

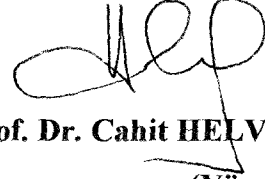
Dokuz Eylül Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ekonomik Jeoloji Anabilim Dalı

Yeşim YÜCEL

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TEKNOLOJİ YATIRIM VE DENEYLER MERKEZİ

TEZ SINAV SONUÇ FORMU

Bu tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



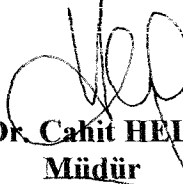
Prof. Dr. Cahit HELVACI
(Yönetici)



(Jüri Üyesi)



(Jüri Üyesi)



Prof. Dr. Cahit HELVACI
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Çalışma süresince yol gösterici uyarıları ve olumlu eleştirileri ile her zaman yardımlarını gördüğüm proje yöneticim Prof. Dr. Cahit HELVACI'ya içtenlikle teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarında her zaman yardımlarını ve desteğini gördüğüm Arş. Gör. Cüneyt Akal'a ve mikroprob analizlerin Pierre et Marie Curie Üniversitesi (Paris) laboratuvarlarında sağlıklı bir şekilde yapılmasını sağlayan Sayın Yves Fuchs'a da içtenlikle teşekkür ederim.

ABSTRACT

Tourmalinites consist of conformable layers made up primarily of quartz and abundant tourmaline; tourmaline typically exceeds 15% to 20% of rock volumes. A few tourmalinites display sedimentary structures such as graded bedding, cross bedding, slump and flame structure and rip-up clasts. Such geological features provide important constraints for assessing the origin of these rocks.

Tourmalinites with tourmalines of schorl (Fe-rich)- dravite (Mg-rich) series is an abundant rocktype of the Menderes Massif of western Anatolia. Tourmalinites have at least eight modes of occurrences as; (1) as tourmalinites (stratabound and/or stratiform laminated quartz-tourmaline rocks containing ≥ 15 -20% tourmaline by volume)- as locally significant but discontinuous lenses or intercalations within mica-quartz ($\pm$ garnet) schist; (2) as euhedral to anhedral crystals disseminated within mica schist or paragneiss; (3) as weakly concentrated, fine-to medium-grained, anhedral to subhedral crystals within the vast felsic gneiss unit that is considered to be the oldest unit of the Menderes crystalline sequence; (4) as eye-shaped concentrations/nodules and in massive lenses (the latter in zones of weakness) within the felsic gneiss unit; (5) as euhedral crystals, some very large in pegmatoid (leucosomes) and pegmatites; (6) as subhedral to anhedral crystals or clots, with quartz, as intrafolial pods or segregations within garnet-mica schist; (7) in bands of anhedral to subhedral crystals within strongly sheared granitic gneiss; (8) as joint- and fracture- fillings, with quartz in veins or layers and as country-rock replacements accompanying sulfide mineralization near the margin of unmetamorphosed, post kinematic granite.

Study area comprises two different locations which are Karahayıt and Yeşilköy, at the south of the Menderes Massif. In the Karahayıt area tourmaline zones or bands occur in a biotite-quartz schist unit, southwest of Karahayıt village (Muğla-Milas) and also about 2 km east of Lake Bafa. In the Yeşilköy area, between Yeşilköy village and Lake Azap, north of Lake Bafa, there is single, approximately two-meter-thick outcrop of garnetiferous tourmalinite within a mica-schist unit.

Studied tourmalinites at Karahayıt and Yeşilköy are composed predominantly of quartz and tourmaline. However, preserved sedimentary features in Karahayıt tourmalinite includes laterally continuous millimeter-scale quartz and tourmaline laminae, tourmaline-rich rip-up clasts, distinct angular quartz grains (in one outcrop), graded bedding (in thin section) (Mittwede et al., 1997). Magnetite-rich iron formation also occurs in this sequence.

Samples from tourmalinites of Karahayıt and Yeşilköy areas were investigated as petrographically and geochemically. In thin section, mineral composition of the tourmalinites consist of quartz and tourmaline with a trace amounts of biotite-muscovite-zircon-apatite-sfen and opaque minerals. The tourmalines are mostly brown (dark to very pale), with minor blue, amber and green hue. The different colors most likely reflect different chemical compositions and may represent different stages of tourmaline formation (Jiang et al., 1998).

Most of tourmalines from tourmalinites of Karahayıt and Yeşilköy areas display optical zonation. Furthermore, the tourmalinites at Yeşilköy are conspicuously garnetiferous. However in a few tourmalinite samples at Karahayıt subhedral garnet crystals are observed. Garnet crystals include abundant quartz and tourmaline inclusions.

Microprobe analyses of tourmalines from study area indicate that tourmalines have an intermediate composition between schorl and dravite. Whole-rock chemical analyses of tourmalinites from Karahayıt and Yeşilköy area show large variations for SiO_2 (%43.56-91.86), Al_2O_3 (%6.05-27.40), $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{top})}$ (%3.28-13.01), MgO (%0.27-

6.71), CaO(%0.04-0.73), Na₂O(%0.14-3.27), K₂O(%0.02-4.30), TiO₂(%0.06-1.36) ve MnO(%0-0.035). However, the tourmalines plot apparently Ca-poor metapelites and metapsammites (8 field of Henry and Guidotti (1985)) and Mainly 4,5 and 6 fields of Henry and Guidotti (1985) at Al-Fe(top)-Mg and Ca-Fe(top)-Mg diagrams.

Geochemical studies of Yeşilköy and Karahayıt tourmalinites and stream-sediment samples from Mittwede et al. (1995) suggest that there is no significant metallic mineralization in the vicinity. Nevertheless, Karahayıt and Yeşilköy tourmalinites record an unusual chemical-sedimentary depositional environment, indicating either exhalative activity or seafloor replacement of clastic sediments by boron-rich hydrothermal fluids, or both.



ÖZET

Turmalinitler, birincil kuvars ve büyük oranda turmalinden oluşan uyumlu tabakalardan ibarettir; turmalin, kayaç oranının %15-20'sinden fazlasını kapsamaktadır. Çok az turmalinit dereceli tabakalanma, çapraz katmanlanma, çökme ve alev yapıları ve merceksel yapılar (rip-up klast) gibi sedimenter yapılar sunmaktadır. Bu gibi jeolojik özellikler, bu kayaçların kökeninin saptanması açısından önemli sınırlamalar getirmektedir (Slack ve diğ., 1984).

Şörl (Fe'ce zengin)- Dravit (Mg'ca zengin) serilerinin turmalinlerini içeren turmalinitler, Menderes Masifi'nin önemli bir kayaç tipidir. Turmalinitler en az sekiz oluşum modeline sahiptir; (1) Turmalinit şeklinde ($\geq 15-20$ % oranında turmalin içeren stratabound ve/veya stratiform olarak laminalanmış kuvars-turmalince zengin kayaçlar)- yersel olarak önemli fakat sürekli olmayan, mika- kuvars ($\pm$ granat) şist içindeki mercekler ; (2) Mikaşist veya paragnayslar içinde özşekilliden özşekilsiz değişen kristal yayılımı şeklinde; (3) Zayıf bir biçimde yoğunlaşmış inceden orta taneliye, özşekilsizden yarı özşekilliye geçiş gösteren, Menderes kristalin serisinin en eski birimi olarak gözönünde tutulan geniş felsik gnayslar içindeki kristaller şeklinde; (4) Göz biçiminde konsantrasyonlar/ nodüller ve felsik gnays birimleri içinde masif mercekler şeklinde; (5) Pegmatoid ve pegmatitler içinde, bazıları oldukça büyük olan, özşekilli kristaller şeklinde; (6) Granat mika şist içinde, kuvarsla birlikte, intrafolial ayrılma şeklinde yarı özşekilli-özşekilsiz kristal veya kristal toplulukları şeklinde; (7) Net olarak kesilmiş granitik gnays içinde özşekilsiz-yarı özşekilli kristal bantları şeklinde; (8) Eklenmiş ya da çatlaklara doldurulmuş şekilde,

damar ya da tabaka oluşturan kuvarsla birlikte, metamorfizmaya uğramamış veya post-kinematik granit kenarlarında sülfid mineralizasyonunun eşlik ettiği yan kayaç ornatılması şeklindedir.

Çalışma alanı Menderes Masifi'nin güneyinde, Karahayıt ve Yeşilköy olmak üzere iki ayrı bölgeyi kapsamaktadır. Karahayıt bölgesinde turmalin zonları veya bandları Karahayıt Köyü'nün (Muğla-Milas) güneybatısı ve aynı zamanda Bafa Gölü'nün yaklaşık 2km doğusunda biyotit-kuvars şist birimi içinde ortaya çıkmaktadır. Yeşilköy bölgesinde ise granatlı turmalinit, Bafa Gölü'nün kuzeyinde Yeşilköy Köyü ve Azap Gölü arasında tek bir yerde bir mika şist birimi içinde yaklaşık 2m kalınlıkta yüzlek vermektedir.

Karahayıt ve Yeşilköy bölgelerinde incelenen turmalinitler baskın olarak kuvars ve turmalinden oluşmaktadır. Bunun yanında Karahayıt turmalinitlerinde korunmuş sedimenter özellikler, yanal olarak devamlı milimetre-ölçekli kuvars ve turmalin laminaları, turmalince zengin rip-up clast yapıları, belirgin köşeli kuvars taneleri (sadece bir yüzlekte) ve dereceli tabakalanmaları (ince kesitte) içermektedir (Mittwede ve diğ., 1997). Aynı zamanda magnetitçe zengin demir oluşumu da bu seri içinde ortaya çıkmaktadır.

Çalışma kapsamında bu iki bölgedeki turmalinitlerden alınan örneklerin petrografik ve jeokimyasal incelemeleri yapılmıştır. İnce kesitte turmalinlerin mineral bileşimi az miktarda biyotit-muskovit-zirkon-apatit-sfen ve opak minerallerle birlikte baskın olarak kuvars ve turmalinden ibarettir. Turmalinler ikincil mavi, kehribar ve yeşil tonlarıyla birlikte, çoğunlukla kahverengidir (koyudan soluk renge değişebilir). Farklı renkler çoğunlukla farklı kimyasal bileşimleri yansıtmaktadır ve turmalin oluşumunun farklı evrelerini temsil edebilmektedir (Jiang ve diğ., 1998).

Yeşilköy ve Karahayıt turmalinitlerinden alınan turmalinlerin çoğu optik zonlanma göstermektedir. Bunun yanında, Yeşilköy turmalinitleri dikkat çekici şekilde granatlıdır, bununla birlikte Karahayıt bölgesinden alınan birkaç örnekte de

yarı özşekilli granat kristalleri (ince kesitte) gözlenmiştir. Bu kristaller bol miktarda kuvars ve turmalin kapanımları içermektedir.

İncelenen bölgelerdeki turmalinlerin mikroprob analizleri, bunların şörl-dravit katı eriyik serisinde ortaça bileşime sahip olduğuna işaret etmektedir. Karahayıt ve Yeşilköy bölgelerine ait turmalinitlerin toplam kayaç kimyasal analizleri SiO_2 (%43.56-91.86), Al_2O_3 (%6.05-27.40), $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{top})}$ (%3.28-13.01), MgO (%0.27-6.71), CaO (%0.04-0.73), Na_2O (%0.14-3.27), K_2O (%0.02-4.30), TiO_2 (%0.06-1.36) ve MnO (%0-0.035) için geniş varyasyonlar sunmaktadır. Bununla birlikte turmalinler açıkça Henry ve Guidotti (1985)'den alınan $\text{Al-Fe}_{(\text{top})}\text{-Mg}$ ve $\text{Ca-Fe}_{(\text{top})}\text{-Mg}$ diyagramlarında Ca'ca fakir metapelitler ve metapsammitler(8) ve aynı zamanda 4-5 ve 6 alanlarına düşmektedir.

Yeşilköy ve Karahayıt turmalinitleri ve dere-sediment örneklerinin (Mittwede ve diğ.(1995)'den) jeokimyasal çalışmaları yakın çevrede belirgin bir metalik mineralizasyonun olmadığını öne sürmektedir. Bunun yanında Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitleri, borca zengin hidrotermal akışkanlarla klastik sedimentlerin ekshalatif aktivite veya deniz tabanı ornatımı veya her ikisini işaret eden nadir bir kimyasal-sedimenter çökelim ortamını belirtmektedir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
İÇİNDEKİLER	ix
TABLO LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
Bölüm I	
GİRİŞ	
1.1 ÇALIŞMA ALANI	1
1.2 AMAÇ VE YÖNTEMLER	1
1.3 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
1.4 TURMALİN VE TURMALİNİT TANIMI	13
1.4.1 Turmalin	13
1.4.2 Menderes Masifi'nde Turmalin Oluşum Modelleri	15

Sayfa No**1.5 TURMALİNİT OLUŞUM ŞEKİLLERİNE İLİŞKİN****YORUMLAR****16****Bölüm II**
STRATİGRAFİ**2.1 Karahayıt Bölgesi****22****2.2 Yeşilköy Bölgesi****34****Bölüm III**
PETROGRAFİ**3.1 Karahayıt Bölgesi Turmainitlerinin Petrografisi****40****3.2 Yeşilköy Bölgesi Turmainitlerinin Petrografisi****47****Bölüm IV**
JEOKİMYA**53****Bölüm V**
SONUÇLAR**68****KAYNAKÇA****72**

TABLO LİSTESİ

Sayfa no

Tablo 1.1	Yaygın turmalin uç üyeleri (Deer ve diğ., 1966).....	13
Tablo 3.1.2	Karahayıt bölgesi turmalinitlerine ait üç örneğin mineral yüzde değerleri.....	41
Tablo 3.2.3	Yeşilköy bölgesi turmalinitlerine ait üç örneğin mineral yüzde değerleri.....	49
Tablo 4.4	Karahayıt ve Yeşilköy bölgelerine ait turmalinitlerinin mikroprob analiz sonuçları.....	60
Tablo 4.4	'ün devamı.....	61
Tablo 4.5	Turmalindeki önemli yerdeğişim konumları ve değişim bileşenleri.....	62
Tablo 4.6	Karahayıt ve Yeşilköy bölgelerine ait turmalinitlerin toplam kayaç kimyasal analiz sonuçları.....	63
Tablo 4.7	Karahayıt ve Yeşilköy Bölgeleri'ne ait turmalinitlerin iz element analiz sonuçları.....	65

Tablo 5.7	Turmalinit oluşumları.....	70
------------------	-----------------------------------	-----------



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa no

- Şekil 1.1** Menderes Masifi'nin geliştirilmiş jeoloji haritası ve çalışma alanının yeri(Candan, 1996)..... 2
- Şekil 1.2** Sedimentler içindeki turmalinitlerin premetamorfik oluşumu için, her ikisi de göreceli olarak düşük su/kayaç koşulları altında oluşan denizaltı eksalasyon ve deniz tabanı ornatımı ile gelişmiş stratiform çeşitlerini gösteren ortamlar.Genel olarak masif ve temel-metal sülfidleri içeren stratabound mineralizasyon tipik olarak proximal eksalatif turmalinitlerin üzerinde veya altında oluşmaktadır. Kırıntılı kayaçlar deniz tabanı veya yüzey altında oluşan sinsedimenter breşleri içermektedir (Slack, 1996'dan).....20
- Şekil 2.1.3** Bafa Gölü doğusuna ait geliştirilmiş kolon kesit (Başarı, 1970'den)..... 23
- Şekil 2.1.4**Bafa Gölü bölgesinin genel jeolojik haritası (Başarı, 1970'den).....24
- Şekil 2.1.5** Karahayıt Yöresi'ne ait Jeolojik kesit (Başarı, 1970'den).....25

Şekil 2.1.6 Karahayıt Yöresi turmalinitlerinin konumunu gösteren jeolojik Harita (Başarır, 1970'den).....	26
Şekil 2.1.7 Karahayıt Yöresi (Bafa Gölü doğusu) blok diyagramı.....	27
Şekil 2.1.8 Karahayıt köy yolunun 100m batısında Yatakyeri deresinin batı bölgesinde yüzlek veren turmalinit kayacı.....	29
Şekil 2.1.9 Karahayıt Köyü güneybatısında 200m kodlu tepenin üzerindeki turmalinit yüzleği.....	29
Şekil 2.1.10 Karahayıt turmalinitlerine ait genel arazi görüntüsü.....	30
Şekil 2.1.11 Karahayıt bölgesine ait, kuvars-turmalin laminalarından oluşan turmalinit kayacı.....	31
Şekil 2.1.12 Karahayıt bölgesinde gözlenen lokal turmalince zengin rip-up clast yapıları.....	32
Şekil 2.1.13 Karahayıt bölgesinde gözlenen magnetitce zengin demir oluşumu	32
Şekil 2.1.14 Karahayıt turmalinitlerinde lokal olarak gözlenen (a)kıvrım ekseninde oluşan kırıklanmaya bağlı olarak yeniden yerleşmiş turmalinit, (b) S tipi kıvrımlanma.....	33
Şekil 2.2.15 Bafa Gölü kuzeyine ait genelleştirilmiş kolon kesit (Taşkın 1981'den).....	35
Şekil 2.2.16 Yeşilköy turmalinitlerine ait genel arazi görüntüsü.....	36

Şekil 2.2.17 Yeşilköy Bölgesi'nin genel jeolojik haritası (Taşkın 1981'den).....	37
Şekil 2.2.18 Yeşilköy Bölgesi'ne ait jeolojik kesit.....	38
Şekil 2.2.19 Yeşilköy Bölgesi'ne ait kuvars ve turmalince zengin granatlı turmalinit kayacı.....	39
Şekil 2.2.20 Yeşilköy Bölgesi'nde, mikaşist içinde kıvrımlanmış turmalinit.....	39
Şekil 3.1.21 Karahayıt Bölgesi'ne ait, baskın olarak kuvars-turmalin laminalarından oluşan, yer yer düzensiz kuvars damarları ile kesilmiş turmalinit kayacı.....	40
Şekil 3.1.22 Karahayıt turmalinitinde gözlenen birbirine kenetli yönlenmesiz büyük boyutlu kuvars kristalleri (+N).....	42
Şekil 3.1.23 Turmalinit kayacı içinde gözlenen yönlenmesiz turmalin kristalleri (/N).....	43
Şekil 3.1.24 Turmalinlerde gözlenen optik zonlanma (/N).....	43
Şekil 3.1.25 Turmalinitlere ait haç nikol (+N) görüntüsü.....	44
Şekil 3.1.26 Turmalinitlere ait paralel nikol (/N) görüntüsü.....	45
Şekil 3.1.27 Karahayıt turmalinitlerinde gözlenen yarı özşekli ve bol kuvars ve turmalin inklüzyonlu granat kristalleri (+N).....	45

Şekil 3.1.28 Tektonizma öncesi kuvars ve turmalin minerallerinden oluşan turmalinit çakılındaki tektonizmaya bağlı gelişen dönme yapısı (+N).....	46
Şekil 3.2.29 Yeşilköy bölgesine ait kuvars ve turmalince zengin granatlı turmalinit kayacı.....	48
Şekil 3.2.30 Yeşilköy turmalinitine ait mikroskop görüntüsü (+N).....	48
Şekil 3.2.31 Turmalinit içinde gözlenen yönlenmesiz turmalin kristalleri (//N).....	49
Şekil 3.2.32 Yeşilköy turmalinitine ait haç nikol (+N) görüntüsü.....	50
Şekil 3.2.33 Yeşilköy turmalinitine ait paralel nikol (//N) görüntüsü.....	50
Şekil 3.2.34 Turmalinlerde gözlenen optik zonlanma (//N).....	51
Şekil 3.2.35 Turmalinit içinde gözlenen iri taneli özşekilli-yarı özşekilli bol kuvars ve turmalin inklüzyonlu granat kristalleri (//N).....	52
Şekil 3.2.36 Yeşilköy bölgesi turmalinitine ait bir örnekte gözlenen, tektonizmaya bağlı olarak gelişen dönme yapısı (//N).....	52
Şekil 4.37 Karahayıt ve Yeşilköy bölgelerinden analiz edilen turmalin bileşiminin Na ₂ O-MgO-FeO-CaO diyagramı ve ve farklı bölgelerden alınan turmalinlere ait alanlar. (A-C= Appalachian-Caledonian masif sülfid yatakları, Ethier ve Campbell (1977), Slack (1982).....	54

Savfa No

Şekil 4.38 Karahayıt ve Yeşilköy turmalinlerine ait Fe/Mg oranı; şörl-dravit çizgisi $(Fe+Mg)_{top}=3$ çizgisi boyunca; $(Fe+Mg)<3$ değerleri R2 de Al yerdeğişimine karşılık gelmektedir; oklar dravit ve ferrişörl bileşimlerinin çizilebileceği $(Fe+Mg)_{top}=3$ 'ün dışındaki alanları göstermektedir (London ve Manning, 1995'den)..... **55**

Şekil 4.39 Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerinden analiz edilen turmalinlerin (a) Na ve Ca (atomda birim formül başına) arasındaki ilişki, (b) $(Fe+Mg+Mn+Ti)-Al$ (atomda birim formül başına) diyagramı, (c) $Fe/(Fe+Mg)-Na/(Na+Ca)$ içeriklerine ait diyagram (Jiang ve diğ. (1998)'den)..... **56**

Şekil 4.40 Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerine ait turmalinlerin $(R1+R2)-R3$ konumları (yerdeğiştirme vektörleri şörl-dravit bileşimlerinden itibaren çizilmiştir (London ve Manning (1995)'den);..... **57**

Şekil 4.41 Çeşitli kayaç tiplerinden alınan turmalinler için (a) $Al-Fe(top)-Mg$ ve (a) $Ca-Fe(top)-Mg$ diyagramı. $Fe(top)$ turmalindeki toplam Fe'i temsil etmektedir. Bu diyagramlar farklı kayaç tiplerinden alınan turmalinlerin bileşimsel alanlarını tanımlayan bölgelere ayrılmıştır, bu bölgeler; (1) Li'ca zengin granitik kayaçlar pegmatitler ve apilitler, (2) Li'ca fakir granitik kayaçlar pegmatitler ve apilitler, (3) Hidrotermal olarak altere olmuş granitik kayaçlar, (4) Al'ca doymuş faz ile birlikte metapelitler ve metapsammitler, (5) Al'ca doymuş olmayan faz ile birlikte metapelitler ve metapsammitler, (6) $Fe(+3)$ 'ce zengin kuvars-turmalin kayaçları, kalk silikat kayaçları ve metapelitler, (7) Ca'ca zengin metapelitler, (8) Ca'ca fakir metapelitler, metapsammitler ve kuvars-turmalin kayaçları (Henry ve Guidotti, 1985'den). TS= Taylor ve Slack (1984), P= Plimer (1988); semboller **58**

Şekil 4.42 Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerine ait majör element kimyasal değişimleri.(CRA Exploration Pty. Ltd. Tarafından saptanan bölgenin klastik metasedimenter kayalarındaki turmalinitlerle karşılaştırmalı) (Main ve diğ., 1983). D= ideal dravit bileşimi,S= ideal şörl bileşimi.....	59
Şekil 4.43 Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitleri için Cr- Tix 10^3 iz element kimyasal değişim diyagramı.....	66
Şekil 4.44 Pb-Zn-Cu üçgen diyagramında Karahayıt ve Yeşilköy Bölgeleri'ne ait turmalin bileşimleri.....	67



BÖLÜM I

GİRİŞ

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Yüksek Lisans Programı Bitirme Projesi kapsamında hazırlanmıştır.

1.1 Çalışma Alanı

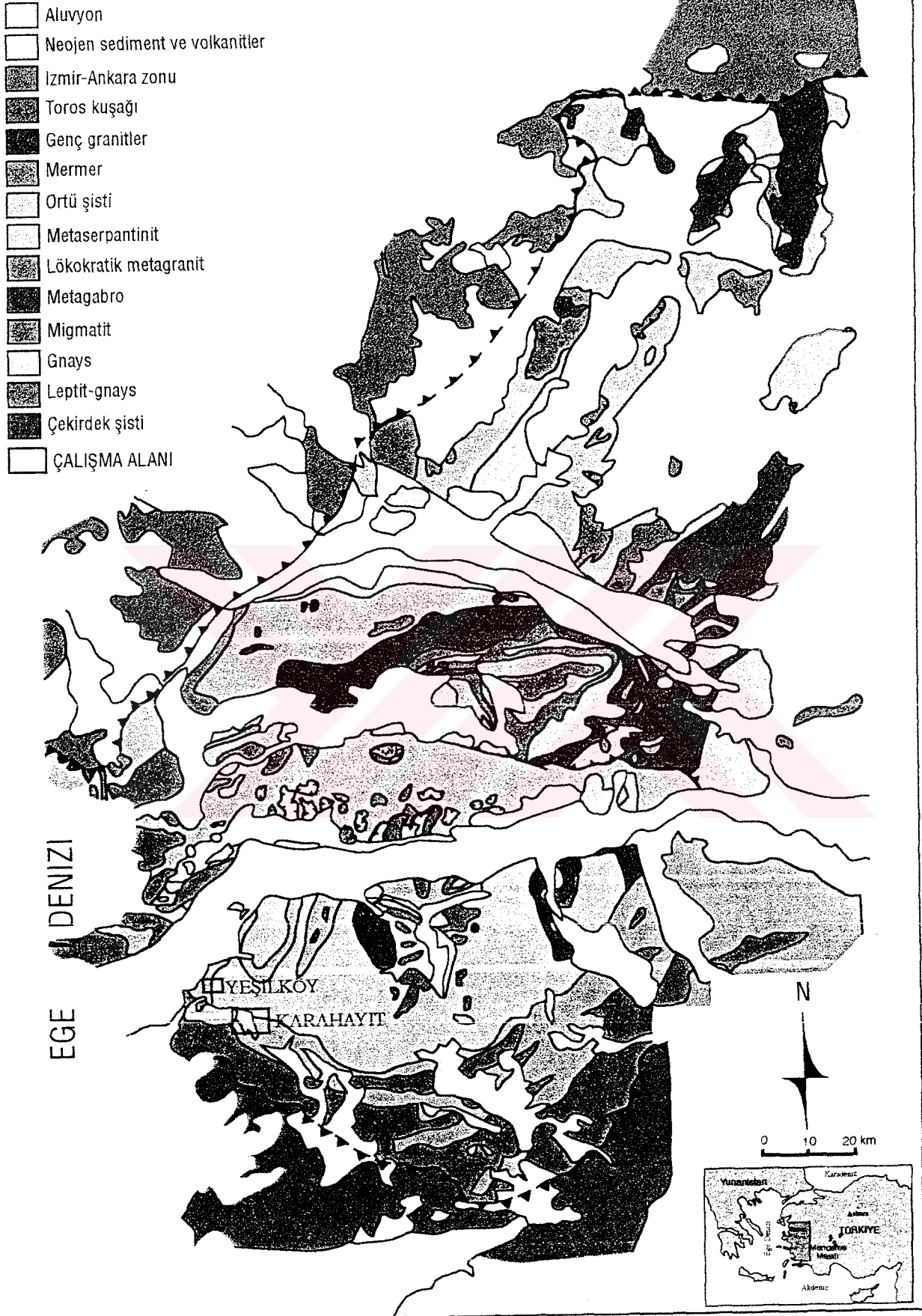
Çalışma alanı Menderes Masifi'nin güneyinde bulunan iki ayrı yöreyi kapsamaktadır. Bunlardan birincisi Karahayıt Köyü ve Bucak Köyü'ne kadar olan yaklaşık 2 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu yörede turmalinit kayacı, en belirgin şekilde Karahayıt Köyü'nün güneybatısında bir tepenin üzerinde ve köy yolunun yaklaşık 100 m batısında Yatakyeri Deresi'nin batı bölgesinde yüzlek vermektedir. İkinci yöre ise Bafa Gölü'nün (Muğla-Milas) kuzeyinde Yeşilköy Köyü ve Azap gölü arasında köy yolu üzerindedir (Şekil 1.1).

1.2 Amaç ve Yöntemler

Bu çalışmada yukarıda belirtilen yörelerde gözlenen turmalinit kayacının petrografik ve jeokimyasal incelemeleri ile Menderes Masifi ve dünyada bulunan diğer turmalinit ve kuvars-turmalin kayaçlarıyla karşılaştırılarak jenezi hakkında önemli saptamaların yapılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla 1997-98 yaz aylarında adı geçen yörelerden sistematik olarak alınmış kayaç örneklerinden D.E.Ü. Müh. Fak. Jeo. Müh. Bölümü ince kesit atelyesinden ince kesitler hazırlanmış, bunun yanında mikroprob için hazırlanan örnekler Pierre et Marie Curie Üniversitesi'ne (Paris) gönderilmiş ve kimyasal analizler izleyen işlem

MENDERES MASİFİ'NİN GENELLEŞTİRİLMİŞ JEOLOJİ HARİTASI



Şekil 1.1 Menderes Masifi'nin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve çalışma alanının yeri (Çandan ve Dora 1997)

koşulları ile birlikte Camebax elektron mikroprobu kullanılarak tamamlanmıştır(15kV ölçüm voltajı, ışın akımı şiddeti 10nA, ışın çapı 5µm ve WDS tarama). Bunun yanında D.E.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü X-ışını Laboratuvarı'nda iz element analizleri yapılmıştır.

Sonuç olarak kayaç örneklerinden hazırlanan yaklaşık 50 adet ince kesit polarizan mikroskopta incelenmiş, optik çalışmalar sonucu seçilen ince kesitlerden örneklerin mineral yüzde değerleri ve dokusal özellikleri saptanmaya çalışılmıştır. Bunun yanında yapılan toplam kayaç kimyasal ve mikroprob analizlerden elde edilen verilerle her iki yöreye ait turmalinlerin cinsi ve oluşum şekilleri hakkında ipuçları elde edilmeye ve iz element bileşimleri saptanmaya çalışılmıştır.

1.3 Önceki Çalışmalar

Menderes Masifi, Batı Anadolu'da çok geniş bir alanda yüzlek veren Türkiye'nin en önemli masiflerinden biridir. Genel tanımlamalar şeklinde ilk çalışmalar 19. Yüzyıl sonları ve 20. Yüzyıl başlarında Hamilton ve Stricklan (1840), Tchihatcheff (1869) ve Philippson (1911) tarafından gerçekleştirilmiştir. Philippson'un (1911) "Lydisch- Krische Mosse" olarak adlandırdığı masife daha sonraları Egeran- Yener (1944) tarafından bugünkü adı olan " Menderes Kristalen Masifi" adı verilmiştir. Masif başlıca kuzeyden güneye dört ana bölüme ayrılmıştır. Bunlar Eğrigöz, Demirci- Gördes, Ödemiş- Kiraz ve Çine asmasifleri olarak adlandırılır.

Masifteki çalışmalar günümüze kadar artan bir hızla devam etmektedir. Fakat yapılan tüm bu çalışmalara rağmen Masif'in çekirdek ve örtü birimlerine ait kayaçların ilksel kökeni ve yaşları, etkilendiği metamorfizma sayısı ve yaşları gibi temel konularda araştırmacılar henüz kesin bir sonuca erişmemiştir.

Masifteki mevcut ana problemler hakkında araştırmacıların öne sürdükleri görüşler kısaca şu şekilde özetlenebilir.

Menderes Masifi'ne ait istif genel olarak, çekirdeği oluşturan gnays, bunların üzerinde Çine ve Ödemiş asmasiflerinde gözlenen metavolkanit (leptit), örtü serisi denilen şist ve Masif'in güney kanadında oldukça kalın bir seri oluşturan mermerler şeklinde verilebilir.

Masifteki şistlerin ilksel kayaçlarının pelitik karakterdeki sedimentler, mermerlerin ise zaman zaman karasal ortama geçmiş olan platform türü kireçtaşları olduğu konusunda araştırmacılar arasında genel bir görüş birliği vardır, buna karşın gnays ve leptit olarak adlandırılan kayaçların kökenleri hakkında farklı düşünceler bulunmaktadır (Başarır, 1970; Dora, 1975; Graciansky, 1965).

Gnaysların ilksel kayaçları hakkında etkin görüş "para-köken" dir. Menderes Masifi'nin güney bölümünde çalışan Schuiling (1962), Wipperfurth (1964), Brinkmann (1966,1967,1971), Başarır (1970), Dora (1975) ve Kun (1983), gnaysların ilksel kayaçlarının sedimanter kökenli olduğunu, bugünkü yapılarını ise yüksek dereceli metamorfizma sonucunda kazandıklarını ileri sürerler. Scotford(1969) ve Başarır(1975) da sedimanter kökeni savunmalarına karşın gnaysların bir kısmının yeşil şist fasiyesindeki metamorfiklerin kontak metamorfizması sonucu oluşabileceğini savunmaktadırlar. Graciansky (1965), İzdar(1975), Konak(1985) gibi araştırmacılar Masif'te sedimanter kökenli gnaysların yanısıra metamorfizmaya uğramış granitik bileşimdeki magmatik kökenli gnaysların varlığını kabul etmektedir. Son yıllarda Menderes Masifi'ndeki gnaysların ilksel kökeni hakkında yeni bir görüş ortaya atılmıştır. Kun ve Candan(1987) tarafından mavi gözlü gnays olarak adlandırılan ve Menderes Masifi'nde çok geniş alanlarda yayılım gösterdiği öne sürülen bu kayaçlar araştırmacılara göre volkanik kökenlidir.

Leptitlerin Menderes Masifi'ndeki varlığı ilk kez Kun (1983) tarafından ortaya atılmasına karşın Masif'teki gnays ve şistlerden farklı özellikler gösteren bazı kayaçların var olduğu daha önce bazı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır. Schuiling (1962) yaklaşık 1/ 350000 ölçekli yapı haritasında "Bazik İnce Taneli Gnays" adıyla değişik bir kayaç türü ayırtlamıştır. Başarır(1975) tarafından poligonal dokuları nedeniyle "Hornfels Benzeri Kayaçlar" olarak tanımlanan bu birime, Kun (1983)

tarafından “Leptit” adı verilmiştir. Araştırmacı, sillimanit içeren bu kayaçların mikroskop analizlerinden giderek Almandin- Amfibolit Fasiyesi sillimanit zonu koşullarında metamorfizmaya uğradığını ve ilksel kayaçların, andezitten riolite kadar devamlılık gösteren volkanitler olduğunu ileri sürmüştür.

Bu bölgede yapılan çalışmalardan elde edilen bulguların ışığında, daha önce leptit olarak adlandırılan kayaçların, Masif’in en yaşlı birimlerini oluşturan Geç Proterozoik yaşlı üst kabuksal sedimentlerden türedikleri; Dünya’daki Prekambriyen kalkanlarına özgü kondalit kuşaklarında gözlenen kayaç topluluklarına benzerlik sundukları anlaşılmaktadır. O nedenle de, Menderes Masifi’nde daha önce leptit olarak adlandırılmış kayaçların olasılıkla sedimanter kökenli sillimanit- granat gnays (kondalit) olarak adlandırılması önerilmektedir (Dora ve diğ., 1998).

Son yıllarda Menderes Masifi’nin batısında örtü serileri ile aynı zamanda metamorfizmaya uğramış ve fillitik kayaçlarla çevrelenmiş ofiyolitik topluluğa ait metagabro, meta-diyabaz ve metaserpantinlerin varlığından sözedilmektedir.

Candan ve Kun (1989) tarafından Söke-Kuşadası-Selçuk-Tire çevresinde yapılan çalışmada, meta-ofiyolit kayaçları içeren bu topluluğa “Paleo-Melanj Kuşağı” adı verilmiştir. Kuzeybatıda İzmir-Ankara zonu kayaçları ile tamamen koştut uzanım sunan ve masif evriminde önemli bir evreyi yansıtan bu kuşağın varlığı, bu araştırmacılar tarafından ilk kez ortaya konulmuştur.

Metamorfik birimler dışında, Menderes Masifi’nde post-metamorfik karakterli asitik ve bazik plutonların varlığı uzun zamandır bilinmektedir. Schuiling (1962) tarafından Çine Asmasifi’nde yapılan çalışmada “lamprofir” olarak adlandırılan bazik plutonlar, Önay(1949) ve Kun(1983) tarafından norit ve gabro olarak tanımlanır.

Candan(1992), bazik sokulumların Masif’in son ana metamorfizmasından etkilendiğini belirtmektedir. Araştırmacı metagabroların etrafında amfibolitik bir çeper

zonunun yer aldığını ve metamorfizma ürünü feldispat içeren pegmatitlerinin metagabro stoklarını kestiğini ileri sürer.

Bazik sokulumların yanısıra Akartuna(1965), Egger(1960), Evirgen(1979) ve Kun(1983) Menderes Masifi'nde granitik bileşimde çok sayıda plutonun varlığından söz ederler. Dora ve diğ.(1987) tarafından yapılan çalışmalarda ise bu kayaçların pos-metamorfik karakterde olduğu ve yatay ve düşey tektonik hatlara bağlı olarak metamorfik seriler içerisinde yerleştiği ileri sürülmektedir.

Uzun yıllardır tartışılan diğer bir konu ise Gnays/ Şist birimleri arasındaki dokanak ilişkileridir. Graciansky(1965) ve Başarı(1970) bu dokanağın belirgin bir şekilde uyumsuz olduğunu savunurlar. Schuiling(1962) ve İzdar(1975), uyumsuzluğu kabul etmelerine karşın bunun izlerinin migmatizasyon ile silindiğini ileri sürerler. Ketin (1966)'e göre ise Masif'teki tüm birimler uyumludur.

Kun(1983), Kun ve Candan(1987)'a göre leptitlerin (kondalit) yüzlek verdiği Çine, Ödemiş yörelerindeki gnays dokanakları, Bafa-Milas-Yatağan boyunca uzanan gnays dokanaklarından ayrı ele alınmalıdır. Araştırmacılar gnaysların leptitlerle dokanak yaptıkları bölgelerde, bugün gözlenen dokanağın ilksel litolojik sınır olmadığı, ilksel sınırın gnays içinde aranması gerektiğini savunurlar.

Menderes Masifindeki birimlerin çökelim yaşları, bunları etkileyen metamorfizma sayısı ve devreleri hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. Wipperf(1964) ve Ketin(1966), Masif'te Alpin Orojenezi ortalarına rastlayan tek bir metamorfizmayı savunmalarına karşın, Brinkmann(1966), Dora(1975) ve Akkök(1981) ise Masif'te en az iki metamorfizmanın var olduğunu üçüncü ve genç bir olayın ise Masif'te retrograt etkiler yaptığını belirtmektedirler.

Brinkmann(1966), Menderes Masifi'nin çekirdeğini oluşturan kayaçların ilksel malzemesinin Prekambriyen sonu Kambriyen başında metamorfizmaya uğrayarak, bugünkü çekirdek gnayslarını oluşturduğunu ileri sürmüştür. Örtü serilerinin metamorfizması ise Jura ortasına rastlamaktadır. Dora(1975) ve Başarı(1970),

Masif'teki çekirdeğin Alt Paleozoik'te metamorfizmaya uğradığını, daha sonra Liyas'ta ikinci bir metamorfizmanın gerek çekirdek gerekse örtüyü tekrar etkilediğini belirtir.

Menderes Masifi'ndeki istifin, Tersiyer'e kadar uzandığı görüşü son yıllarda ağırlık kazanmaktadır. Çağlayan ve diğ.(1980), paleontolojik bulgulara dayalı olarak Masif'in istifini Üst Paleosen'e kadar çıkarır. Şengör ve diğ.(1984) ve Akkök ve diğ.(1984)'e göre de Menderes Masifi'ndeki istif, Alt Eosen/ Oligosen'e kadar devam etmektedir. Bu da 35 ± 5 milyon yılda yoğunlaşan radyometrik yaşlarla uyumludur. Aynı araştırmacılara göre Menderes Masifi'nin ana metamorfizması, İzmir-Ankara okyanusunun kapanması sonucu Likya Napları'nın Masif'in üzerinden, kuzeyden güneye doğru geçmeleri ile meydana gelmiştir.

Dora ve diğ.(1992)'e göre, Menderes Masifi'nin temelini gözlü, granitik ve bantlı gnayslarla, migmatitten yapıli gnays birimi oluşturmaktadır. Bu birimi uyumlu olarak leptit veya kondalit olarak adlandırılan birim üstler. Bunu, uyumlu izlenimi veren bir dokanakla şisler örter. Şistler alt düzeylerinde disten-staurolit-granat şist, üst düzeylerinde ise granat-mika şist ile temsil edilirler. Şistleri zımpara içeren mermerler uyumlu olarak örter. Masif'in üst düzeylerinde de plakette kırmızı mermerler yer alır. Litolojik istifi post-metamorfik sokulmuş granadiyoritik ve gabroik pluton stokları tamamlar. Menderes Masifi'nde düşük dereceli metamorfik kuşaktan yüksek dereceli metamorfik kuşağa kadar tüm metamorfik diziyi gözlemek mümkündür. Eldeki veriler metamorfizma sırasında $420-650^{\circ}$ C arasında sıcaklıklar ve genelde 4- 6.5 kb arasında basınçların egemen olduğunu ortaya koyar.

Menderes Masifi ilk metamorfizmasını Kambriyen/ Ordovisiyen sınırında geçirmiştir. Masif, Paleosen- Geç Eosen aralığında, üzerinden geçen okyanusal kabuk bileşenli Likya Napları nedeniyle ana metamorfizmaya uğramıştır. Orta basınç/ yüksek sıcaklık koşullarında gerçekleşen bu metamorfizma çoğunlukla Barrow tipi mineral topluluklarının oluşumuna neden olmuştur (Dora ve diğ., 1990, 1994)

Kun ve diğ.(1993)'e göre, son yıllarda Menderes Masifi'nde bölgesel ölçekte sürdürülen çalışmalarda çekirdek serisinin en alt düzeyi olarak kabul edilen gözlü/ granitik gnayslarla birlikte ve çoğu zaman bunları altlar biçimde çeşitli boyutlarda gnays düzeyleri içeren yaygın mikaşistlerin varlığı ortaya çıkmıştır. Bu çekirdek şistleri içinde ayrıca ender olarak ince mermer, asitik metavolkanit düzeyleri, metagabro ve amfibolit mercekleri de bulunmaktadır. Yeni verilerin ışığında araştırmacılar Menderes Masifi'nin kayaç istifinde, üç farklı yaş ve düzeyde şistin varlığı ortaya koymaktadırlar. Bunlar; 1) değişik boyutlarda yaygın gnays düzeylerinin varlığı ile karakterize olan ve nadiren ince mermer bantları içeren çekirdek serisine ait Prekambriyen yaşlı şistler, 2) örtü serisinin alt düzeylerine karşılık gelen Ordovisiyen- Permien yaşlı yer yer siyah mermer, fillit ve kuvarsitlerle ardalanmalı şistler ve 3) Triyas- Üst Kretase yaşlı zımparalı mermerlerle yanal geçiş ve ardalanma gösteren şistlerdir.

Dora ve diğ.(1994), son üç yılda Ödemiş- Kiraz asmasifinde yaptıkları çalışmalar sonucunda, Menderes Masifi'nin genel litolojik istifinde ve tektonik konumunda yeni bulgular ortaya koymuşlardır. Buna göre, çekirdek serisinin en alt birimini oluşturan gnaysların homojen olmadığı, şistlerle ardalandığı ve pek çoğunun birincil magmatik zirkon içeren granitlerden türediği anlaşılmaktadır. Gnaysları üstlediği bilinen metavolkanit düzeylerine, gnays içinde de rastlanmış ve metavolkanitlerin palinjeneze varan derecede migmatizasyona uğradıkları saptanmıştır.

Konak(1994), yaptığı çalışmada şu sonuçlara dikkat çekmektedir; 1) Masif tekdüze bir istifle temsil edilemez, 2) Alt Eosen- Oligosen arasında önemli bindirmeli yapılar gelişmiştir, 3) En altta düşük dereceli, en üstte en yüksek dereceli metamorfik napların yer alabildiği dikkate alınırsa, özellikle migmatitleşmeye varan orta- yüksek dereceli metamorfizma, naplaşma hareketlerinden önce gelişmiştir, 4) İzmir-Ankara zonundan kaynaklandığı varsayılan allokton kütlelerin hareketi sürecinde, Masif de kendi içinde ekaylanarak güney- güneydoğuya doğru hareket etmiştir, 5) Post-tektonik olarak sokulan genç granitik kayaçların (18- 25 my), yüzlek veren migmatitlerin oluşumuyla ilişkisi olamaz.

Candan (1996)'a göre, Menderes Masifi'ndeki gabrolar Kun (1983), Dora ve diğ. (1988), Kun ve Candan (1991) ve Dora ve diğ. (1992)'de önerildiği gibi genç tektonik hatları izleyen, Miyosen yaşlı post-metamorfik plutonlar olmaları mümkün görülmemektedir. Araştırmacıya göre masifteki gabrolar, olası Kambriyen yaşlı olup polimetamorfik bir karaktere sahiptir. Söz konusu kayaçların ilk metamorfizmaları granulit fasiyesi koşullarında gerçekleşmiştir. Aynı kayaçlar olasılıkla Paleosen/Eosen'de yüksek basınç metamorfizmasına uğramışlar ve çeperleri boyunca eklojitlere dönüşmüşlerdir. İzleyen evrede, eşsıcaklıkta basınç azalması (izotermal dekompresyon) mekanizması ile, olasılıkla Eosen/Oligosen'de gerçekleşen orta basınç-Barrow tipi metamorfizma yüksek basınç parajenezlerinde retrograd etkilere yol açmış ve eklojitler büyük oranda granatlı amfibolitlere dönüşmüşlerdir.

Oberhänsli ve diğ. (1997), Menderes Masifi'nin çekirdek serilerindeki metagabroların kuvvetli bir polimetamorfik tarihçeyi ortaya koyduğunu belirtmektedirler. Bu metagabro kütleleri kuvvetli bir zonlanma göstermektedir. Çekirdeklerinde, magmatik mineraller korunmuştur. Araştırmacılar koronitik dokuları, yüksek sıcaklığın bir sonucu şeklinde yorumlamaktadırlar. Metagabro kütlelerinin dış bölümü çoğunlukla retrograd dönüşüm ürünü granat-amfibolitlerden ibarettir, fakat bazen eklojit kalıntıları da içermektedir. Oberhänsli ve diğ. (1997)'e göre petrolojik çalışmalar yüksek basınç overprint(?) doğrulamaktadır ve başlangıç niteliğinde P ve T tahminlerine izin vermektedir (650°C , $\geq 1.3 \text{ Gpa}$).

. Partzsch ve diğ. (1998)'e göre , yaptıkları gözlem ve verilerin yorumları, Menderes Masifi'nin merkezinin, farklı jeolojik evrimleri yansıtan farklı napılardan oluştuğu sonucuna götürmektedir. Son nap yığılması Alpin orojeni ile ilişkili olabilmektedir. Araştırmacılara göre bu naplar alttan üste doğru Salihli-Aydın napı, Birgi-Tire napı ve Kiraz napıdır. Salihli-Aydın napı tektonik sınırlarla ayrılmış mermerler ve grafit-ilişkili şistlerce baskındır. Sedimentasyon yaşlarına göre, bu tektonik sınırlar ve yapısal elemanlar Alpin orojenine aittir. Birgi-Tire napı yapısal olarak ortadadır ve şist, gnays ve metagabroyik kayaçları içermektedir. Bu nap bir Pan-Afrikan tektono-metamorfik evrimle karakterize edilmektedir. Kiraz napı ise, şist ve mermerlerden oluşmaktadır. Partzsch ve diğ. (1998), Menderes Masifi'ne ait,

araştırmacıların yorumlarının, sık kullanılan “Ana Menderes Masifi” teriminin oldukça tartışmalı olduğu sonucuna götürdüğünü belirtmektedirler, çünkü bu farklı naplar farklı zamanlarda, kendi içlerinde ayrı ayrı tektono-metamorfik değişime uğramışlardır. Bu açıdan, Menderes Masifi iki örtü birimi ile örtülmüş bir çekirdekten oluşan basit soğan kabuğu-benzeri bir yapıdan ziyade yaklaşık 1.0 Ga jeolojik tarihçeyi belirten kompleks bir nap yapısından oluşmaktadır (Partzsch ve diğ.,1998).

Candan ve diğ. (1998), ana olarak Pan-Afrikan temel ve Paleozoyik-Genç Tersiyer serisi olarak adlandırılan iki birimden yapıları Menderes Masifi’ni, çoğunlukla Alpin deformasyonu ile biçimlendirilmiş kompleks bir nap yığını şeklinde tanımlamışlardır. Araştırmacılar tüm Pan-Afrikan temelde görülen yüksek basınç izlerini eklojitler ve metagabrolar olmak üzere iki gruba ayırmışlardır ve Pan-Afrikan orojeni boyunca Menderes Masifi’nin evrimini, eklojit, granolit ve amfibolit fasiyesi koşulları altında çoklu-faz metamorfizması ve yaygın post-metamorfik granitoid sokulumları ile özetlemişlerdir.

Oberhänsli ve diğ. (1998), Menderes Masifi’nin batı bölümünde, epidot-mavişist fasiyes koşulları altında yüksek basınç metamorfizmasının kalıntılarının, Mesozoyik örtü serilerinin metavolkanik ve killi aratabakalarında saptandığını belirtmektedirler. Araştırmacılara göre, fengitlerin $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ saptamaları, dalma-batma ilişkili yüksek basınç metamorfizması (470°C, min. 10kbar) için Tersiyer yaşı vermektedir.

Hetzel ve diğ. (1998)’e göre, Menderes Masifi polimetamorfik bir tarihçe için verileri koruyan Prekambriyen çekirdek serisi ve sadece Alpin tektono-metamorfik evrimini geçirmiş Paleozoyik/Mesozoyik örtü serilerinden oluşmaktadır. Menderes Masifi merkezindeki yapısal, petrografik ve jeokronolojik incelemeler, Prekambriyen temel metamorfik ve yapısal evriminin bir bölümünün deforme olmamış 551±1.4 Ma yaşlı Birgi metagranitlerinden daha yaşlı olduğunu kanıtlamaktadır (Hetzel ve diğ., 1998).

Menderes Masifi'nin güneyinde, Selimiye'nin kuzeyinde (Milas-Muğla) Beşparmak dağlarının güney eteklerinde, litoloji ve bunların yapısal konumlarına göre başlıca iki birim tanımlanmıştır (Bozkurt, 1996). Bunlar, (1) günümüzde gözlü gnayslar şeklinde gözlenen geç Oligosen yaşlı granitoidler ve (2) granitoidleri yapısal olarak üzerleyen Paleozoik metasedimanlardır. Araştırmacıya göre granitoid kayalar metasedimanlarla yerel sokulum türü dokanak ilişkisi sunmaktadırlar. Araştırmacı masifin bu kesiminde metasedimanlarda, üç ayrı metamorfik faz saptamıştır (M_1 , M_2 , M_4). Birinci faz (M_1), Barrow tipi bölgesel bir metamorfizma olup, Paleozoik şistlerin yapısal olarak alt düzeylerinde kısmi ergime ile birlikte üst amfibolit fasiyesi koşullarına kadar çıkmış ve dereceli şekilde azalarak üst kesimlerde yeşil şist fasiyesi koşullarında gerçekleşmiştir. M_1 metamorfizmasının son safhalarındaki yüksek sıcaklık derinlerde kıtasal ergimeye neden olmuş ve daha sonra metasedimanlara uyumlu olarak sokulan granitik magmayı oluşturmuştur. M_2 metamorfizması ise bu granit sokulumuna bağlı olarak metasedimanlarda gelişen kontak metamorfizmasıdır. Gözlenen en son faz ise, masifin yükselmesi, yüzeylenmesi ve bunların doğal sonucu olarak soğumaya bağlı gelişen geri dönüşüm (retrograd) metamorfizmasıdır (M_4) (Bozkurt, 1996).

Yukarıda Menderes Masifi ile ilgili günümüze değin yapılmış belli başlı çalışmalar ve ileri sürülen görüşler kısaca özetlenmiştir. Bu çalışmayı kapsayan ve ayrıca masifte belirli lokasyonlarda gözlenen turmalinit ve turmalince zengin kayalarla ilgili çalışma ve görüşlerin kısaca özetine aşağıda değinilmektedir.

Mittwede ve diğ.(1992), Menderes Masifi'nde turmalin oluşum modellerinin ilk genel sentezini sunmuştur. Başarır(1970), Bafa Gölü'nün yaklaşık 2km. doğusunda ve Karahayıt (Muğla- Milas) Köyü'nün güneybatısında, biotit- kuvars şist birimi içinde turmalin zonlarının varlığını ortaya koymasına karşın, turmalince zengin kayaların tanımlanması ilk kez bu araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Tanımlanan turmalinit kayacı, %15- 20'den fazla turmalin içeren stratabound ve/veya stratiform olarak laminalanmış kuvars- turmalin kayacı olarak bulunmaktadır (Nicholson, 1980; Slack, 1982). Turmalinitin tabaka oluşum ortamları için iki geçerli olanak bulunmaktadır; bunlar hem volkanojenik kimyasal sedimentler (ekshalitler) şeklinde

oluşabilir, hem de evaporitik bor oluşumlarının metamorfizması ile meydana gelebilir (Slack ve diğ., 1984). Buna göre turmalinit, kırıntılı sedimanter havzalardaki kimyasal ve paleo-ortamsal koşulları belirtmesi açısından önemlidir. Laminallı veya bantlı bir kuvars turmalin kayacı olan turmalinit aynı zamanda, metalik mineral oluşumları için önemli bir kılavuz niteliğine sahiptir (Slack,1982; Slack ve diğ., 1984).

Mittwede ve diğ.(1994), son onbeş yıl içinde, metallerin aranmasında, turmalinin arama kılavuzu olmasının belirginliğinin çok daha fazla açıklık kazandığını belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre, turmalinitler ve kuvars- turmalin nodülleri ile bağlantılı kayaçlarda, en belirgin olarak Sn ve W($\pm$ Au) olmak üzere, kimyasal analizler değişik metal anomalilerini göstermektedir. Anomalilerin hepsi, ekonomik değer içermemesine karşın,mineralleşme sistemlerinde bor ile metaller arasındaki ilişkiyi ve turmalin yoğunlaşması anomalilerinin arama işlemlerinde kılavuz olarak kullanımının önemini vurgulamaktadır.

Bilinen diğer turmalinit oluşumları, Bafa Gölü kuzeyinde Yeşilköy, Bozdoğan yakınında Küçük Madran Dağı, Karıncalı Dağı (Aydın yöresi) ve Eski Güney Damları Köyü'nde (Manisa yöresi) Sarıgöl yakınındadır (Mittwede ve diğ., 1997). Yeşilköy ve Küçük Madran Dağı'ndaki turmalinitler dikkat çekici şekilde granatlıdır. Birçok konumda turmalinitler, süreksiz tabakalar veya mercekler şeklinde ortaya çıkmaktadır, fakat Karahayıt'taki turmalinit birimi yaklaşık 1km.'nin üzerinde haritalanabilmektedir.

Mittwede ve diğ.(1997) bu turmalince zengin kayaçların, borca zengin hidrotermal akışkanlar tarafından ya denizaltı klastik sedimentlerin ornatılması ya da ekshalatif aktiviteyi işaret eden ender kimyasal- sedimanter çökelim ortamını gösterdiğini vurgulamaktadır (Slack, 1993). Bu ender litolojilerin çalışması, Menderes Masifi'nin evrimi ve paleo-ortamının anlaşılmasında önemli rol oynamaktadır.

1.4 TURMALİN VE TURMALİNİT TANIMI

1.4.1 Turmalin

Turmalin, karakteristik olarak granit, granit pegmatitler ve pnömatolitik damar mineralidir ve aynı zamanda bazı metasomatik ve metamorfik kayalar içinde ve sedimentlerde detrital bir mineral şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu mineralin ana bileşimsel çeşitleri magnezyumlu turmalin ya da dravit, genelde şörl olarak bilinen demirce zengin turmalin ve alkali turmalin ya da genelde Li'ca zengin elbaittir: burada, dravit- şörl ve şörl- elbait arasında sürekli bir seri vardır, fakat elbait ve dravit arasında bir karışmazlık aralığı görülmektedir. Bu grup içinde varsayılabilecek uç üyeler uvit, $\text{CaMg}_4\text{Al}_5\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{OH})_4$ ve tsilaisite, $\text{NaMn}_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{OH})_4$ 'i içermektedir (Kuntz, 1929).

Turmalinin genel formülü, $\text{XY}_3\text{Z}_6\text{B}_3\text{Si}_6(\text{O},\text{OH})_{30}(\text{OH},\text{F})$ olup, kabul edilen ve olası uç üyeleri, X, Y ve Z katyonlarına göre ayırdedilmektedir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1 Yaygın turmalin uç üyeleri (Deer ve diğ., 1966)

	X	Y	Z
Elbait	Na	Al, Li	Al
Olenit	Na	Al	Al
Dravit	Na	Mg	Al
Şörl	Na	Fe^{+2}	Al
Tsilaisit	Na	Al, Mn	Al
Buergerit	Na	Fe^{+3}	Al
Liddikoatit	Ca	Li, Mg	Al
Uvit	Ca	Mg	Al, Mg
Feruvit	Ca	Fe^{+2}	Al, Fe^{+3} , Mg
	Ca	Mn	Al, Mn
Ferridravit	Na	Mg	Fe^{+3}
Kromdravit	Na	Mg	Cr

X konumunda, eğer denge konumu doyurulmuşsa, Na, kısmen K ya da Ca tarafından replase edilebilmektedir; Bu bakımdan uvitte yerdeğiştirme $\text{NaAl} \leftrightarrow \text{CaMg}$ 'dur. Y, şörlde Fe^{+2} 'ce, dravitte Mg'ca ya da elbait serilerinde (Al+Li)'ca baskın olabilmektedir; bu konuma girebilen diğer iyonlar, eğer denge konumu doyurulmuşsa Zn, Cu, Ba, Mn (tsilaisite) ve V ya da Cr'u içermektedir.

Turmalin, granit pegmatitler, pnömatolitik damarlar ve bazı granitlerin tipik mineralidir. bu aynı zamanda yaygın olarak orjinal sedimentlerden detrital tanelerin yeniden kristalleşmesinin bir sonucu ya da bor metasomatizmasının ürünü olarak metamorfik kayaçlar içinde bulunmaktadır. Granitik kayaçlarda bu turmalinler, şörl-elbait serilerine aittirler. Pegmatitler ve geç-evre granitik damar materyalinde lityum turmalinleri genelde, pegmatit içinde, renk ve bileşimce değişkenlik göstererek gelişmektedirler.

Alterasyonun pnömatolitik evresinde turmalinleşme, normal granitik mineralleri replase eden bor gelimi ile oluşabilmektedir.

Mg'ca zengin turmalin veya dravit, genelde metamorfik veya metasomatik topluluklarda bulunmaktadır. Bunlar, metasomatik olarak girdiği, aksinit ve datolitle birlikte bulunabildiği, bazik magmatik kayaçlarda ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, metamorfik kayaçlar içinde turmalinler, orjinal sedimentler içinde mevcut olan kırıntılı tanelerin yeniden kristalleşmesini temsil etmektedirler.

Uvit olasılıkla dravitten daha yaygındır; metamorfizma geçirmiş kireçtaşı içinde kalsiyum mineralleri ile birlikte bulunan çoğu kahverengi turmalin, uvittir. Buna karışılık, şistler ve pegmatitik olmayan mikalar içindeki çoğu kahverengi turmalin ise dravittir.

Turmalin, kökene bağlı olan farklı tiplerdeki kırıntılı sedimentlerde yaygın bir mineraldir. Otojenik turmalin, kumtaşında ikincil olarak büyümüş, iyi yuvarlaklaşmış kırıntılı turmalin taneleri şeklinde ve kireçtaşlarında bulunabilmektedir.

Turmalin oluşum litolojisi, masiv turmalinit ve foliasyonlu kuvars- turmalin kayacı şeklinde dir . Bu kayaç, birbirini izleyen kuvars bantları ve kalınlığı 2-10 mm. olan ince taneli turmalin ile karakterize edilmektedir. Turmalinitin tek başına ekonomik bir değeri olmamakla birlikte birçok metalik maden yatakları için önemli bir stratigrafik anahtar birim olup araştırmalarda kılavuz olarak kullanılabileceği kanıtlanmıştır (Mittwede ve diğ., 1993).

1.4.2 Menderes Masifi'nde Turmalin Oluşum Modelleri

Mittwede ve diğ. (1992), Menderes Masifi'nde turmalin oluşum modellerinin ilk genel sentezini sunmuşlardır. Araştırıcılara göre, turmalin (özellikle Fe'ce zengin şörl- Mg'ca zengin dravit serileri) Batı Anadolu- Menderes Masifi kayaçlarında bol bulunur ve en az sekiz oluşum modeline sahiptir. Bunlar;

- 1- Turmalinit şeklinde ($\geq 15-20$ % oranında turmalin içeren stratabound ve/ veya stratiform olarak laminalanmış kuvars- turmalin kayaçları)- yersel olarak önemli fakat sürekli olmayan, mika- kuvars ($\pm$ granat) şist içindeki mercekler ;
- 2- Mikaşist veya paragnayslar içinde özşekilliden özşekilsiz değişen kristal yayılımı şeklinde;
- 3- Zayıf bir biçimde yoğunlaşmış inceden orta taneliye, özşekilsizden yarı özşekilliye geçiş gösteren, en eski Menderes kristalin serisi olarak gözönünde tutulan geniş felsik gnayslar içindeki kristaller şeklinde;
- 4- Göz biçiminde konsantrasyonları/ nodüller ve felsik gnays birimleri içinde masif mercekler şeklinde;
- 5- Pegmatoid ve pegmatitler içinde, bazıları oldukça büyük olan, özşekilli kristaller şeklinde;

- 6- Granat mika şist içinde, kuvarsla birlikte, intrafolial ayrılma şeklinde yarı özşekilli-özşekilsiz kristal veya kristal toplulukları şeklinde;
- 7- Net olarak kesilmiş granitik gnays içinde özşekilsiz-yarı özşekilli kristal bantları şeklinde;
- 8- Eklenmiş ya da çatlaklara doldurulmuş şekilde, damar ya da tabaka oluşturan kuvarsla birlikte, metamorfizmaya uğramamış veya post-kinematik granit kenarlarında sülfid mineralizasyonunun eşlik ettiği yan kayaç ornatılması şeklindedir.

Bu turmalin oluşum modelleri bütünüyle petrojenetik oluşum koşullarını yansıtır. Sediment veya magma içinde bazıları, normal B miktarını temsil edebilirken, bazıları ise çökelim alanları içinde (örn. Turmalinit= volkanojenik kimyasal sedimentler/ exhalitler) B'un normal olmayan konsantrasyonlarına işaret etmektedir. Dört ve yedi no'lu oluşum modeli, metamorfik/ metasomatik yollarla B konsantrasyonunu yansıtır. Buna rağmen, B ender olarak paleo-ortamlar içinde bol miktarda bulunabilmektedir. Sekiz no'lu oluşum modeli, B zenginleşmesi ile ilgilidir. Bu, granitik kayaç yerleşimleri ile ilgili olan geç ya da post-magmatik/ kalıntı veya hidrotermal akışkanlar şeklindedir. Bu oluşum tiplerinin genetik ifadeleri, mineral araştırmaları ve petrojenez çalışmalarında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. (Mittwede ve diğ.,1992).

1.5 TURMALİNİT OLUŞUM ŞEKİLLERİNE İLİŞKİN YORUMLAR

Turmalince zengin kayaçlar çeşitli jeolojik ortamlarda bulunmaktadır ve birçok farklı süreçte oluşabilmektedir (Slack, 1982). Turmalin konsantrasyonlarını üretebilen bu süreçler; (1) Granitik plutonik, (2) Otojenik, (3) Detritik, (4) Bölgesel metasomatik, (5) Evaporitik sabka ve (6) Denizaltı hidrotermal'dir. Slack (1982)'ye göre, yalnız son iki süreç stratabound sülfidlerin oluşumu için önemlidir.

Bugüne kadar turmalinitlerin çoğunluğu, sualtı denizel ortamlarda çökelmiş olarak yorumlanan, metasedimenter serilerde açıklanmıştır (Slack ve diğ., 1984). Slack (1982)'ye göre, demir oluşumu, stratiform sülfid çökelimleri gibi kimyasal sedimentlerle bu turmalinitlerin birçoğunun yakın birliktelikleri, bu ortamlarda borun, borca zengin sıcak kaynaklar tarafından sokulmuş olduğunu öne sürmektedir. Bu turmalinitlerin jeolojik ortamları denizaltı çökelimleri ve bazı durumlarda ise net olarak volkanik süreçlerle ilişkilidir (Slack ve diğ., 1984). Araştırmacıya göre, turmalince zengin kayaçların klasik yorumlamaları yaygın olarak kontak metasomatizma ve metamorfik farklılaşmayı içermektedir, fakat bu yorum birçok stratiform turmalinitin, özellikle granitik kütlelere bağlı olmayan (pegmatit içeren) çoklu kıvrım kuşaklarında sistematik stratigrafik ilişkilerde tanımlanan ve birincil sedimenter yapılar sunan turmalinitlerin açıklanmasında yetersizdir. Bu karakteristikler birçok stratiform turmalinitin oluşumunun deformasyon ve metamorfizma öncesinde meydana geldiğini ve borun yüksek konsantrasyonlarını içeren sinjenetik ve diyajenetik süreçlerle ilişkili kökenleri yansıttıklarını öne sürmektedir (Slack ve diğ., 1984). Sinjenetik ve diyajenetik süreçlerin çözümsel kritik tartışması, turmalinitlerin sedimenter yapıları ve bu kayaçlardaki yüksek bor miktarıdır. Bu sedimenter yapıların bazıları (tabakalanma, çapraz katmanlanma) muhtemelen geç diyajenez boyunca tercihli ornatım veya bölgesel metamorfizma sürecindeki olaylar tarafından meydana gelmiş olmasına karşın, Broken Hill bölgesi ve Kuzey Kayalık Dağları turmalinitlerinde gözlenen rip-up clast yapıları (Ethier ve Campbell, 1977) herhangi geç evre ornatılma ihtimaline engel olmaktadır (Slack ve diğ., 1984). Araştırmacılara göre, sinjenetik ve diyajenetik süreçler açıkça, borun yüksek konsantrasyonlarını içeren bu nadir kayaçların oluşumu için sorumlu tutulmalıdır. Alternatif olarak, bu sedimenter yapılar, türbidit akıntılarında kuvars ve turmalinin mekanik taşınmasının bir kanıtı olarak ya da daha masif turmalinin ikincil yeniden hareketi olarak yorumlanabilir (Slack ve diğ., 1984).

Slack ve diğ (1984)'e göre, turmalinitler için en uygun köken birincil borca zengin çökelimin erken diyajenetik modifikasyonunu içermektedir. Bu gibi çökelimler ya borca zengin bir jelden (Ethier ve Campbell, 1977) ya da değişik kuvars-turmalin

karışımına benzer hacim bileşimine sahip uygun bir ilk sedimentten oluşabilmektedir (Slack ve diğ., 1984).

Turmalin, stratiform ve stratabound mineral çökelimleri ile birlikte ortaya çıkabilmektedir (Slack, 1996). Bu gibi turmalinlerin kimyası, hidrotermal cevher oluşum sistemlerinin kökeni ve evriminin iyi bir anahtarıdır ve aynı zamanda mineral araştırmalarında maden arama rehberi olarak kullanılabilir (örn; Taylor ve Slack, 1984; Plimer, 1986; Slack ve Coad, 1989; Slack ve diğ., 1993; Hellingwerf ve diğ., 1994; Jiang ve diğ., 1995, 1998; Griffin ve diğ., 1996).

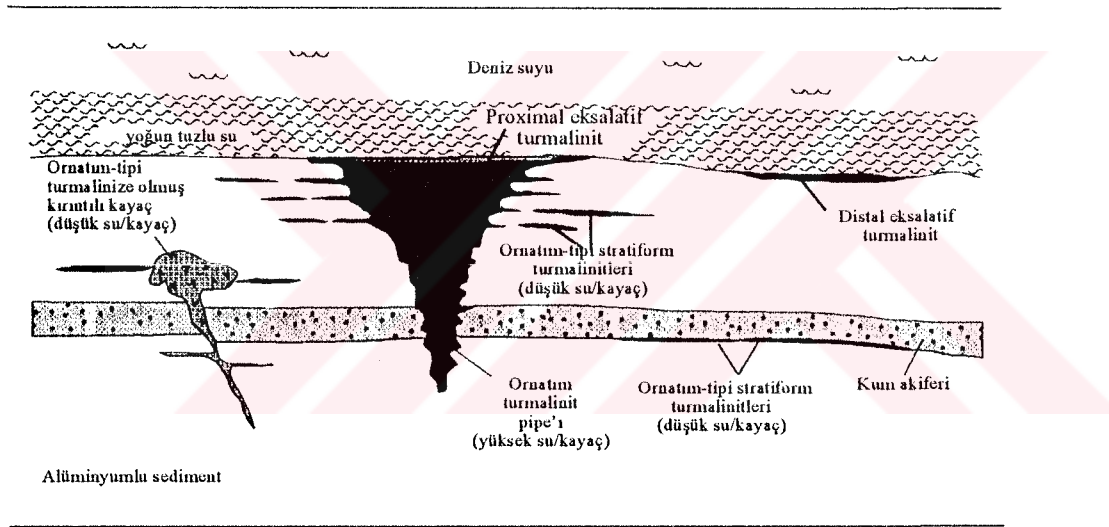
Plimer (1988), Alt-Orta Proterozoyik yaşlı turmalince zengin kayaçların oluşum yerleri ve zamanları ile ilgili olarak çeşitli bölgelerden örnekler vermektedir. Buna göre, bu turmalince zengin kayaçlar stratigrafik olarak Pb-Zn-Ag, Au, W, Sn denizaltı ekshalatif yatakların altında (örn; Broken Hill, stratiform şeelit, Dome Rock Cu, Co), içinde (örn; Golden Dyke, Au), stratigrafik olarak eşleniğinde (örn; Golden Dyke, Broken Hill Pb, Zn) ve üzerinde (örn; Pegmont) oluşmaktadır. Ayrıca bu turmalince zengin kayaçların mutlaka bir cevher yatağı ile birarada bulunmasına gerek yoktur (örn; Olary Block, Rum Jungle). Araştırmacıya göre, bu turmalince zengin kayaçlar, kabul edilir şekilde, yeşil şist (Golden Dyke, Rum Jungle), amfibolit (Mt. Isa Orogen, Olary Block) ve granulit (Broken Hill Block) fasiyes ortamlarında tabakalanma, dereceli katmanlanma, çapraz katmanlanma, oluşuk içi slump ve pull-apart yapıları göstermektedir. Bununla birlikte, stratigrafik devamlılık, stratigrafik olarak topluluk oluşturan denizaltı ekshalatif mineralizasyon, sedimenter yapılar, genel topluluk oluşturan granitik veya metasomatizma geçirmiş kayaçların eksikliği, metamorfik dokular ve deformasyon yapılarının tümü turmalince zengin kayaçların örten kayaçlarla birlikte aynı metamorfizma ve deformasyonu geçirdiğine ve stratigrafik paketin bir bölümü olduğuna işaret etmektedir. Bu yüzden Plimer (1988)'e göre, turmalince zengin kayaçlar ilksel sedimenter, eşsedimenter birim olarak oluşmuştur ve denizaltı sıcak kaynak çökeli ile birlikte bulunan borca zengin ekshalitler şeklinde yorumlanmaktadır.

Turmalin, geniş bir kanyon alanını içine alabilen kristalografik yapısı ve birçok mineral çökeliğinde yaygın oluşumundan dolayı hidrotermal akışkan bileşiminin ideal bir anahtarıdır (Jiang ve diğ., 1998). Dünyada, masif sülfid yatakları ile birlikte bulunan turmalinler, geniş bir kimyasal bileşim sunmaktadırlar, fakat bunun yanında dravitik olma eğilimindedirler (Slack, 1996). Buna karşın istisnalar da ortaya çıkmaktadır. Örneğin, Broken Hill (Avustralya) bölgesinin maden serisindeki turmalinler, ana metasedimenter kayacın Fe'ce zengin ve Mg'ca fakir kimyasının etkisinden dolayı önemli bir şörl bileşeni içermektedir (Plimer, 1983; Slack ve diğ., 1993; cf. Slack ve Stevens, 1994). Nagpur (Hindistan) bölgesindeki masif sülfidlerle bulunan Fe'ce zengin turmalinler aynı zamanda ana klastik sedimentlerin Fe/(Fe+Mg) oranı ile kontrol edilmektedir. Bu çalışmalar, düşük su/kayaç oranı koşulları altında, turmalin kimyası üzerindeki ana kontrolün, ana kayacın hacim bileşimi olduğunu öne sürmektedir (Jiang ve diğ., 1998).

Cleland ve diğ. (1996)'ya göre, turmalin konsantrasyonları sadece borun, evaporit serisinde olduğu gibi, tercihi olarak çökelmiş ve korunduğu sedimentler ortamlarda oluşacaktır. Bu turmalin, diyajenetik ve/veya metamorfik süreçlerde bu sedimentler içinde oluşacaktır. Araştırmacıya göre, denizaltı hidrotermal sistemler, turmalinlerin oluşabileceği ikinci bir uygun ortamı temsil etmektedirler. Bu ortamda stratiform turmalinitler, tuz gölü (brine pool) içinde sediment-su arayüzeyinde hem deniz tabanı ornatımı ve hem de ekshalatif süreçlerle depolanabilmektedir (Slack, 1993, 1996). Ornatım tipi turmalinitler, hem uyumsuz hem de uyumlu olabilmektedirler; ikincisi karakteristik olarak turmalin oluşumlu seriler ve ana sedimentlerin benzer hacim bileşimlerine sahip olabildiği, geçirgen tabakalar boyunca gelişmektedir. Bu yerleşim ortamında, turmalin kimyası Fe'ce zengin hidrotermal akışkanların içerilmesi ve akışkan/kayaç oranları ile ilişkili ana kayacın bileşimi ile kontrol edilmektedir (Cleland ve diğ., 1996).

Şekil 1.2 premetamorfik sedimentler içindeki turmalinitlerin çeşitli tiplerinin oluşum ortamlarını gösteren ideal bir şemadır (Slack, 1996). Bu şema, çeşitli lokasyonlardan alınan, özellikle deformasyon ve metamorfizma etkilerinin ikincil olduğu Kayalık Dağları'nın yeşil şist fasiyesi Belt-Purcell supergruplarından (Orta

Proterozoyik) alınan verilere dayandırılmaktadır (Ethier ve Campbell, 1977; Slack, 1993). Bu model aynı zamanda sualtı riyoitik kuşaklara da uygulanabilmektedir. Slack (1996)'ya göre bu model sırasıyla, sediment-denizsuu arayüzeyinde ve bu yüzeyin altında gelişen, eksalatif ve ornatım turmalinitlerinin oluşum ortamlarını tanımlamaktadır. Borca zengin akışkanlar muhtemelen sinsedimenter olarak gelişen faylar ve kırıklar boyunca derinden gelmektedir. Kum tabakaları veya mercikleri lokal akifer görevi görmektedir. Kilce zengin sedimentlerin ornatımı, belirgin olarak permeabiliteyi arttıran, yüksek akışkan sıcaklıklarıyla (örn; ~200-300°C) kolaylaştırılmaktadır (Morin ve Silva, 1984). Sediment sütununda, yüksek hidrostatik basınç altındaki akışkanların hızlı bir şekilde salınması ile gelişen kırıklı breş kütleleri turmalinitlerin ana kayası olabilir ve/veya bunların oluşum odağını teşkil edebilir (Delaney, 1991; Höy, 1993; Turner ve diğ., 1995a).



Şekil 1.2 Sedimentler içindeki turmalinitlerin premetamorfik oluşumu için, her ikisi de göreceli olarak düşük su/kayaç koşulları altında oluşan denizaltı eksalasyon ve alt deniz tabanı ornatımı ile gelişmiş stratiform çeşitlerini gösteren ortamlar. Genel olarak masif ve temel-metal sülfidleri içeren stratabound mineralizasyon tipik olarak proksimal eksalatif turmalinitlerin üzerinde veya altında oluşmaktadır. Kırıntılı kayaçlar deniz tabanı veya yüzey altında oluşan sinsedimenter breşleri içermektedir (Slack, 1996'dan).

Buna karşın ekshalatif depolanmalar lokal olarak Mg'ca zengin turmalin varlığı ile göze çarpmaktadır. Metamorfik sülfid-silikat reaksiyonlarından ve evaporitik süreçlerden bağımsız dravitik uç üye oluşumu bağl olarak yüksek akışkan/ kayaç koşulları altında karışmış Mg'ca zengin deniz suyu ve Fe'ce zengin hidrotermal akışkanların bulunduğu bir ortamı göstermektedir. Kabul edilen ekshalatif içerikler, Mn-granatın önemli miktarları ile birlikte stratiform turmalinit topluluklarıyla birarada bulunmaktadır (Slack, 1993). Turmalin ve bol Mn-granat içeren bu topluluklar büyük olasılıkla, Fe-Mn-B'ca zengin hidrotermal akışkanların deniz suyu ile karışabileceği denizaltı tuzlu su birikintilerinde (submarine brine pool) oluşmuştur. Mangan büyük olasılıkla arayüzey altından ziyade sediment-su arayüzeyinde çökelmiştir (Cleland ve diğ.,1996). Turmalin konsantrasyonları sık olarak granitik sokulum aktivitesi veya bölgesel metamorfik süreçlere dayandırılmıştır (bkz. Slack,1982). Bununla birlikte birçok bölgede ayrıntılı arazi ve petrografik çalışmalar açıkça turmalince zengin kayaçların veya turmalinitlerin stratabound ve lokal stratiform geometrilerini kanıtlamıştır (Slack ve diğ.,1984) ve birçok durumda da, deformasyon ve bölgesel metamorfizma öncesi oluşmuş turmalinin ilk kristalleşmesini ve bor konsantrasyonunu belirtmiştir. Bu ilerlemelere karşın, turmalinitlerin oluşumu halâ tartışmalıdır ve kökenleri için genetik modeller, borca zengin kolloidlerin diyajenezi, denizaltı hidrotermal akışkanlardan sinjenetik çökelimler, evaporitik borların diyajenetik modifikasyonları ve sediment ve volkaniklerin çökelimle eş zamanlı yeniden yerleşimlerini içeren birtakım öneriler getirilmektedir (örn; Ethier ve Campbell, 1977; Slack ve diğ.,1984; Plimer, 1986; Raith, 1988; Bandyopadhyay ve diğ., 1993s).

BÖLÜM II

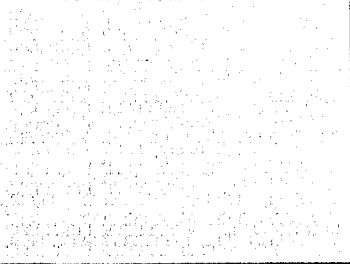
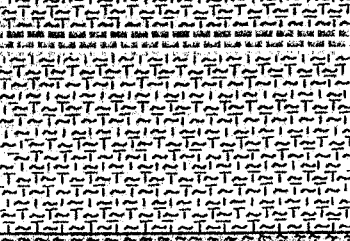
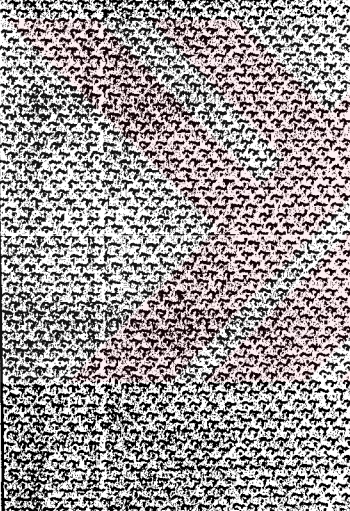
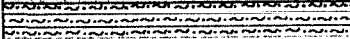
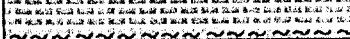
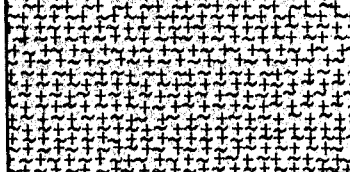
STRATİGRAFİ

2.1 Karahayıt Bölgesi

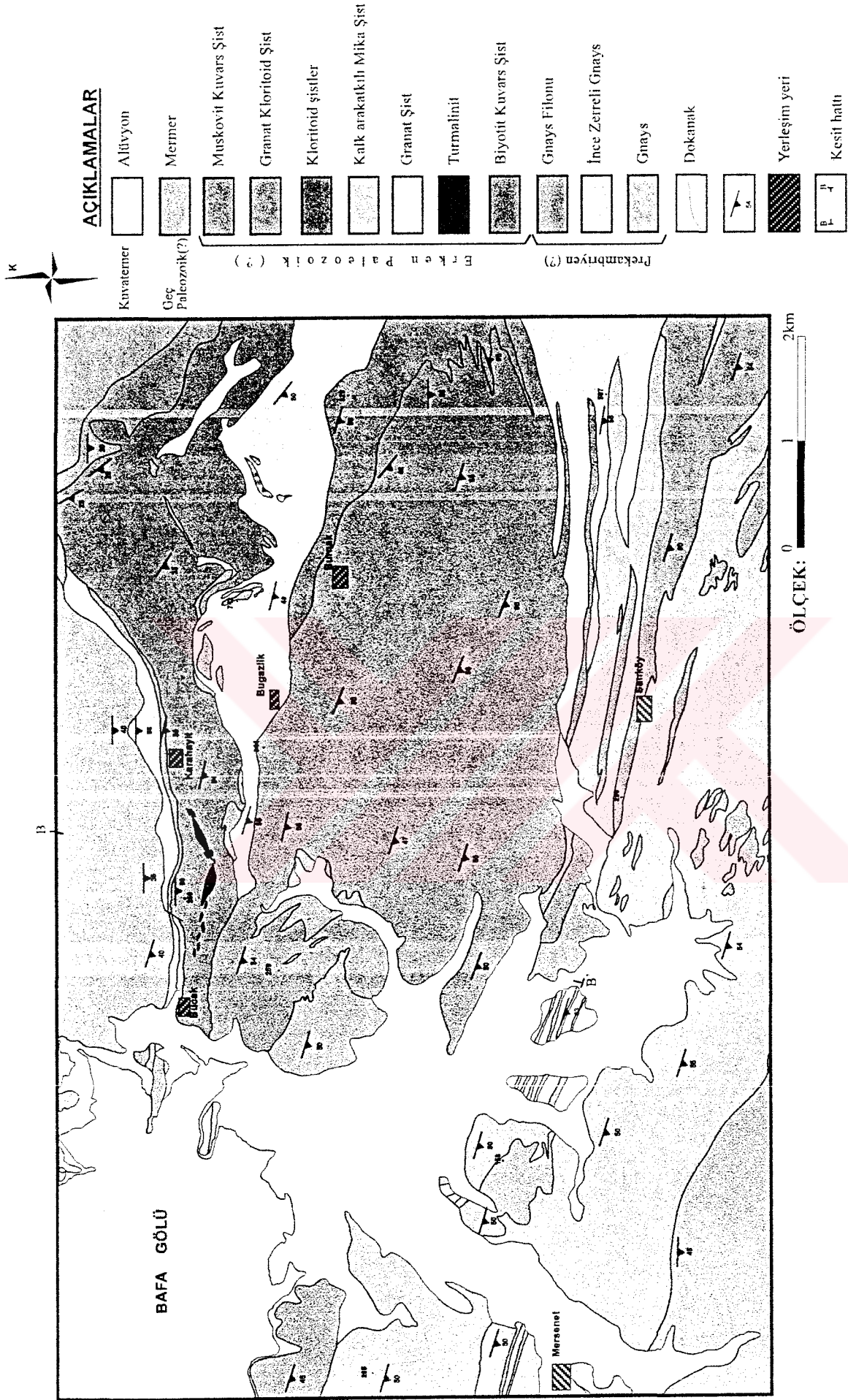
Sahanın kuzeyinde gözlü gnayslar, “dom” şeklindeki yapının çekirdeğini oluşturmaktadır. Gözlü gnaysların üzerine ardışıklı olarak gelen metamorfik kayalar da örtü serisini oluşturmaktadır. Bu bölgedeki birimlerin foliasyonlarının etkin eğimleri kuzeyden güneye doğru gidildikçe dereceli olarak azalmakta ve yaşlıdan gence doğru tabaka dizilimi açık olarak gözlenmektedir. Gözlü gnayslar ve örtü birimleri arasında net bir uyumsuzluk vardır (Başarır, 1970). Örtü birimi, şist serisi, fillit ve mermerleri içermektedir (Şekil 2.1.3).

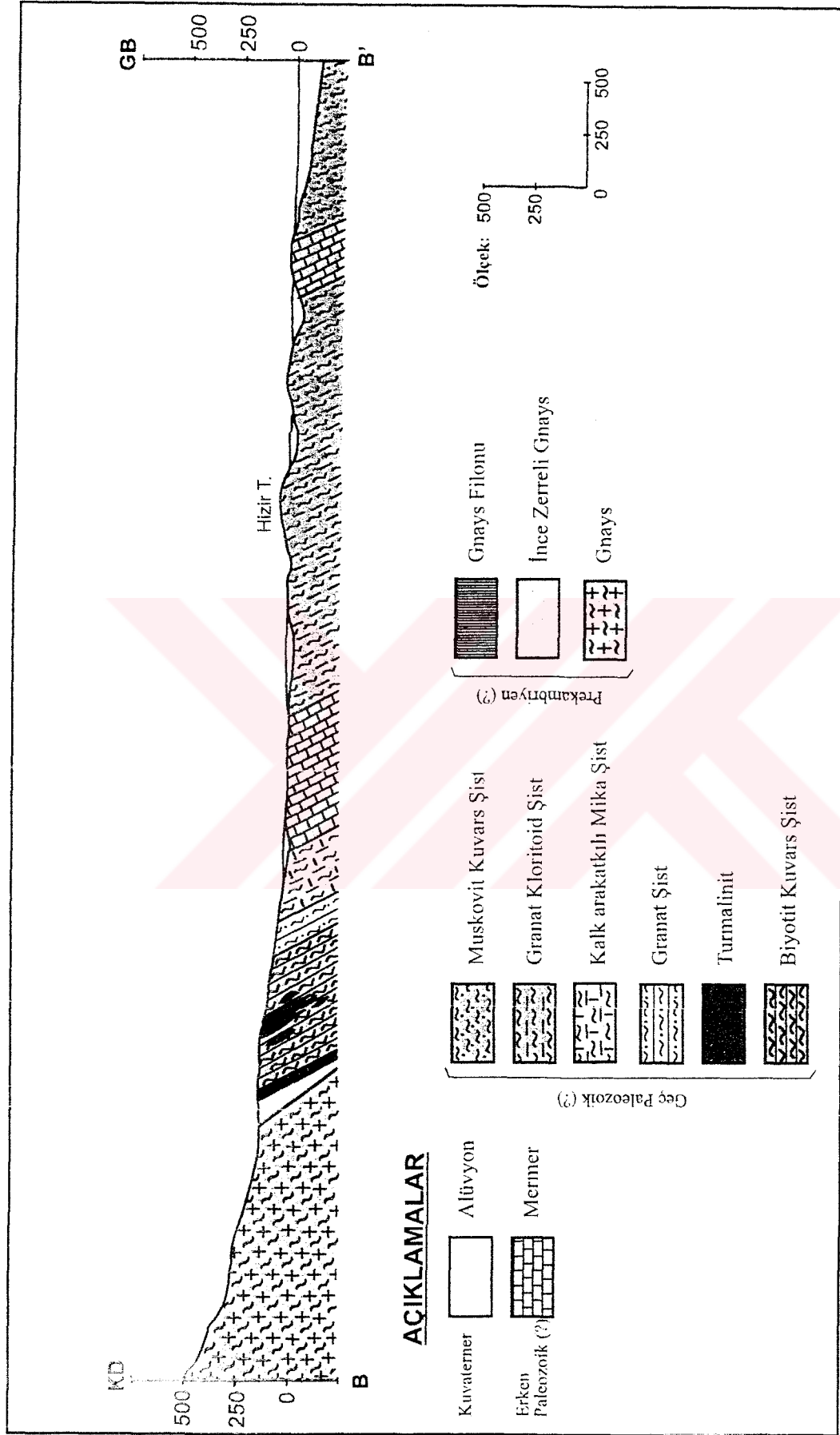
Gözlü gnayslar Bafa Gölü’ nden başlayarak Bucak ve Karahayıt Köylerinin kuzeyini tamamen kaplar (Şekil 2.1.4-5). Gözlü gnayslar arazide sarımsı-beyaz renkte izlenmektedir ve iri potasyum feldispat gözlerine sahiptir. Bu feldispat gözlerinin aralarını kuvars kristallerinden oluşan bir hamur doldurur. Biotitler genelde foliasyona paralel uzanım sunmaktadır. Gnayslar granit karakterindedir (Başarır, 1970). Gözlü gnayslar ve biotitli kuvars şistler arasında bir geçiş zonu gözlenmektedir. Bu geçiş zonunu, ince zerrelili gnays, migmatit ve granitik gnays filonu oluşturmaktadır.

Örtü serisini oluşturan birimlerden, arazide kırmızımsı kahverenkte gözlenen biotit kuvars şistler, inceleme alanının kuzeydoğusundan başlayarak batıya doğru gidildikçe incelmektedir ve bu birim Bafa Gölü sahillerinde incelerken muhtemelen gölün içerisinde bitmektedir (Başarır, 1970). Bu birimdeki kırmızı renk, içerdiği biotit mineralinin ayrışmasıyla meydana gelen hematit ve limonit gibi demir oksitlerden kaynaklanmaktadır. Çalışma alanının büyük bir kısmını kapsayan bu birim içinde gnays kantağının yaklaşık 200-300 m. uzağında, kuvarsşistler içinde turmalin zonları gelişmiştir. Karahayıt Köyü’nün

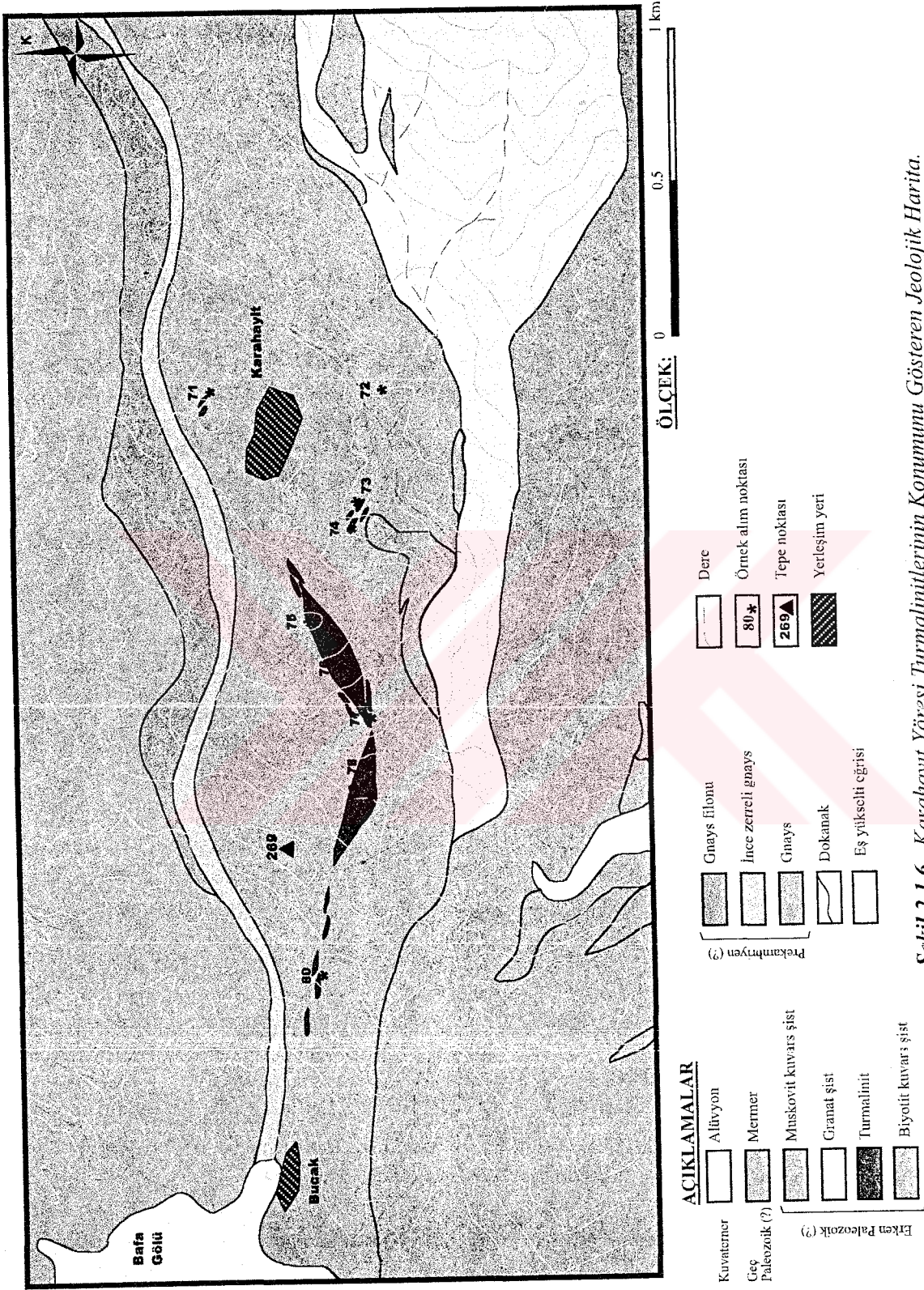
YAŞ	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
Geç Paleozoik (?)		Mermerler: gri renkli ince taneli ve beyaz renkli iri kristalli.
Erken Paleozoik (?)		Fillitler: ince taneli olup tabakalanmaya paralel şistozite gelişmiştir.
		Mermer, kalk şist arakatkılı mikaşist
		Muskovit kuvars şist: bileşimlerindeki muskovit ve kuvars oranına göre yumu- şak sarımsı (>%15 muskovit) ve sert beyaz renkte (<%15 muskovit) görülme- tedir.
		Granat şist
Prekambriyen (?)		Mermer
		Biyotit kuvars şist, turalinit mercekleri içermektedir.
Prekambriyen (?)		Gnays filonu İnce zerrelili gnays
		Gnays: Sarımsı beyaz renktedir. İri feldispat porfiroblastları içer- mektedir.

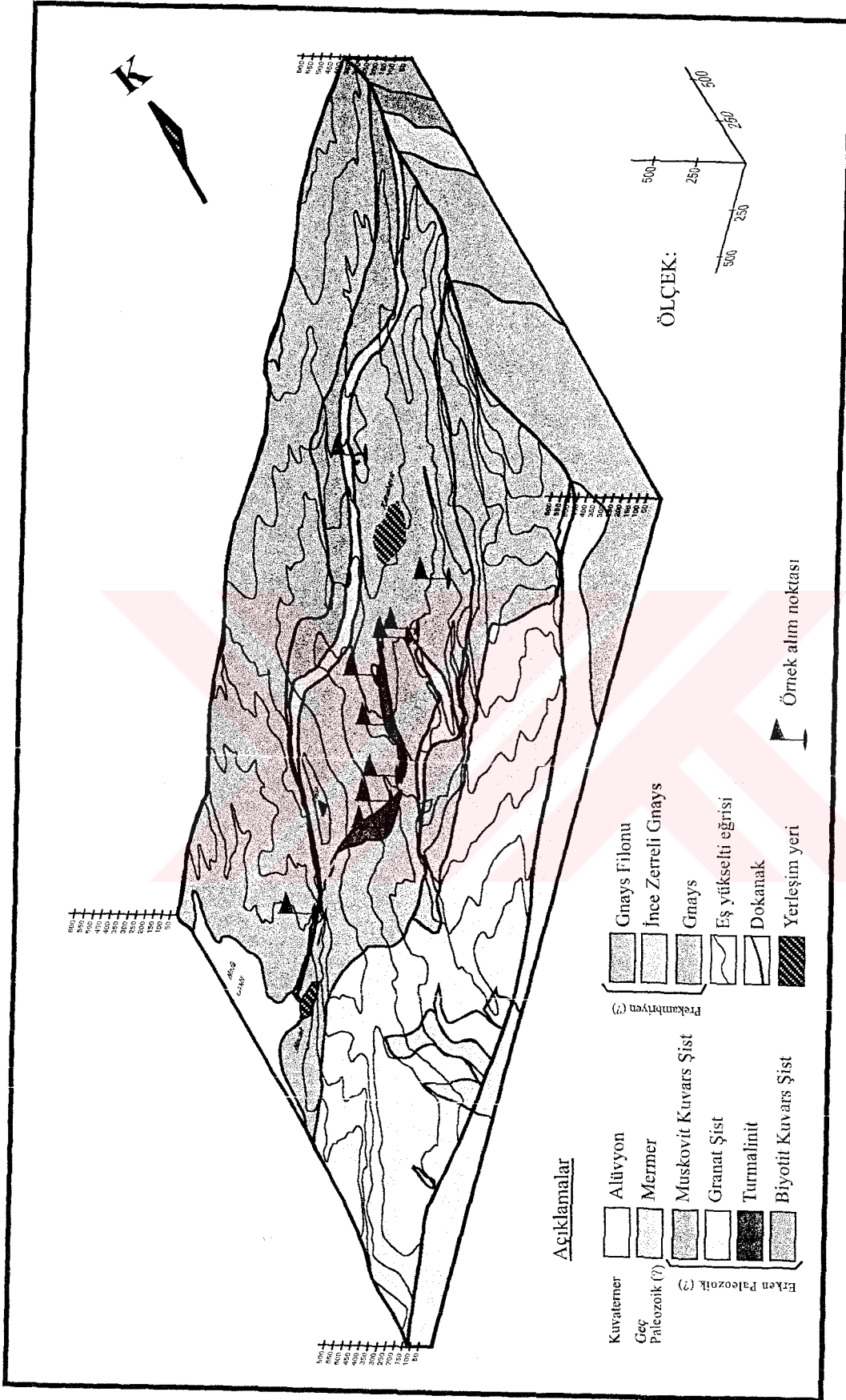
Şekil 2.1.3 Bağa Gölü doğusuna ait genelleştirilmiş kolon kesit (Başarır 1970)'den).





Şekil 2.1.5. Karahayıt Yöresi'ne ait Jeolojik Kesit.





Şekil 2.1.7. Karahayıt Yöresi (Bağcı Gölü doğusu) Blok Diyagramı.

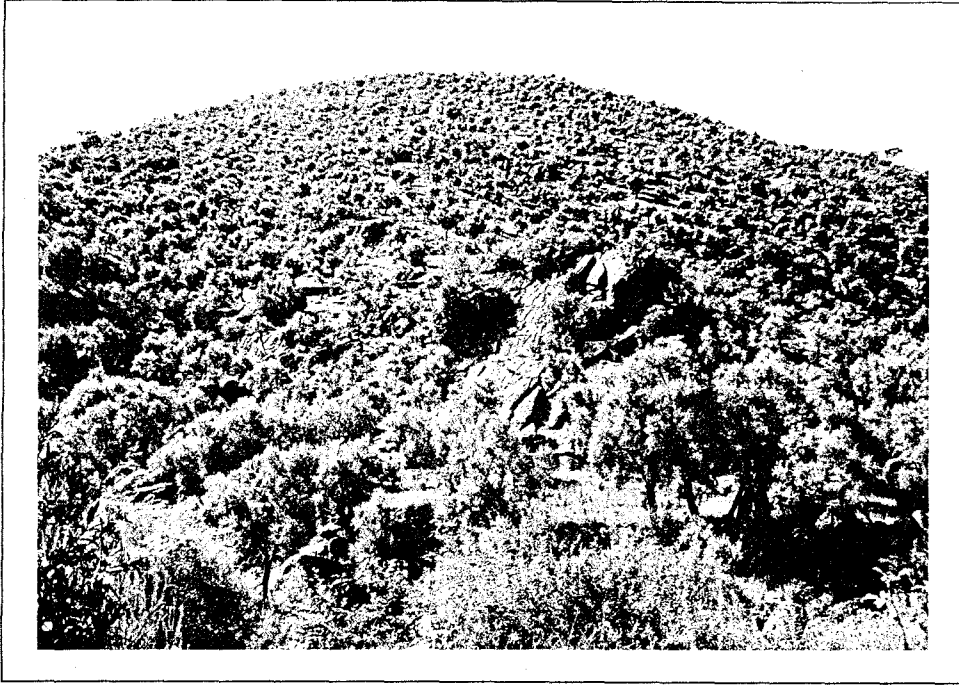
400m. güneybatısında bulunan ve kalınlığı yaklaşık 100m. olan bir turmalin zonu gözlenmektedir. Bu zon, Bucak Köyü'ne doğru dereceli olarak azalmakta ve köy'e yaklaşık 300m uzaklıkta kaybolmaktadır.

Biotitli kuvars şistlerden sonra, granat şistler kama şeklinde doğudan batıya doğru azalarak yüzlek vermektedir. Bu birim içinde mermer mercekleri gözlenmektedir. Arazide kahverengi- siyah renkte mostra veren bu şistler içinde iri granat kristalleri mevcuttur.

Örtü serisi içinde yer alan kloritoid şistler, bölgenin doğu kesiminden itibaren kuzeybatıya doğru mostra vermektedir. Bunlar kloritoid fillit ve kloritoid şist olmak üzere iki kısımda incelenebilmektedir (Başarır, 1970). Kloritoid fillitler siyah- gri- yeşilimsi renkte olup, küçük taneli granat kristalleri içermektedir. Bunların üzerine gelen muskovit kuvars şistler, batıdan doğuya doğru kama şeklinde uzanmaktadır ve bölgenin orta kısmını kaplamaktadır. Bunlar mermer merceği içermemektedir. Genelde homojendirler. Ancak bileşimlerindeki muskovit ve kuvars minerallerinin oranlarına göre dış görünüşlerinde bazı farklılıklar görülmektedir (Başarır, 1970). Bu birimden sonra bölgenin güneyinde kalan ve kalın mermer sınırına kadar olan sahayı kaplayan fillitler, ince taneli olup tabakalanmaya paralel olarak gelişmiş şistozite sunarlar. Batıya doğru gidildikçe daha ince zerreli bir konum kazanırlar. Eğridere- Bafa Köyleri arasında mostra veren fillitler gri- yeşil renkte olup serisitleşme gösterirler.

Mermerler bölgenin güney kesimini tamamen kaplamaktadır. Bunlar gri renkli ince taneli ve beyaz renkli iri kristalli olmak üzere iki çeşit olarak gözlenirler.

Proje kapsamında incelenen saha, yukarıda genel stratigrafisi verilen bölgenin kuzeyinde Karahayıt Köyü yöresi ve Bucak Köyü'ne kadar olan yaklaşık 2 km².lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 2.1.6-7). Bu yörede %15-20'den fazla turmalin içeren stratobaund ve/veya stratiform olarak laminalanmış kuvars- turmalin kayaçları bulunmaktadır (Şekil 2.1.10) (Nicholson, 1980; Slack, 1982). Bu mevkideki turmalinitler, mikalı kuvarsitler içinde dereceli olarak biotit- kuvars (- granat) şistle birlikte bulunmaktadır.



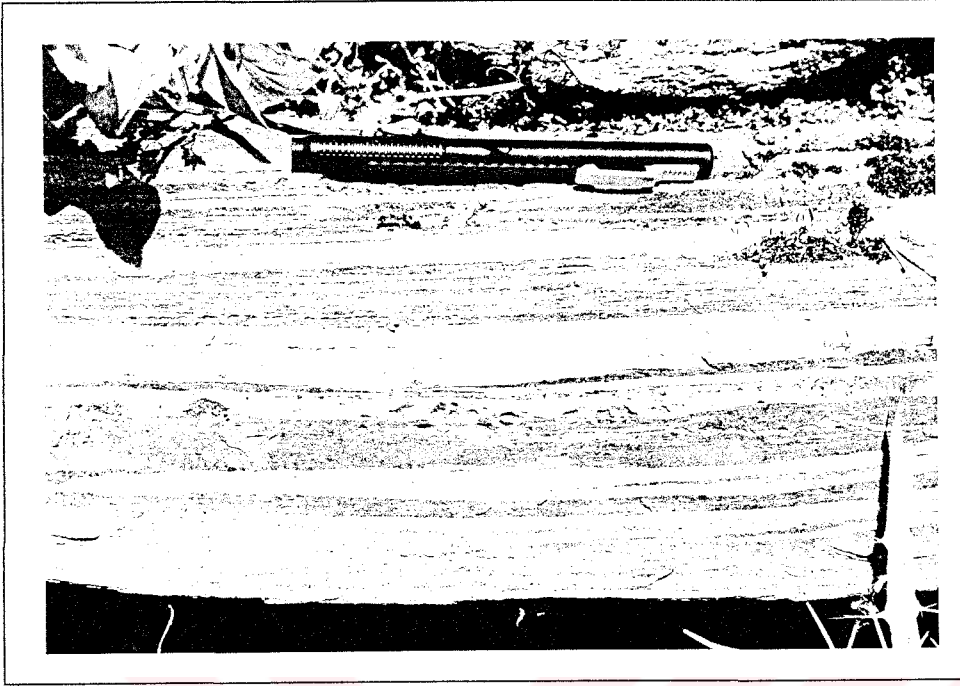
Şekil.2.1.8 Karahayıt köy yolunun 100m batısında Yatakyeri deresinin batı bölgesinde yüzlek veren turmalinit kayacı.



Şekil.2.1.9 Karahayıt Köyü güneybatısında 200m kodlu tepenin üzerindeki turmalinit yüzleği.



Şekil 2.1.10 Karahayit turmalinilerine ait genel arazi görüntüsü.

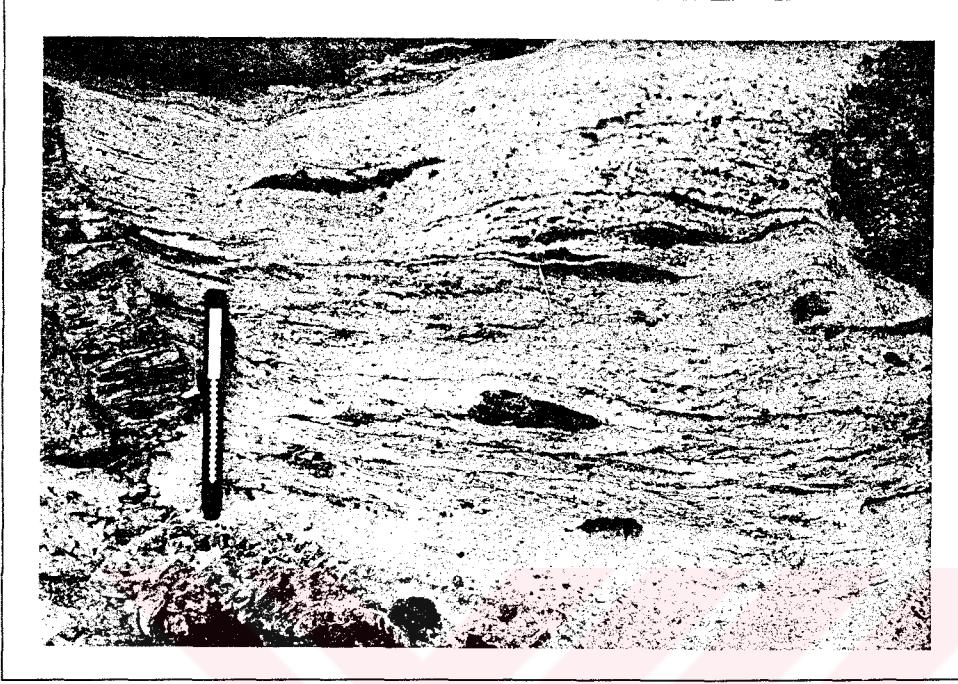


Şekil.2.1.11 Karahayıt bölgesine ait, kuvars-turmalin laminalarından oluşan turmalinit kayacı

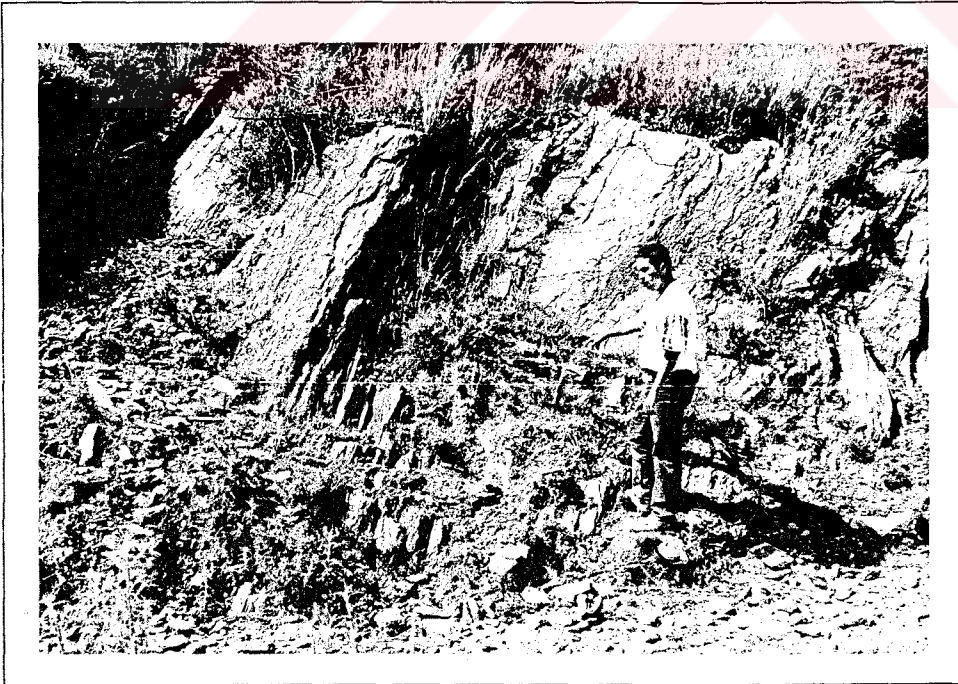
Bu lokasyonda turmalinit kayacı, en belirgin olarak Karahayıt Köyü' nün güneybatısında bir tepenin üzerinde ve köy yolunun yaklaşık 100m. batısında Yatakyeri Dere' sinin batı bölgesinde ve Karahayıt Köyünün GB'sında bir tepenin üzerinde yüzlek vermektedir (Şekil 2.1.8-9). Turmalinit bazı düzensiz kuvars damarları dışında masif yapıdadır ve arazide siyah-koyu kahverenge sahiptir (Şekil 2.1.11). Çok az miktarda sülfidler dışında, tepe üzerinde başka bir mineral saptanmamıştır. Kuzey ve güney doğrultuda, turmalinit dereceli olarak şist ve mikalı kuvarsite geçmektedir. Tepeden uzakta, turmalinit kuvarsofeldispatik mineral içeriği bakımından zenginleşmektedir ve şist ile kuvarsite geçmektedir. Lokal olarak turmalince zengin rip-up clast(?)lar gözlenmiştir (Şekil 2.1.12) (Mittwede ve diğ., 1992). Bu yörede turmalinitler izlenebilir olmasına rağmen, lokal olarak süreksizdirler. Metamorfizma boyunca turmalinitlerde yersel olarak bazı yeniden hareketlenmeler meydana gelmiştir (Şekil 2.1.14a-b), buna karşın yöredeki turmalinitler ana olarak uyumlu tabaka ve lensler şeklindedir.

Karahayıt Köyü'nün yaklaşık 500-600 m güneybatısında, köy yolunun kuzey tarafında,

koni şekilli tepenin tam güneyinde magnetitce zengin bir demir oluşumu gözlenmektedir (Şekil 2.1.13). Bu oluşum sadece İyiçukur deresinden aşağıya doğru kısa bir mesafede izlenmektedir.



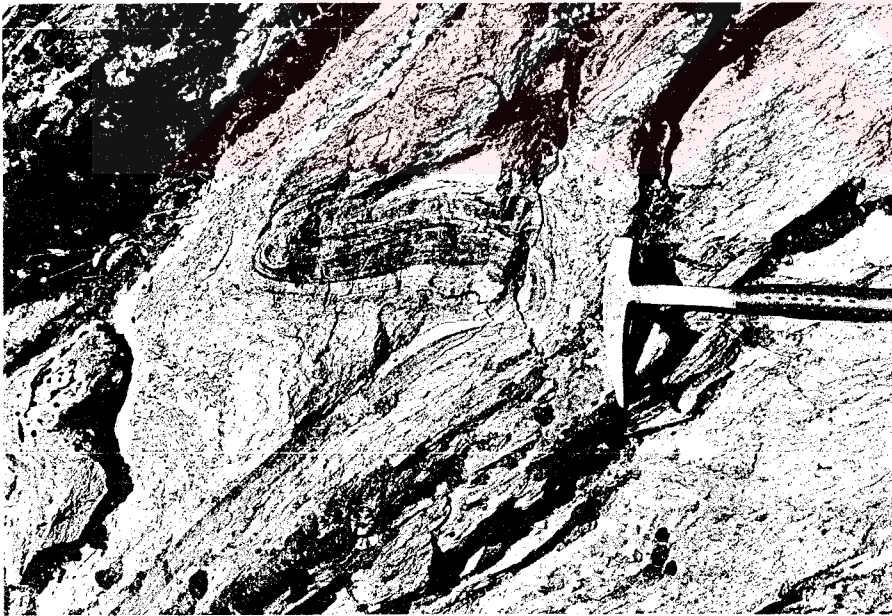
Şekil.2.1.12 Karahayıt bölgesinde gözlenen lokal turmalince zengin merccekler.



Şekil.2.1.13 Karahayıt bölgesinde gözlenen magnetitce zengin demir oluşumu



(a)



(b)

Şekil.2.1.14a-b Karahayit turmalinitlerinde lokal olarak gözlenen (a) Kıvrım ekseninde oluşan kırılma sonrası yeniden gelişmiş masif turmalinit, (b) S tipi kıvrımlanma.

2.2 Yeşilköy Bölgesi

Bölgede Menderes Masifi'ni oluşturan metamorfik seri eksiksiz olarak gözlenmektedir. Altan üste doğru gözlü gnayslar, ince zerrelili gnayslar, mikaşistler, kalkışist merccekleri içeren kuvarşistler ve zımpara içeren mermerler kaya birimi olarak ayırtlanmıştır. Gnayslardan şistlere ve şistlerden mermerlere geçiş uyumlu ve derecelenmelidir (Şekil 2.2.15).

Gözlü gnayslar geniş bir yayılım sunarlar. Bafa Gölü kıyısından başlayarak kuzeye doğru Yeşilköy Tepe Mahallesi doğrultusunda giden çizginin doğusunda yer almaktadır. Bu birim arazide sarımsı- kirli beyaz renkte gözlenmektedir. İçerdiği feldispat gözlerinin ortalama boyları 3-5 cm. olup bunların aralarını kuvars ve mikadan oluşan bir matriks doldurur. Gözlü gnaysların her kesiminde değişik kalınlıkta bantlı gnays seviyeleri ve kuvars- şist bantları gözlenmektedir (Taşkın, 1981).

Yaklaşık 100 m. kalınlığında bir bantlı gnays seviyesinden sonra mikaşistlere geçilmektedir. Bantlı gnayslar baskın mineral bileşimine göre açık gri- sarımsı beyaz renktedir. Şist dokanağına yakın kesimlerinde turmalinitler ince (3-6 cm.) bantlar sunmaktadır. Gözlü gnayslara yakın yerlerde ise ince kristalli turmalin bantları yanında iğne şeklinde kristallerden oluşan turmalin demetleri de bulunmaktadır. Bantlı gnaysların gözlü gnayslarla olan dokanağı net olarak gözlenmemektedir.

Bantlı gnayslardan sonra mikaşiste geçişte dokanak net olarak gözlenmektedir. Mikaşistler güneyde Bafa Gölü kıyısından başlayıp kuzeyde Avşar Köyü doğusuna kadar uzanmaktadır. Genel olarak dayanımsızdırlar. Mineral bileşimlerine göre değişik renkte gözlenirler. Muskovitçe zengin olan kesimler sarımsı gri, serisit baskın olduğu yerlerde ise gri renktedir.

Yukarıda genel stratigrafisi verilmiş olan bölgede yaklaşık 2 km² lik bir sahayı kapsayan çalışma alanında Yeşilköy Köyü ve Azap Gölü arasında (Bafa Gölü'nün kuzeyi) (Şekil 2.2.17-18) köy yolu üzerinde bir mikaşist birimi içinde boyları 0.2-0.5 cm. olan kahverengi granat kristalleri içeren turmalinit kayacı gözlenmektedir (Şekil 2.2.16).

YAŞ	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
DEVONİYEN		Mermer : koyu gri ve beyaz renktedir.Koyu renkli mermer bantlarının bazı kesimleri ayrışmaya uğramıştır. Gri mermerler, muskovitli mermerler ve masif mermer bantları ardalanmasından oluşmaktadır.
SİLÜRİYEN		Mika şist ve kalk şist arakatıklı kuvars şist: renkleri içerdikleri minerallere göre yeşilimsi- gri, açık gri veya kırmızımsı gözlenmektedir. Kuvars baskın mineraldir. Mikalı seviyeler bulunmaktadır. Biyotit kuvars şist Biyotit muskovit şist Granat biyotit muskovit şist, şistoziteye paralel uzanan turmalinit merccekleri gözlenmektedir. İnce zerrelili turmalinli gnays: Açık gri- sarımsı beyaz renktedir.Şist dokanağına yaklaşıldıkça turmalin bantları ve demetleri artmaktadır.
PREKAMBRIYEN-KAMBRIYEN		Çift mikalı gözlü gnays : sarımsı beyaz-kirli beyaz renklidiler. Değişik boylarda feldispat gözleri içerirler. Bantlı gnays seviyeleri ve şist bantları değişik kalınlıklarda gözlenmektedir.

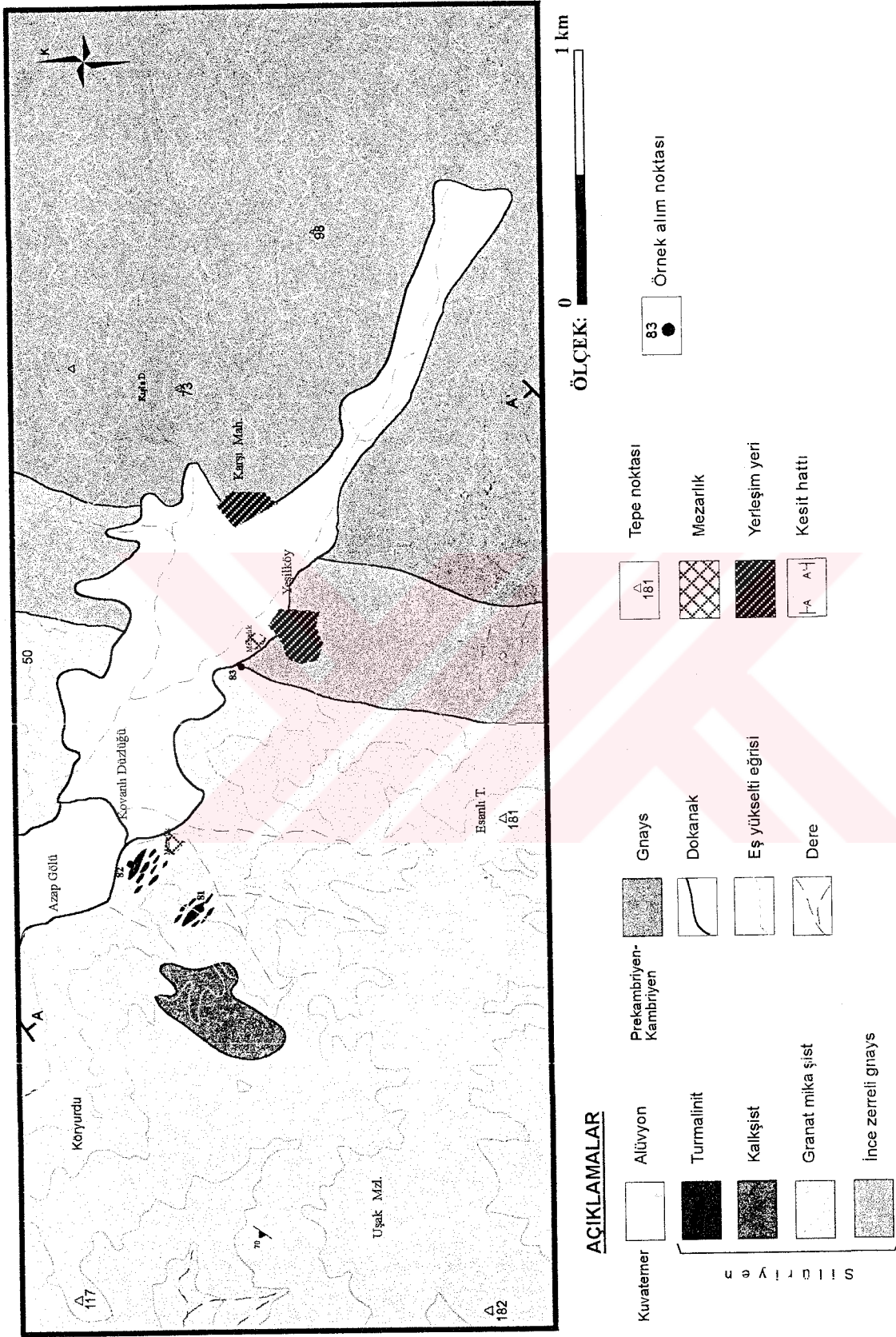
Şekil 2.2.15 Bağa Gölü kuzeyine ait genelleştirilmiş kolon kesit (Taşkın, 1981'den).



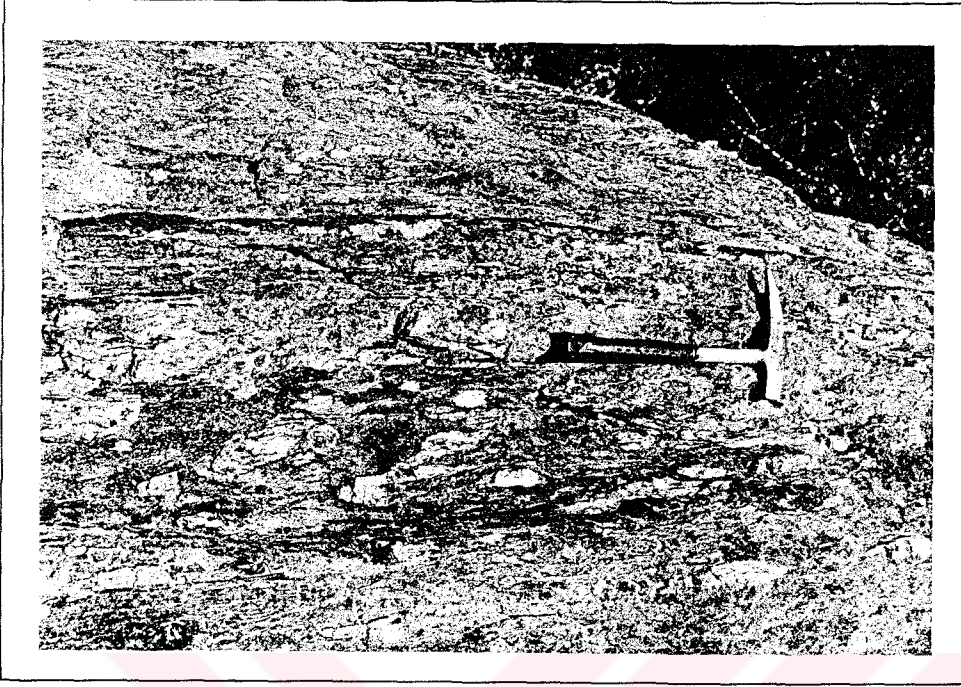
Şekil.2.2.16 Yeşilköy turmalinitlerine ait genel arazi görüntüsü

Gözlenen mostranın boyutu yaklaşık 3 m olup anakaya içinde mercek şeklinde bulunmaktadır. Bunun yanında daha küçük boyutta mercekler de saptanmıştır. Turmalinit arazide genel olarak masif görünümde olup siyah- koyu gri renktedir(Şekil 2.2.19). Bununla birlikte, beyaz renkli ince kuvars düzeyleri içeren turmalinitler de gözlenmektedir.

Bu turmalinitler içinde korunmuş sedimenter özellikler yatay olarak devamlı, milimetre boyutunda kuvars ve turmalin laminaları, turmalince zengin mercekler (rip-up klast) (Mittwede ve diğ., 1992, Şekil 3) ve dereceli tabakalanmayı içermektedir (Mittwede ve diğ., 1992). Bunun yanında mikaşist içinde kıvrımlanmış turmalinitlere de rastlanmaktadır (Şekil 2.2.20).



Şekil 2.2.17. Yeşilköy bölgesinin genel jeolojik haritası (Taştın 1981'den).



Şekil.2.2.19 Yeşilköy bölgesine ait kuvars ve turmalince zengin granatlı turmalinit kayacı



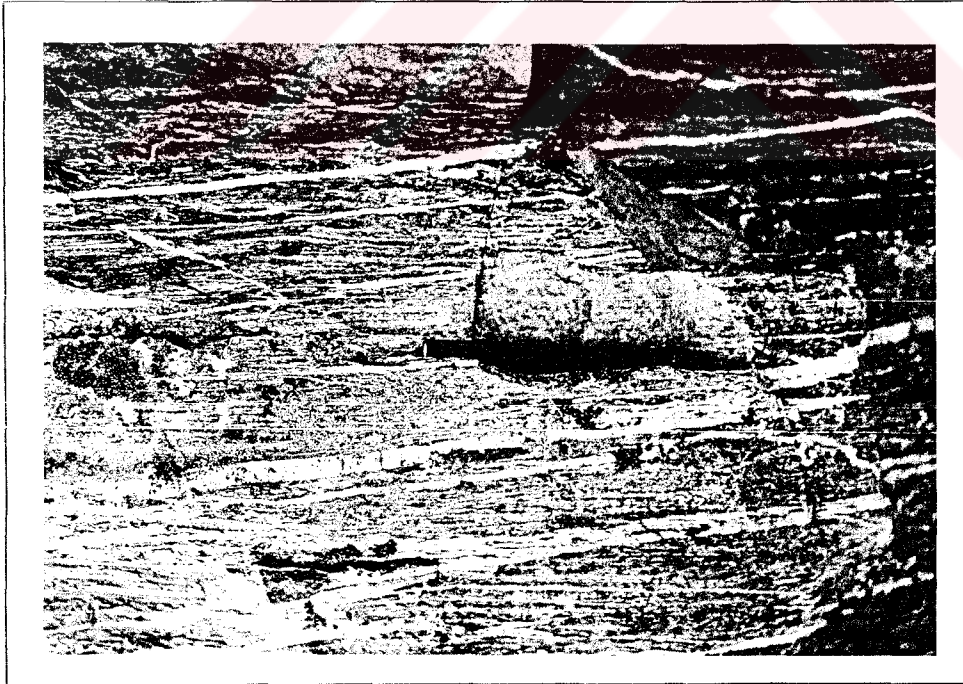
Şekil.2.2.20 Yeşilköy bölgesinde, mikaşist içinde kıvrımlanmış turmalinit

BÖLÜM III

PETROGRAFİ

3.1 Karahayıt Köyü Yöresi Turmalinitlerinin Petrografisi

Bafa Gölü doğusunda, Karahayıt Köyü'nün yaklaşık 1km güneybatısında, gnays ve granat şist birimleri arasında kalan biyotit kuvars şist birimi içinde, gnays dokanağına yaklaşık 3km. uzaklıkta yüzlek veren turmalin oluşumlu litoloji, masif turmalinit ve/ veya foliasyonlu kuvars-turmalin kayacıdır. Bu kayaç, bulunduğu biyotit kuvars şist birimi içinde, Karahayıt Köyü'nden itibaren batıya doğru Bucak Köyü'ne kadar yaklaşık 1,5-2 km.'lik bir uzanım sunmaktadır. Bu bölgede, kuvars- turmalin kayacı bölgesel stratigrafi ve yapı ile uyumludur ve şist birimi içerisinde mercek konumundadır. Kuvars- turmalin kayacı



Şekil.3.1.21 Karahayıt bölgesine ait, baskın olarak kuvars-turmalin laminalarından oluşan, yer yer düzensiz kuvars damarları ile kesilmiş turmalinit kayacı.

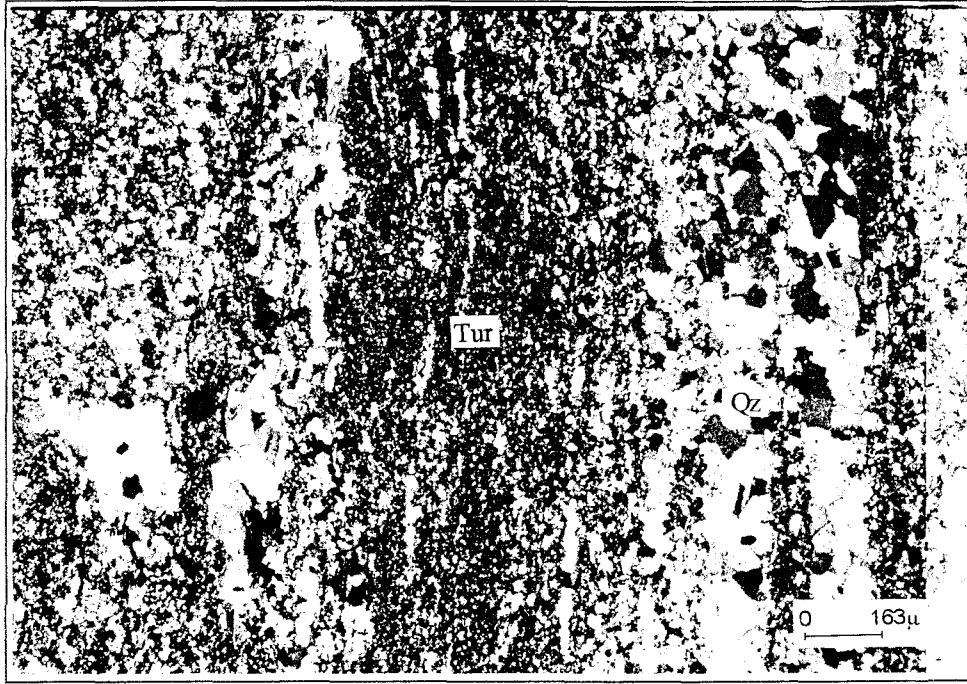
(turmalinit) ve biyotit kuvars şist birimi arasındaki dokanak yanal geçişlidir ve kalınlıkları yaklaşık 3-4m olan iki büyük mercek ve bunların yanında daha küçük merccekler şeklinde gözlenmektedir. %60' tan fazla turmalin içeren bu turmalinit kayacı, arazide siyah- koyu kahverenkli ince taneli dar merceksel kütleler şeklindeki yapısı ile yan kayacından kolaylıkla ayırdedilebilmektedir.

Turmalinit kayacı, kuvars ve turmalince baskın basit bir mineroloji ile karakterize edilebilmektedir. Turmalinit içindeki en yaygın yapı tabakalanmadır ve bu tabakalanma, kapanlayan kayaçtaki şistozite ile yaklaşık uyumludur. Turmalinit içindeki tabakalanma, kuvars-turmalin miktarlarındaki değişimlerle tanımlanmaktadır. Burada, turmalinit birbirini izleyen koyu turmalince zengin ve açık gri kuvarsa zengin lamelleri içeren iyi gelişmiş laminalı yapı göstermektedir (Şekil 3.1.21). İnce kesitte incelenen turmalinit kayacının mineral bileşimi eser miktarda biyotit- muskovit- zirkon- apatit ve opak minerallerle birlikte kuvars ve turmalinden ibarettir.

Bu bölgedeki turmalinitlere ait üç örneğin mineral yüzde değerleri Tablo 3.1.2'de verilmektedir. Kuvars minerali, kayacın ana bileşenlerinden biridir. Kesitlerde özşekilsiz, yaklaşık eş boyutlu, yönlenmesiz ve birbirine kenetli kristaller şeklinde gözlenmektedir(Şekil 3.1.22). Daha büyük boyutta kuvars kristalleri de mevcuttur. Bunlar genelde poligonal (veya lobate) doku sunmaktadırlar.

Tablo.3.1.2 Karahayıt bölgesi turmalinitlerine ait üç örneğin mineral yüzde değerleri.

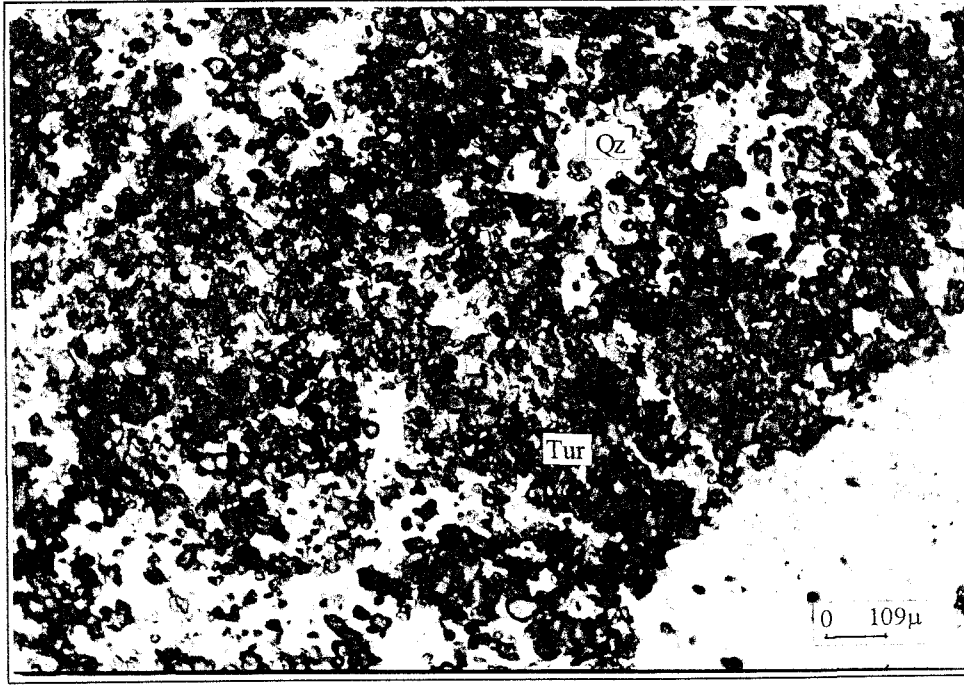
	77	75	78/A1
Kuvars	45	40	40
Turmalin	40	48	55
Muskovit	5	10	4
Biyotit	5	1	E
Zirkon	E	E	E
Granat	4	-	-
Sfen	1	E	-
Opak mineral	E	1	1
TOPLAM	100	100	100



Şekil.3.1.22 Karahayıt turmalinitinde gözlenen birbirine kenetli yönlensiz büyük boyutlu kuvars kristalleri (Tur: Turmalin; Qz: Kuvars) (+N).

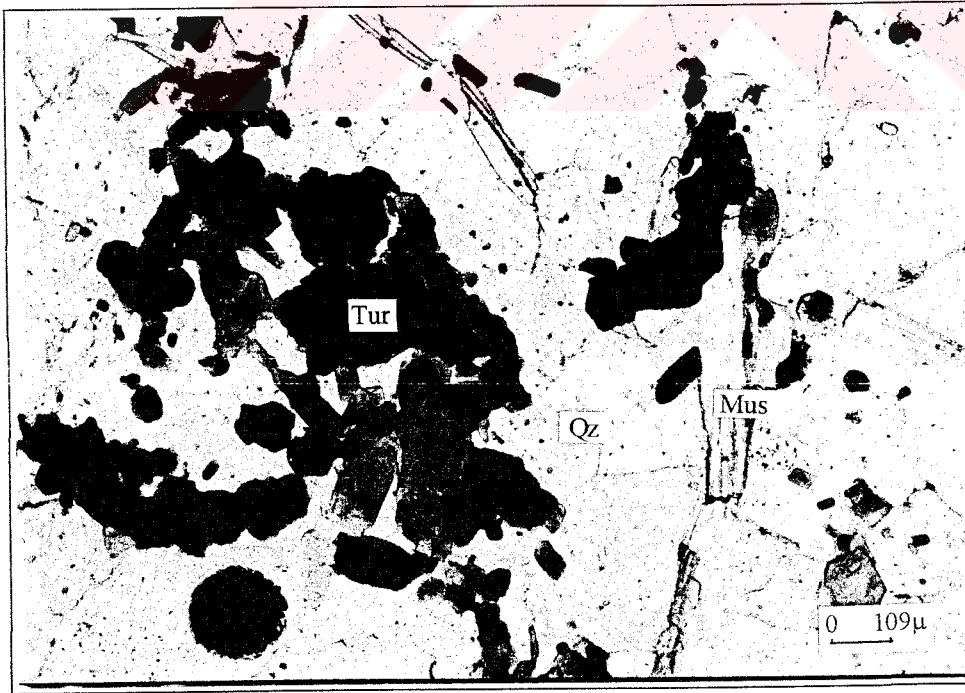
Turmalinit kayacının diğer ana bileşeni olan turmalinler ise, genel olarak kayacın %60'dan fazlasını oluşturmaktadırlar. Turmalin kristalleri tipik olarak özşekilsiz, yarı özşekilli ve ince tanelidir. Bunun yanında, daha büyük tane boyutunda çubuksu, yarı özşekilli turmalin kristallerine de rastlanmaktadır. Bir kısım turmalin kristalleri özşekilsiz girik kristal kümeleri oluşturmaktadır. Bazı kesitlerde özşekilsiz, oldukça küçük turmalin kristallerinin oluşturduğu girik kümeler mevcuttur (Şekil 3.1.23).

Turmalinler, oldukça yüksek röliyefleri nedeniyle paralel nikolde kolaylıkla ayırdedilebilmekte ve koyu mavi, mavimsi gri, açık yeşilimsi, açık kahverengimsi tonlarda pleokrizma sunmaktadırlar (Şekil 3.1.25-26). Turmalin kristallerinin girişim renkleri ise, mavi, kehribar ve yeşil tonları ile birlikte çoğunlukla koyudan soluk kahverengiye doğru değişebilmektedir. Renk ve pleokrizmadaki uç değişim, turmalin için yaygındır ve dravit tipik olarak kahverengi ya da yeşilden soluk sarıya doğru değişebilen pleokrizma göstermektedir (Deer ve diğ., 1966). Bunun yanında turmalinler, poikiloblastik doku göstermektedirler.



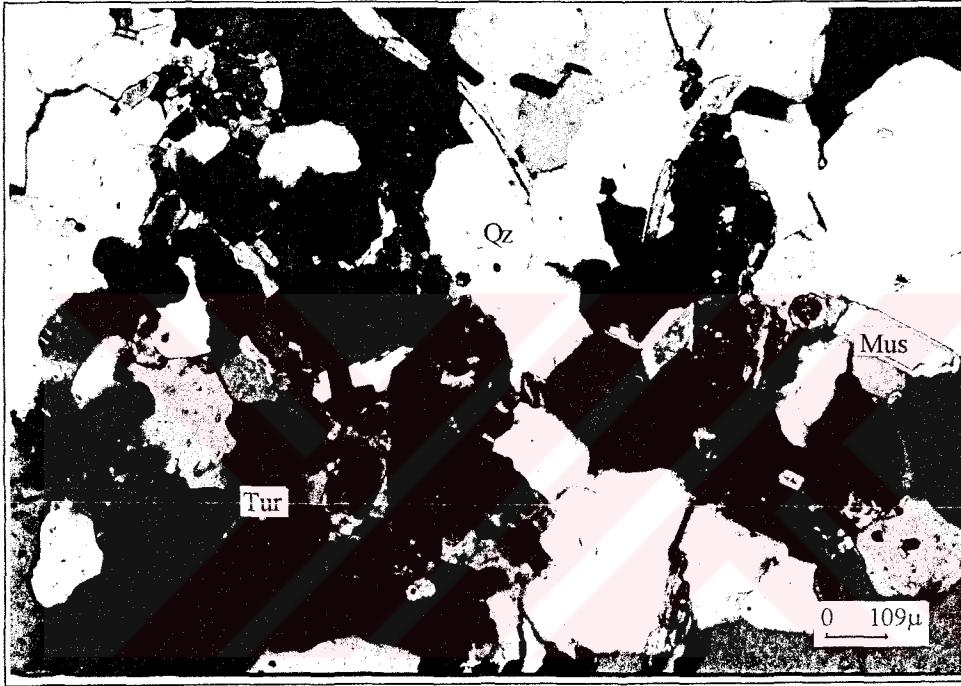
Şekil.3.1.23 Turmalinit kayacı içinde gözlenen yönlensiz turmalin kristalleri (//N).

İnce kesitlerde bazı turmalinler, zonlanma göstermezken, çoğu turmalinler koyu çekirdek ve soluk renkte kenara doğru veya tam tersi konumla karakterize edilen renk tonları sunmaktadır (Şekil 3.1.24). Bu renk tonları genel olarak, bileşimsel değişimlerle



Şekil.3.1.24 Turmalinlerde gözlenen optik zonlanma (Mus: Muskovit) (//N).

korele edilirler ve farklı oluşum evrelerini yansıtabilirler (Jiang ve diğ., 1998). Gözlenen bu zonlanmalar, iki veya daha fazla renk zonlarından ibarettir. Örneğin, açık mavimsi gri çekirdekten kahverengimsi kenara doğru veya kahverengimsi turuncu sarı çekirdekten mavimsi gri kenara doğru renk zonları gözlenebilmektedir. Farklı renkler, farklı kimyasal bileşimleri yansıtmaktadır ve belki de turmalin oluşumunun farklı evrelerini temsil edebilmektedir (Jiang ve diğ.,1998). Çekirdekten kenara doğru bu renk değişimi geçişli veya net sınırlı olabilmektedir.



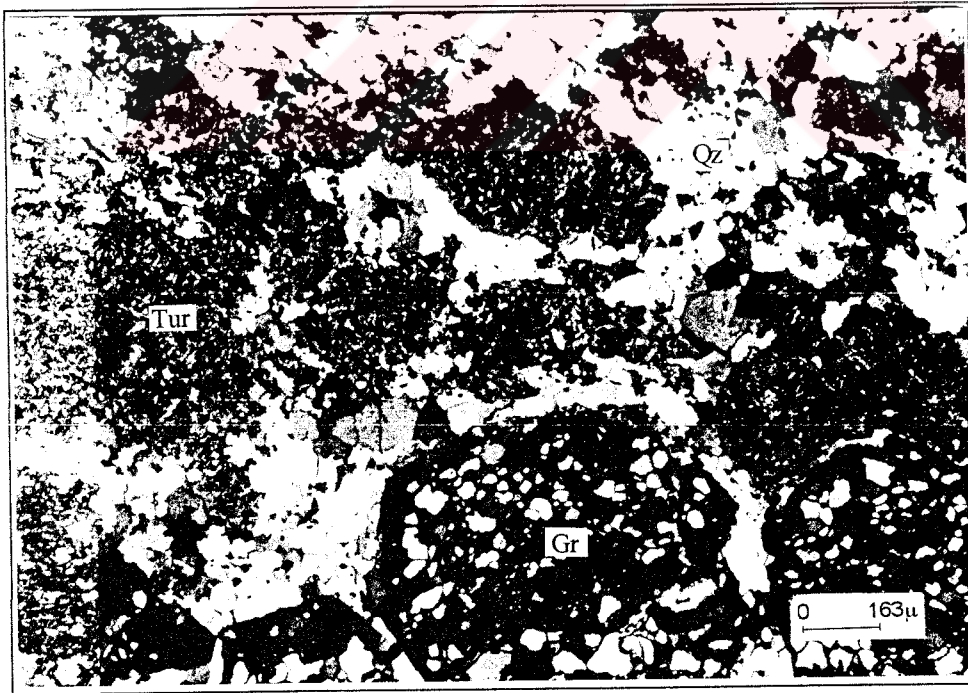
Şekil.3.1.25 Turmalinitlere ait (+N) görüntüsü. (Tur:Turmalin; Qz:Kuvars; Mus: Muskovit)

Kayaç içinde oldukça az miktarda gözlenen mika mineralleri, prizmatik, çubuksu, yarı özşekilli kristaller şeklinde bulunmaktadır ve genelde tane boyları küçüktür. İnce kesitte biotitler, açık kahverengi pleokrizma ve tipik olarak kedi gözü sönme göstermektedir. Muskovitler ise, yüksek girişim renklerine sahiptir. Bunun yanında, farklı boyutlarda köşeli parçalar şeklinde opak mineraller de gözlenmektedir. Bu kayaç içinde granatlar sadece bir kesitte gözlenmiştir. Bunlar yarı özşekilli ve kısmen parçalanmış iri kristaller şeklindedir. Granatlar yaygın olarak bol kuvars ve turmalin inklüzyonları içermektedir (Şekil 3.1.27).

Kesitlerde gözlenen baskın doku türü poligonaldır. Bunun dışında kesitlerde deformasyon yapılarına da rastlanmaktadır (Şekil 3.1.28).



Şekil.3.1.26 Turmalinitlere ait (//N) görüntüsü(Tur: Turmalin; Qz: Kuvars).



Şekil.3.1.27 Karahayıt turmalinitlerinde gözlenen yarı özşekli ve bol kuvars ve turmalin inklüzyonlu granat kristalleri (+N). (Gr: Granat; Tur: Turmalin; Qz: Kuvars)



Şekil.3.1.28 Tektonizma öncesi kuvars ve turmalin minerallerinden oluşan turmalinit çakılındaki tektonizmaya bağlı gelişen dönme yapısı (+N) (Tur: Turmalin; Qz: Kuvars)

3.2 Yeşilköy Yöresi Turmalinitler'inin Petrografisi

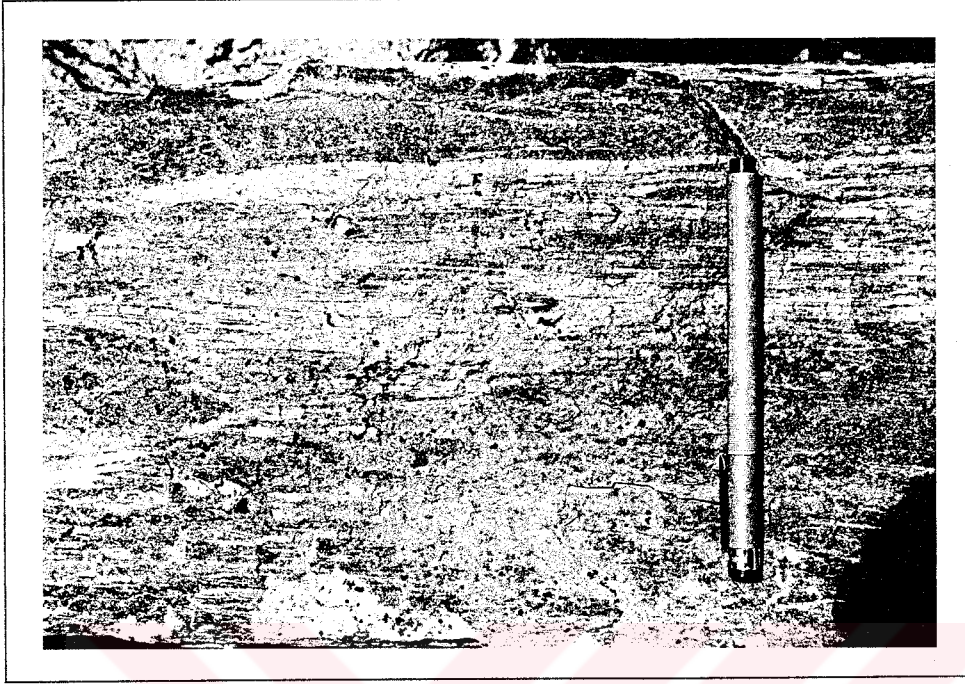
Bafa Gölü kuzeyinde Yeşilköy'ün 1,5km kuzeybatısında, ince zerrelı gnays ve kuvars şist birimleri arasında kalan mika şist birimi içinde, ince zerrelı gnays dokanağına yaklaşık 1km uzaklıkta turmalin oluşumlu litoloji (turmalinit) yüzlek vermektedir. Turmalinit (kuvars-turmalin) kayacı, bulunduğu mika şist birimi içinde, Yeşilköy yolu üzerinde mezarlık yanından başlayarak içeriye doğru yaklaşık 250-300m kadar uzanım sunmaktadır. Bu mevkiide, turmalinit kayacı bölgesel stratigrafi ve yapı ile uyumludur ve mercek konumundadır. Turmalinit kayacı ve mika şist birimi arasındaki dokanak Karahayıt Köyü mevkiinde olduğu gibi yanal geçişlidir. %70'den fazla turmalin içeren bu kayaç arazide, siyah- koyu kahverenkli düzlemsel, morfolojik çıkıntılar oluşturması ile çevre kayacından kolaylıkla ayırdedilebilmektedir.

Bu bölgede turmalinit kayacı, kuvars ve turmalince baskın bir mineroloji ile karakterize edilmektedir. Bunun yanında turmalinit kayacı içerisinde boyları 0.2- 0.5cm. olan yarı özşekilli kahverenkli granat mineralleri gözlenmektedir. Bu kayaçta gözlenen en yaygın yapı tabakalanmadır ve bu mika şist biriminin şistozitesi ile yaklaşık uyumludur. Bu tabakalanma kayacı oluşturan kuvars- turmalin içeriğindeki değişimlerle tanımlanmaktadır. Burada, turmalinit kayacı, birbirini izleyen koyu turmalince zengin ve açık gri kuvarsca zengin lamelleri içeren iyi gelişmiş laminalı yapı sunmaktadır (Şekil 3.2.29).

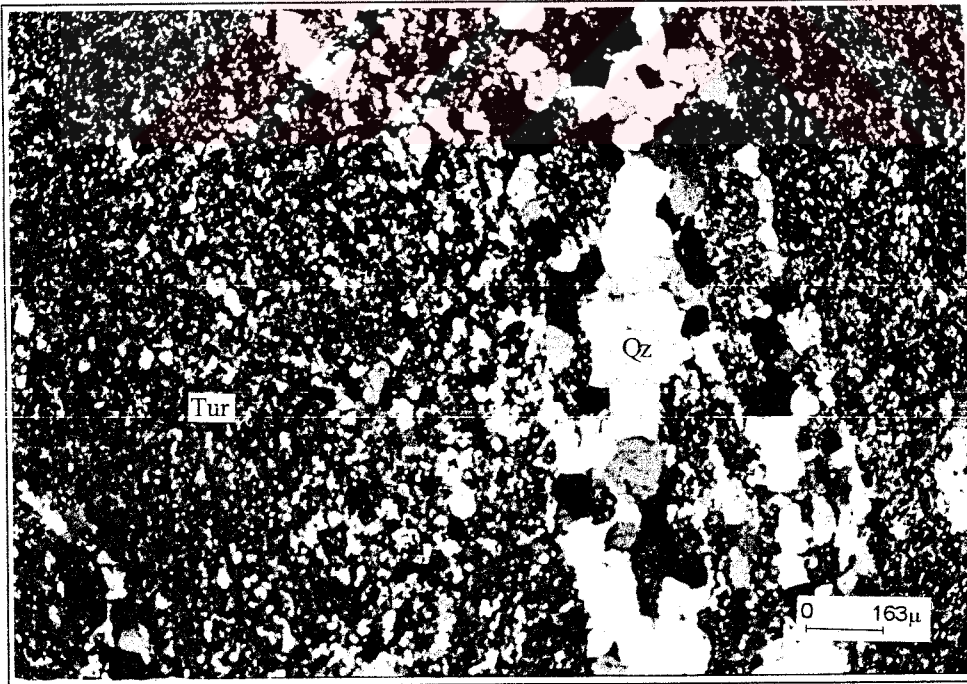
Yeşilköy Yöresi'ne ait ince kesitlerde incelenen turmalinit kayacının genel mineral bileşimi granat- muskovit- biotit- zirkon- opak mineral ile birlikte baskın olarak kuvars ve turmalinden oluşmaktadır. Bu bölgedeki turmalinitlere ait üç örneğin mineral yüzde değerleri Tablo 3.2.3'de verilmektedir. Burada, kuvars mineralleri Karahayıt Yöresi turmalinitlerinde olduğu gibi, özşekilsiz, kendi içinde girik, yaklaşık eş boyutlu kristal kümeleri şeklinde gözlenmektedir. Bunlar genelde poligonal (veya lobate) doku sunmaktadırlar (Şekil 3.2.30).

Bu kayaçta gözlenen ve ana bileşenlerden biri olan turmalinler ise genel olarak kayacın %70'inden fazlasını oluşturmaktadır. Bunlar, boyutları kuvars kristallerinden küçük, ince

taneli özşekilsiz kristaller şeklindedir ve genelde yönlenmesiz olarak dağılmış şekilde bulunmaktadır (Şekil 3.2.31).



Şekil.3.2.29 Yeşilköy bölgesine ait kuvars ve turmalince zengin granatlı turmalinit kayacı

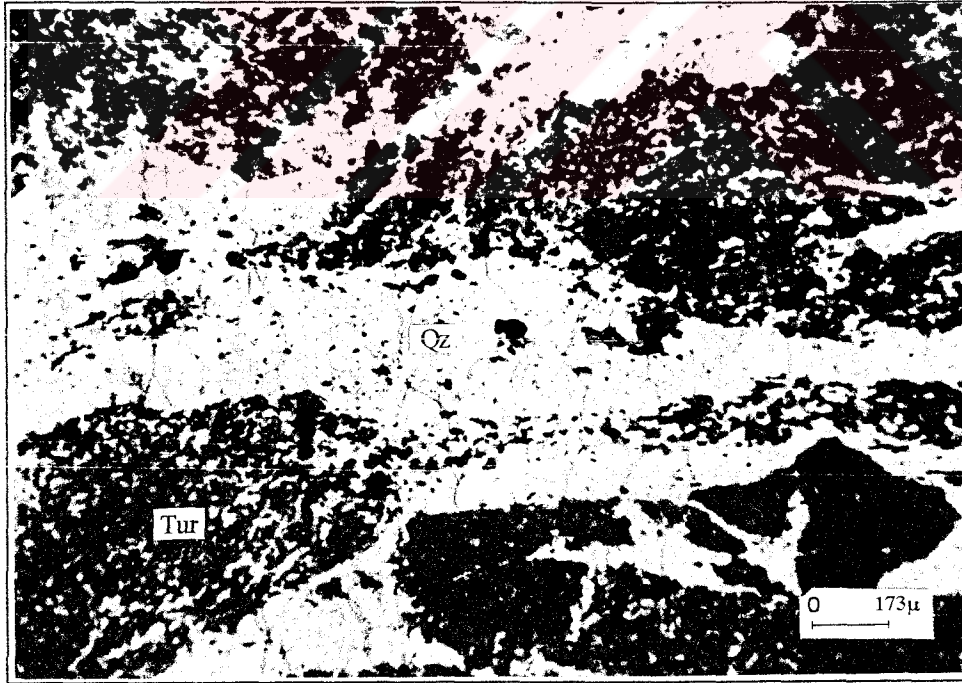


Şekil.3.2.30 Yeşilköy turmalinitine ait genel mikroskop görüntüsü (+N). (Tur: Turmalin; Qz: Kuvars)

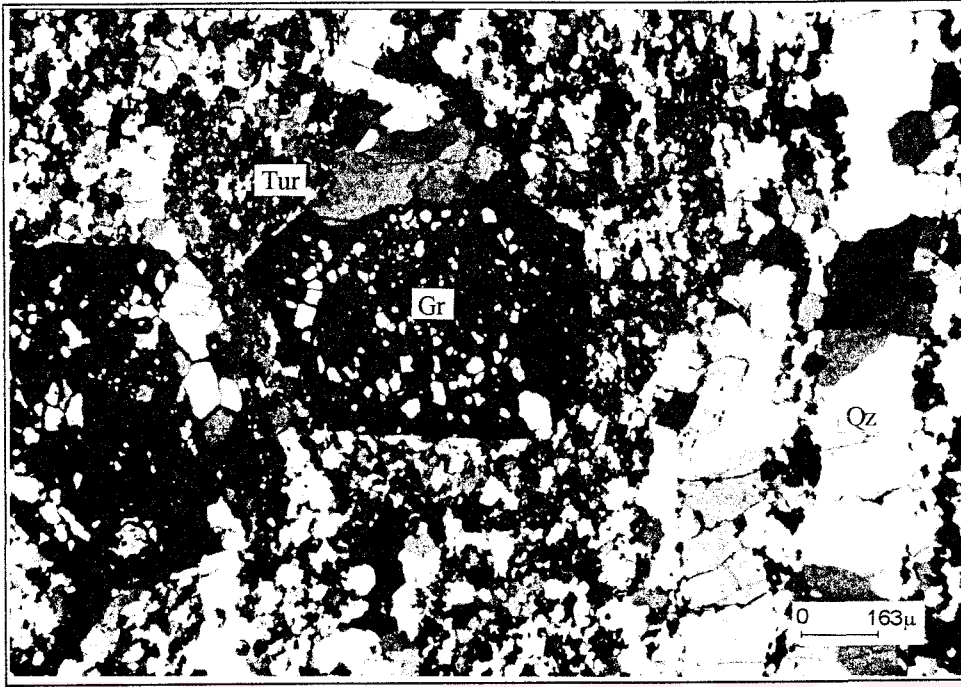
Tablo .3.2.3 Yeşilköy bölgesi turmalinitlerine ait üç örneğin mineral yüzde değerleri.

	Q1/A2	Q2	Q3/A2
Kuvars	45	40	35
Turmalin	45	50	45
Muskovit	4	7	10
Biyotit	-	-	5
Granat	6	3	-
Klorit	-	-	3
Zirkon	E	E	-
Opak mineral	E	-	2
TOPLAM	100	100	100

Turmalinler tipik olarak, oldukça yüksek röliyepleri ile paralel nikolde diğer minerallerden kolaylıkla ayırdedilebilmektedir. Pleokrizma renkleri çoğu kesitlerde, Karahayıt Yöresi turmalinlerine oranla daha koyu renkler sunmaktadır ve bu minerallerin girişim renkleri, yeşilimsi kahverengi, mavi ve çoğunlukla koyu kahverengidir (Şekil 3.2.32-33).



Şekil.3.2.31 Turmalinit içinde gözlenen yönlenmesiz turmalin kristalleri (/N) (Tur: Turmalin; Qz: Kuvars).

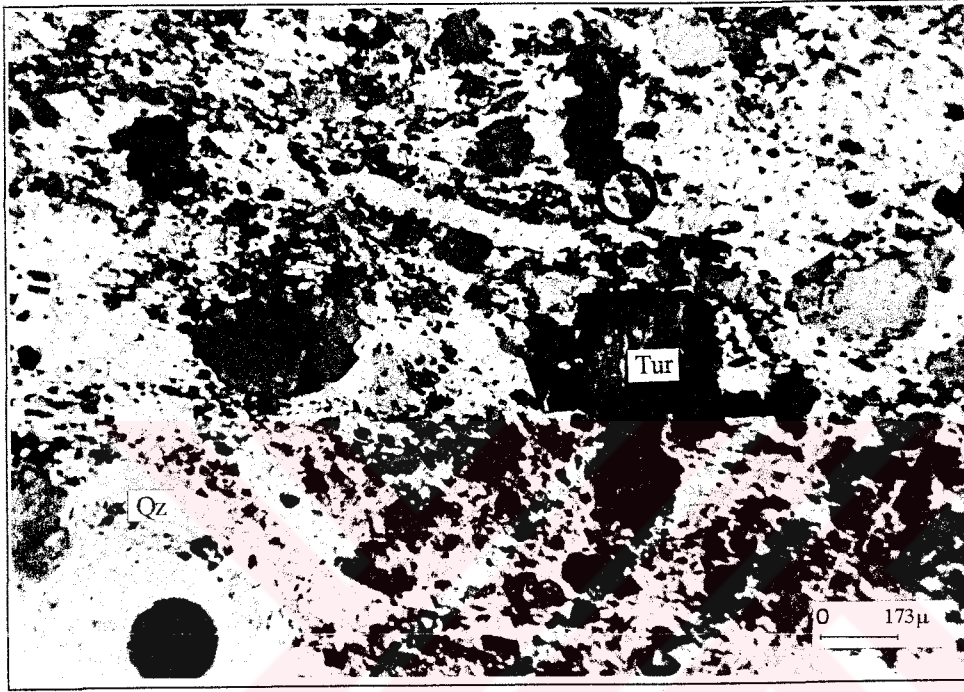


Şekil.3.2.32 Yeşilköy turmalinitine (+N) görüntüsü. (Tur: Turmalin; Qz: Kuvars; Gr: Granat).



Şekil.3.2.33 Yeşilköy turmalinitine ait (//N) görüntüsü (Tur: Turmalin; Qz: Kuvars; Gr: Granat).

İnce kesitlerde gözlenen turmalin kristallerinin çoğunda Karahayit Yöresi turmalinlerinin aksine zonlanma mevcut değildir. Fakat kesit içinde oldukça küçük turmalin tanelerinde açık renkli kenardan daha koyu renkli çekirdeğe doğru renk tonlanmaları gözlenebilmektedir (Şekil 3.2.34).

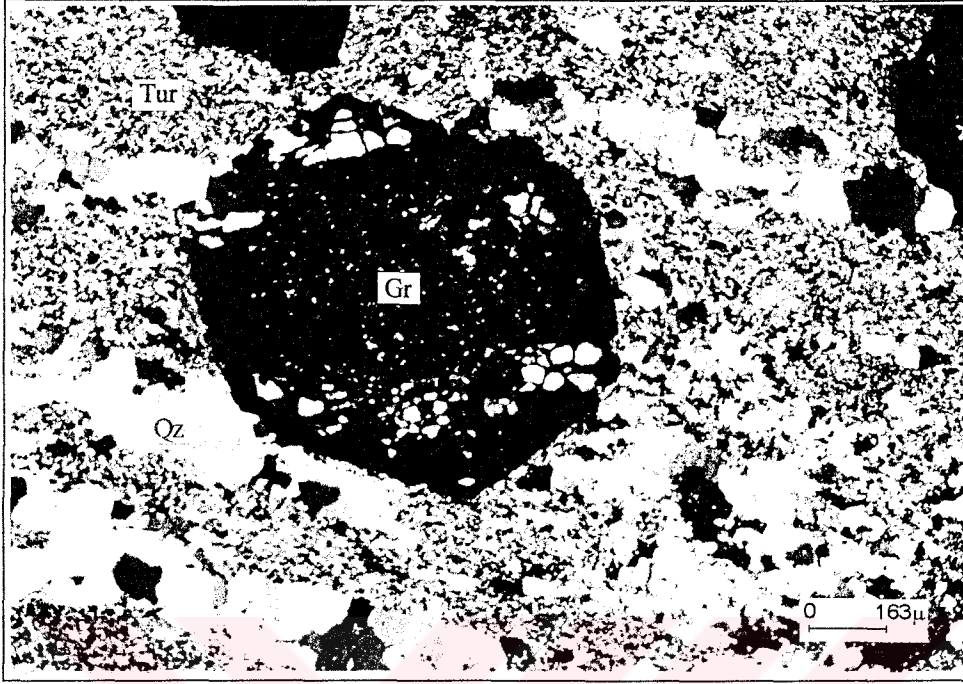


Şekil.3.2.34 Turmalinlerde gözlenen optik zonlanma (//N). (Tur: Turmalin; Qz: Kuvars)

İnce kesitlerde gözlenen granat mineralleri, iri, özşekilli- yarı özşekilli, bazı kesitlerde ise özşekilsiz kristaller şeklinde gözlenmektedir. Bunlar yaygın olarak bol kuvars ve turmalin inklüzyonları içermektedirler (Şekil 3.2.35). Granat porfiroblastlarında nadir olarak deformasyon yapıları da gözlenebilmektedir.

Mika mineralleri kayaç içinde oldukça az miktarlarda bulunmaktadır. Genelde ince taneli çubuksu kristaller şeklindedir. Kesitlerde muskovit oranı biotitlerden daha fazladır. Bunun yanında bazı kesitlerde kloritlere de rastlanmıştır. Bu mineraller ise özşekilsizdir ve koyu kahverengi girişim rengi ve yeşil renkli pleokrizma göstermektedirler.

Bu kesitlerde gözlenen baskın doku türü poligonaldır. Bunun dışında kesitlerde deformasyon yapılarına da rastlanmaktadır (Şekil 3.2.36).



Şekil.3.2.35 Turmalinit içinde gözlenen iri taneli özşekli-yarı özşekli bol kuvars ve turmalin inklüzyonlu granat kristalleri (//N). (Tur: Turmalin; Qz: Kuvars; Gr: Granat)



Şekil .3.2.36 Yeşilköy bölgesi turmalinitine ait bir örnekte gözlenen, tektonizmaya bağlı olarak gelişen dönme yapısı (//N). (Tur: Turmalin; Qz: Kuvars; Gr: Granat)

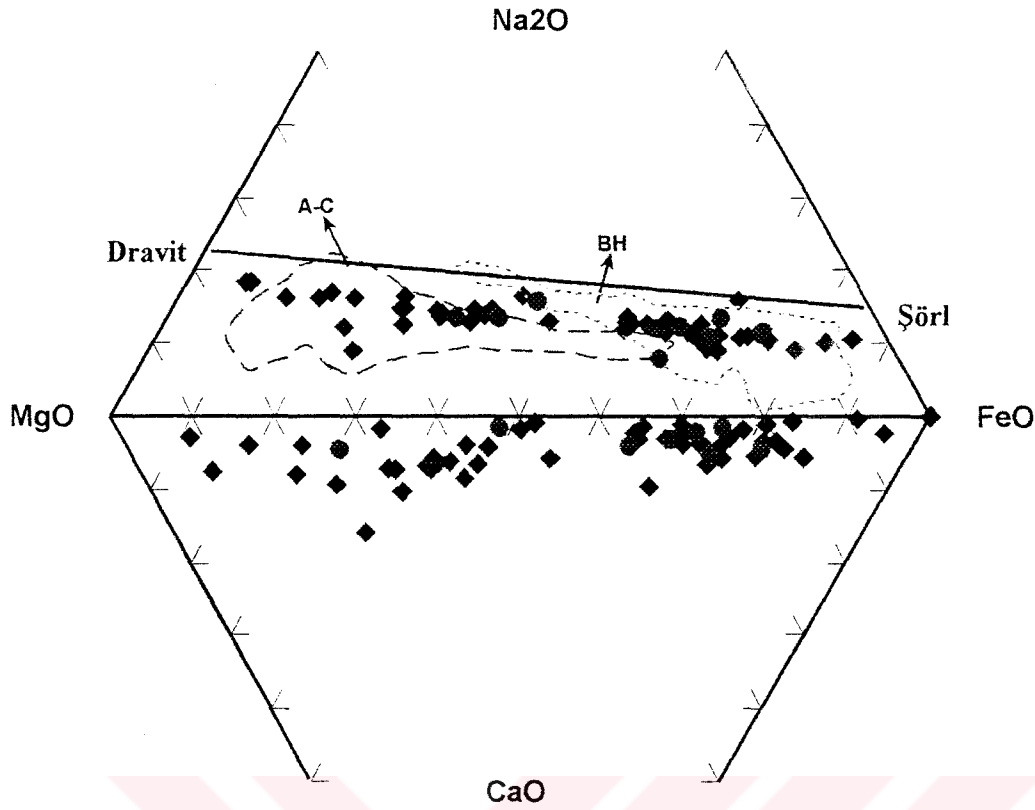
Bölüm IV

JEOKİMYA

Tumalinin genel formülü, $XY_3Z_6Si_6O_{18}(BO_3)_3W_4$ 'tür. $X = Na^+, Ca^{+2}, K^+$; $Y = Mg^{+2}, Fe^{+2}, Mn^{+2}, Al^{+3}, Fe^{+3}, Cr^{+3}, Mn^{+4}, Li^+$; $Z = Al^{+3}, Mg^{+2}, Fe^{+3}, Cr^{+3}, V^{+3}$; ve $W = O^{+2}, OH^-, F^-, Cl^-$ dir. Z konumu tipik olarak Al tarafından işgal edilmektedir, fakat $Fe^{+2}, Fe^{+3}, Ti^{+4}, Mg^{+2}, Cr^{+3}$ ve V^{+3} , Al'u ornatabilmektedir; buna karşın Y konumu, katyonların herhangi bir çeşidi ile ornatılabilmektedir (örn; Fe, Mg, Mn, Al, Li ve Ti). X konumu çoğunlukla Na içermektedir, fakat Ca, Mg ve K ile ornatılabilmektedir (Frondele ve diğ., 1966; Barton, 1969; Foit ve Rosenberg, 1977).

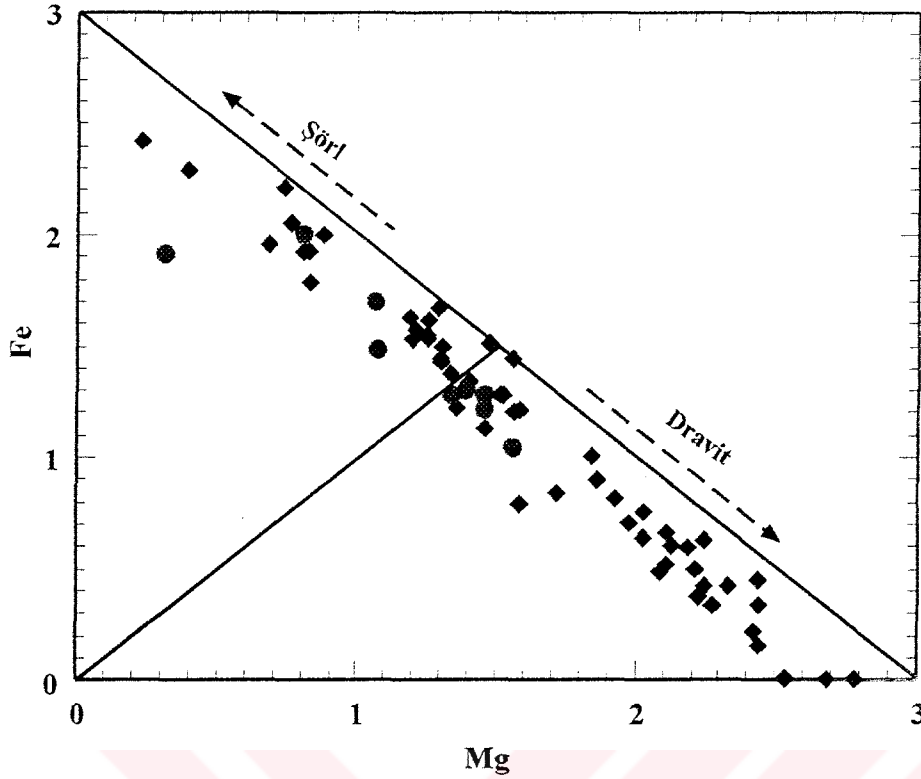
Turmalinin X, Y ve Z konumlarındaki yerdeğiştirmeler, geniş kimyasal değişimler vermektedir. Temel turmalin çeşitleri (Na-Mg) dravit, (Na- Fe^{+2}) şörl, (Ca-Mg) uvit ve (Na- Li) elbait'tir (örn; Dietrich, 1985). Bütün olarak, katı eriyik serileri şörl- dravit, şörl- elbait ve dravit- uvit'tir (Deer ve diğ., 1966; Dunn ve diğ., 1977; Henry ve Guidotti, 1985). Aynı zamanda çoğu turmalinler önemli alkali-serbestili ve proton-azalmalı unsurları içermektedir (Foit ve Rosenberg, 1977; Rosenberg ve Foit, 1979; McDonald ve diğ., 1993).

Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerinden 6 örneğin mikroprob analizleri yapılmış ve elde edilen veriler Tablo 4.4 'de gösterilmiştir. Burada incelenen turmalinlerin tümü şörl- dravit katı eriyik serisine aittir (Şekil 4.37-38). Bunların çoğu $Mg > Fe$ ve $Na > Ca$ 'dır. Bu turmalinler $0-0,99 = Fe/(Fe+Mg)$ oranı ve $0,48-0,98 = Na/(Na+Ca)$ oranlarına sahiptir (Şekil 4.39c).



Şekil 4.37 Karahayit ve Yeşilköy bölgelerinden analiz edilen turmalin bileşiminin Na₂O-MgO-FeO-CaO diyagramı ve farklı bölgelerden alınan turmalinlere ait alanlar. A-C=Appalachian-Caledonian masif sülfid yatakları, BH=Broken Hill bölgesi (Ethier ve Campbell (1977), Slack (1982)). (●)=Karahayit turmalinitleri (■)=Yeşilköy turmalinitleri.

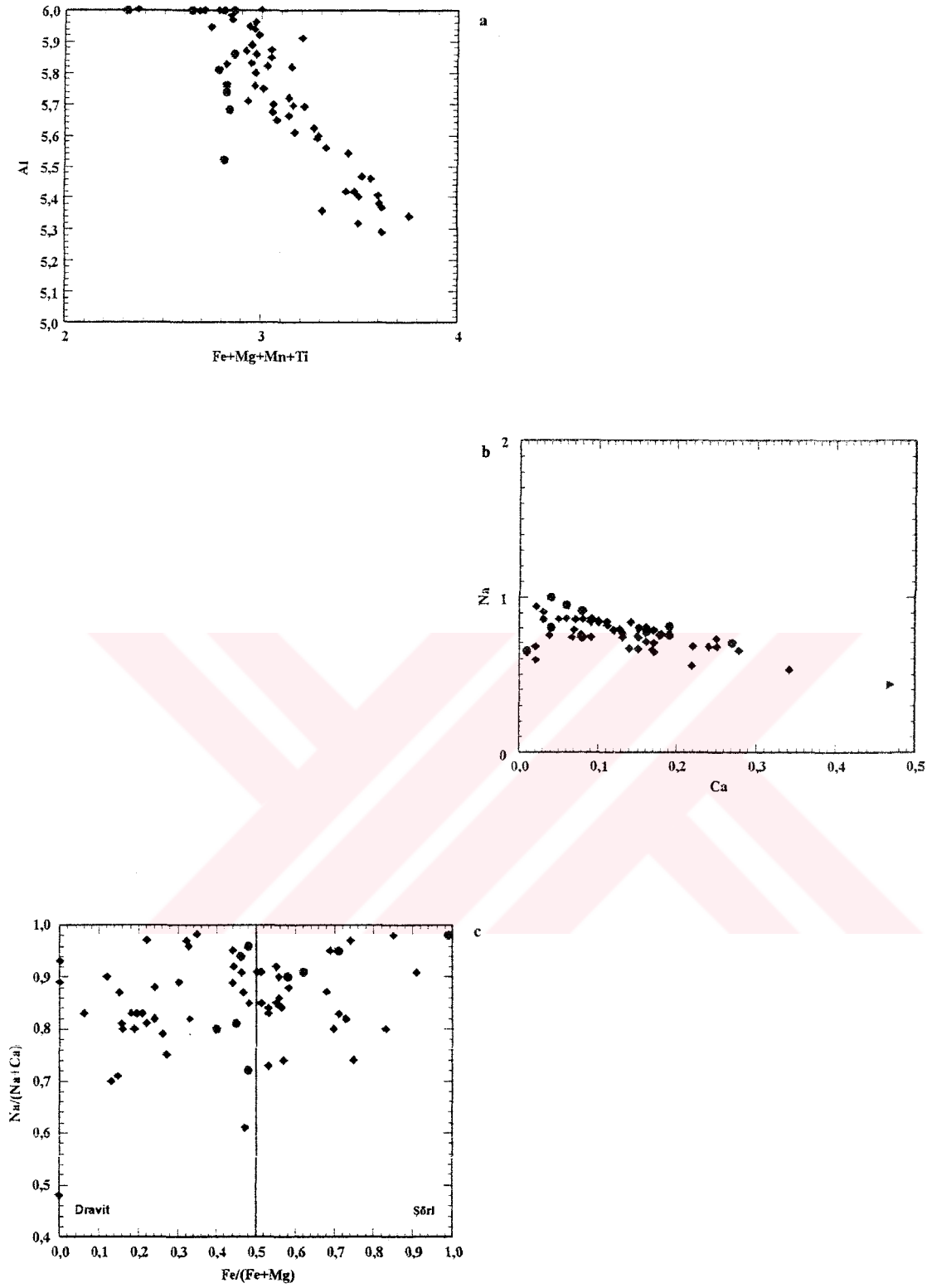
Turmalin içindeki kimyasal ornatımlar ana olarak X, Y ve Z konumlarında ortaya çıkmaktadır (Foit ve Rosenberg, 1977; Rosenberg ve Foit, 1979; Henry ve Guidotti, 1985; Grice ve Robinson, 1989). Al- (Fe+Mg+Mn+Ti) diyagramında Karahayit ve Yeşilköy turmalinitleri içindeki turmalinlere ait değerler lineer bir eğilimi tanımlamaktadır (Şekil 4.39a). Bu tip turmalinlerin çoğu alkali azalmalı ve/veya dehidroksilasyon tipi ornatım nedeniyle Y konumunda yerleşmiş Al'un önemli miktarları ile, Z konumunda tam 6 katyon için hesaplamaya yeterli birim formül başına >6 atom Al içeriğine sahiptir (cf. Henry ve Guidotti, 1985). Birim formül başına <6 atom Al ile birlikte turmalinler, Z konumunda Al için Fe⁺³ ornatımını icerebilmektedir. Bu tip turmalinitler yaygın olarak borca zengin hidrotermal akışkanlarla sedimentlerin metasomatizması ile oluşmaktadır, bu yüzden turmalinin bu tipinin kimyası aynı zamanda kısmen, tercihli olarak yüksek Al içeriğine sahip,



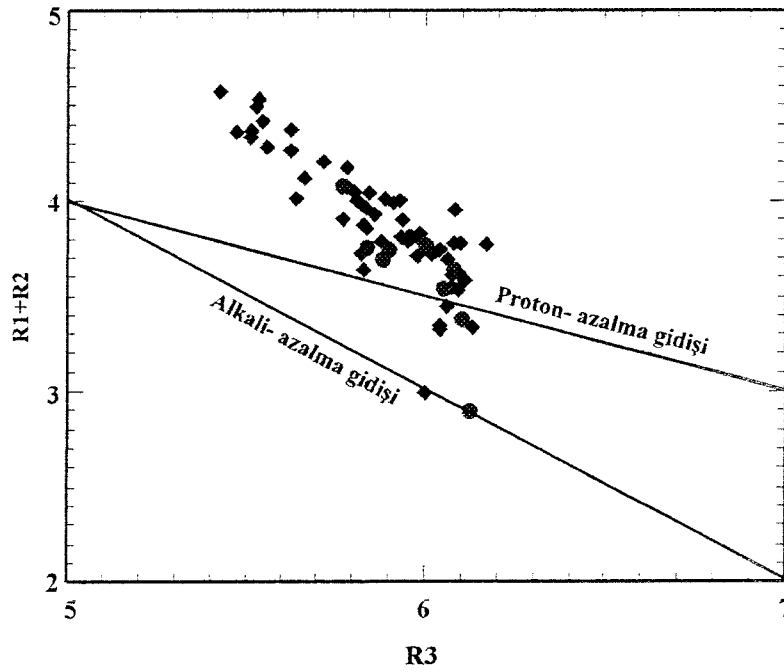
Şekil 4.38 Karahayit ve Yeşilköy turmalinlerine ait Fe/Mg oranı; şörl-dravit çizgisi ($(Fe+Mg)_{top}=3$ çizgisi boyunca; $(Fe+Mg)<3$ değerleri R2'de Al yerdeğişimine karşılık gelmektedir; oklar dravit ve ferrişörl bileşimlerinin çizilebileceği $(Fe+Mg)_{top}=3$ 'ün dışındaki alanları göstermektedir (London ve Manning, 1995'den). (♦)=Karahayit turmalinitleri, (■)=Yeşilköy turmalinitleri.

Al'ca zengin ortamda gelişmiş turmalinlerle birlikte, orjinal sedimentlerin toplam hacim kimyasına bağlıdır (Gallagher, 1988).

Al genelde şörl-dravit turmalinlerinde Fe ve Mg ile yerdeştirmekte ve sonuçlanan pozitif yük dengesizliği böylece karşılanmaktadır (Gallagher, 1988). Foit ve Rosenberg (1977), iki adet yerdeştirmenin, (1) alkali- azalmalı ve (2) proton-kayıplı yerdeştirmeyi içerdiğini sonuçlamıştır. Araştırmacılar, yayınladıkları analizlerin ölçüm temeli üzerinde, proton kaybının, alkali konumda boşluklardan daha belirgin olduğu sonucuna varmışlardır. Her iki yerdeştirme lokal yük dengesini arttırmaktadır fakat proton kaybı daha etkili olmaktadır ve böylece alkali-azalmalı turmalinlerin doğal olarak duraysız oldukları sonucu ortaya çıkmaktadır



Şekil 4.39 Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerinden analiz edilen turmalinlerin (a) Na ve Ca (atomda birim formül başına) arasındaki ilişki, (b) $(Fe+Mg+Mn+Ti)-Al$ (atomda birim formül başına) diyagramı, (c) $Fe/(Fe+Mg)-Na/(Na+Ca)$ içeriklerine ait diyagram (Jiang ve diğ., (1998) 'den). (●)=Karahayıt turmalinitleri, (■)=Yeşilköy turmalinitleri.



Şekil.4.40 Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerine ait turmalinlerin (R1+R2)-R3 konumları (Yerdeğiştirme vektörleri şörl-dravit bileşimlerinden itibaren çizilmiştir (London ve Manning (1995)'den). (♦)=Karahayıt turmalinitleri, (■)=Yeşilköy turmalinitleri.

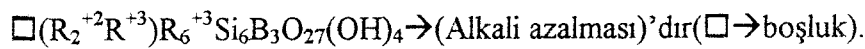
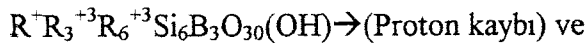
(Foit ve Rosenberg, 1977). Al^{+3} tarafından divalent katyonların ornatılma derecesinin azalan sıcaklıkla arttığı bulunmuştur (Rosenberg ve Foit, 1979; Manning, 1982).

Karahayıt ve Yeşilköy turmalinlerindeki alkali azalması ve proton kaybı Şekil 4.40' da gösterilmektedir. Bu diyagramda, trivalent katyon içerikleri, univalent + divalent katyon içeriklerine karşı çizilmektedir. Yerdeğiştirme, konumlar arasındaki yük dengelenmesini içermektedir, bundan dolayı basit katyon içeriğinden ziyade yük işgali (occupancy) kullanılmaktadır (Foit ve Rosenberg, 1977)

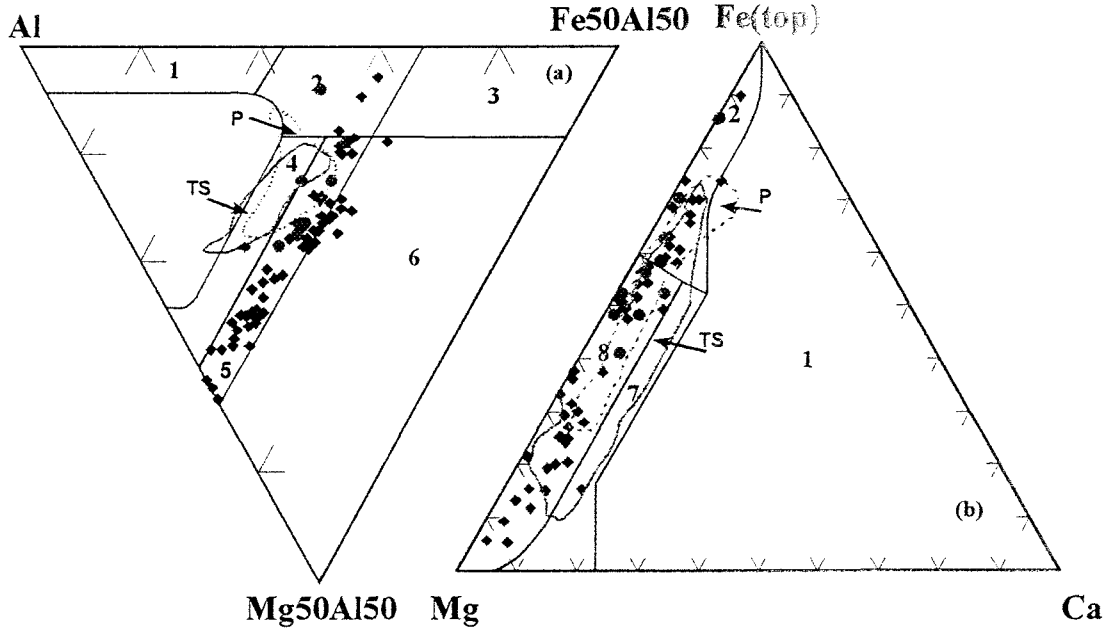
$$(R^{+}+R^{+2})=(Na^{+}+Ca^{+2}+K^{+}+Fe^{+2}+Mg^{+2}+Mn^{+2}+...)$$

$$R^{+3}=(Al^{+3}+Cr^{+3}+V^{+3}+^{3/4}Ti^{+4}+...)$$

Teorik uç üyeler;

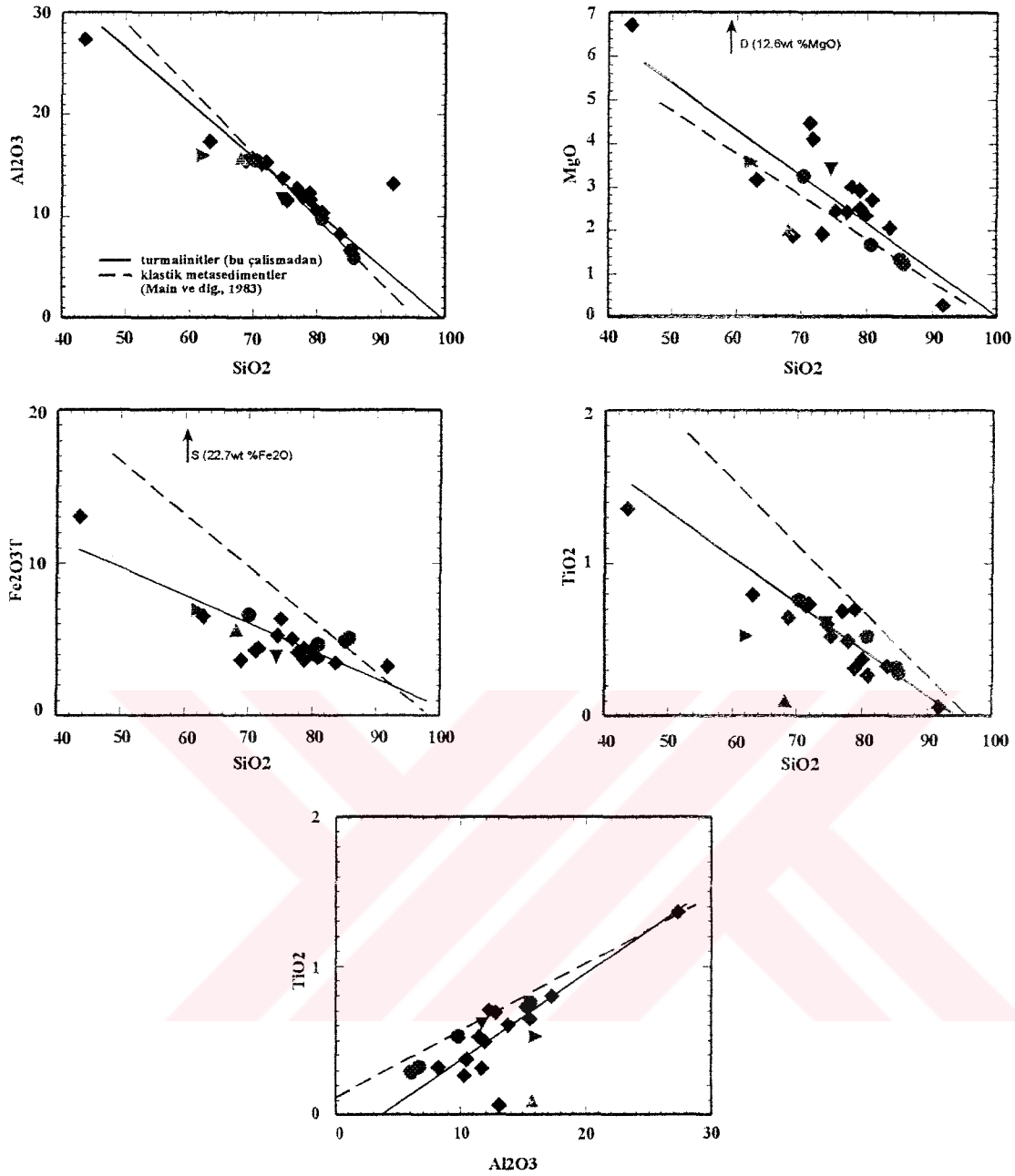


Bu çalışmada Karahayıt ve Yeşilköy turmalinleri için Ca ve Na arasında geniş bir negatif korelasyon vardır (Şekil 4.39b).



Şekil.4.41 Çeşitli kayaç tiplerinden alınan turmalinler için (a) Al-Fe(top)-Mg ve (b) Ca-Fe(top)-Mg diyagramı. Fe(top) turmalindeki toplam Fe'i temsil etmektedir. Bu diyagramlar farklı kayaç tiplerinden alınan turmalinlerin bileşimsel alanlarını tanımlayan bölgelere ayrılmıştır, bu bölgeler; (1) Li'ca zengin granitik kayaçlar pegmatitler ve aplitler, (2) Li'ca fakir granitik kayaçlar pegmatitler ve aplitler, (3) Hidrotermal olarak altere olmuş granitik kayaçlar, (4) Al'ca doymuş faz ile birlikte metapelitler ve metapsammitler, (5) Al'ca doymuş olmayan faz ile birlikte metapelitler ve metapsammitler, (6) Fe(+3)'ce zengin kuvars-turmalin kayaçları, kalk silikat kayaçları ve metapelitler, (7) Ca'ca zengin metapelitler, (8) Ca'ca fakir metapelitler, metapsammitler ve kuvars-turmalin kayaçları (Henry ve Guidotti (1985)'den). TS= Taylor ve Slack (1984), P= Plimer (1988). (●)=Karahayit turmalinitleri, (■)-Yeşilköy turmalinitleri.

Uygun yerdeğştirmelerin geniş değerlerine rağmen, turmalin bileşimleri ve ana kayaç tipleri arasındaki ilişki hakkında bazı genelleştirmeler yapılabilmektedir. Tablo 4.5'da görüldüğü gibi, çeşitli yerdeğştirme elementlerinden 4'ü Al, Ca, Fe ve Mg'dur. Çeşitli kayaç tiplerinden turmalin bileşimleri Al-Fe_(top)-Mg ve Ca-Fe_(top)-Mg



Şekil 4.42 Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerine ait majör element kimyasal değişimleri (CRA Exploration Pty. Ltd. tarafından saptanan bölgenin klastik metasedimenter kayalarındaki turmalinitlerle karşılaştırmalı) (Main ve diğ., 1983). D=ideal dravit bileşimi, S=ideal şörl bileşimi. (◆)=Karahayıt turmalinitleri, (■)=Yeşilköy turmalinitleri, (▼)=Küçük Madran, (▲)=Labranda, (▼)=Sarıgöl.

Tablo.4.4 Karahayıt ve Yeşilköy bölgelerine ait turmalinitlerinin mikroprob analiz sonuçları

	71A-33	71A-34	71A-35	71A-36	71A-37	71A-38	71A-39	71A-40	71A-41	71A-42	71A-43
SiO ₂	35.908	35.605	35.333	35.661	34.963	35.034	35.873	36.005	34.747	36.343	35.010
Al ₂ O ₃	28.340	25.991	26.006	26.302	26.449	26.195	28.816	27.938	27.244	29.166	26.339
TiO ₂	0.888	0.812	1.273	0.778	1.429	0.668	0.972	0.383	1.414	0.689	0.958
FeO	11.309	13.958	14.931	12.992	14.680	15.212	11.379	13.827	12.609	11.005	15.229
MnO	0.032	0.000	0.006	0.000	0.006	0.063	0.000	0.159	0.006	0.000	0.000
ZnO	0.079	0.224	0.000	0.079	0.000	0.263	0.000	0.145	0.000	0.000	0.224
MgO	6.217	5.114	4.998	5.576	5.070	4.537	2.660	4.938	5.928	6.279	4.846
CaO	0.386	0.731	1.376	0.509	0.867	0.587	0.447	0.699	1.866	0.714	0.808
Na ₂ O	2.614	2.504	2.029	2.627	2.324	2.423	2.660	2.325	1.583	2.303	2.350
K ₂ O	0.045	0.016	0.042	0.014	0.000	0.020	0.005	0.036	0.038	0.038	0.039
F	0.317	0.104	0.000	0.290	0.166	0.000	0.422	0.187	0.021	0.085	0.062
Si(4)	6	6	6	6	6	6	6	6	5.96	6	6
Al(4)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04	0.000	0.000
Al(z)	5.62	5.32	5.29	5.42	5.37	5.4	5.69	5.59	5.47	5.91	5.38
Fe(z)	0.38	0.68	0.71	0.58	0.83	0.6	0.31	0.41	0.53	0.09	0.62
Al(y)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.11	0.11	0.17	0.1	0.19	0.08	0.11	0.05	0.18	0.12	0.12
Fe	1.21	1.38	1.44	1.35	1.49	1.62	1.28	1.55	1.28	1.44	1.61
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.01	0.000	0.02	0.000	0.000	0.000
Zn	0.01	0.03	0.000	0.01	0.000	0.03	0.000	0.02	0.000	0.000	0.03
Mg	1.56	1.32	1.29	1.4	1.3	1.18	1.51	1.25	1.52	1.55	1.25
Ca	0.07	0.14	0.25	0.09	0.16	0.11	0.08	0.13	0.34	0.13	0.15
Na	0.85	0.84	0.68	0.86	0.78	0.82	0.86	0.76	0.53	0.74	0.79
K	0.000	0.000	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.01	0.01	0.01	0.01
Boşluk	0.08	0.02	0.06	0.05	0.06	0.07	0.06	0.1	0.12	0.12	0.05
F	0.17	0.06	0.00	0.15	0.09	0.00	0.22	0.1	0.01	0.04	0.03
	71A-44	71A-45	71A-46	76-47	76-48	76-49	76-50	76-51	76-52	76-53	76-54
SiO ₂	34.440	35.385	34.844	35.724	38.160	37.365	35.512	35.728	35.747	36.807	37.142
Al ₂ O ₃	25.971	26.847	26.274	30.103	31.709	30.005	29.085	29.996	31.168	27.998	30.494
TiO ₂	1.080	0.682	0.092	0.991	0.676	0.715	0.112	0.369	0.673	1.788	0.772
FeO	15.982	14.027	14.386	11.664	3.201	5.585	17.903	14.480	11.001	4.060	4.671
MnO	0.000	0.130	0.091	0.000	0.098	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ZnO	0.000	0.000	0.158	0.000	0.000	0.013	0.052	0.053	0.006	0.213	0.000
MgO	4.929	5.067	5.638	4.880	9.410	8.754	0.905	3.553	5.138	10.569	9.267
CaO	1.285	0.799	0.408	0.598	1.279	0.884	0.392	0.202	0.442	2.711	1.067
Na ₂ O	2.012	2.400	2.684	2.419	1.777	2.361	2.211	2.170	2.350	1.408	2.394
K ₂ O	0.066	0.042	0.063	0.000	0.037	0.040	0.027	0.032	0.037	0.015	0.043
F	0.000	0.247	0.144	0.000	0.456	0.400	0.000	0.392	0.043	0.663	0.448
Si(4)	6	6	6	5.99	6	6	6	6	5.94	5.99	6
Al(4)	0.000	0.000	0.000	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.06	0.01	0.000
Al(z)	5.34	5.42	5.41	5.94	5.95	5.76	5.83	5.96	6	5.36	5.82
Fe(z)	0.68	0.58	0.59	0.06	0.05	0.24	0.17	0.04	0.000	0.55	0.18
Al(y)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.05	0.000	0.000
Ti	0.14	0.15	0.01	0.12	0.08	0.09	0.01	0.05	0.08	0.22	0.09
Fe	1.67	1.43	1.51	1.57	0.38	0.52	2.42	2	1.53	0	0.45
Mn	0.000	0.02	0.01	0.000	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.02	0.000	0.000	0.000	0.01	0.01	0.01	0.02	0.000
Mg	1.28	1.29	1.47	1.22	2.23	2.12	0.23	0.89	1.21	2.55	2.44
Ca	0.24	0.15	0.08	0.13	0.22	0.15	0.07	0.04	0.08	0.47	0.18
Na	0.68	0.8	0.91	0.79	0.55	0.75	0.74	0.75	0.76	0.44	0.75
K	0.01	0.01	0.01	0.000	0.01	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Boşluk	0.07	0.04	0.000	0.08	0.22	0.09	0.19	0.21	0.16	0.09	0.07
F	0.000	0.13	0.08	0.000	0.23	0.21	0.000	0.21	0.02	0.34	0.22
	76-55	76-56	76-57	76-58	76-59	76-61	76-62	76-63	76-64	76-65	76-66
SiO ₂	35.639	37.556	36.734	37.913	37.616	36.754	36.842	37.003	36.263	36.695	37.499
Al ₂ O ₃	30.585	30.597	32.297	34.104	31.383	30.526	30.077	29.646	28.804	30.963	31.826
TiO ₂	0.441	0.987	0.244	0.000	0.649	0.733	0.737	0.679	1.056	0.397	0.264
FeO	13.663	4.999	5.168	5.938	6.286	8.173	7.762	7.111	7.000	6.358	4.659
MnO	0.099	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.061	0.000	0.017	0.083	0.000
ZnO	0.053	0.120	0.013	0.000	0.226	0.093	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
MgO	3.333	9.637	8.168	8.639	8.076	7.552	7.594	8.690	8.183	8.396	9.455
CaO	0.950	1.675	0.970	0.126	0.539	0.115	0.185	0.959	0.597	1.265	0.169
Na ₂ O	2.017	2.109	2.034	1.902	2.400	2.951	2.937	2.464	2.573	2.170	2.735
K ₂ O	0.011	0.047	0.015	0.011	0.005	0.016	0.015	0.005	0.012	0.024	0.008
F	0.334	0.292	0.180	0.022	0.287	0.281	0.238	0.475	0.475	0.398	0.488
Si(4)	5.98	5.95	5.99	6	6	6	6	6	6	5.96	6
Al(4)	0.02	0.05	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04	0.000
Al(z)	6	5.67	6	6	5.98	5.87	5.82	5.69	5.66	5.89	6
Fe(z)	0.000	0.33	0.000	0.000	0.02	0.13	0.18	0.31	0.34	0.11	0.000
Al(y)	0.03	0.000	0.18	0.44	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.06	0.12	0.03	0.000	0.08	0.09	0.09	0.08	0.13	0.05	0.13
Fe	1.92	0.33	0.7	0.79	0.82	0.99	0.89	0.66	0.64	0.75	0.62
Mn	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.01	0.000	0.000	0.01	0.000
Zn	0.01	0.01	0.000	0.000	0.03	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.83	2.28	1.98	1.58	1.93	1.84	1.86	2.11	2.03	2.03	2.25
Ca	0.17	0.28	0.17	0.02	0.09	0.02	0.03	0.17	0.11	0.22	0.03
Na	0.66	0.65	0.64	0.59	0.74	0.93	0.9	0.78	0.83	0.68	0.85
K	0.000	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.01	0.000
Boşluk	0.17	0.06	0.19	0.39	0.17	0.05	0.07	0.05	0.06	0.09	0.12
F	0.18	0.15	0.09	0.01	0.15	0.15	0.12	0.24	0.25	0.2	0.25

Tablo 4.4'ün devamı

	77A-14	77A-16	77A-17	77A-18	77A-20	77A-21	77A-22	77A-24	77A-25	77A-26	77A-27
SiO ₂	37.195	35.255	37.312	35.907	37.553	37.010	36.231	36.799	34.980	37.630	36.835
Al ₂ O ₃	31.609	30.660	30.475	31.566	29.506	31.314	29.785	29.135	28.756	31.891	29.923
TiO ₂	0.740	0.773	0.804	0.230	0.669	0.709	0.556	0.401	0.751	0.597	1.366
FeO	2.658	16.092	4.585	14.013	8.242	5.492	6.302	5.752	11.757	3.416	5.436
MnO	0.126	0.000	0.000	0.067	0.000	0.085	0.102	0.011	0.000	0.000	0.071
ZnO	0.000	0.013	0.000	0.132	0.000	0.000	0.000	0.280	0.000	0.000	0.213
MgO	10.174	1.549	9.331	2.768	7.015	8.897	8.958	8.933	4.896	9.812	8.597
CaO	1.096	0.069	1.096	0.112	0.936	1.068	0.966	0.826	0.401	0.678	0.957
Na ₂ O	2.462	1.945	2.399	2.097	2.241	2.448	2.408	2.309	2.365	2.545	2.204
K ₂ O	0.016	0.022	0.019	0.034	0.028	0.034	0.027	0.013	0.018	0.031	0.000
F	0.365	0.102	0.493	0.331	0.218	0.201	0.690	0.221	0.063	0.473	0.558
Si(4)	5.94	6	6	6	6	5.94	5.95	6	6	5.99	6
Al(4)	0.06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.06	0.05	0.000	0.000	0.01	0.000
Al(z)	5.87	6	5.8	6	5.71	5.86	5.72	5.7	5.85	5.97	5.75
Fe(z)	0.13	0.000	0.2	0.000	0.29	0.14	0.28	0.3	0.15	0.03	0.25
Al(y)	0.000	0.15	0.000	0.22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.13	0.1	0.1	0.03	0.08	0.09	0.07	0.05	0.1	0.07	0.17
Fe	0.22	2.29	0.42	1.96	0.84	0.6	0.59	0.5	1.55	0.42	0.49
Mn	0.02	0.000	0.000	0.01	0.000	0.01	0.01	0.000	0.000	0.000	0.01
Zn	0.000	0.000	0.000	0.02	0.000	0.000	0.000	0.03	0.000	0.000	0.03
Mg	2.42	0.39	2.25	0.68	1.72	2.13	2.19	2.21	1.25	2.33	2.09
Ca	0.19	0.01	0.19	0.02	0.16	0.18	0.16	0.15	0.07	0.12	0.17
Na	0.76	0.64	0.75	0.68	0.71	0.76	0.77	0.74	0.79	0.79	0.7
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.01	0.01	0.000	0.000	0.01	0.01
Boşluk	0.05	0.35	0.06	0.3	0.13	0.05	0.06	0.11	0.14	0.08	0.12
F	0.19	0.05	0.25	0.17	0.11	0.1	0.36	0.12	0.03	0.24	0.29
	77A-28	77A-29	77A-30	77A-31	78-04	78-06	78-07	78-08	78-09	78-10	78-12
SiO ₂	37.083	37.403	36.075	36.969	34.883	34.642	36.051	33.808	35.331	33.184	36.334
Al ₂ O ₃	29.750	33.081	32.154	31.756	27.305	30.572	28.252	26.095	29.475	27.475	28.491
TiO ₂	1.833	0.392	0.733	0.813	1.977	0.512	1.102	0.373	0.523	1.425	1.454
FeO	2.155	1.092	1.047	2.941	15.457	13.449	11.847	18.532	14.980	11.749	10.865
MnO	0.018	0.003	0.078	0.051	0.042	0.000	0.000	0.134	0.180	0.000	0.000
ZnO	0.040	0.000	0.000	0.174	0.000	0.092	0.106	0.000	0.053	0.000	0.026
MgO	11.602	10.276	11.129	10.204	3.240	3.152	5.382	2.816	2.896	6.198	5.848
CaO	0.567	0.942	0.366	0.511	0.668	0.764	0.657	1.316	0.815	0.260	0.550
Na ₂ O	2.686	2.581	2.753	2.693	2.361	2.022	2.388	2.107	2.037	2.579	2.585
K ₂ O	0.000	0.020	0.000	0.000	0.057	0.044	0.019	0.035	0.045	0.065	0.015
F	0.344	0.184	0.507	0.541	0.021	0.063	0.148	0.100	0.104	0.106	0.342
Si(4)	5.96	5.95	6	5.94	6	5.96	6	6	6	6	6
Al(4)	0.04	0.05	0.000	0.06	0.000	0.04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al(z)	5.6	6	5.83	5.95	5.56	6	5.85	5.46	5.92	5.54	5.61
Fe(z)	0.29	0.000	0.17	0.05	0.44	0.000	0.35	0.54	0.08	0.46	0.39
Al(y)	0.000	0.26	0.000	0.000	0.000	0.11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.22	0.05	0.09	0.1	0.26	0.07	0.14	0.05	0.07	0.18	0.19
Fe	0.000	0.15	0.000	0.34	1.79	1.92	1.23	2.21	2.05	1.22	1.13
Mn	0.000	0.000	0.01	0.01	0.01	0.000	0.000	0.02	0.03	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.02	0.000	0.01	0.000	0.000	0.01	0.000	0.000
Mg	2.78	2.44	2.64	2.44	0.83	0.8	1.36	0.74	0.76	1.58	1.46
Ca	0.1	0.16	0.06	0.09	0.12	0.14	0.12	0.25	0.15	0.05	0.1
Na	0.84	0.8	0.86	0.84	0.79	0.67	0.79	0.73	0.67	0.86	0.84
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.01	0.01	0.000	0.01	0.01	0.01	0.06
Boşluk	0.06	0.04	0.08	0.07	0.08	0.18	0.09	0.01	0.15	0.08	0.18
F	0.17	0.09	0.26	0.28	0.01	0.03	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06
	TY-03	TY-04	TY-05	TY-06	TY-07	TY-10	TY-15	TY-16	TY-17		
Si(4)	6	6	6	5.99	6	5.95	6	6	6		
Al(4)	0.000	0.000	0.000	0.01	0.000	0.05	0.000	0.000	0.000		
Al(z)	5.52	5.31	5.76	5.74	6	6	5.68	6	5.86		
Fe(z)	0.48	0.19	0.24	0.26	0.000	0.000	0.32	0.000	0.14		
Al(y)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.45	0.07	0.000	0.31	0.000		
Ti	0.19	0.18	0.06	0.12	0.09	0.06	0.15	0.08	0.11		
Fe	1.28	1.04	1.7	1.3	1.91	2	1.22	1.48	1.28		
Mn	0.000	0.000	0.000	0.01	0.01	0.000	0.01	0.01	0.01		
Zn											
Mg	1.34	1.56	1.06	1.39	0.31	0.8	1.46	1.07	1.46		
Ca	0.27	0.19	0.08	0.04	0.01	0.04	0.19	0.08	0.08		
Na	0.7	0.75	0.91	0.001	0.65	0.8	0.81	0.74	0.95		
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Boşluk	0.03	0.06	0.01	0.000	0.34	0.16	0.000	0.18	0.000		
F	0.26	0.33	0.23	0.32	0.07	0.07	0.18	0.000	0.17		

üçgen diyagramlarına düşürüldüğü takdirde, mevcut literatürün yeniden incelenmesi, farklı bölgelerin, farklı kayaç tiplerinden alınan turmalinler için tanımlanabileceğini göstermektedir (Henry ve Guidotti, 1985). Bu durumda Karahayıt ve Yeşilköy turmalinlerine ait veriler sözkonusu diyagramlara düşürüldüğü takdirde, bu yörelere ait turmalin bileşimlerinin (Şekil 4.41a) birkaç örnek dışında, Al'ca doymun olmayan faz ile birlikte metapelit ve metapsammitleri temsil eden alan içine düştüğü görülmektedir. Şekil 4.41b'de ise veriler Ca'ca fakir metapelitler, metapsammitler ve kuvars-turmalin kayaçları ve Li'ca fakir granitik kayaçlar ve pegmatitler ve aplitleri temsil eden alan içine düşmektedir.

Tablo 4.5. Turmalindeki önemli yerdeğişim konumları ve değişim bileşenleri (Henry ve Guidotti, 1985'den).

KONUM YERDEĞİŞİMLERİ	DEĞİŞİM BİLEŞENLERİ
$Fe^{2+}_Y = Mg_Y$	$MgFe_{-1}$
$Na_X + Al_Z = Ca_X + Mg_Z$ Uvit yerdeğişimi (ornatımı)	$CaMgNa_{-1}Al_{-1}$
$Na_X + Al_Z = Ca_X + Fe^{+2}_Y$	$CaMgNa_{-1}Al_{-1}$
$Na_X + Al_Z = Mg_X + Fe^{+2}_Y$	$MgNa_{-1}Al_{-1}$
$Na_X + Al_Y = Ca_X + Li_Y$ Liddicoatite yerdeğişimi	$CaLiNa_{-1}Al_{-1}$
$Mg_Y + Si_T = Al_Y + Al_T$ Tschermaks yerdeğişimi	$Al_2Mg_{-1}Si_{-1}$
$Na_X + Mg_Y = Al_Y + \square^{+2}_X$ Alkali-azalmalı yerdeğişim	$Al Na_{-1} Mg_{-1}$
$Mg_Y + OH = Al_Y + O^{2-}$ Alüminobuergerite yerdeğişimi	$Al Mg_{-1}H_{-1}$
$Fe^{2+}_Y + OH = Fe^{3+}_Y + O^{2-}$ Buergerite yerdeğişimi	H_{-1}
$Al_Z = (Fe^{3+}, Cr^{3+}, V^{3+})_Z$	$Fe Al_{-1}, Cr Al_{-1}, V Al_{-1}$
$Mg_Y + 2Si_T = Ti_Y + 2Al_T$	$TiAl_2Mg_{-1}Si_{-2}$
$2Fe^{2+}_Y = Li_Y + Al_Y$	$LiAlFe_{-2}$
$OH = F$	FOH_{-1}

Karahayıt ve Yeşilköy yöresindeki 19 turmalinit örneğinin toplam kayaç kimyasal analizleri (Tablo 4.6) SiO_2 (%43.56-91.86), Al_2O_3 (%6.05-27.40), $Fe_2O_{3(top)}$ (%3.28-13.01), MgO (%0.27-6.71), CaO (%0.04-0.73), Na_2O (%0.14-3.27), K_2O (%0.02-4.30), TiO_2 (%0.06-1.36) ve MnO (%0-0.035) için geniş varyasyonları

Tablo 4.6. Karahayıt ve Yeşilköy bölgelerine ait turmalinitlerin toplam kayaç kimyasal analizleri.

%	71/B	73	74/A	75/A	76/C	76/D2	76	78/A2	78/C	78/D	78/D1	78/E	79/A	80/A	80/B
SiO ₂	43.56	68.74	91.86	79.80	76.90	78.85	71.26	75.20	77.78	78.73	80.80	83.57	74.53	71.64	63.14
Al ₂ O	27.40	15.53	13.13	10.46	12.73	12.19	15.25	11.51	11.91	11.65	10.36	8.27	13.77	15.33	17.26
Fe ₂ O ₃	13.01	3.56	3.28	4.19	4.99	4.37	4.31	6.30	4.14	3.70	3.73	3.47	5.21	4.42	6.55
MgO	6.71	1.86	0.27	2.35	2.41	2.48	4.45	2.42	2.96	2.88	2.61	2.04	1.92	4.10	3.15
CaO	0.73	0.28	0.04	0.26	0.23	0.22	0.40	0.14	0.29	0.28	0.23	0.23	0.40	0.50	0.47
Na ₂ O	2.50	3.27	0.14	0.81	0.88	0.29	1.24	0.77	0.90	0.91	0.87	0.70	0.91	1.19	2.71
K ₂ O	0.06	4.30	0.24	0.21	0.04	0.08	0.30	1.36	0.15	0.14	0.20	0.37	1.12	0.43	3.95
TiO ₂	1.36	0.64	0.06	0.37	0.69	0.70	0.72	0.52	0.49	0.31	0.27	0.32	0.60	0.73	0.79
MnO	0.010	0.010	0.00	0.001	0.005	0.003	0.001	0.001	0.00	0.001	0.001	0.00	0.005	0.001	0.035
K.kaybı	4.31	1.52	0.32	1.00	1.01	1.04	1.46	1.38	1.06	1.06	0.84	0.79	1.23	1.49	2.10
Toplam	99.65	99.71	99.34	99.45	99.88	100.2	99.39	99.60	99.68	99.66	99.97	99.76	99.69	99.83	100.2

%	81/A	81/A1	82/A1	82/A
SiO ₂	85.09	85.65	80.64	70.17
Al ₂ O	6.80	6.05	9.81	15.59
Fe ₂ O ₃	4.86	4.98	4.70	6.68
MgO	1.35	1.25	1.67	3.23
CaO	0.20	0.13	0.24	0.40
Na ₂ O	0.56	0.49	1.17	1.17
K ₂ O	0.02	0.03	0.17	0.32
TiO ₂	0.32	0.28	0.52	0.75
MnO	0.022	0.010	0.009	0.035
K.kaybı	0.49	0.76	0.52	1.45
Toplam	99.71	99.63	99.45	99.80

göstermektedir. SiO_2 ve diğer oksitleri içeren (Şekil 4.42) kimyasal değişimler açık olarak Al_2O_3 - SiO_2 ve TiO_2 - Al_2O_3 için hesaplanan yüksek korelasyon katsayısı içeren ($r > 0.95$, Main ve diğ., 1983'den) lineer eğilimleri göstermektedir. Karşılaştırma açısından, en küçük kareler azalması aynı zamanda, Broken Hill bölgesindeki psammit, pelit ve psammopelitlerin 1.207 örnekleri için gösterilmiştir (Main ve diğ., 1983). Karahayıt ve Yeşilköy yöresindeki değerler, Broken Hill bölgesi turmalinitleri için olanlarla oldukça benzer bir eğilime sahiptir.

Mittwede ve diğ. (1995)'in Karahayıt yöresinde yaptıkları çalışmada turmalinit K/3 örneğinde metal analizinin saptanabileceğini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar burada Au, Pb, Zn veya Sb olmadığını yalnızca 7.1 ppm Cu ve 12 ppm As belirtmektedirler. Analiz için sundukları bu örnek arsenopirit olarak düşünülen önemli sülfid konsantrasyonuna sahiptir. Araştırmacıların analiz ettiği diğer bir örnekte ise 0.3 ppm Ag ve 55 ppm As saptanmıştır.

Karahayıt turmalinitlerinin diğer toplam kayaç analizleri hafif olarak yükselmiş Au değerlerini (16 ppb'nin üzerinde) ve anormal Sn (12-73 ppm) miktarını göstermiştir (Mittwede ve diğ., 1995). Tüm örnekler düşük Cu, Pb ve Zn değerleri sunmaktadır

Mittwede ve diğ. (1995)'in Yeşilköy yöresindeki turmalinit kayaçlarının bir örneğinden yaptıkları analizlerde, sadece 3 ppb Au, <1 ppm Ag, 9 ppm As ve yok denecek kadar az miktarda Cu, Pb ve Zn yanında belirgin Sn anomali (817 ppm) olduğunu belirtmişlerdir.

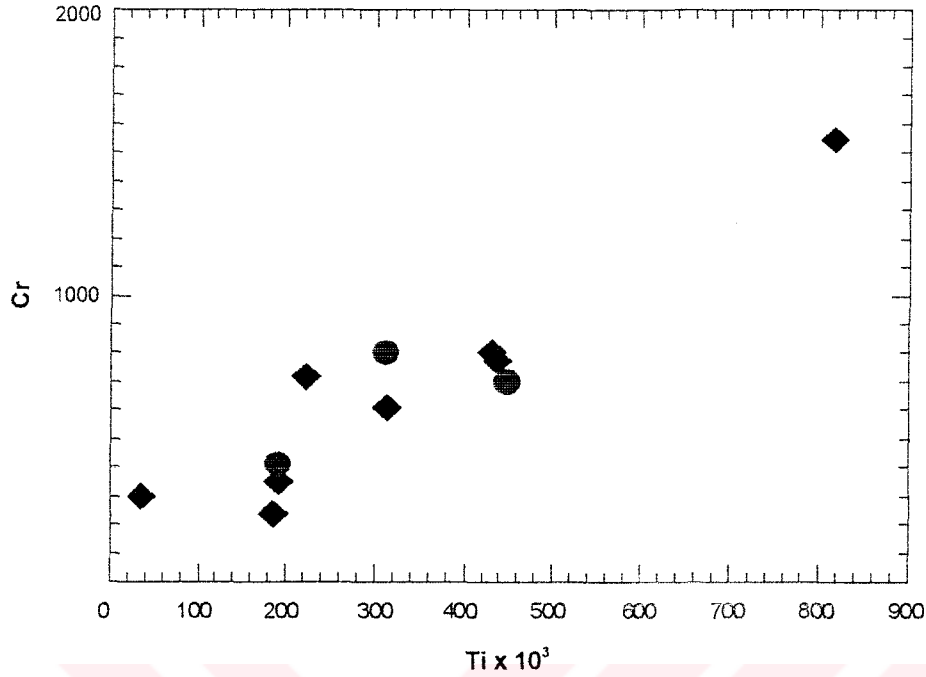
Araştırmacılar, Karahayıt yöresini bir metal araştırma rehberi olarak çekiciliğini saptamak amacıyla, Yatakyeri ve İyicukur Dereleri'nden sistematik olarak dere-sediment örneği almışlardır. Bu örnekler <1-2 ppb Au, <0.5 ppm Ag, 6.7-22,6 ppm Cu, 27-41 ppm Pb, 9-30,2 ppm Zn, <1-69 ppm As (69 ppm C lokasyonundadır) ve <1 ppm Sb değerlerini vermiştir. Bu değerlerin ışığında, bölgede belirgin bir metalik mineralizasyonun bulunmadığı gözlenebilmektedir.

Mittwede ve diğ. (1995), bu çalışma kapsamında da saptanmış olan masif magnetitçe zengin demir oluşumunun analizini yapmışlardır. Bu sonuçlara göre 15 ppb Au, <0.5 ppm Ag, <5 ppm Cu, 12 ppm Pb, 29.2 ppm Zn ve <1 ppm As ve Sb değerleri elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerine ait 11 adet toz örneğin X-ışını yöntemi kullanılarak elde edilen iz element analiz sonuçları Tablo 4.7'de verilmektedir. Bu turmalinitlerdeki iz element konsantrasyonları geniş olarak <86,14-1171,65 ppm Ba, 116,64-228,68 ppm Zr, <4,44-184,46 ppm Y, 25,09-377,08 ppm Sr, <20,31-107,35 ppm Rb, <7,07-27,69 ppm Nb, <18,51-18,51 ppm Zn, <9,10-550,61 ppm Cu, 25,98-232,44 ppm Ni, 0,03-3,17 ppm Sc, <0,16-2,18 ppm U, <8,83-19,71 ppm Th, 35,25-78,48 ppm Ga, 4,63-7,14 ppm Hf, 47,55-477,95 ppm V, 234,45-1547,1 ppm Cr, 11,64-170,36 ppm Co ve 5,63-49,66 ppm Pb'ye değişmektedir.

Tablo 4.7. Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerine ait iz element analiz sonuçları

	71-B	75-A	76	78-A2	78-D	78-E	79-A	80-A	81-A	82-A1	82-4
Ba	<86,14	251,34	172,82	1171,65	362,49	516,72	127,44	85,89	282,19	264,09	86,14
Zr	222,91	124,39	216,76	140,28	116,64	134	149,31	214,84	113,05	228,68	164,17
Y	<4,44	95,3	33,74	35,54	184,46	55,21	38,17	47,92	6,52	13,53	4,44
Sr	377,08	40,75	174,23	46,17	86,05	100,3	25,09	145,6	105,28	45,03	138,9
Rb	<20,31	61,84	56,88	107,35	54,74	61,93	65,92	52,89	30,91	43,45	20,31
Nb	<7,07	21,9	20,19	11,68	27,69	19,06	14,74	17,92	13,25	19,55	7,07
Zn	<18,51	<18,51	<18,51	<18,51	<18,51	<18,51	<18,51	<18,51	<18,51	<18,51	18,51
Cu	<9,10	550,61	<9,10	<9,10	<9,10	<9,10	<9,10	<9,10	9,1	56,74	318,26
Ni	68,91	74,69	142,42	58,18	232,44	77,17	25,97	157,28	49,09	65,61	73,04
Sc	3,17	0,56	1,03	0,03	0,3	0,44	1,14	1,51	0,07	0,65	0,97
U	<0,16	1,18	2,18	0,51	1,15	1,82	0,73	1,42	2,04	1,38	0,16
Th	<8,83	19,71	15,91	12,45	13,98	17,88	12,04	15,61	11,12	14,05	8,83
Ga	36,69	57,38	78,48	42,69	71,65	48,48	59,86	47,24	37,73	52	35,25
Hf	5,69	4,9	7,1	4,88	4,98	5,4	4,63	5,96	4,65	7,14	5,19
V	477,95	72,98	195,2	128,67	47,55	61,7	159,16	177,11	78,24	153,28	203,66
Cr	1547,1	716,42	800,51	608,34	234,45	349,19	299,78	771,77	408,81	797,43	697,18
Co	170,36	14,56	22,73	37,9	16,31	11,64	16,89	26,81	24,48	49,57	52,49
Pb	5,63	43,97	37,79	49,66	38,14	22,1	32,61	18,77	20,66	48,97	18,04

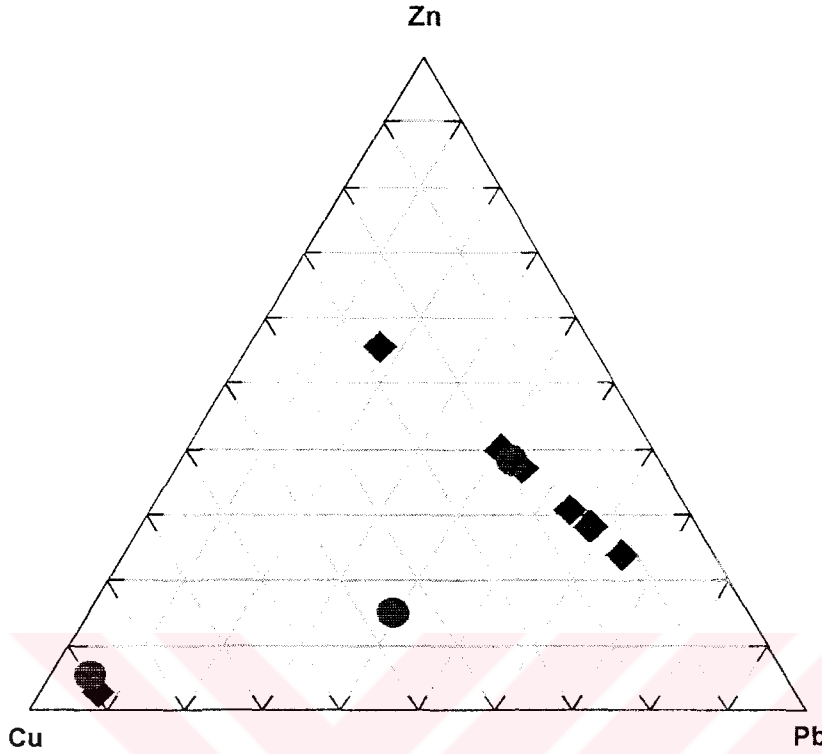


Şekil 4.43 . Karahayit ve Yeşilköy turmalinitleri için $Cr-Ti \times 10^3$ iz element kimyasal değişim diyagramı. (♦)= Karahayit turmalinitleri (■) =Yeşilköy turmalinitleri

Sülfid veya gahnit içermeyen örneklerde bile turmalince zengin kayaçlar ekonomik önemi olan çeşitli metalleri içerebilmektedir. Ancak Karahayit ve Yeşilköy turmalinitlerinden alınan örneklerde Cu miktarı <9,10 ppm olmasına karşın iki örnekte 550,61 ppm ve 318,26 ppm'e ulaşmaktadır. Bunun yanında Pb miktarı 5,63-49,66 ppm arasında değişmektedir. Aynı şekilde Zn miktarı <18.51 ppm'de kalmaktadır.

Ti ve Cr gibi bağıl olarak duraylı iz elementlerin diyagramında (Şekil 4.43) pozitif bir korelasyon gözlenmektedir ki bu hidrotermal alterasyon ve bölgesel metamorfizma süresince bu elementlerin küçük çapta hareketliliğini önermektedir. Aynı şekilde Cr ve Al arasında da benzer korelasyon vardır. Bu turmalinitlerde gözlenen korelasyonun, birincil sedimenter öncülerinden (precursors) kalan (inherited) Cr- ve Ti-ca zengin bir kil fraksiyonu ve Cr- ve Ti-ca fakir bir kuvars

fraksiyonu arasındaki karışım çizgisini yansıttığı düşünülmektedir (Slack ve diğ., 1993).



Şekil 4.44 . Pb-Zn-Cu üçgen diyagramında, Karahayıt ve Yeşilköy bölgelerine ait turmalin bileşimleri. (♦) =Karahayıt turmalinitleri, (■) =Yeşilköy turmalinitleri.

Genel olarak çeşitli bölgelerden analiz edilen turmalinlerdeki temel-metal oranları birarada bulunduğu sülfid mineralizasyonunun metalojenisini yansıtmaktadır (Griffin ve diğ., 1996). Örneğin Cu-Pb-Zn üçgen diyagramı üzerinde Zn'nin önemli seviyelerini içeren turmalinler Zn köşesine veya yakınına düşmektedir veya ikincil Pb ve önemli miktarda Zn içerenler ise yaklaşık $Zn_{90}Pb_{10}$ üzerinde, Zn-Pb kenarı boyunca uzanmaktadır. Ancak Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerinde bu örneğe benzer bir durum söz konusu değildir (Şekil 4.44)

Bölüm V

SONUÇLAR

Petrolojik çalışmalarda gereği kadar önem verilmeyen turmalin minerali, yararlı bir petrojenetik anahtar mineral olarak gösterilmektedir (Henry ve Guidotti, 1985). Kimyasal ve mekanik olarak dirençli bir mineral olan bu mineral, birçok klastik sedimenter kayaç içinde ortaya çıkmaktadır (Krynine, 1946; Pettijohn ve diğ., 1973), fakat aynı zamanda otojenik olarak diyajenezin geç evresi boyunca gelişebilmektedir (Awathi, 1961; Ricketts, 1978; Gautier, 1979; Mader, 1980). Turmalin geniş hacim bileşim alanı ile, metamorfik kayaçlarda bulunmaktadır ve metamorfizmanın tüm derecelerinde gelişebilmektedir. Bununla birlikte, turmalinin bileşimsel çeşitliliği ve petrolojik önemi arasındaki ilişki üzerine yapılan çalışmalar oldukça azdır. Bu yüzden turmalin belirgin şekilde, petrojenetik anahtar mineral olarak kullanımı açısından unutulmuş bir mineral olmuştur (Henry ve Guidotti, 1985).

Slack (1996)'ya göre turmalin, stratiform ve stratabound mineral çökelimleri ile birlikte ortaya çıkabilmektedir. Bu gibi turmalinlerin kimyası hidrotermal cevher oluşum sistemlerinin kökeni ve evriminin bir anahtarı olarak kabul edilmektedir ve aynı zamanda mineral araştırmalarında maden arama rehberi olarak kullanılabilir (örn; Taylor ve Slack, 1984; Plimer, 1986; Slack ve Coad, 1989; Slack ve diğ., 1993; Hellingwerf ve diğ., 1994; Jiang ve diğ., 1995; Griffin ve diğ., 1996).

Kuvars-turmalin ve turmalinit kayaçlarının kökeni paleoortam/petrojenez çalışmaları ve mineral araştırmaları için önemlidir (Mittwede ve diğ., 1995). Bu çalışmadaki veriler ve jeolojik literatürde yayınlanmış olan diğer verilerin ışığında

(Tablo5.7), Menderes Masifi'nin güneyinde Bafa Gölü çevresi Karahayıt ve Yeşilköy yörelerindeki turmalinitlerin kökeninin değerlendirilmesi mümkündür.

Yaklaşık olarak ortaya çıktığı her bölgede turmalinitler metasedimenter ve metavolkanik kayalar içinde bulunmaktadır (Mittwede ve diğ., 1995). Menderes Masifi'nde Karahayıt Köyü yakınındaki turmalinit lokasyonunda, birçok birincil sedimenter özellik korunmuştur (Mittwede ve diğ., 1995). Örneğin, dereceli tabakalanma, turmalince zengin merccekler, ince-ölçekli tabakalanma/laminalanma ile yansıtılan birincil tabakalanmalar, çökme ve alev yapıları ve çapraz katmanlanma bu özellikler arasındadır (örn; Slack ve diğ., 1984; Plimer, 1988). Bununla birlikte Menderes Masifi'nde gözlenen diğer turmalinit lokasyonlarında da bu sedimenter özellikler korunmaktadır (Mittwede ve diğ., 1995).

Mittwede ve diğ. (1995)'e göre burada turmalin yaklaşık olarak %4 B_2O_3 'dur ve turmalinit, bir turmalinit birimi içine yerleşmiş bor miktarının sonucu olarak en az %15-20 turmalin içermektedir. Karahayıt turmalinitleri %3.57'nin üzerinde B_2O_3 içermektedir.

Slack (1982)'ye göre, bazı turmalinitler olasılıkla evaporit serilerindeki borun ilerleyen metamorfizması ile oluşmaktadır. Araştırmacı aynı zamanda diğer turmalinitlerin bilinen bandlı demir oluşumlarının "borlu benzerleri (karşılıkları)" olduklarını öne sürmektedir. Buna göre birçok stratiform turmalinit kayacı, aynı zamanda hematit ve/veya magnetit fasiyesli demir oluşumlarını üreten, bir denizaltı fumerolik-ekshalatif sistem ile deniz tabanı üzerinde çıkan borca zengin kimyasal sedimentlerin bölgesel metamorfizmasının bir sonucu olabilmektedir (Mittwede, 1984). Karahayıt bölgesinde turmalinit ve demir oluşumunun birarada bulunuşu, aynı zamanda bu iki maden arama kılavuzunun jenetik olarak ilişkili olabileceği fikrini desteklemektedir. Slack (1982)'ye göre eski evaporitik kuşaklar genellikle, anhidrit veya skapolit gibi diyagnostik minerallerin bolluğu ile belirtilmektedir. Bu mineraller ve ilişkili kimyasal işaretler depolanma sonrası deformasyon ve metamorfizmanın birincil sedimenter özellikleri tanınmaz hale getirdiği evaporitik ortamların

Tablo.5.7 Turmalinit oluşumları.

LOKASYON	LİTOLOJİK ORTAM	BİRİNCİL METALLER	REFERANSLAR
Sullivan, British Columbia, Canada	Argilli; kuvarsit; silttaşı; konglomera- (metasedimentler)	Pb-Zn-Ag	Ethier ve Campbell (1977)
Black Hawk, Maine, USA	Kuvarsit; kuvars-mika- klorit şist	Zn+Cu+Pb	Slack ve Taylor (1980)
Elizabeth, Vermont, USA	Kuvars-mika- hornblend şist	Cu+Zn	Slack ve Annis (1981)
Ore Knob, North Carolina, USA	Kuvars-mika- plajioklas gnays; amfibolit	Cu	Slac ve Taylor (1980)
Broken Hill, New South Wales, Australia	Kuvars-feldispat gnays; sillimanit gnays; granat kuvarsit	Pb-Zn-Ag	Barnes (1980)
Appalachian-Caledonides	Metasedimentler/ tüfler	Zn, Pb, Cu, Ag	Slack (1982)
South Carolina, USA	Metasedimentler/ volkanikler	Ag, Au, Sn, W(?)	Mittwede (1984, 1985)
Greenland (Nuuk, Godthab)	Amfib./ metasedimentler	W, temel metaller	Appell (1985, 1986), Appell ve Garde (1987)
Australia	Metasedimentler/ volkanikler	Polimetalik sülfidler, W, Sn, Au, Ag, Co	Plimer (1987, 1988)
Northern Territory (Aust.) (Golden Dyke Dome) (Rum Jungle)	Metasedimentler/ volkanikler, Metasedimentler/ karb./ volkanikler	Temel metal/ Au polimetalik sülfidler ve U	Nicholson (1980), Plimer (1986)
Tasmania (Rosebery)	Metavolk./ sedimentler	Zn, Pb, Cu, Ag, Au	Plimer ve Lees (1988)
Austria (Austroalpine)	Metakarbonatlar	W	Raith (1988)
Ireland	Metasedimentler	Au	McArdle ve diğ. (1989)
Italy (Bottino)	Metasedimentler/ volkanikler	Pb, Zn, Ag	Benvenuti ve diğ. (1989)
India (Nagpur district)	Metasediment	Masif sülfidler	Bandyopadhyay ve diğ. (1992)
Sweden (Bergslagen ore district)	Metasedimentler/ volkanikler	Pb, Zn, Ag	Hellingverf ve diğ. (1994)
Italy (Orobic Alps)	Kataklasitler		Zhang ve diğ. (1994)
Türkiye (Menderes Masifi)	Metasedimentler	Sn-W-Au	Mittwede ve diğ. (1992, 1993)

saptanmasına imkan vermektedir. Fakat birçok turmalin oluşumu bu tip mineralleri içermemektedir

Veri çeşitliliği açıkça, plutonik veya evaporitik kökenli olmayan birçok stratabound turmalin konsantrasyonunun denizaltı ekshalatif süreçlerle oluştuğunu öne sürmektedir (Slack, 1982). Araştırmacıya göre denizel sedimentler ve volkano-sedimentler serilerde turmalince zengin kayaçlar yaygın olarak stratabound mineral çökelimleri, beslenme zonları ve ilişkili alterasyon haneleri ile birarada bulunmaktadır. Turmalinlerin (ve turmalinitlerin) bu ortamlarda bol bulundukları durumda, bor açıkça hidrotermal sistemin önemli bir bileşeni olmuş demektir (Slack, 1982). Bu modelde, bor-ve metal- ilişkili (birlikteli) akışkanlar, denizaltı fumerolik veya sıcak kaynak merkezlerinden boşalmıştır ve lokal olarak kimyasal çökeller şeklinde depolanmıştır (Slack, 1982).

Karahayıt ve Yeşilköy turmalinitlerinin jeokimyasal çalışmaları, bu bölgede belirgin bir mineralizasyonun olmadığını belirtmektedir. Bununla birlikte Mittwede ve diğ. (1995)'e göre bu yöre turmalinitleri borca zengin hidrotermal akışkanlarla klastik sedimentlerin ekshalatif aktivite veya deniz tabanı ornatımı veya her ikisini işaret eden nadir bir kimyasal-sedimentler çökeliş ortamını belirtmektedir.

Sonuç olarak, her iki bölgede de turmalinitlerle doğrudan birarada bulunan herhangi bir metalik mineralizasyona rastlanmamasına karşın, turmalinitlerin varlığı, ortaya çıktıkları bölgelerde daha evvelden saptanmamış mineralizasyonlar açısından potansiyelin olabileceğini öne sürebilmektedir. Bu nadir litolojilerin incelenmesi, çalışma alanının ve dolayısıyla Menderes Masifi'nin paleoortamı ve evriminin anlaşılmasına bir ölçüde yön gösterebilmektedir.

KAYNAKÇA

- Akartuna, M., 1965, Aydın-Nazilli hattı kuzeyinde versanların jeolojisi hakkında. *MTA Bülteni*, 65, 1-11
- Akkök, R., 1981, Menderes Masifi'nin gnayslarında ve şistlerinde metamorfizma koşulları, Alaşehir- Manisa. *TIK Bülteni*, C.24, 11-20.
- Akkök, R., Satır, M., ve Şengör, C., 1984, Menderes Masifi'nde tektonik olayların zamanlaması ve sonuçları. *Ketin Sempozyumu*, 93-94.
- Awasthi, N., 1961, Authigenic tourmaline and zircon in the Vindhyan formations of Sone Valley, Mizapur District, Uttar Pradesh, India. *Journal of Sedimentary Petrology*, 31, 482-484.
- Bandyopadhyay, Slack, J.,F., Palmer, M.,R., and Roy, A., 1993, Tourmalinites associated with stratabound massive sulphide deposits in the Proterozoic Sakoli Group, Nagpur district, central India. In: Maurice, Y.T. (ed) 8th. IAGOD Symposium, Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, p. 867-885.
- Barton, R., Jr., 1969, Refinement of the crystal structure of buergerite and absolute orientation of tourmalines. *Acta Crystallographica*, B25, 1524-1532.
- Başarır, E., 1970, Bafa Gölü doğusunda kalan Menderes Masifi güney kanadının jeolojisi ve petrografisi. *E.Ü.F.F. İlmî Raporlar Serisi*, 102, 44 s.

Brinkmann, R., 1966, Geotektonische Gliederung von West Anatolien, N.S.b., *Geol. Paleont. Mh.* 10, 603-618.

____ 1967, Menderes Masifi'nin Milas-Bodrum-Ören civarındaki güney kanadı. E.Ü.F.F. İlmi Raporlar Serisi.

____ 1971, Das kristalline Grundgebirge von Anatolien, *Geol. Rundschau* Band 60, s. 886-895.

Bozkurt, E., 1996, Metamorphism of Paleozoic schists in the southern Menderes Massif. Field, petrographic, textural and microstructural evidence. *Tr. J. of Earth Sciences (TUBİTAK)*, 5, 105-121.

Candan, 1996, Kiraz-Birgi çevresindeki (Menderes Masifi/ Ödemiş-Kiraz Asması) gabroların petrografisi ve metamorfizmaları. *Yerbilimleri*, 18, 1-25.

Candan, O., Dora, O., Ö., 1997; The Generalized Geological Map of the Menderes Massif. DEÜ Geol. Eng. Dep.

Candan, O., Dora, O., Ö., Oberhänsli, R., Çetinkaplan, M., Partzsch, J., and Dürr, S., 1998, Pan-African high-pressure metamorphism in the Precambrian basement of the Menderes Massif, Western Anatolia-Turkey. OTDÜ Third International Turkish Geol. Symp., Abstracts of Oral and Poster Present., s. 275.

Candan, O., ve Kun, N., 1989, Menderes Masifi'nin batısında paleo-melanj kuşağının varlığı. *T.P.I.D. Bülteni*, C. 1/3, s. 237-251.

Cleland, J., M., Morey, G., B., and McSwiggen, P., L., 1996, Significance of tourmaline-rich rocks in the north Range Group of the Cuyuna Iron Range, East-Central Minnesota. *Economic Geology*, v.91, p. 1282-1291.

Çağlayan, M., A., Öztürk, E., M., Öztürk, Z., Sav, H., ve Akat, V., 1980, Menderes Masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum. *Jeoloji Müh.* s. 9-17.

Deer, W., A., Howie, R., A., and Zussman, J., 1966, An introduction to the rock forming minerals. Longman Group Limited, London, 90-96.

Dietrich, R., V., 1985, The tourmaline group. New York, Van Nostrand Reinhold, 300p.

Dora, O., Ö., 1975, Menderes Masifi'ndeki alkali feldispatların yapısal durumları ve bunların petrojenetik yorumlamada kullanılması. *TJK Bülteni*, 18, 111-126.

Dora, O., Ö., Savaşçın, Y., Kun, N., ve Candan, O., 1987, Menderes Masifi'ndeki post metamorfik plütonlar. *Yerbilimleri*, 14, 79-89.

Dora, O., Ö., Kun, N., and Candan, O., 1990, Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. *Proc. of International Earth Sciences Congress on Aegean Regions*, Vol. 2, İzmir/ TURKEY, 102-115.

Dora, O., Ö., Kun, N., ve Candan, O., 1992, Menderes Masifi'nin metamorfik tarihçesi ve jeotektonik konumu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35, 1-14.

Dora, O., Ö., Candan, O., Kun, N., Koralay, E., Akal, C., 1994, Menderes Masifi Ödemiş-Kiraz Asmasifi'nde yeni jeolojik bulgular ve sorunlar. *47. TJK Bildiri Özleri*, 32.

Dora, O., Ö., Candan, O., Kaya, O., Koralay, E., Dürr, S., 1998, Menderes Masifi'ndeki leptitlerin yeniden irdelenmesi: Üstkabuksal metasedimenter köken. *51. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri'nden*.

Dunn, P., J., Appleman, D., E., Nelen, J., A., and Norberg, J., 1977, Uvite, a new (old) common member of the tourmaline group and its implications for collectors. Mineralogical Record, v. 8, p. 100-108.

Egeran, N., Yener, H., 1944, Notes explicatives de la carte geologique de la Turguie. Feuille "İzmir" Publ. Inst. MTA, Ankara.

Egger, A., 1960, Glimmer feldispal und disthen verkommenin galsiet von Gördes, Manisa M.T.A., Derleme Rab. No. 2759.

Ethier, V., G., and Campbell, F., A., 1977, Tourmaline concentrations in Proterozoic sediments of the southern Cordillera of Canada and their economic significance. Canadian Journal of Earth Sciences, 14, 2348-2363.

Evirgen, M., M., 1979, Menderes Masifi kuzey kesiminde (Ödemiş- Bayındır- Turgutlu) gelişen metamorfizma, bazı ender parajenezler. TJK Bülteni, 22, 1, 109-115.

Fronde, C., Biedl, A., and Ito, J., 1966, New type of ferric iron tourmaline. American Mineralogist, 51, 1501-1505.

Gallagher, V., 1988, Coupled substitutions in schorl-dravite tourmaline: New evidence from SE Ireland. Mineralogical Magazine, v. 52, p. 637-650.

Gautier, D., L., 1979, Preliminary report of authigenic, euhedral tourmaline crystals in a productive gas reservoir of the Tiger Ridge Field, north-central Montana. Journal of Sedimentary Petrology, 49, 911-916.

Graciansky, P., 1965, Menderes Masifi'nin güney kıyası boyunca görülen metamorfizma hakkında açıklamalar. M.T.A. Der., 64, 8-21.

- Grice, J., D., and Robinson, G., W., 1989, Feruvite, a new member of the tourmaline group and its crystal structure. *Canadian Mineralogist*, v. 27, p. 199-203.
- Griffin, W., L., Slack, J., F., Ramsden, A., R., Win, T., T., and Ryan, C., G., 1996, Trace elements in tourmalines from massive sulphide deposits and tourmalinites: Geochemical controls and exploration applications. *Economic Geology*, v. 91, p. 657-675.
- Hamilton, W., J., and Strickland, H., E., 1840, On the geology of the western part of Asia Minor. *Trans. Geol. Soc. London*, V., VI. Second Series, p.1-39.
- Hellingwerf, R., H., Gatedal, K., Gallagher, V., and Baker, J., H., 1994, Tourmaline in the central Swedish ore district. *Mineralium Deposita*, 29, 189-205.
- Henry, D., J., and Guidotti, C., V., 1985, Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite-grade metapelites of NW Maine. *American Mineralogist*, v. 70, p. 1-15.
- Hetzel, R., Romer, R., L., Candan, O., and Passchier, C., W., 1998, Geology of the Bozdağ area, central Menderes Massif, SW Turkey: Pan-African basement and Alpine deformation. *Geol. Rundsch*, 87, 394-406.
- Höy, T., 1993, Geology of the Pucell Supergroup in the Fernie west-half map area, southwestern British Columbia. *Ministry Energy, Mines, Petrol Res. Bull.* 84.
- İzdar, E., 1975, Batı Anadolu'nun jeotektonik gelişimi ve Ege Denizi çevresine ait üniteler ile karşılaştırılması. *E.Ü. Müh. Bil. Fak. Yayınları*, Y. No 8, 59s.
- Jiang, S., Y., Palmer, M., R., Li, Y., -H., and Xue, C., -J., 1995, Chemical compositions of tourmaline in the Yindongzi-Tongmugou Pb-Zn deposits, Qinling, China: implications for hydrothermal ore-forming processes. *Mineralium Deposita*, 30, 225-234.

Jiang, S., Y., Palmer, M., R., Slack, J., F., and Shaw, D., R., 1998, Paragenesis and chemistry of multistage tourmaline formation in the Sullivan Pb-Zn-Ag deposit, British Columbia. *Economic Geology*, v. 93, p. 47-67.

Ketin, İ., 1966, Anadolu'nun tektonik birlikleri. *M.T.A. Der.*, 66, 20-34.

Konak, N., 1985, Menderes Masifi'nde çekirdek örtü ilişkilerinin yeni gözlemler ışığı altında tartışılması. T.J.K. Bildiri Özeti, s. 33.

Konak ve diğ., 1994, Menderes Masifi'ne genel bir bakış. 47. T.J.K. Bildiri Özleri Kitabı, s. 126.

Krynine, P., D., 1946, The tourmaline group in sediments. *Journal of Geology*, 54, 65-87.

Kun, N., 1983, Çine dolayının petrografisi ve Menderes Masifi'nin güney kesimine ait petrolojik bulgular. (Doktora Tezi), D.E.Ü. M.M. Fak. Jeoloji Müh. Böl., İzmir, 124 s.

Kun, N., ve Candan, O., 1987, Ödemiş Asmasifi'ndeki leptitlerin dağılımı, konumları ve oluşum koşulları, TBAG-688 no'lu proje, 133 s.

Kun, N., ve Candan, O., 1991, Menderes Masifi güneydoğusunda kalan Karıncalı Dağı çevresinin jeolojisi, petrografisi ve metavolkanitlerin (leptit) kökeni. *Selçuk Üniv. Müh.-Mim. Fak. Dergisi*, 1, 30-44.

Kun, N., Candan, O., Dora, O., Ö., ve Koralay, E., 1993, Menderes Masifi çekirdek serisinin litostratigrafisine ilişkin yeni veriler. Hacettepe Üniv. Yerbilimlerinin 25. yılı sempozyumu, 15-18 Kasım 1993.

Mader, D., 1980, Tourmaline authigenesis in carbonate-rock breccias from the upper Bunter of the Northern Trier Bay, Western Eifel, *Aufschluss*, 31, 249-256.

- Main, J., V., Mason, D., O., and Tuckwell, K., D., 1983, The characteristics and interpretation of whole rock geochemical data, Willyama Supergroup, New South Wales-Trends towards ore. *Australasian Inst. Mining Metallurgy Symp. Ser.*, v. 12, p. 115-131.
- Manning, O., A., C., 1982, Chemical and morphological variation in tourmalines from the Hub Kapang batholith of peninsular Thailand. *Mineralogical Magazine*, 45, 139-147.
- McDonald, D., J., Hawthorne, F., C., and Grice, J., D., 1993, Foitite, a new alkali-deficient tourmaline: Description and crystal structure. *American Mineralogist*, v. 78, p. 1299-1303.
- Mittwede, S., K., 1984, for 1983, Tourmalinite, anomalous tourmaline concentrations, and iron formation as exploration guides in northwestern Cherokee County, South Carolina. *South Carolina Geology*, v. 27, Nos. 1& 2.
- Mittwede, K., S., Helvacı, C., Karamanderesi, İ., H., Kun, N., and Candan, O. 1992, Modes and implication of tourmaline occurrences in the Menderes Massif, Western Anatolia, Türkiye, *Yerbilimleri, Geosound*, ISSN 1019-1003, 179-190.
- Mittwede, K., S., Helvacı, C., and Karamanderesi, İ., H., 1994; On the use of anomalous tourmaline concentration as exploration guides in the Menderes Massif, Western Anatolia, Türkiye, *47 T.I.K. Bildiri Özleri Kitabı*, s. 160.
- Mittwede, K., S., Helvacı, C., and Karamanderesi, İ., H., 1997, A tale of Turkish Tourmalinites. *Tourmaline 1997, International Symp. on Tourmaline, Abstracts*, p. 55-56.

- Mittwede, S., Karamanderesi, İ., H., and Helvacı, C., 1995; Tourmaline-rich rocks of the southern part of the Menderes Massif, Southwestern Anatolia, Turkey. IESCA-1995, Excursion Guide, 25p.
- Morin, R., Silva, A., J., 1984, The effects of high pressure and high temperature on some physical properties of ocean sediments. *J. Geophys. Res.* 89 (B):511-526.
- Nicholson, P., M., 1980, The geology and economic significance of the Golden Dyke dome, Northern Territory: in Ferguson, J. And Goleby, A. B., eds., Uranium in the Pine Creek geosyncline: Proceedings of the International Symposium, Sydney, June, 1979 (Vienna, Intern. Atomic Energy Agency, 1980), p. 319-334.
- Oberhänsli, R., Candan, O., Dora, O., Ö., and Dürr, St., H., 1997, Eclogites within the Menderes Massif/ Western Turkey. *Lithos*, 41, 135-150.
- Oberhänsli, R., Monie, P., Candan, O., Warkus, F., C., Partzsch, J., H., and Dora, O., Ö., 1998, The age of blueschist metamorphism in the Mesozoic cover series of the Menderes Massif. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 78, 309-316.
- Önay, T., S., 1949, Über die Smirgelgesteine Südwest-Anatoliens. Schweizer Alpen. Internat. Geol. Congr. 21st. Sess. Rep. Part, 13-132-8, Copenhagen.
- Partzsch, J., H., Oberhänsli, R., Candan, O., and Warkus, F., C., 1998, The evolution of the central Menderes Massif, West Turkey: A complex nappe pile recording 1.0 Ga of Geological History. *Freiberger Forschungsheft*, v. 471, p. 166-168.
- Pettijohn, F., J., Potter, P., E., and Siever, R., 1973, Sand and sandstones. Springer-Verlag, New York.
- Philippson, A., 1911, Reisen und Forschungen im Westlichen Kleinasien- Petermanns Mitt. Ergänzungsheft, 172, Gotha.

Plimer, I., R., 1983, The association of tourmaline-bearing rocks with mineralization at Broken Hill, NSW. Australasian Institute of Mining and Metallurgy Conference Series, v. 12, p. 157-176.

_____, 1986, Tourmalinites from the Golden Dyke dome, northern Australia: *Mineralium Deposita*, v. 21, p. 434-451.

_____, 1988, Tourmalinites associated with Australian Proterozoic submarine exhalative ores, In Friedrich, G. H. and Herzig, P. M. (eds), *Base Metal Sulphide Deposits*: Berlin, Springer-Verlag, p. 255-283.

Raith, J., G., 1988, Tourmaline rocks associated with stratabound scheelite mineralization in the Austroalpine Crystalline Complex, Austria: *Mineralogy and Petrology*, v. 39, p. 265-288.

Ricketts, B., D., 1978, Authogenic tourmaline from the Middle Precambrian Belcheher group, Northwest Territories, Canada *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 26, 543-550.

Rosenberg, P., E., and Foit, F., F., Jr., 1979, Synthesis and characterization of alkali-free tourmaline. *American Mineralogist*, v. 64, p. 180-186.

Schuiling, R., D., 1962, Türkiye'nin güneybatısında Menderes migmatit kompleksinin petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında. *M.T.A. Der.*, 58, 71-84.

Scotford, D., M., 1969, Metasomatic augen gneiss in greenschist facies Western Turkey. *Geol. Soc. of Amer. Bull.*, 80, 1079-1094.

Slack, J., F., 1982, Tourmaline in Appalachian- Caledonian massive sulphide deposits and its exploration significance. Transactions/section B of the Institution of Mining and Metallurgy, 91, B81-B87.

- _____. 1993, Models for tourmalinite formation in the Middle Proterozoic belt and Purcell supergroups (Rocky Mountains) and their exploration significance. *Canada Geological Survey Paper* 93-1E, p. 33-40.
- _____. 1996, Tourmaline associations with hydrothermal ore deposits. *Reviews in Mineralogy*, v. 33, p. 559-623.
- Slack, J., F., and Coad, P., R., 1989, Multiple hydrothermal and metamorphic events in the Kidd Creek volcanogenic massive sulphide deposits, Timmins, Ontario: Evidence from tourmalines and chlorites. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 26, p. 694-715.
- Slack, J., F., Herriman, N., Barnes, R., G., and Plimer, I., R., 1984, Stratiform tourmalinites in metamorphic terranes and their geologic significance. *Geology*, v. 12, p. 713-716.
- Slack, J., F., Palmer, M., R., Stevens, B., P., J., and Barnes, R., G., 1993, Origin and significance of tourmaline-rich rocks in the Broken Hill district, Australia. *Economic Geology*, v. 88, p. 505-541.
- Slack, J., F., and Stevens, B., P., J., 1994, Clastic metasediments of the Early Proterozoic Broken Hill Group, New South Wales, Australia: Geochemistry, provenance, and metallogenic significance. *Geochimica et Cosmochimica Acta.*, v. 58, p. 3633-3652.
- Şengör, C., Satır, M., and Akkök, R., 1984, Timing of tectonic events in the Menderes Massif, Western Turkey. Implications of tectonic evidence for Pan-African basement in Turkey, *Tectonics*, 3, 7, 693-707.
- Taşkın, İ., 1981, Bafa Gölü kuzeybatısının jeolojisi ve petrografisi. Bitirme Tezi, E.Ü.Y.B.F., İzmir, 58 s.

Taylor, B., E., and Slack, J., F., 1984, Tourmalines from Appalachian- Caledonian massive sulphide deposits; Textural, chemical, and isotopic relationships. *Economic Geology*, v. 79, p. 1703-1726.

Turner, R., J., W., Leitch, C., H., B., Delaney, G., 1995a, Physical evolution of vent complex, Sullivan Zn-Pb-Ag deposit, B.C. Geol. Assoc. Canada-Mineral Assoc. Canada, Program Abstr. 20:A105.

Tchihatcheff, P., De, 1869, *Asie mineure (Description Physique) Quartrieme Partie Geologie*, 111, 552 p., Paris.

Wipperf, J., 1964, Menderes Masifi'nin Alpidik dağ oluşumu içerisindeki durumu *M.T.A. Dergisi*, s. 62, 71-79.