır. Bu arada riyolitler başlıca Oligosen (Rodop Masifi) ve Erken Miyosen (Orta Ege Denizi ve Batı Anadolu) yaşlı ignimbiritik örtülerle temsil olunur. Rodop-Trakya sektöründe volkanizma güneye doğru göç eder ve gerek K_2O içeriğinde gerekse yayılan volkanik ürünlerin hacimlerinde bir azalış gösterir (Yanev et al. 1998). Batı Anadolu’da ise tersine K_2O içeriğinde bir artış gözlenebilir. İkinci volkanik evre Geç Miyosen-Erken Pliyosen arası ile sınırlıdır. Bu evre sodik veya potasik eğilimli orta derecede alkalın kayaların çıkışı ile karakterize olur. Üçüncü evre, Pliyosen ve Kuvaterner’de iki ayrı magmatik topluluk ile gelişir.

Güney Ege’de Ege Levhası’nın altına Afrika Levhası’nın yitimi sonucu aktif kalkalkalin volkanik kayalar gelişmiş iken Batı Anadolu’da (Kula Bölgesi) Na’lu alkali bazaltlar açık biçimde Okyanus Adası Bazaltları (OIB) karakteri ile oluşmuşlardır.

Genç 1998 tarafından Batı Anadolu ve kuzeybatı Anadolu’nun Neojen volkanik kayaları ve granitik Plütonları basit bir jeolojik haritasını Bayramiç magmatizması gelişimi anlattığı makalesinde Bingöl 1989 dan modifiye ederek vermiştir (Şekil 4.1). Harita üzerinde çalışma alanımız eklenmiştir. Bu makalesinde Oligosen ile Orta Miyosen arasında Batı Anadolu’da yaygın bir magmatik aktivite olduğu ve bu bölgede intrüzif ve ekstrüzif kayaların zamansal ve mekansal açıdan birbirleri ile ilişkisini belirtmiştir. Bu alanda magmatik aktivitenin Evciler graniti ve Alt Volkanik Topluluk(AVT) ile başlayıp Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Üst Volkanik Toplulukla (ÜVT) sona erdiğini söylemiştir. Evciler graniti ve AVT kayalarının Kuzey-Güney sıkışma rejimi altında litosferik manto kökenli bir magmadan türemeye başlayarak Oligosen-Erken Miyosen süresince giderek kıta kabuğu tarafından kirletildiğini ve çarpışma sonrası tektonik rejim altında oluştuğunu ileri sürmüştür. Magmatizmanın son ürünleri Geç Miyosen Pliyosen’de bazaltik lavlardır ve bunlar K-G yönlü gerilme rejimi altında oluşmuşlardır.



Şekil 4.1. Batı Anadolu ve kuzeybatı Anadolu'nun Neojen volkanik kayaları ve granitik Plütonlarının gösterildiği jeolojik harita. (Bingöl, 1989, Genç 1998'den modifiye edilmiş hali ile.)

Öte yandan Batı Anadolu'da etkin olan tektonik rejimler Savaşçın and Güleş, 1990 tarafından verilmektedir. Bu yazarlardan yapılan özete göre; sıkışmalı tektonik rejim ile ilişkili volkanitler kalkalkalin karakterli iken gerilme rejimi ile bağlantılı olanlar başlıca alkalin karakterlidir. Ancak bazı gerilme ile ilişkili volkanitler de kalkalkalin karakter sergilerler. Bu durum da Batı Anadolu'da sıkışmalıdan gerilmeli tektoniğe geçişin her yerde kalkalkali karakterden alkali volkanizma ile geçişli olmadığını gösterir. Bir başka deyişle kalkalkali volkanizma yersel olarak da olsa gerilmeli rejimin başlamasından sonra da hala devam etmiştir.

5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ, MİNERALJİSİ ve PETROGRAFİSİ

5.1. Stratigrafi

Çalışma alanını da içine alan bölgede daha önce çeşitli jeolojik çalışmalar yapılmıştır. Ancak inceleme alanı, Akdeniz ve Konak (1979) tarafından Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerini içine alan bölgede yapılan haritalardan J21 a1 ve J21 a2 paftalarında yer aldığından ve birimler arası ilişkilerin en iyi sergilendiği çalışmalardan birisi de bu çalışma olduğundan anılan yazarların stratigrafik istifine sadık kalınmıştır (Şekil 5.1). Çalışma alanının jeolojisi verilirken bu istifte yer alan formasyonlara aynen kullanılacaktır. Ancak volkanik ve derinlik kayaçları tez konusunu oluşturduğundan sadece bu kayaçların jeolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri ayrıntılı biçimde sunulacaktır.

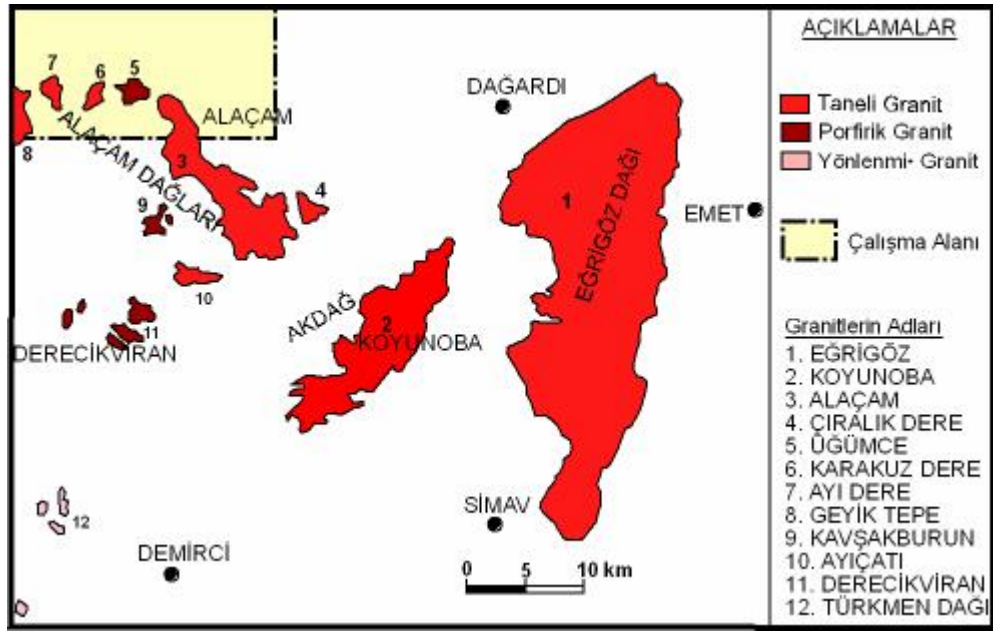
Bölgenin stratigrafi istifi şöyle verilebilir (Şekil 5.1). Temeli Alt-Orta Paleozoik(?) yaşlı Simav Metamorfikleri (Pzsm) oluşmaktadır. Bu metamorfikleri oluşturan kayaçlar, kuvarsit, biyotit-muskovit şist, muskovit-kuvars şist, biyotitli-muskovit-klorit şist, granatlı şist, kuvars-albit-muskovit şist, kloritli kalk şist, amfibolit, aktinolit şist ve biyotitli gnayslar olarak ayırtlanmıştır (Akdeniz ve Konak, 1979). Bu metamorfikler içinde, amfibolit-aktinolit şist, metadunit, metaanortozit, serpantin ve talk şist merceklerinden oluşan Kulat üyesi (Pzsmk) ve bant ile mercek şeklinde arakatıklar sunan kristalize kireçtaşı üyesinin (mermer) (Pzsmm) olduğu belirtilmektedir. Bu metamorfiklerin üzerine karbonat oranının giderek artması ile Alt-Orta Paleozoyik (?) yaşlı Balıkbaşı Formasyonu (Pzb) olarak adlandırılan koyu renkli, kıvrımcıklı, beyaz lamine, şeker dokulu ve bitümlü mermerlere uyumlu olarak geçilmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979). Bu formasyonun üzerinde ise diskordans ile Üst Paleozoyik-Alt Triyas (?) yaşlı Sarıcasu Formasyonu (Pzs) yer almaktadır. Sarıcasu Formasyonu; kuvarsit, kuvars-albit-klorit-serisit şist, kuvars-albit-klorit şist, kuvars-albit-muskovit-klorit şist, muskovit-klorit-kalsit-kuvars şist, metakonglomera ve fillitler ile bazik tüf ve lav akıntıları ve en üst düzeylerinde kristalize kireçtaşlarından oluşan birimlerden meydana gelmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979).

5.ÇALIŞMA ALANIN JEOLJİSİ, MİNERALJİSİ ve PETROGRAFİSİ
Meltem GÜRBÜZ

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALIN- LIK	L i T o l o j i
SENEZOYİK	K.Ü.		ALÜVYON TOKLAR GÖLÜ F.	20 80	Alüvyon: Boz renkli tutturulmamış kil, mil, kum ve çakıl Kaba Detritikler: alacalı tutturulmamış ince kum ve marn
	T.E.R.S.İ.Y.E.R.	MİYÖSEN	AKDAĞ VOLKANİKLERİ	850	Riyolit- Riyodasit-Dasit –Andezit
			CIVANADAĞ TÜFLERİ		Tüf-Aglomera : Beyaz, krem, bej, yeşilimsi renklerde, riyolit, riyodasit,dasit,andezit tüfleri çoğunlukla katmanlı ve kumtaşı marn mercekli
	PAL.		KIZILBÜK FOR. EĞRİGÖZ GRANİTİ	50	Kil -Marn- Killi Kireçtaşı – Kumtaşı ardalanması
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST	DAĞARDI MELANJI	400	Granit- Granodiyorit- Mikrogranit- Granitporfit- Aplit
	TRİ - JUR		BUDAĞAN KİREÇTAŞI	200	Kumtaşı- Grovak-Şeyl-Çamurtaşı-Tüfit-Radyolarit- Radyolaryalı kireçtaşı-Bazik ve Ultrabazik kayalar- Şist ve Mermer blokları – Çok renkli litolojiler, ilksel olmayan dokanaklar düzensiz stratigrafi etkin tektonik.
			KIRKBUDAK F.	70	Kireçtaşı: Açık gri bej, pembemsi bej renklerde mikritik, biyomikritik, sparit, sert kıymıksı kırılmalı, bazen dolomitize kontak metamorfik olduğu bölgede kristalize, orta katmanlanmalı
					Konglomera-Kumtaşı-Silttaşı-Grovak-Kumlu Kireçtaşı
? P A L E O Z O Y İ K			SARICASU FORMASYONU	1250	Kireçtaşı: Gri mavimsi renklerde, iri kalsit kristalli, çeşitli ölçeklerde mercekli Kuvarsit (mor renkli), Kuvars- Albit- Klorit- Serisit şist, Kuvars- Albit-Klorit Şist, Kuvars-Albit- Muskovit-Klorit Şist
			BALIKBAŞI F.	60	Zeytin yeşili, kirli krem, kahverengimsi, boz renklerde düşük dereceli metamorfizma, orta, iyi yapraklanma çift lineasyon 0.2-5 cm arasında albit porfiroblastları, ince bazik katkı
			S İ M A V METAMORFİTLERİ	750	Mermer: Koyu renkli beyaz laminalı, şeker dokulu,bitümlü Kuvarsit Biyotit-Muskovit Şist Granatlı Biyotit Şist Amfibolit- Aktinolit Şist Biyotitli Gnays
			Kulat üyesi	?	Kırmızımsı, yeşilimsi kahverengi renklerde mermer ara katkılı orta-iyi yapraklanmalı, sık kıvrımlı.

Şekil 5.1.Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti (Akdeniz ve Konak, 1979'dan değiştirilerek alınmıştır).

Bunun üzerine konglomera, kumtaşı, silttaşı, grovaklı kumlu kireçtaşı, kiltası, killi kireçtaşı ve algli kireçtaşından oluşan birimler ile temsil olunan orta Triyas-Üst Jura yaşlı Kırkbudak Formasyonu (Jk) diskordansla oturmaktadır. Bu formasyonun üzerine ise yanal geçişler göstererek uyumlu bir dokanak ile silttaşı-şeyl-kireçtaşı araldanması ve dolomitleşmiş kireçtaşı özellikleri sunan Üst Triyas-Üst Kretase (Maestrihtiyen) arasını temsil eden yaş konağına sahip Budağan kireçtaşı (Jkb) gelmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979). Yerleşim yaşı Üst Kretase (Maestrihtiyen)-Eosen başı olan Dağardı Melanjı (Kdm) ise kumtaşı, grovak, şeyl, çamurtaşı, tüfit, radyolarit, radyolaryalı kireçtaşı, bazik ve ultrabazik kayalar ile şist ve mermer bloklarından oluşan kayaları ile Budağan kireçtaşları üzerine tektonik dokanakla yerleşmiştir (Akdeniz ve Konak, 1979). Paleojen (?) yaşlı olduğu düşünülen Eğrigöz graniti (Teg) (yeni terminaloji ile granitoyid) granodiyorit, mikrogranit, pegmatit ve aplit gibi granitin türevlerini içerir. Akdeniz ve Konak (1979), yukarıda belirtilen Simav'dan Demirci'ye kadar uzanan bölgede intrüzif (sokulum) kayalarını taneli granitler, porfirik granitler ve yönlenmiş granitler olarak üçe ayırarak haritalamışlardır (Şekil 5.2). Bu granitoyid üzerine ise diskordans ile kiltası, marn, killi kireçtaşı ve kumtaşı araldanmalarından oluşan Orta-Üst Miyosen yaşlı Kızılbük Formasyonu (Tmk) gelmektedir. Daha üstte riyodasitik ve dasitik tuf ve aglomeralarla temsil olunan Orta-Üst Miyosen yaşlı Civanadağ tüfleri (Tmc) yer almaktadır. Bu tüfler Kızılbük Formasyonu ile yanal geçişlidir. Onların üzerine ise riyolit, riyodasit, dasit, andezit ve bazaltlardan oluşan Akdağ Volkanitleri (Tma) gelmektedir. Bu volkanitler de gerek Kızılbük formasyonu gerekse Civanadağ tüfleri ile yanal geçişlidir. Volkanizmanın başlangıcının Orta Miyosen olduğu ve ve Üst Miyosen sonlarına kadar devam ettiği belirtilmektedir. Tüm bu birimleri Kuvaterner yaşlı kaba detritiklerden oluşan Toklalgölü Formasyonu (Qt) ve aynı yaşlı alüvyonlar (Qa) örtmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979).



Şekil 5.2. Çalışma alanı ve civarında yüzeyleyen granitik kayalar (Akdeniz ve Konak 1979'dan alınmıştır).

5.2. Jeolojik ve Mineralojik-Petrografik İncelemeler

Çalışma alanı, J21-a1 paftasında Aktuzla Tepe'nin güneyi ve J21-a2 paftasındaki Savalar Tepe'nin güneyinden geçen D-B yönlü hattın kuzey kesimlerini içine almaktadır. Akdeniz ve Konak (1979) tarafından yapılan haritalar esas alınmış ve revizyonlar gezilebilen alanlarda birimler arasındaki sınırlar düzeltilmesi ve haritada belirtilmemiş olan bazı birimlerin sınırlarını çizerek gerçekleştirilmiştir (Ek-1). Revize edilen jeolojik haritalar içinde yer alan kayalar Stratigrafi Bölümü'nde belirtilen birim ve formasyonlardan sadece bazılarını kapsamaktadır.

Ayrıca yukarıda belirtildiği gibi tez konusu volkanik ve derinlik kayaların incelenmesini kapsadığından diğer birimler sahada gözlenmiş ve bazen örneklenmiştir. Alınan örneklerde ince kesit çalışmaları ile mineralojik ve petrografik özellikler de belirlenmiştir. Ancak örnek sayısının azlığı, birimleri tam anlamıyla temsil etmemesi

ve asıl inceleme konusu dışında olmaları nedeniyle jeolojik haritanın revizyonunda kullanılmakla beraber burada ayrıntıları ile verilmemiştir. Buna karşın derinlik kayaçları ile lav ve tüflerle temsil edilen volkanik kayaçlar ve onların içinde izlenen ametist, kuvars ve kalsedon damarlarından 80 adet örnek alınarak volkanik kayaç türleri ile mineralojik ve dokusal özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve aşağıda sunulmuştur.

5.2.1. Derinlik Kayaçları

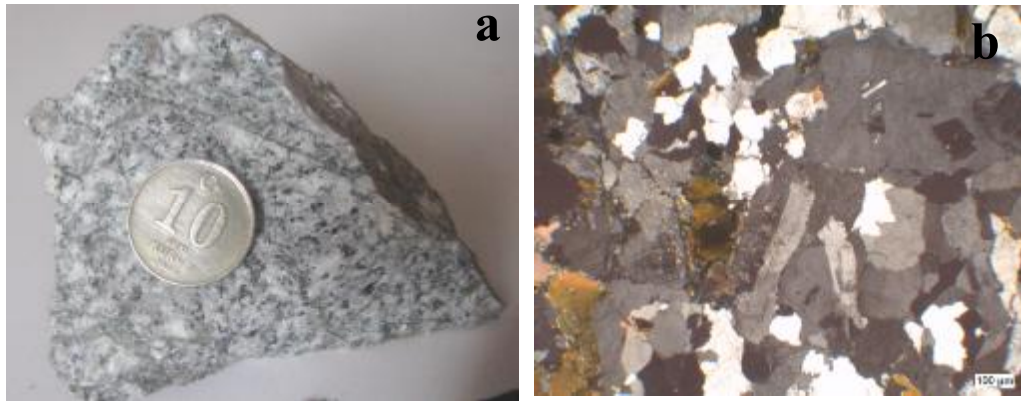
Çalışma alanının güney kesimlerinde ve özellikle Alaçam Dağları ve onun doğusunda izlenmektedir. Daha önceki araştırmacıların yaptığı haritalarda etraflarında skarn zonları belirlenmiştir (Ek-1). Kayaçlar mostra verdiği yerlerde gezilmiş ancak içlerinde ametist damarlarına rastlanmamıştır. Bu nedenle de çok ayrıntılı çalışılmamıştır.

Saha ve el örneklerindeki gözlemlere ve bu örneklerden yapılan ince kesitlerdeki mineralojik ve petrografik bulgulara göre üç tip belirlenmiştir. Birinci tip kayaç faneritik dokulu açık gri renkli olup içinde kuvars, feldispat ve biyotit mineralleri gözle görülebilmektedir (Şekil 5.3).

İncekesit çalışmalarında; özşekilsiz-yarıözşekilli, dalgalı yanıp sönmeler gösteren ve yer yer kümelenmiş durumda kuvarslar, yarı öz şekilli, öz şekle yakın iri kristaller halinde gözlenen ve pertitik dokular sunan iki ikiz bireyli kısmen serisitleşmiş ve killeşmiş ortoklazlar ve az miktarda mikroklinler, polisentetik(albit) ikizlenmeler gösteren biraz serisitleşmiş, öz-yarı özşekilli plajiyoklazlar ve özşekilsiz, yer yer kloritleşmiş ve dilinimlerinden itibaren bazen opaklaşmış ve içinde bazen zirkon, apatit ve opak mineral kapanımları içeren biyotitler ile biraz koyu yeşil pleokroizmalı, yer yer ikizlenmeler sunan hornblendler izlenir. Aksesuar mineraller olarak opak mineraller ve sfen içmektedirler. Kayaçların holokristalin dokuludur (Şekil-5.4 a ve b). Minerallerin çokluk oranlarına ve dokusal özelliklerine göre kayaç granit ve granodiyorit olarak adlandırılmıştır. Granitik kayaçlar içinde 1.5-2 metre kalınlığa varan açık renkli sokulumlar vardır (bakınız Şekil 5.3).



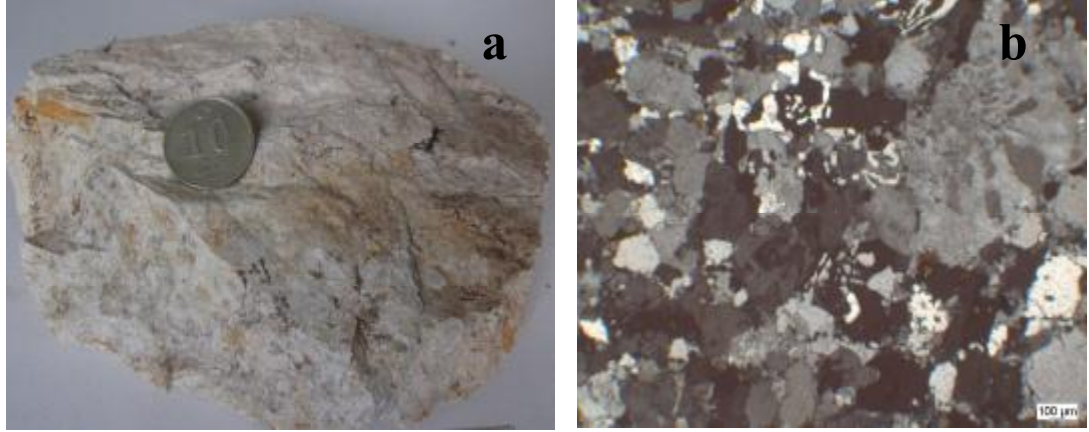
Şekil 5.3. Granitik kayaçlar (gri renkli) ve içinde açık renkli damar.
Alaçam yolu üzeri MA-1 örneğinin alındığı yer (bakınız Ek-1).



Şekil 5.4. a) Alaçam Dağlarından alınan granit el örneği (Örnek no: MA-1),
b) aynı örneğin incekesit görünümü (çift nikol)

Sahada ve el örneğinde mineralleri gözle görmek olası değildir. Bu örneklerin incekesitlerinde kayaçtaki minerallerin tane boyları granitlere göre daha küçüktür. İncekesitte özşekilsiz, dalgalı yanıp sönmeli kuvarslar ve özşekilsiz, pertitik dokular sunan alkali feldispatlar, yarı özşekilli polisentetik ikizlenmeli plajiyoklazlar ve az oranda biyotit ve opak mineraller gözlenmektedir. Tipik olarak grafik dokular

görülmektedir (Şekil 5.5a ve b). Bu nedenle, bu damar kayacı saha gözlemlerine göre aplit olarak adlanmaya yakın olsa da mikroskopik olarak gözlenen grafik dokulardan dolayı kayaca granofir demek uygun olmaktadır.



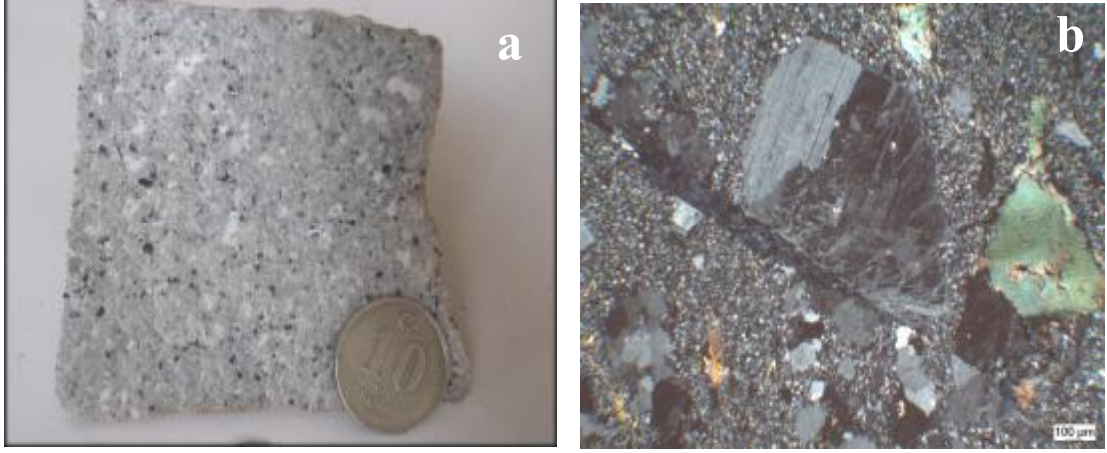
Şekil 5.5. a) Açık renkli damar kayacının el örneği (Örnek no: MA-2),
b) İncekesitte kuvars, alkali feldispatlar ve grafik dokular (çift nikol).

Ayrıca granitik kayaçların içinde yer yer porfirik dokulu derinlik kayaçlarına da rastlanmaktadır. Gri renkli bu kayaçta feldispat ve biyotit fenokristallerini görmek olasıdır (Şekil 5.6 a). İncekesitlerde ikizlenme ve zonlanma gösteren plajiyoklaz ve tek bağımsız kristaller halinde iri biyotit ile kuvars fenokristalleri ve onların kümelenmeleri dikkati çekmektedir. Yer yer tek mineraller halinde hornblendler de görülmektedir. Bunları arasında çok ince taneli bir hamur olarak biyotit pulcukları ve feldispat çubukcukları yer almaktadır (Şekil 5.6 b).

Bazı biyotitlerin içinde zirkon kapanımları bulunmakta olup biyotitlerin bazen ileri ölçüde kloritleştikleri de görülmektedir. Kayaç içinde zaman zaman ince çatlaklarda klorit ve kalsit dolgular ve saçılmış durumda öz şekilli opak mineraller de bulunmaktadır.

5.2.2. Volkanik (Yüzey) Kayaçlar

İnceleme alanı içinde lavlar ve tüfler olarak izlenen yüzey kayaçlar, Akdeniz ve Konak (1979) tarafından yapılan adlamalara sadık kalınarak aşağıda ayrıntılı olarak verilecektir.

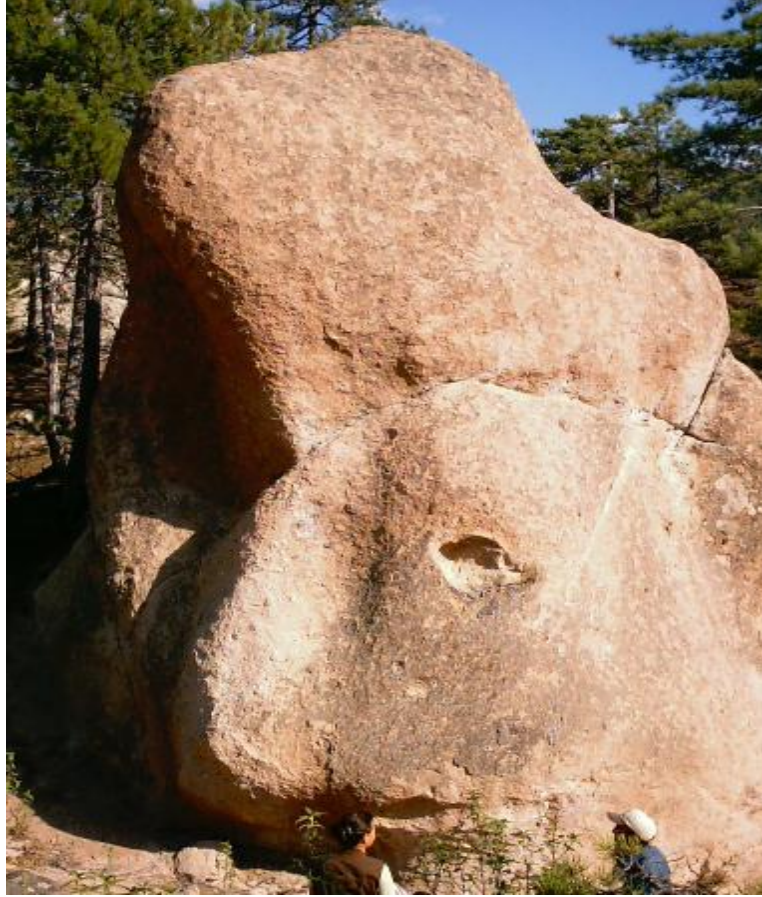


Şekil 5.6. a) Porfirik dokulu gri renkli kayaç (Örnek no: MA-3),
b)İncekesitte ikizlenmeli plajiyoklaz, kuvars, biyotit fenokristallerinin
arasını dolduran kuvars, feldispat çubukcukları ve biyotit pulcukları
(çift nikol)

5.2.2.1 Civanadağ Tüfleri

Çalışma alanında çok az bir kısmı J 21 a1 paftasında yer almakta olup büyük alanlar kaplayarak yüzeyleyen kısmı J21-a2 paftasındadır. Bu paftanın güneydoğu kesimlerinde daha fazla ve kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde ise daha az yayılım sunarlar (Ek-1). Beyaz, bej, pembe, kirli krem, açık gri renklerde izlenmektedirler (Şekil 5.7., Şekil 5.8.). Bazen tüfler içinde pümis parçalarına da rastlamak olasıdır (Şekil 5.9). Tüflerin içinde vesiküler (gaz) boşluklarına rastlanmaktadır (Şekil 5.10). Tüflerin bazı kesimlerinde birkaç cm kalınlıklarda gözlenen opal ve yosun opal-agat damarları da bulunmaktadır. Bazı kesimlerde tüfleri çekiçle kırmak zor olmakta ve tüfler eli çizmektedir. Bu da onların silisleşmeler içerdiğini göstermektedir. Gözle görülebilen mineraller kuvarslar, feldispatlar ve biyotitlerdir. Metamorfik ve volkanik kayaç parçalarını da tanımlamak olasıdır. Tüfler stratigrafik olarak altlarında bulunan Kızılbük formasyonunun sedimanter birimleri ile giriktir. Kızılbük formasyonu içinde koyu renkli silis damarcıkları da tüflerin ve sedimanter birimlerin silis getirimine uğradıklarının en önemli işaretidir. Bazı yerlerde içlerinde farklı büyüklük ve türden kayaç parçaları izlenen aglomeralarla birlikte görülmektedirler (Şekil 5.11). Bej,

duman rengi, yeşilimsi açık gri renkli aglomeralar içinde volkanik kayaç parçacıkları, şistler, ofiyolitik kayaç parçaları ve granitik kayaç parçaları izlenmektedir.



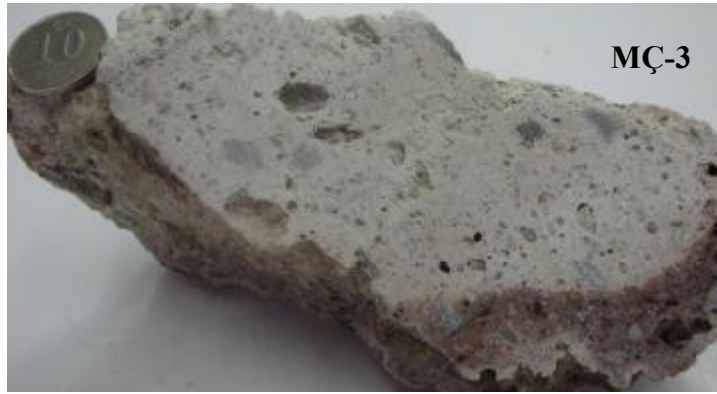
Şekil 5.7. Pembemsi, bej renkli tüfler



Şekil 5.8. Gri renkli tüfler



Şekil 5.9. Gri renkli tuf içinde pümis parçası

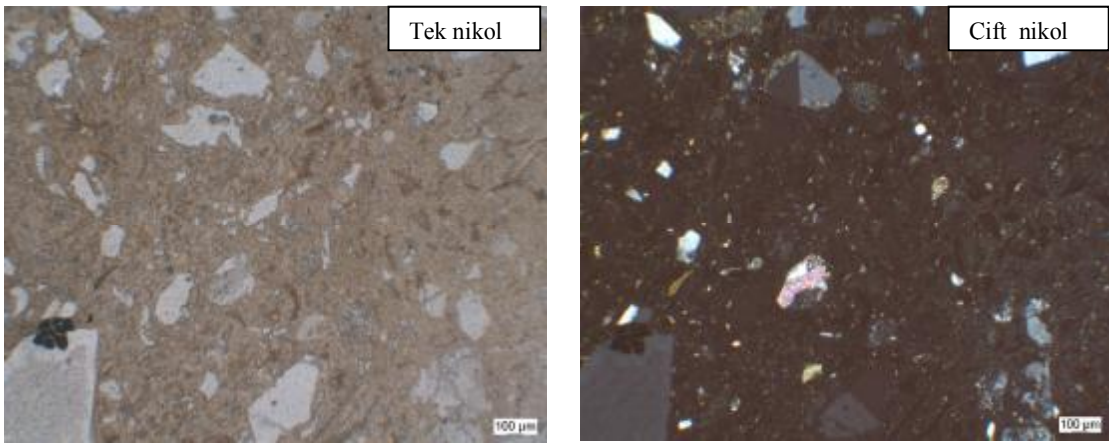


Şekil 5.10. Gaz boşlukları izlenen bej renkli tuf

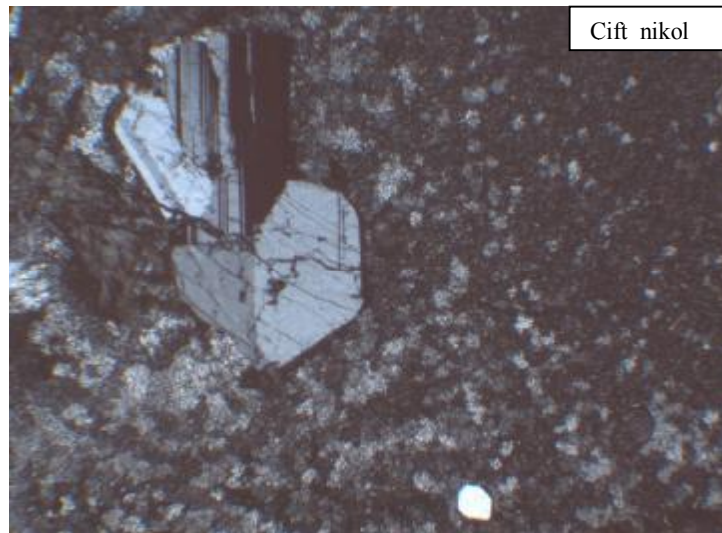


Şekil 5.11. Aglomera

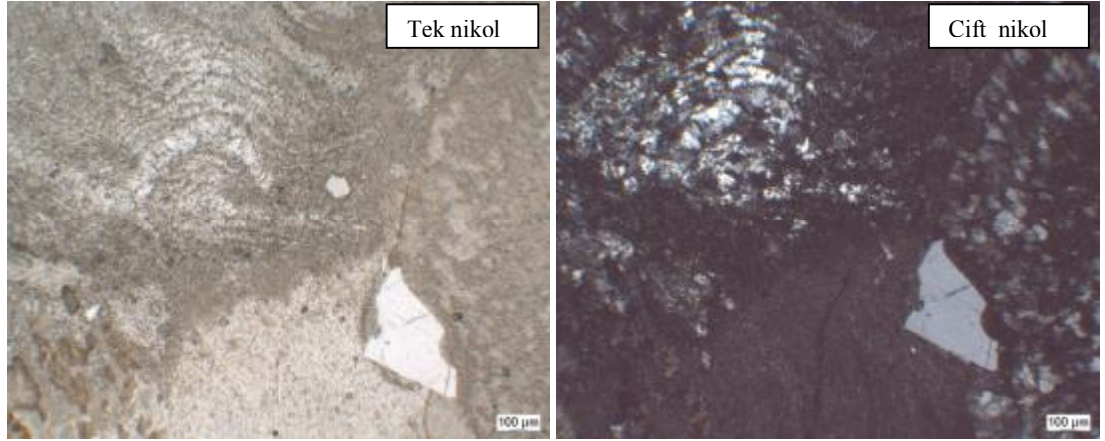
Mikroskobik incelemelerde tüflerde belirlenen belli başlı özellikler şöyledir: Tüflerin hamuru, volkan camı ve mikrolitlerden oluşmaktadır (Şekil 5.12) Volkan camının yer yer mikrokristalin kuvarsa döndüğü görülmektedir (Şekil 5.13). Vitrofirik bir hamur içinde konsantrik halkalı yapılara yani aksiolitlere rastlanmaktadır (Şekil 5.14). Hamur içinde y şekilli ve düz cam kıymıkları görülmektedir (bakınız Şekil 5.12). Ayrıca hamur içinde pümis kayaç parçaları izlenmektedir (Şekil 5.15).



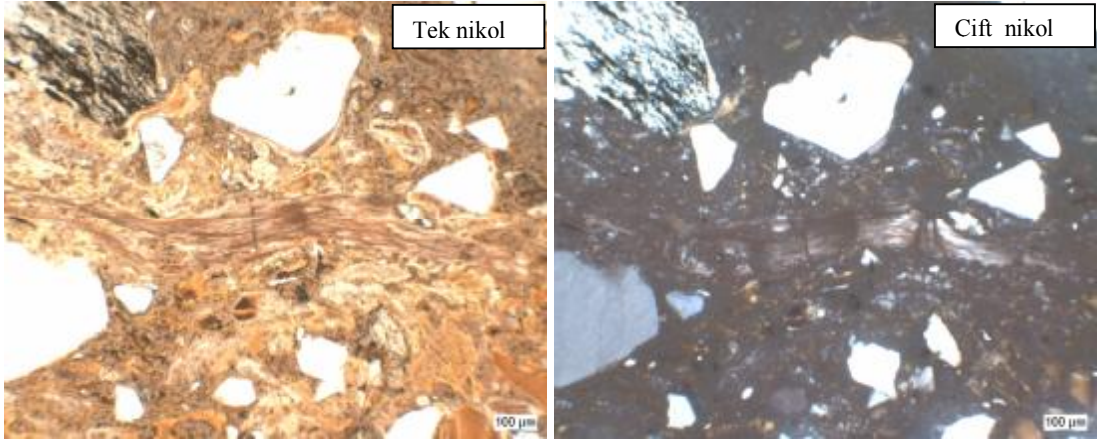
Şekil 5.12. Tüflerin volkan camı ve mikrolitlerden oluşan hamuru.
Hamur içinde y şekillerde sunan cam kıymıkları görülmektedir.



Şekil 5.13. Tüflerde volkan camının mikrokristalin kuvarsa dönmesi



Şekil 5.14. Tüflerin hamuru içinde yarı konsantrik halkalı aksiolitik yapılar

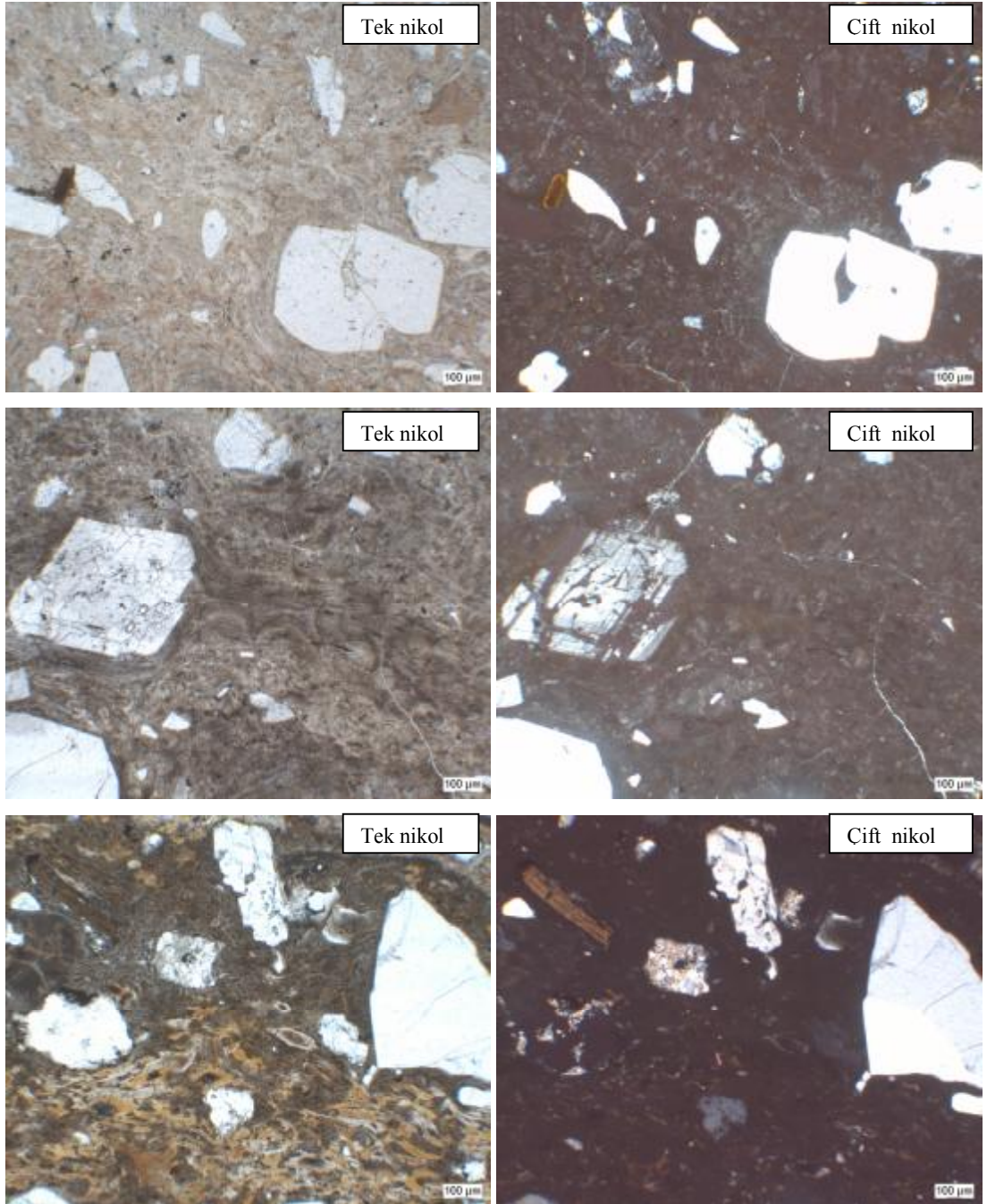


Şekil 5.15. Tüflerin hamuru içinde iğ şekilli pümis parçası

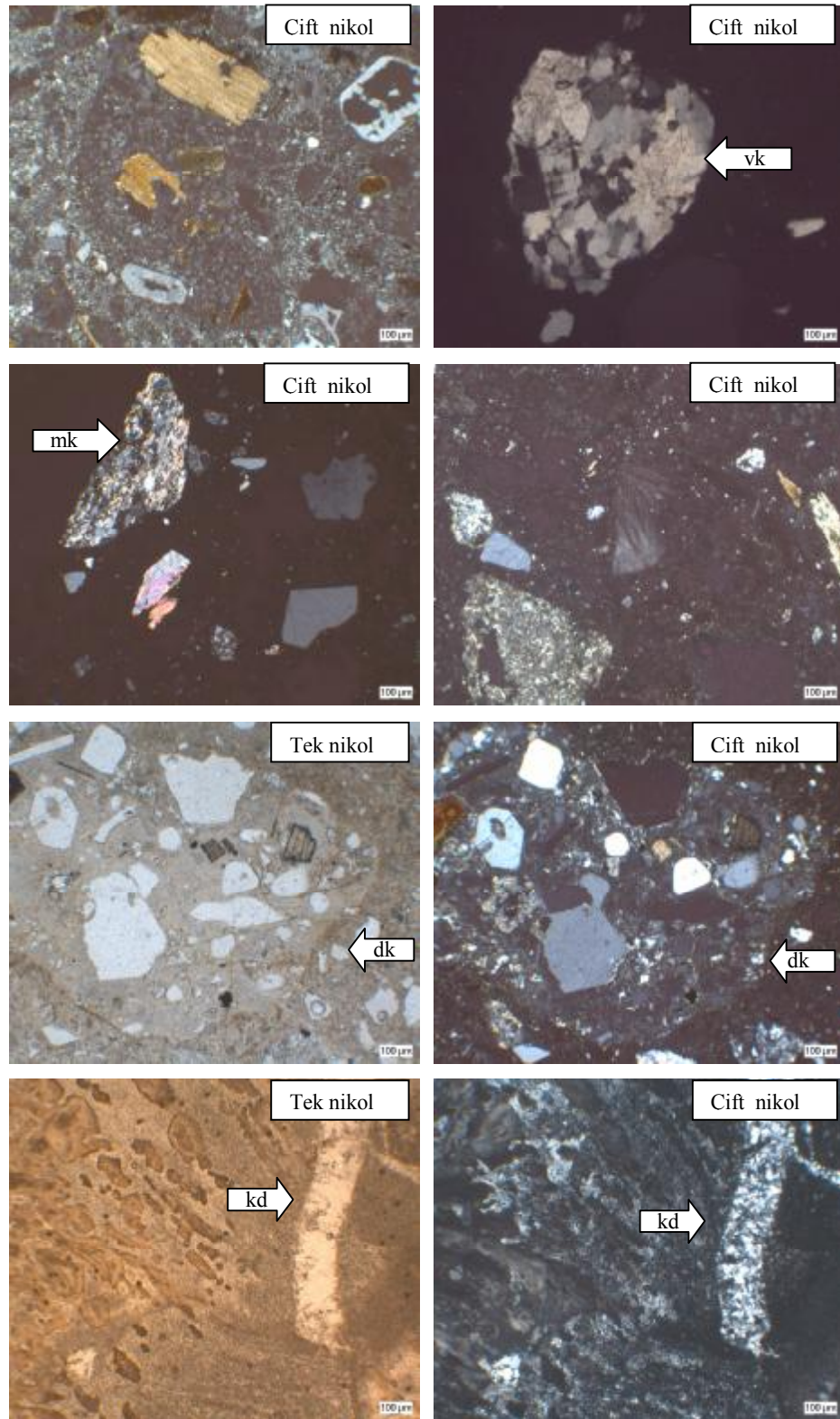
Hamura bütün olarak bakıldığında camsı malzemenin ve cam kıymıklarının fenokristaller etrafından dönmeler göstermesi nedeniyle tüflere kaynaşmış (welded) tuf denebilir (Şekil 5.16). Tüflerde fenokristaller olarak kuvars, plajiyoklaz, sanidin, biyotit ve ender olarak amfibol minerallerine rastlanır. Kuvarslar yarı öz şekilli olup ve genellikle korozyona uğrayarak kenarlarından itibaren kemirilmişlerdir (bakınız Şekil 5.14, 5.15 ve 5.16). Plajiyoklazlar öz-yarı öz şekiller sunar ve kenarlarından korozyona uğramışlardır genellikle albit ikizlenmelerine (bakınız Şekil 5.13 ve 5.16), bazen zonlu yapıları olanlarına da rastlanır. Sanidin fenokristalleri de tipik basit ikizlenme gösterirler ve hamur tarafından korozyona uğratılmışlardır (bakınız Şekil 5.12). Biyotitler yarı öz şekiller sunmakta yer yer opaklaşmalar göstermektedir

(bakınız Şekil 5.16). Fenokristallerin yanı sıra hamur içinde volkanik, metamorfik (şist) ve derinlik kayaç parçaları ile sferulit parçaları görülmekte ve içinde ince taneli kuvars damar ve damarcıkları da izlenmektedir (Şekil 5.17).

Yapılan makroskobik ve mikroskobik gözlemlere göre tüfler riyoitik ve dasitik tüfler olarak adlandırılabilir.



Şekil 5.16. Tüflerin hamurunda izlenen cam kıymıklarının fenokristaller etrafından dönmesi ile belirginleşen kaynaşmış tuf dokusu



Şekil 5. 17. Tüflerde gözlenen volkanik (vk), metamorfik (mk), derinlik (dk) kayaç parçaları ve kuvars dolgu (kd)

5.2.2.2. Akdağ Volkanitleri

Yapılan saha gözlemleri, el örneklerinin yakından incelenmesi ve mikroskopik çalışmalarla ile farklı mineralojik bileşim ve dokularda kayaçlar belirlenmiştir. Bunlar, daha sonraki bölümdeki jeokimya analiz verileri de dikkate alınarak andezit, dasit-riyodasit ve riyolitler olarak adlandırılmıştır. Güğü köyü civarında izlenen riyolitlerde ise mineralojik ve dokusal farklılıkla görülmektedir. Bu tür kayaçlar, riyolitlerden ayırmak için ametist ve kuvars damarlarının yoğun olduğu bölgedeki riyolitler şeklinde bir adlama kullanılmıştır. Volkanik kayaçlar haritalamada kayaç türlerine göre ayırtlanmamıştır. Alınan örneklerin yerleri Ek-1 deki haritada verilmiştir. Akdağ volkanitleri inceleme alanının güneydoğusu ve kuzeyinde izlenmektedir. Akdağ volkanitleri Kızılbük formasyonunun sedimenter birimleri ile aralanmalar göstermektedir(Şekil 5.18).



Şekil 5.18: Volkanik kayaç ile Kızılbük formasyonunun sedimenter birimleri arasındaki ilişki

Andezitler:

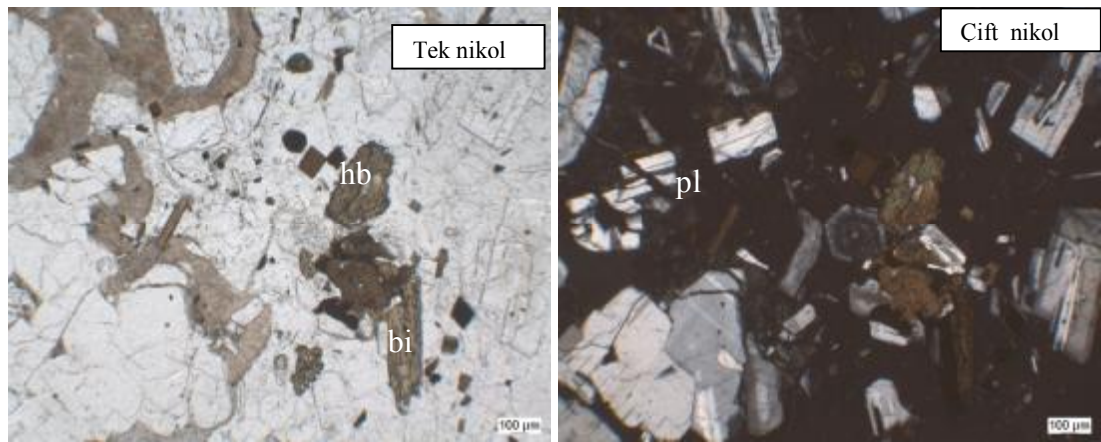
Sahada andezitleri grimsi yeşil ve kırmızımsı kahverengi renklerde porfirik dokulu olarak görülürler(Şekil 5.19). Blok şeklinde ayrışmalar gösterirler ve masiftirler.



Şekil 5.19. Andezit

Mikroskopik incelemelerde andezitler plajiyoklaz, biyotit, hornblend ve piroksen mineralleri ile az miktarda kuvars ve opak mineraller fenokristalleri oluşturmaktadır. Hamur bazen vitrofirik bazen de hiyalopilitik dokular ayrıca glomeroporfirik dokular göstermektedir (Şekil 5.20, 5.21 ve 5.22).

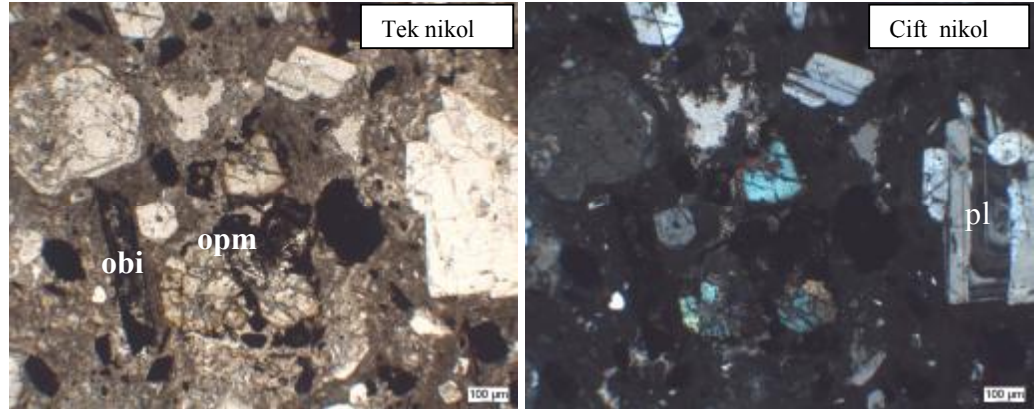
Plajiyoklazlar öz-yarı öz şekilli olup albit ikizlerine, zonlu dokulara rastlanırken hornblendler öz şekilli – yarı öz şekilli ve ikizlenmelidir. Piroksenler yarı öz şekilli olup kenarlarından itibaren amfibolleşmişlerdir.



Şekil 5.20. Andezit. Vitrofirik hamur içinde fenokristaller.
(hb: hornblend pl:plajiyoklaz, bi: biyotit)



Şekil 5.21. Andezit. Hiyalopilitik dokulu hamur içinde fenokristaller.
(hb: hornblend, pl:plajiyoklaz, bi: biyotit)



Şekil 5.22. Andezit. Hiyalopilitik- vitrofirik hamur içinde fenokristaller
(pi: piroksen, pl:plajiyoklaz, opm: opak mineraller, obi: opaklaşmış biyotit)

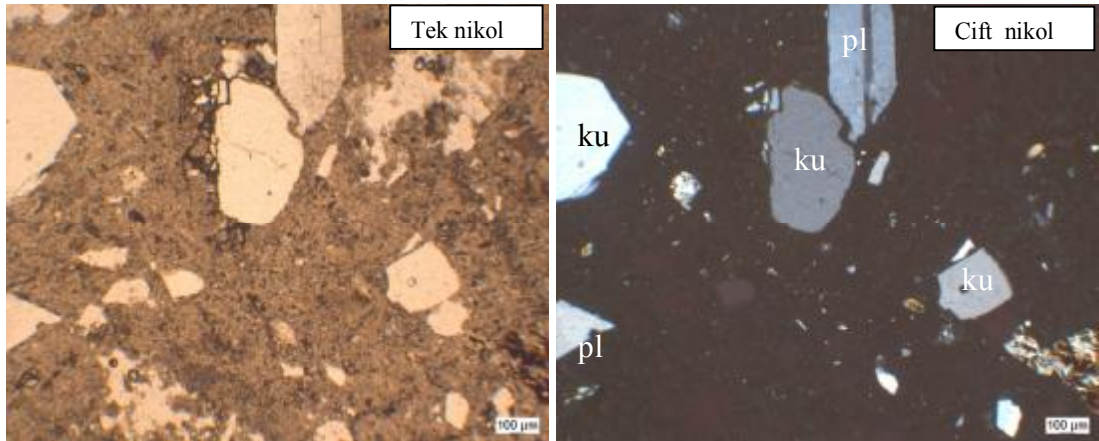
Riyolit ve riyodasitler:

Sahada riyolit ve riyodasitleri bej, kirli bej, gri, koyu gri ve bazen de kırmızımsı gri renklerde görmek olasıdır. Porfirik dokuları tipiktir ve kuvarslar, feldispatlar ve biyotitler göz veya lup ile tanınabilirler (Şekil 5.23). Opaklaşmış biyotitler de kolaylıkla fark edilebilmektedir.

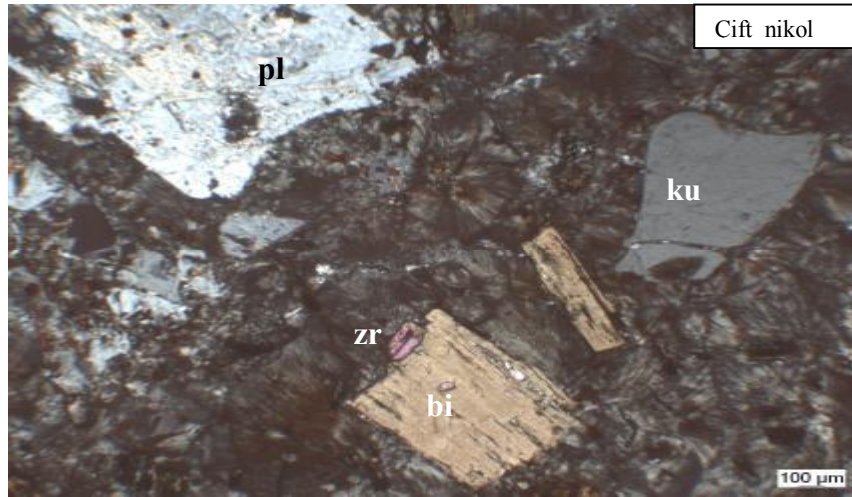


Şekil 5.23.Kirli bej ve gri renkli porfirik dokulu riyolit-riyodasitler

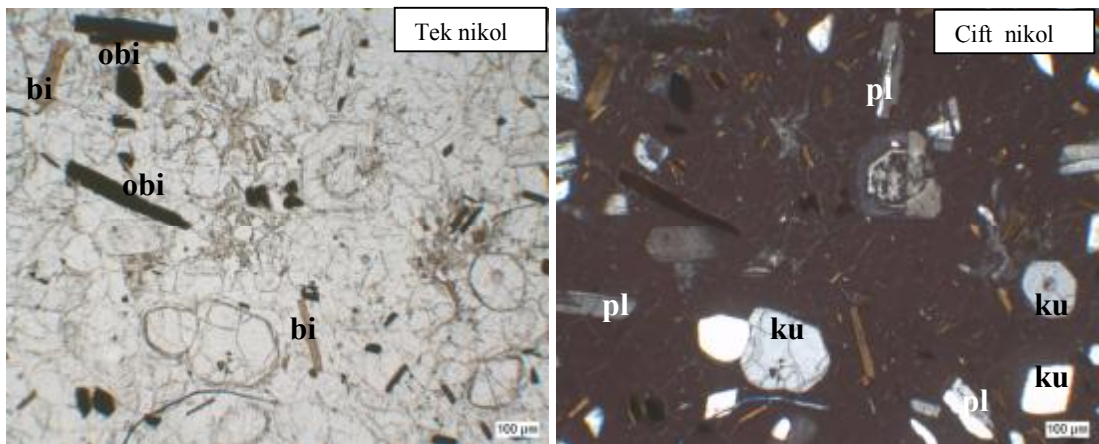
Bu kayaçların mikroskopik olarak incelenmelerinde kuvars, sanidin, plajiyoklaz ve biyotit fenokristallerine rastlanırken yer yer hornblend ve aksesuar olarak zirkon ve apatit görülmektedir. Kuvarslar korozyona uğramış olup yarı öz şekilli ve özşekilsizdirler (Şekil 5.24 ve 5.25). Sanidinlerde iki bireyli ikizlenmeler, plajiyoklazlarda albit ikizlenmeleri, zonlu dokular ve yaygın serisitleşmeler (Şekil 5.25), biyotitlerde yer yer opaklaşmalar izlenmektedir. Zirkon kapanımlarını da biyotitler kenarında ve içinde görmek olasıdır (Şekil 5.25). Hamur da volkan camı, sferulitler ve mikrolitler bulunmakta ve böylece kayaçta porfirik, hiyalopilitik ve vitrofirik dokular izlenmektedir (Şekil 5.24 ve 5.25). Bazı yerlerde perlitik dokular görülmektedir (Şekil 5.26).



Şekil 5.24.Riyolit. Vitrofirik hamur içinde mikrolitler. (ku: kuvars, pl: plajiyoklaz)



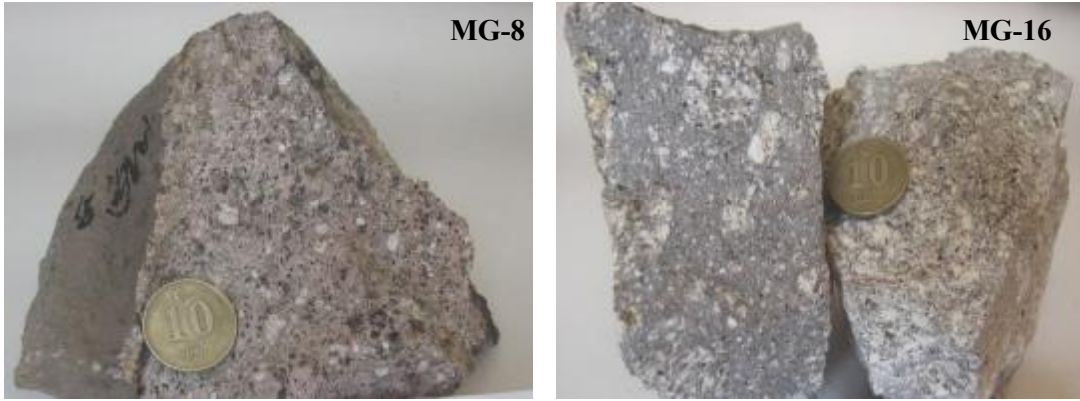
Şekil 5.25.Riyolit. Sferulitik hamur içinde fenokristaller. (ku: kuvars, pl: plajiyoklaz, bi: biyotit ve zr: zirkon)



Şekil 5.26. Riyolit. Perlitik hamur içinde fenokristaller.(ku:kuvars, pl: plajiyoklaz bi: biyotit, obi: opaklaşmış biyotit).

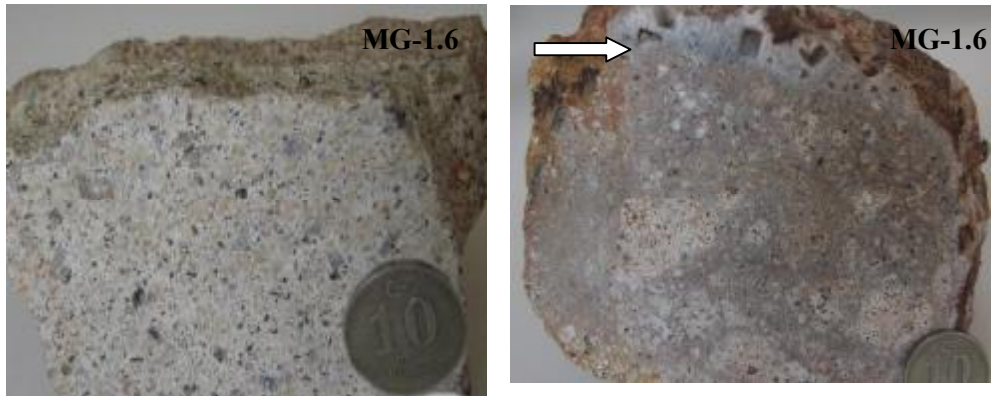
Ametist ve kuvars damarlarının yoğun olarak izlendiği yöredeki riolit ve riyodasitler:

Güğü köyünün kuzeyinde Asarlık ve Erikli tepe civarında kalsedon-ametist ve kuvars damarları riolit ve riyodasitler içinde yüzeylemektedir (Ek-1). Bu kayalar genellikle kırmızımsı bazen de gri renkler sunan porfirik kayalardır (Şekil 5.27). Kırmızımsı renk hematit ve limonitleşmelerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.27. Hematitleşmiş riolitler

Asarlık tepe kuzeyinde büyük ocak, bu tepenin hemen altında ise küçük ocak bulunmaktadır. Bu bölgede kayaların silisleştiği ve özellikle hematitleşme ve limonitleşmeler geçirdiği görülmektedir. Gri, kirli bej renkli riolitik kayalar bu nedenle kırmızımsı renk almıştır. Demirli ve silisli çözeltilerin etkiyemediği yerlerde kalıntılar halinde daha taze riolitik kayaları görmek olasıdır(Şekil 5.28).



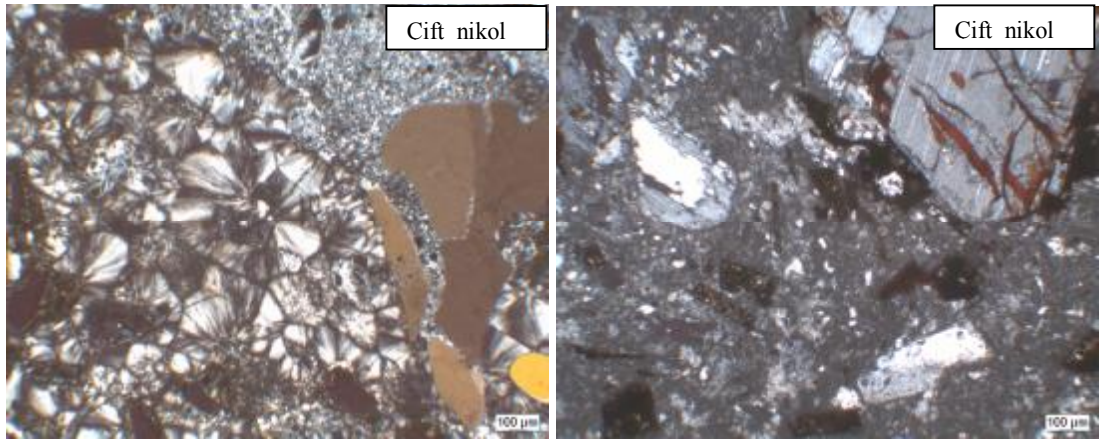
Şekil 5.28: Silisleşmiş ve hematitleşmiş riolitler. Kayacın üst kesiminde yoğun silisleşme belirgindir.

Bu kayaçların içinde K 35-75 B doğrultulu kırıklar görülmüştür (Şekil 5.29). Kayaçların kırıklandığı ve breşleştiği ve açılmış boşluklara kalsedon, ametist ve kuvarslar dolmuştur.

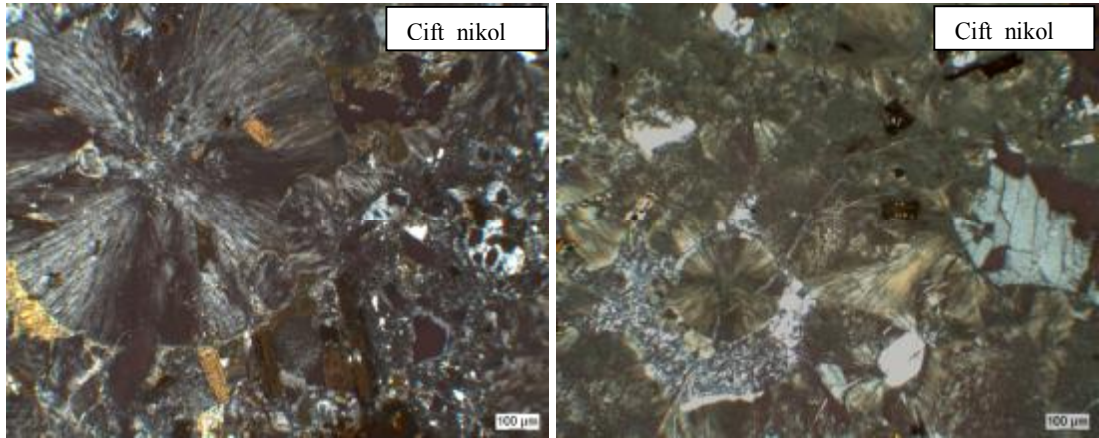


Şekil 5.29. Riyolitlerdeki kırılanmalar (Büyük ocak).

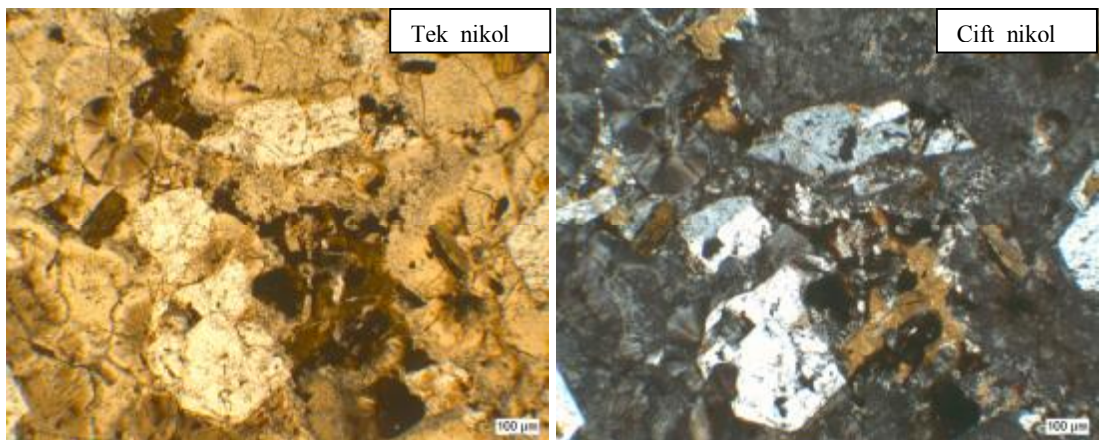
Damarların yakınından alınan kayaçlarda mikroskopik olarak bakıldığında yukarıdaki mineralojik ve dokusal özelliklere ilaveten başka özelliklerde görülmektedir. Kuvars fenokristallerinde kırılarak breşleşme ile plajiyoklazlarda kırılmalar sonucu çatlaklarına hematitlerin doldurması (Şekil 5.30), sferulitlerinin arasını ince taneli kuvarsların doldurması (Şekil 5.31), biyotitlerde opaklaşmalar (Şekil 5.32) ve plajiyoklazlarda serisitleşme (Şekil 5.33) taze riyolitlerden bu kayaçları ayıran en önemli farklardır. Bu kayaçlarda yer yer, mineral kimyası çalışmalarla da ispatlanan özşekli allanit kristallerine rastlamak da olasıdır (Şekil 5.34). Bu kayaçlarda kalsedonik büyümeler görülmektedir (Şekil 5.30 ve 5.35).



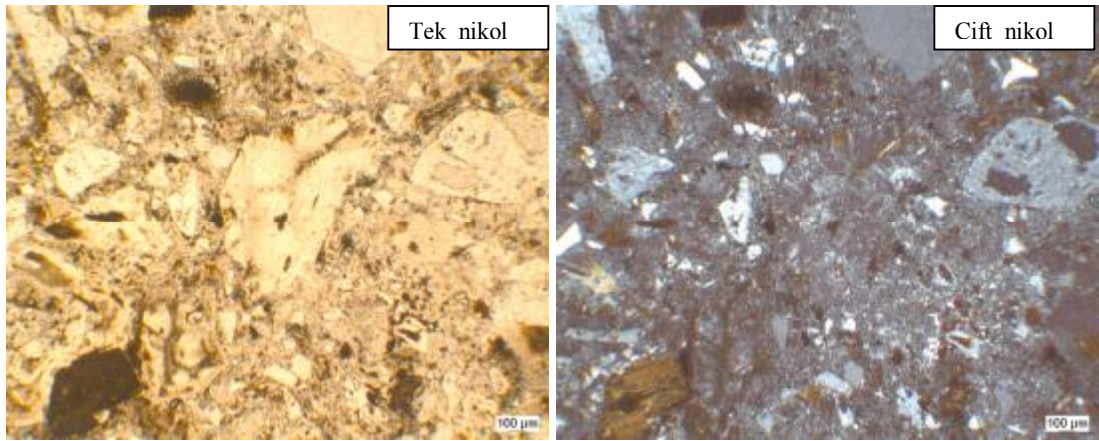
Şekil 5.30. a) Kuvarlarda breşleşmeler ve kalsodonlar,
b) plajiyoklazlarda kırılanma ve hematit dolguları



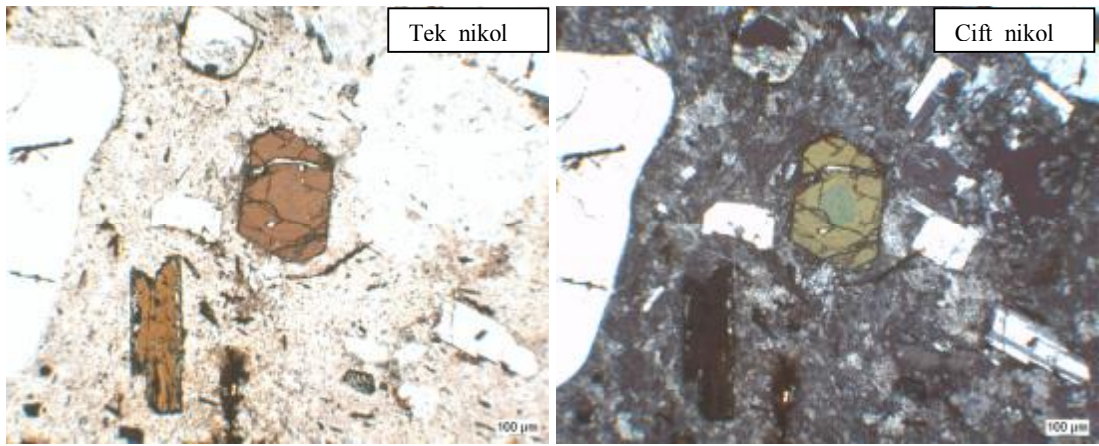
Şekil 5.31. Sferulitlerin arasını dolduran ince taneli kuvarslar



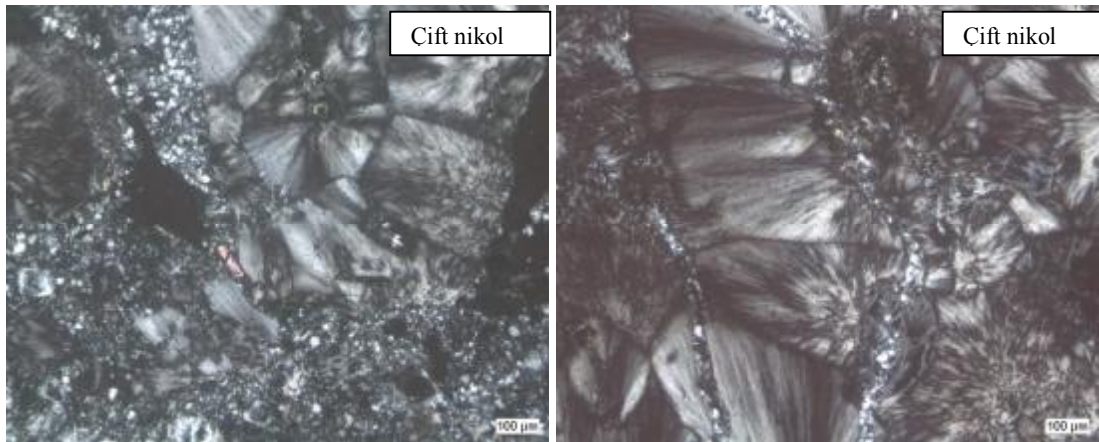
Şekil 5.32.Biyotitlerde opaklaşmalar



Şekil 5.33. Plajiyoklazlarda serisitleşme



Şekil 5.34. Riyolit içindeki allanit ve kenarlarından itibaren opaklaşmaya başlayan biyotit



Şekil 5.35. Kalsedonlar ve ince taneli kuvarslar

5.3.Mineral Kimyası

Mineral kimyası çalışmaları ile kayaların ince kesitlerinde mikroskopik olarak izlenen çeşitli minerallerin oluşum sırası ve her bir mineralde elementlerin merkezden kenara doğru, başka bir deyişle oluşumlarının başlangıç aşamasından bitiş aşamasına kadar nasıl bir elementsel değişim izlediğini anlama fırsatı ortaya çıkmaktadır. Burada maddi olanakların azlığı nedeniyle sadece bir biyotit minerali ve bir de allanit (ortit) minerali olmak üzere iki mineral ele alınabilmektedir.

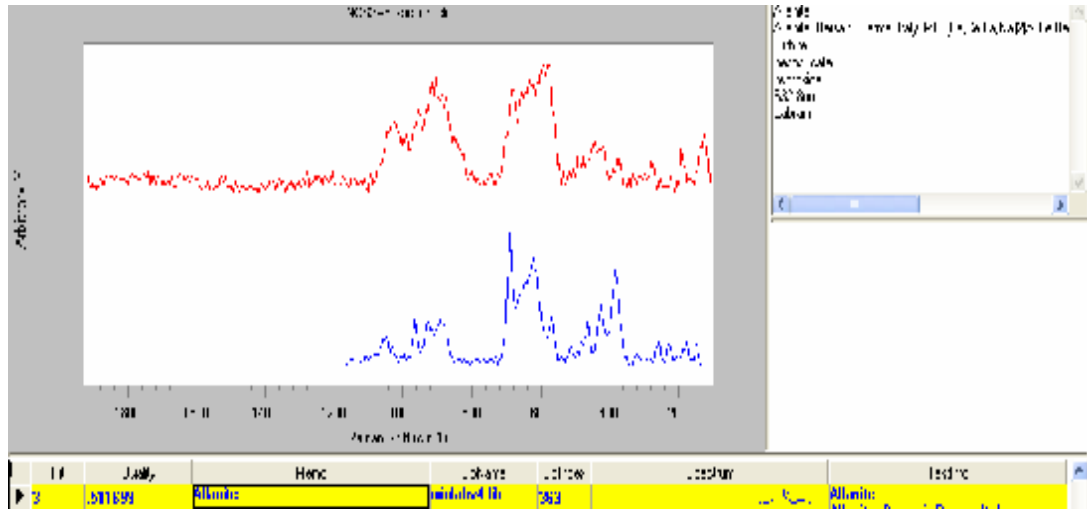
Özellikle biyotitlerin gelişimi için yukarıda belirlenen ve öne sürülerek yorumlanan özelliklerin tümüne ait verileri elde etmek olası olmamıştır. Ancak MG-14 nolu örnek ametist ve kuvars damarları içeren bölge içinde olması ve bu nedenle de ileride Jeokimya bölümünde yorumlanacağı gibi ilginç ana ve eser element içerikleri sunmasından ve aynı zamanda beraberinde allanit mineralini de bulundurması açısından mikroprob çalışması için seçilmiştir (Bakınız Şekil 5.34).

Çizelge 5.1 'den da açıkça görüleceği gibi biyotitin merkezinden kenarına doğru SiO_2 , Al_2O_3 ve TiO_2 değerlerinde hafif artışlar (% 0.30'u geçmeyen) görülürken MgO değeri % 1.5 (oransal olarak % 14'e yakın), Na_2O değeri de % 0.7 kadar (oransal olarak % 43'e yakın) azalışlar sergilemektedir. Fe_2O_3 değeri % 0.78 artarken (oransal olarak %3 civarında) K_2O değeri de % 0.78 (ama oransal olarak % 9'luk) bir artış göstermektedir. Sonuç olarak incelenen biyotitte oluşumundan itibaren kimyasal değişimler şöyle özetlenebilir: Na ve Mg değerleri hızla azalırken, başta K ve Fe'de daha yüksek olmak üzere Si, Al ve Ti da da bir miktar artış meydana gelmektedir.

Çizelge 5.1 Biyotitin merkez ve kenar zonları mineral kimyası

MG-14 (Biyotit)	Merkez (%)	Kenar (%)
SiO_2	36,57	36,83
Al_2O_3	13,53	13,89
MgO	11,07	9,57
Fe_2O_3	23,27	24,05
Na_2O	1,64	0,95
K_2O	8,81	9,49
TiO_2	5,11	5,22
TOPLAM	100.00	100.00

Daha önce ince kesit çalışmaları sırasında dikkati çeken ve optik özellikleri tanımlanan mineralin ne olduğu merak edilmiş ve Raman Spektroskopisi ile incelenmiştir. Buna göre mineralin tipik pikleri onun allanit olduğuna işaret etmektedir (Şekil 5.19).



Şekil 5.36. Allanite mineralinin raman spektrumu

Bu örnek elektron mikroskobisinde merkez ve kenarlarından birer noktada Elektron mikroskop-EDAX sistemi ile analiz edilmiştir (Çizelge 5.2). Ayrıca mineral boydan boya kat eden bir profil boyunca element değişimleri grafiğe alınmış ve element spektrumları elde edilmiştir (Şekil 5.37). Mineralde tümüyle element dağılım haritaları çizilmiştir (Şekil 5.38).

Mineralde belirlenen elementler SiO_2 , MgO , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , Y_2O_3 , La, Ce, Th, dur. Buna göre mineral allanit (ortit) olarak adlandırılmıştır. Mineralde SiO_2 , MgO , Y_2O_3 , La, Ce, Th element ve element oksitleri merkezden kenara doğru giderek bir miktar artmaktadır. Oysa Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 element oksitleri kenara doğru azalmaktadır. Element dağılım haritalarını oluştururken CaO , La, Y_2O_3 ve Ce elementlerinin dağılımında bazı alancıklarda parlaklık şeklinde farklılıklar görülmüştür. Bu parlak alancıklar sözü edilen elementlerin buralarda fazla olduğuna işaret etmektedir. Bu noktadan hareketle dört elementin yanı sıra P_2O_5 ve Cl elementlerinden de nokta analizleri yapılmıştır. Bu alanda monazit mineralinin allanit

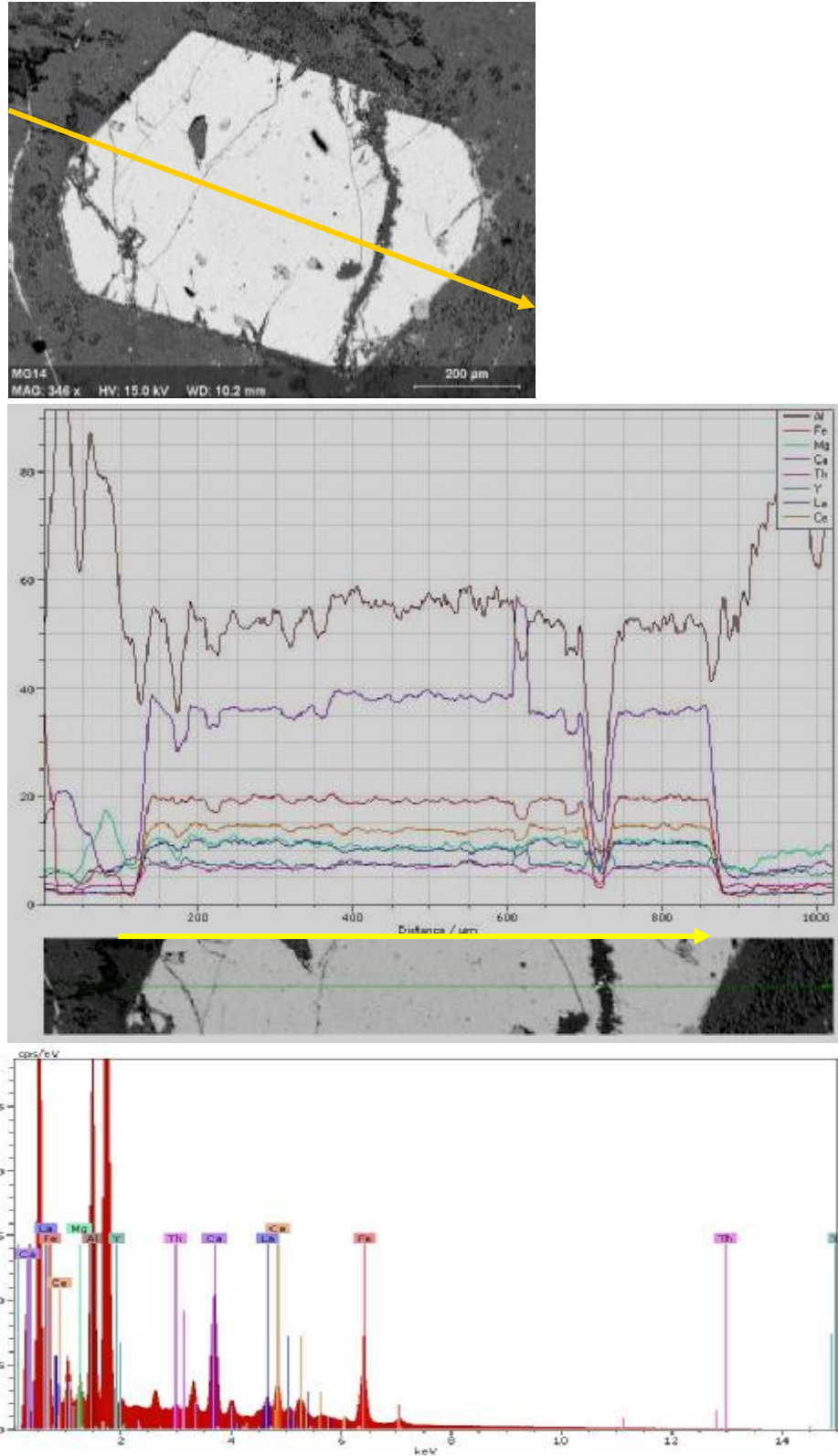
içinde ve kenara yakın kesimlerde kapanımlar oluşturduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge5 .2).

Çizelge5.2. Allanitin merkez ve kenarındaki birer nokta ile allanit içindeki monazit mineralinde yapılan mikroprob analizleri

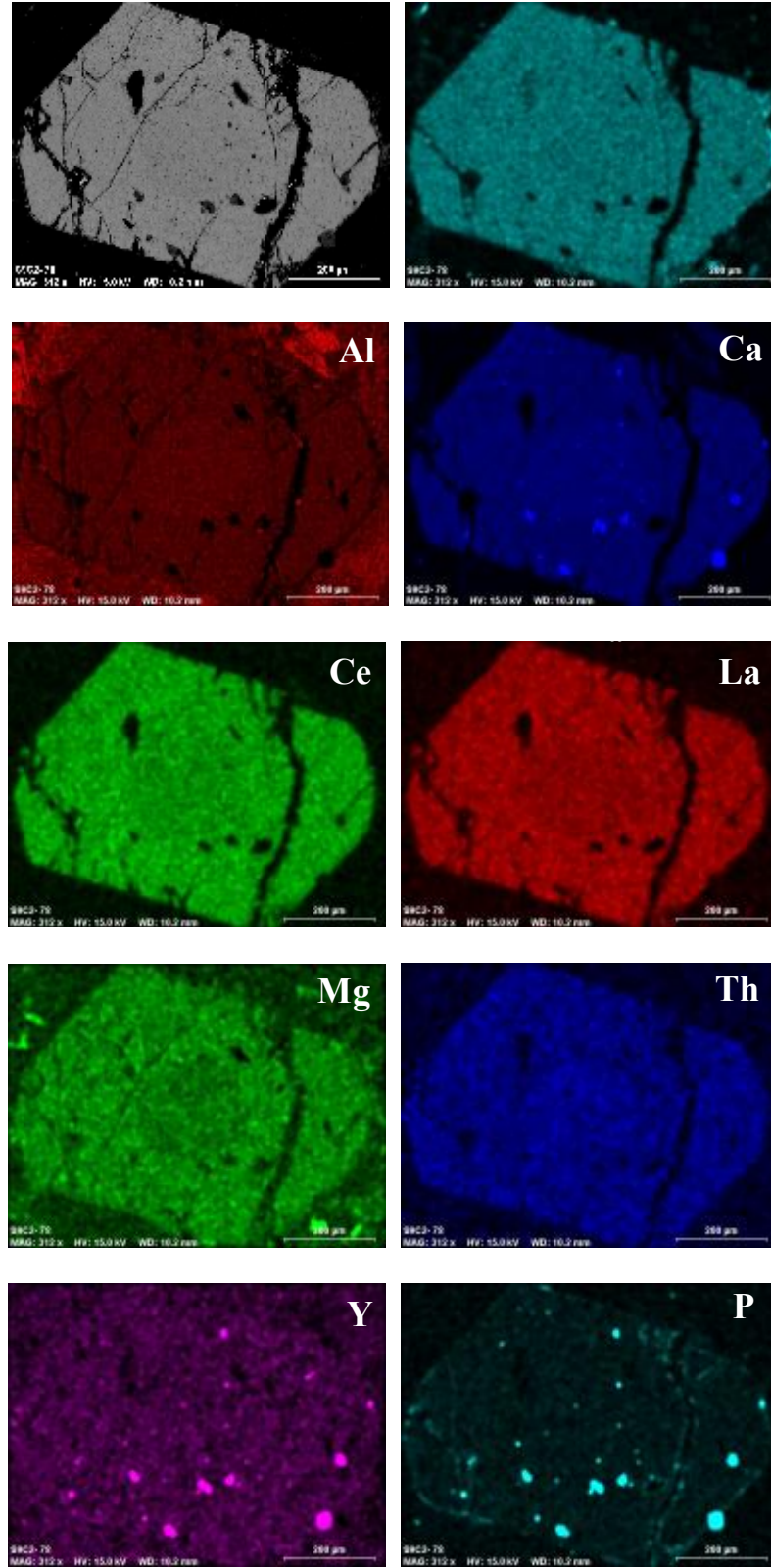
	Merkez	Kenar	Monazit
SiO₂ (%)	32,88	33,11	-
MgO (%)	1,26	1,61	~0,01
Al₂O₃ (%)	14,59	14,16	-
CaO (%)	11,20	11,00	58,00
Fe₂O₃ (%)	19,65	17,37	-
Y₂O₃ (%)	0,12	0,18	2,57
La (%)	8,02	9,03	0,13
Ce (%)	11,24	12,18	0,33
Th (%)	1,00	1,36	~0,01
P₂O₅ (%)	-	-	38,07
Cl (%)	-	-	0,90
TOPLAM (%)	100,00	100,00	100,00

Allanit içinde bir profil boyunca element değişimleri grafiğinde Si, Fe, Al, Ca, Mg, La, Ce, Y ve Th elementlerine ait pikler ve onları profil içindeki dağılımları açık biçimde görülmektedir (Şekil 5.37).

Element dağılım haritalarında aynı allanitin tümünde Fe, Al, Ca, Mg, Y, Ce, La, Th, ve P elementlerinin hangi bölgelerde ve ne yoğunlukta dağıldığını görmek olasıdır (Şekil 5 .38).



Şekil 5.37. a) Allanit minerali içinden alınan profil çizgisi,
b) Bir başka profil boyunca element değişimleri ,
c) a'daki profil boyunca çizilen spektrum.



Şekil 5. 38. Allanit mineralinde element yoğunlukları (elementler haritalar üzerine yazılmıştır).

6. JEOKİMYA

Çalışma alanından alınan örneklerin makroskobik ve mikroskobik incelenmelerinden sonra 30 adet örnek jeokimyasal değerlendirmeler ve sınıflamalar amacıyla Kanada Acme laboratuvarlarında ana, eser ve nadir toprak elementleri için analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 6.1, 6.2, ve 6.3’de sunulmuştur. Bu çizelgelerde analiz sonuçlarının yanı sıra kayalarda yapılan ince kesit gözlemleri, kayaların element içerikleri ve aşağıda kullanılan sınıflama diyagramları dikkate alınarak kayalar örnekleri andezit, dasit, riolit, kuvars ve ametist damarları civarındaki riolitler ve riolitik tüfler olarak beş gruba ayrılmıştır. Grup adları ile bu gruplar için kullanılan simgeler tüm çizelgelerde verilmiştir.

Ayrıtılan beş grup için ana ve eser elementlerden belirginleşen bazıları aşağıda kısaca değerlendirilecektir. Ana elementler açısından bakıldığında üç andezit örneğinde SiO_2 değerleri % 61-61.5 arasında olup tüm örneklere göre en düşük değerlerdir. TiO_2 ise % 0.63-67 değerleriyle diğer örneklere göre biraz daha yüksektir. CaO analizleri andezitlerde % 4-5 arasında ve MgO değerleri de % 2-3 arasında olup tüm örneklerden yüksektir. Na_2O ve K_2O değerleri andezitlerle diğer kayalar arasında belirgin bir fark göstermemektedir (Çizelge 6.1). Andezitlerde eser element olarak Rb değerleri 50-96 ppm ile diğer örneklere göre en düşük değerlerdir (Çizelge 6.1). Co ve V elementleri andezit örneklerinde sırasıyla 13 ve 103 ppm ‘e varan değerlerle diğer örneklere göre nispeten daha yüksektir. Andezitlerde W değerleri 1.6-1.9 ppm arasındaki, Cs ise 1.3- 66.6 ppm arasındaki analiz sonuçlarıyla yine diğer tüm örneklere göre en düşük değerleri sunmaktadır (Çizelge 6.2).

Dasit grubundaki aşağıda ayrıntıları verileceği gibi bazı ana element değerleri andezitlerdeki aynı ana element değerlerinden biraz düşük, geri kalan ve genel olarak riolit olarak adlanabilecek tüm değerlerin ana element oksit değerlerinden biraz daha yüksektir. SiO_2 değerleri % 63.7 - 67.8 ve TiO_2 değerleri % 0.42 - 0.64 arasındadır. CaO ise % 2.84 - 4.76 arasında olup andezitlere göre biraz daha küçüktür. MgO analiz sonuçları da % 0.9-2.12 arasındadır ve riolitlere göre yüksektir. Na_2O değerleri % 2.50 - 3.83 arasında olup riolitlere göre biraz daha yüksek ve K_2O analiz sonuçları ise 2.91 - 4.73 arasındaki değerlerle riolitlerin biraz altında yer almaktadır (Çizelge 6.1).

Riyolitik tüflere ait iki örnekte SiO_2 değerleri % 74.2 – 77.3 arasında tüm örneklerle göre en yüksekleri arasında yer almaktadır. TiO_2 değerleri % 0.1'den küçük olup diğer örneklerin en düşüğüdür. CaO değerleri riyolit örnekleri ile kıyaslanabilecek düzeyde iken MgO sonuçları % 0.2 'nin altında değerler sunmakta olup en düşük değerleri temsil etmektedir. Na_2O ve K_2O değerleri ametist ve kuvars damarlarının yoğunlaştığı bölgelerden alınan örneklerle değil diğer riyolit örneklerine benzemektedir (Çizelge 6.1). Eser elementler için sadece Co ve V değerlerinin diğer tüm örneklerden çok daha düşük olduğu gözlenirken Cs için iki örnekten birisinin 24.5 ppm gibi orta yükseklikte bir değer sunduğu görülmektedir (Çizelge 6.2).

Geriye kalan gruplardan içi boş kare sembolleri ile gösterilen 9 örnek (MG.1.1, MG-2; MG-5, MG-7, MG-8, MG-9, MG-12, MG-14 ve MG-16) ametist ve kuvars damarlarının yoğun olarak gözlemlendiği alanlardan alınmış örneklerdir. Bu örnekler de aslında riyolit (aşağıda verilen bazı sınıflama diyagramlarında genellikle dasit) olarak adlandırılmaktadır. Bu grubu diğer riyolitlerden ayıran en önemli özellikleri ise bazı ana ve eser element dağılımlarının onlardan farklı olmasıdır. Örneğin SiO_2 değerleri % 67.7 ile 76.6 ile diğer riyolitlerden ortalama olarak biraz daha yüksektir. CaO ve MgO analiz sonuçları ise bir örnek (MG-12) hariç % 0.75'in altındaki değerlerle riyolitlerden belirgin şekilde daha azdır. Na_2O değerleri yine MG-12 örneği dışında %0.7 'nin altında bulunarak en düşük değerleri sergilemektedir. Buna karşın K_2O analizleri % 6.41-9.70 arasında diğer tüm örneklerle göre çok yüksek değerler sunmaktadır (Çizelge6.1). Potasyum değerlerindeki yüksekliğe paralel olarak Rb da 471-780 ppm arası değerlerle diğer tüm örneklerle kıyasla çok yüksek değerler göstermektedir. Sr ise tersine 53-208 ppm arası oynamalarla en düşük değerler sergiler. Ba sonuçları 932-1244 ppm'lik değerlerle diğerlerine göre biraz daha yüksektir (Çizelge6.2). Eser elementlerden Cs değerleri bu grup örneklerinde 13-100 ppm arasında değişmekte ve diğer örneklerle göre belirgin biçimde yüksek değerler göstermektedir. W değerleri de bu grupta iki tane 5 ppm lik değerlerin dışında 10-67 ppm arasında değişerek oldukça yüksek değerler sunmaktadır.

Çizelge 6.1 . İnceleme alanından alınan kayaçlarda ana element analiz sonuçları

ELEMENTLER → ÖRNEKLER ▼	KAYAÇ ADLARI	SİMGESİ	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	A.K.	TOPLAM	Rb	Ba	Sr	Zr	Hf	Sc
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MG-1-1	Riyolit	□	71.98	13.14	40	3.10	.06	.62	.29	8.45	.02	.02	.002	1.7	99.77	619.1	932.1	52.9	172.7	5.4	6
MG-2	Riyolit	□	69.40	15.13	43	3.00	.24	.67	.65	8.91	.09	.04	.001	1.3	99.86	612.5	1102.9	125.7	185.8	5.5	6
MG-5	Riyolit	□	69.25	15.26	43	2.92	.11	.35	.70	9.70	.03	.02	.001	1.1	99.88	781.8	1186.4	80.9	195.9	5.2	6
MG-6	Andesit	●	60.94	15.91	67	5.22	4.03	2.92	2.95	2.80	.16	.09	.006	4.2	99.90	96.2	761.0	260.2	140.2	3.8	16
MG-7	Riyolit	□	67.76	13.23	40	6.15	.11	.75	.34	8.00	.15	.07	.001	2.9	99.86	589.3	1122.2	208.6	163.6	4.2	7
MG-8	Riyolit	□	69.58	14.71	42	3.00	.12	.56	.66	9.07	.02	.04	.001	1.7	99.88	707.4	1103.2	78.3	203.1	5.8	6
MG-9	Riyolit	□	73.58	13.38	38	1.23	.10	.32	.42	8.38	.09	.01	.001	2.0	99.90	606.7	1017.8	125.5	144.8	4.1	4
MG-10	Riyolit	■	70.42	13.99	43	3.16	1.81	.51	2.61	5.22	.15	.07	.002	1.5	99.88	260.4	1079.0	218.2	178.8	5.2	7
MG-12	Riyolit	□	67.60	14.13	43	3.22	1.76	1.42	1.44	6.41	.16	.03	.007	3.3	99.91	380.0	799.9	225.4	168.6	4.7	7
MG-14	Riyolit	□	76.78	10.51	33	3.17	.10	.22	.43	6.82	.04	.01	.003	1.4	99.81	471.8	730.0	73.6	120.7	3.6	7
MG-16	Riyolit	□	71.73	13.64	42	3.11	.30	.60	.58	8.34	.14	.02	.001	1.0	99.88	494.8	1244.7	93.5	151.0	4.4	6
MG-18	Riyolit	■	68.62	15.17	44	2.99	2.22	.76	2.85	4.47	.12	.02	.001	2.2	99.86	166.5	1264.4	281.3	166.1	5.1	6
MG-19	Riyolit	■	68.04	15.11	44	3.17	2.24	.70	2.68	4.44	.15	.02	.002	2.9	99.89	185.4	1036.7	272.5	165.7	4.9	7
MG-20	Riyolit	■	70.49	13.62	25	2.11	1.73	.72	2.64	4.59	.13	.04	.001	3.6	99.91	195.6	812.3	172.7	145.5	4.2	4
MG-21	Riyolit	■	69.32	14.50	44	2.59	2.21	.84	2.87	4.32	.14	.04	.001	2.6	99.87	167.9	1038.0	267.8	177.9	5.3	7
MY-2.1	Riyolit	■	69.82	14.15	23	2.01	1.75	.53	2.55	5.06	.12	.04	.001	3.5	99.77	196.1	748.6	168.6	137.3	4.5	5
MY-2.2	Riyolit	■	69.55	14.25	24	2.14	1.75	.52	2.61	5.03	.13	.04	.001	3.5	99.76	196.5	734.6	168.9	139.7	4.2	5
MY-2.4	Riyolit	■	69.78	14.47	24	2.07	1.55	.50	2.68	5.16	.09	.04	.001	3.2	99.78	199.6	785.7	166.7	142.4	4.4	5
MY-2.5	Dasite	▲	63.69	14.73	42	3.22	3.27	2.12	2.50	2.91	.13	.05	.009	6.8	99.87	115.3	876.2	301.6	167.6	4.8	7
MY-5	Riyolit	■	68.16	14.99	40	2.79	2.04	.86	2.52	4.62	.15	.02	.001	3.2	99.75	188.3	815.0	221.0	170.6	4.8	7
MY-7	Andesit	●	61.43	16.29	68	4.49	4.48	2.02	2.83	2.35	.15	.03	.002	5.0	99.75	50.7	745.4	349.7	174.3	5.4	14
MY-8	Andesit	●	61.57	16.57	63	5.19	5.12	1.97	3.02	2.51	.15	.08	.009	2.9	99.72	52.2	826.6	455.3	145.8	4.9	14
MY-10	Dasite	▲	62.80	15.96	63	4.82	4.76	2.05	2.83	2.98	.15	.07	.002	2.7	99.76	102.4	737.1	356.1	158.7	5.3	14
MGP-3.2	Riy. Tuf	◆	77.32	11.60	10	1.07	.77	.15	2.56	4.99	.02	.01	.001	1.4	99.99	157.0	281.2	61.3	102.7	4.1	2
MGP-6	Riy. Tuf	◆	74.18	10.01	.05	.66	1.65	.20	1.16	4.20	.01	.01	.001	7.9	100.03	157.5	112.3	41.1	68.3	2.9	2
MGP- 7	Riyolit	■	69.56	12.88	49	3.25	2.58	1.15	1.93	4.56	.14	.04	.001	3.2	99.78	145.8	1708.9	388.4	180.6	4.6	8
MM-3	Dasite	▲	65.82	15.27	.53	3.68	3.33	1.30	3.33	3.74	.17	.06	.002	2.3	99.85	131.0	1010.7	341.3	178.3	5.2	9
MM-8	Dasite	▲	65.67	15.77	.55	3.80	3.29	1.27	3.36	4.18	.17	.09	.004	1.7	99.85	148.8	1008.4	318.0	179.3	4.8	9
MM-9	Dasite	▲	67.85	14.30	44	3.33	2.84	.90	2.76	4.23	.15	.06	.001	3.0	99.86	174.7	1060.1	262.0	169.4	4.9	7
MD-4	Dasite	▲	63.39	16.58	.64	4.96	3.79	1.10	2.96	3.25	.15	.03	.004	2.9	99.75	111.3	728.4	330.9	170.4	5.4	15

Çizelge 6.2 . İnceleme alanından alınan kayaçlarda eser element analiz sonuçları

ELEMENTLER ► ÖRNEKLER ▼	KAYAÇ ADLARI	SİMGESİ	Cu	Pb	Zn	Cd	Ag	Au	Ti	W	Mo	Sn	Ni	Co	V	As	Sb	Bi	Ta	Be	Cs	U	Th	Y	Nb	Ga
MG-1-1	Riyolit	□	3.0	17.2	32	1	1.5	16.4	0.6	9.9	7	1	6.5	3.4	37	46.2	5.1	<1	1.3	1	86.9	3.5	18.7	15.6	12.2	14.8
MG-2	Riyolit	□	3.1	9.8	52	1	6.3	3.6	0.3	29.0	7	3	4.3	5.2	36	52.7	4.4	<1	1.4	2	50.6	5.8	21.6	19.8	14.3	16.5
MG-5	Riyolit	□	4.5	16.5	32	1	5.2	6.7	0.9	25.8	4	4	2.7	5.1	41	37.4	4.2	<1	1.7	2	48.0	6.5	24.5	24.9	15.7	17.7
MG-6	Andesit	●	10.3	6.8	46	1	5.2	1.3	0.1	1.9	2	3	10.6	11.7	103	5.9	2	2	1.0	2	4.8	3.2	12.8	26.3	10.9	17.2
MG-7	Riyolit	□	9.1	45.4	78	3	6	10.0	0.6	67.7	6	6	9.5	5.9	48	259.3	8.9	7	1.2	4	99.6	8.8	19.7	21.4	12.3	17.8
MG-8	Riyolit	□	1.9	16.2	35	1	6.0	41.9	0.5	9.0	4	3	3.0	4.7	41	15.3	6.8	<1	1.6	3	27.1	6.3	23.6	23.1	15.6	16.0
MG-9	Riyolit	□	1.8	5.0	15	<1	5	6.8	0.2	5.0	1	2	2.8	1.9	20	31.8	2.1	<1	1.3	3	13.0	4.1	18.1	18.8	12.6	15.0
MG-10	Riyolit	■	3.5	10.5	35	2	2.1	38.0	0.1	6.2	7	3	3.2	4.6	42	45.4	4.6	1	1.5	4	23.5	5.9	19.8	25.4	14.4	16.1
MG-12	Riyolit	□	4.0	18.0	39	<1	4.4	5	0.4	2.3	1	3	21.4	6.3	44	7.3	1.6	3	1.4	2	79.3	3.8	19.3	21.2	12.3	16.7
MG-14	Riyolit	□	5.8	9.7	23	<1	5.5	18.3	0.2	9.2	2	1	4.0	3.3	64	8.9	12.3	<1	1.0	2	21.1	3.1	14.6	14.4	9.8	13.1
MG-16	Riyolit	□	1.7	9.9	20	<1	1.4	6	0.3	4.9	3	2	4.5	3.3	44	10.4	4.3	5	1.2	1	22.5	4.3	18.2	24.3	12.3	13.8
MG-18	Riyolit	■	2.8	6.1	28	1	3.3	9	0.2	4.3	3	3	4.6	4.0	42	3.6	1.6	<1	1.4	2	9.0	5.4	17.5	20.9	13.3	16.5
MG-19	Riyolit	■	2.2	8.8	27	<1	4	3.7	0.1	3.7	4	3	4.3	3.8	47	29.1	2.1	<1	1.3	2	13.5	6.2	19.9	23.2	12.7	16.3
MG-20	Riyolit	■	9	2.8	27	<1	1.4	<5	0.2	4.4	2	7	1.3	2.7	19	<5	<1	<1	1.7	2	17.2	7.5	18.9	23.7	14.8	17.4
MG-21	Riyolit	■	2.8	3.8	29	<1	7	1.2	0.2	3.3	3	3	3.0	4.0	45	1.9	1	1	1.4	3	8.1	4.5	20.0	24.8	13.1	17.1
MY-2.1	Riyolit	■	7	1.9	25	<1	6	<5	0.2	4.6	2	6	2.1	2.1	18	6	<1	1	1.9	4	12.7	7.4	18.8	25.1	14.8	16.9
MY-2.2	Riyolit	■	1.2	2.3	25	<1	9	<5	0.2	4.7	2	7	4.1	2.7	18	6	1	<1	2.0	4	12.2	7.8	18.5	24.7	15.6	16.4
MY-2.4	Riyolit	■	8	2.4	24	<1	5.0	<5	0.2	4.7	2	6	2.1	2.3	19	<5	<1	1	1.9	3	13.8	7.7	18.2	22.0	15.5	16.8
MY-2.5	Dasite	▲	7.7	13.4	36	<1	4	<5	0.3	1.7	1	4	106.9	8.9	44	7.9	3	9	1.2	3	40.0	4.0	17.3	17.6	12.5	15.6
MY-5	Riyolit	■	3.9	5.3	32	<1	7.3	7.8	0.2	5.2	3	3	3.3	3.6	41	2.9	3.0	1	1.1	2	9.1	4.5	19.0	19.8	12.0	15.9
MY-7	Andesit	●	5.3	2.6	45	<1	7	1.2	0.1	1.6	1	3	3.6	8.4	92	8	2	<1	1.1	3	6.6	2.4	11.3	22.5	11.7	18.1
MY-8	Andesit	●	8.6	4.0	48	1	1	2.8	<0.1	1.6	1	3	13.9	12.8	68	4.1	2	<1	7	3	1.3	2.4	11.9	35.5	10.3	18.2
MY-10	Dasite	▲	7.0	3.1	23	<1	1.6	1.0	0.1	2.2	1	3	3.0	8.9	84	5	<1	<1	9	3	6.8	3.9	11.8	26.0	11.0	18.4
MGP-3.2	Riy. Tuf	◆	1.2	6.2	14	<1	1.7	<5	0.1	6.1	2	2	1.3	8	5	4.0	2.2	<1	1.3	2	24.5	5.5	30.9	21.9	11.7	13.3
MGP-6	Riy. Tuf	◆	1.2	24.9	9	<1	12.3	4.3	0.1	1.5	3	2	1.3	<5	<5	3.2	1	3	1.3	4	6.8	8.5	28.5	23.2	15.6	9.7
MGP-7	Riyolit	■	4.9	8.7	42	2	7.1	8.1	0.3	3.5	2	3	5.2	6.0	59	11.0	4	<1	1.1	2	9.7	2.1	15.6	21.0	12.2	15.9
MM-3	Dasite	▲	4.8	9.6	42	1	1	1.2	0.2	1.7	5	3	11.5	6.6	64	1.4	1	2	1.2	3	5.6	4.2	19.4	25.0	13.3	15.8
MM-8	Dasite	▲	5.3	6.0	46	1	4.9	1.1	0.2	2.1	1.5	2	10.7	6.5	65	1.6	2	1	1.3	2	6.2	5.3	19.0	25.9	14.3	17.5
MM-9	Dasite	▲	2.3	9.3	34	1	4.5	1.5	0.1	5.1	4	2	2.4	4.2	44	9.4	7.2	<1	1.3	3	21.3	4.7	20.5	25.2	13.6	16.4
MD-4	Dasite	▲	5.1	3.0	50	<1	3.1	<5	<0.1	3.2	3	2	5.4	6.2	58	10.0	4	<1	1.0	3	4.9	3.4	11.7	25.7	10.9	17.8

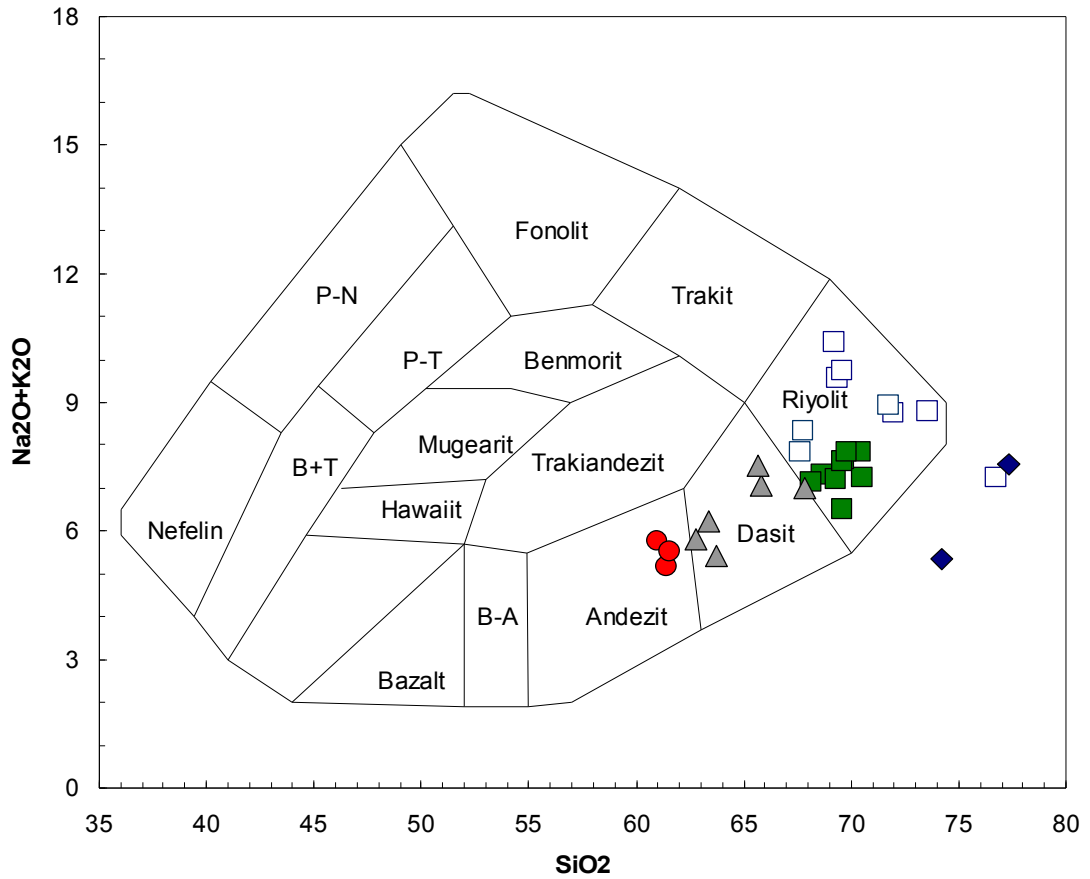
Cu açısından bu grup ile diğerleri arasında önemli bir fark görülmezken Pb ve Zn analiz değerleri diğerlerine göre biraz daha yüksektir. Oysa As değerleri 15-259 ppm arasında oynayan yüksek değerler gösterirken benzer artış Sb için de (2-9 ppm lerle diğer örneklerin 20 katına varan artışlar) söz konusudur Au-Ag ve biraz da Tl için bu gruptaki değerler diğerlerine göre dikkati çeken artışlar sergilemektedir (Çizelge 6.3).

Nadir toprak element değerleri açısından ayırtılan beş grup için önemli sayılabilecek farklılıklar rastlanmamaktadır (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3. İnceleme alanından alınan kayaçlarda nadir toprak element analiz sonuçları

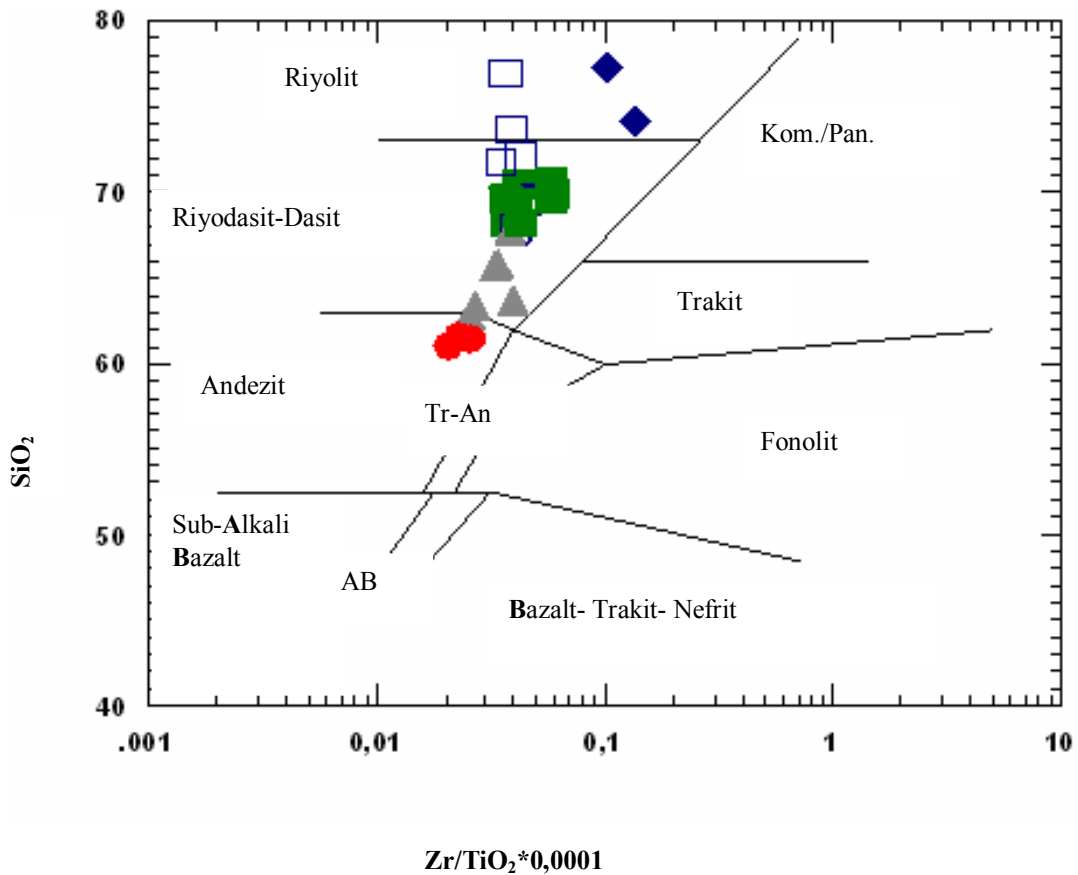
ELEMENTLER ÖRNEKLER	KAYAÇ ADLARI	SIMGESİ	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
MG 1-1	Riyolit	□	31.5	56.2	5.45	17.9	3.0	.52	2.28	.39	2.70	.47	1.63	.20	1.82	.31
MG-2	Riyolit	□	33.4	54.4	7.25	25.8	5.1	.94	3.66	.61	3.39	.71	1.74	.26	1.89	.31
MG-5	Riyolit	□	42.7	76.6	9.84	34.3	6.9	1.50	5.03	.90	5.00	.85	2.47	.39	2.27	.37
MG-6	Andesit	●	29.7	60.5	6.67	24.0	5.0	1.15	4.08	.72	4.58	.84	2.43	.40	2.35	.38
MG-7	Riyolit	□	34.8	59.9	5.87	21.5	4.0	.87	3.28	.57	3.80	.70	2.28	.32	2.45	.40
MG-8	Riyolit	□	35.3	54.2	9.18	32.2	6.0	1.19	4.28	.74	3.93	.84	2.35	.39	2.83	.35
MG-9	Riyolit	□	37.6	64.7	6.61	23.9	4.2	.72	3.62	.59	3.66	.59	1.81	.27	1.53	.29
MG-10	Riyolit	■	38.5	72.9	7.59	26.3	5.1	.92	3.80	.76	4.37	.82	2.59	.37	2.57	.42
MG-12	Riyolit	□	40.1	76.6	7.88	27.9	5.0	1.02	3.39	.69	3.50	.66	1.83	.32	1.91	.33
MG-14	Riyolit	□	23.4	43.8	4.48	16.4	2.7	.68	1.94	.44	2.51	.46	1.47	.20	1.56	.23
MG-16	Riyolit	□	34.1	67.5	6.82	26.7	5.1	.97	3.90	.66	4.02	.77	2.35	.36	2.27	.35
MG-18	Riyolit	■	30.3	59.6	6.58	23.6	4.3	1.03	3.66	.54	3.45	.63	2.18	.35	2.28	.33
MG-19	Riyolit	■	41.6	75.5	8.14	29.0	5.5	1.15	4.08	.74	4.38	.72	2.45	.34	2.27	.31
MG-20	Riyolit	■	37.0	72.2	7.72	26.6	5.4	.72	4.21	.74	4.31	.69	2.09	.35	2.23	.29
MG-21	Riyolit	■	41.8	73.9	8.28	29.9	5.9	1.28	4.83	.84	4.45	.73	2.28	.33	1.93	.32
MY-2.1	Riyolit	■	34.8	71.1	7.76	25.5	5.2	.88	4.30	.80	4.79	.81	2.21	.31	2.00	.32
MY-2.2	Riyolit	■	36.7	72.9	7.65	26.1	5.0	.88	4.04	.79	4.69	.76	2.29	.32	1.97	.33
MY-2.4	Riyolit	■	36.0	70.9	7.29	27.4	5.0	.81	3.43	.71	3.76	.70	2.01	.34	1.76	.28
MY-2.5	Dasite	▲	34.6	63.1	6.28	21.0	4.1	.91	2.72	.57	3.18	.55	1.74	.23	1.61	.28
MY-5	Riyolit	■	39.3	69.9	7.76	26.1	5.1	1.08	3.63	.65	3.59	.64	1.92	.34	1.93	.32
MY-7	Andesit	●	30.7	59.5	6.59	26.1	5.1	1.13	4.34	.77	3.91	.72	2.34	.33	2.07	.29
MY-8	Andesit	●	32.8	66.4	7.28	27.3	5.6	1.29	5.09	.96	5.21	1.04	3.05	.44	3.06	.48
MY-10	Dasite	▲	31.1	65.4	6.76	23.4	5.1	1.19	4.10	.78	4.56	.91	2.54	.41	2.64	.34
MGP-3.2	Riy. Tuf	◆	45.7	74.6	8.51	30.4	5.2	.52	3.51	.60	3.85	.73	1.96	.30	1.78	.35
MGP-6	Riy. Tuf	◆	21.9	46.2	4.76	17.7	3.4	.66	2.65	.56	3.42	.67	2.58	.44	2.78	.40
MGP-7	Riyolit	■	36.7	69.5	7.37	28.5	5.0	.99	3.89	.62	3.32	.67	1.88	.32	1.87	.30
MM-3	Dasite	▲	44.0	81.8	8.17	29.5	4.7	1.23	3.51	.73	4.30	.80	2.26	.34	2.18	.32
MM-8	Dasite	▲	35.7	67.9	6.83	24.1	5.2	1.10	3.96	.70	4.37	.77	2.46	.34	2.38	.38
MM-9	Dasite	▲	36.9	68.3	7.10	25.6	4.3	1.06	4.01	.71	3.58	.77	2.45	.35	2.32	.35
MD-4	Dasite	▲	30.0	57.9	6.85	25.3	5.5	1.17	4.73	.78	4.75	.82	2.54	.40	2.42	.38

İnceleme alanından analizi yapılan 30 kayaç örneğini sınıflarken dört ayrı diyagramdan yararlanılmıştır. Ana elementleri esas alarak Cox et al.(1979) tarafından oluşturulan $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diyagramında üç örnek andezit, altı örnek dasit alanına, geri kalan örnekler genellikle riyalit alanına düşmektedir (Şekil 6.1). Riyalit örneklerinden ikisi tüf olup bunlar bu diyagramda yüksek SiO_2 içerikleri nedeniyle çizili alanların dışına yer almışlardır. Öte yandan riyalit örneklerinden dokuz tanesi (ki bunlar ametist ve kuvars damarlarının yoğunlaştığı bölgelerden alınmıştır) (MG1.1, MG2, MG5, MG7, MG8, MG9, MG12, MG14 ve MG16) ise özellikle yüksek K_2O içerikleri nedeniyle riyalit alanının üst ucuna yakın noktalara düşmüşlerdir.

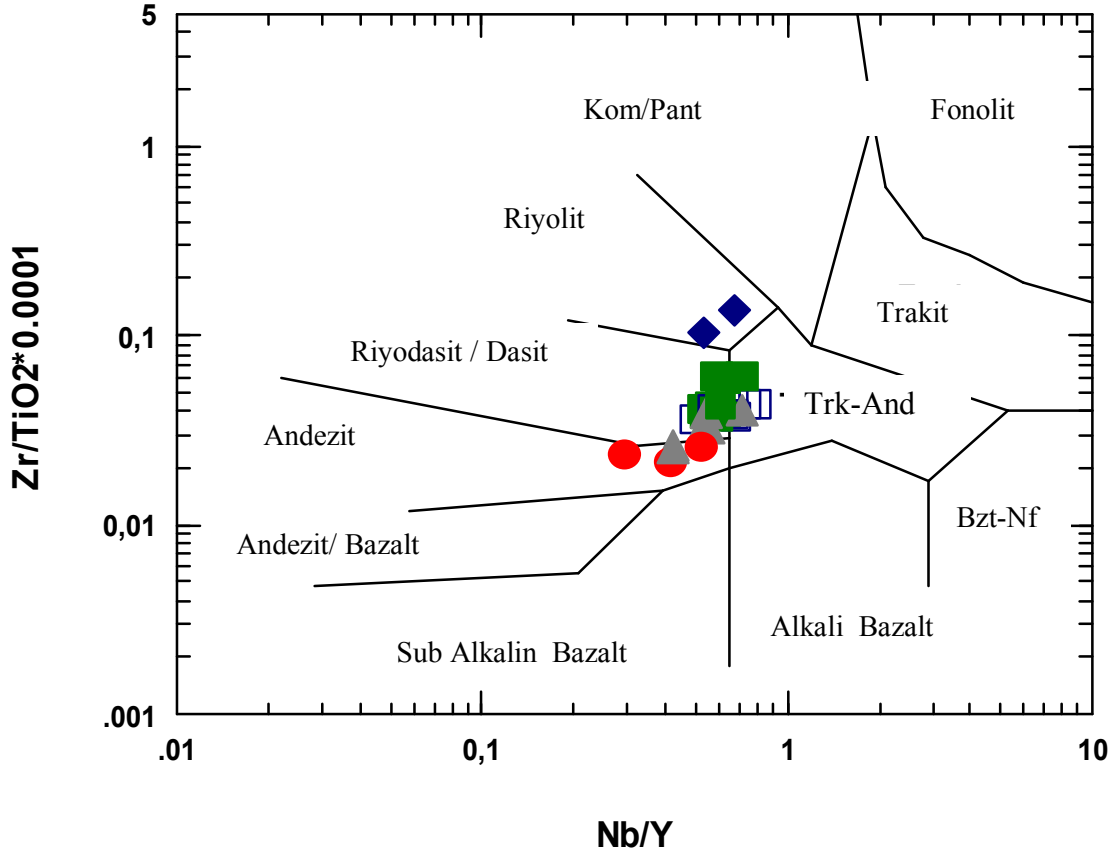


Şekil 6.1. İnceleme alanından alınan volkanik kayaçların Cox et al.(1979) tarafından oluşturulan $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diyagramına göre sınıflanması

Winchester ve Floyd (1977) tarafından oluşturulan SiO_2 – $\text{Log Zr/Ti}_2\text{O} \cdot 0.0001$ diyagramında andezit alanına üç örnek, riyodasit-dasit alanına altı örnek (bir önceki diyagramda dasit alanına düşenler burada riyodasit alanında yer almaktadır), iki tuf örneği de riylit alanına düşmüştür. Kalan 19 örneğin 17 tanesi riyodasit alanında, iki örnek de riylit alanında yer almaktadır (Şekil 6.2). Bu son dağılım şeklinin aynısını Winchester ve Floyd (1977)'un $\text{Log Zr/Ti}_2\text{O} \cdot 0.0001$ -Nb/Y diyagramında görmek olasıdır. Ancak örneklerden riyodasit alanına düşenlerin trakiandezit alanına doğru hafif bir kayma gösterdikleri ve Cox et a. (1979) diyagramında riylit alanına düşen tüm örneklerin burada riyodasit alanına düştükleri görülmektedir (Şekil 6.3).

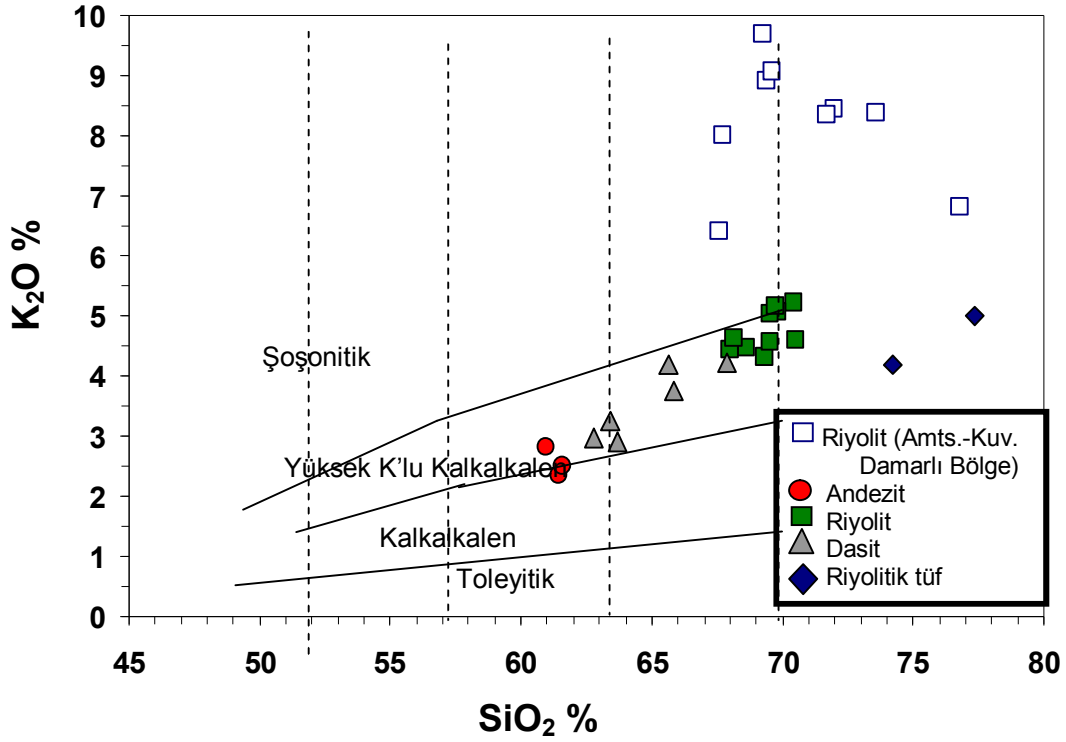


Şekil 6.2. İnceleme alanından alınan volkanik kayaçların Winchester ve Floyd (1977) tarafından oluşturulan SiO_2 – $\text{Log Zr/Ti}_2\text{O} \cdot 0.0001$ diyagramına göre sınıflanması



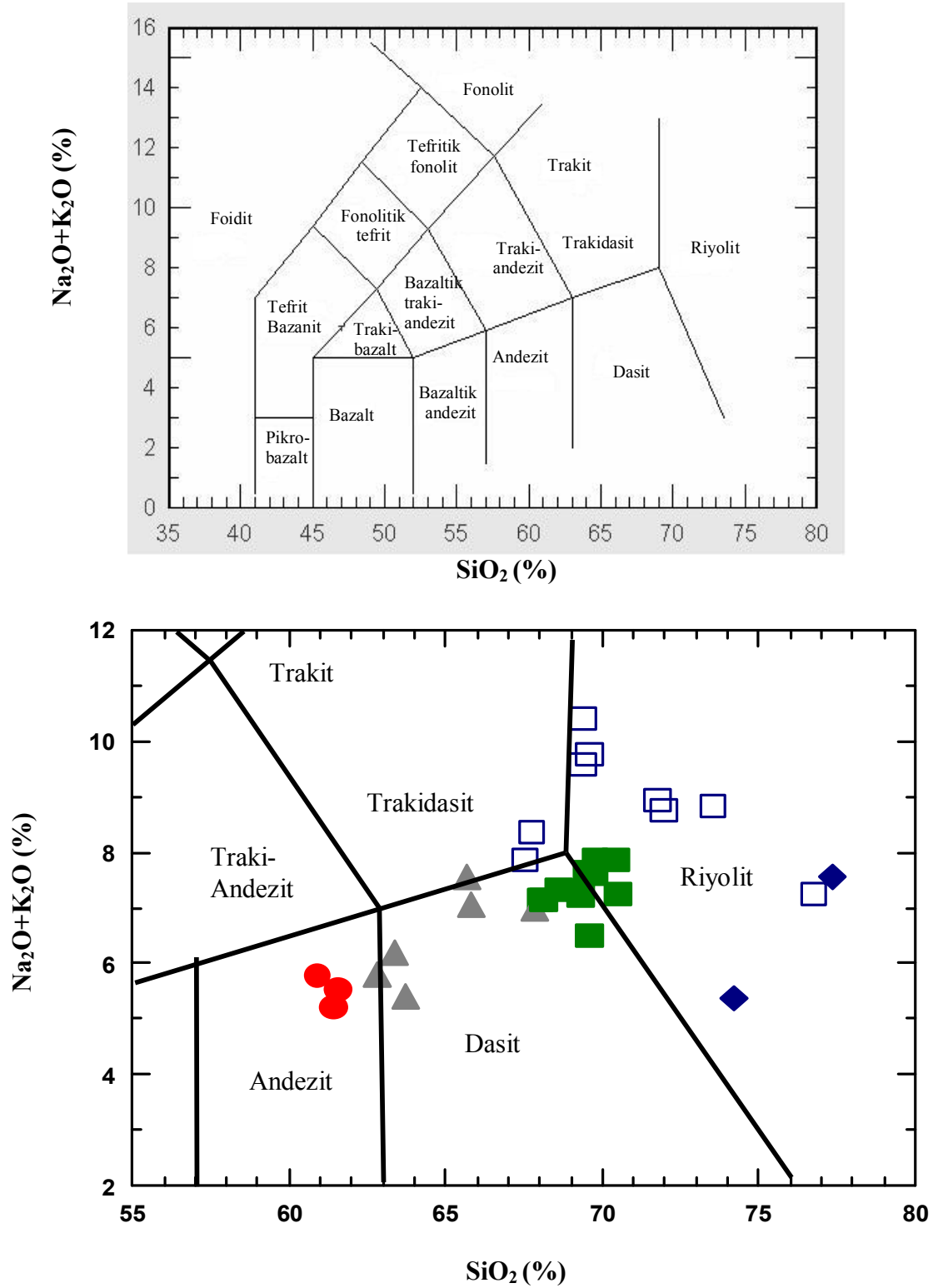
Şekil 6.3. İnceleme alanından alınan volkanik kayaçların Winchester ve Floyd (1977)'un $\text{Log Zr}/\text{Ti}_2\text{O} \times 0.0001 - \text{Nb}/\text{Y}$ diyagramına göre sınıflandırılması

Le Maitre (1989) tarafından yapılan $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diyagramında üç örnek andezit alanında, oniki örnek dasit alanında izlenmektedir. Trakidasit alanı içinde yer alan MG-7 örneği ile dasit alanı sınırına yakın bulunan MG-12 ve MM10 örnekleri trakidasit eğilimleri sergilemektedir. İki tüf örneği ile birlikte kalan on iki örnek riyolit alanına düşmüştür. Güğü köyü civarından ametist ve kuvars damarlarına yakın olarak alınan örnekler genellikle riyolit alanının üst kesiminde yoğunlaşma göstermektedir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4. İnceleme alanından alınan volkanik kayaçların Le Maitre (1989) tarafından yapılan SiO₂ –(Na₂O+K₂O) diyagramına göre magmatik karakterleri

Volkanik aktivitenin karakterini belirlemek üzere Peccerolli and Taylor (1976) tarafından kullanılan SiO₂-K₂O diyagramında örneklerin dağılımı kontrol edilmiştir. Andezit, dasit örneklerinin tümü ile riyoit örneklerinin yarısı Yüksek Potasyumlu Kalk Alkalen kayaçlar grubuna düşerken, ametist ve kuvars damarlarına yakın alanlardan alınan 9 örnek şöşonitik bölgeye düşmüştür (Şekil 6.5).



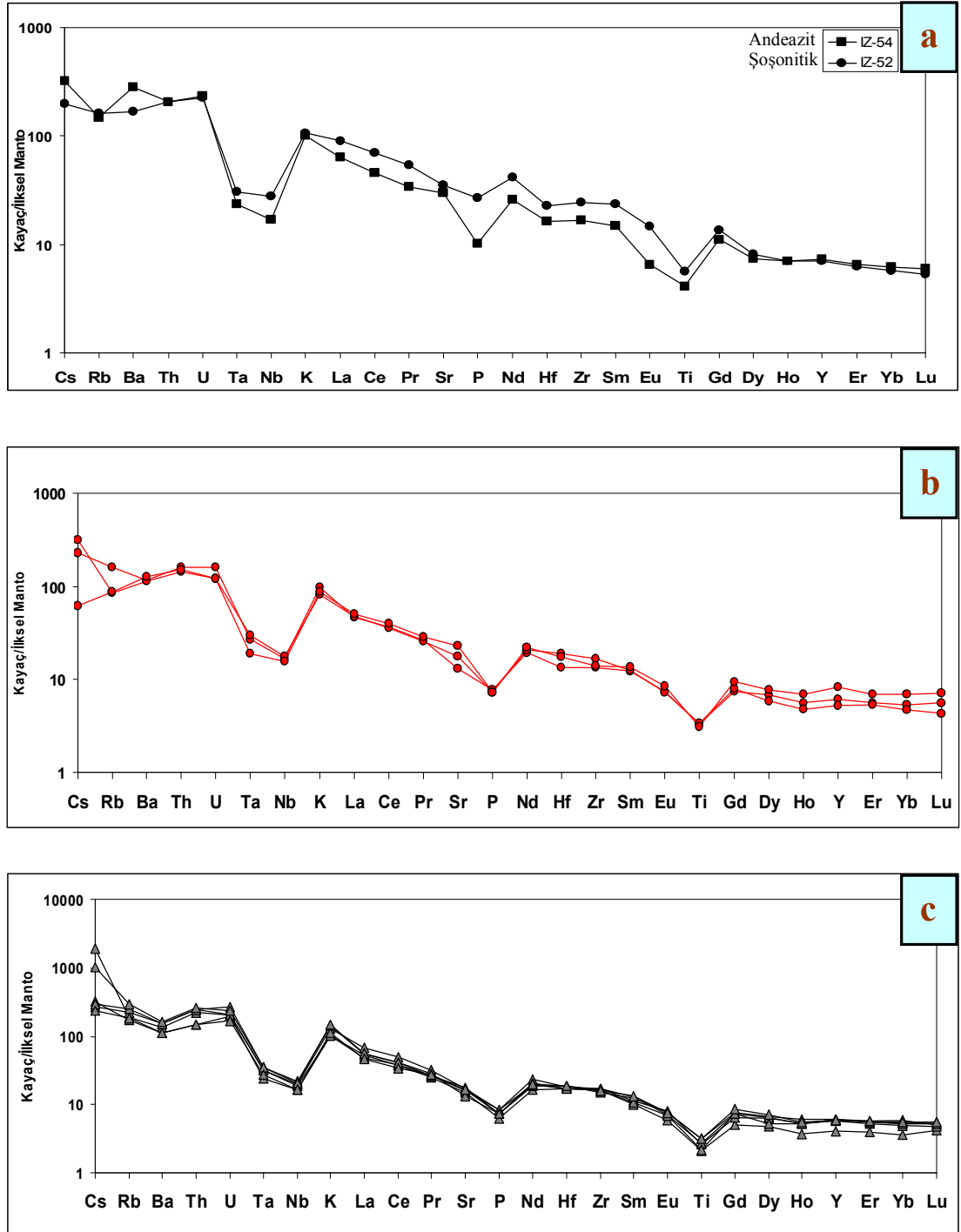
Şekil 6.5. İnceleme alanından alınan volkanik kayaların Peccerolli and Taylor (1976) tarafından kullanılan SiO_2 - K_2O diyagramına göre sınıflanması

İlksel (Primordial) manto'ya (PM) göre normalize edilmiş (normalize etme değerleri McDonough and Sun 1995'e göre yapılmıştır) çoklu element örümcek desenleri, Innocenti et al. 2005 tarafından Batı Anadolu'nun Neojen ve Kuvaterner volkanizmasını magma kaynakları ve jeodinamik evrim açısından irdelikleri yayınlarında kalkalakalen (andezit) ve şoşonitik seriler için verdikleri desenlerle karşılaştırmalı olarak Şekil 6.6'da sunulmuştur.

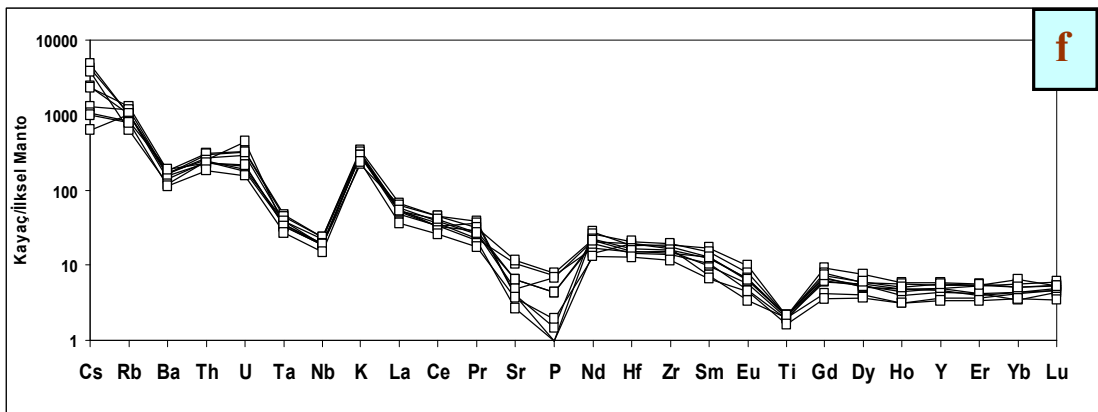
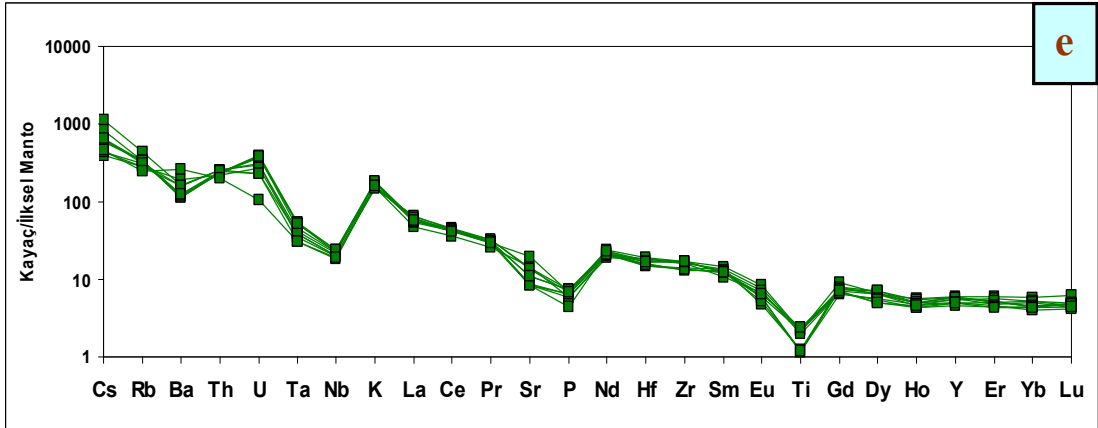
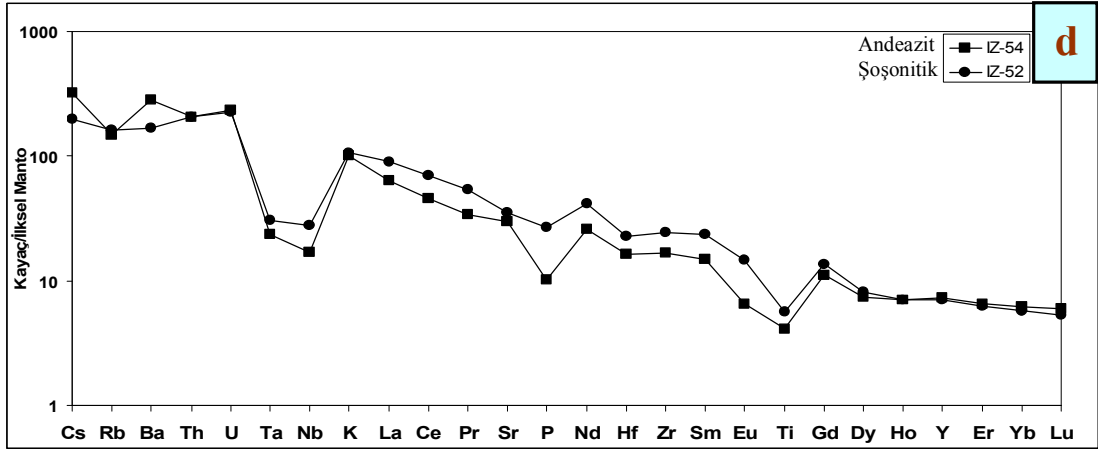
Bu şekilde andezit deseninin Innocenti et al. (2005) ile birebir aynı olduğu görülmektedir. Dasit, riyolit, riyolitik tüf ve ametist ve kuvars damarlarının yoğunlaştığı bölgedeki riyolitlerle (ki bunlar Le Maitre 1989 diyagramımızda şoşonit olarak ayrılmaktadır) de hemen hemen aynı trendleri sergilemektedir.

Ancak Cs, Rb ve K 'a Innocenti et al (2005) tarafından verilen kayaç/ilksel manto zenginleşmelerinden daha fazla oranda zenginleşmelerin olduğu ve bu zenginleşmelerin dasitten riyolite oradan da ametist ve kuvars damarlarının bol olduğu bölgeden alınan riyolitlere doğru gittikçe daha da belirginleştiği görülmektedir. Buna karşın Sr, P ve Ti değerleri ters olarak yukarıda belirtilen kayaçların sırası izlendiğinde ve buna tüfler de katıldığında giderek fakirleştiği görülmektedir.

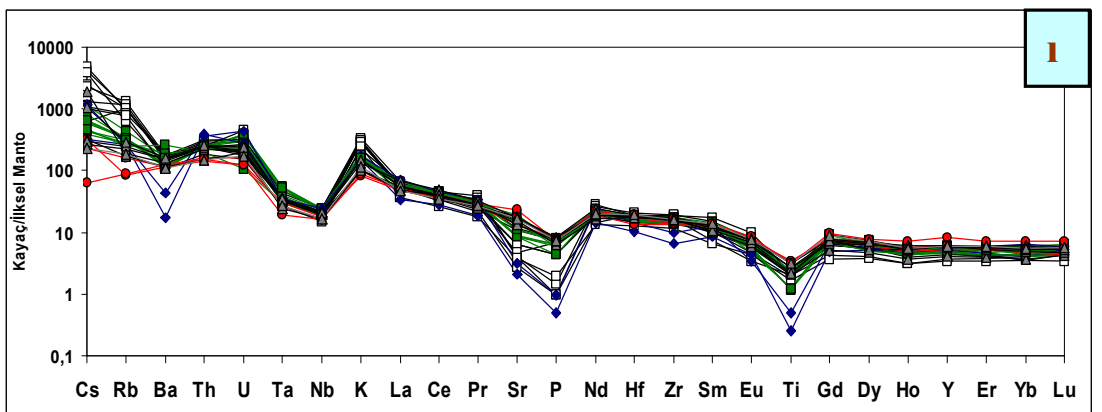
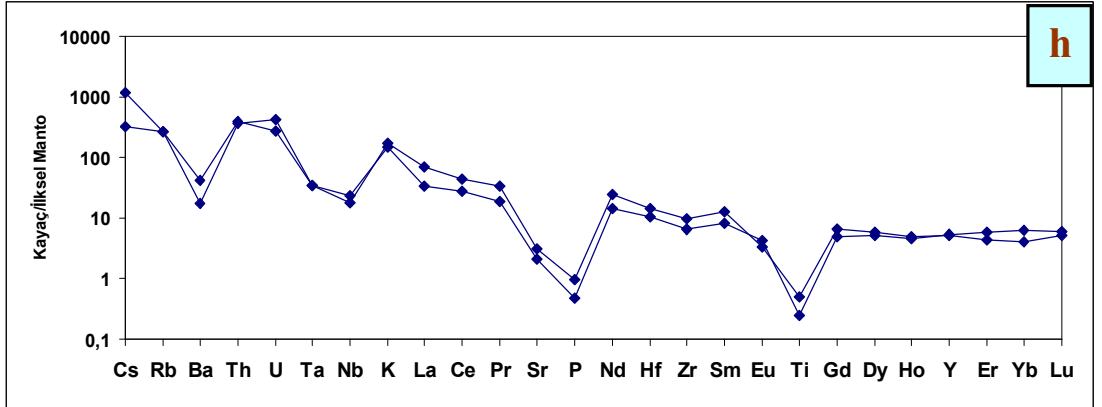
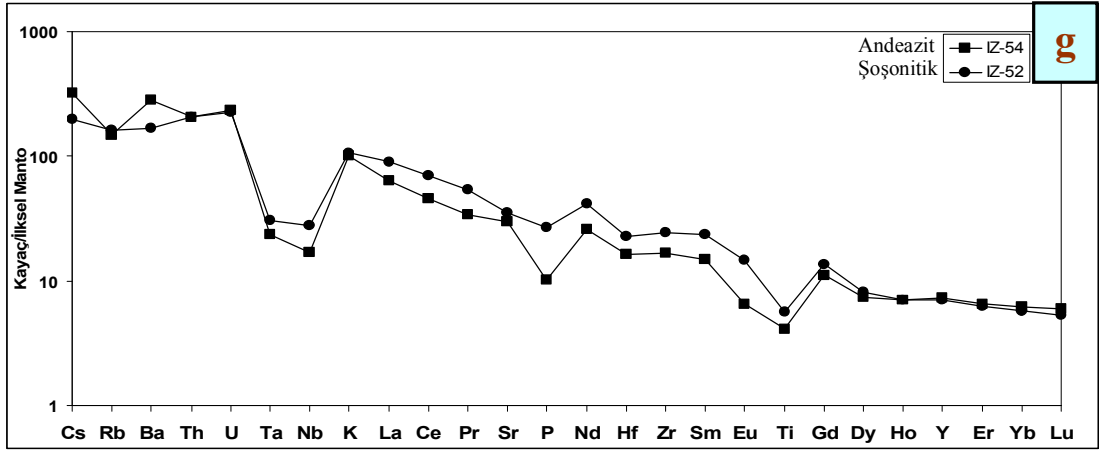
İnceleme alanının yüksek potasyumlu kalk alkali-şoşonitik kayaçları (andezit dasit, riyolit ve riyolitik tüfleri) LILE olarak kabul edilen Rb, Th, Ba, K ve hafif nadir toprak elementlerince (LREE), HFSE olarak gösterilen elementlere (Ta, Nb, Ti, Zr, Hf ve Y ile ağır nadir toprak elementleri (HREE)) göre önemli ölçüde zenginleşmişlerdir (Şekil 6.6 a, b, c, d, e, f, g, h,ı).



Şekil 6.6. Dursunbey güneyi Akdağ volkanitleri ve Civanadağ tüfleri için ilksel mantoya göre zenginleştirilmiş çoklu element desenleri
a) Innocenti et al. (2005)'den alınan andezit ve şoşonit deseni,
b) Akdağ andezitleri deseni,
c) Akdağ dasitleri deseni



- d) Innocenti et al. (2005)'den alınan andezit ve şoşonit deseni,
 e) Akdağ riylitleri deseni,
 f) Kuvars ve ametist damarlarının yoğun olduğu yöredeki Akdağ riylitleri deseni



- g) Innocenti et al. (2005)'den alınan andezit ve şoşonit deseni,
h) Civanadağ tüfleri deseni,
i) Tüm kayalar için desen

Kayaçların andezitten riyalitik tüflere doğru Cs değlerlerinin ilksel mantoya göre artışı ilginçtir. K ve Rb ise birbirine bağı iki elementtir ve bunlarda ilksel mantoya ve Innocenti et al (2005) tarafından verilenler göre (kalkalkalen(andezit)-şoşonitik) daha da zenginleşmişlerdir. O halde onların şoşonitik kayaçlarının en azından Cs, K ve Rb oranları açısından inceleme alanındaki değlerler daha fazladır ve bu bölgede farklı bir olayın meydana geldiğine işaret etmektedir. Diğer element zenginleşmeleri Innocenti et al. (2005) tarafından verilenlerle %100'e yakın uyum bir göstermektedir (Şekil 6.6 g ve ı).

Sonuç olarak ana ve eser element dağılımları ile bazı elementlerin ilksel mantoya oranları açısından ortaya çıkan farklılıklar bir bütün halinde bakılarak 8. Bölüm'deki Tartışma ve Yorumlar kısmında ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

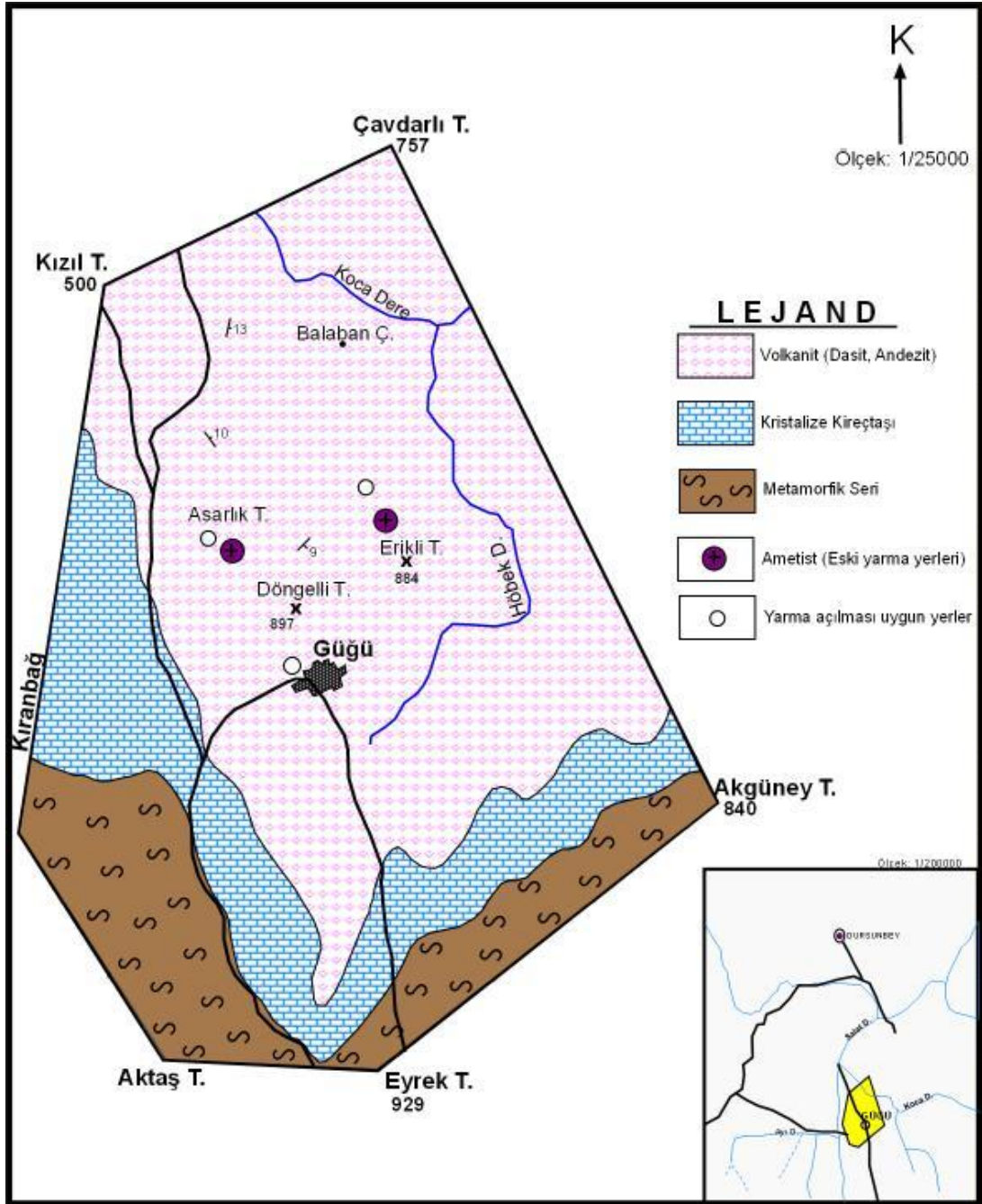
7. DURSUNBEY AMETİST OLUŞUMLARI

7.1. Jeolojik Özellikler

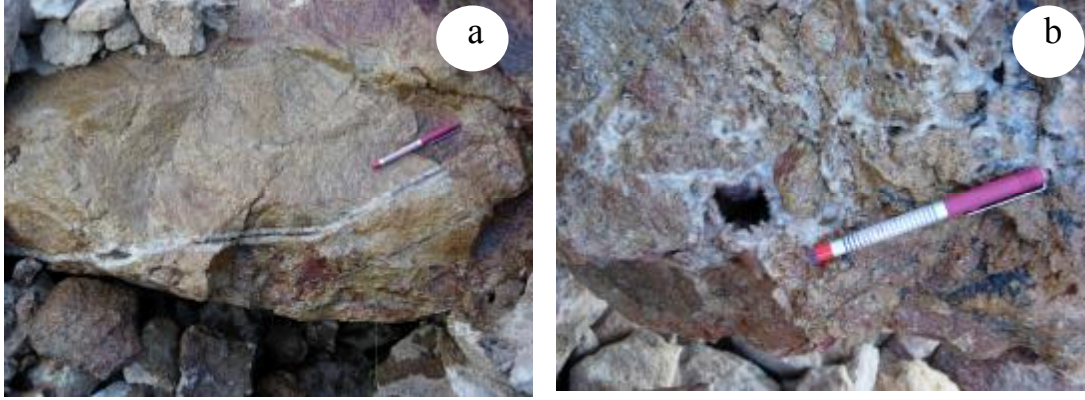
Ametist oluşumları üzerine ilk çalışma Dağ (1978) tarafından hazırlanan rapordur. Yazara göre ametistler ve yer yer saydam iri kuvars kristalleri dasitik tüfler içinde bulunmaktadır (Şekil 7.1). Ametist ve kuvarsların içinde bulunduğu filonların (damarların) genişliği bazen 9 cm'ye kadar çıkabilmektedir. Ametist kristallerinin eni 0.7 cm'yi geçmemektedir. Enine, boyuna ve verevine gelişen çatlaklardaki ametistler her yerde aynı kalitede değildir. Bazen açık renkte, düzgün kristalleşme göstermeyen ametistlere de rastlanır. İyi kalite ametistler Asarlık Tepe civarında izlenirken Güğü köyünün KB'sında daha düşük kaliteli ametistler de görülmektedir. Dağ (1978), ametist içeren damarların oluşumlarını ise volkanizma esnasında magmanın en son evresi olan silisli tüflerin arasındaki çatlaklara sokularak kristallenmesi şeklinde açıklamıştır.

Yapılan jeolojik çalışmalara göre, inceleme alanında yer alan ametistler Dursunbey ilçesinin Güğü köyü 1 km KB'sında Asarlık tepe ve 750 m KD'sunda Erikli tepe eteklerinde bulunmaktadır. Ametistler kalınlıkları yer yer 50 cm'ye kadar çıkabilen kırık ve çatlaklar içinde, bazen bir çizgisellikle ama bazen de düzensiz durumdaki damar ve damarcıklar olarak izlenmektedir (Şekil 7.2. a ve b). Damar sistemleri içinde yer yer açılmalarla genişlemiş boşluklarda da ametistlere rastlanır (Şekil 7.3). K 35-75 B doğrultulu ve 66-85 derece arasında değişen eğimlere sahip çatlak ve kırıkların eğim yönleri ise GB'ya doğrudur (Şekil 7.4). Bazen çatlaklar 90°'lik dik eğim açıları da sunmaktadır. Kırık ve çatlak sistemleri kayada bazen grift şeklinde de gelişebilmektedir. Kırılanmaların etrafında breşleşmeler ve onların içine giren kuvars ya da ametist damar veya damarcıkları bulunmaktadır (Şekil 7.5). Kayada kırılanmadan sonra ilk olarak gelen çözeltilerin ardaşık bantlar şeklinde geliştiği ve gri-bej renk tonlarında izlenen kalsedonlardan oluştuğu gözlenmektedir. Onlar üzerindeki boşluklarda ise kuvars ve ametist kristalleri büyüdüğü görülmektedir (Şekil 7.6a). Kuvars ve ametistler aynı damar içinde renk farkları ile belli olan zonlanmalar sunmaktadır (Şekil 7.6b). Damarlarda ametistlerin yanı sıra

şeffaf kuvarslara bazen bağımsız damarlar halinde de rastlanmaktadır (Şekil 7.7). Asarlık ve Erikli Tepe civarlarında volkanik ana kayaç içinde bej renkli breşik kayaç parçalarının köşeliliğinin biraz yuvarlaklaştığı ve etraflarının morumsu renkli ince taneli bir hamur ile çevrildiği izlenmektedir (Şekil 7.8).



Şekil 7.1. Güğü köyü civarı jeoloji haritası (Dağ, (1978)'den alınmıştır).



Şekil 7.2. Asarlık Tepe altındaki büyük ocağın doğu kısmındaki volkanik kayacık içinde
a) 1 cm kalınlığında düzgün gidişli yer yer ametistli kuvars damarı
b) ağsal olarak gelişmiş kuvars damarı ve damar içindeki boşluk



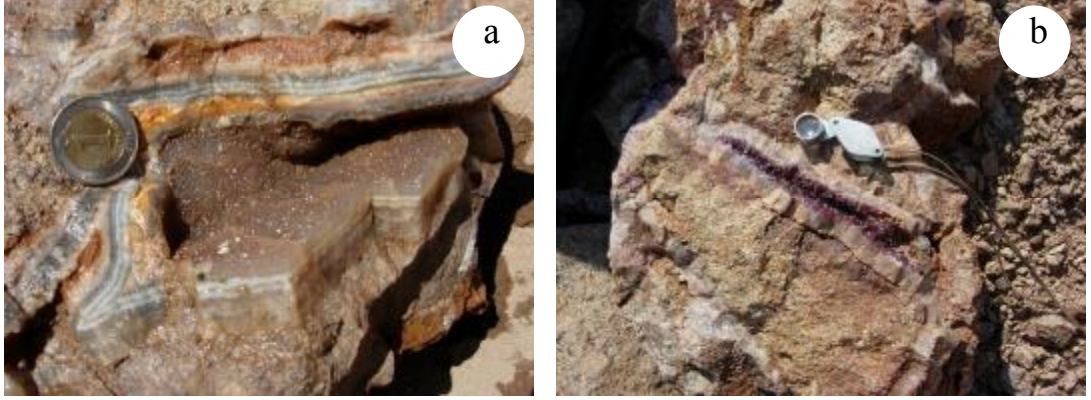
Şekil 7.3. Volkanik kayacık içindeki kırıklarda ve boşluklarda ametist büyümeleri
(Asarlık Tepe'nin hemen altındaki küçük ocak içinden)



Şekil 7.4. Asarlık Tepe altındaki büyük ocakta volkanik kayalarda izlenen kırık sistemleri



Şekil 7.5. Volkanik kayaç içinde oluşan kırık ve breşleşmelerle bu zona yerleşmiş kuvars ve ametist dolguları (Asarlık Tepe'nin hemen altındaki küçük ocak)



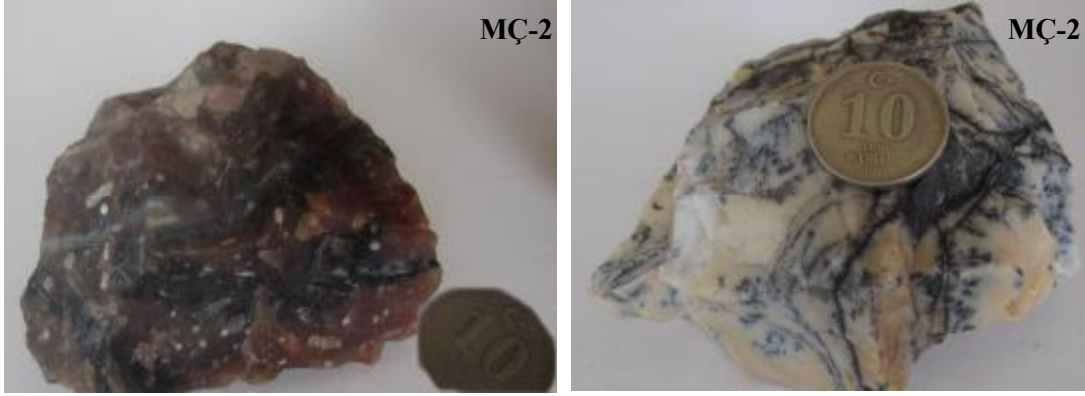
Şekil 7.6. Asarlık Tepe büyük ocaktaki volkanik kayaç içindeki
 a) damarda dış zonda kalsedon bantları içe doğru boşlukta büyümüş
 açık renkli ametistlerden oluşan dolgu
 b) kuvars ile başlayıp ametist ile biten renk zonlanması



Şekil 7.7. Volkanik kayaç içindeki
 şeffaf kuvars damarları
 (Asarlık Tepe büyük
 ocak içinden)

Şekil 7.8. Kırılmış, breşleşmiş volkanik kayaç
 içindeki kırıklara düzensiz olarak
 silisli çözeltiler gelip kuvars ve
 ametist yaparken kırılmış volkanik
 kayaç demirli (mor renkli) silisli
 çözeltilerle doldurulmuştur
 (Asarlık Tepe büyük ocak içinden).

Öte yandan Karaçitme Tepe civarında gözlenen tüflerin içinde birkaç cm kalınlığında damarlar halinde bazen koyu renkli kırmızımsı, kahverenkli bazen de bej, sarımsı renkli opal ve/veya agatlar görülmüş olup bunlar ve yer yer yosun opal biçiminde yer almaktadır (Şekil 7.9).



Şekil 7.9. Karaçitme Tepe civarındaki tüflerin içindeki bej ve kahverengimsi opaller ve yosun agatlar (bakınız Ek-1).

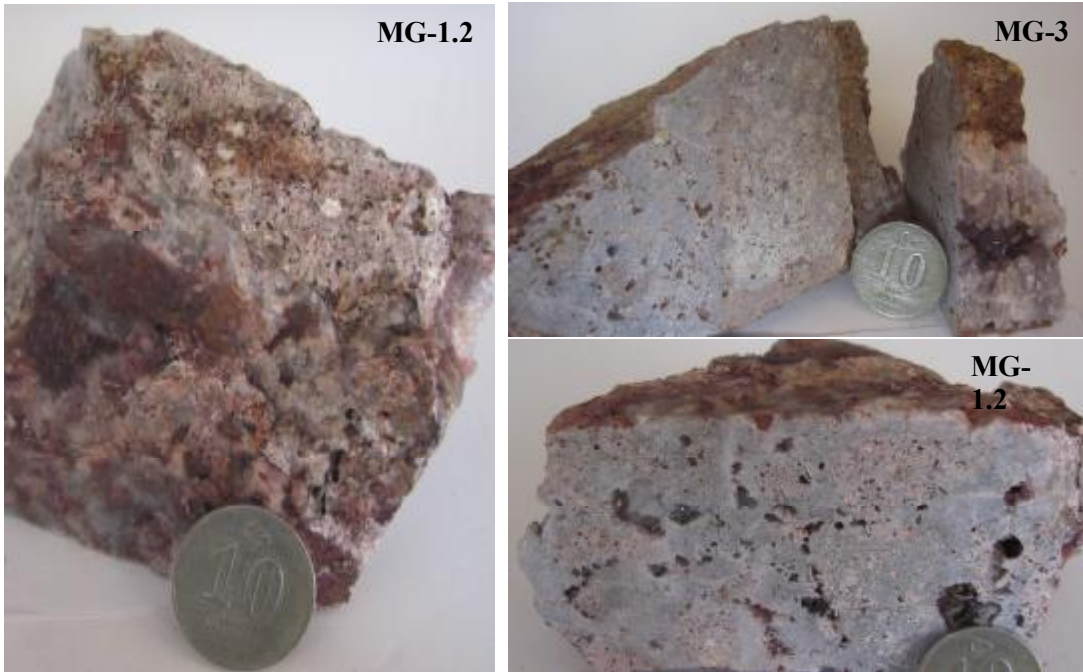
7.2. Dokusal Özellikler

Çalışma alanında örnek alınan damarlarda farklı doku özelliği gösteren silişleşmeler görülmektedir. Oygür (2001) Batı Anadolu'da yaptığı saha çalışmalar sırasında açık boşluk dolgusu ve binik dokular olmak üzere iki ana doku grubu tanımlamıştır. Açık boşluk dolgusu dokuların, başlangıçtaki damar dolgusunu temsil eden birincil büyüme dokuları, binik dokuların ise deformasyon, çözünme, hidrotermal breşleşme ve yeniden kristallenme gibi daha sonra gelişen olaylar sonucunda önceden oluşmuş kuvars üzerindeki değişimleri yansıttığını belirtmiştir. Damar dokuların, her epitermal oluşumda görülebildiğinden ve bu dokuların, kuvars, kalsedon, opal ve ametist gibi değişik kuvars türlerinden oluşabildiğini ve dokular için epitermal oluşuma veya kuvars türüne göre bir gruplandırma olmadığından söz etmektedir.

Tez kapsamında saha çalışmaları sırasında görülen ve incelenmek üzere alınan el örnekleri Oygür (2001)'in tanımlamaları esas alınarak aşağıda sınıflandırılmıştır. Bu bölümde doku adları Oygür (2001) in de kullandığı gibi Gümüş (1998)'de verilen türkçe adlamalara sadık kalınmıştır. Alternatif türkçe adlamalar ve original ingilizce doku adları da parantezler içinde verilmiştir.

7.2.1. Açık Boşluk Dolgusu Dokular (Open Space Fillings):**7.2.1.1. Kovuk (Boşluk) dolgusu (Cavity or vug fillings)**

Kayaçların içinde kovuk ya da boşluk olarak nitelenen kesimlerde kendi içlerini kısmen veya tamamen dolduracak çözeltiler gelmeden çok veya hemen önce oluşan kesimler bulunabilmektedir. Bu boşluklar ilksel boşluklar olabildiği gibi tektonizma sırasında gelişebilen faylanma ve kırılanmalara bağlı boşluklar veya kayaçta çeşitli nedenlerle gelişen erime boşlukları da olabilir. Güğü köyü kuvars-ametist oluşumlarında da yer yer irili ufaklı kovukların varlığı saptanmıştır. Bu kovukların tektonizma sırasında parçalanma ile volkanik kayacın damarlar şeklinde kırılması ve bazı yerlerinde genişlemelerle geliştiği görülmektedir (Şekil 7.10). Bazı yerlerde bu boşluklar oldukça genişlemiş ve daha iri kristalli kuvars oluşumları gözlenmiştir (Bakınız 7.6a).



Şekil 7.10. Kayaç içerisinde oluşan boşluk dokuları

7.2.1.2. Tarak Dokusu (Comb Texture)

Kayaçlar arasındaki boşluklardaki kuvars türü kristaller kristalografik olarak c eksenleri boyunca bazen karşılıklı (simetrik) bazen de tek taraflı (asimetrik) olarak boşluğa veya damara dik olarak büyüme gösterirler. Bu tür doku özellikleri sunan damarlara Güğü köyü Asarlık ve Erikli tepe oluşumlarında rastlanmaktadır. Bu damarlarda genel olarak simetrik olarak gelişmiş tarak dokuları görülmektedir. Volkanik kayaçtaki boşluklar (open spaces) bazı yerlerde doğrudan doğruya kuvars ve ametist kristallerinin büyümesi ile tarak dokusu verirken (Şekil 7.11), bazı yerlerde de önce bantlı ve renk tonları farklılıkları ile belirginleşen birkaç evreli kalsedonik akıntılar üzerinde büyümeler sunmaktadır (Şekil 7.12). Kuvars dışlarının büyüme yönündeki gelişimlerine bakınca genellikle önce şeffaf kuvarslarla başlayıp daha sonra eflatun ya da mor renkli büyüme zonları ve en son evrede de tekrar şeffaf kuvarslara döndüğü görülmektedir. Yer yer bu genel kuralın bozulduğu ve eflatun veya mor renkli kuvarsların hakim olduğu görülmektedir. Bu da renklenmeye sebep olan element dağılımlarının her zaman tek düzelik sergilemediğine işaret etmektedir.



Şekil 7.11. Boşlukta karşılıklı kuvars büyümeleri ile oluşmuş tarak dokusu



Şekil 7.12. Kalsedonla başlayıp koyu renkli ametistle devam eden ve son evrede daha açık renkli kristallerle biten tarak dokusu

7.2.1.3. Bantlı Dokular

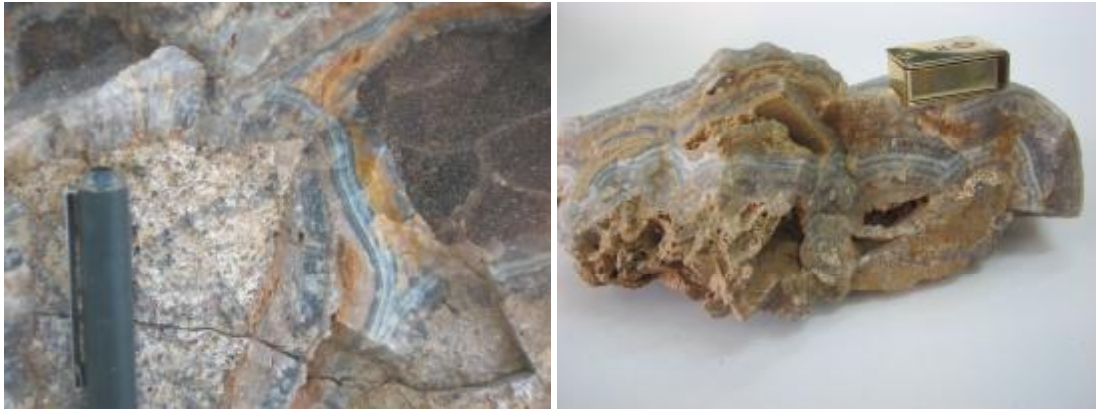
İnceleme alanında da üç tip bantlı doku belirlenmiştir. Bunlar yollu, kolloform ve kokart dokulardır.

Yollu (kabuk şekilli veya kabuğumsu) doku (crustiform texture) :

İnceleme alanındaki damarlarda ardışık bantlar birbirinin üzerinde gelişmiş ve damar duvarına paralel uzanırlar (Şekil 7.13). Eğer kayaç ağsal olarak damar sistemleri içeriyorsa bu yollu dokularda ağ sistemine paralel büyümeler sunarlar (Şekil 7.14). Bantların her birinin kalınlığı birkaç mm ile cm mertebesinde olup toplam bant kalınlığı yer yer 8-10 cm'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 7.13). Bantların renkleri bej-kirli sarı- gri renklerin tonlarını ve yer yer de kırmızımsı renkler göstermektedir. Morrison et al. (1990)'a göre farklı bileşim veya dokudaki tekrarlayan bantların, çözeltideki elementlerin dalgalanan yoğunlaşmalarını ve çökeltme sırasında dalgalanan akışkan koşullarını yansıtmaktadır. Yazarlar bu dalgalanmaları, genelde hidrotermal akışkanın dönemsel kaynamasıyla ilişkilendirmektedir.



Şekil 7.13. Kayaç boşluk duvarına paralel gelişmiş yollu kalsedonik dokular



Şekil 7.14. Ağ sistemine paralel gelişmiş yollu dokular

Kolloform doku (colloform texture)

Çeşitli boyutlardaki kıvrım ve kıvrımcıklar veya böbreğimsi şekiller sunan bantların botriyoidal (küresel biçimli) silis örneklerinin çoğunlukla kalsedonik ve mikro kristalli kuvarslardan oluştuğu gözlenmektedir (Şekil 15). Bunlar yollu dokularla ilişkilidirler. Renkleri mavi- grimsi tonlardadır. Bu dokular Oygür (2001)'e göre özgün silica jellerindeki şiddetli yüzeysel gerilimden ileri gelmektedir.



Şekil 7.15. Kolloform dokular

Kokart dokusu (Cockade texture)

Ana kayaç parçalarının veya erken evrede oluşmuş kuvars parçalarının etrafını saran konsantrik bantlardan oluşan bu dokular inceleme alanı damarlarında sıkça izlenmektedir (Şekil 7.16.).



Şekil 7.16. Kokart doku

7.2.2 Binik Dokular

Başlıca ornatım ve hidrotermal breş oluşumları sonucunda ortaya çıkan dokular olarak tanımlanan binik dokular kristallenme evrelerini ve silisleşme sırasında gerçekleşen olayları açıklamakta yardımcı olmaktadır.

7.2.2.1. Ornatım Dokusu

Değişen termodinamik koşullar bazı minerallerin çözünmesine ve yerine silisin geçmesi ile sonuçlanır. Bu durum içi boş silis odacıkları şeklinde görülen farklı yapılar ortaya çıkartır. İnceleme alanında izlenen az sayıdaki örnekte ornatım dokusuna benzer dokular görülmektedir (Şekil 7.17.).



Şekil 7.17. Ornatım dokuları

Çentikli kuvars, ornatım sürecinde, silica içerisinde karbonatın kalıp biçiminde çözünmesinden oluşmakta olan çentikli kuvarslara uyan örnekler çalışma alanında bolca bulunmaktadır (Şekil 7.18.). Bu dokular da Güğü'daki ametist-kuvars damarlarında ornatım süreçlerinin de etkin olduğunu göstermektedir.



Şekil 7.18. Çentikli dokular

Yapraklı kuvars, White ve diğ., 1989' e göre yapraklı dokunun, damar içerisinde yükselen hidrotermal akışkanın kaynaması sonucunda meydana gelebileceğini Oygür (2001) tarafından belirtilmektedir. Ayrıca ornatım süreci sırasında çözünen kalsitin hücre duvarlarının silika ile dolmasıyla oluştuğundan söz etmektedir. İnceleme alanında tipik yapraklı kuvars dokuları izlenmiştir (Şekil 7. 19).



Şekil 7.19. Yapraklı kuvars

İnceleme alanında çok ender de olsa bazı değişik dokulara da rastlanmaktadır. Örneğin kalsedonik bantların ortasında ornatılmış bir parça gözlenmiştir (Şekil 7.20). Bu ornatılmış parçanın damarın içinde ve ortasında olması bu parçanın damar oluşumu safhasından sonra geliştiğini göstermektedir.



Şekil 7.20. Kalsedonik bantlar arasındaki ornatılmış bir parça.

Bazen de damarın bazı kesimlerinde kabuksal büyümeler görülmektedir. Bu oluşuma tam bir anlam verilememekle birlikte gelen silisli çözeltinin sıvı + gaz fazında olabileceği ve böylelikle kabuksal bir büyümenin gelişmiş olabileceği sanılmaktadır (Şekil 7.21.).



Şekil 7. 21. Kabuksal büyümeler.

Çok ilginç ve ender rastlanan bir diğer oluşum ise volkanik kayacın üstünde içi boş olan kabuk şeklinde büyümelerdir (Şekil 7.22.). Bu oluşumunda gazlı silis jelinin kayaç üzerinde silis kabuk oluşturduğu şeklinde yorumlanması akla yakın gelmektedir.



Şekil 7. 22. İçi boş kabuk şeklindeki büyümeler.

Sonuç olarak inceleme alanında kuvars-ametist damarlarında, hem açık boşluk dolgusu dokuların hem de binik dokuların iç içe, hatta bazen birbirini izleyen geçişler şeklinde izlendiği görülmektedir. Farklı zamanlarda gelişen ortam koşullarının bu doku çeşitlenmesini oluşturduğunu söylenebilir. El örneklerinde izlenen üst üste kristallenmeler, amorf ve kristal kuvarsın birliktelikleri ve ornatma yapıları, farklı dönemlerde silis geldiğini kanıtlayan en önemli bulgulardır (Şekil 7.23)

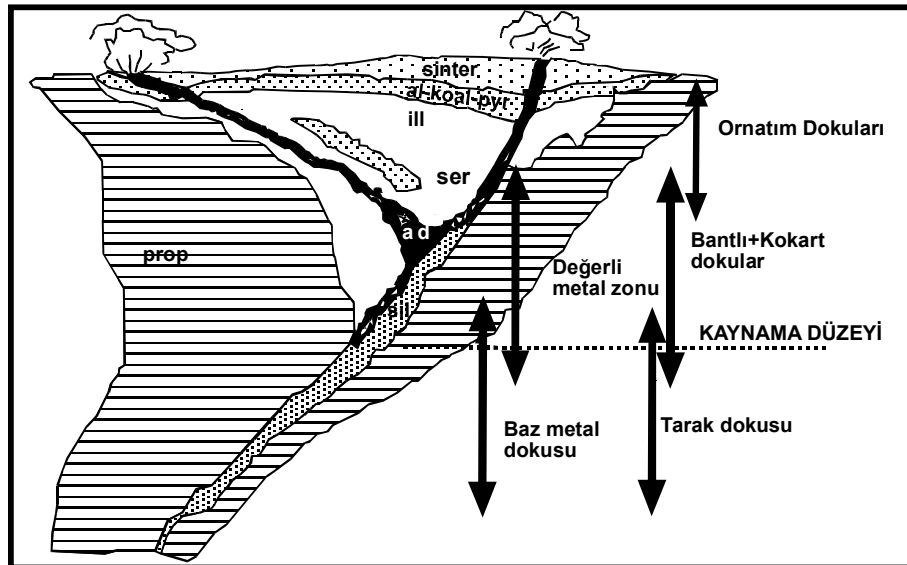


Şekil 7. 23. Amorf ve kristal kuvarsın bir arada bulunduğu ve üst üste büyümlerin gözlemlendiği el örnekleri .

Kuvars damarlarında görülen dokular, Buchanan (1981) tarafından genelleştirilmiş epitermal damar sistemi üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 7.24). Bu şekle göre epitermal sistemlerde dokuların düşey zonlanmasında damarın en derin kesimlerinde, kaynama seviyesinin altında, tarak dokulu kuvars egemen iken kaynama seviyesinde veya hemen üzerinde, mikrokristalin kuvarslı bantlı dokular daha baskındır. Sığ derinliklerde ise masif veya hafifçe bantlı kalsedon görülür. Bu kesimde, karbonat gang, kalsedon veya mikrokristalin kuvars ile ornatılır. Yüzeyde ise, amorf kalsedondan oluşan sinter görülür. Epitermal damarın altın-gümüş bakımından zengin kesimi, genelde, bantlı dokuların egemen olduğu yerdir. Bu kesimlerde, benzer dokuları taşıyan kayaç parçaları ve hamura sahip breşler de görülebilir. Bazı metal içeriği ise, bu kesimin altında, damarın tarak dokusuyla temsil edilen daha derin kısımlarında bulunur.

Öte yandan değerli metal içeren epitermal sistemlerde altın ve gümüşün çökeldiği sıcaklıklar 200-250°C civarındadır ve kaynamanın olduğu bölgelerdir.

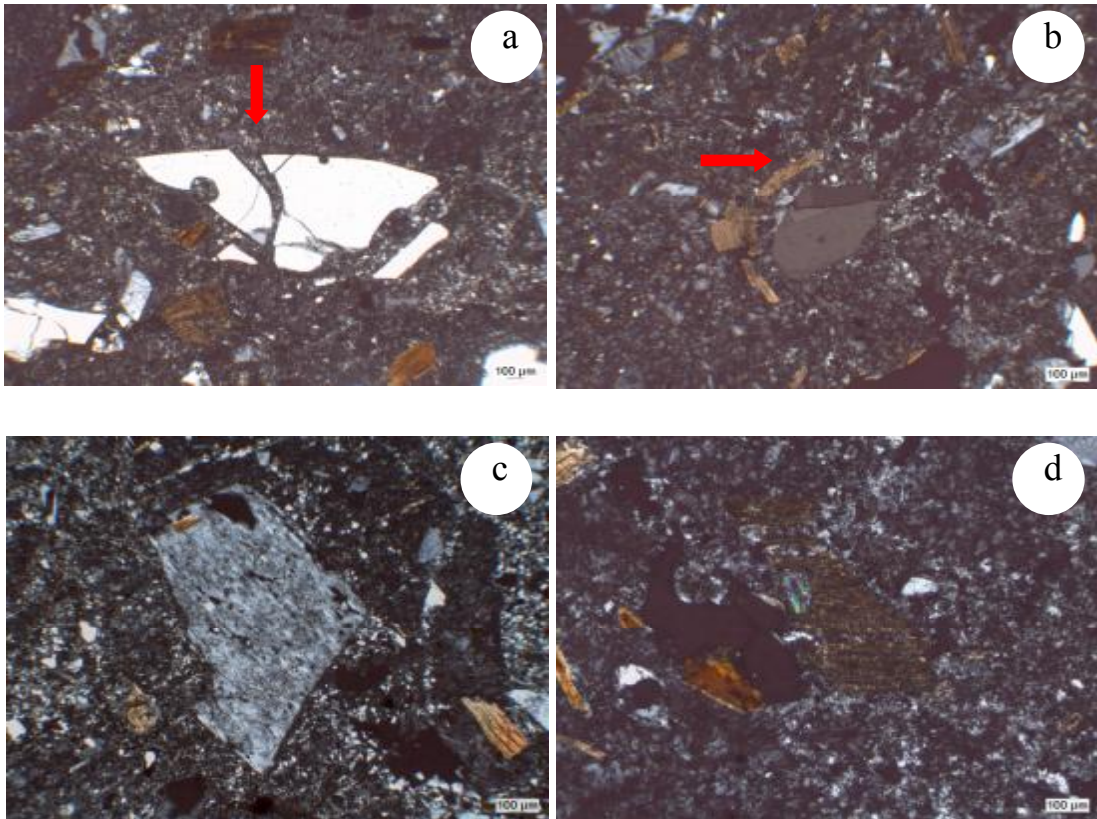
İnceleme alanında çoğunlukla tarak dokuları ile bantlı ve kokart dokularının görülmesi buna karşın daha az olarak da ornatım dokularına rastlanması bu damarların derinliğinin değerli metal zonu civarında ve biraz üstünde olduğunu varsayırmaktadır.



Şekil 7.24. Epitermal damar sisteminde kuvars dokularının genelleştirilmiş düşey zonlanması. al: alünit, kaol: kaolinit, pyr: pirit, ill: illit, ser:serisit, ad: adülyar, prop: propilit, sil: silika. (Buchanan,1981; Oygür 2001'den)

7.3. Mikroskobik İncelemeler

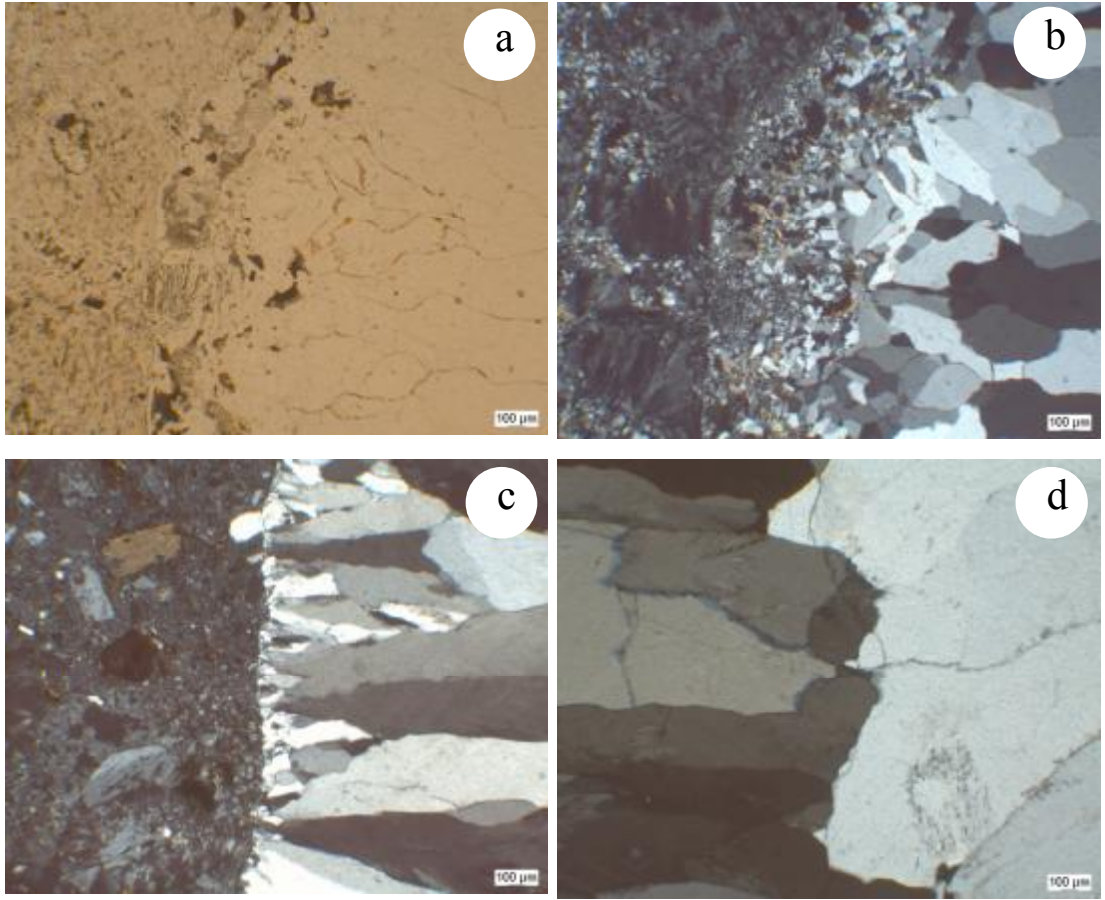
İnceleme alanından kuvars ve ametist damarlarının bulunduğu yerlerde hemen damara yakın kesimdeki volkanik kayalarda kuvars fenokristallerinde izlenen breşleşmeler, biyotitlerde bükülmeler ve opaklaşmalar, plajiyoklazlardaki serisitleşmeler ve hamur içinde izlenen genç ince taneli kuvars dolgu ve damarcıkları bu kayaların kırıldıklarını silisleşme, demir oksitlerin gelişimine ve potasyum getirimine uğradıklarını açıkça göstermektedir (Şekil 7.25).



Şekil 7.25. Kuvars –ametist damarlarına yakın volkanik kayalarda minerallerdeki kırılma, bükülme ve yeni kuvars dolgu ve damarcıkları

- a) Kuvars fenokristalinde kırılma,
- b) Bitotitlerde bükülme,
- c) Hamur içinde ince kuvars damarcıkları,
- d) Hamur içinde fark edilen genç kuvars dolguları

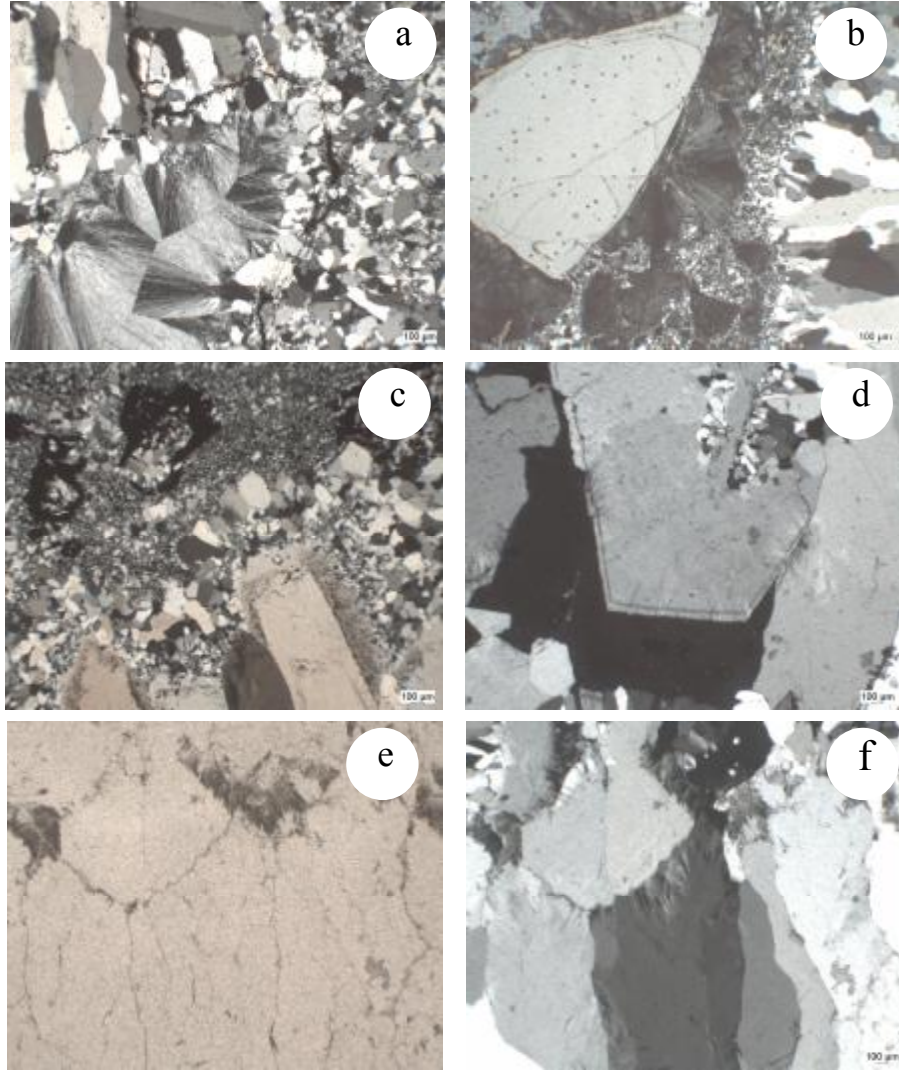
Damarların içinden alına örneklerin ince kesitleri ise volkanik kayaç üzerinde kuvars veya ametistlerin önceleri küçük kristallerle büyümeye başladığını göstermektedir. Bu küçük kristaller zonundan sonra kuvarsların daha irileştiğini onunda üzerinde daha da irileşmiş kuvarsların bulunduğu belirlenmiştir. Kuvarsların uzun eksenleri yönünde büyüdükleri izlenmektedir (Şekil 7.26).



Şekil 7.26. Volkanik yan kayacın kırığında büyüyen kuvarslar

- Volkanik kayaç üzerinde küçük kristallerle büyümeye başlayan kuvarslar (çift nikol),
- Aynı görüntü tek nikolde. Burada irileşen kuvarsların aralarındaki kılcal ve daha iri kuvarslar dikkati çekmekte(çift nikol) ,
- Kuvarsların bazen birden uzun eksenleri yönünde büyümesi,
- c'deki iri kuvarsların devamında daha da irileşmeleri (çift nikol)

Bazı ince kesitlerde kalsedonik büyümeler görülmekte onların arasında (üzerinde) ince taneli kuvarslar görülmektedir. Bunların dışında iri ve öz şekilli kuvarsların en dış zonlarında opak mineral kapanımlarının görüldüğü bir büyüme zonu belirginleşirken iri kuvarslardan sonra daha küçük taneli kuvars büyümelerinin de bulunduğu izlenmektedir (Şekil 7.27.).



Şekil 7.27. Kalsedon ve kuvars büyümeleri.

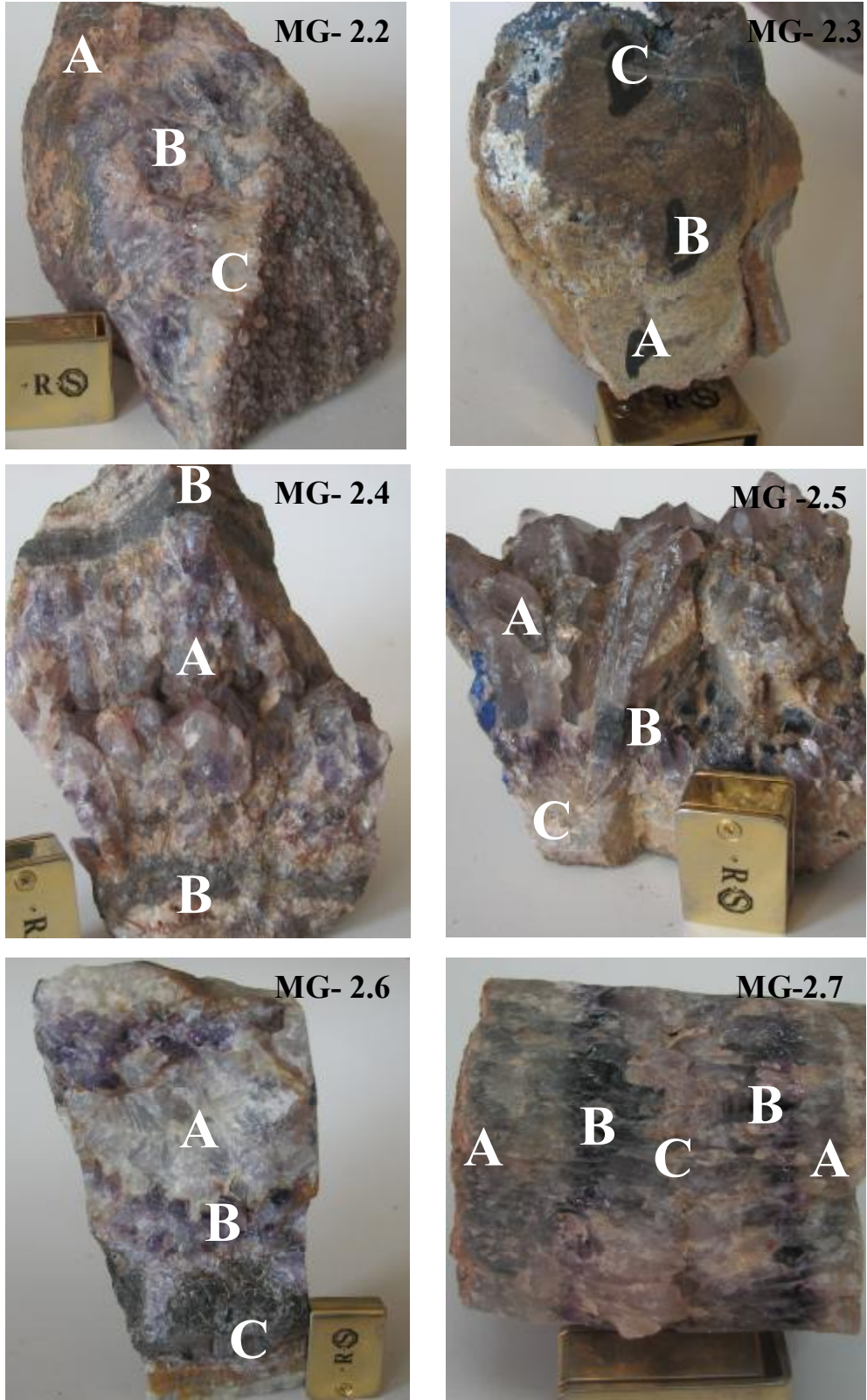
- Işınsal kalsedonlar üzerinde küçük taneli kuvars büyümeleri,
- Kuvars fenokristali (solda) üzerinde kalsedonik büyümeler onunda üzerinde küçük taneli kuvars büyümeleri,
- İri ve sona yakın opak kapanımlı büyümüş kuvarsların üstünde küçük taneli kuvars büyümeleri,
- İri ve sona yakın opak kapanımlı büyümüş kuvarsların içinde küçük taneli kuvars büyümeleri,
- Öz şekilsiz iri kuvars büyümelerinin arasında izlenen opak mineraller (tek nikol), f) aynısı çift nikol

Mikroskobik verilerden çıkarılan en önemli sonuç, kalsedon evresinin en önce olduğu ama bazen kalsedon evresi olmadan da kuvarsların küçük kristallerle başlayarak büyüdüğü ve giderek daha irileştiğidir. Bu da önce gelen çözeltilerin soğuk olduğuna ve giderek ısındıklarına işaret etmektedir. Öte yandan iri kuvarslardan sonra küçük kuvars evresinin oluşması silisleşmenin farklı evreler ve sıcaklıklar içerdiğini göstermektedir. İri kuvarsların son büyüme evresinde opak mineral kapanımlı bir evre olması kuvarsların büyümesi sırasında kimyanın da değiştiğine işaret etmektedir. Kuvarsların arasındaki opaklar ise silisleşme olaylarının ardından olasılıkla demirli çözeltilerin dolaşımına devam ettiğini göstermektedir.

7.4. Kimyasal Veriler

Kalsedon-kuvars ve ametist minerallerinin karmalarından oluşan silisli damarlarda ana ve eser element dağılımlarına kitlesel olarak bakmak ve varsa anomali oluşturan element veya element gruplarını bularak bu çoklukların nedeni hakkında yorum yapmak için damarların her iki kenarı ve merkez zonları olarak 6 ayrı örnekte toplam 17 adet analiz yapılmıştır. Ana ve eser element analiz sonuçları Çizelge 7.1, 7.2 ve 7.3’de sunulmuştur. Ayrıca kuvars-ametist damarlarının kenar zonları ve merkezinden alınan örnekler harflendirilerek tek bir örnekteki farklı zonlar ayrı ayrı ele alınmıştır. B rumuzları kullanılmıştır. Bu örneklerle ait fotoğraflar Şekil 7.28’ de sunulmuştur.

Ana elementler olarak bakıldığında MG2 rumuzlu 17 örnekte A, B ve C rumuzlu kenar ve merkez zonlar arasında düzenli artış veya azalmalar görülmemiştir. Buna karşın MG2-2A, MG2-4B ve MG2-6C örneklerinde başta Fe, Al, Ca ve P olmak üzere diğer örneklerle göre belirgin ve Na, K ve Mg ise biraz artış görülmektedir. Ti ve S ise değişiklik göstermemektedir (Çizelge-7.1).



Şekil 7.28 Farklı doku ve renkte gözlenen ametist damar zonlarının harflendirilmesi

Eser elementlere gelince, birbirlerine kökensel açıdan benzerlik sunan eser elementlerin yan yana gelmesi ile oluşturulan Çizelge-7.2 ve 7.3'den ilk çizelge incelendiğinde, Pb-Zn ve biraz da Cu değerleri yine MG2-2A, MG2-4B ve MG2-6C örneklerinde diğerlerine göre daha yüksektir.

W-Mo-Sn gibi birbirleriyle yakın ilişkiler sergileyen elementler açısından da bakıldığında benzer şekilde üç örnekte diğer örneklerle göre çok belirgin zenginleşmeler görülmektedir.

Yine bu üç örnekte Ni-Co-V da oldukça belirginleşen yükselmeler vardır. As ve Sb elementleri açısından üç örnek diğer örneklerle göre dikkati çekecek ölçüde yüksek değerler göstermektedir.

Sb değerlerinin tüm örneklerde oldukça yüksek olduğu da görülmektedir. Bu element ve diğer önemli element içerikleri hakkında yorum ve tartışmalar ileride ayrıntılı olarak yapılacaktır.

Cd değerleri genel olarak sfalerit cevher mineralleri ile bağlantılı olduğundan Zn elementindeki artışlara paralellik sunması olağan görülmektedir.

Ag değerleri genellikle 3.6 ppm'den küçük olup sadece MG2-3A örneğinde 7.9 ppm'e çıkmaktadır.

Au ise MG2-4B örneğinde 0.2 ppm gibi düşük bir değer sunmaktadır. Çizelge 7.3'de ise yine üç örnekte Mn, Ba, Sr element analizleri diğer örneklerle göre daha yüksek değerler göstermektedir.

Rb da genel olarak K ile bağlantılıdır. Ana element analizlerinde K için çok belirgin bir farklılaşma olmadığı için Rb'da benzer bir trend sunmaktadır.

Li değerleri tüm örnekler için 4.8-65.5 ppm arasında değişen yüksek değerler göstermektedir. Be ise üç örnekte belirgin şekilde artış sergilemektedir.

Son olarak U, La, Ce ve Y elementleri de MG2-2A, MG2-4B ve MG2-6C örneklerinde diğerlerine göre belirginleşen yükselmeler sunmaktadır.

Çizelge 7.1. Renk derecelerine ayrılmış damarlarda ana element sonuçları

ELEMENTLER → ÖRNEKLER ↓	Al	Ti	Fe	Ca	Mg	Na	K	P	S
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
MG2-2A	.11	.002	5.02	.05	.02	.008	.02	.020	<.1
MG2-2B	.01	<.001	.01	.01	<.01	.003	<.01	<.001	<.1
MG2-2C	.10	.006	.16	.03	.01	.007	.04	.002	<.1
MG2-3A	.07	.001	.65	.01	.02	.006	.02	.003	<.1
MG2-3B	.02	<.001	.65	.01	.01	.004	.01	.001	<.1
MG2-3C	.03	.001	.52	.01	.01	.005	.01	.001	<.1
MG2-4A	.02	<.001	.11	.01	<.01	.004	.01	.001	<.1
MG2-4B	.06	<.001	4.48	.04	.02	.010	.03	.012	<.1
MG2-5A	.04	.001	.03	.01	<.01	.002	.03	.001	<.1
MG2-5B	.02	<.001	.01	.01	<.01	.002	<.01	<.001	<.1
MG2-5C	.05	<.001	.01	.02	<.01	.009	.01	<.001	<.1
MG2-6A	.01	<.001	.01	.01	<.01	.008	.01	<.001	<.1
MG2-6B	.03	<.001	.11	.01	<.01	.005	.01	.001	<.1
MG2-6C	.02	<.001	7.34	.03	.05	.005	.02	.022	<.1
MG2-7A	.05	.001	.02	.02	<.01	.009	.02	<.001	<.1
MG2-7B	.01	<.001	.01	.01	<.01	.003	<.01	.001	<.1
MG2-7C	.08	.002	.03	.01	<.01	.006	.03	.001	<.1

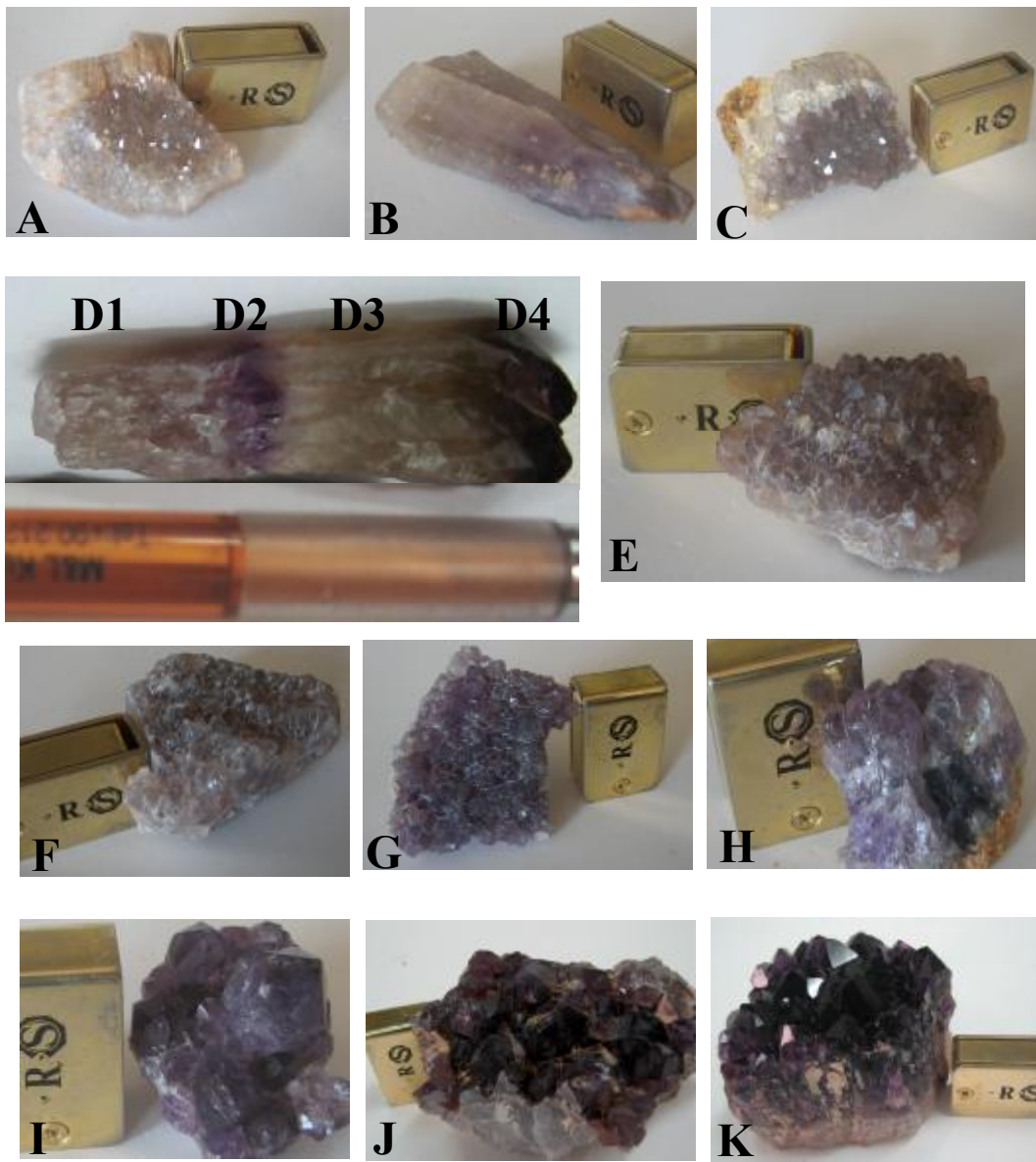
Çizelge 7.2. Renk derecelerine ayrılmış damarlarda eser element sonuçları

ELEMENTLER→	Cu	Pb	Zn	Cd	Ag	Au	W	Mo	Sn	Cr	Ni	Co	V	As	Sb
ÖRNEKLER ↓	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MG2-2A	5.8	5.9	18	.4	1.8	<.1	74.4	.6	.4	1.6	9.5	1.7	30	1060	167.6
MG2-2B	.6	.2	1	<.1	.1	<.1	.2	<.1	.1	.3	.2	<.2	<.1	7	156.1
MG2-2C	7.9	1.9	8	<.1	.2	<.1	2.2	.1	.1	.3	1.2	.9	2	27	208.1
MG2-3A	19.6	2.2	14	.1	7.9	<.1	7.6	.1	1.8	1.5	6.0	.7	4	97	81.8
MG2-3B	5.8	1.1	10	.1	.1	<.1	4.5	.1	.6	.9	3.0	.4	5	134	44.1
MG2-3C	7.1	1.8	8	.1	3.6	<.1	3.5	.1	.8	.7	1.7	.5	4	113	44.6
MG2-4A	4.6	.8	3	<.1	3.3	<.1	.8	.1	.3	1.6	1.0	.9	1	20	88.3
MG2-4B	14.8	1.0	71	.5	.6	.2	39.9	1.5	1.3	.3	17.9	31.1	41	633	126.3
MG2-5A	1.3	1.5	1	<.1	1.4	<.1	2.9	.1	.2	1.2	3.5	.4	1	8	157.4
MG2-5B	1.1	.3	<.1	<.1	.5	<.1	<.1	<.1	.2	.1	.2	<.2	<.1	4	83.7
MG2-5C	4.5	.9	2	<.1	.2	<.1	.3	.1	.5	.4	.5	<.2	1	8	186.7
MG2-6A	3.9	.8	2	<.1	.1	<.1	.1	<.1	.6	.5	.5	<.2	1	13	369.6
MG2-6B	3.6	.9	2	<.1	.1	<.1	.3	.1	.3	.6	.4	<.2	1	18	92.5
MG2-6C	10.2	.6	11	.3	.2	<.1	37.8	3.3	1.0	.7	2.4	2.3	29	1400	122.7
MG2-7A	2.3	1.0	3	<.1	.2	<.1	.1	<.1	.2	.2	.7	.2	2	13	414.7
MG2-7B	1.2	.7	1	<.1	.6	<.1	.1	<.1	.2	.3	.2	<.2	<.1	7	203.6
MG2-7C	3.7	.7	1	<.1	1.2	<.1	.4	<.1	.4	.9	.7	.2	1	9	287.1

Çizelge 7.3. Renk derecelerine ayrılmış damarlarda toprak element sonuçları

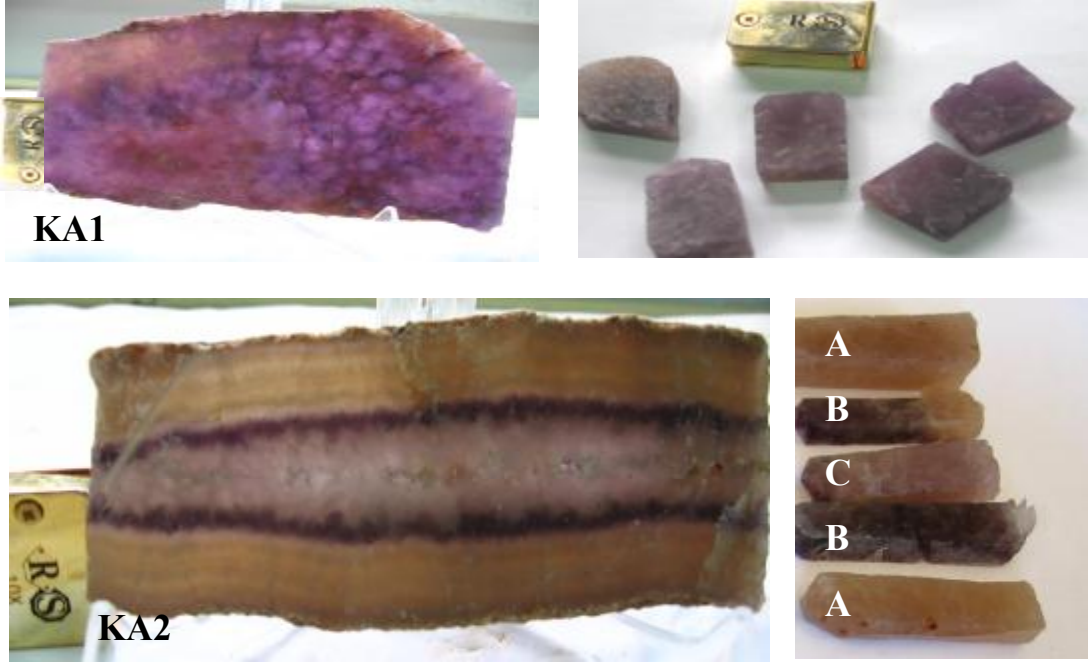
ELEMENTLER→	Mn	Rb	Ba	Sr	Zr	Hf	Sc	Bi	Ta	Be	Li	U	Th	La	Ce	Y	Nb
ÖRNEKLER ↓	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MG2-2A	140	2.2	50	9	.5	<.1	<.1	<.1	<.1	15	54.3	1.8	.1	1.8	2	2.4	.1
MG2-2B	15	.5	2	1	.1	<.1	<.1	<.1	<.1	6	22.0	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1
MG2-2C	63	2.9	12	7	.7	<.1	<.1	<.1	<.1	8	37.7	.1	.2	1.2	2	.6	.1
MG2-3A	49	1.9	7	2	.8	<.1	<.1	<.1	<.1	4	6.5	1.5	.1	.8	1	.6	.1
MG2-3B	62	1.2	9	1	.2	<.1	<.1	<.1	<.1	4	5.3	1.9	<.1	.3	<.1	.2	<.1
MG2-3C	48	1.0	8	2	.3	<.1	<.1	<.1	<.1	4	4.8	1.9	<.1	.3	1	.2	.1
MG2-4A	123	1.1	17	2	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	8	41.1	.1	<.1	.2	<.1	.1	<.1
MG2-4B	3173	6.0	350	34	.2	<.1	<.1	<.1	<.1	17	28.0	2.4	<.1	3.0	8	4.3	<.1
MG2-5A	329	2.3	56	1	.3	<.1	<.1	<.1	<.1	2	9.3	.1	.1	.8	1	.5	.1
MG2-5B	4	.2	2	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	2	37.9	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1
MG2-5C	43	1.8	6	1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	4	65.5	<.1	<.1	.1	<.1	.1	<.1
MG2-6A	32	.9	2	1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	6	10.4	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1
MG2-6B	37	1.1	3	1	.1	<.1	<.1	<.1	<.1	6	36.8	<.1	<.1	.1	<.1	.1	<.1
MG2-6C	12	2.6	6	1	.5	<.1	<.1	<.1	<.1	34	11.4	3.7	<.1	.4	1	1.2	<.1
MG2-7A	43	2.2	5	1	.2	<.1	<.1	<.1	<.1	2	18.6	<.1	.1	.2	<.1	.1	<.1
MG2-7B	7	.6	1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	1	28.8	<.1	<.1	.1	<.1	.2	<.1
MG2-7C	6070	2.4	158	20	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	1	27.6	<.1	.1	.7	1	.3	.1

Damarlardaki zonlarda yapılan analizlerin dışında ametist minerallerinin renklerinin koyulukları ile ana veya eser element değerleri arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmak için A'dan (en açık renkli) başlayıp giderek en koyu renkli K'ya kadar 14 adet ametist tek kristali ayrılarak analiz edilmiştir. D1, D2, D3 ve D4 ise tek bir kristalde ayrı ayrı renk zonlarını temsil etmektedir. Analiz edilen bu tür örneklerle ait fotoğraflar da Şekil 7.29'de verilmiştir.



Şekil 7.29 Renk derecelerine göre gruplandırılmış ametist örnekleri

Bu örneklere ilaveten kristalize ametist topluluğu (piyasa dilinde böyle örneklere “kök ametist” denmektedir) olan KA-1 ve KA-2 örneğinin A, B ve C zonlarında (Şekil 7.30) analizler yapılmıştır. Yukarıda tanımlanan tüm örneklerin ana ve eser element analiz sonuçları Çizelge 7.4, 7.5 ve 7.6’da verilmiştir.



Şekil 30. Kritalize ametist topluluklarında renk dağılımı

A’dan K’ya kadar olan 14 örnekten D1, D2, D3 ve D4 örnekleri dışındaki 10 örnekte ana element değerleri arasında hiçbir önemli bir farklılığa diğer bir deyimle koyuluk sırasına göre bir artış ya da azalış düzenine rastlanmamıştır. Yukarıdaki tüm örneklerde Sb ve Li dışındaki tüm elementlerde belirgin bir dağılım biçimi görülmemektedir. Sb değerlerinde ametistlerin renk koyuluk ve açıklıklarına göre bir artış veya azalış olmamasına karşın yaklaşık 75–267 ppm arasında değişen çok yüksek değerler sunmaktadır. Li değerleri de sadece tek minerallerin analiz edildiği düşünülürse çok yüksek olup yaklaşık 12- 44 ppm arasındadır ve bir sıralama göstermemektedir. As değerleri ise bu grupta 10 ppm’e kadar çıkan değerlerle belirgin bir düzene sahip olmadan izlenmektedir. Çok belirgin olmasa da Sn

değerleri 0.9 ppm'e Be'da 7 ppm'e kadar çıkan ufak artışlar da göstermektedir (Çizelge 7.5 ve 7.6).

D1, D2, D3 ve D4 örneklerinde Şekil 7.29'dan görüleceği gibi D2 ve D4 ametistlerin hakim olduğu zonları temsil etmektedir. D2 ve D4 örneklerinde Sb, Li, biraz da As, Mn ve Rb değerleri D1 ve D3 zonlarına göre daha fazladır. Bu da ametistlerin mor rengi ile element içerikleri arasında bir ilişkiye işaret edebilir. Bir başka sonuç ise kristalin uzun eksen yönünde büyümesine devam ederken bazı elementler açısından salınımlar olduğudur.

Öte yandan, KA-1 örneğinde Sb değeri 102 ppm'e yakın, Li değeri 25 ppm civarı ve As değeri de 5 ppm'dir. Yani bu örnek bu elementlerden tek kuvars ve ametist kristalleri değerleri kadar içermektedir. KA-2A kristalli bir damarın en dış zonunu, KA-2B onun içindeki ametistli zonu ve KA-2C ise onun da içindeki kirli boz, kahverengine benzer iç zonu temsil ettiğinden (Şekil 7.30) Sb 'ı buna göre değerlendirdiğimizde en dış zonda 386 ppm ile çok yüksek onun içindeki ametistli zonda 177 ppm ile yarı yarıya azalmış ve en iç zonda ise 320 ppm ile yine yükselmiş olarak izlenir. Li değerleri ise en dış zonda 14 ppm civarında, onun içindeki ametistli zonda 43 ppm ve en iç zonda da 42 ppm olarak sonuç vermiştir. As değerleri ise sırasıyla 12, 7 ve 9 ppm değerler göstermektedir.

Bu sonuçlar damarlarda minerallerin tek tek değilde zon zon veya grup grup ele alınması halinde bazı elementlerde yükselmeler gösterdiğine işaret etmektedir. Buraya kadar yapılan tüm analizlere (35 adet) bütün halinde bakıldığında (Çizelge 7.5 ve 7.6), Sn, Mo ve Be elementlerinde çok az da olsa farklılaşmalar, Cu, Pb, Zn, Fe, Ag, Ni, Co, Fe, V, Ba ve Rb elementlerinde biraz daha belirginleşen farklılaşmalar görülürken Sb, Li, As ve biraz da W elementlerinde hem background olarak hem de yersel olarak çok büyük anomali değerleri göze çarpmaktadır. Bu durumda özellikle As, Sb ve Li 'lu çözeltilerin bu evrede etkin olduğu yerler olduğunu göstermektedir. Burada Li 'un yanına kayaç analizleri sırasında aynı lokalitelerden alınan örneklerde yüksek olarak belirlenmiş Cs'u da katmak olasıdır.

Çizelge 7.4. Renk derecelerine ayrılmış kristallerde ana element sonuçları

ELEMENTLER → ÖRNEKLER ↓	Al	Ti	Fe	Ca	Mg	Na	K	P	S
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A	.03	.001	.02	.02	<.01	.007	.02	.001	<.1
B	.04	.001	.02	.02	.01	.006	.02	.001	<.1
C	.01	<.001	.04	<.01	<.01	.003	<.01	.001	<.1
D1	.01	<.001	.03	.01	<.01	.002	<.01	.001	<.1
D2	.01	<.001	.03	.01	<.01	.003	<.01	.001	<.1
D3	.01	<.001	.01	.01	<.01	.003	<.01	<.001	<.1
D4	.02	.001	.02	.01	<.01	.008	.01	<.001	<.1
E	.02	<.001	.01	<.01	<.01	.004	.01	<.001	<.1
F	.02	.001	.03	.01	<.01	.006	.01	<.001	<.1
G	.04	<.001	.02	.01	<.01	.006	.01	<.001	<.1
H	.03	.001	.01	.01	<.01	.006	.01	<.001	<.1
I	.01	<.001	.06	<.01	<.01	.002	<.01	<.001	<.1
J	.02	<.001	.02	<.01	<.01	.002	<.01	<.001	<.1
K	.01	<.001	.01	<.01	<.01	.001	<.01	<.001	<.1
KA-1	.01	<.001	.01	<.01	<.01	.002	<.01	<.001	<.1
KA-2A	.01	<.001	.02	.02	<.01	.007	.01	<.001	<.1
KA-2B	.02	<.001	.01	.01	<.01	.004	<.01	<.001	<.1
KA-2C	.02	<.001	.01	.01	<.01	.006	.01	<.001	<.1

Çizelge 7.5: Renk derecelerine ayrılmış kristallerde eser element sonuçları

ELEMENTLER→	Cu	Pb	Zn	Cd	Ag	Au	W	Mo	Sn	Cr	Ni	Co	V	As	Sb
ÖRNEKLER ↓	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
A	9.4	.7	5	<.1	1.7	<.1	.2	<.1	.1	<.1	.9	<.2	1	6	182.5
B	2.1	.6	1	<.1	1.8	<.1	.3	<.1	.4	.9	.6	<.2	1	6	184.0
C	2.4	.8	2	<.1	10.2	<.1	.2	.1	.2	1.2	.5	<.2	<.1	5	179.8
D1	1.7	.7	1	<.1	.5	<.1	.1	.1	.5	.9	.8	<.2	<.1	3	86.1
D2	1.8	.8	1	<.1	.1	<.1	.1	.1	.3	.6	.9	<.2	<.1	5	184.7
D3	1.4	.7	1	<.1	.1	<.1	.1	<.1	.2	<.1	.6	<.2	<.1	3	97.5
D4	1.4	1.2	1	<.1	.2	<.1	<.1	<.1	.6	.4	.1	<.2	<.1	9	256.1
E	5.1	.5	<.1	<.1	.1	<.1	.2	<.1	.6	<.1	.1	<.2	1	7	171.7
F	4.2	.9	2	<.1	.2	<.1	.2	.1	.5	.3	2.1	.3	2	10	267.3
G	4.4	.6	<.1	<.1	2.3	<.1	.2	<.1	.9	.7	.1	.3	1	7	144.3
H	3.8	1.0	1	<.1	2.9	<.1	.1	<.1	.3	.4	.1	<.2	<.1	6	107.1
I	1.6	.6	1	<.1	.2	<.1	.6	<.1	.1	.4	.5	<.2	1	10	74.6
J	4.7	.8	1	<.1	1.6	<.1	.1	<.1	.5	.5	.2	<.2	<.1	4	88.6
K	.9	.3	<.1	<.1	.2	<.1	<.1	<.1	.2	<.1	<.1	<.2	<.1	3	41.8
KA-1	.7	.3	<.1	<.1	.3	<.1	<.1	<.1	.1	.3	.1	<.2	<.1	5	101.8
KA-2A	1.1	.4	1	<.1	.1	<.1	.1	.1	.2	.2	.3	<.2	2	12	386.4
KA-2B	.7	.9	1	<.1	.1	<.1	<.1	<.1	.1	.8	.1	<.2	1	7	177.6
KA-2C	.9	.6	<.1	<.1	.1	<.1	<.1	<.1	.1	.5	.2	<.2	1	9	320.0

Çizelge 7.6. Renk derecelerine ayrılmış kristallerde eser element sonuçları

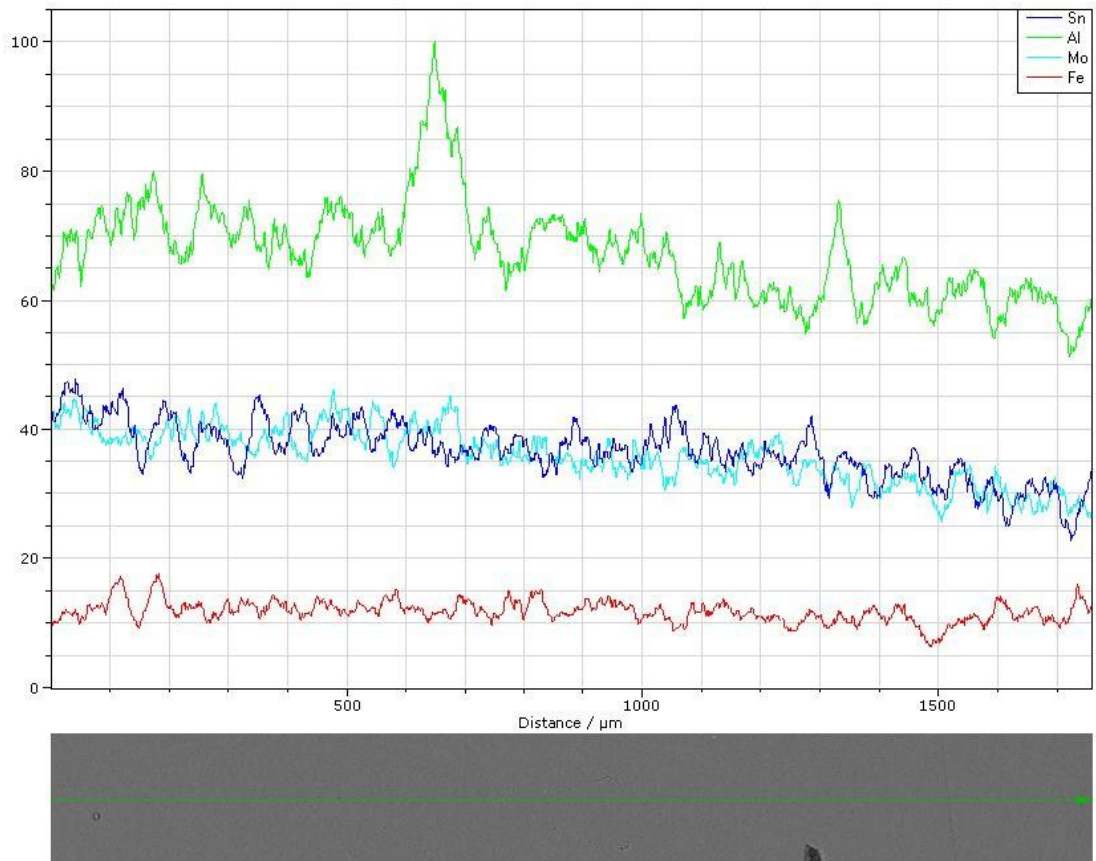
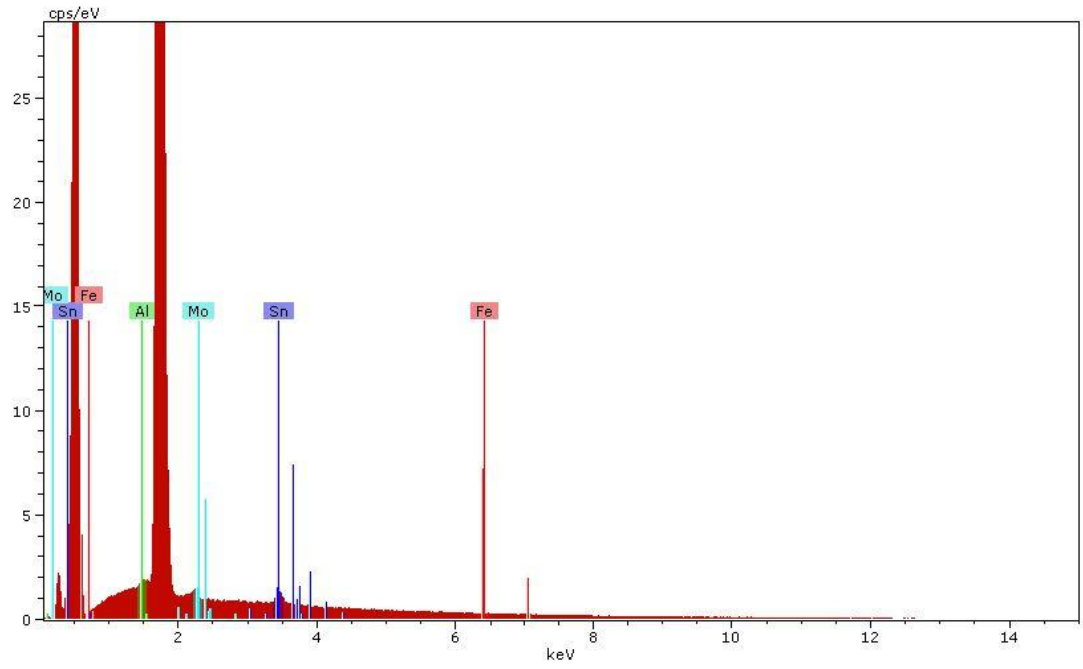
ELEMENTLER →	Mn	Rb	Ba	Sr	Zr	Hf	Sc	Bi	Ta	Be	Li	U	Th	La	Ce	Y	Nb
ÖRNEKLER ↓	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
A	20	1.5	5	1	.4	<.1	<.1	.1	<.1	1	19.1	<.1	<.1	.2	<.1	.2	<.1
B	19	1.6	5	1	.2	<.1	<.1	<.1	<.1	2	18.2	<.1	<.1	.1	<.1	.1	<.1
C	4	.4	2	<.1	.1	<.1	<.1	.1	<.1	2	19.2	<.1	<.1	<.1	<.1	.1	<.1
D1	5	.1	5	<.1	.2	<.1	<.1	.1	<.1	2	16.6	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1
D2	11	.7	2	<.1	.1	<.1	<.1	.1	<.1	3	21.8	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1
D3	6	.4	4	<.1	1.0	<.1	<.1	.1	<.1	4	11.6	<.1	<.1	<.1	<.1	.3	<.1
D4	34	.7	7	2	.2	<.1	<.1	.1	<.1	14	33.3	<.1	<.1	.5	1	.1	<.1
E	17	1.1	4	1	.1	<.1	<.1	.1	<.1	1	12.8	<.1	<.1	<.1	<.1	.1	<.1
F	39	1.4	8	1	.2	<.1	<.1	<.1	<.1	3	15.0	<.1	<.1	.1	<.1	.1	<.1
G	12	.9	3	1	.1	<.1	<.1	.1	<.1	3	43.7	<.1	<.1	.1	1	.3	<.1
H	10	.8	4	1	.1	<.1	<.1	.1	<.1	4	33.2	<.1	<.1	.1	<.1	.1	<.1
I	6	.6	1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	3	14.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1
J	9	.6	3	2	.2	<.1	<.1	<.1	<.1	4	21.9	<.1	<.1	.1	<.1	.1	<.1
K	2	.2	1	<.1	.1	<.1	<.1	<.1	<.1	2	26.3	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1
KA-1	6	.1	2	<.1	.2	<.1	<.1	<.1	<.1	7	25.2	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1
KA-2A	40	1.4	2	1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	1	14.3	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1
KA-2B	9	1.5	2	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	1	43.4	<.1	<.1	<.1	<.1	.1	<.1
KA-2C	16	1.0	18	1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	2	42.6	<.1	<.1	<.1	<.1	.2	<.1

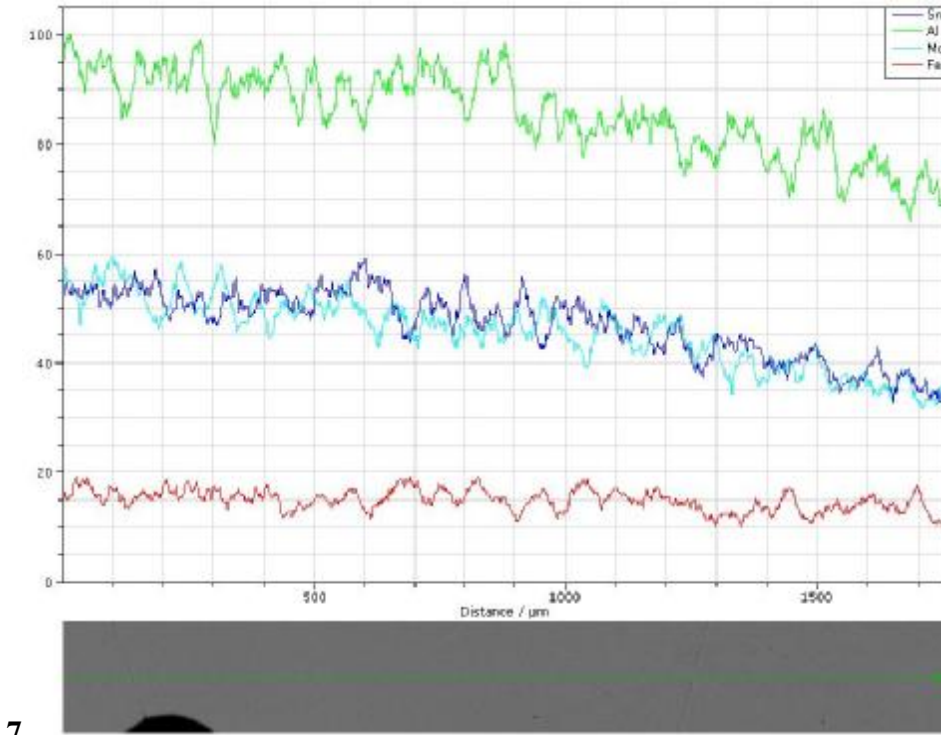
7.5. Element Dağılım Haritaları

Ametist tek kristallerindeki renklemelerin hangi elementten kaynaklandığını araştırmak amacıyla, Hacettepe Üniversitesi'nde Elektron mikroskop-EDAX sisteminde nokta ve profillerde yapılan nokta analizleri ile bazı alanlarda element dağılım haritaları oluşturulmuştur. MG1.1 örneği ve MG 2-7 örnekleri ametist kristallerinde mor renkli olan ve şeffaf olan bölgeleri içermesi açısından seçilmiştir. Ametistler içinde yapılan nokta analizleri Çizelge 7.7'de verilmiştir. Bu nokta analizleri incelendiğinde eser elementlerden MoO_3 'ün %0.05 ile 1.20 arasında bazı değerler sunduğu buna karşın Sn elementinin %0.80 ile 1.88 arasındaki değerlerle kristaller içindeki bazı noktalara yerleştiği görülmektedir. Nokta analizinin dışında MG 2-7.1 'den başlayıp MG 2-7.4'e giden ve birbirinin devamı şeklinde oluşturulan ve toplam uzunluğu 12,250 mm olan (7 defa 1750 mikron = 12mm 250 mikron) bir profilde Fe, Al, Sn ve Mo element değişimleri belirlenmiştir. Burada tüm profiller verilmemiş olup sadece bir tanesi için element piklerini veren spektrumlarla birlikte element değişim diyagramları ve profillerin alındığı hatlar sunulmuştur (Şekil 7.31.) Spektrumlarda Al, Sn ve Mo pikleri belli iken Fe için önemli bir pik görülmemektedir. Değişim diyagramlarında da Al, Sn ve Mo için ufak oynamalar ortaya çıkmaktadır. 10 adet alanda element dağılım haritası yapılmıştır. Bunlardan biri olan MG 2-7 örneği seçilmiş ve Şekil 32'de Fe, Al, Sn ve Mo element dağılım haritaları verilmiştir. 0.025 mm^2 'lik bir alanı temsil eden bu alanda, parlak olarak görülen alancıklar ilgili elementin oransal olarak daha fazla olduğu kesimleri göstermektedir.

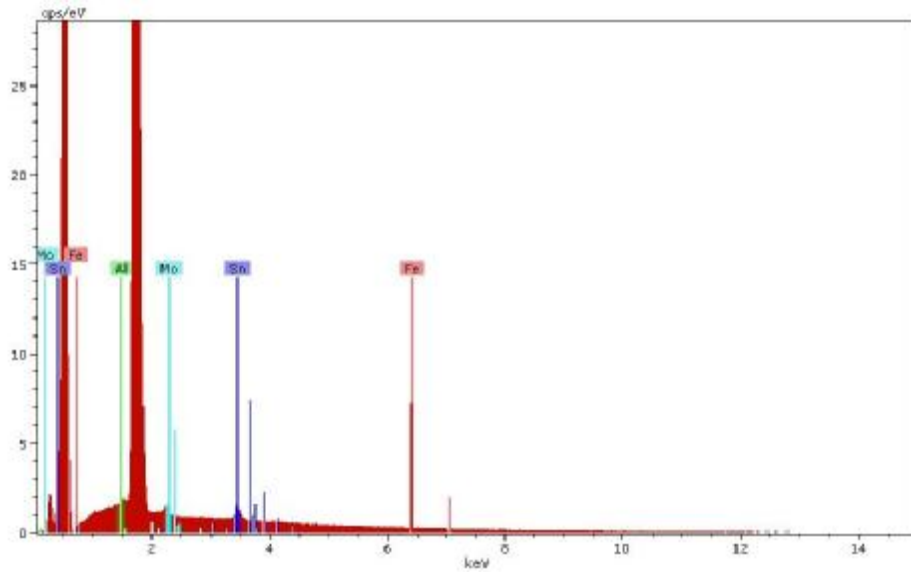
Çizelge 7.7: Ametistler içinde nokta analizleri

	MG 2-7.1	MG 2-7.2	MG 2-7.3	MG 2-7.4	MG 1-1C.1
SiO₂ (%)	98,20	98,00	97,63	98,20	98,07
MoO₃ (%)	0,82	1,20	1,20	0,85	0,05
Sn (%)	0,98	0,80	1,17	0,95	1,88
TOPLAM	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

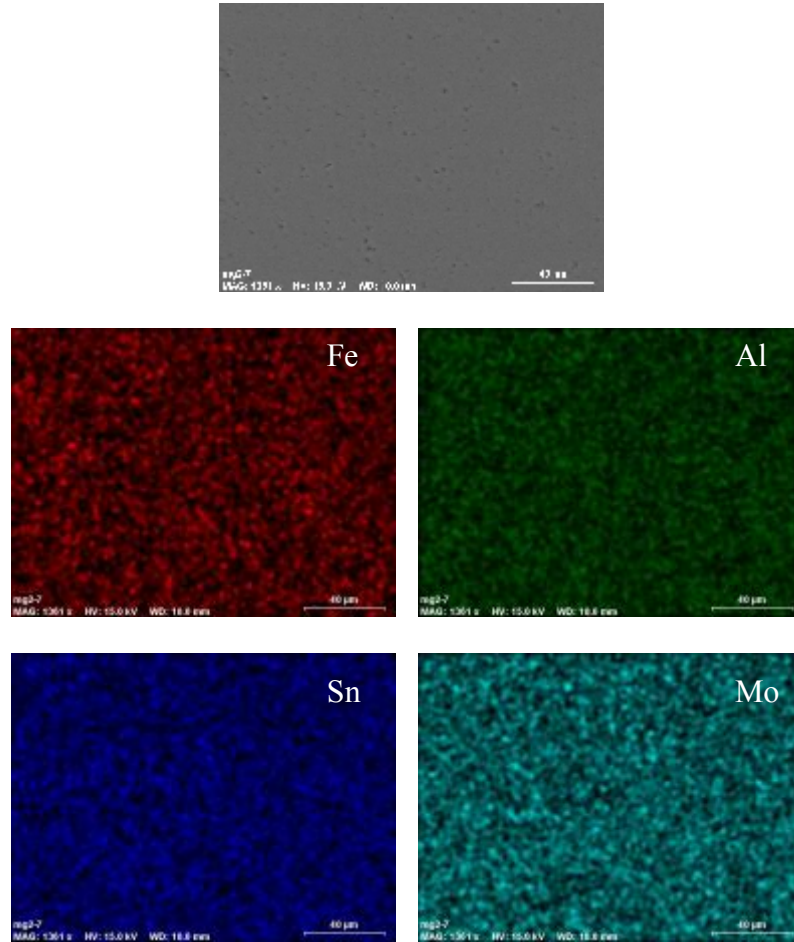




7



Şekil 7.31: Açıktan Koyuya geçiş yapan ametist örneğinde elektron mikroskop element dağılımı



Şekil 7.32. MG -2 .7. örneğine ait açıktan koyuya geçiş yapan ametist örneğinde elektron mikroskop element dağılımlarını yoğunluk görüntüleri

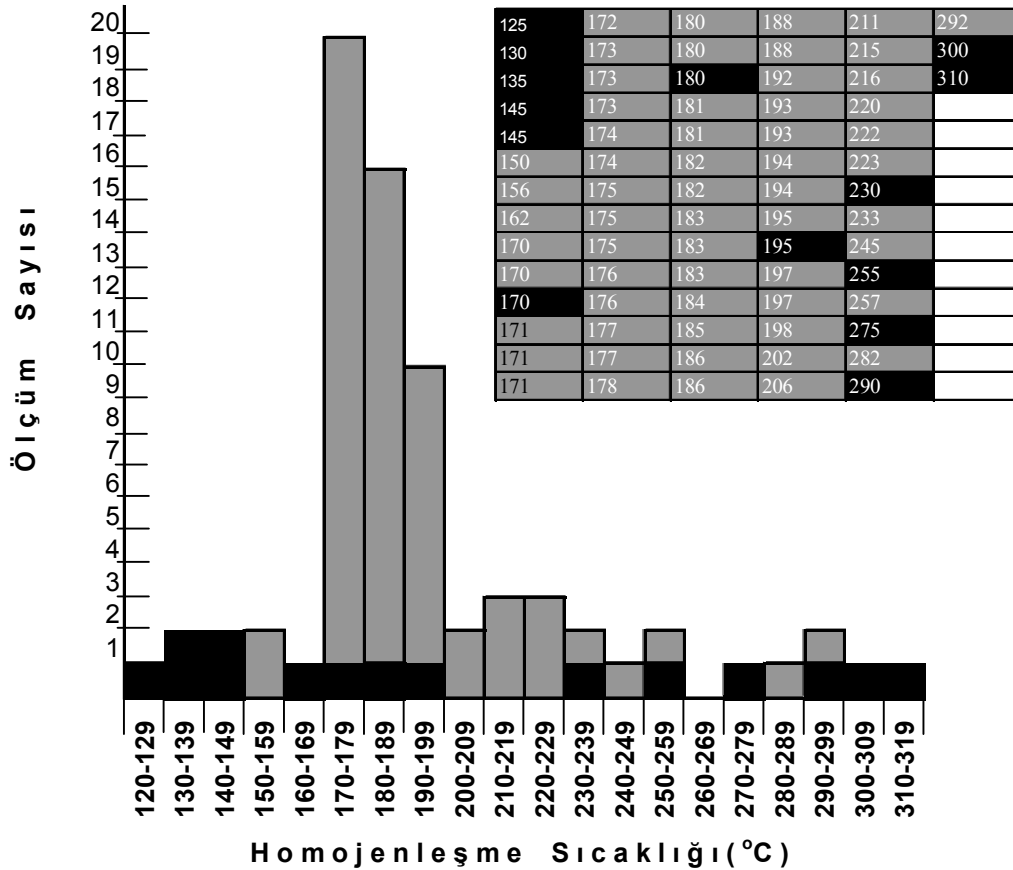
7.6. Sıvı Kapanım Çalışmaları

Sıvı kapanım çalışmaları, dört ametistli örneğin Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) ve beş ametistli örneğin de Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü Sıvı Kapanım laboratuvarlarında yürütülmüştür. KTÜ 'de ametist kristalleri kırılarak oluşturulan ince levhacıklarda izlenen 13 adet sıvı kapanım üzerinde sıcaklık ölçümleri şeklinde yapılmıştır. MTA' da ise örnekler kesilerek her

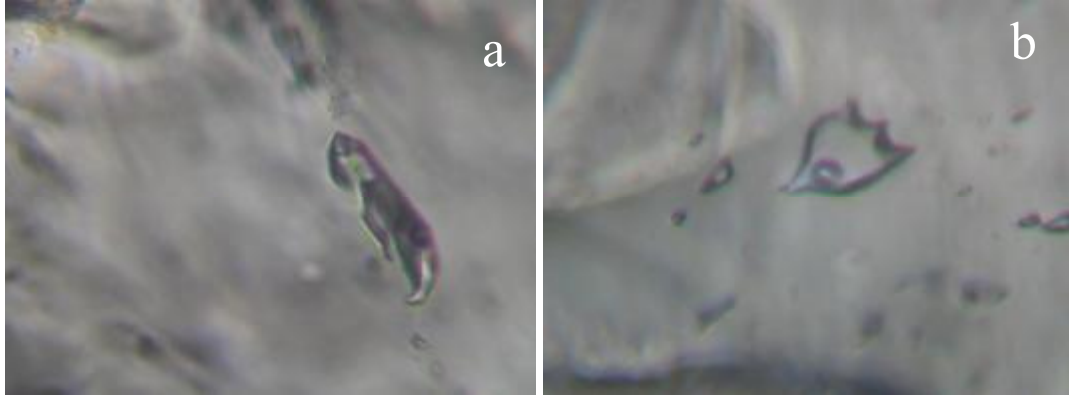
iki yüzü de parlatılmış ve 60 adet sıvı kapanımda homojenleşme sıcaklıkları belirlenmiştir.

KTÜ tarafından yapılan deneylerde izlenen kapanım türleri birincil kapanımlar olup, homojenleşme sıcaklıkları 125°C ile 310°C arasında ve 125°-200°C arasında ve 220°-300°C olmak üzere iki grupta değerlendirilmiştir (Şekil 7.33). Ölçüm yapılan iki kapanımın görüntüsü Şekil 7.34’de verilmiştir.

Sıvı kapanımlar birincil kapanımlar ve ikinci kapanımlar olmak üzere iki grupta görülmüştür. Ancak ölçümler birincil kapanımlar üzerinde yapılmıştır. Kapanım sıvılarının su olduğu düşünülmüş olup bazı kapanımlar içerisinde bebek (daughter) kristallere de rastlanmıştır. Bunların tuz, kalsiyum sülfat, demiroksit, potasyum klorür olabileceği öngörülmüştür. Ayrıca ikincil kapanımlardan çok farklı şekilli konsantrik kapanımlar gözlenmiştir.



Şekil 7.33. 73 adet sıvı kapanımda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları ve bunlara ait histogram (siyah kutucuklar KTÜ ölçümleri , gri kutucuklar MTA ölçümleri).



Şekil 7.34. Homojenleşme sıcaklıkları ölçülen iki sıvı kapanım

a) uzun ekseni 27 mikron, Th: 300°C ,

b) uzun ekseni 16 mikron, Th: 170°C

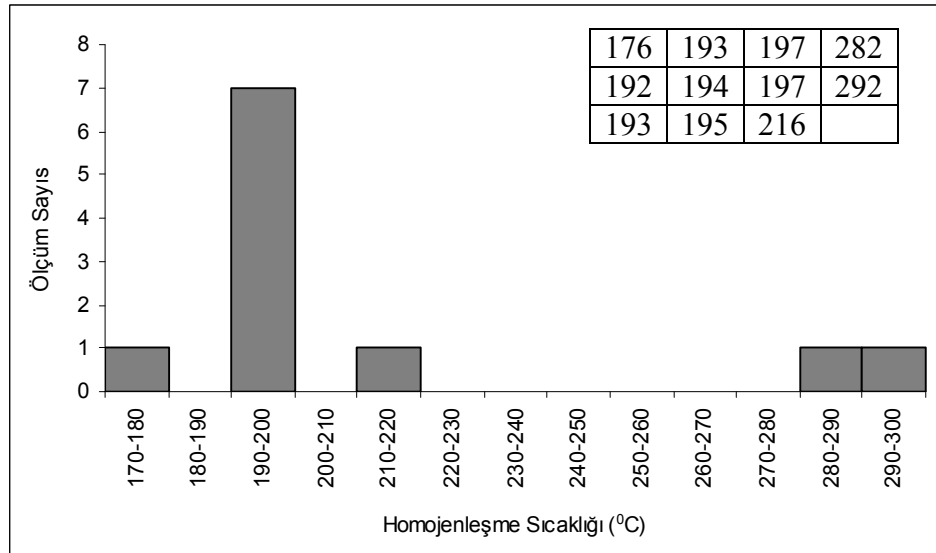
Bu ametist kristallerinde elde edilen homojenleşme sıcaklıklarının (125C-310°C) hidrotermal ortamında oluştukları, bu ortamın da epitermal ve mezotermal safhaları gösterdiği belirtilmektedir.

MTA tarafından yapılan sıvı kapanım çalışmaları ise şeffaf ve iri kristalli ametist örnekleri üzerinde yapılmıştır. 5 adet örnekte 60 adet sıvı kapanım çalışılmıştır. Bu örneklerde çok sayıda birincil ve ikincil kökenli kapanımlara rastlanmıştır. Birincil kökenli kapanımların çoğunluğunu 2 fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar ve tek fazlı (sıvı) kapanımlar oluştururken, tek fazlı (gaz) kapanımlar daha az oranda izlenmiştir. Ayrıca yaygın olarak mineral kapanımları (katı kapanımlar) mevcuttur. Ölçüm yapılan birincil kökenli 2 fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar da genellikle sıvı fazın gaz faza oranı daha fazladır ve tüm bu kapanımlar sıvı faza homojenleşmiştir. Kapanımların boyutları 5 mikron ile 125 mikron arasında değişmektedir ancak 15-30 mikron arası boyutlardaki kapanımlar çok yaygındır.

Tüm mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları (Th°C) ve bu veriler göre oluşturulan dağılım grafiği (histogram) Şekil 7.33'de verilmiştir.

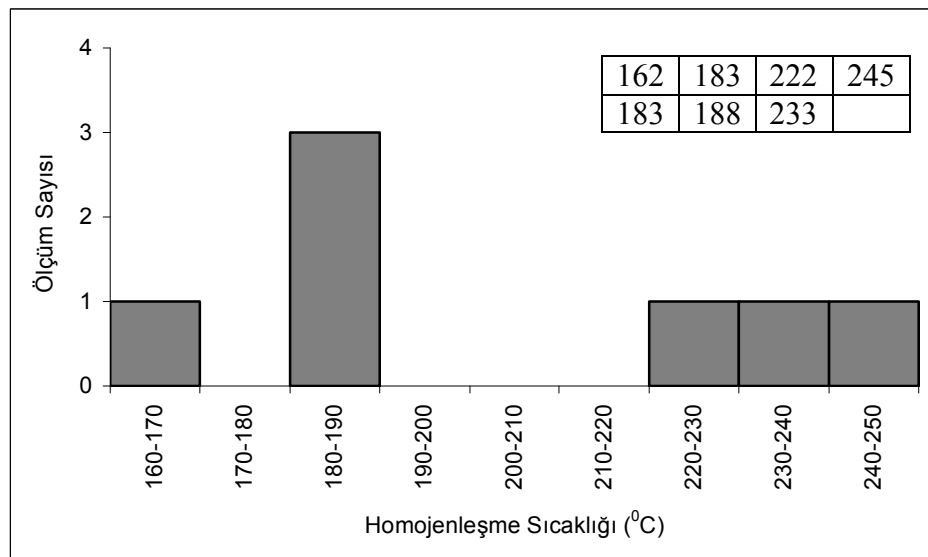
MTA tarafından incelenen örneklerin birisinde kuvars ve ametist zonlanmasının birbirinden biraz farklılaşarak seçilebildiği görülmektedir. Bu örnekte mor renkli ametist kısmı ile şeffaf kuvars kısmı ayrı ayrı çalışılmıştır.

Mor renkli ametistli kesimde yapılan mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları (T_h °C) Şekil 7.35' de gösterilmiştir.



Şekil 7.35. Mor renkli (ametistli) kesimdeki homojenleşme sıcaklıkları

Açık renkli olan ve şeffaf kuvarslarla temsil olunan kesimde yapılan mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen dağılım grafiği de Şekil 7.36'de verilmiştir.



Şekil 7.36. Şeffaf kuvarslı kesimdeki homojenleşme sıcaklıkları

Bu veriler göre, mor renkli ametistli kesimlerde yapılan ölçümler genel olarak açık renkli şeffaf kuvarslı kesimlere göre daha yüksek sıcaklıklar vermektedir.

MTA tarafından yapılan 60 adet ölçümden elde edilen toplu histogram incelendiğinde (bakınız Şekil 7.20) örneklerin homojenleşme sıcaklıklarının 150°-300 °C arasında değiştiği ve sıcaklıkların 170°-230°C arasında ise yoğunlaştığı görülmektedir.

Her iki laboratuvarın verilerini birleştirdiğimizde homojenleşme sıcaklıklarının 125°-310°C arasında olabileceğini ancak toplam 74 ölçümden 52 tanesinin 170°-230°C arasında, 8 tanesinin 125°-162°C olan düşük sıcaklıklar ve 10 tanesinin de 233°-310°C arasında yüksek sıcaklıkları verdiğini görmekteyiz (bakınız Şekil 7.33). Bu durum kuvars ve ametist kristallerini oluşumu sırasında yersel sıcaklık değişimlerinin olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca ametistlerin damarların boşluklarında yer alması, volkanizmanın karasal bir volkanizma olması, sıvı ve gaz kapanımlarını birlikte görmemiz ve gelen silisli çözeltilerde kaynama belirtileri nedenlerinden o zamanki koşullardaki basıncın bugünkü basınca yakın olabileceği varsayımı ile homojenleşme sıcaklıklarına bir basınç düzeltmesi uygulamadan bu sıcaklıkların kuvars ve ametistlerin oluşum sıcaklıkları olabileceği kabul edilebilir. Bu durumda da kuvarslı-ametistli evrenin ortalama 200 °- 300 °C civarlarında bir sıcaklıkta ve modern anlamda epitermal bir evrede oluştuklarını söylemek olasıdır.

7.7. Jeofizik Çalışmaları

Balıkesir-Dursunbey Güğü köyü civarında ametistlerin boşluk ve kırıklar içinde oluşması nedeniyle daha derinlerde daha çok sayıda ve genişlemiş olabilecek kırık yapıların aranması için süstaşı aramacılığında sıkça kullanılan yöntemlerden biri olan bir jeofizik yöntemi uygulanmıştır. Madende hali hazırda ametist alınabilen damarlar belirlenmiş, bu damarların yarmalarının bulunduğu alanların üzerinde ölçüm yapılması planlanmıştır. Ancak ametist damarlarının çoğaldığı ve iri ametistlerin çıkartıldığı 2004 yılı Temmuz sonu dönemindeki işletmenin yapıldığı yerlerin halen pasalarla örtülmüş olmasından dolayı planlanan yerlerde ölçü almak mümkün olamamıştır.

Belirlenen birkaç düz alanda ise ya yamaç molozları nedeniyle andezit kayaç parçalarına elektrotların denk gelmesi ya da yüzeyden itibaren andezit mostralarının başlamasından dolayı, ölçümde kullanılan elektrotların (çelik çubuklar) yere çakılması gerçekleştirilememiştir. Ölçüm alınacak tek yer olarak, madenin yan kısmında bulunan boş arazi belirlenmiştir. Pasaların bitimine denk gelen buralarda K5°D doğrultusunda, 96'şar metrelik iki paralel profil boyunca ölçümler alınabilmektedir. Bu alandaki ölçümlerde de yüzeyin bazı kısımlarında taşlar olması nedeniyle ölçümlerin alınmasında zorluklarla karşılaşmıştır. Çalışmada jeofizik yöntemlerden doğru akım öz direnç olarak bilinen yerin elektriksel özelliğine göre haritalanmasını sağlayan yöntem ve Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne ait SARIS Scintrex çok kanallı bilgisayar kontrollü doğru akım öz direnç aleti kullanılmıştır.

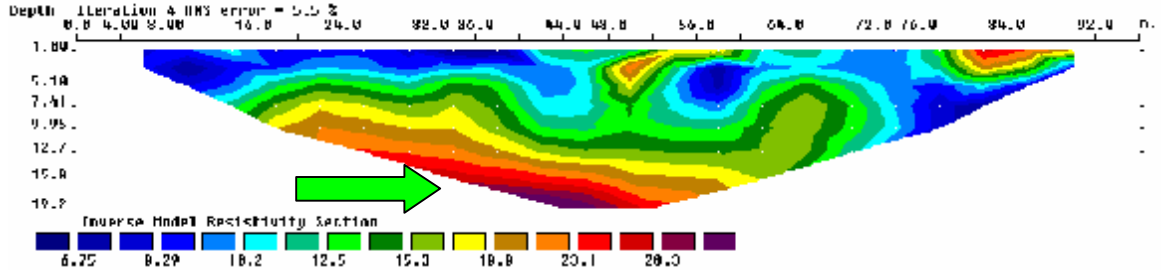
(Şekil 7.37.).

Çok kanallı aletler sayesinde arazide belirlenen bir profil boyunca hem düşey yönde hem de yatay yönde çok hızlı bir şekilde yer altı yapısı belirlenebilmektedir.

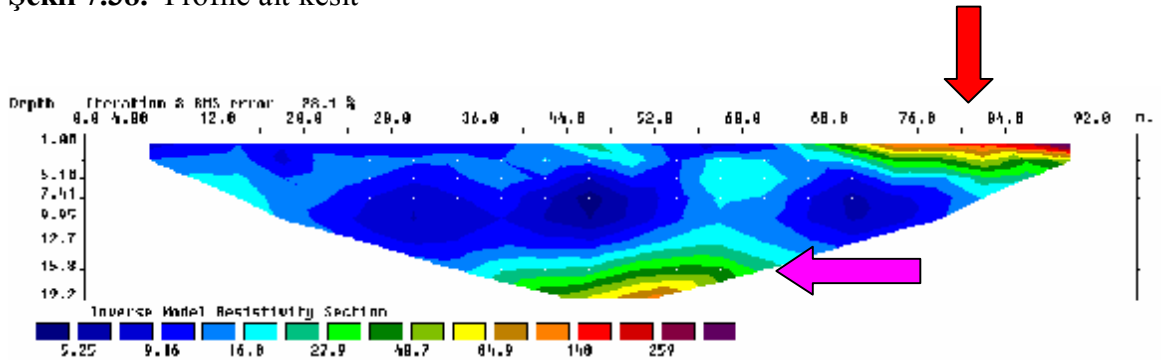


Şekil 7.37. ARIS Scintrex çok kanallı öz direnç aleti

Çalışmada yüzeyden 19 m derinliğe kadar olan kısım taranmıştır. Alanda iki profile ölçüm yapılmış ve profiller arasındaki mesafe 4 m'dir. Veri toplama ve veri değerlendirme aşamalarından sonra profillere ait yer kesitleri Şekil 7.38 ve 7.39'de verilmiştir.



Şekil 7.38. Profile ait kesit



Şekil 7.39. Profile ait kesit

Her iki yer altı kesitinde de alanın homojen iletken bir birimden (muhtemelen biraz su içeren andezitin yüzeysel bozunması ile killeşmeye uğramış bir zon) oluştuğu gözlemlenmektedir. Birinci profile yaklaşık 12 m derinlikte ortama göre daha yalıtkan bir birim izlenmektedir (Şekil 7.38' de yeşil ok). Bu kısım yalıtkan olması itibariyle alanda dikkat çekmektedir. Yine ikinci profile de homojen iletken bir birim gözlenmektedir. Aynı şekilde profil ortalarında yaklaşık 18-19 m derinlikte değişik bir birim olarak yalıtkan birim kesite temel oluşturmaktadır (Şekil 7.39'de pembe ok). Profil sonunda, yola ve taş kısımlara denk geldiğinden yalıtkan cevap

alınmıştır (Şekil 7.39’de kırmızı ok). Çalışılan alanda ametist minerallerini bulunduracak damar, boşluk vb. yapılara doğrudan rastlanmamıştır. Ancak Şekil 7.38 ve 7.39’da en alt kısımda gözlenen sarı ve kırmızılı alanlar olasılıkla andezitlere işaret etmektedir. Daha önce pasaların yığıldığı alandan ametistlerin çıkartıldığı düşünülürse bu anomali alanlarının açılması ametist aramaları açısından yararlı olabilir.

Sonuç olarak kuvars ve ametist damarların K 35-75 B doğrultularına dik olarak yerleştirilmesi düşünülen profiller teknik sorunlardan dolayı profillerin istenilen şekilde olamaması nedeniyle pek başarılı olamamıştır.

8. TARTIŞMA VE YORUMLAR

Tez konusu ametist damarlarının mineralojik, petrografik ve jeokimyasal olarak incelenmesi ağırlıklıdır. Ancak bu damarların içinde yer aldığı volkanik kayalar incelenirken en azından yakın civarda yüzeyleyen volkanitlerle ilişkilerini daha sonra geniş bir bölgeyi ve hatta Batı Anadolu volkanizmaların özellikleri ile birlikte değerlendirilme zorunluluğu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca damarlarda belirlenen bazı element zenginleşmeleri, ametist oluşumları ile bazı zuhurlar ve maden yatakları oluşumlarıyla birlikte değerlendirilmesini de gerektirmektedir.

Tartışma ve yorumlara önce çalışmalar sırasında elde edilen verileri kısaca özetleyerek başlanabilir.

Mineralojik ve petrografik olarak Dursunbey güneyinde andezitlerde biyotit, amfibol ve piroksen mineralleri izlenirken dasitik ve riyolitik lavlarda biyotit ağırlıklı mafik mineraller bulunmaktadır. Baskın olarak volkan camı ve mikrolitlerle temsil olunan hamurda sferulitik yapılar tipiktir. Bazen özşekilli allanit ve onun içinde monazit minerallerine de rastlanmaktadır. Ancak ametist damarlarının izlendiği volkanik kayalar riyolitik lavlardır. Bunlarda breşleşmeler, hematitleşmeler, biyotitlerde opaklaşmalar, tüm fenokristallerde kırılmalar, hamurda yoğun silisleşmeler ve damarlara yakın kalsedonik dolgular belirginleşen özelliklerdir.

Ametistli damarlar içinde kuvarslar ile genellikle damar kenarlarında izlenen kalsedonlar sık sık görülen silis mineralleridir. Damarlar kendilerine dik olarak gelişmiş ve giderek irileşen kuvars ve/veya ametist damarlarıyla temsil olunur. Bu kristallerin aralarında ve kristallerin en dış büyüme zonlarında opak mineral dizilimleri vardır. Bazı kuvars veya ametist kristellerinin üzerinde ise kalsedonlar büyümüştür.

Dokusal olarak; ametistli damarlarda tarak dokuları, bantlı dokular, kokart dokuları ve ayrıca çentikli, yapraklı kuvars dokuları gibi ornatma dokuları tipik olarak izlenirler. Bu dokuların oluşum sırasına bakınca önce ametist ve kuvarsların birlikte büyüdüğü ve boşluklu doku tipleri olarak tarak, bantlı ve kolloform dokuların kayaların kırılması ile kırıkları dolduran silisli çözeltilerden itibaren türedikleri

söylenbilir. Bu dokular Buchanan (1981) tarafından verilerin epitermal sistemde kuvars dokularının genelleştirilmiş düşey zonlanması modeline göre sistemin baz metal zonu ve değerli metal zonlarını (yaklaşık 500 metre derinliklerde) oluşturduğunu varsaydırmaktadır. Bu varsayımı destekleyen bir başka veri de sıvı kapanım çalışmaları ile 170-300° C arasında değişen homojenleşme sıcaklıklarıdır. Bu arada sıvı ve gaz kapanımlarının birlikteliği kaynamaya işaret etmektedir. Epitermal sistemlerde değerli metal zonunda sıcaklıklar 200-250° C arasında olup bu seviyede kaynama da tipiktir. Bundan sonra (riftleşmeye de bağlı olarak ??) sistemin yükseldiği ve damarlarda açılmalarla daha soğuk olan silisli çözeltilerin kuvars ve ametistlerin kenar ve üzerlerinde büyüyerek kalsedonik oluşumları ve çentikli ve yapraklı kuvars türü ornatım dokuları oluşturduğu düşünülmektedir. Bu arada damar kenarlarında izlenen kalsedonik bantların, kırıkların ilk olarak oluşumu sırasındaki açılmalara bağlı olarak belki de meteorik suların derinlere inmesi ile de ilk gelen silisli çözeltilerle karşılaşp soğuması sonucu oluşmuş olması da olasıdır. Bu modeli belirlemek için kuvarslarda oksijen izotop çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Jeokimyasal verilere bakılınca inceleme alanında izlenen andezitler, dasitler ve riyolitler yüksek K'lu kalkakalin seriler olarak belirginleşmektedir. Ametist ve kuvarslı-kalsedonlu damarların içinde oluştukları volkanik kayalar ise genel olarak riyolit olup tipik olarak şoşonitik karakterlidir. Bunlar diğer kayalardan çok belirgin olarak ayrılmaktadırlar. Bu tip riyolitlerde K ve Rb' ca zenginleşmekte iken Ca, Na ve Mg oksitlerce çok fakirleştikleri görülmektedir. Diğer önemli bir özellik ise bu alandaki riyolitlerin As, Sb, Cs ve W gibi elementlerce inceleme alanındaki diğer volkaniklere göre oldukça zenginleşmiş olmalarıdır. İlksel mantoya göre normalize edilen çoklu element oranları Innocenti et al. 2005 tarafından verilen yüksek K'lu kalkakalin seriye ait değerlere Cs, K ve Rb zenginleşmeleri dışında çok benzemektedirler. Bu tür volkanizma Geç Eosen – Orta Miyosen yaşlıdır. Yakın civardaki volkanitler için Akdeniz ve Konak (1979) Orta-Üst Miyosen yaşı vermektedir. Benzer şekilde Innocenti et al. 2005 de 21-15 m.y. verileri ile Orta-Geç Miyosen yaşını vermektedir. Öte yandan bu yaşlı ve yüksek K'lu kalkakalin kayalar, Savaşçın ve Güleç, 1990 ve Savaşçın, 1990'a göre sıkışmalı rejim altında oluşmuşlardır. Bu yazarlara göre Geç Miyosen – Pliyosen arasında gerilmeli rejim

hakimdir. Savaşın ve Güleç, 1990 sıkışmalı rejimin gerilmeli rejim ile geçişli olduğu belirtmektedirler. Şoşonitik riyolitler içinde boşlukların açılabilmesi için bir gerilmenin olması gerektiği düşünülmektedir. Gerilme rejimine bağlı açılmadan sonra (olasılıkla Geç Miyosen ??) oluşan boşluklara silisli çözeltiler girmiş olması olasıdır. Ametist ve kuvarslı damarlarda başta As, Sb ve Li olmak üzere Cu, Zn, W ve Mo değerlerindeki artış dikkati çekicidir. Ametist ve kuvars kristallerinde de As, Sb ve Li değerleri yüksektir. Bu elementlerden Li için Batı Anadolu'daki Orta – Geç Miyosen yaşlı kalkalkalin volkanizma ile ilişkili olduğu söylenen bor yataklarında gerek bor mineralleri gerekse kil katmanları içindeki Li değerlerinin artışı ile korele edilebilir. Helvacı et al. (2004) tarafından Bigadiç, Sultançayır, Kestelek, Emet, Kırka bor yatakları için bor zonları killer ve hatta altere tuf örneği için Li_2O değerleri % 0.09 ile 0.65 arasında değişmektedir. Emet bor yatağında altere tuf örneğinde bu oran % 0.15'dir. Öte yandan İlhan (2006) tarafından yapılan analizlerde Emet bor yataklarında bor mineralleri ve kil zonlarından alınan örneklerde Li değerleri 460 ppm'lere - kadar Cs değerleri de 773 ppm'lere kadar çıkmaktadır. As değerleri de yüksek olup bazen % 1'in üstünde olmakla birlikte ortalama 500 ppm civarlarında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Lüle Whipp (2006) yaptığı doktora tezinde Cumaovası volkanitlerinde gerek riyolitler gerekse ignimbiritik tüfleri tanımlamıştır. Bu kayaçlarda 20 ppm'lere varan Cs , 8 ppm'e ulaşan Sn ve 40 ppm'lere varan As değerleri saptamıştır. Öte yandan Mitropoulos et al. (1999) Yunanistan'ın Chios (Sakız) Adası'nda riyolitik kayaçlar içinde granatlarla birlikte Li içeren mika minerali olan zinwalditleri mikroprob yöntemi ile saptamıştır. Cumaovası ve Sakız Adası riyolitlerinin manto-kabuk etkileşimine uğramış alkalilerce zenginleşme doğru bir gidişin belirtilerini sunmaktadır. Seyitoğlu et al. (1997) Batı Anadolu'da Geç Miyosen'den itibaren gerilmeli rejim atında alkalın bir volkanizmanın başladığını belirtmektedir. Sakız adası için verilen 14.6 m.y'lık yaş riyolitik volkanizmanın Orta Miyosen'den Geç Miyosen'e doğru kalkalkalin-alkalin volkanizma sınırında oluştuğunun göstermektedir. Yukarıda verilen tüm bu veriler ve literatürler ametist damarları içeren volkanitler ve ametist damarlarının kendileri için Li, Cs ve As elementleri zenginleşmelerinin zamansal ve yersel bağlantılarını sunmaktadır.

Öte yandan Sb değerleri için yine Batı Anadolu'da yer yer volkanikler içinde izlenen (örneğin Balıkesir-İvrindi) Sb yatakları örnek olarak verilebilir. Çalışma alanına yakın yerlerde MTA Genel Müdürlüğü tarafından başta Sb olmak üzere Cu-Pb-Zn ve W gibi elementler için elde edilen bulgular ise şöyle özetlenebilir

Özocak'ın (1970) raporuna göre Alaçam dağları civarında Fe, Pb, Cu zuhurları bulunmuştur. Yunalık derede, Refahiye (yeni adıyla Alaçam) köyü kuzeyinde Güğü köyü ile Alaçam köyü arasındaki dere içinde, dere yatağı boyunca 8-10m boyunda ve 1-2 m eninde bir zonda saçılmış (emperye) galen mineralleri belirlenmiştir.

Atılğan (1977) Dursunbey güneyindeki Kulat çiftliği civarında bulunan Pb-Zn-Cu cevherleşmelerinde en fazla galenit, daha az sfalerit, en az kalkopirit görülmüştür. Ayrıca analizlerde Ag, Cd, W ve Ni belirlenmiştir. Metamorfiklerle dasit-dasidik tuf arasında oluşmuş ve yazara göre kontak metasomatiktir. Kalkopirit içinde sfalerit yıldız zonlarının bulunması ise oluşum sıcaklığının 250-300°C civarında olduğunu göstermektedir. 240 ppm W değeri dasidik tuf içinde silisli mercekten elde edilmiştir.

Kayhan (1978), J 21 a1 paftalarının batısına yakın kesimde 1/10 000 ölçekli haritada Alaçam dağları civarında galenit, sfalerit, kalkopirit, bornit, wolfram mineralleri, pirit, pirotin, manyetit ve spekülarit gibi cevher mineralleri ile Pb-Zn-Cu-Fe cevherleşmeleri görmüştür. Ayrıca yer fahlerz minerali ile Sb- As varlığı ile 5000'ppm e kadar olan W değerleri analiz edilmiştir. As-Sb-Sn ve Li element analizleri yapılmadığından bu konuda bir şey söylenememektedir. Cevherleşmelerin granit dokanaklarında skarnlar içinde ve kontak metamorfik-pnömatolik ve hidrotermal evreye ait oldukları belirtilmektedir.

Alpan (1994), İvrindi-Balıkesir-Kepsut-Dursunbey civarında 1/100 000 ölçekli İ-19, İ-20, İ-21 nolu paftalarında derlediği jeokimya sediman örneklerini analiz ederek 15 anomali sahası belirlemiştir. Bu anamoli sahalarında Ni-Co anamolisi sunan iki tanesi dışında tüm anomali sahalarında Pb-Zn-As ve Sb metalik elementlerinin ikili-üçlü ve dörtlü kombinasyonlarını belirlemiştir. Bunların en önemlisi de Eski Balya maden sahalarına yakın Balya Pb- Zn- As - Sb- anomalisidir.

Öte yandan yine Alpan (1994) İ-18c3 ve İ-19 d1, d4 paftalarında yaptığı ağır mineral çalışmaları sırasında İvrindi civarında Küçük Yenice (Yenicesağır) sahasında andezitler ve andezit dokanaklarında KD-GB ve D-B yönlü tektonik hatlara bağlı olarak antimon cevherleşmelerinde Au aramasını bateleme ile yapmıştır. Sahadan aldığı bazı örneklerde yüksek Sb-As değerlerinin yanı sıra Cu-Pb-Zn ve Ag değerleri elde etmiştir. Au değerleri ise 0,5 ppm' i geçmemiştir. Sahada KD-GB gidişli graben tektoniği silisli damarla beraber Sb damarları vardır. Bunların yüksek As ve düşük Au taşıdığı belirlenmiştir.

Alpan (1994) raporunda Soma formasyonu arasında sıcak su çıkış alanında opallerle birlikte Hg, Sb ve çok az Au bulunması burada epitermal bir sistem olabileceğini işaret edebileceğini belirtmiştir. Yine aynı yazar Dursunbey civarında İ-12 d1-d2-d3-d4 paftalarında tektonik olarak KD-GB gidişli fayların etkin olduğunu ve Dursunbey' in kuş uçuşu birkaç km batısına düşen Selimağa köyü (bakınız Şekil 1.1) Sarıkaya mevkiinde yaptığı batede altın izlenmiştir. Mağara sırtında açılmış bir mağaradan alınan kayaç örneğinde 169 ppm Pb, 125 ppm Zn, 100 ppm As ve 112 ppm Sb bulunmuştur. Fay zonu kuvarslarından aldığı limonitli kuvarsit (olasılıkla kuvars damarı ?) örneğinde 265 ppm Cu, 400 ppm As, 96 ppm Sb değerleri elde etmiştir. İ-21 d3 paftasında Dursunbey kuzeyindeki Serçidere'den aldığı dere kumu örneğinde bate yaparak kassiterit mineralinden şüphelenmiş ve optik spektral yarı kantitatif analiz ile % 0,04 Sn olduğu belirlenmiştir. Bir örnekte mikroprop yapmış ve 2 ile 40 mikron büyüklüğünde Sn saptamıştır. Örnek alınan yer olan Serçidere civarında andezit ve dasitler izlenmektedir.

MTA tarafından inceleme alanı yakın civarından elde edilen bu metalik element bulguları, bu bölgede As, Sb, W ile Cu-Pb-Zn gibi elementlerin hareketli olduklarını göstermektedir.

Yapısal açıdan bakıldığında çalışma alanında izlenen ametist-kuvars-kalsedonlu damarların genel konumları K 35- 75° B / 66 – 89° GB olarak belirlenmiş olup bu konumlar İçöz, (2001) tarafından da ölçülen benzer değerlerle desteklenmektedir. Bölgede grabenleşmeyi etkileyen ve gerilmeli rejimi temsil eden K-G, KD-GB veya KB-GD yönlü gerilmelerin varlığı bilinmektedir. Bunlardan biri

olan KB-GB yönlü gerilmeler KB doğrultulu açılmaların oluşumuna sebep olmaktadır.

Sonuç olarak ametist damarlarının oluşumu için varsayılan model şöyle verilebilir. Batı Anadolu’da Orta Miyosen de etkin olan sıkışmalı rejim altında oluşan yüksek K’lı kalkalkalin andezit, dasit ve riyolitler Orta Miyosen’den sonra gerilmeli rejime geçiş sırasında şosonitik riyolitlerin oluşumuna yol açmış olabilir. Daha sonra gerilmeli rejim altında yaklaşık 500 m derinlikte kırılarak açılan boşluklara gelen epitermal sisteme ait sıvı ve gaz fazındaki silisli çözeltiler kaynama seviyesinde 200-250° C sıcaklıklarda belki de önce soğuk iken kalsedonları daha sonra da kuvars ve ametislerde tarak, bantlı ve kokart dokuları oluşturarak gelişmişlerdir. Bu sırada Batı Anadolu’da etkin olan volkanizmanın getirdiği As, Sb ve Li elementlerince zenginleşmiş olmalıdır. Daha sonra sistem biraz yükselerek çentikli ve yapraklı kuvars ornatma dokularını ve kalsedonları oluşturmuş olabilir.

Ametistlerin renklenmesine ise Birsoy (1987) yaptığı çalışmasına belirlediği gibi As, Sb veya Li sebep olmuş olabilir.

9. SONUÇLAR

Balıkesir-Dursunbey-Güğü köyü civarında izlenen kalsedonlar ve kuvars kristallerini de içeren ametist damarlarının ve bölgede yüzeyleyen kayaçların incelenmesi sonucu elde edilen verilere dayanarak aşağıda belirtilen sonuçlar özet olarak verilebilmektedir.

- 1) Güğü köyü civarlarında izlenen volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelemeler sonucunda riyolit, riyodasit, dasit ve andesit türü lavlar ile riyolitik kaynaşmış tüfler, litik tüfler ve aglomeralardan oluştuğu belirlenmiş ve riyolitlerde allanit ve monazit kristalleri saptanmıştır.
- 2) Ametist, kuvars ve kalsedonlardan oluşan damarların genellikle K 35-75° B doğrultulu, dike yakın açılarla GB'ya doğru eğimli oldukları ve K'ca zengin riyolit ve riyodasitler içinde bulunduğu görülmektedir.
- 3) Bölgedeki volkanik kayaçlar yüksek K'lu kalkalkalen karakterli iken ametistli damarların içinde yer aldığı riyolitik kayaçlar şošonitik bir karakter sergilemekte ve yöredeki diğer kayaçlara göre daha yüksek K₂O, Rb, Ba, Cs, As, Sb ve W, buna karşın daha düşük CaO, MgO, Na₂O ve Sr değerleri içermektedir.
- 4) İlksel mantoya göre zenginleştirilmiş çoklu element desenleri açısından bölgedeki tüm kayaçlar Batı Anadolu volkanik kayaçlarının genel desenine benzerlikler sunmaktadır. Ancak ametist damarlarının civarındaki riyolitik kayaçlarda başta Cs olmak üzere Rb ve K elementlerinde daha fazla zenginleşmeler ve Ti da ise fakirleşme görülmektedir.
- 5) Ametistli damarlarda boşluk dolgularından çoğunlukla tarak dokuları ile bantlı ve kokart dokularının görülmesi buna karşın daha az olarak da ornatım dokularına rastlanması bu damarların oluşum derinliğinin epitermal sistemlerin ortalama 500 metre derinliğini temsil eden ve kaynamanın meydana geldiği değerli metal zonu civarında ve biraz üstünde olduğuna işaret etmektedir.

- 6) Ametist damarlarının bazılarında As, Sb ve Li elementlerinde dikkati çeken zenginleşmeler görülmüş, yan kayaç-damar dokanağında limonitli-hematitli çözeltilerin arttığı kesimlerde As, Sb ve Li'a ilaveten W, Cu, Zn, Mo ve Sn elementlerinde önemli artışlar olduğu belirlenmiştir.
- 7) Ametist kristallerinde yapılan eser element analizleri, renklenme ile element dağılımları arasında belirgin bir ilişki olmadığını, buna karşın bu kristallerde As, Sb ve Li zenginliği olduğunu göstermiştir.
- 8) Kuvars ve ametistlerde yapılan sıvı kapanım çalışmaları bu kristallerin oluşumunu sağlayan çözeltilerin homojenleşme sıcaklıklarının genel olarak 170-230 °C arasında olduğunu ve sıcaklıkların 310 °C' lara kadar çıktığını göstermektedir. Sıvı ve gaz fazları ile belirginleşen kaynama belirtileri bu çözeltilerin epitermal sisteminde ortalama 200°-300°C civarlarında bir sıcaklıkta oluştuğuna işaret etmektedir.
- 9) Özellikle eser element jeokimyası çalışmalarında Li, Cs, As ve Sb gibi tipik elementlerin hem kayalarda hem de ametist damarları ve kristallerde artmış olmasının Batı Anadolu'da Miyosen de etkin olan ve Bor Yatakları ile Antimon yataklarını oluşturan sistemlerle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

- ADEKEYE J.I.AND COHEN A.J., 1986. Correlation of Fe ⁺⁴ Optical Anizotropy, Brazil Twinning and Channels in the Basal Plane of Amethyst Quartz. Applied Geochemistry Vol:1 pp.153-160.
- AKAT, U., ÇAĞLAYAN, A., VE İVAK, M., 1978. Dursunbey-Orhaneli-Susurluk-Kepsut Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. M.T.A. Rapore No: 6618., Ankara.
- AKDENİZ, N. VE KONAK N.,1979. Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci Yörelerinin Jelojisi. M.T.A. RaporNo:6547. Ankara.
- ALPAN T., 1994. Balıkesir-Balya-Kepsut-Dursunbey Civarı İ.19-İ.20-İ.21 paftaları Genel Jeokimya ve Ağır Mineral Çalışması. MTA rapor no: 5205, Ankara.
- ALT, J. C, LONSDALE, P., HAYMAN, R. & MUEHLENBACHS, K., 1987. Hydrothermal sulfide and oxide deposits near 21°N, East Pacific Rise. Geol. Soc. America Bull., 98, 157-168.
- ATILGAN,İ., 1977.Balıkesir İli Dursunbey İlçesi Kulat Çiftliği Mevkii Pb- Zn Cu Etüdü, MTA. Rapor No: 6197, Ankara.
- BARRY, T.I. & MOORE W.J., 1964. Amethyst: Optical Properties and Paramagnetic Resonance. Science 144., pages 289-290.
- BALÍSKY& ark., 2000. Industrial Growth, Morphology and Some Properties of Bi – Colored amethyst-citrin quartz .Journal of Crystal Growth, pages 255-260.
- _____, 2004. IR spectroscopy of natural and synthetic amethysts in the 3000-3700 cm[-][1] region and problem of their identification. Doklady earth sciences (Dokl. earth sci.) ISSN 1028-334X , vol. 394, pp. 120-123 .
- BAŞ, H., 1987. Tavşanlı-Domaniç (Kütahya) volkanitlerinin özellikleri ve Batı Anadolu Senozoik Volkanizmasındaki Önemi. Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 30, 67-80.
- BAYBUTOĞLU B., CENGİZİ., YILDIRIM, S., YILDIZ, H., VE ÇAKIR, C., 2003. Dereharmanı (Dursunbey-Balıkesir) Altın Cevherleşmesinin Jeolojisi. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, s.124, Ankara.
- BİNGÖL, E., 1976. Batı Anadolu'nun Jeoteknik Evrimi. M.T.A. Enst Dergisi Sayı: 86, s. 14-17. Ankara.

- BİRİSOY, R.,1983..Kuvarsın Renklenmesi ve yapısal hataları, TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-468, 101 syf.
- _____,1987. Doğal Amatistin kirlilik içeriği ve renklenmesi. Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 30, 63-66, Ankara.
- COHEN, A., I., 1956. Color Centers in the α - Quartz Called Amethyst, The American Mineralogist. Vol 41, Pages 874-891.
- _____, 1958. Relationships Among Impurity Contents, Color Centers and Lattice Constants in Quartz.The American Mineralogist, V.43, Pages 58-68.
- _____, AND HASSAN F., 1974. Ferrous and Ferric Ions in Synthetic α - Quartz and Naturel Amethyst. The American Mineralogist, Vol 59, Pages 719-728.
- _____, 1975. On The Color Centers of Iron in Amethyst and Synthetic Quartz: A Reply. American Mineralogist, Vol 60, Pages 338-339.
- _____, 1985. Amethyst color in quartz, the result of radiation protection involving iron. American Mineralogist, Volume 70, pages 1180-1185.
- DAĞ, F., 1978. Balıkesir-Dursunbey-Guğu köyü Amatist Ön Etüt. Raporu No: 6392, Ankara.
- DİKMEN H.,ve IŞIK., 1978. Balıkesir-Dursunbey Alaçam, Kulat Çiftliği ve Civarı ile Kütahya Dağardı, Ortaca köyü Civarında Jeokimya Çalışmaları.M.T.A. Rapor No: 6937, Ankara.
- DOWLING, K. & MORRISON, G., 1989. Application of quartz textures to the classification of gold deposits using North Queensland examples. The Geology of Gold Deposits, R.R.Keays, W.R.H.Ramsay ve D.I.Groves (ed.), Econ. Geol., Monograph 6, 342-355.
- ERCAN, T., GÜNAY, E. VE SAVAŞÇIN, Y., 1984, Simav ve çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmanın bölgesel yorumlanması: MTA Derg., 97/98, 86-101
- _____,1987. Batı Anadolu' da Manisa- Balıkesir Arasındaki Tersiyer Yaşlı Yalancı Bazaltların Özellikleri.Jeololoji Mühendisliği, s. 30-31, 31.
- _____,ve ERGÜL,E., AKÇÖREN, f., ÇETİN, A., GRANİT, S., ASUTAY, J., 1990, MTA Dergisi, 110,113-130.

- _____. SATIR, M., SEVİN, D., TÜRKECAN, A., 1996, Batı Anadolu'daki Tersiyer Ve Kuvaterner Yaşlı Volkanik Kayaçalarda Yeni Yapılan Radyometrik Yaş Ölçümlerinin Yorumu MTA Dergisi 119, 103-112
- ERGÜL, E., ÖZTÜRK, Z., AKÇAÖREN F., VE GÖZLER M.Z., 1980. Balıkesir İli Marmara Denizi Arasının Jeolojisi. M.T.A. Rapor no: 6760, Ankara.
- FOURNIER, R. O., 1985. The behaviour of silica in hydrothermal solutions. *Geology and Geochemistry of Epithermal Systems*, B. R. Berger ve P. M. Bethke (ed.), *Reviews in Economic Geology*, 2, 45-51.
- FYTİKAS, M., INNOCENTİ, F., MANETTİ, P., MAZZUOLİ, R., PECCERİLLO, A. AND VİLLARİ, L., 1984. Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region. In: Dixon, J.E., Robertson. A.H.F.(Eds), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Geol. Soc. London, Spec. Publ. London, pp.687-699
- GEMİCİ, Ü., TARCAN G., ÇOLK, M. AND HELVACI, 2004. Hydrogeochemical and Hydrogeological Investigation of Thermal Waters in The Emet area (Kütahya, Turkey). *Applied Geochemistry* 19, pp. 105-117.
- GENÇ, Ş.C., 1998. Evolution of the Bayramiç Magmatic Complex, Northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85, pp. 233-249.
- GÜLTEKİN, A. H., ÖRGÜN, Y., YAVUZ, F. 1998. Tumanpınarı (Balıkesir-Dursunbey) Fe-Mn cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*. Cilt 41, no. 2, 13-30.
- HASSAN F., AND COHEN A.J., 1974. Biaxial Color Centers in Amethyst Quartz, *American Mineralogist*. Volume 59, pages 709-718.
- HATİPOĞLU, M., GÖKÇEN, N.. 1999, Batı Anadolu'nun yan kıymetli süstaşlarının başlıca minerolojik, jeolojik ve ekonomik nitelikleri, I. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu Bildirileri, s. 438-447.
- _____, 2003. Güğü Köyü Ametist Kristallerinin Değerlendirilmesi (Dursunbey, Balıkesir, KB Türkiye) ve Yöresel Ekonomiye katkısı. *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. 243-256.

- _____, 2004a, Türkiye’ deki Bazı Süstaşlarının (Ametist, Dumanlı kuvars, Rubellit ve Kalsedon) Renk Ajanları ve Radyasyonla Renk Koyuluklarını Artırma Çalışmaları. 5. Endüstriyel Hammaddeler sempozyumu . İzmir. 263-278.
- _____, 2004b. Ametist. Mermer doğal taş sektörünün dergisi. Mart-Nisan sayısı s: 126-136
- HEINRICH, E., WM., AND SHAPPIRIO, 1966. Akalıc Rocks and Carbonatites of the Arkansas River Canyon, Fremont County, Colorado. 3. The Amethyst Carbonitites. American Minerologist Vol. 51, july, pages 1088-1106.
- HELVACI. C., MORDOĞAN, H., ÇOLAK, M. AND GÜNDOĞAN, I., 2004. Presence and distribution of lithum in borate deposits and some recent lake waters of West-Central Turkey. International Geology Rewievs Vol. 46, No. 2 pp 177-190.
- INNOCENTİ, F., AGOSTİNİ, A., G. Dİ VINCENZO, C. DOGLİONİ, P. MANETTİ, M.Y. SAVASCİN, S. TONARİNİ, 2005, Neogene and Quaternary volcnism in Western anatolia: magma sources and geodynamic evolution, Marine Geology, Special Issue-Eastern Mediterranean 221, 397 – 421.
- İÇÖZÜ T., 2001. Some Example Displaying İn The Productivity of the Anatolian Gemological Potential. Dokuz Eylül Ün. Doktora Tezi, 139 s., İzmir.
- İLHAN, A., 2006. Emet ve Hisarcık (Kütahya) civarı bor yataklarının mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. An. Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 88 sayfa, Ankara.
- KALAFATOĞLU, A., 1962. Tavşanlı- Dağardı Arasındaki Bölgenin Jeolojisi ve Serpantin ve Kalkerlerin Yaşı Hakkında Not. MTA. Der. No:58 s. 38-46.
- _____, 1964. Balıkesir-Kütahya Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. T.J.K. Bülteni, Cilt 9 s. 47-62.
- KİTAWAKİ. H., 2002. Natural amethysts from Caxarai mine, Brazil, with a Spectrum containing an absorption peak at 3543cm. J Gemmol Proc Gemmol Assoc GB.

- KAYHAN, F., 1978. Balıkesir İli Dursunbey İlçesi Alaçam Dağları Jeolojisi, (1/10,000 Ölçekli). MTA Enstitüsü KB Anadolu Bölge Müd. Balıkesir, Rapor No: 6456. Ankara.
- KETİN İ., 1959. Türkiyedeki Mağmatik Faliyet. T.J.K. No:1 Cilt 7, s 1- 15.
- LEHMANN, G., 1971, The structure of ytlow colour centers in quartz, *Physica Status Solidi (b)*, •48, K65-K67.
- _____, 1975. On The Color Centers of Iron in Amethyst and Synthetic Quartz: Discussion. *American Mineralogist*, Vol 60, Pages 335-337
- _____, AND MOORE, W.J., 1966. Optical and pramagnetic properties of iron in quartz. *The journal of Chemical physics*, 44, 174.
- _____, AND BAMBAUER, H.-U., 1973. Quartz crystals and their colors* *Angew Chem. International Edition*, 12, 283-291.
- LEO, G.W., VE GENÇ, M.A., 1970. Balıkesir, Şamlı Sahasının Jeolojisi ve Demir Yatakları. M.T.a. Rapor no: 4928, Ankara.
- LÜLE WHİPP, Ç., 2006. İzmir-Cumaovası-Görece köyü civarı volkanitleri ve Menderes Masifi metamorfiterleri içindeki bazı granatların mineralojik-ptrografik ve jeokimyasal incelenmesi ve olası arkeogemolojik bağlantıları. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. 138 sayfa, Ankara.
- MİTROPOULOS, P., KATERİNOPOLUS, A. AND KOKKİNAKİS, A., 1999. Occurrence of primary almandine-spessartine-rich garnet and zinwaldite phenocrysts in a Neogene rhyolite on the island of Chios, Agean Sea, Greece, *Mineralogical Magazine*, 63(4), 503-510.
- NASSAU K., AND PRESCOTT B.E., 1978. Growth-induced Radiation-Developed Pleochroic Anisotropy in Smoky Quartz. *American Mineralogist*, Volume 63, Pages 230-238.
- NASSAU, K., 1981. Natural, Treated, and Synthetic Amethyst-Citrine Quartz. *Lapidary Journal*, April, p: 52-59.
- _____, 1994. *Gemstone Enhancement: History, Science and State of the Art*. 2nd ed. London: Butterworth-Heinemann, 1994. ISBN: 0-7506-1797-7. 252 pages.
- OYGÜR, V., 1997. Bir Epitermal Cevherleşmenin Anatomisi: Mumcu (Balıkesir-

- Sındırgı), İç-Batı Anadolu. MTA Dergisi Sayı 119, Sayfa 63-73.
- _____,2001. Batı Anadolu'dan Örneklerle Epitermal Kuvars Damarlarında Görülen Dokuların Maden Aramacılığındaki Önemi . Türkiye Jeoloji Bülteni C. 44, S ayı 2, sayfa 65-74.
- ÖZACAK, R.,1970. Balıkesir İli Dursunbey İlçesi Alaçam Dağı Madden Prospeksiyonu ve Anadolu Kurşun Madeni Jeolojik Etüdü. MTA Rapor No.: 4751, Ankara.
- PLATH, I., AND LEHMANN, G., 1987. Thermoluminescence of Shock-Loaded Amethyst Quartz. Physics and Chemistry of Minerals, 14; 4, Pages 383-386.
- SAVAŞÇIN, M.Y., 1990, Magmatic activities of Cenezoic compresional and extentional tectonic regimes in Western Anatolia. IESCA-90 Proceedings (edit. Savaşçın and Eronat) Vol.2, 420-434.
- _____, M.Y. and Gülec, N., 1990, The relationship between magmatic and tectonic activities in western Turkey. In: M.Y.Savaşçın, and H.Eronat (Editors) IESCA-90, Proceedings, Vol.2, 300-313.
- _____, M.Y., Erler, A., Özgenç, Y., Oyman, T. and Karaoğlu, Y., 1994, Neogene-Quaternary magmatism and related ore deposits of western Anatolia, ESCA-95, Güllük/Turkey, Excursion Guide, 74 pp.
- SCHLESİNGER, M VE COHEN, AJ., 1966. Postulated structures causing the Optical Colour center bands in amethhyst quartz. The Journal of chemical physis, 44, 3146-3148.
- ŞENER, M., ve Gevrek A.İ., 1986. Simav-Emet-Tavşanlı Yörelerinin Hidrotermal Alterasyon Zonları. Jeoloji Mühendisliği, Temmuz, s. 28,43-49.
- SEYİTOĞLU, G., ANDERSON, D., NOWELL, G. AND SCOTT, B.C.1997. The evolution from the Miocene potassic to Quaternary sodic magmatism in western Turkey: implications for enrichment processes in the lithospheric mantle, Journal of Volcanology and Geothermal Researches 76, 127-147.
- TOKSÖZ, T. VE ARSLANPAY, D., 1978. Balıkesir-Dursunbey-Kulat Çiftliği Sahası kurşun-Çinko-Bakır Aramaları Jeofizik I.P. Etüdü. M.T.A. Rapor no: 6197 Ankara.

- TAKASHIMA ,K.,1974. Dursunbey-Balıkesir Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojisi. M.T.A. Rapor no: 5388 Ankara.
- TURGAY, I., 1973. Balıkesir İli, Dursunbey İlçesi Kurşun Aramaları Demirboku Sırtı Sahası, I.P. Etüdü Raporu. M.T.A. Rapor no: 4802 Ankara.
- VASCONCELOS PM, WENK HR and ROSSMAN GR (1994) The Anahí Ametrine Mine, Bolivia. *Gems & Gemology*, 30, 4-23.
- YANEV, Y., INNOCENTİ, F., MANETTİ, P., AND SERRİ, G.,. 1998. Upper Eocene-Oligocene collision-related volcanism in Eastern Rhodopes(Bulgaria)-Western Trace(Greece): petrogenetic affinity and geodynamic significance. *Acta Vulcanol.* 10 (2), 279-291
- YILMAZ, İ., 1975, Alaçam Dağları granitlerinin petrojenetik etüdü. Cumhuriyetin 50. Yılı kongresi tebliğleri, 457-473.
- YILMAZ, Y, GENÇ, S.C., KARACİK, Z., AND ALTUNKAYNAK,S. 2001. Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance. *J. Geodyn.* 31, 243-271.
- <www.mineralminers.com> (2006, Ağustos 8)
- <wikipedia.org/wiki/Prasiolite> (2006, Ağustos 8)
- <www.jewelrysupplier.com/2__amethyst> (2006, Ağustos 8)
- <www.miniclassics.com/mexameth.html> (2006, Ağustos 8)
- <www.mineralminers.com/html> (2006, Ağustos 8)
- <www.mndm.gov.on.ca/mndm/mines/ims/amethyst> (2006, Ağustos 8)
- <www.cyberocks.com/new_page_81.htm> (2006, Ağustos 8)
- <<http://rayerminerals.homestead.com/magma.html>> (2006, Ağustos 8)
- <www.jendonminerals.com/miniatures/I/index.htm> (2006, Ağustos 8)
- <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/minerals>> (2006, Ağustos 8)
- <www.wncrocks.com/index55.htm> (2006, Ağustos 8)
- <csd.unl.edu/Birthstones/amethyst.asp> (2006, Ağustos 8)

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Adana’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Adana’da tamamladı. 1990-1991 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne girdi ve 1994 yılında mezun oldu. 1994-1997 yılları arasında Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 1997 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde doktora öğrenimine başladı. Evli ve iki çocuk annesidir.

EKLER

Ek 1. Çalışma alanın jeolojik haritası ve örnek alım noktaları

