

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GRANİTLERDE MİNERALOGİ KAYNAKLI JEOLojİK SORUNLARIN
ARAŞTIRILMASI: AKSARAY (İÇ ANADOLU BÖLGESİ-TÜRKİYE)**



DOKTORA TEZİ

Osman Serkan ANGI

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GRANİTLERDE MİNERALOGİ KAYNAKLI JEOLJİK SORUNLARIN
ARAŞTIRILMASI: AKSARAY (İÇ ANADOLU BÖLGESİ-TÜRKİYE)**



DOKTORA TEZİ

**Osman Serkan ANGI
(505072301)**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Emin ÇİFTÇİ

HAZİRAN 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505072301 numaralı Doktora Öğrencisi Osman Serkan ANGI, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “GRANİTLERDE MİNERALOJİ KAYNAKLI JEOLJİK SORUNLARIN ARAŞTIRILMASI: AKSARAY (İÇ ANADOLU BÖLGESİ-TÜRKİYE)” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Emin ÇİFTÇİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Ö. Işık ECE**
İstanbul Teknik Üniversitesi


Prof. Dr. Fuat YAVUZ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Atiye TUĞRUL
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : **24 Mayıs 2016**
Savunma Tarihi : **13 Haziran 2016**





*Yaşamımda, şu anda bulunduğum mertebeyi, fedakâr çabaları ve destekleri sayesinde kazandığım;
Rahmetli Babam; Ömer Kayhan ANGI ve
Rahmetli Annem; Aysel ANGI'ya,*

ÖNSÖZ

“GRANİTLERDE MİNERALOJİ KAYNAKLI JEOLJİK SORUNLARIN ARAŞTIRILMASI: AKSARAY (İÇ ANADOLU BÖLGESİ – TÜRKİYE)” başlıklı bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’ne “Doktora Tezi” olarak hazırlanmış ve sunulmuştur.

Tez çalışmasının, “granit blok taş ocak yeri seçimi, üretimi ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi” için yapılan “jeolojik fizibilite araştırmaları” kapsamında “yatırım” başta olmak üzere “ürün kalite bozuklukları” ile “üretim ve zaman kayıplarını” önleyeceği, bu bağlamda “Türkiye Doğal Taş Sektörü”ne önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

Tez konusunu öneren, Prof. Dr. Sayın M. Mustafa ERDOĞAN hocam, çalışmalarım boyunca bilimsel önerileriyle bana destek ve yardımcı olan Prof. Dr. Sayın Erdoğan YÜZER, Prof. Dr. Sayın Mahir VARDAR, Doç. Dr. Sayın Yılmaz MAHMUTOĞLU, Doç. Dr. Sayın H. Tolga YALÇIN, Prof. Dr. Sayın Ş. Can GENÇ, Prof. Dr. Sayın R. Fahri ESENLİ, Prof. Dr. Sayın Yücel YILMAZ ve Prof. Dr. Sayın M. Sezai KIRIKOĞLU hocalarım, İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri Prof. Dr. Sayın Atiye TUĞRUL ve Prof. Dr. Sayın Sabah YILMAZ ŞAHİN hocalarım ile İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Sayın Turgay ONARGAN hocama teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tezin yürütücülüğünü yapan ve çalışmalarımın her aşamasında desteğini ve yardımlarını esirgemeyip bana her zaman yol gösteren ve yanımda olan danışman hocam Doç. Dr. Sayın Emin ÇİFTÇİ’ye değerli katkılarından dolayı teşekkürü ve saygıyı bir borç bilirim.

Tezimin arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sırasında tarafıma yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, aynı zamanda tez izleme komitesinin değerli üyeleri olan İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Sayın Ö. Işık ECE ve Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Sayın Yusuf Kağan KADIOĞLU hocalarıma, analiz sonuçlarımın değerlendirilmesinde önemli yardımlarda ve katkılarda bulunan İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Sayın Fuat YAVUZ hocama, tezimin her aşamasında yanımda bulunan ve bana her türlü desteği veren değerli büyüğüm Dr. Sayın Orhan YAVUZ hocama, kıymetli dostum Arş. Gör. Gökhan ŞANS’a, laboratuvar teknisyenleri Yüksel İLGAR ile Mehmet Ali ORAL’a, değerli öğrencilerim ve meslektaşlarım Öymen AKIN, Damla ERDOĞAN, Suat AKSU, Ayşegül ALTAN, M. Onur KARAAĞAÇ ve N. Buğra YAZICI ile kadim dostum Ümit ÖĞRÜNÇ’e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmasını maddi kaynak sağlayarak destekleyen İTÜ Rektörlüğü BAP birimine ve İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Ocak ve fabrika çalışmalarında sağlamış olduğu imkânlar ve kolaylıklardan dolayı GRANİTAŞ A.Ş. firmasının başta yönetim kurulu başkanı Sayın Suat SARISOY ile pazarlama koordinatörü Sayın Rıza BİRİNCİOĞLU olmak üzere, tüm değerli yetkililerine ve çalışanlarına teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tüm hayatım boyunca bana her zaman destek veren ve yanımda olan başta rahmetli babam Ömer Kayhan ANGI ve rahmetli annem Aysel ANGI ile halalarım Sevinç ANGI ve Sezen ANGI olmak üzere, kıymetli ailemin tüm mensuplarına sonsuz teşekkür, saygı ve minneti ömür boyu bir borç bilirim.

Haziran 2016

Osman Serkan ANGI
(Jeoloji Yüksek Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET.....	xxv
SUMMARY	xxvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	6
2. MALZEME VE YÖNTEM	9
2.1 Literatür Çalışmaları	9
2.1.1 Önceki Çalışmalar	9
2.1.1.1 Çalışma bölgesi ile ilgili yapılan önceki çalışmalar.....	9
2.1.1.2 Çalışma konusu ile ilgili yapılan önceki çalışmalar.....	16
2.2 Arazi Çalışmaları.....	19
2.3 Laboratuvar Çalışmaları.....	19
2.3.1 Laboratuvar çalışmalarında kullanılan analitik teknikler.....	20
2.3.1.1 Optik mikroskop incelemeleri.....	20
2.3.1.2 XRD analizleri	21
2.3.1.3 XRF analizleri	22
2.3.1.4 ICP-OES ve MS analizleri	23
2.3.1.5 İyon kromatografisi analizleri.....	24
2.3.1.6 Sülfür izotop analizleri.....	24
2.3.1.7 Elektron mikroprop analizleri (EPMA)	25
2.3.1.8 Raman spektroskopisi analizleri	26
2.3.1.9 Gamma spektroskopisi analizleri	26
2.3.1.10 Fiziko-mekanik ve hızlandırılmış paslanma deneyleri	27
2.4 Büro Çalışmaları.....	28
3. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI	29
3.1 Coğrafik Konum ve Ulaşım Durumu.....	30
3.2 Morfoloji, Su Durumu, İklim ve Bitki Örtüsü	30
3.3 Bölgesel Jeoloji ve Stratigrafi	31
3.4 Çalışma Alanının Jeoloji ve Stratigrafisi	35
3.5 Yapısal Jeoloji.....	43
3.6 Ekonomik Jeoloji	45
4. ÇALIŞMA BÖLGESİNDEKİ GRANİT BLOK TAŞ OCAĞININ MALZEME JEOLJİSİ.....	47
4.1 Granit Blok Taş Ocağının Coğrafik Konumu ve Ulaşım Durumu	47
4.2 Granit Blok Taş Ocağının Üretim ve İşletme Bilgileri.....	48

4.3 Granit Blok Taş Ocağı ve Civarında Bulunan Magmatik Kayaçların Mineralojisi ve Petrografisi	49
4.4. Granit Blok Taş Ocağındaki Malzeme Jeolojisi Çalışmaları	59
4.4.1 Granit blok taş ocağındaki üretim kalitesini etkileyen jeolojik sorunlar	62
4.4.1.1 Ayrışma ve alterasyon durumu	63
4.4.1.2 Süreksizlik durumu	63
4.4.1.3 Anklav oluşukları	66
4.4.1.4 Kuvars-aplit damarları	70
4.4.1.5 Pegmatit cepleri ve miyarolitik boşluklar	71
4.4.1.6 İstenmeyen mineral saçınımları	73
4.4.2 Granit blok taş ocağından üretilen granitlerin malzeme özellikleri	74
5. ÇALIŞMA ALANINDAKİ GRANİTLERDE PASLANMA SORUNUNUN ARAŞTIRILMASI	79
5.1 Granitlerdeki Ayrışma Türleri	79
5.2 Granitlerde Paslanmayı Denetleyen Faktörler, Türleri ve Etkileri	80
5.3 Granit Blok Taş Ocaklarında Rastlanılan Paslanmaya Dünya'dan ve Türkiye'den Örnekler	83
5.4 "Crema Lal" Ticari İsimli Granit Blok Taş Ocağındaki Paslanmanın Nedenlerinin Araştırılması	90
5.4.1 Mafik ve felsik magmaların karışım (magma mixing/mingling) süreçleri	92
5.4.2 Mineralojik araştırmalar	102
5.4.2.1 Biyotitin genel özellikleri	102
5.4.2.2 Biyotitin türleri ve sınıflandırılması	104
5.4.2.3 Biyotitin ayrışması	104
5.4.2.4 "Crema Lal" ticari isimli granitteki biyotitlerin mineralojik özellikleri	105
5.4.2.5 Piritin genel özellikleri	108
5.4.2.6 Piritin türleri ve sınıflandırılması	108
5.4.2.7 Piritin ayrışması	109
5.4.2.8 "Crema Lal" ticari isimli granitteki piritlerin mineralojik özellikleri	109
5.4.3 Jeokimyasal araştırmalar	113
5.4.4 XRD araştırmaları	115
5.4.5 İzotop jeokimyası araştırmaları	116
5.4.6 İyon kromatografisi araştırmaları	118
5.4.7 EPMA araştırmaları	119
5.4.7.1 Biyotitlerin mineral kimyası analizleri	119
5.4.7.2 Kloritlerin mineral kimyası analizleri	127
5.4.7.3 Piritlerin mineral kimyası analizleri	130
5.4.8 Raman spektroskopisi araştırmaları	131
5.4.8.1 Biyotitlerin Raman spektroskopik analizleri	132
5.4.8.2 Piritlerin Raman spektroskopik analizleri	138
5.4.8.3 Pas fazlarının Raman spektroskopik analizleri	138
5.4.9 Hızlandırılmış paslanma deneyleri	145
5.4.9.1 Termal şok deneyi	146
5.4.9.2 Alkali çözelti deneyi	148
5.5 Pas Lekelerini Temizlemeye ve Önlemeye Yönelik Çözüm Önerileri	150
5.5.1 Pas lekelerinin temizlenmesi	151
5.5.2 Pas lekelerinin önlenmesi	155

6. ÇALIŞMA BÖLGESİNDEKİ GRANİTLERİN RADYOAKTİVİTE POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI.....	155
6.1 Mineralojik-Petrografik Çalışmalar	156
6.2 Jeokimyasal Çalışmalar.....	158
6.2.1 Radyojenik elementlerin ve minerallerin jeokimyasal özellikleri	158
6.2.2 XRF ve ICP-MS analizleri	159
6.3 Raman Spektroskopisi Analizleri.....	160
6.4 Mineral Kimyası Analizleri	161
6.5 Gamma Spektroskopisi Analizleri	162
6.6 Granitlerin Radyolojik Risklerinin Belirlenmesi	162
6.7 Granitlerin Radyoaktivitesinin İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi...	166
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	169
KAYNAKLAR	187
EKLER.....	201
ÖZGEÇMİŞ.....	203





KISALTMALAR

AİT	: Ağaçören İnrüzif Takımı
BSEI	: Back Scattered Electron Image
CCD	: Charge Coupled Device
COLG	: Collision Granites
ÇNAEM	: Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
EC	: European Commision
EDS	: Energy Dispersive Spectroscopy
EDTA	: Etilendiamine Tetra Asetik Asit
EMB	: Ekecikdağ Magmatik Birliği
EPMA	: Electron Probe Micro Analysis
GPS	: Global Positioning System
HPGe	: High-purity Germanium
ICP-OES	: Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
ICS	: Ion Cromatography System
İMİB	: İstanbul Maden İhracatçıları Birliği
JAL	: Jeokimya Araştırma Laboratuvarı
KCG	: K-rich Calc-alkaline Granite
LA-ICP-MS	: Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
LIL	: Large Ion Lithophile
LOI	: Loss on Ignation
MİGEM	: Maden İşleri Genel Müdürlüğü
MMA	: Mafik Mikrogranüler Anklav
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NTE	: Nadir Toprak Elementleri
OAKK	: Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı/Kompleksi
QAP	: Quartz-Alkali Feldspar-Plagioclase
RS	: Raman Spectroscopy
SEM	: Scanning Electron Microscope
SI	: Sulphur Isotope
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TIMS	: Thermal Ionization Mass Spectrometry
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TS-EN	: Turkish Standards-European Norm
UNSCEAR	: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
UV	: Ultraviyole
XRD	: X-Ray Diffraction
XRF	: X-Ray Fluorescence
VCDT	: Vienna Cañon Diablo Troilite



SEMBOLLER

A_K	: Potasyumun aktivite konsantrasyonu
A_{Ra}	: Radyumun aktivite konsantrasyonu
A_{Th}	: Toryumun aktivite konsantrasyonu
An	: Anortit
A/CNK	: Alüminyum doygunluk indeksi
AED	: Etkin doz miktarı
apfu	: Atoms per formula units
Bq	: Becquerel
D_a	: Soğurulmuş Gamma doz hızı
δ³⁴S_{V-CDT}	: Kükürt izotop konsantrasyonu
E_c	: Elektrik iletkenliği
E_h	: İndirgenme-yükseltgenme potansiyeli
fO₂	: Oksijen fugasitesi
Fr⁰	: Fransız sertlik derecesi
Gy	: Gray
I	: Igneous
I_γ	: Gamma aktivite indisi
kbar	: Kilobar
Mohs	: Mineral/Kayaç sertlik derecesi
My	: Milyon yıl
n	: Mineralin optik kırılma indisi
n_g – n_p	: Mineralin çift kırılması
P	: Basınç
P_{Bi}	: Biyotit jeobarometresi
pH	: Asidite
Ra_(eq)	: Radyum eşdeğer aktivite konsantrasyonu
S	: Sedimenter
Sv	: Sievert
T	: Sıcaklık
TDS	: Sudaki toplam çözülmüş katı madde miktarı
T_{Bi}	: Biyotit jeotermometresi/oluşum sıcaklığı
2Θ	: X-ışını kırınım açısı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Ozancık Monzograniti'nin modal mineralojik bileşimi.....	52
Çizelge 4.2 : Gabro ve piroksen-hornblend gabronun modal mineralojik bileşimi. .	54
Çizelge 4.3 : Diyorit ve kuvars diyoritin modal mineralojik bileşimi.....	56
Çizelge 4.4 : Mafik mikrogranüler anklavın (MMA) modal mineralojik bileşimi. ..	70
Çizelge 4.5 : Açık pembe renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin fiziko-mekanik deney sonuçları ve kaplama-döşeme taşı olarak kullanıma uygunluğunun değerlendirilmesi.....	76
Çizelge 5.1 : Zonlu plajiyoklazların çekirdek ve çeperlerinde yapılan EPMA sonuçları.....	96
Çizelge 5.2 : Zonlu plajiyoklazların EPMA analiz sonuçlarına göre % An miktarları ve türleri	96
Çizelge 5.3 : “Crema Lal” ticari isimli granitlerin XRF analiz sonuçları.	114
Çizelge 5.4 : “Crema Lal” ticari isimli granitlerin ICP- OES ve MS analiz sonuçları.	115
Çizelge 5.5 : Piritlerde yapılan kükürt izotop analiz sonuçları.....	116
Çizelge 5.6 : Granit blok taş ocağındaki ana fay zonlarından alınan su örneklerinin fiziko-kimyasal özellikleri ve iyon kromatografisi analiz sonuçları..	118
Çizelge 5.7 : Gri renkli (passız) “Crema Lal” ticari isimli granitteki biyotitlerin EPMA sonuçları.....	119
Çizelge 5.8 : Gri renkli (paslı) “Crema Lal” ticari isimli granitteki biyotitlerin EPMA sonuçları.....	119
Çizelge 5.9 : Birincil (magmatik) biyotitlerin jeotermometre (oluşum sıcaklığı) değerleri	121
Çizelge 5.10 : Yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerin jeotermometre (oluşum sıcaklığı) değerleri	121
Çizelge 5.11 : Birincil (magmatik) biyotitlerdeki Al _T 'ye göre Ozancık Monzograniti'nin biyotit-Al jeobarometre (katılma basıncı) değerleri	122
Çizelge 5.12 : Yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerdeki Al _T 'ye göre Ozancık Monzograniti'nin biyotit-Al jeobarometre (katılma basıncı) değerleri.....	122
Çizelge 5.13 : “Bergama Gri” ticari isimli granitteki biyotitlerin EPMA sonuçları.....	126
Çizelge 5.14 : “Crema Lal” ticari isimli granitteki kloritlerin EPMA sonuçları.....	128
Çizelge 5.15 : “Bergama Gri” ticari isimli granitteki kloritlerin EPMA sonuçları.....	129
Çizelge 5.16 : Biyotitlerin dilinim düzlemlerinde ve çeperlerinde bulunan piritlerin EPMA sonuçları.....	131
Çizelge 5.17 : Biyotitlerin dilinim düzlemlerinde ve çeperlerinde bulunan arsenikli piritlerin EPMA sonuçları.....	131
Çizelge 5.18 : Granitlerde saçınım şeklinde bulunan piritlerin EPMA sonuçları. ..	131

Çizelge 5.19 : Kalkopiritlerin EPMA sonuçları.....	131
Çizelge 6.1 : Çalışma bölgesinde işletilen ticari granitlerin mineralojik-petrografik özellikleri.....	157
Çizelge 6.2 : U ve Th radyonüklitlerini ve K radyoizotopunu içeren potansiyel radyojenetik mineraller ve bu minerallerde bulunan radyonüklitlerin bolluk dereceleri.....	158
Çizelge 6.3 : Granit örneklerinin XRF analizleri ile belirlenen major oksit içerikleri ve kızdırma kaybı (LOI) oranları.....	160
Çizelge 6.4 : Granit örneklerinde ICP-MS analizleri ile belirlenen radyonüklitlerin ve potansiyel radyojenetik minerallerin bileşimde bulunan bazı iz elementlerin içerikleri.....	160
Çizelge 6.5 : Rosalin/Aksaray Pink granitindeki ksenotim mineralinin EPMA sonuçları.....	162
Çizelge 6.6 : Granit örneklerinin hesaplanan iç ortamlar için dış ışınlamadan kaynaklanan dahili soğrulmuş Gamma doz hızı [$D_a(nGy h^{-1})$], yapı içi yıllık etkin dozu [$AED(mSv y^{-1})$] ve Gamma aktivite indisi [I_γ] değerleri.....	165
Çizelge 6.7 : Çeşitli yapı malzemelerinin yapı içi yıllık etkin doz ölçütünün kontrolüne yönelik Gamma aktivite indisi (I_γ) değerleri.....	166

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Doğal taşların jeo-litolojik olarak sadeleştirilmiş sınıflaması.....	2
Şekil 1.2 : Türkiye'nin türlerine göre blok taş üretim bölgelerinin dağılımı.....	4
Şekil 1.3 : Türkiye'de üretilen önemli ticari granitler.	5
Şekil 2.1 : Leica DM4500P model polarizan petrografi mikroskobu.....	21
Şekil 2.2 : Nikon Eclipse L150 model cevher mikroskobu.	21
Şekil 2.3 : Bruker D8 Advance model X-ışını kırınımı ünitesi.	22
Şekil 2.4 : Bruker F8 Tiger model XRF cihazı.....	23
Şekil 2.5 : Perkin-Elmer Elan 6100 model ICP-MS cihazı.	23
Şekil 2.6 : Dionex ICS-1100 model İyon Kromatografi sistemi.	24
Şekil 2.7 : Finnigan MAT252 model izotop oran Kütle Spektrometresi.....	25
Şekil 2.8 : JEOL JXA 8600 model Elektron Mikroprop cihazı.....	25
Şekil 2.9 : HORIBA Jobin Yvon LabRAM-800 HR model Konfokal Raman Spektrometresi.....	26
Şekil 2.10 : Mekanik laboratuvar deneylerinde kullanılan MTS marka pres cihazı.	28
Şekil 3.1 : Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	29
Şekil 3.2 : Çalışma alanının K-G yönünde genel görünümü.	30
Şekil 3.3 : Çalışma alanının morfolojik yapısının ve granit blok taş ocağının uydu görüntüsü.....	31
Şekil 3.4 : OAKK'nın çevresinde bulunan jeolojik ve tektonik birimler ile olan ilişkisi	32
Şekil 3.5 : OAKK'nın genelleştirilmiş jeoloji haritası ve çalışma alanının bölgesel jeoloji içindeki konumu	33
Şekil 3.6 : OAKK'nın genelleştirilmiş bölgesel stratigrafik dikme kesiti.....	35
Şekil 3.7 : Ozancık Monzograniti'nin bulder biçimli yüzleklerinin arazideki görünümü.	37
Şekil 3.8 : Ozancık Monzograniti içinde gözlenen kuvars cepleri.	37
Şekil 3.9 : Keleşdağ Gabro-diyoritinin çalışma alanında oluşturduğu yüksek tepelerin görünümü.	38
Şekil 3.10 : Keleşdağ Gabro-diyoriti içinde tanımlanan gabroyik kayaların görünümü.	38
Şekil 3.11 : Keleşdağ Gabro-diyoriti içinde tanımlanan diyoritlerin görünümü.	39
Şekil 3.12 : Keleşdağ Gabro-diyoritini kesen felsik daykın arazideki görünümü.	39
Şekil 3.13 : Keleşdağ Gabro-diyoriti'ni kesen mafik daykın arazideki görünümü. ...	40
Şekil 3.14 : Çalışma alanındaki Pörnekler köyü batısındaki ayrıışmış granit arenası.	40
Şekil 3.15 : Çalışma alanında geniş yayılım gösteren Peçenek Formasyonu'nun görünümü.	42
Şekil 3.16 : Kızılkaya İgnimbiriti'nin çalışma alanındaki görünümü.	42

Şekil 3.17 : Çalışma alanı ve civarının tez kapsamında hazırlanan genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.....	43
Şekil 3.18 : Türkiye tektonik birlikleri ve OAKK'nın konumu	44
Şekil 3.19 : OAKK'nın Akdeniz Alpin kuşağındaki konumunu gösteren genelleştirilmiş yapısal jeolojik ve tektonik haritası	44
Şekil 3.20 : Aksaray ili yeraltı kaynaklarının dağılım haritası	45
Şekil 4.1 : Çalışma alanında bulunan granit blok taş ocağının uydu görüntüsü.....	47
Şekil 4.2 : Çalışma alanının D-B doğrultusunda Ozancık kasabasından panoramik görünümü.	48
Şekil 4.3 : Granit blok taş ocağının D-B doğrultusunda panoramik görünümü.	48
Şekil 4.4 : Granit blok taş ocağında üretim yapılan kademelerin görünümü.	49
Şekil 4.5 : Granit blok taş ocağı ve civarı jeolojisinin üç boyutlu blok diyagramı. ..	50
Şekil 4.6 : Ozancık Monzograniti'nin (açık pembe renkli) polarizan mikroskop altındaki görüntüsü	50
Şekil 4.7 : Ozancık Monzograniti'ndeki biyotitlerde gözlenen kloritleşme	51
Şekil 4.8 : Ozancık Monzograniti'ndeki plajiyoklazlarda ve alkali feldispatlarda gözlenen serisitleşme.....	51
Şekil 4.9 : Ozancık Monzograniti'nin QAP üçgen diyagramındaki sınıflaması	52
Şekil 4.10 : Gabro örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	53
Şekil 4.11 : Piroksen-hornblend gabro örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	53
Şekil 4.12 : Keleşdağ Gabro-diyoriti'nin içinde tanımlanan gabro ve piroksen hornblend gabronun Plg-Prx-Hbl üçgen diyagramındaki sınıflaması	54
Şekil 4.13 : Diyoritin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü	55
Şekil 4.14 : Kuvars diyoritin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	55
Şekil 4.15 : Diyorit ve kuvars diyoritin QAP üçgen diyagramındaki sınıflaması	56
Şekil 4.16 : Mafik dayk örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü	57
Şekil 4.17 : Felsik dayk örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü	57
Şekil 4.18 : Prizmatik çubuksu hornblend mineralleri ile karakterize olan apinit kayasının megaskobik görünümü.....	58
Şekil 4.19 : Apinit örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	58
Şekil 4.20 : Granit blok taş ocağının üretime uygunluğunun jeolojik fizibilite çalışmaları kapsamında araştırılması öngörülen unsurlarının akış diyagramı.....	59
Şekil 4.21 : Granit blok taş ocağının üst kesimlerinde gözlenen ayrışma zonu.	61
Şekil 4.22 : Hidrotermal alterasyonun yaygın olarak bulunduğu fay zonundan bir görünüm.	62
Şekil 4.23 : Ocaktaki fay zonundan alınan kayaç örneğinin X-ışını kırınım grafiği.	62
Şekil 4.24 : Ocak üretim aynalarındaki çatlakların eğim yönlerine göre hazırlanan gül diyagramları.	63
Şekil 4.25 : Ocak üretim kademelerinde bulunan farklı konumdaki çatlakların görünümü.	64
Şekil 4.26 : Ocakta bulunan KB-GD doğrultulu sol yanal atımlı ana fayın görünümü.	65
Şekil 4.27 : Ocakta bulunan ana fay ve ezilme (milonitik) zonunun görünümü.	65
Şekil 4.28 : Ocağın üst ve alt kısmında bulunan ve üretimi sınırlayan ana fay zonlarının görünümü.	66
Şekil 4.29 : Ocak üretim kademelerinde gözlenen mafik mikrogranüler anklavlar. ..	67
Şekil 4.30 : Üretilen granit bloğunda gözlenen mafik mikrogranüler anklavlar.	68

Şekil 4.31 : İşlenmiş granit plakası üzerinde gözlenen mafik mikrogranüler anklav.....	68
Şekil 4.32 : Üretilen granit bloğu üzerinde gözlenen şiliyren oluşukları.....	69
Şekil 4.33 : Mafik mikrogranüler anklavın polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	69
Şekil 4.34 : Mafik mikrogranüler anklavın QAP üçgen diyagramındaki sınıflaması	69
Şekil 4.35 : Ocak üretim aynasında gözlenen kuvars damarları.....	71
Şekil 4.36 : Üretilen granit blokları üzerinde gözlenen apolit damarları	71
Şekil 4.37 : Üretilen granit bloklarında gözlenen pegmatit cebi.....	72
Şekil 4.38 : İşlenmiş granit plakası üzerinde gözlenen pegmatit cebi.....	72
Şekil 4.39 : Ocak üretim kademesinde görülen miyarolitik boşluk.....	73
Şekil 4.40 : Miyarolitik boşluk içinde bulunan dumanlı kuvars kristali.....	73
Şekil 4.41 : Üretilen bloklarda gözlenen pirit saçınımları.....	74
Şekil 4.42 : Üretim kademelerinde pirit oksidasyonu sonucu oluşan pas lekeleri. ...	74
Şekil 4.43 : Açık pembe renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin cilalı yüzeyinin megaskobik görünümü.....	75
Şekil 4.44 : Gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin cilalı yüzeyinin megaskobik görünümü.....	75
Şekil 5.1 : Granitlerde gözlenen ayrışma türleri ve doktora tez çalışması ile olan ilişkisi	79
Şekil 5.2 : Doğal taşlarda gözlenen renk değişimleri ve oluşum nedenleri.....	80
Şekil 5.3 : Yaygın demir minerallerinin duraylılık alanlarını gösteren Eh-pH diyagramı	82
Şekil 5.4 : Paslanmanın gözleendiği bazı granit blok taş ocaklarının dünya genelindeki dağılımı.....	83
Şekil 5.5 : “Cornish Grey” ticari isimli granit ve oluşan pas lekelerinin görünümü.....	84
Şekil 5.6 : “Bianco Montorfano” ticari isimli granit ve blok taş ocağının görünümü	84
Şekil 5.7 : “Kashmir White” ticari isimli granit blok taş ocağı ve pas lekelerinin görünümü	85
Şekil 5.8 : “Bowral Yellow” ticari isimli granitte oluşan pas lekelerinin görünümü	85
Şekil 5.9 : “Victorian Grey” ticari isimli granit ve pas lekelerinin oluştuğu köprünün görünümü.....	86
Şekil 5.10 : “G-682 “Rusty Yellow” ticari isimli granit blok taş ocağı ve pas lekelerinin görünümü	86
Şekil 5.11 : “Portalegre Bluish Grey” ticari isimli granit ve blok taş ocağının görünümü	87
Şekil 5.12 : “Elberton Grey” ticari isimli granit ve blok taş ocağının görünümü	87
Şekil 5.13 : Paslanma sorununun görüldüğü bazı granit blok taş ocaklarının Türkiye (Aksaray ili civarı)’deki dağılımı	88
Şekil 5.14 : Paslanma sorununun görüldüğü “Aksaray Dune” ticari isimli granit ve blok taş ocağının görünümü.....	89
Şekil 5.15 : Paslanma sorunun görüldüğü “Rosalin (Aksaray Pink)” ticari isimli granit ve blok taş ocağının görünümü.....	89
Şekil 5.16 : Ocağın “C” kademesindeki üretim aynasında yama şeklinde oluşan pas lekeleri.....	90

Şekil 5.17 : Ocak stok sahasında paslanmış granit bloğunun görünümü.....	91
Şekil 5.18 : Paletlerin üzerindeki paslanmış granit kaplama taşı plakalarının görünümü.	91
Şekil 5.19 : Mafik mikrogranüler anklav içindeki kuvars-klinopiroksen gözlü dokusunun polarizan mikroskop altındaki görüntüsü	93
Şekil 5.20 : Mafik mikrogranüler anklav içindeki poyikilitik dokulu feldispat ve amfibol minerallerinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	93
Şekil 5.21 : Ozancık Monzograniti içindeki zonlu plajiyoklaz mineralinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü	94
Şekil 5.22 : Ozancık Monzograniti ve MMA içindeki iğne şekilli apatit kristallerinin ve bıçak şekilli hidrojenetik biyotitlerin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	94
Şekil 5.23 : Plajiyoklazların “Ab-An-Or” üçgen diyagramındaki sınıflaması	97
Şekil 5.24 : Kristal içeren felsik bir sistem ve kristal içeren mafik bir sistem karıştığı zaman oluşan dokusal-mineralojik olayların şematik gösterimi.....	99
Şekil 5.25 : Eşyaşlı mafik-felsik magma sistemlerinde meydana gelen: magma karışımı, hidrotasyon reaksiyonları ve fraksiyonel kristallenme olayları.....	100
Şekil 5.26 : Su yönünden fakir mafik magma ile su yönünden zengin felsik magmanın magma odasındaki farklı bölgeler: (a) ile magma karışımı, hidrotasyon ve fraksiyonel kristallenme olayları sonucunda oluşan zonlanma ve mafik anklavları gösteren model: (b).....	101
Şekil 5.27 : Ekecikdağ Plütunu’nda görülen konsantrik ters zonlanma	102
Şekil 5.28 : Biyotit mineralinin kristal yapısı	103
Şekil 5.29 : Birinci türdeki biyotitin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü	106
Şekil 5.30 : Bıçağımsı şekilli hidrojenetik biyotitlerin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	106
Şekil 5.31 : Dumanlı-bulutsu görünümlü hidrojenetik biyotitlerin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	107
Şekil 5.32 : Hidrojenetik biyotitin bileşiminde bulunan demirin oksidasyonu sonucu oluşan pas lekelerinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	107
Şekil 5.33 : Pirit mineralinin kristal yapısı	108
Şekil 5.34 : Biyotitin dilinim düzlemlerinde ve çeperinde bulunan piritlerin cevher mikroskobu altındaki görüntüsü	110
Şekil 5.35 : Piritlerin oksidasyonu sonucu çözünmesi ile oluşan çözünme boşluklarının cevher mikroskobu altındaki görüntüsü	111
Şekil 5.36 : Saçınım şeklinde bulunan piritin cevher mikroskobu altındaki görüntüsü.....	111
Şekil 5.37 : Saçınım şeklindeki piritlerin oksidasyonu sonucu çözünmesi ile oluşan çözünme boşluklarının cevher mikroskobu altındaki görüntüsü.....	112
Şekil 5.38 : Piritlerin oksidasyonu ile oluşan götitlerin cevher mikroskobundaki görüntüsü.....	112
Şekil 5.39 : Pirit ve kalkopirit minerallerinin cevher mikroskobundaki görüntüsü.....	113
Şekil 5.40 : Paslanmış gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin X-ışını kırınım grafiği.	116

Şekil 5.41 : “Crema Lal” ticari isimli granitte bulunan piritlerin kükürt izotop (^{34}S) değerlerinin majör kükürt rezervuarlarının değişim aralıklarına göre durumu	117
Şekil 5.42 : “Crema Lal” granitindeki biyotitlerin Mica^+ programı kullanılarak yapılan mineralojik sınıflaması	124
Şekil 5.43 : “Crema Lal” granitindeki biyotitlerin Mica^+ programı kullanılarak yapılan tektono-magmatik sınıflaması	124
Şekil 5.44 : “Crema Lal” granitindeki biyotitlerin Mica^+ programı kullanılarak yapılan oksidasyon durumları sınıflaması	125
Şekil 5.45 : “Crema Lal” granitindeki biyotitlerin Mica^+ programı kullanılarak yapılan oluşum türleri sınıflaması	125
Şekil 5.46 : “Bergama Gri” granitindeki biyotitlerin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü	126
Şekil 5.47 : “Bergama Gri” granitindeki biyotitlerin Mica^+ programı kullanılarak yapılan mineralojik sınıflaması	127
Şekil 5.48 : “Crema Lal” granitindeki kloritlerin $\text{Al}^{\text{IV}} / (\text{Si} + \text{Al}^{\text{IV}}) - \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{+2})$ diyagramına göre yapılan mineralojik sınıflaması	128
Şekil 5.49 : “Crema Lal” granitindeki kloritlerin $\text{Si} (\text{apfu}) - \text{Fe} / (\text{Fe} + \text{Mg})$ diyagramına göre yapılan mineralojik sınıflaması	129
Şekil 5.50 : “Bergama Gri” granitindeki kloritlerin Al-Mg-Fe diyagramına göre mineralojik sınıflaması	130
Şekil 5.51 : Birincil biyotit mineralinin Raman spektroskopik karakteristikleri	134
Şekil 5.52 : Hidrojenetik biyotit mineralinin Raman spektroskopik karakteristikleri	135
Şekil 5.53 : Hidrojenetik biyotit içindeki dumortierit mineralinin Raman spektroskopik karakteristikleri	135
Şekil 5.54 : Hidrojenetik biyotitin BSEI görüntüsü ve bileşiminde belirlenen Ta, Nb, Ti ve As elementlerinin ED-spektrası (EDS)	137
Şekil 5.55 : Hidrojenetik biyotitin BSEI görüntüsü ve içinde kapanım şeklinde bulunan pirit ve ilmenit minerallerinin ED-spektrası (EDS)	137
Şekil 5.56 : Piritin Raman spektroskopik karakteristikleri	139
Şekil 5.57 : Pas lekelerinde tespit edilen dumortierit ve götit minerallerinin Raman spektroskopik karakteristikleri	140
Şekil 5.58 : Pas lekelerinde tespit edilen $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ fazlarının Raman spektroskopik karakteristikleri	140
Şekil 5.59 : Termal şok deneyi sonrası gri renkli granit örneği üzerinde oluşan pas lekeleri	141
Şekil 5.60 : Termal şok deneyi sonrasında piritlerin oksidasyonu sonucunda oluşan sülfürik asit etkisiyle granit örneğindeki hasarların görünümü	142
Şekil 5.61 : Alkali çözelti deneyi için hazırlanan 1M derişimli NaHCO_3 çözeltisi ve deneye tabii tutulan gri renkli granit örnekleri	143
Şekil 5.62 : Alkali çözelti deneyi sonrası gri renkli granit örneğinin ön ve arka yüzeyinde oluşan pas lekeleri ve oyuklanma	143
Şekil 5.63 : Granitlerdeki pas lekelerinin temizlenmesi için kullanılan diyatomit toprağı (kizelgur) ve kristalize oksalik asit	147
Şekil 5.64 : Doğal taş yüzeyindeki pas lekelerinin temizlenmesinde kullanılan “poultice” karışımının uygulama aşamaları	147
Şekil 5.65 : “Crema Lal” ticari isimli granit örneğinin üzerindeki pas lekelerinin tez çalışması kapsamında seçilen “poultice” karışım ile temizlenme işlemi	148

Şekil 5.66 : Su itici kimyasalın doğal taşın gözeneklerinde oluşturduğu polimer ağ dokusu ve su molekülünün bu ağ dokusundan dolayı taşın içine nüfuz edememesi durumu	150
Şekil 5.67 : Su itici kimyasal uygulanan ve uygulanmayan farklı türdeki doğal taş yüzeylerinin mukayeseli görünümü.	151
Şekil 5.68 : DRYTREAT STAIN-PROOF nanoteknoloji ürünü su itici-pas koruyucu	152
Şekil 5.69 : Pas lekelerinin (solda) önlenmesi için STAIN-PROOF nanoteknoloji esaslı su itici uygulanan (sağda) şist türündeki doğal taşlardan yapılmış olan duvar yapısı	152
Şekil 6.1 : Rosalin/Aksaray Pink granitindeki ksenotim minerallerinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü.....	156
Şekil 6.2 : Rosalin/Aksaray Pink granitinin bileşimindeki ksenotim mineralinin Raman spektroskopik karakteristikleri.....	161
Şekil 6.3 : Çalışma granitlerinin hesaplanan ^{226}Ra (A_{Ra}), ^{232}Th (A_{Th}) ve ^{40}K (A_{K}) aktivite konsantrasyonları ile radyum eşdeğer aktivite (R_{eq}) değerlerinin yerkabuğu ortalaması, Avrupa Birliği ortalaması ve Birleşmiş Milletler sınır değeri ile karşılaştırmalı histogram grafiği.	161

GRANİTLERDE MİNERALOJİ KAYNAKLI JEOLJİK SORUNLARIN ARAŞTIRILMASI: AKSARAY (İÇ ANADOLU BÖLGESİ – TÜRKİYE)

ÖZET

Granit, dış etkenlere karşı dayanıklılığı, duraylılığı, estetik görünümü ile zengin renk ve doku çeşitliliğine sahip olmasından dolayı, plaka, fayans ve blok şeklinde iç ve dış mekânlarda kaplama, döşeme ve parke-bordür taşı olarak kullanımı en çok tercih edilen sert doğal taş türüdür.

Türkiye'de üretilen blok taş granitler, genellikle tektonik ve petrolojik süreçlerin sonuçlarıyla ilgili olarak farklı mineralojik bileşimlerde oluşmuştur. Bunlar çoğunlukla, Kretase ve Paleojen (Oligosen) dönemindeki magmatik faaliyetlerin ürünleridir. Türkiye'de üretilen blok taş granit rezervleri başlıca; batı, orta ve kuzeydoğu Anadolu bölgelerinde yer almaktadır. Bu granit rezervleri, başta, magmatizma, tektonizma, ayrışma ve alterasyon etkisiyle meydana gelen paslanma, süreksizlikler (faylar, çatlaklar), anklav oluşukları (MMA, ksenolit, şiliren, otolit vd.), apilit damarları-daykları, pegmatit cepleri (yamaları), kseno-kristaller, miyarolitik boşluklar, mineral segregasyonları (ayrılanmaları) ile renk ve dokusal değişiklikleri içeren jeolojik sorunlardan zarar görmektedirler. Bu jeolojik sorunların, boyutlandırılmış taş olarak kullanılan granitlerin kalitesi üzerinde beklenmedik olumsuz etkileri bulunmaktadır.

Paslanma, ticari granitlerde karşılaşılan en yaygın sorunlardan biridir. Boyutlandırılmış taş yüzeylerindeki paslanmanın esas tipi, taşın bileşimde bulunan ve demir içeren mineral fazları olarak tanımlanabilmektedir. Bu mineral fazları başlıca; demir sülfürler (pirit, markazit ve pirotit gibi), demir karbonatlar (siderit gibi) ve demir-magnezyum içeren silikatlar (biyotit, hornblend ve garnet gibi)'dan oluşmaktadır. Granitlerdeki paslanma, bu minerallerin bileşiminde bulunan ferrüs demirin (Fe^{+2}) ayrışma sonucunda serbest kalarak atmosferik koşullarda oksitlenmesi ve granit plaka ve fayans yüzeylerinde sarı-kahverengi renkli demir oksid-hidroksitler (limonit ve götit gibi) şeklinde çökmesi ile oluşmaktadır.

Jeolojik olarak, çalışma alanı; Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (Kırşehir Masifi) içinde tanımlanan Ağaören İntrüzif Takımının alt birliği olan Ekecikdağ Plütunu içinde yer almaktadır. KB-GD yönelimindeki plütonik kayalardan oluşan bu birlik, litolojik olarak gabrodan başlayarak granite kadar değişim göstermektedir. Çalışma alanındaki bu kaya birimleri bu çalışmada; "Ozancık Monzograniti" ve "Keleşdağ Gabro-diyoriti" olarak iki ana gruba ayrılmış ve adlandırılmıştır.

Jeokimyasal analizlere göre; Ozancık Monzograniti, kabuk ve manto bileşimindeki magmaların homojen ve heterojen karışım süreçleri sonrasında hibrit bir magmadan türeyen yüksek potasyumlu (K_2O : > % 4.00), kalk-alkalen (KCG) ve aşırı

fraksiyonlaşmış (SiO_2 : > % 75) hafif peraluminus (A/CNK : 1.04-1.05 > 1) karakterli “I-tipi” granit olarak tanımlanmıştır. Tektonik oluşum ortamı açısından, iz element (örneğin, Y, Nb, ve Rb) verilerine göre bu granit, “çarpışma sonrası granitleri (COLG)” olarak sınıflandırılmıştır.

Tez çalışması kapsamında araştırılan granit blok taş ocağı; Ozancık Monzograniti içinde ve Keleşdağ Gabro-diyorit plütonik biriminin kantağında yer almaktadır. Ocakta, üç farklı renkte (pembe, açık pembe ve gri) granit blok taş olarak üretilmektedir. Özellikle gri renkli ve bazı açık pembe renkli granit türleri üretimi takiben paslanma sorunundan etkilenmekte olup, taş yüzeyinde hızlı şekilde gelişen pas lekeleri oluşmaktadır.

Bu çalışmada, esas olarak, granitlerdeki mineraloji kaynaklı “paslanma” sorununun ana nedenlerinin ve çalışma bölgesinde işletilen üç farklı ticari granitin “radyoaktivite” potansiyellerinin ve oluşturabilecekleri radyolojik risklerin araştırılması üzerine odaklanılmıştır.

Paslanma sorununun ve doğal radyoaktivite potansiyellerinin araştırıldığı granitlerde, paslanma sorununun belirlenmesi amacıyla ileri mineralojik, jeokimyasal ve petrojenetik özelliklerin karakterize edilebilmesi için tüm kayaç üzerinde; polarizan ve cevher mikroskopisi çalışmaları, XRD (X-ışını Difraktometresi), XRF (X-ışını Floresans) ve ICP-MS (İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma – Kütle Spektrometresi), biyotitler ve piritler üzerinde EPMA (Elektron Mikroprop), piritlerde kükürt izotopu (SI), ocak yerindeki fay zonlarından alınan su örneklerinde İyon Kromatografisi (IC) ve biyotitler, piritler ile pas fazlarının özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Raman Spektroskopisi (RS) analizleri ve doğal radyoaktivite potansiyellerini belirlemek için ise Gamma Spektroskopisi (GS) analizleri gibi bazı analitik teknikler kullanılmıştır. Ayrıca, hızlandırılmış paslanma sürecinin ilgili granit örnekleri üzerinde paslanma riskini belirlemek ve gözlemek amacıyla da termal şok ve alkali çözelti yöntemleri kullanılarak laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

Sonuç olarak, araştırma kapsamında yapılan bu analizler ve laboratuvar deneylerinden elde edilen bulgulara göre, incelenen granitlerdeki paslanma sorununun ana nedenlerinin; magma karışım (magma mixing/mingling) süreçlerinde oluşan “hidrojenetik biyotit” (yüksek Fe^{+2} içeren lepidomelan bileşimli) ve hidrotermal evrede biyotitlerin alterasyon süreçlerinde oluşan “hidrotermal pirit” (önemli miktarda arsenik içeren) minerallerinin atmosferik koşullar altında duraylı olmamasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu mineraller hızlı bir şekilde oksitlenerek taş yüzeylerinde pas lekeleri oluşturabilmektedirler. Bu bağlamda, taş yüzeyinde oluşan bu pas lekelerinin temizlenmesi (örneğin oksalik asit çözeltisi ve diatomit toprağı kullanarak) ve önlenmesi için (örneğin su itici silan/siloksan bileşimli) kimyasallar kullanarak bazı çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Ayrıca, çalışma bölgesinde işletilen üç farklı ticari granitin (Crema Lal, Rosalin/Aksaray Pink ve Aksaray Yaylak) “radyoaktivite” potansiyelleri belirlenerek, yapılarda özellikle iç mekanda kullanılmalarının insan sağlığı açısından radyolojik risk oluşturup oluşturmadığı değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, elde edilen sonuçlara göre “Rosalin/ Aksaray Pink ve “Crema Lal” ticari isimli granitlerin yapıların iç mekanlarında kullanılmaması önerilmiştir.

**THE INVESTIGATION OF MINERALOGY-INDUCED
GEOLOGICAL PROBLEMS IN GRANITES:
AKSARAY (CENTRAL ANATOLIA REGION – TURKEY)**

SUMMARY

Granite, due to its resistance to external factors, its durability, being rich in color and texture with aesthetic appearance, is the most preferred hard natural stone for internal and external uses as cladding, flooring and paving in plate, tile and border forms.

The dimension stone granites of Turkey generally occur in different mineralogical compositions resulted from the consequences related to the tectonic and petrological processes. These are mostly products of Cretaceous and Paleogene (Oligocene) magmatic activities. The important granite reserves for dimension stone production are mainly located in western, central and northeastern regions of Turkey. These granite reserves suffered from tectonism, weathering and alteration leading mainly to staining and they also comprise discontinuities (faults, joints), enclaves (MME, xenoliths, schlieren, autolith etc.), aplite veins-dykes, pegmatite patches, xenocrystals, miarolitic cavities, mineral segregations, chromatic and textural varieties which are altogether known as the geological flaws. These geological flaws have unexpected effects on the quality of granites used as dimensional stone utilizations.

Staining is one of the most common problems encountered in the commercial granites. This type of discoloration certainly does not only affect the aesthetic appearance of the stone, it can also result in physical damages through volume expansion. The major type of staining can be identified on dimension stone surfaces generated by the oxidation of iron-bearing mineral phases present in the stones. These minerals are mainly iron sulfides (e.g., pyrite, marcasite, and pyrrhotite), iron carbonates (e.g., siderite), and ferro-magnesian silicates (e.g., biotite, hornblende, and garnet). They most probably occur through hydrothermal alteration and magma mixing processes as dispersed and/or as disseminated and also as concentrated fillings along veins and joints in the granites. Staining forms when ferrous iron (Fe^{2+}) is released by weathering and exposed to the atmospheric conditions on the surfaces of the granite slabs and tiles where it is re-precipitated as yellow-brown colored iron oxy-hydroxides (e.g., limonite and goethite) known as rust.

In this study, a granite dimension stone quarry, which is located in Aksaray (Ozancik) province in the Central Anatolia region (Turkey), has been investigated where the production suffered from geological flaws especially in the form of extensive staining problem due to biotite and pyrite oxidation.

Geographically, the study area and the dimension stone granite quarry are located in the east of Tuzgölü (Salt Lake), the north of Aksaray province and the south of Ortaköy district near the Ozancık town and its environment.

Geologically, the study area is located in the Ekecikdağ Pluton, which is a sub-suite of the Ağaören Intrusive Suite in the Central Anatolian Crystalline Complex (Kırşehir Massif), which is consisted of plutonic rock suites striking NW-SE and lithologically ranging from gabbros to granites. The rock units exposed in the study area are divided into two major units, The Ozancık Monzogranite and Keleşdağ Gabbro-diorite. These plutonic rocks formed by the interaction between mafic and felsic magmas in a dynamic, silicic magma chamber replenished by magmatic influx from the mantle. These two plutons derived from coeval (Upper Cretaceous-Paleogene aged) magmas, therefore, gabbros are not roof-pendants but intrusive bodies continuing at depth. Contact between the two plutonic units is the gradual transitional in places, sharp and sinusoidal as observed during the field studies.

The Ozancık Monzogranite is pink and gray in color, fine-to-medium grained and contains mafic microgranular enclaves (MME), which are diorite and quartz diorite in composition and formed as a result of magma-mixing and mingling processes. These enclaves represent the products of early stages of interaction between mafic and felsic magmas when the former has a low mass fraction, whereas the Keleşdağ Gabbro-diorite represents a relatively late stage intrusion, during the cooling and crystallization of the Ozancık monzogranite resulting from a large volume of mafic magma injection into the felsic magma chamber. Low relief flattened areas are mostly covered by granitic soil (saprofite), which consists of disintegrated quartz, clayey feldspar, and biotite grains derived as a result of weathering of the Ozancık monzogranite and they were mapped as “weathered granite”.

The Keleşdağ Gabbro-diorite is very hard, resistant to weathering and crops out as irregular, small-sized and sharp-edged blocks at the summits of the highest hills (e.g., Keleşdağ) and in their vicinities in the study area. There is a gradual transition from gabbro to dioritic composition towards monzogranite contact in the field. The Keleşdağ Gabbro-diorite is dark green to black in color and medium-to-coarse grained and also cut by felsic and mafic dykes.

The Upper Miocene-Pliocene Peçenek Formation, which is lithologically consisted of conglomerate and sandstone, unconformably overlies the plutonic rocks. This formation is conformably overlain by the Upper Miocene-Pliocene Kızılkaya İgnimbrite.

Mineralogically, the Ozancık Monzogranite has holocrystalline granular texture and is mainly consisted of quartz, perthitic alkali feldspar (orthoclase), plagioclase (albite and oligoclase), and biotite. Zircon, apatite, magnetite, pyrite and chalcopyrite are also present as the accessory minerals. Chloritization is particularly observed in association with biotites, sericitization with plagioclases and kaolinization with K-feldspars as the common alterations. Chlorite, sericite, kaolinite, and muscovite account for the secondary minerals. This rock is lithologically defined as “monzogranite” using the QAP triangle diagram.

The Keleşdağ Gabbro-diorite has holocrystalline granular texture and is mainly made up of two different lithologies, gabbro and diorite. Gabbro is relatively coarse and

fine grained and has sub-ophitic texture consisting mainly of plagioclase (labradorite), clinopyroxene (augite and titan-augite) and amphibole (hornblende and fibrous tremolite-actinolite). Apatite, zircon, magnetite and ilmenite are present as the accessory minerals. Chloritization and epidotization observed in hornblendes, uralitization in pyroxenes, and saussuritization in plagioclases as the common alterations. Chlorite, epidote and calcite are present as the secondary minerals. This rock is lithologically defined as “gabbro” and “pyroxene-hornblende gabbro” using the “Plag-Px-Hbl” triangle diagram.

Diorite is coarse-grained and has poikilitic texture that consists mainly of plagioclase (andesine), amphibole (hornblende) and quartz varying between 2-10 vol %. Apatite, zircon, magnetite and ilmenite are present as the accessory minerals. Chloritization in hornblendes, and saussuritization in plagioclases are the common alterations. Chlorite and epidote are present as the secondary mineral. This rock is lithologically defined as “diorite” and “quartz diorite” using the QAP triangle diagram.

According to the geochemical analyses; the Ozancık Monzogranite is defined as high-K (K_2O : > 4.00 %) calc-alkaline (KCG) and highly fractionated (SiO_2 : > 75 %) I-type, slightly peraluminous (A/CNK : 1.04-1.05 > 1) granite derived from a hybrid magma containing both crustal and mantle components through magma mixing and mingling processes. This rock contains high amounts of Y, Ta, and Nb and radioactive elements such as uranium (U) and thorium (Th). Tectonically, this granite can be classified as post-collisional granite (COLG) according to the trace elements data (e.g., Y, Nb, and Rb).

The investigated dimension stone granite quarry in this study is located in the Ozancık Monzogranite plutonic unit at the contact of the Keleşdağ Gabbro-diorite plutonic unit. The quarry has been active since 2009. There are three different colored granites (pink, light pink, and gray) that have been exploited as dimension stone. Especially, gray color and some of light pink color types have been suffering from staining problems in the form of rust spots that rapidly developing on the stone surfaces following the production.

This study is mainly focused on the main causes of staining problem and natural radioactivity of the investigated regional granites. In order to characterize staining problem, a number of analytical techniques were employed including the polarizing optical and ore microscopy studies, XRD (X-Ray Diffraction), XRF (X-Ray Fluorescence) and ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer) on whole rock, EPMA (Electron Microprobe) of biotites and pyrites, SI (Sulfur Isotopes) of pyrites, IC (Ion Chromatography) of water samples taken from the fault zones in the quarry site and RS (Raman Spectroscopy) of biotites, pyrites and rust analysis methods for further mineralogical, geochemical and petrogenetic speciations. Thermal shock and alkali solution laboratory tests were also carried out for accelerating the staining process on the subject granite samples to determine and observe staining risk of them. Also, GS (Gamma Spectroscopy) analysis method is applied in order to determine the natural radioactivity of subject granite samples exploited in the study region.

Consequently, based on the results of these analyses and laboratory tests, the main causes of the staining of investigated granites are defined as “hydrogenetic biotite”

(lepidomelane in composition with high ferrous iron content) formation through magma mixing/mingling processes and “hydrothermal pyrite” (with significant arsenic content) formation in hydrothermal stage and biotite alteration processes where the both minerals are not stable under atmospheric conditions. They can rapidly stain and produce rust spots on the stone surfaces. Finally, several suggestions were proposed for both removing method of rust spots (e.g., use of oxalic acid solution) and preventive applications (e.g., use of water repellent silanes/siloxanes-based chemicals).

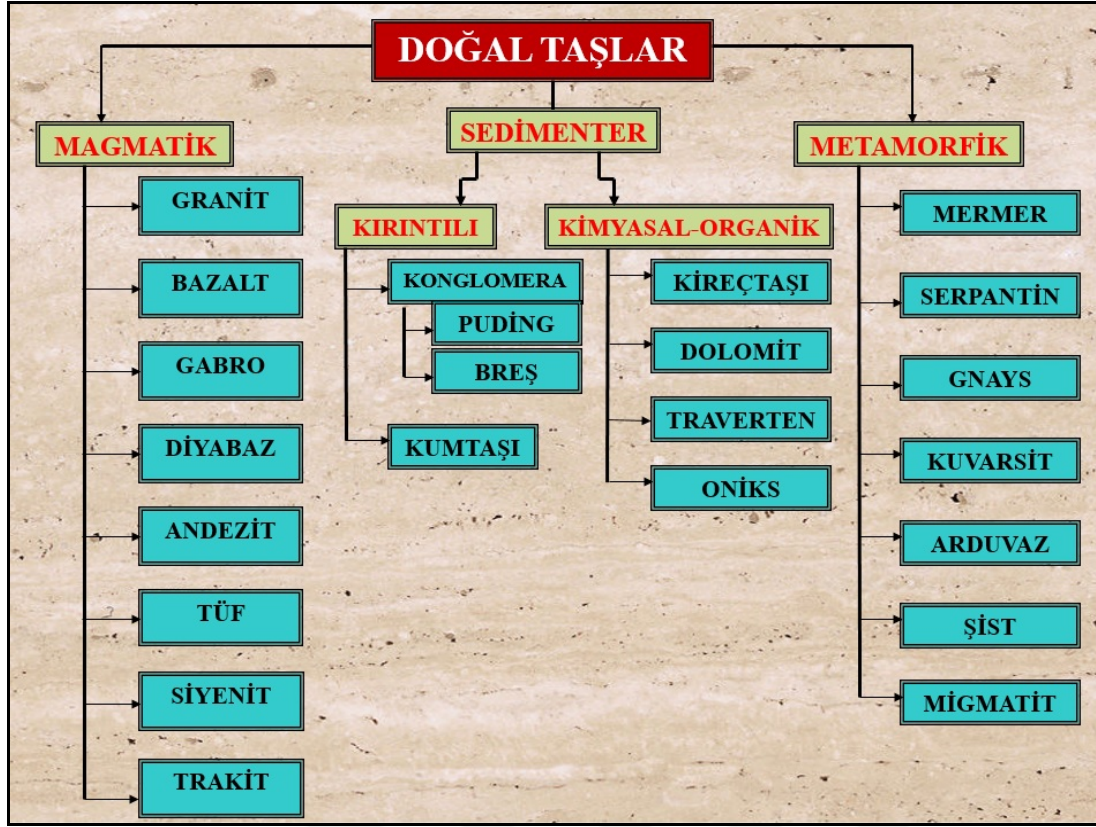
Also, the natural radioactivity levels (i.e., activity concentrations of radionuclides; ^{226}Ra , ^{232}Th , and ^{40}K) of three subject granite samples were determined by measuring high resolution gamma-ray spectrometry. Using these activities, radiological hazard dose rates (absorbed and annual effective) and gamma-activity indice were calculated by standard equations accepted by the public health, taking relevant international reports and guidelines into account. One of the granites (Rosalin/Aksaray Pink) exploited in the Aksaray-Ortaköy-Kalebaltı district was found to be high in the radium-equivalent activities and annual effective doses due to radiogenic minerals bearing the radionuclides including zircon, apatite, xenotime, K-feldspars, and biotite. Based on the available data, it is suggested that “Rosalin/Aksaray Pink” and “Crema Lal” granites should not be used particularly as counter and vanity tops in kitchen and bathroom also as cladding and flooring in the indoor applications.

1. GİRİŞ

Yerkabuğundan farklı yöntem ve tekniklerle çıkarılarak çeşitli amaçlar için kullanılan endüstriyel hammaddeler içinde “doğal taşlar” önemli bir yere sahiptir. Doğal taşlar, işlenebilirlik, dayanıklılık, koruyuculuk, yalıtıcılık özellikleri, iyi parlatılabilmesi, farklı renk ve desen çeşitliliği ile taşıdığı estetik görünümü sayesinde insanoğlunun varoluşundan günümüze kadar her zaman yaşamının vazgeçilmez bir parçası olmuştur.

1800'lü yıllara kadar blok taş olarak çıkarılıp “masif” eleman olarak kullanılan doğal taş, bu tarihten sonra endüstri devriminin de etkisiyle masif elemandan çok “kaplama” elemanı olarak kullanılmaya başlamıştır. Son yıllarda, özellikle çevre bilincinin gelişmesi ve doğaya geri dönüşümün başlamasıyla doğal taşın kullanım alanları hızla artış göstermiştir. Doğal taşla kaplanan yüzeyler diğer alternatif malzemelere göre çok daha uzun ömürlü ve ekonomik olmasının yanı sıra daha estetik ve prestijli görünüme sahiptirler. Boyutlandırılmış doğal blok taş ya da kısaca doğal taş tanımı içine, gerçek mermerler, travertenler-oniksler, renkli kireçtaşları (kalkerler) ve dolomitler, silisli ya da sert taş olarak bilinen magmatik, volkanik ve bazı metamorfik taşlar (granit, gabro, andezit, bazalt, gnays, migmatit vd.) ile kumtaşları ve konglomeralar (puding ve breş) girmektedir. Buna karşılık, daha çok yapılarda ve çevre düzenlemelerinde, çatı örtüsü ile dekorasyon amaçlı kaplama ve süsleme malzemesi olarak kullanılan kayrak (kayagan) taşları (arduvaz-sleyt), ince tabakalı plaketli kireçtaşları ve metamorfik şistler ile parke, bordür ve zar taşı olarak kullanılan sert doğal taşlar “blok taş (dimension stone)” tanımının dışında kalmaktadır (Angı, 2007; Şekil 1.1).

Tez çalışmasına konu olan “granit” türündeki doğal taşlar “bilimsel” anlamda; açık renkli, tüm kristalli, başlıca, kuvars, alkali feldispat, asidik plajiyoklaz, biyotit ve bazen amfibol esas minerallerini içeren ve kıtasal kabuğun içinde en fazla yayılım gösteren derinlik magmatik kayacı olarak tanımlanmaktadır (Boztuğ, 1989).



Şekil 1.1 : Doğal taşların jeo-litolojik olarak sadeleştirilmiş sınıflaması (TS EN 12440 ve TS EN 12670'e göre).

Kullanım alanına göre doğal taşlardan, daha çok magmatik kökenli sert taşlar (granit, siyenit, gabro, diyabaz, andezit vb.) başlıca kamusal alanlarda (hastane, postane, vb.) ve araç-insan trafiğinin yoğun olduğu yapılarda (hava alanları, terminaller, alışveriş merkezleri vb.) kullanılırken, özel yapılarda (evler, oteller, iş merkezleri, şirket binaları vd.) ise gerçek mermerler, renkli kireçtaşları, travertenler ve oniksler daha çok tercih edilmektedir (Angı, 2007).

Türkiye doğal taş sektörünün madencilik sektöründeki payı günümüzde % 50'den fazladır. Güncel olarak, 650 civarında farklı renk, desen ve litolojiye sahip doğal taşın mevcut olduğu ülkemizde, 2014 yılı Kasım ayı itibarıyla yaklaşık 2500 civarında ocak (bunların 58 tanesi granit blok taş ocağı olmak üzere), 1800 civarında fabrika ölçeğinde işletme ile 8000 civarında orta ve küçük ölçekte atölye sektörde faaliyet göstermektedir (İMİB, 2015; MİGEM, 2015)..

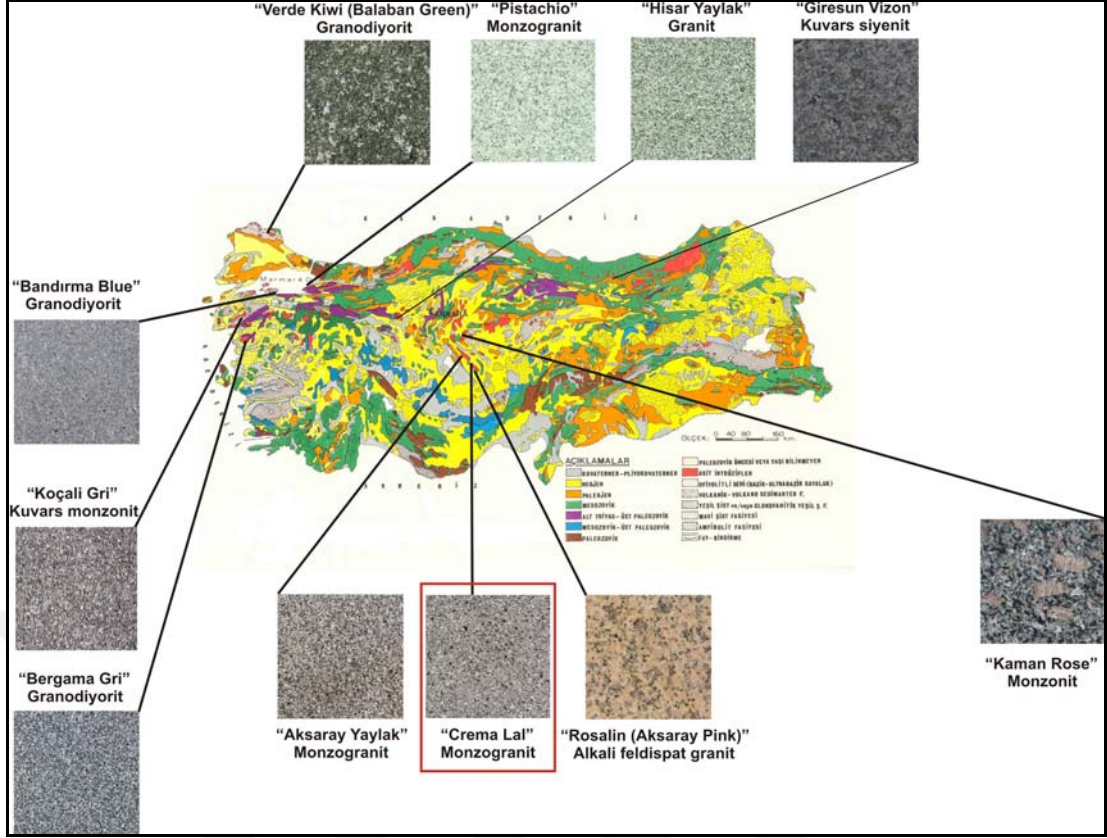
2014 yılı itibarıyla, Dünya doğal taş üretiminde Çin Halk Cumhuriyeti ve Hindistan'dan sonra yaklaşık 11.5 milyon ton (bunun yaklaşık 250 bin tonu granit blok taş üretimi olmak üzere) ile 3. sırada bulunan Türkiye, bu dönemde, ham blok, yarı işlenmiş ve işlenmiş doğal taş ürünlerinden yapmış olduğu yaklaşık 2.13 milyar

ABD doları ihracat değeri ile de küresel ölçekte Çin Halk Cumhuriyeti ve İtalya'dan sonra yine 3. sırada yer almaktadır. İhracatı yapılan doğal taş ürün gruplarının büyük bir bölümünü karbonat kökenli gerçek mermerler, kireçtaşları, travertenler ve oniksler oluşturmaktadır. Söz konusu dönemde, doğal taş ihracatının yapıldığı ülkelerin başında 828 milyon dolarla Çin Halk Cumhuriyeti gelmektedir. Bu ülkeyi sırasıyla, 324 milyon dolarla ABD, 112 milyon dolarla Irak, 110 milyon dolarla Suudi Arabistan ve 55 milyon dolarla Hindistan izlemektedir (İMİB, 2015; MİGEM, 2015). Buna karşılık, 2013 yılı itibariyle, Türkiye'nin diğer ülkelere yapmış olduğu doğal taş ürünlerinin ithalat değeri yaklaşık 250 milyon dolar ile Dünya genelinde 21. sırada bulunmaktadır. İthalatı yapılan doğal taş ürünlerinin çok büyük bölümünü sert doğal taş grubundaki granit, gabro ve metamorfik türdeki gnays ve migmatitler oluşturmaktadır. Bu doğal taş ürünlerinin ithalatının yapıldığı ülkeler arasında, Hindistan 1. sırada, Çin Halk Cumhuriyeti 2. sırada ve İspanya ile birlikte Brezilya ise 3. sırada bulunmaktadır (MİGEM, 2015).

Türkiye, jeolojik yapısı itibariyle çeşitli renk ve desende zengin doğal taş rezervlerine sahiptir (Şekil 1.2). Jeolojik ve tektonik evriminin sonucu olarak, ülkemizde özellikle geniş gerçek mermer yatakları bulunmaktadır. Devoniyen ve Paleojen jeolojik devirleri arasında kalan jeokronolojik süreçte oluşan bu rezervlerin bir kısmı kırık, kıvrım ve bindirme zonları içinde yer almaktadır. Bu zonların dışında kalan rezervlerin bazıları, tarihsel dönemlerden günümüze kadar işletilemiş ve halen işletilmeye devam edilmektedir.

Ülkemizde, karbonat bileşimli, başkalaşım (metamorfizm) aşamasını tamamlamış, kristalin dokulu ve bilimsel olarak gerçek mermer özelliği taşıyan bu yatakların, "masif" niteliği gösteren alanlarda (Menderes Masifi gibi) kümelendiği görülmektedir. Türkiye'de, blok taş üretimine uygun geniş yayımlı ve büyük rezervli kireçtaşı oluşumları ise genellikle Jura-Kretase ve Eosen yaşlı istifler içerisinde bulunmaktadır. Mikro ve makro fosil içerikli, çoğunlukla açık gri, pembe ve bej renkli olan bu kireçtaşları; Bursa, Bilecik, Balıkesir, Eskişehir, Ankara, Konya, İzmir, Manisa, Adana, Elazığ ve Diyarbakır çevresinde yayılım göstermektedir.

Sıcak ve soğuk suların bileşiminde bulunan kalsiyum bikarbonatların çökmesiyle oluşan diğer bir doğal taş grubu olan traverten ve oniks yatakları ise, genellikle yapısal kontrollü olup kırık (fay) zonlarının çevresinde kümelenmişlerdir. Çok büyük



Şekil 1.3 : Türkiye’de üretilen önemli ticari granitler (Türkiye jeoloji haritası; Bingöl, (1989)’dan alınmıştır).

Doğal taş sektöründe, güncel durum değerlendirmesi yapmak ve geleceğe ilişkin tahminler de bulunmak amacıyla, rezerv, üretim, kalite (malzeme özellikleri), ihracat ve ithalat ile ilgili güvenilir verilere ulaşmak çok önemlidir. Günümüzde, doğal taş üretim ve işleme tesislerinin kurulmasının, blok taş ocaklarının işletmeye açılmasının maliyetinin milyon dolarlarla ifade edildiği düşünülürse, bu konuyla ilgili bilimsel yaklaşımların ve araştırmaların kaçınılmazlığı ve gerekliliği bu alanda karşılan sorunlardan açıkça görülmektedir. Doğal taşlarda başlıca üretim ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyen en önemli “jeolojik” sorunlar “mineraloji” kaynaklı olanlardır. Doğal taşların bileşiminde bulunan bazı minerallerin iç ve dış kökenli faktörlerin etkisiyle “duraylılık”larını kaybetmesi sonucunda ortaya çıkan bu jeolojik sorunların nedenlerinin araştırılması ve önlenmesine yönelik olarak yapılacak “bilimsel” araştırmalar, bu alanda oluşabilecek “zaman ve yatırım” kayıplarını önlemek açısından son derece önem arz etmektedir. Doğal taşlarda görülen “mineraloji kaynaklı” jeolojik sorunlardan en yaygın görülenleri oluşum nedenleriyle birlikte aşağıda verilmiştir (Quick, 2002; Prikryl, 2013).

- Su, nem ve hava etkisiyle özellikle demir içeren minerallerden oluşan paslanma (staining/discoloration),
- Su ve nem etkisiyle özellikle karbonat grubu minerallerinde oluşan çözünme (dissolution),
- Kil minerallerinden kaynaklı şişme-kabarma (swelling),
- Çözünebilir tuzların (soluble-salts) etkisi ve siyah kabuk (black crust) oluşumu,
- UV güneş ışınlarının etkisiyle özellikle serpantin türü minerallerde oluşan renk solması (warping),
- Termal etkiler sonucu özellikle kalsit türü minerallerde oluşan bükülme (bowing),
- Mika grubu minerallerde oluşan soyulma (delamination) ve
- Radyojenik mineral içeriğinden kaynaklı radyoaktivite etkisidir.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Blok taş ocaklarında üretimi yapılan ve ticari tanımı kapsayan “granitler”, yapı sektöründe en çok tercih edilen ve çoğunlukla “kaplama-döşeme” malzemesi olarak kullanılan magmatik kökenli sert doğal taş türünü oluşturmaktadır. Ancak, özellikle dış faktörlerin etkisiyle, taşın başlıca, mineralojik, dokusal ve yapısal özelliklerinden kaynaklı meydana gelen jeolojik kökenli sorunların nedenlerinin araştırılmasına yönelik olarak yapılan bilimsel çalışmalar literatürde son derece sınırlı sayıdadır.

Bu durumdan hareketle, hazırlanan bu doktora tez çalışmasının amacını; özellikle granit blok taş işletmelerinde üretim ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyen jeolojik kusurların belirlenmesi ve bu jeolojik kusurların en önemlilerinden biri olan ve mineralojiye bağlı bozunmalar sonucunda gelişen “paslanma” sorunun nedenlerinin araştırılması ve bazı çözüm önerilerinde bulunulması ile çalışma bölgesinde işletilen ticari granitlerin “radyoaktivite” potansiyellerinin ve insan sağlığı açısından neden olabileceği “radyolojik riskler”in belirlenmesi oluşturmaktadır.

Bu sorunlardan, paslanmanın nedenlerinin araştırılması kapsamında, Türkiye’nin İç Anadolu Bölgesi’nde, Aksaray ili sınırları içindeki Ozancık (Ortaköy) kasabası yakınında bulunan, paslanmadan dolayı önemli derecede etkilenen ve zarar gören “Crema Lal” ticari isimli granit blok taş ocağı ve radyoaktivite sorununun nedenlerinin araştırılması kapsamında ise Aksaray bölgesinde günümüzde işletilen

“Crema Lal”, “Rosalin/Aksaray Pink” ve “Aksaray Yaylak” ticari isimli granitlerin radyoaktivite potansiyelleri araştırılmak üzere seçilmiştir.

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçların, “Türkiye Doğal Taş Sektörü”ne önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

Tez çalışmasının kapsamında;

- i) Çalışmada kullanılan malzeme ve yöntemler hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiş,
- ii) Çalışma alanının; coğrafik konum, ulaşım, morfoloji, su durumu, iklim ve bitki örtüsü ile bölgesel ve çalışma alanının jeolojisi, stratigrafisi, yapısal ve ekonomik jeolojisi hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiş,
- iii) Çalışma alanında bulunan granit blok taş ocağında ve civarında yapılan arazi gözlemleri ve ölçümleri sonucunda 1:500 ölçekli malzeme jeolojisi ve 1:25.000 ölçekli genel jeoloji haritaları ile kesitleri hazırlanmış, ayrıca ocakta, üretim kalitesini etkileyen jeolojik kusurlar belirlenmiş ve üretilen granitin “malzeme” özelliklerinin belirlemesine yönelik olarak ilgili standartlarda öngörülen laboratuvar analizleri ve deneyleri yapılmış,
- iv) Granitlerde meydana gelen paslanma sorununun nedenlerinin araştırılmasına ve belirlenmesine yönelik olarak çeşitli analitik teknikler kullanılarak yapılan bazı analizlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve yorumlanmış, ayrıca laboratuvarda bazı hızlandırılmış paslanma deneyleri yapılarak, oluşan pas lekelerini temizlemeye ve pas oluşumunu önlemeye yönelik bazı çözüm önerileri sunulmuş,
- v) Çalışma bölgesinde işletilen üç farklı ticari granit radyoaktivite potansiyelleri mineralojik-petrografik, jeokimya ve mineral kimyası gibi analizler ile bazı analitik teknikler kullanılarak araştırılmış, elde edilen sonuçlara bağlı olarak, çalışma bölgesindeki granitlerin özellikle yapıların iç mekanlarında kullanılmasının, insan sağlığı açısından herhangi bir radyolojik risk taşıyıp taşımadıkları değerlendirilmiştir.



2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu tez çalışması; i) literatür araştırması ve önceki çalışmaların değerlendirilmesi, ii) arazi çalışmaları, iii) laboratuvar çalışmaları ve iv) bu çalışmalar sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve yorumlamasına yönelik olarak yapılan büro çalışmaları olmak üzere toplam 4 aşamada gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması aşamalarında kullanılan malzemeler ve yöntemler aşağıda detaylı olarak sunulmuştur.

2.1 Literatür Çalışmaları

Tez konusu kapsamında seçilen granit blok taş ocağının bulunduğu çalışma alanı ve civarındaki bölgeyle ilgili daha önceden yapılan jeolojik raporlar, yüksek lisans ve doktora tezleri ile bilimsel yayınlar ve bu tez çalışmasının esas konusunu oluşturan granitlerdeki paslanma ve radyoaktivite sorunu ile ilgili olarak dünyada ve Türkiye’de yapılan benzer bilimsel çalışmalar derlenerek özetleri çıkarılmıştır. Literatür çalışmalarında başlıca; kütüphane, internet ve kişisel kaynaklar kullanılmıştır.

2.1.1 Önceki Çalışmalar

Tez çalışmasının literatür araştırmaları kapsamında, bir çok kütüphane, internet ve kişisel kaynağın kullanılması ile elde edilen önceki çalışmalar, çalışma bölgesi ve konusu (paslanma ve radyoaktivite) ile ilgili yapılan önceki çalışmalar olarak iki ayrı alt başlık altında özetlenmiştir.

2.1.1.1 Çalışma bölgesi ile ilgili yapılan önceki çalışmalar

Tarhan (1987); Orta Anadolu metamorfik ve granitik kayalarının kökeni ve evrimini incelemiştir. Çalışmacı, Orta Anadolu’da yüzeyleyen jeolojik birimlerin tabanını Paleozoyik yaşlı Aksaray metaofiyolitinin oluşturduğunu, bu birimin üzerinde

Permo/Karbonifer-Kampaniyen yaşlı ve ada yayı kökenli Orta Anadolu metamorfileri ile bu metamorfitlerden türemiş olan Orta Anadolu granitik kayalarının yüzeylendiğini, tüm bu birimlerin ise uyumsuzlukla Üst Maestrihtiyen-Pliyosen yaşlı çökellerle örtüldüğünü ifade etmiştir. Çalışmacı, Orta Anadolu granitik kayalarının bir plütonun (veya plütonların) ürünleri değil, birbirini takiben gelişmiş yüksek P/T ve düşük P/T metamorfizmalarının ürünleri olduğunu belirtmiştir.

Oygür vd. (1987); Aksaray'ın kuzeydoğusu ile Şereflikoçhisar'ın kuzeyi arasında uzanan bölgenin demir cevherleşmesi açısından ayrıntılı olarak prospeksiyonunu yapmışlardır. Prospeksiyon sırasında bölgede yayılım gösteren granitoid-mermer-ultramafit kaya üçlüsünün dokanakları incelenmiş ve 1/25.000 ölçeğinde jeoloji haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca, havadan yapılan manyetik araştırmalar sonucunda cevherleşme anomalileri elde edilmiştir. Çalışmacılar, bölgede çok geniş bir yayılım gösteren Ekecikdağ granitoidinin albit granit ile diyorit arasında değişen çok geniş bir kaya bileşim yelpazesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu birimin Baranadağ Plütonu'na karşılık geldiğini, hem Kaman grubu metamorfitlerini, hem de ofiyolit topluluğu kayalarını sıcak dokanakla kestiğini öne sürmüşlerdir.

Bayhan (1993); Tuzgölü'nün doğusundaki Aksaray-Ortaköy granitoidinin petrografik ve kimyasal-mineralojik özellikleri ile tektonik konumlarını incelemiştir. Çalışmacı, yapmış olduğu saha gözlemleri, petrografik ve kimyasal mineralojik özelliklerine göre, Ortaköy granitoidinin üç ayrı yerleşim kütesinden oluştuğunu belirtmiştir. Bu küterinin; biyotit-granitoidler, granodiyoritik ve monzonitik topluluklardan meydana geldiğini açıklamıştır. Biyotit-granitoidlerin, S-tipinde granodiyorit ve adamellit bileşiminde, peralumino karakterinde, alumino topluluklarına ait ve kabuksal malzemenin kısmi ergimesi sonucunda oluştuğunu belirtmiştir. Granodiyoritik toplulukların, I-tipinde, granodiyorit ve adamellit bileşiminde, daha çok peralumino, az metalumino karakterinde, alumino-kafemik toplulukların kalkali alt bölümüne ait ve kabuk+manto malzesinin kısmi ergimesiyle oluşan magmadan türediğini belirtmiştir. Monzonitik toplulukların ise, I-tipinde, kuvars monzonit ve adamellit bileşiminde, daha çok metalumino, kısmen peralumino karakterinde, kafemik toplulukların açık renkli subalkali alt bölümüne ait ve

manto+kabuk malzemesinin kısmi ergimesi sonucunda oluşan magmadan türediğini ifade etmiştir.

Türelî (1991) ve Türelî vd. (1993); metamorfik ve ofiyolitik kayalara sokulum yapmış monzogranit ve granodiyorit bileşiminde olan ve Aksaray ile Ortaköy arasında yüzeyleyen Ekecikdağ granitoidini petrografik ve kimyasal bileşimlerine göre birbirleriyle kökensel olarak ilişkili olan beş alt birime ayırmışlar ve bu alt birimleri; Borucu granodiyorit-monzograniti, Sinandı mikrograniti, Hisarkaya porfirik graniti, Kalebalta lökograditi ve aplitik granitler olarak adlandırmışlardır. Bu birimlerin, jeokimyasal olarak kalkalkalen karakterli alümino-kafemik eğilim gösterdiğini, hem I-tipi hem de S-tipi granitlere benzer özelliklere sahip olduklarını, granit magmasının bölgeye yerleşimi sırasında daha önceden var olan ofiyolitik kökenli gabroyik bileşimli kayalardan gelen ksenolitler içerdiklerini, Ekecikdağ granitoidindeki bu kaya birimlerinde yapmış oldukları jeokimyasal analiz sonuçlarının kıtasal kabuk kökenini ve çarpışma sonrası tektonik ortamını işaret ettiğini öne sürmüşlerdir.

Göncüoğlu ve Türelî (1994); Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'ndeki Ekecikdağ granitoidinde arazi, jeokimya ve izotop araştırmaları yapmışlar, bu araştırmalardan elde ettikleri sonuçlara dayanarak Ekecikdağ granitoidinin, kıtasal kabuğun kısmi ergimesiyle oluştuğunu ve Üst Kretase'de Neotetis'in İzmir-Ankara kolunun kapanmasıyla ilişkili olarak iki aşamalı çarpışmayla meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir.

Kadıoğlu (1996); Orta Anadolu'da, Aksaray'ın kuzeyinde yer alan Ağaçoören ve civarındaki felsik ve mafik sokulum kayalarının ve felsik kayaların içerdiği mafik mikrogranüler anklavların jeolojisini, petrografisini, jeokimyasını ve kökenlerini belirlemeye yönelik olarak yaptığı çalışmalarda, bölgedeki felsik kayaları oluşturan Ağaçoören granitoidinin alt ürünlerinin kabuk kökenli bir magmanın ayrımlaşma ürünlerini temsil ettiğini, mafik kayaları oluşturan Çokumkaya gabrosunun ise manto kökenli olduğunu belirtmiştir.

Kadıoğlu ve Güleç (1996a); Ağaçoören İntüzif Takımının (AİT) başlıca; Çokumkaya gabrosu, Ağaçoören granitoidi ve bu birimleri kesen genç yaşlı dayklardan

oluşturduğunu belirtmişlerdir. Ağa oren İnrüzif Takımı'ndaki felsik ve mafik magmalar arasındaki etkileşimi (magma mixing/mingling), Ağa oren granitoyidi içerisinde gözlenen mafik mikrogranüler anklavlara (MMA) bağlayarak, bunların ayrıntılı petrografik ve jeokimyasal özellikleri ile mineral kimyasını incelemişler ve magma etkileşiminin mikro ölçekteki kanıtlarını ortaya koymuşlardır.

Aydın vd. (1998); Orta Anadolu Granitoyidlerini, C-tipi (kabuksal) l kograditler ve H-tipi (hibrid) granitler olarak iki ana grupta toplamışlardır. Çalışmacılar, C-tipi granitoyidlerin Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nda (OAKK)'daki erken granitoyid oluşum safhasını temsil ettiklerini ve çarpışma-sırası (syn-collisional) magmatizmasının ürünleri olduklarını ifade etmişlerdir. H-tipi granitoyidlerin ise çarpışma-sonrası (post-collisional) magmatizmasının ürünleri olduklarını ve OAKK'da son granitoyid oluşum safhasını temsil ettiklerini belirtmişlerdir. Bunlardan; Yozgat, Ağa oren, Ekecikdağ ve Cefalıkdığ gibi kompozit granitoyid intr zyonlarının OAKK'nın jeolojisinde egemen durumda olduklarını ifade etmişlerdir.

Kadıoğlu ve Güleç (1996b) ve Kadıoğlu vd. (1998); Ağa oren İnrüzif Takımı içerisinde yer alan gabrolarda yaptıkları çalışmada; gabroların granitoyidlere göre yüzeyde daha az ve genelde yüksek tepelerde gözlendiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, gabro bloklarının bulunduğu alanlardan Kapaktepe ve Havuzkonağı mevkieinden yaptıkları jeofizik ölçümler sonucunda elde ettikleri görünür özdirenç değerleri neticesinde söz konusu alanlarda yüzeyleyen gabroların tavan bloğu değil, derinlere doğru devam eden sokulum kütleleri olduğunu ifade etmişlerdir.

Kadıoğlu ve Güleç (1999); Orta Anadolu Granitoyidleri içerisinde yer alan anklavları kökensel olarak; ksenolitik, magma segregasyonu ve magma mixing/mingling süreçleri sonucunda oluşan mafik mikrogranüler anklavlar olmak üzere üç grupta sınıflandırmışlardır.

Işık (2000); Ekecekyenik y-Mamasun (Aksaray) ile Yeşilhisar (Kayseri) arasında yüzeyleyen gabroyik ve granitoyidik kayaları petrografik ve jeokimyasal açıdan incelemiştir. Araştırmacı, bölgede yüzeyleyen gabro, diyorit, plajiyogranit ve dolerit dayklarının İç Anadolu Ofiyolitlerinin kalıntıları olduğunu, Ekecekdığı

granitoidinin ise muhtemelen hibrid bir magmadan türediğini ve çarpışma sonrası (post-collisional) granit özelliğinde olduğunu ileri sürmüştür.

Kadioğlu vd. (2002; 2003); Tuz Gölü'nün doğusunda yüzeyleyen granitoid-gabrotoyd kayalar topluluğundan oluşan Ağaçören İntrüzif Takımı'nda magma karışım (mixing/mingling) süreçlerinin etkili olduğunu ve gabro ile granitin eş yaşlı (coeval) kütleler olduğunu jeolojik, petrografik, jeokronolojik ve jeofiziksel incelemeler ile ortaya koymuşlardır. Çalışmacılar elde ettikleri jeokronolojik verilere göre gabroların 78.0 ± 0.3 My - 78.8 ± 1.0 My, granitlerin ise 77.6 ± 0.3 My yaşlarını vermeleri ve jeofizik modelleme sonuçlarına dayanarak gabro kütlelerinin yaklaşık 1.55 km derinliğindeki ana gabro kütlelerinin apofizleri olarak granit ve mermerlere sokulum yaptığını ve bunun doğal bir sonucu olarak da granit ile gabronun eş yaşlı sokulum kütleleri olduğunu belirtmişlerdir.

Doğan (2003); Orta Anadolu granitoidlerinin en geniş yüzeylendiği bölgelerden birisinin Aksaray-Kırşehir arasında olduğunu belirtmiştir. Bu granitoidlerin, Ağaçören ve Ekecikdağı civarında kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı büyük yüzeylenmeler halinde, Kızılırmak boyunca ise küçük ve izole olmuş sokulumlar şeklinde gözlemlendiğini ifade etmiştir. Çalışmacı, bölgedeki granitoidlerin farklı zaman ve mekânda oluştuğunu ve belirgin petrojenetik özellikler gösteren 1. Aksaray-Ekecikdağ granitoidi, 2. Ağaçören granitoidi ve 3. Kırşehir-Cefalık granitoidi şeklinde üç ayrı granitoid serisinin varlığını öne sürmüştür. Bunlardan Aksaray-Ekecikdağ granitoidinin oluşum sırasına göre gabro, granodiyorit ve granit kayaları ile temsil edildiğini, Ağaçören granitoidlerinin ise dıştan içe doğru gabro ve lökograditler, eş tane boylu granodiyoritler, birkaç fazlı porfiritik granitler ve en iç kısımda mikrogranitlerden oluştuğunu belirtmiştir. Çalışmacı, bölgedeki kıta kabuğunun kısmi ergimesinin kabuk kalınlaşmasına bağlı olarak değil, esas olarak gabro sokulumları ile getirilen ısı ile ilişkili olduğunu öngörmüştür. Buna bağlı olarak, Aksaray-Ekecikdağ ve Ağaçören granitoidlerinin merkezi Akmezar yakınlarında bulunan bir magma sorgucunun (sıcak noktanın) aktivasyonu sonucunda oluştuklarını öne sürmüştür.

Işık ve Koçak (2005); Ekecikdağ magmatik sokulumunun, Aksarayın kuzeydoğusunda başlıca K-feldispat megakristalli ve mafik anklav içeren rapakivi,

antirapakivi dokulu Borucu granitoyidi, granat ve muskovit içeren Kalebalta lökograniti ile Sinandı mikrogranitinden oluştuğunu belirtmişlerdir. Borucu granitoyidinin üst mantodan (metagabro), Sinandı mikrograniti ve Kalebalta lökogranitinin ise üst kabuktan (muhtemelen metagrovaktan) türediğini öne sürmüşlerdir. Borucu granitoyidinin, felsik ve anklavlarla temsil edilen mafik magmanın kimyasal karışım (mixing), fiziksel karışım (mingling) ve sonrası gelişen safhalı kristalleşme ve muhtemel kabuk asimilasyonu süreçleri ile oluşmuş olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmacılar, Ekecikdağ granitoyidinin çarpışma sonrası özellikteki melez granitoyid olduğunu ve Kampaniyen boyunca ofiyolit üzerlemesi sonucu oluşan kabuk kalınlaşmasını takip eden açılma neticesinde oluşan felsik ve mafik magmaların karışım süreçleri ve takip eden safhalı kristalleşme ile muhtemel kabuk asimilasyonu ile en son kimyasal bileşimlerini kazandığını ifade etmişlerdir.

İlbeyli (2005); OAKK'da Geç Kretase magmatizmasının ürünleri olan ve ofiyolitik birimlerce üzerlenen, metamorfik kayalara sokulum yapan çarpışmayla ilişkili granitoyidleri, i) kalkalkalin (Ağaçören, Behrekdağ, Cefalıkdağ, Çelebi, Ekecikdağ, Halaçlı, Karamadazı, Kösefakılı, Terlemez, Üçkapılı, Yozgat), ii) subalkalin (Baranadağ) ve iii) alkalin (Atdere, Davulalan, Eğrialan, Hamit, İdişdağı, Karaçayır) olmak üzere üç gruba ayırmıştır. Çalışmacı, kalkalkalin kayaların metalümino/peralümino karakterli I ve S-tipi monzodiyorit-granit bileşiminde, subalkalin kayaçların metalümino karakterli S-tipi monzonit-granit bileşiminde, alkalin kayaçların ise metalümino-peralkalin karakterli genelde A-tipi foid içeren monzosiyenit-granit bileşiminde olduğunu ve bu plütonların 2.6-5.3 (kbar) basınç altında 698-858 °C'deki geniş bir sıcaklık aralığında yüksek oranda okside olan magmalardan ($\log fO_2$ -17 ile -12 arası) kristallendiklerini belirtmiştir. Ayrıca bu granitoyidlerin, LIL ve hafif NTE'ce zenginleşme, yüksek $^{87}Sr/^{86}Sr$ ve düşük $^{143}Nd/^{144}Nd$ oranları gösterdiklerini, bu verilere dayanarak plütonların büyük oranda yitim malzemesi içeren manto kaynağından türediklerini ileri sürmüştür.

Kadıoğlu vd. (2006); Üst Kretase-Paleosen yaşlı ve kalkalkalin/alkalin karakterli felsik intrüzif kayaçların, OAKK içerisindeki metamorfik ve ofiyolitik birimlere sokulum yaptığını belirtmişler ve bu birimleri mineralojik ve kimyasal bileşimlerine göre; granit, monzonit ve siyenit üst takımlarına ayırmışlardır. Granit üst takımının

OAKK'nın en dış kısmını oluşturan granit ve granodiyorit bileşimli kayalardan oluştuğunu ve Ağaçören İnrüzif Takımı, Çelebi Takımı, Behrekdağ Takımı, Sulakyurt Takımı, Hacılı Takımı, Kerkenez Takımı, Akdağmadeni Takımı ve Karakeban Takımlarına ayrıldığını belirtmişlerdir. Monzonit üst takımının granit üst takımı ile tedrici dokanak ilişkisi gösterdiğini ve OAKK'nın iç kısmına doğru granit üst takımı ile paralellik sergileyerek yayılım gösterdiğini, bu üst takımın monzonit ve kuvars monzonit bileşimindeki kayalardan oluştuğunu ve Terlemez Takımı, Saraycık Takımı, Cefalık Takımı, Baranadağ Takımı, Akçakent Takımı, Cankılı Takımı ve Murmano Takımlarına ayrıldığını belirtmişlerdir. Siyenit üst takımının ise, OAKK içerisinde en iç kesimde ve diğer üst takımlardan bağımsız kütleler halinde bulunduğunu, bu üst takımın başlıca; kuvars siyenit, siyenit, foid siyenit ve pseudolösit içeren alkali bileşimdeki kayalardan oluştuğunu ve İdişdağı Takımı, Devedamı Takımı, Hayriye Takımı, Bayındır Takımı, Buzlukdağ Takımı, Akçakent Takımı ve Ömerli Takımlarına ayrıldığını belirtmişlerdir. Granit, monzonit ve siyenit üst takımlarının sırasıyla yüksek K içerikli kalkalkalin, şosonitik ve alkalin bileşiminde olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmacılar, jeokimyasal verilere göre granit ve monzonit üst takımlarının adakit bileşiminde olduğunu ve dalma batma zonu ürünleri ve manto metasomatizmasından oluşan bir ürünü sergilediklerini, siyenit üst takımının ise kabuğun incelmesine bağlı olarak ve daha çok kabuk kirlenmesine uğramış manto kökenli alkali magmanın ürünleri olabileceğini ileri sürmüşlerdir. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ metoduna göre yapılan yaş tayinlerinden elde edilen sonuçlara göre, granit üst takımının 77.7 ± 0.3 My, monzonit üst takımının 70.0 ± 1.0 My ve siyenit üst takımının ise 69.8 ± 0.3 My yaşında olduklarını buna göre OAKK içerisinde belirtilen zaman içerisinde geniş bir magma evriminin gerçekleştiğini vurgulamışlardır.

Toksoy-Köksal vd. (2008); Ekecikdağ Magmatik Birliği (EMB)'ni Orta Anadolu'daki en önemli magmatik birimlerden birisi olduğunu ve litolojik olarak granodiyorit, mikrogranit ve lökogradit olarak tanımlamışlardır. Granodiyorit bölgedeki ana granitik faz olup, mikrogranit tarafından kesilmekte, lökogradit ise her iki kayaca da sokulum yaptığını belirtmişlerdir. Çalışmacılar, granodiyoriti; iri K-feldispat fenokristallerine sahip, yüksek biyotit, amfibol ve yaygın mafik mikrogranüler anklavlar içeren faneritik dokulu, mikrograniti; mikrogranüler dokulu, lökograditi ise iki mikalı (biyotit+muskovit) granit olarak tanımlamışlardır. Mineral

kimyası verilerine göre, granodiyorit ve lökogranitin kalk-alkalen, mikrogranitin peralüminalı karakterde ve granodiyoritin hibrid kökenli olduğunu belirtmişlerdir. Jeotermobarometrik hesaplamalara göre granodiyoritin 490-642 °C, mikrogranitin 427-648 °C ve lökogranitin ise 482-456 °C sıcaklıkta kristallendiğini ve granodiyoritin 6-16 km derinlikte, diğerlerinin ise 10 km'den büyük derinliklere yerleştiklerini ifade etmişlerdir. LA-ICP-MS zircon U-Pb analizleri ile ortalama $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşlarının granodiyorit için 84.57 ± 0.70 My, mikrogranit için 81.5 ± 1.8 My ve lökogranit için 80.2 ± 8.3 My olarak, lökogranitin ayrıca Rb-Sr izokron yaşını 75.3 ± 4.7 My olarak tespit etmişlerdir. Çalışmacılar, tüm-kayaç Sr-Nd TIMS ve zircon LA-ICP-MS Lu-Hf izotop verilerine dayanarak Ekecikdağ granitoidlerinin düşük miktarda (mikrogranitte en az olmak üzere) manto katkılı olan kıtasal kabuk baskın magma kaynaklarına sahip olduklarını önermişlerdir.

2.1.1.2 Çalışma konusu ile ilgili yapılan önceki çalışmalar

Knight ve Knight (1938); İngiltere'nin güneybatısındaki Cornwall bölgesinde, De Lank granit blok taş ocağında işletilen "Cornish Grey" ticari isimli granitin (granit) bileşiminde bulunan "hidrojenetik biyotit"lerin oksidasyonu sonucu paslandığını tespit etmişlerdir.

Dallwitz ve Greaves (1961); Avustralya'nın Melbourne şehrinin kuzeybatısındaki Victoria bölgesinde, Harcourt granit blok taş ocağında üretilen "Victorian Grey" ticari isimli granitin (adamellit) bileşimindeki "biyotit" ve "pirit" minerallerinin oksidasyonu sonucunda paslandığını tespit etmişlerdir.

Raymahashay ve Sharma (1993); Hindistan'ın Tamil Nadu şehrinin Madurai bölgesinde bulunan granit blok taş ocağında işletilen "Kashmir White" ticari isimli granitin (granulit) bileşiminde bulunan "garnet (almandin)" minerallerinin oksidasyonu sonucu paslandığını tespit etmişlerdir.

Elsen (1998); Dünya doğal taş piyasasında pazarlanan ve Belçika'da yapı sektöründe kullanılan toplam 22 tane ithal granitin yapılarıdaki duraylılıklarını belirlemeye yönelik olarak granit örnekleri üzerinde laboratuvarında hızlandırılmış ayrışma deneyleri yapmıştır. Yapmış olduğu bu deneyler sonucunda, granit örneklerinden

özellikle “Amarelo Fonte Arcada” ticari isimli Portekiz graniti ile “Sarizzo Antigorio” ticari isimli İtalya’nın granitinde “biyotit” minerallerinin oksidasyonu sonucu oluşan pas lekelerinin oluştuğunu tespit etmiştir.

Bams ve Barquin (2004); Fransa ve Hindistan granitlerinin paslanma risklerini araştırmaya yönelik olarak laboratuvarında hızlandırılmış paslanma deneyleri (Termal şok ve Alkali çözelti deneyleri) yapmışlardır. Ayrıca, granitlerde oluşan pas lekelerini önlemeye yönelik olarak bazı koruyucu kimyasal malzemeleri granitlerin yüzeyine uygulayarak performanslarını araştırmışlardır.

Quick ve Sirivivatnanon (2006); Avustralya’nın Sydney şehrinin güneybatısındaki Bowral bölgesinde bulunan Mt Gibraltar granit blok taş ocağında üretilen “Bowral Yellow” ticari isimli granitin (mikro siyenit) bileşiminde bulunan “piroksen” minerallerinin hidrotermal alterasyonu sonucunda “siderit” minerallerine dönüşmesi ve bu minerallerin oksidasyonu sonucunda paslandığını belirlemişlerdir.

Schouenborg vd. (2010) ve Schouenborg vd. (2011); Sarı renkli Çin ve gri renkli Portekiz granitleri üzerinde yapmış oldukları araştırmalarda, granitlerde oluşan pas lekelerinin çoğunlukla “biyotit” minerallerinin oksidasyonu sonucunda oluştuğunu, bazı granitlerde ise “pirit”, “Mn-ilmenit” ve “magnetit” minerallerinden kaynaklandığını belirlemişlerdir. Granitlerin, paslanma risklerini araştırmak için optik mikroskop, SEM mikroskobu incelemeleri ile laboratuvarında termal şok deneyi yapmışlardır. Ayrıca, oluşan pas lekelerini temizlemeye yönelik olarak % 10’luk oksalik asit çözeltisi hazırlayarak paslı yüzeylerin üzerine uygulamışlardır.

Braga vd. (2012); İtalya’nın Piacenza şehrinin Montorfano bölgesindeki granit blok taş ocağında işletilen “Bianco Montorfano” ticari isimli granitin (löko-monzogranit) bileşiminde bulunan “biyotit” minerallerinin ayrışması sonucunda serbest kalan demirin (Fe^{+2}) ve “pirit” minerallerinin oksidasyonu sonucunda paslandığını belirlemişlerdir.

Lisboa vd. (2013); Portekiz’in Alentejo şehrinin Portalegre bölgesindeki Tapada Azul granit blok taş ocağında üretilen “Portalegre Bluish Grey (Azul de Alpalhao)”

ticari isimli granitin (iki mikalı granit) bileşiminde bulunan “pirit” minerallerinin oksidasyonu sonucu paslandığını belirlemişlerdir.

Aykamış (2008); Türkiye’de yapı malzemesi olarak kullanılan bazı Türk doğal taşlarındaki radyoaktivite seviyelerini belirleyerek, bunların kimyasal ve mineralojik bileşimleri ile olan ilişkilerini araştırmıştır. Bu kapsamda çalışmacı, Türkiye’nin farklı bölgelerinde işletilen 35 farklı türde mermer, 7 farklı türde granit, 5 farklı türde bazalt ve 6 farklı türdeki endüstriyel hammadde olarak üretilen kayaçlar üzerinde gamma spektroskopik analizler, kimyasal ve mineralojik analizler yapmıştır. Yapmış olduğu bu analiz sonuçlarına bağlı olarak, Türkiye’de işletilen granitlerden “Aksaray Yaylak” ticari isimli granitin $Ra_{(eq)}$ değerini; 227.63 Bq/kg, dahili etkin doz miktarını (AED); 0.99 mSvy^{-1} ile Gamma aktivite indisini (I_γ); 1.69 ve “Aksaray Pink” ticari isimli granitin $Ra_{(eq)}$ değerini 230.06 Bq/kg, dahili etkin doz miktarını (AED); 1.01 mSvy^{-1} ile Gamma aktivite indisini ise (I_γ); 1.71 olarak hesaplamıştır. Buna göre, her iki ticari granitin de radyoaktivite potansiyellerinin Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi ve Avrupa Birliği Komistonu tarafından hazırlanan yapı malzemelerinin radyoaktivitesi yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerin altında olduğunu belirtmiştir.

Çetin vd. (2012); Türkiye’de işletilen toplam 8 ve Dünya’nın çeşitli ülkelerinde işletilen ve Türkiye’nin ithal ettiği toplam 22 ticari granitin doğal radyoaktivite seviyelerini araştırmışlardır. Yaptıkları Gamma spektroskopisi ölçümleri sonucunda Türkiye’de işletilen “Aksaray Yaylak” ticari isimli granitin $Ra_{(eq)}$ değerini; 245 Bq/kg ve “Aksaray Pink” ticari isimli granitin $Ra_{(eq)}$ değerini ise 418 Bq/kg olarak hesaplamışlardır. Buna göre, “Aksaray Pink” ticari isimli granitin Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi yapı malzemelerinin radyoaktivitesi yönetmeliğinde belirtilen sınır değer (370 Bq/kg) üzerinde $Ra_{(eq)}$ derişimine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Aykamış vd. (2013); Türkiye’de işletilen toplam 8 ve Dünya’nın çeşitli ülkelerinde işletilen ve Türkiye’nin ithal ettiği toplam 14 ticari granitin doğal radyoaktivite seviyelerini araştırmışlardır. Çalışmacıların yaptıkları Gamma spektroskopisi ölçümleri sonucunda Türkiye’de işletilen “Aksaray Yaylak (pasture)” ticari isimli granitin $Ra_{(eq)}$ değerini; 187 Bq/kg ve I_γ değerini 0.7 ile “Aksaray Pink” ticari isimli

granitin $Ra_{(eq)}$ değerini ise 228 Bq/kg ve I_γ değerini ise 0.8 olarak hesaplamışlardır. Buna göre, her iki granitinde Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi ve Avrupa Birliği Komisyonu yapı malzemelerinin radyoaktivitesi yönetmeliklerinde belirtilen sınır değerlerin altında olduğunu belirtmişlerdir.

Onargan vd. (2013); Türkiye’de işletilen toplam 6 ve Dünya’nın çeşitli ülkelerinde işletilen ve Türkiye’nin ithal ettiği toplam 6 ticari granitinin doğal radyoaktivite seviyelerini araştırmışlardır. Çalışmacıların yaptıkları Gamma spektroskopisi ölçümleri sonucunda Türkiye’de işletilen “Aksaray Yaylak” ticari isimli granitin $Ra_{(eq)}$ değerini; 216 Bq/kg ve I_γ değerini 0.79 ile “Crema Lal” ticari isimli granitin $Ra_{(eq)}$ değerini ise 301 Bq/kg ve I_γ değerini ise 1.09 olarak hesaplamışlardır. Buna göre, her iki granitin de doğal radyoaktivitesinin Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi ve Avrupa Birliği Komisyonu yapı malzemelerinin radyoaktivitesi yönetmeliklerinde belirtilen sınır değerlerin altında olduğunu belirtmişlerdir.

2.2 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında; çalışma alanına ulaşım için kiralanan araba, jeolog çekici, jeolog pusulası, GPS cihazı, dijital fotoğraf makinası, şerit metre, yazım-çizim gereçleri ile kayaç örneklerini almak için balyoz çekici, örnek torbaları, 1:100000 ve 1:25000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır. Çalışma alanında bulunan granit blok taş ocağı ve civarında gerekli olan ölçümler ve gözlemler yapılarak, granit blok taş ocağının 1:500 ölçekli üretim haritası üzerine malzeme jeolojisi ile ilgili unsurlar işlenmiştir. Bunun yanı sıra, blok taş ocağı ve civarının kapsadığı 1:25000 ölçekli topografik harita üzerine, bölgede bulunan kaya birimleri ve dokanakları ile yapısal jeolojik unsurlar çizilerek, çalışma alanından sistematik bir biçimde alınan kayaç örneklerinin yerleri koordinat bağımlı olarak işlenmiştir.

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında granit blok taş ocak yeri ve civarından koordinatlı ve sistematik olarak alınan kayaç ve su örnekleri ilgili laboratuvar analizleri ve deneyleri için, İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü rnek hazırlama laboratuvarlarına getirilmiştir. Laboratuvar analizleri ve deneyleri kapsamında başlıca; kayaç örneklerinin mineralojik-petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla

optik mikroskop incelemeleri, kayaç örnekleri üzerinde XRD ve XRF analizleri, su örnekleri üzerinde yapılan iyon kromatografisi analizleri ile blok taş granit ocağından alınan granit örnekleri üzerinde yapılan fiziko-mekanik deneyler ve hızlandırılmış pas deneyleri, İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır. Ayrıca, Raman spektroskopisi analizleri, Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında tarafımızca, Gamma spektroskopisi (radyoaktivite) analizleri Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM) laboratuvarlarında, ICP-OES ve MS, kükürt izotop ve elektron mikroprop analizleri ise yurt dışındaki Georgia Üniversitesi (ABD) ilgili kuruluşlara gönderilerek hizmet alımı yoluyla yaptırılmıştır.

2.3.1 Laboratuvar çalışmalarında kullanılan analitik teknikler

Tez çalışmasının laboratuvar çalışmaları kapsamında kullanılan analitik ölçüm ve analiz tekniklerinin yöntemleri ile kullanılan cihazların özellikleri aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

2.3.1.1 Optik mikroskop incelemeleri

Kayaç örneklerinden hazırlanan ince kesitler, Leica DM4500P model polarizan petrografi mikroskobu kullanılarak mevcut olan esas, aksesuar (tali) ve ikincil mineraller, alterasyon türleri ile mikro doku tipleri belirlenmiş ve mikroskoba bütünleşik haldeki kamera yardımıyla mikrofotografaları çekilmiştir (Şekil 2.1). Kayaç örneklerinden hazırlanan parlak ince kesitler, Nikon Eclipse L150 model cevher mikroskobu kullanılarak mevcut olan metalik (opak) fazdaki mineraller ve parajenezleri ile alterasyon türleri belirlenmiş ve mikroskoba bütünleşik haldeki Nikon Coolpix 4500 model dijital fotoğraf makinası yardımıyla bu minerallerin mikrofotografaları çekilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.1 : Leica DM4500P model polarizan petrografi mikroskobu.



Şekil 2.2 : Nikon Eclipse L150 model cevher mikroskobu.

2.3.1.2 XRD analizleri

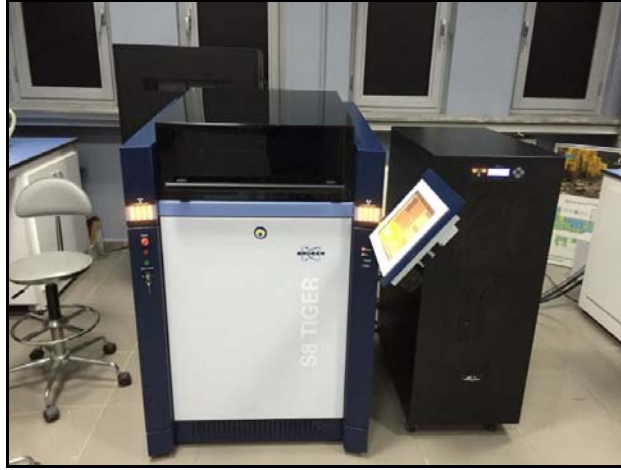
XRD analizleri, kayaç örneklerinin %75'i 45 mikronun altında öğütülmüş, öğütülen bu toz örneklerden yaklaşık 5 g'lık kısımlardan rastgele partikül oryantasyonunu sağlayacak şekilde örnek kaplarına konulmuş fraksiyonlar üzerinde, İTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, X-Işınları Laboratuvarı'nda bulunan Bruker D8 Advance model X-ışını kırınımı (P-XRD) ünitesi kullanılarak, 40 mA ve 40 kV akım ve voltaj yardımı ile Cu K α ışınmasıyla, filtresiz, 2° 2 θ /s adım hızıyla, 1°-70° 2 θ aralığında, Lynxeye marka dedektör kullanımı ile yapılmıştır (Şekil 2.3). Analizlerin sonucunda elde edilen X-ışını kırınım verileri, Jade 5.0 XRD veri değerlendirme programı (MDI, Kaliforniya-ABD) yardımı ile PDF-2 veri tabanı kullanılarak çözümlenmiştir.



Şekil 2.3 : Bruker D8 Advance model X-ışını kırınımı ünitesi.

2.3.1.3 XRF analizleri

Tüm kaya (jeokimya) analizleri için, 105 °C’de 24 saat etüvde kurutulan kayaç örnekleri, Retsch BB 100 çeneli kırıcıda < 15 mm boyuta indirgindikten sonra Retsch RS200 titreşimli halkalı öğütücüde 1000 dak⁻¹’lık devirde öğütme ile < 45 mikrona indirgenmiştir. Kızdırma kaybı değerleri (LOI) 1050 °C’de 2 saat bekletilerek hesaplanmış ve % olarak ifade edilmiştir. Bruker S8 Tiger model XRF cihazı ile iki değişik analiz paketi; majör oksitler (QUANT EXPRESS) ve iz elementler (GEOQUANT) kullanılarak, İTÜ Maden Fakültesi Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarı (JAL)’nda analiz edilmiştir (Şekil 2.4). Majör oksitler için 1/10 oranında bağlayıcı (toz wax) ve örnek karışımından 5.5 gramlık kısımlar, küçük alüminyum kupalara toz borik asit dolgusu üzerine Herzog TP 40/2d hidrolik manuel pellet hazırlayıcıda 250 kN/30 s basınçla, eser elementler için 1/3 oranından bağlayıcı (tablet wax) ve örnek karışımından 10 gramlık kısımlar toz borik asit ve alüminyum kupalar kullanmaksızın 150 kN/30 s basınçla 4 x 0.5 cm boyutlarında diskoidal tabletler haline getirilmiştir. Analizlerin doğruluğu Bruker GeoStandartları ile kontrol edilmiştir.



Şekil 2.4 : Bruker F8 Tiger model XRF cihazı.

2.3.1.4 ICP-OES ve MS analizleri

Tüm kaya jeokimya analizlerinin bir kısmı, DS9, DS10, GGC-02, GS311-1, GS910-4 ve SO-18 uluslararası standartları kullanılarak, Acme Laboratuvarları (Kanada)'nda yaptırılmıştır. Majör ve bazı iz elementlerin analizleri Spectro Ciros Vision ICP-OES, nadir toprak elementleri (NTE) dahil diğer iz elementler Perkin-Elmer Elan 6100 model ICP-MS kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2.5). Majör elementler ile Ba ve Sc analizleri için 0.2 g numune LiBO_2 füzyonu ile Mo, Cu, Pb, Zn, Ni ve As ise 0.5 g örneğin, 1 saat 95°C de 3 ml 2-2-2 HCl-HNO₃-H₂O çözeltide liç edilip 10 ml ye seyreltilmesi ile analize hazırlanmıştır.



Şekil 2.5 : Perkin-Elmer Elan 6100 model ICP-MS cihazı.

2.3.1.5 İyon kromatografisi analizleri

Granit ocağındaki fay zonlarından alınan su örneklerinin anyon ve katyon analizleri için İTÜ Maden Fakültesi Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarı (JAL)'ndaki Dionex ICS-1100 model İyon Kromatografi sistemi (ICS) kullanılmıştır (Şekil 2.6). Kullanılan ICS sisteminin 4-mm formatında olmasından dolayı kullanılan pompa izokratiktir. ICS-1100 izokratik bir sistem olduğundan kullanılan elüent içeriği ve miktarı çalışma süresince sabittir. Sistemde ASRS-4 mm süpresör kullanılmış, analizler sırasında 45 mA akım uygulanmıştır. Anyon analizlerinde suyun anyonlarının izokratik olarak ayrışmasına yardımcı çözücü solüsyon olarak Dionex sertifikalı 9 mM Na₂CO₃ elüent sıvısı, katyon analizlerinde ise elüent olarak 18 mM metansülfonik asit kullanılmıştır.



Şekil 2.6 : Dionex ICS-1100 model İyon Kromatografi sistemi.

2.3.1.6 Sülfür izotop analizleri

EPMA için hazırlanan parlak kesitler kullanılarak kükürt izotop analizleri için pirit kristalleri seçilmiş ve bunlar Dremel mini sonda kullanılarak 0.75 mm silikon karbür matkap uçları yardımıyla mg mertebesinde mineral tozu elde edilmiş ve bunlar daha sonra V₂O₅ ile karıştırılarak kalay kapsüller hazırlanmış ve analizler, Finnigan MAT252 izotop oran kütle spektrometre cihazı kullanılarak Iso-Labs (İngiltere)'da yaptırılmıştır (Şekil 2.7). Analitik doğruluk %0.05 den daha iyi olup δ³⁴S değerleri Vienna Canon Diablo Troilite (VCDT) standardına nispi olarak rapor edilmiştir.



Şekil 2.7 : Finnigan MAT252 model izotop oran Kütle Spektrometresi.

2.3.1.7 Elektron mikroprop analizleri (EPMA)

Biyotit, klorit ve pirit mineral kimyası seçilen elementler için JEOL JXA 8600 model Süperprop cihazı kullanılarak, nokta ve çizgi analiz modlarında, Georgia Üniversitesi (ABD)'nde yaptırılmıştır (Şekil 2.8). Analizlerde elektron hızlandırma voltajı olarak 15 kV kullanılmıştır. Majör elementler için elektron hüzmeye akımı ve sayma süresi sırasıyla 20 nA ve 20 saniyedir. İz elementler için ise, 100 nA ve 30 saniye kullanılmıştır. Analizlerin doğruluğu benzer bileşimli standartlar kullanılarak denetlenmiştir.



Şekil 2.8 : JEOL JXA 8600 model Elektron Mikroprop cihazı.

2.3.1.8 Raman spektroskopisi analizleri

Raman Spektroskopisi analizleri, Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi Araştırma Laboratuvarı'nda, Jobin Yvon (Horiba) LabRAM-800HR Konfokal Raman Spektrometre cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2.9).

Bu konfokal cihaz, çentik filtre tabanlı Raman mikroskobu sistemi (fokal uzunluğu 800 mm), Olympus BX41 optik mikroskobu, mm'de 1800 oluğa sahip bir ızgara ve Peltier soğutmalı CCD dedektörden oluşmaktadır. Raman spektrası, 100 ile 4000 cm^{-1} aralığında, 2 cm^{-1} çözünürlükte bir He-Ne lazer (633 nm) uyarıcısı ile elde edilmiştir. Sinyal-gürültü oranını iyileştirmek için en yüksek çözünürlük kullanılarak tekrarlı sinyal kazanımı biriktirilmiştir.



Şekil 2.9 : HORIBA Jobin Yvon LabRAM-800 HR model Konfokal Raman Spektrometresi.

2.3.1.9 Gamma spektroskopisi analizleri

Çalışma bölgesinde işletilen ticari 3 farklı granitten analiz için yaklaşık 1-1.5 kg olacak şekilde örnekler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu örnekler öğütücü kullanılarak toz haline getirilmiş ve gözenek açıklığı 1 mm olan elekten geçirilmiştir. Böylece örnekler ile analizde kullanılan kalibrasyon kaynaklarının geometrileri benzer duruma getirilmiştir. Daha sonra örnekler, net ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla 24 saat süreyle 105 ± 5 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki etüvde kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma işlemi sonucunda örnekler tartılarak her biri "Marinelli" adı verilen kaplara

konulmuştur. Bu kaplar, sızdırmaz bir şekilde kapatılarak örnekler, ^{226}Ra ve bozunum ürünü olan ^{222}Rn arasındaki kalıcı dengeyi oluşturmak için yaklaşık 4 hafta kadar kapların içinde bekletilerek radyoaktivite ölçme işlemine hazır hale getirilmişlerdir (TAEK, 2008). Her bir granit örneğindeki ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite derişimleri, bağıl verimleri %10, %50 ve %110 olan “HPGe” dedektöründen ve ilgili elektronik donanımdan oluşan “Gamma spektrometre” cihazları kullanılarak ölçülmüştür. Dedektörler, doğal fon radyasyonunu en aza indirmek amacıyla zırhlanmıştır. HPGe dedektörlerinin mutlak verim kalibrasyonları, RGU-I (uranyum cevheri), RGTh-I (toryum cevheri), RGK-I (K_2SO_4) referans malzemeleri ve ^{210}Pb , ^{214}Am , ^{109}Cd , ^{57}Co , ^{139}Ce , ^{203}Hg , ^{113}Sn , ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{88}Y ve ^{60}Co radyonüklitini içeren kalibrasyon kaynakları kullanılarak yapılmıştır. ^{226}Ra ve ^{232}Th aktivite derişimleri, ^{226}Ra ile ^{232}Th 'nin bozunum ürünlerinin aktivitelerinin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Ancak bazı durumlarda ^{226}Ra 'nın aktivitesinin belirlenmesinde, kendisine ait 186.2 keV enerjili gamma ışını ve ^{40}K aktivite derişimi ise 1460 keV enerjili gamma ışını piki kullanılarak hesaplanmıştır (TAEK, 2008).

2.3.1.10 Fiziko-mekanik ve hızlandırılmış paslanma deneyleri

Granit blok taş ocağında işletilen granitlerin malzeme özelliklerini belirlemeye yönelik olarak fiziko-mekanik deneyler, ilgili TS-EN standartlarına göre, İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Granitlerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla İndeks Özellikleri Laboratuvar'ı (etüv, Arşimet terazisi, derin dondurucu) mekanik özelliklerini belirlemek için ise Kaya Mekaniği ve Malzeme Labaoratuvarları'ndaki (MTS, Böhme ve Darbe) deney cihazları ve aletleri kullanılmıştır (Şekil 2.10). Ayrıca, granit örnekleri üzerinde, İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineral Hazırlama Laboratuvarı'nda hızlandırılmış paslanma deneyleri (etüv ve alkali çözelti kullanılarak) yapılmıştır.



Şekil 2.10 : Mekanik laboratuvar deneylerinde kullanılan MTS marka pres cihazı.

2.4 Büro Çalışmaları

Büro çalışmalarında, başlıca, literatür, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek yorumlanmıştır. Bu kapsamda, 1:500 ölçekli granit blok taş ocağının malzeme jeolojisi haritası ve kesitleri ile çalışma alanı ve civarının 1:25000 ölçekli genel jeoloji haritası ve kesitleri; Golden Software SURFER, ArcGIS, AutoCAD ve CorelDRAW bilgisayar paket programları kullanılarak çizilmiştir.

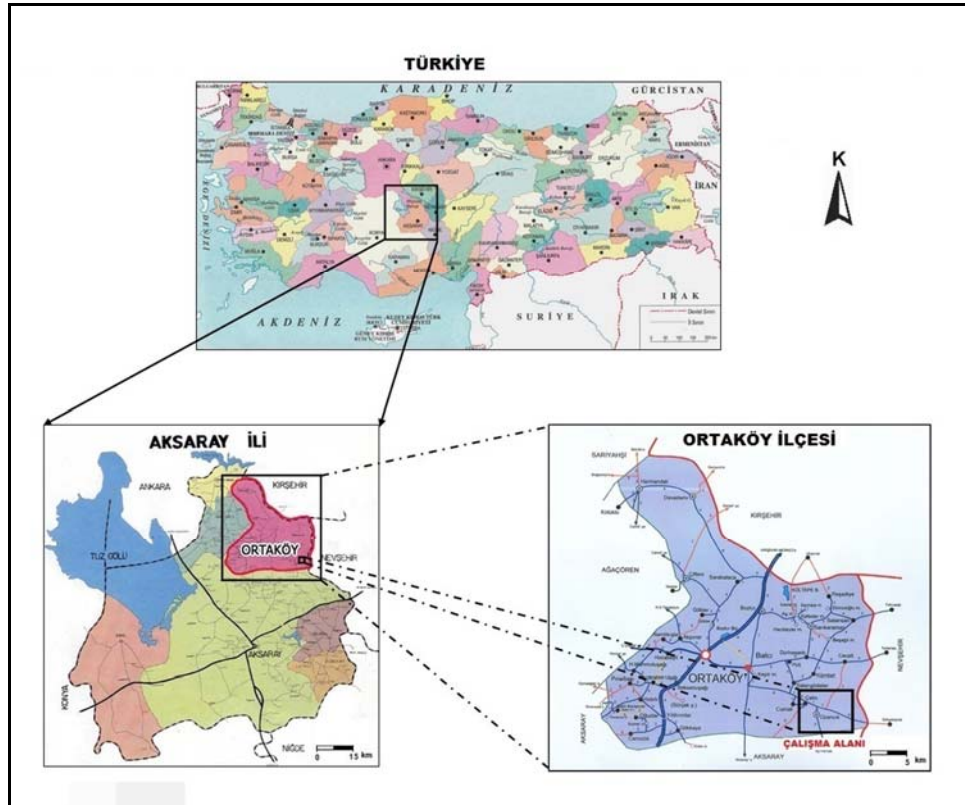
Elektron mikroprop analizlerinden elde edilen sonuçlar MICA⁺ ve WinCcac bilgisayar yazılımları kullanılarak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan diğer araştırmalar, incelemeler, analizler ve deneyler ile ilgili şekiller, çizelgeler ve metinlerin oluşturulmasında ise Microsoft OFFICE (Word, Excel ve Powerpoint), Microsoft PAINT ve Adobe PHOTOSHOP bilgisayar programları kullanılmıştır.

3. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

3.1 Coğrafi Konum ve Ulaşım Durumu

Çalışma alanı, coğrafi konumu itibarıyla; Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde, Tuzgölü'nün doğusunda, Aksaray ili sınırları içinde, Ortaköy ilçesine bağlı Ozancık kasabası güney kesiminde bulunan granit blok taş ocağı ve civarında bulunmaktadır (Şekil 3.1). Aksaray ili, İç Anadolu Bölgesi'nin orta kesiminde, 33-35° doğu meridyenleri ile 38-39° kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. İlin kuzeyinde Kırşehir ve Ankara, doğusunda Nevşehir, güneydoğusunda Niğde, batısında Konya illeri ve kuzeybatısında ise Tuzgölü bulunmaktadır. İlin yüzölçümü 7.721 km² ve deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 980 m'dir. Aksaray iline bağlı toplam 7 ilçe, 41 kasaba ve 146 köy bulunmaktadır. İle bağlı İlçeler; Merkez, Ağaçören, Eski, Gülağaç, Güzelyurt, Ortaköy ve Sarıyahşi'dir. Aksaray iline ulaşım Ankara-Adana arasındaki E90 devlet karayolu üzerinden sağlanmaktadır (Angı, 2007).



Şekil 3.1 : Çalışma alanının yer bulduru haritası.

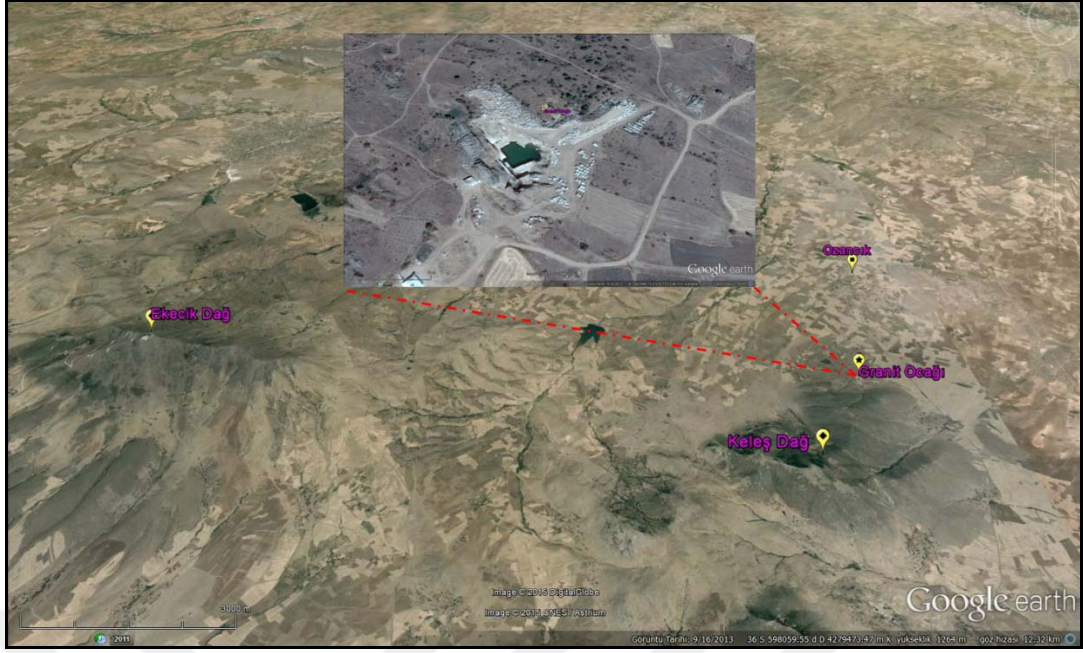
3.2 Morfoloji, Su Durumu, İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanı, morfolojik olarak nispeten düz bir arazi yapısına sahiptir (Şekil 3.2). Bölgedeki geniş düzlükleri, il sınırları içinde yer alan Hasan Dağ'ı gibi eski sönmüş volkandan püsküren volkanik malzemelerin ve granitik kayaçların fiziksel ayrışması sonucu oluşan granit arenasının meydana getirdiği ve genellikle tarım arazisi olarak kullanılan ovalar ile platolar oluşturmaktadır. Bölgede, gabroyik kayaçlardan oluşan Keleşdağ (1527 m.) ve Zağrek Tepe (1200 m.) başlıca önemli yükseltilerdir (Şekil 3.3; Ek A).



Şekil 3.2 : Çalışma alanının K-G yönünde genel görünümü.

Çalışma alanında, su durumu açısından genellikle mevsimsel özellikte olan kuru dereler bulunmaktadır (Ek A). Karasal iklimin hüküm sürdüğü bölgede, yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçmektedir. Bölgedeki bitki örtüsünü; karasal iklimin tipik bozkır türündeki bodur bitkileri ve az miktarda da meşe ağaçları oluşturmaktadır.



Şekil 3.3 : Çalışma alanının morfolojik yapısının ve granit blok taş ocağının uydu görüntüsü.

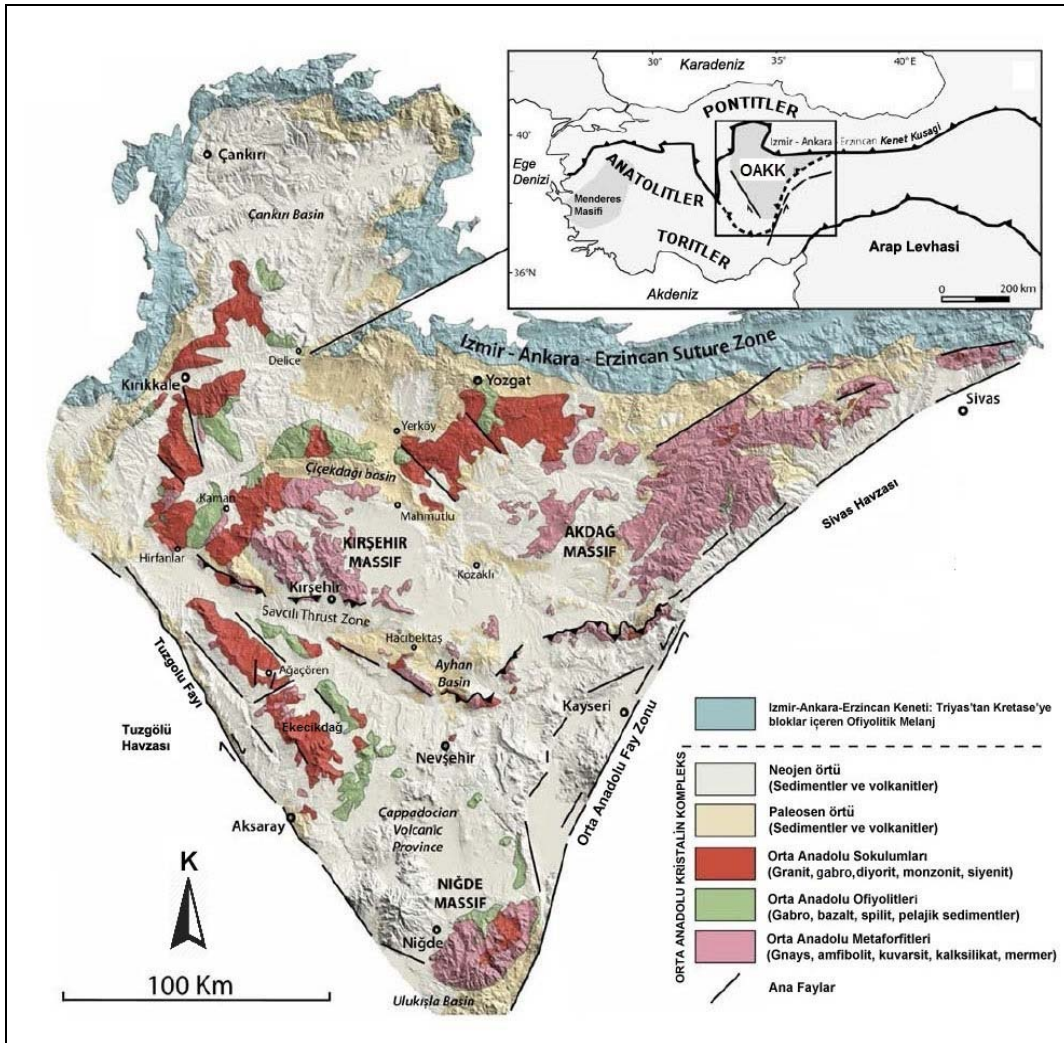
3.3 Bölgesel Jeoloji ve Stratigrafi

Çalışma alanı jeolojik olarak bölgesel ölçekte, metamorfik ve magmatik kayalar birliğinden oluşan Kırşehir Masifi (Seymen, 1982) veya diğer ismiyle “Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı (OAKK)” olarak adlandırılmıştır (Göncüoğlu vd., 1991, 1992; Akıman vd., 1993). OAKK, kuzeybatıda ve kuzeyde Kretase yaşlı Ankara ve Çorum ofiyolitli melanjları, batıda ve güneybatıda Tersiyer yaşlı Tuzgölü havzası çökelleri, güneyde ve güneydoğuda Tersiyer yaşlı volkanitler, doğuda ise Tersiyer yaşlı Sivas havzası çökelleriyle sınırlanmıştır (Erler ve Bayhan, 1995); (Şekil 3.4).

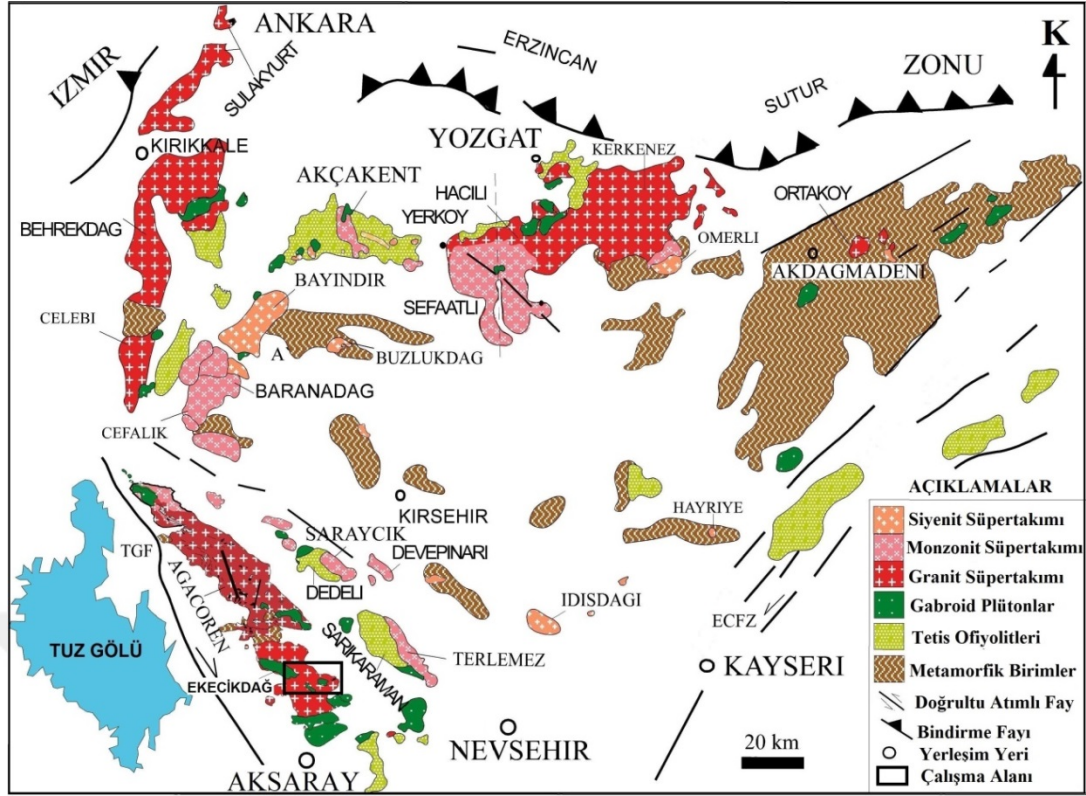
OAKK, İzmir-Ankara-Erzincan suture zonunun güneyinde orta-yüksek derecede başkalaşım geçirmiş Paleozoyik yaşlı “Orta Anadolu Metamorfikleri”, bunları üzerleyen Mezozoyik yaşlı “Orta Anadolu Ofiyolitleri” ve hepsine sokulum yapan Üst Kretase-Paleosen yaşlı “Orta Anadolu Granitoidleri” olarak adlandırılan felsik ve mafik intrüzif kayalar topluluğundan oluşmaktadır (Göncüoğlu vd. 1991, 1992; Türel, 1991; Türel vd. 1993; Akıman vd. 1993; Erler ve Bayhan, 1995; Kadioğlu ve Güleç, 1999; Kadioğlu, 2001).

Üst Kretase-Paleosen yaşlı kalkalkalenden alkalene değişik karakterdeki felsik intrüzifler, göstermiş oldukları farklı mineralojik ve kimyasal bileşimlerine göre; granit, monzonit ve siyenit üst takımlarına ayrılmıştır. Mafik intrüzifler ise gabroyik

plütonları oluşturmaktadır. Bölgenin kuzeyinde Akdağmadeni Masifi, Yozgat Batoliti, Akçakent kütlesi, Sulakyurt ve Behrekdağ plütonunun bir bölümü; batı ve güneybatıda ise yine Behrekdağ plütonunun bir bölümü, Çelebi, Ağaçören ve Ekecikdağ plütonları yer almaktadır. Bölgenin iç kesimlerinde ise Bayındır, Baranadağ, Saraycık ve Terlemez felsik kütleleri ile Sarıkaman ve Dedeli Mezozoyik ofiyolitik serileri yer almaktadır (Kadıoğlu, 2001; Kadıoğlu vd. 2006). OAKK'nın güneybatı kenarında yer alan çalışma alanı, "Ağaçören İnrüzif Takımı (AİT)" içinde tanımlanan "Ekecikdağ Plütonu" nun orta kesimini kapsamaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.4 : OAKK'nın çevresinde bulunan jeolojik ve tektonik birimler ile olan ilişkisi (Lefebvre, 2011).

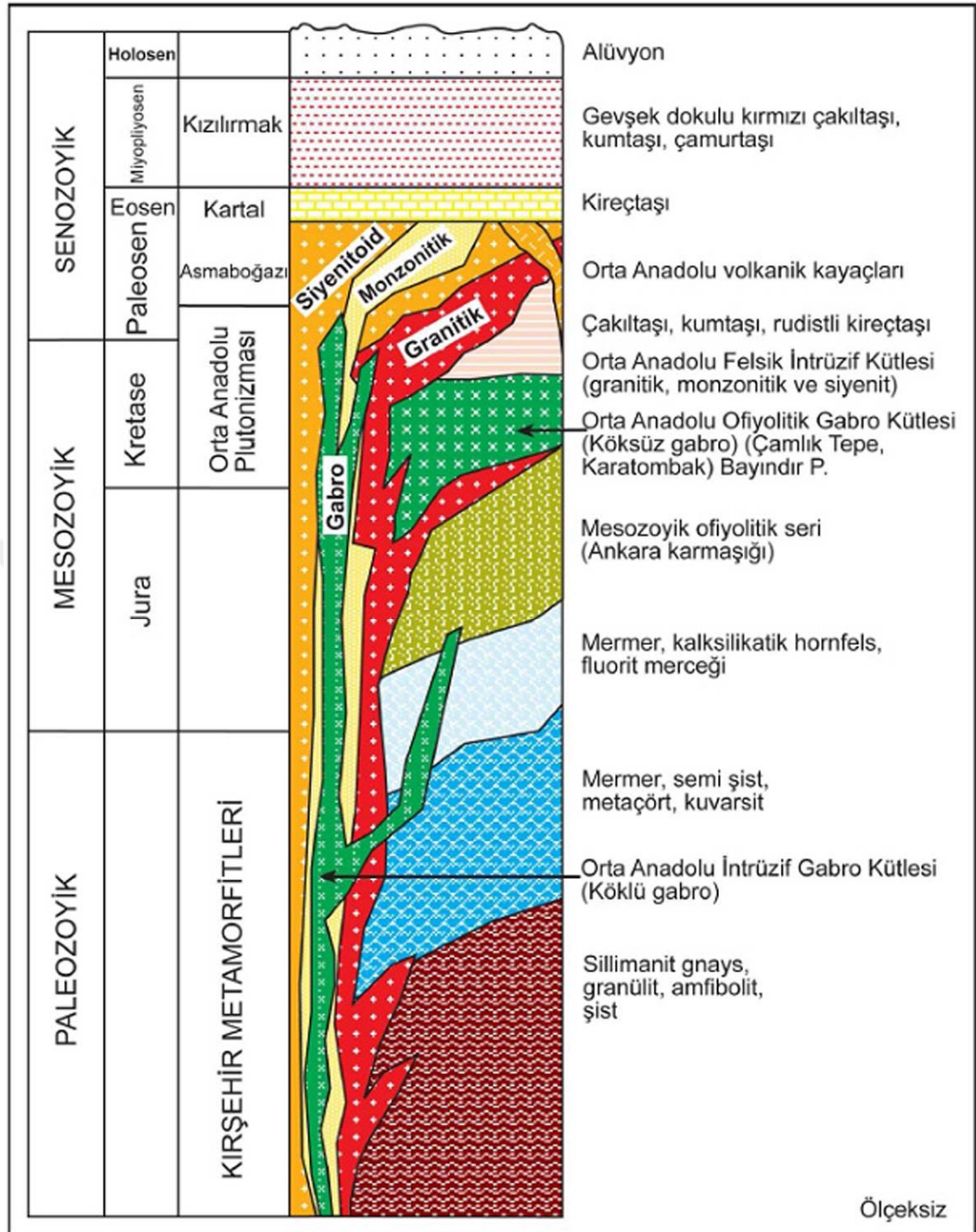


Şekil 3.5 : OAKK'nın genelleştirilmiş jeoloji haritası ve çalışma alanının bölgesel jeoloji içindeki konumu (Kadıoğlu vd. 2006).

Bölgenin temelini metamorfik ve ofiyolitik birimler ile bu birimleri sıcak dokanakla kesen felsik ve mafik intrüzif kütleler oluşturmaktadır olup, bu birimlerin hepsi genç çökel ve volkanik birimler tarafından örtülmektedir. Metamorfik birimler, daha çok kuzeyde yüzlek verirken, tabanda amfibolit fasiyesi ile başlayıp yeşilşist fasiyesi ile devam ederek mermerlerle örtülmektedirler. Felsik intrüzif kütleler ise kendi içerisinde yaşlıdan gence doğru granitik, monzonitik ve siyenitik bileşiminde olup, kalkalkaliden alkaliye doğru bir magmatik karakter sergilemektedir. Mafik intrüzif ve ofiyolitik kütleler; daha çok kuzeyden başlayıp, batı ve güneydoğuya doğru bükülerek bir yay şeklinde devam eden köklü biçimdeki gabro, diyorit, ve diyabaz (intrüzif) ile Neo-Tetisin kalıntı ürünleri olan köksüz tavan bloğu biçimindeki (ofiyolitik) gabro, diyabaz, bazalt ve serpantinit bileşimindeki kayalardan oluşmaktadır.

Bölgeyi örten sedimenter çökel ve volkanik birimler de; yer yer aşınmanın az olduğu bölgelerde düzensiz bir dağılım gösterecek şekilde yüzlek vermektedirler (Kadıoğlu, 2001; Kadıoğlu vd. 2006; Akçe, 2010).

Bölgede izlenebilen lito-stratigrafik birimler, alttan üste doğru sıralanacak olursa; bölgenin temelini oluşturan metamorfikler daha çok Akdağmadeni masifinde ve kuzeybatıda Kaman grubu ya da Kırşehir Metamorfikleri adı altında toplanan ve başlıca; gnays, amfibolit, şist, kuvarsit ve mermer bileşimindeki kayalardan oluşan Kalkanlıdağ, Tamadağ ve Bozçaldağ formasyonlarını kapsamaktadır (Seymen 1982; Atabey, 1989). Metamorfik temelin üzerine Mezozoyik yaşlı ofiyolitik (Ankara Karmaşığı) seri gelmekte olup, hem metamorfik temeli hem de ofiyolitik seriyi Orta Anadolu Plütonizması'nın ürünleri olan nefelinli siyenit, siyenit, kuvars siyenit, kuvars monzonit, alkali feldispat granit, granit, granodiyorit, tonalit, gabro, diyorit ve kuvars diyorit bileşimli felsik ve mafik intrüzif kütleler ve bununla ilişkili damar kayaları kesmektedir. Yatay konumlu riyolitik ve riyodasitik lav ve tüflerden meydana gelen ve Ankara Karmaşığı'nı uyumsuz olarak Orta Anadolu volkanik kayaları ve bütün bu birimleri de açılı uyumsuzlukla Paleosen-Eosen yaşlı Kartal, Asmaboğazi ve Kızılırmak formasyonları adı altında toplanan sedimenter çökel birimler örtmektedir (Atabey, 1989; Kadioğlu, 2001); (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 : OAKK'nın geliştirilmiş bölgesel stratigrafik dikme kesiti (Kadıoğlu, 2001).

3.4 Çalışma Alanının Jeolojisi ve Stratigrafisi

Çalışma alanı, Aksaray ilinin kuzey kesiminin bir bölümünü kapsayan 1:25000 ölçekli "Aksaray K32-d2" topografik paftasında yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde, gabrodan granite kadar değişim gösteren magmatik birimler ile sedimenter ve volkanik birimler haritalanmıştır (Ek A).

Çalışma alanındaki magmatik birimler, Kadioğlu (2001) tarafından adlandırılan OAKK içindeki magmatik üst takımlarından biri olan “Ağaçören İnrüzif Takımı (AİT)” içinde bir alt takım olarak tanımlanan “Ekecikdağ Plütönu”nun birlikleri olarak “Ozancık Monzograniti” ve “Keleşdağ Gabro-diyoriti” şeklinde adlandırılmıştır.

Çalışma alanının sınırları içinde, bölgesel jeoloji ölçeğinde tanımlanan ve OAKK'nın temelini oluşturan Orta Anadolu Metamorfikleri yüzlek vermemektedir. İlgili topografik paftayı kapsayan alanda başlıca; Ozancık Monzograniti ve Keleşdağ Gabro-diyoriti ile bu birimi kesen felsik ve mafik bileşimli dayklardan oluşan intrüzif kayaları, Ozancık Monzograniti'nin ayrışma ürünü olan arena, esas olarak çakıltaşı ve kumtaşı litojilerinden oluşan Peçenek Formasyonu ile Kızılkaya İgnimbritleri yüzlek vermektedir (Ek A).

Ozancık Monzograniti; pembe ve gri renkte, ince-orta taneli olup, çalışma alanında çoğunlukla “bulder (boulder)” biçimli kütleler halinde yüzlek vermektedir (Şekil 3.7). Yer yer aplit ile pegmatit damarları ve dayklarıyla kesilen birim, bazı alanlarda kuvars cepleri de içermektedir (Şekil 3.8). Ozancık Monzograniti ayrıca, magmaların homojen (mixing) ve heterojen (mingling) karışım süreçlerinin sonucunda oluşan diyorit ve kuvars diyorit bileşimli mafik mikrogranüler anklavlar (MMA) da içermektedir. Bu anklavlar, felsik bir magma odasına enjekte olan büyük hacimli bir mafik magmadan sonuçlanan Ozancık Monzograniti'nin soğuması ve kristalizasyonu süresince, felsik magma ve düşük kütle fraksiyonuna sahip mafik magma arasındaki etkileşimin erken safha ürünlerini temsil etmekte iken, Keleşdağ Gabro-diyoriti ise nispeten geç evre sokulumu temsil etmektedir (Kadioğlu ve Güleç, 1996a; Ek B).

Kadioğlu vd. (2002, 2003); çalışma alanında yüzeylenen bu gabro-granit topluluğunun (Ağaçören İnrüzif Takımı) kökeninde magma karışım (mixing/mingling) sürecinin etkili olduğunu ve gabro ile granitin “eş yaşlı (coeval)” kütleler olduğunu jeolojik ve petrografik özellikler, jeokronolojik veriler ve jeofiziksel modelleme çalışmaları ile ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar özellikle $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaşlandırma yöntemiyle yapılan jeokronolojik verilere göre gabroların $78.0 \pm 0.3 \text{ My} - 78.8 \pm 1.0 \text{ My}$, granitlerin ise $77.6 \pm 0.3 \text{ My}$ yaşlarını vermeleri ve Kadioğlu ve Güleç (1996b); Kadioğlu vd. (1998) elde ettiği jeofizik modelleme

sonuçlarına göre gabro kütlelerinin yaklaşık 1.55 km derinliğindeki ana gabronun “apofizleri” olarak granit ve metamorfite sokulumlarının (Ek B) birlikte değerlendirilmesi durumunda, granit ile gabronun eş yaşı (Üst Kretase-Paleosen) sokulum (intrüzif) kütleleri olduğu sonucuna ulaşmışlardır.



Şekil 3.7 : Ozancık Monzograniti'nin bulder biçimli yüzleklerinin arazideki görünümü.



Şekil 3.8 : Ozancık Monzograniti içinde gözlenen kuvars cepleri.

Keleşdağ Gabro-diyoriti; çok sert, ayrılmaya dayanıklı, küçük boyutlu ve keskin kenarlı bloklar halinde çalışma alanında yüksek tepelerin (Keleşdağ gibi) zirvelerinde ve onların çevrelerinde yüzlek vermektedir (Şekil 3.9). Birim arazide,

monzogranitin kontağına doğru gabrodan diyorite dereceli geçişli olarak bulunmaktadır (Şekil 3.10 ve 3.11; Ek A).

Keleşdağ Gabro-diyoriti, koyu yeşil ve siyah renkte, orta-iri taneli olup, ayrıca felsik (granit porfir) ve mafik (diyorit porfir) bileşimli dayklar tarafından kesilmektedir (Şekil 3.12 ve 3.13).



Şekil 3.9 : Keleşdağ Gabro-diyoritinin çalışma alanında oluşturduğu yüksek tepelerin görünümü.



Şekil 3.10 : Keleşdağ Gabro-diyoriti içinde tanımlanan gabroyik kayaların görünümü.



Şekil 3.11 : Keleşdağ Gabro-diyoriti içinde tanımlanan diyoritlerin görünümü.



Şekil 3.12 : Keleşdağ Gabro-diyoritini kesen felsik daykın arazideki görünümü.



Şekil 3.13 : Keleşdağ Gabro-dioriti'ni kesen mafik daykın arazideki görünümü.

Çalışma alanındaki düşük kotlu düzlük alanlar çoğunlukla Ozancık Monzograniti'nin ayrışması sonucunda türeyen ufalanmış kuvars, killeşmiş feldispat ve mika taneleri içeren arena (saprolit) ile örtülüdür (Şekil 3.14). Bu alanlar, “ayrışmış granit” olarak haritalanmışlardır (Ek A).



Şekil 3.14 : Çalışma alanındaki Pörnekler köyü batısındaki ayrışmış granit arenası.

Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı, litolojik olarak çakıltası ve kumtaşı ile temsil edilen Peçenek Formasyonu uyumsuz olarak bu plütonik kayaları örtmektedir.

Bu formasyon, uyumlu olarak Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılkaya İgnimbiriti tarafından üzerlenmektedir. Peçenek Formasyonu ilk olarak Uygun ve diğ. (1982) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon beyaz-gri renkli, orta-ince kum tane boyutlu ve teknesi çapraz tabakalı, gevşek tutturulmuş kumtaşı, çakıllı kumlu tüfitler, miltaşı, kiltası ile kaba kumtaşı ve çakıltılarından oluşmaktadır. Çakıl ve kum taneleri; kuvarsit, amfibolit, bazalt, granit, gabro, sileksit, diyabaz, tuf ve kireçtaşı türündedir. Birimin kalınlığı yaklaşık 200 m.'dir. Birimin yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olarak belirlenmiştir (Atabey, 1989). Çalışma alanında geniş yayılım gösteren Peçenek Formasyonu'nun kumtaşı ve çakıltası litolojilerinin hâkim olduğu seviyeleri yüzlek vermektedir (Şekil 3.15). Formasyon, çalışma alanının büyük kesiminde arena ve tarım alanları tarafından örtülmüş durumdadır.

Kızılkaya İgnimbiriti ilk kez Beekman (1966) tarafından adlandırılmıştır. Bölgenin topografyasında üstü düz/tablamsı (mesa) tepeler şeklindeki morfolojisi ile karakteristiktir. Genellikle, arazide beyaz, kirli beyaz, açık pembe veya gri renklerde gözlenmektedir. Düşey yönde gelişen soğuma çatlakları nedeniyle sütunsu bir yapı sergiler. Tabanda masif kalın tabakalı, çakıl boyutunda yuvarlak ve köşeli pümis kırıntılı, beyazımsı-pembemsi renkteki tüfler ile yine pümis kırıntılı kumlu tüflerden oluşmaktadır. Üst kısma doğru içerisinde gabro, bazalt, andezit çakılları içeren tüfler yer almaktadır. Tüflerin kalınlıkları yaklaşık 3-10 m. arasında değişmektedir. İgnimbiritlerin içlerinde çakıl büyüklüğünde koyu kırmızı ve siyah renkte bazalt parçaları bulunmaktadır. Küçük boyutta bazen yaklaşık 20-30 cm çapında beyaz renkli pümis parçalarına da rastlanmaktadır. İgnimbiritlerin kalınlığı yaklaşık 50 m.'dir (Atabey, 1989). Kızılkaya İgnimbiriti asidik karakterli, piroklastik akma ürünü "kaynaklaşmış tuf" özelliğindedir (Yıldız vd., 2014). Batum (1978), Kızılkaya İgnimbiriti'nden K/Ar yöntemiyle 4.9 – 5.5 + 0.2 My yaş bulgusu elde etmiş, birimin Alt Pliyosen yaşlı olduğunu belirtmiştir. Kızılkaya İgnimbiriti çalışma alanında, Ozancık kasabasının doğu ve batı kesimlerinde sınırlı alanlarda yüzlek vermektedir (Şekil 3.16; Ek A).



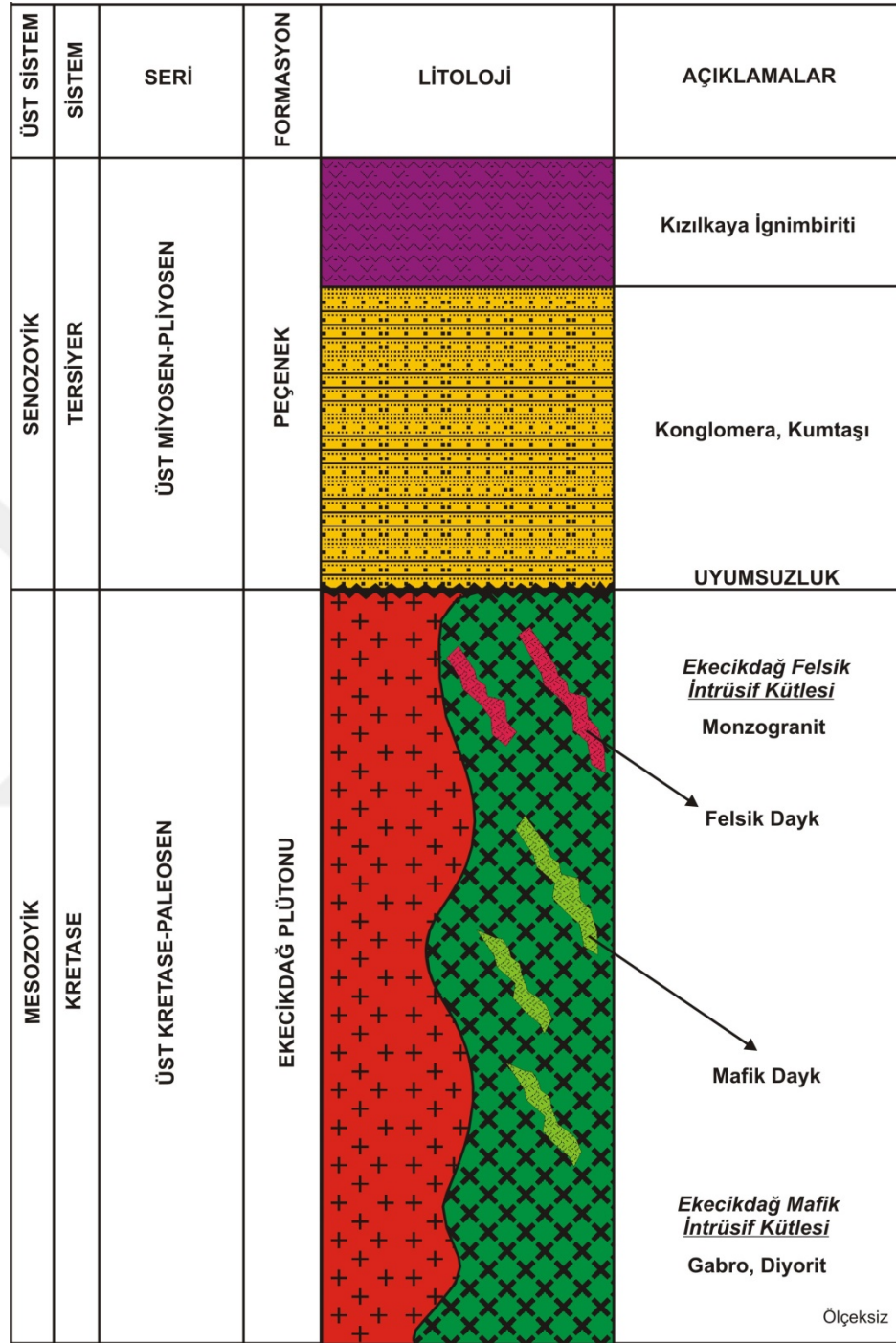
Şekil 3.15 : Çalışma alanında geniş yayılım gösteren Peçenek Formasyonu'nun görünümü.



Şekil 3.16 : Kızılkaya İgnimbiriti'nin çalışma alanındaki görünümü.

Çalışma alanındaki kaya birimleri lito-stratigrafik olarak alttan üste doğru; Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içindeki Ağaçören İntüzif Takımının alt takımı olan Üst Kretase yaşlı Ekecikdağ Plütunu içinde tanımlanan Ozancık Monzograniti (Ekecikdağ felsik intrüzif kütlesi), Keleşdağ Gabro-diyoriti (Ekecikdağ mafik intrüzif kütlesi) ile bu birimi kesen felsik ve mafik dayklar, bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelen Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Peçenek Formasyonu ve bu

formasyonu uyumlu olarak üzerleyen Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılkaya İğnimbiriti şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 3.17).

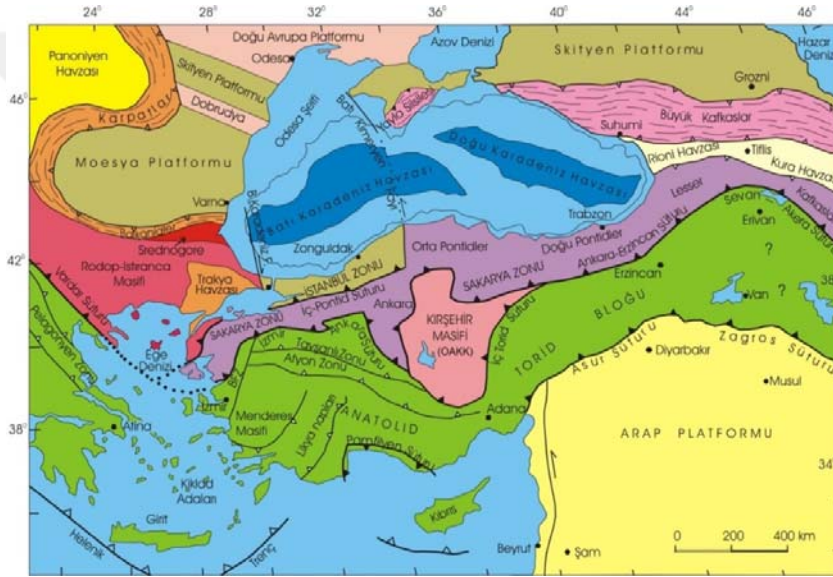


Şekil 3.17 : Çalışma alanı ve civarının tez kapsamında hazırlanan geliştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.

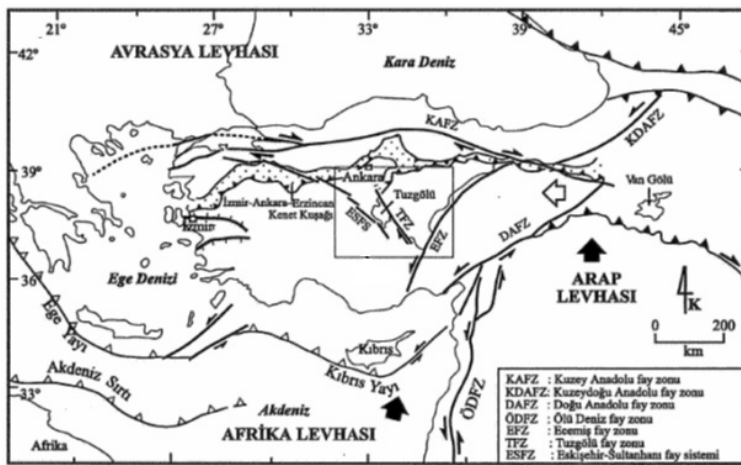
3.5 Yapısal Jeoloji

Çalışma alanının bölgesel olarak genelini oluşturan Kırşehir Masifi veya diğer adıyla OAKK, Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisinde Alpin Orojenezi'nin bir sonucu

olarak gelişmiş ve tektonik hareketlerin etkisiyle üçgen şeklini almış bir bölgedir (Şekil 3.18). OAKK, tektonik konumu itibariyle, kuzeyde İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı (sütur zonu), batıda Tuzgölü Fayı ve doğuda Ecemiş Fayı ile sınırlanmıştır (Şekil 3.19). Bölgedeki ofiyolitler, Kampaniyen-Maestrihtiyen döneminde, güneydeki Anatolid-Torid platformu üzerine hareket ederek, üzerledikleri çökelleri metamorfize etmiş, bunun sonucunda da bölgede ezilmelere ve kırılmalara neden olmuştur. Bölgede bulunan faylar, daha çok K-G yönlü, düşey ve doğrultu atımlıdır. Bölgenin en büyük fayı, “Tuzgölü Fayı”dır. Bu fayın doğusunda Üst Miyosen-Pliyosen'de, bu faya verev durumda olan “Ecemiş Fayı” gelişmiştir (Seymen, 1981; Dirik ve Erol, 2000).



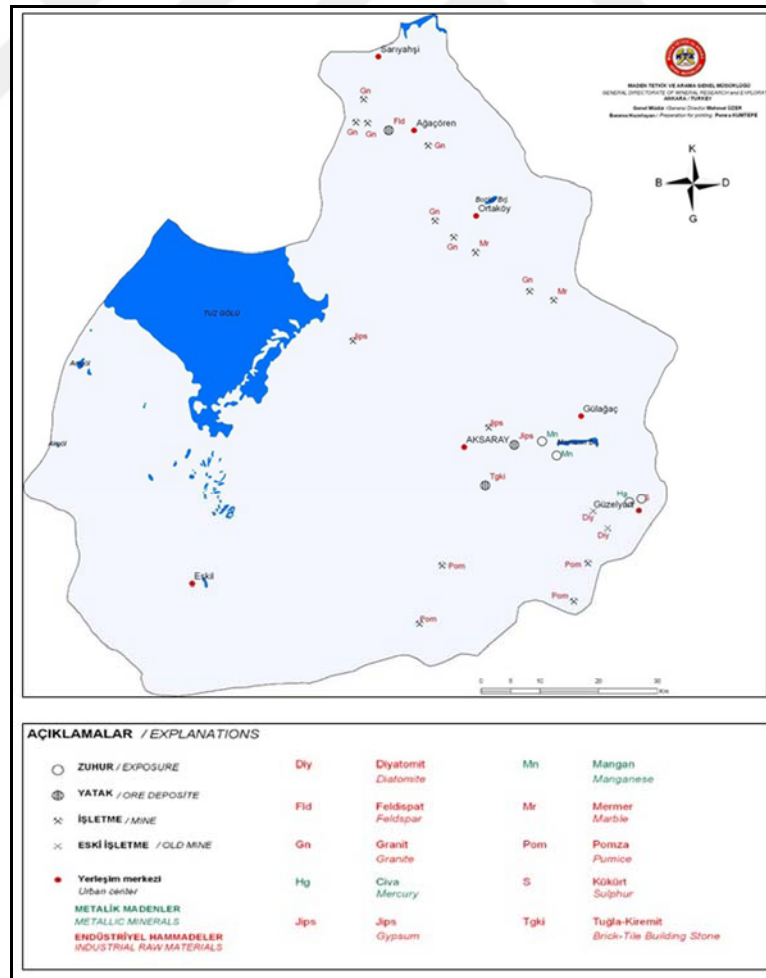
Şekil 3.18 : Türkiye tektonik birlikleri ve OAKK'nın konumu (Okay ve Tüysüz, 1999).



Şekil 3.19 : OAKK'nın Akdeniz Alpin kuşağındaki konumunu gösteren genelleştirilmiş yapısal jeolojik ve tektonik haritası (Dirik ve Erol, 2000).

3.6 Ekonomik Jeoloji

Çalışma alanı, sınırları içinde bulunduğu Aksaray ili, yeraltı zenginlikleri bakımından önemli sayılabilecek maden kaynaklarına sahiptir. Bölgede, Güzelyurt ilçesi sınırları içinde bir dönem işletilen madenlerin başında civa gelmektedir. İlde çıkarılan bir başka maden, Ihlara ve Belısırma bölgelerinin sınırları içindeki, geçmiş yıllarda da üretimi yapılan diatomit yataklarıdır. Ayrıca Ağaçören-Panlı ve Yeşilbanlı civarında çıkarılan feldispat, seramik hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Güzelyurt ilçesi Mecedere mevkiinde, kağıt sanayisinde kullanılan kaolin çıkarılmaktadır. Hasan Dağı'nın çevresindeki volkan cürüfları, pümis ve ignimbrit oluşumları da yapı taşı ve yapı malzemesi (çimento hammaddesi) olarak işletilmeye değer rezervlere sahiptir (MTA, 2009). Ortaköy ilçesi Ozancık kasabası, Kalebalta ve Hacimahmutuşağı köyleri ile Sarıyahşi ilçesi Yaylak köyü civarında bulunan magmatik kayalar içinde blok taş (mermer) elde etmek için açılmış ve işletilen granit ocakları bulunmaktadır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 : Aksaray ili yeraltı kaynaklarının dağılım haritası (MTA, 2009).



4. ÇALIŞMA BÖLGESİNDEKİ GRANİT BLOK TAŞ OCAĞININ MALZEME JEOLojİSİ

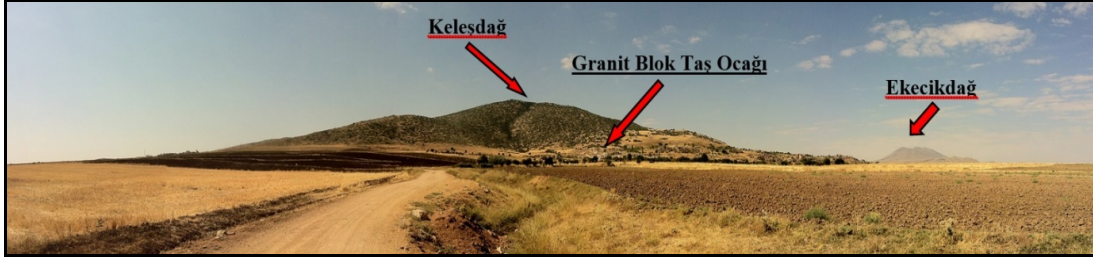
4.1 Granit Blok Taş Ocağının Coğrafi Konumu ve Ulaşım Durumu

Çalışma kapsamında seçilen granit blok taş ocağı coğrafi konumu itibariyle; Aksaray ilinin Ortaköy ilçesine bağlı Ozancık kasabasının güney batısında, Ozancık kasabası ile Pörnekler köyü karayolunun yakınında ve Keleşdağı'nın kuzey kesiminde yer almaktadır. (Şekil 4.1 ve 4.2; Ek A). Granit blok taş ocağı; 1:25000 ölçekli Türkiye topografik haritasının; "Aksaray K32-d2" paftasının sınırları içinde, merkezi olarak 0603950 D; 4227755 K koordinatlarında konumlanmıştır. Ocağın deniz seviyesinden yüksekliği 1210 m. civarındadır (Ek A; Ek C).



Şekil 4.1 : Çalışma alanında bulunan granit blok taş ocağının uydu görüntüsü.

Granit blok taş ocağına ulaşım; Aksaray ili Ortaköy ilçesine bağlı Ozancık kasabasından veya Aksaray-Nevşehir D-300 karayolu, Nevşehir-Acıgöl ilçesi Alayhan köyü ayrımından sağlanabilmektedir.



Şekil 4.2 : Çalışma alanının D-B doğrultusunda Ozancık kasabasından panoramik görünümü.

4.2 Granit Blok Taş Ocağının Üretim ve İşletme Bilgileri

2009 yılından bu yana üretim faaliyetini sürdüren ocağın 2010 yılından sonra üretilen bloklarında ve kaplama taşı olarak işlenen plakalarında doktora tezine konu olan paslanma sorunu ortaya çıkmıştır. Açık işletme üretim şeklinde planlanan ocaktaki yıllık blok taş granit üretimi ortalama 3.000 m³ civarındadır (Şekil 4.3). Bölgedeki iklim koşullarına bağlı olarak yılda ortalama 7 ay üretim yapılabilmektedir. Ocakta, blok taş üretimi için başlıca; elmas telle kesme ve delme-patlatma yöntemleri kullanılmaktadır. Ocaktan üretilen blok taşlar, fabrikada kesilip işlendikten sonra genellikle “kaplama-döşeme taşı” olarak yaygın bir şekilde yapı sektöründe kullanılmaktadır. 2012 yılı itibariyle 3. kademede üretime devam eden ocakta başlıca; koyu pembe, açık pembe ve gri renk tonlarında granit türleri bulunmaktadır. Blok taş üretiminin yapıldığı kademelerin yüksekliği ortalama 7 m. civarında olup, “A” kademesinden; pembe, “B” kademesinden; açık pembe ve gri ile “C” kademesinden ise; gri renkte granit blokları üretilmektedir (Şekil 4.4; Ek C).



Şekil 4.3 : Granit blok taş ocağının D-B doğrultusunda panoramik görünümü.



Şekil 4.4 : Granit blok taş ocağında üretim yapılan kademelerin görünümü.

4.3 Granit Blok Taş Ocağı ve Civarında Bulunan Magmatik Kayaçların Mineralojisi ve Petrografisi

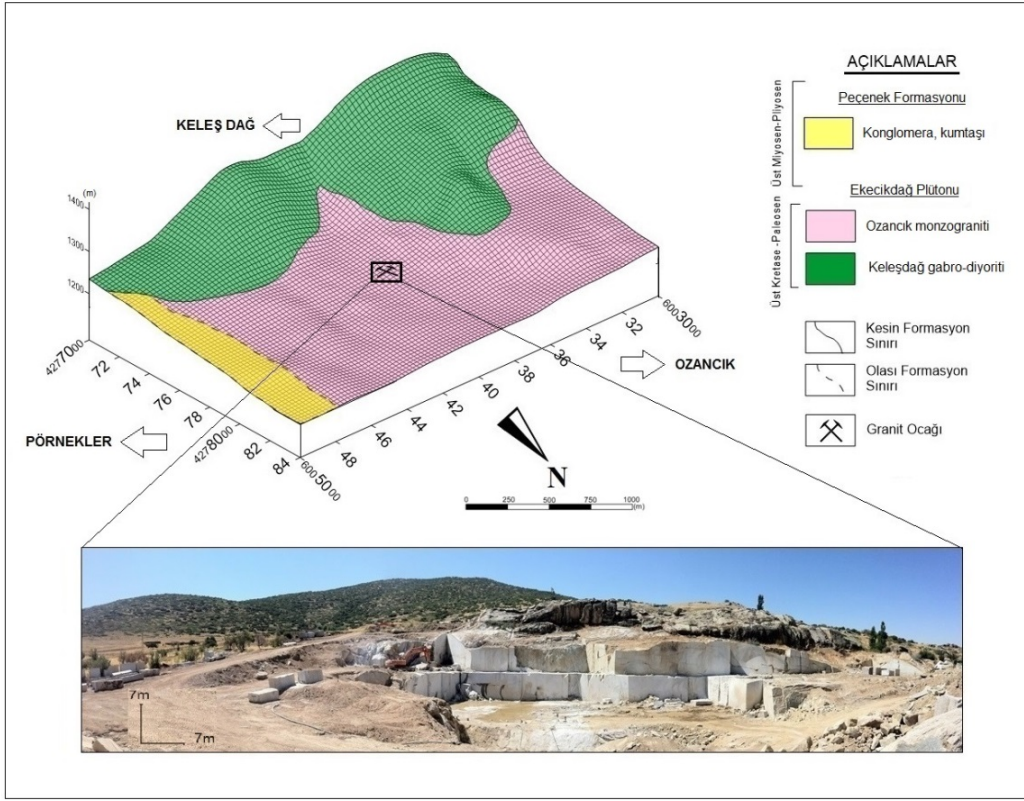
Tez çalışması kapsamında seçilen granit blok taş ocağı jeolojik olarak; “Ağaçören İnrüzif Takımı” içinde bir alt takım olan “Ekecikdağ Plütonu” nun bir üyesi olarak bu çalışmada adlandırılan “Ozancık Monzograniti (Ekecikdağ Felsik İnrüzif Kütlesi)” içinde yer almaktadır (Ek A).

Ocak, ayrıca güney kesimindeki, yine bu çalışmada adlandırılan “Keleşdağ Gabro-diyoriti’nin (Ekecikdağ Mafik İnrüzif Kütlesi)” kontağına yakın bir bölgede bulunmaktadır (Şekil 4.5). Bu iki intrüzif kütle, arazide “stok” yapıları şeklinde görülmektedir.

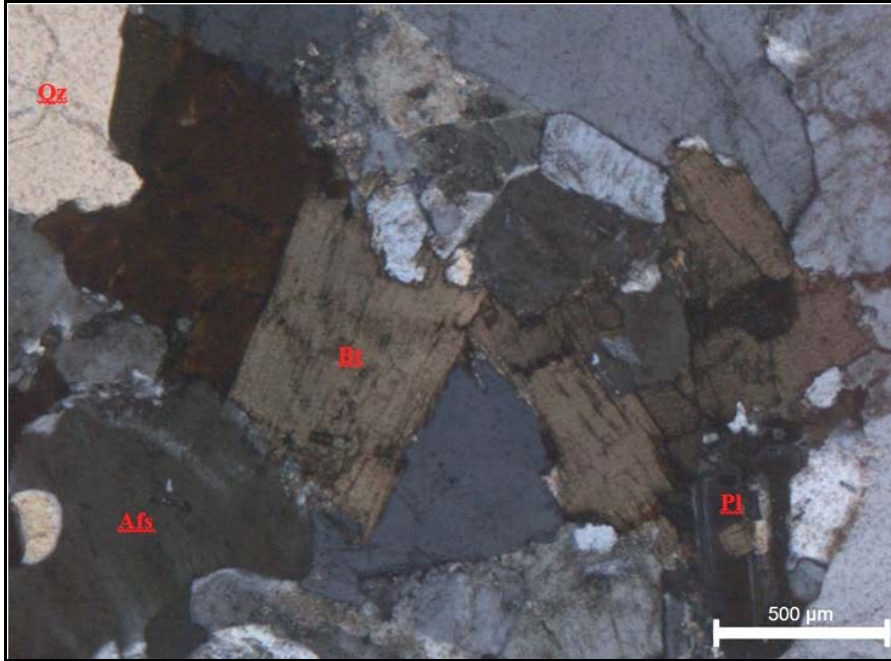
4.3.1 Ozancık Monzograniti’nin mineralojisi ve petrografisi

Ozancık Monzograniti holokristalin granüler dokulu ve esas olarak kuvars, çoğunlukla pertitik alkali feldispat (ortoklaz ve mikroklin), plajiyoklaz (albit ve oligoklaz) ve biyotit mineralleri içermektedir (Şekil 4.6). Ayrıca, zirkon, apatit, magnetit, pirit ve kalkopirit aksesuar mineraller olarak bulunmaktadır. Biyotitlerde kloritleşme, plajiyoklazlarda serisitleşme ve alkali feldispatlarda kaolinleşme yaygın alterasyon tipleri olarak gözlenmektedir (Şekil 4.7 ve 4.8). Bu alterasyonların sonucunda, klorit, serisit, kaolinit ve muskovit ikincil mineraller olarak oluşmuştur.

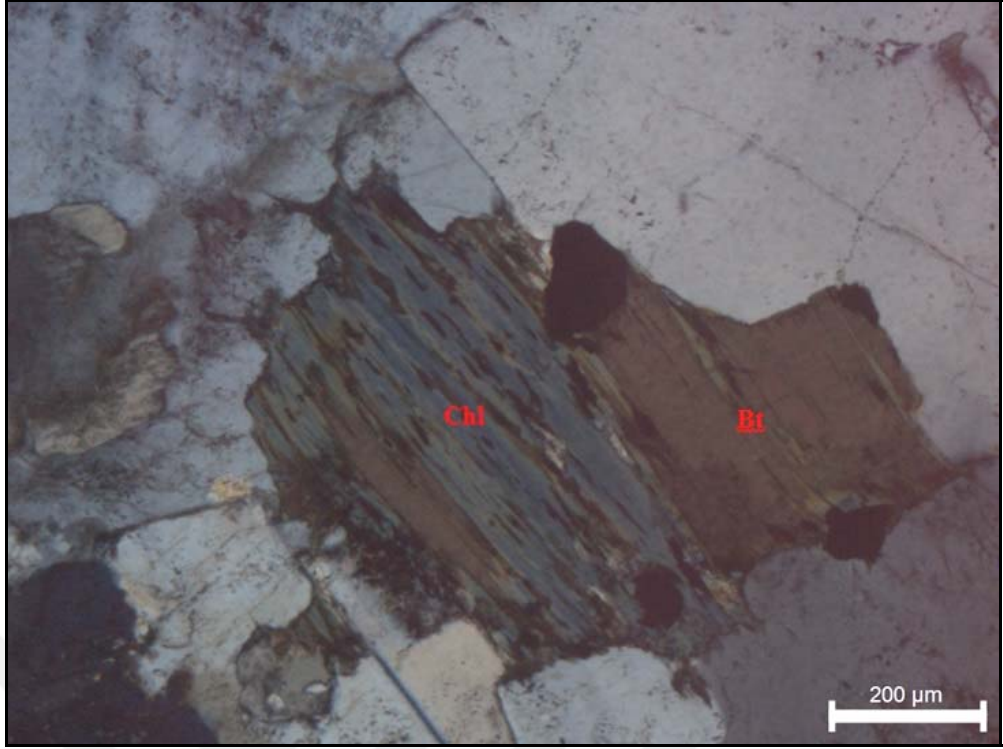
Ozancık Monzograniti, granit blok taş ocağında başlıca açık pembe ve gri renklerde görülmektedir.



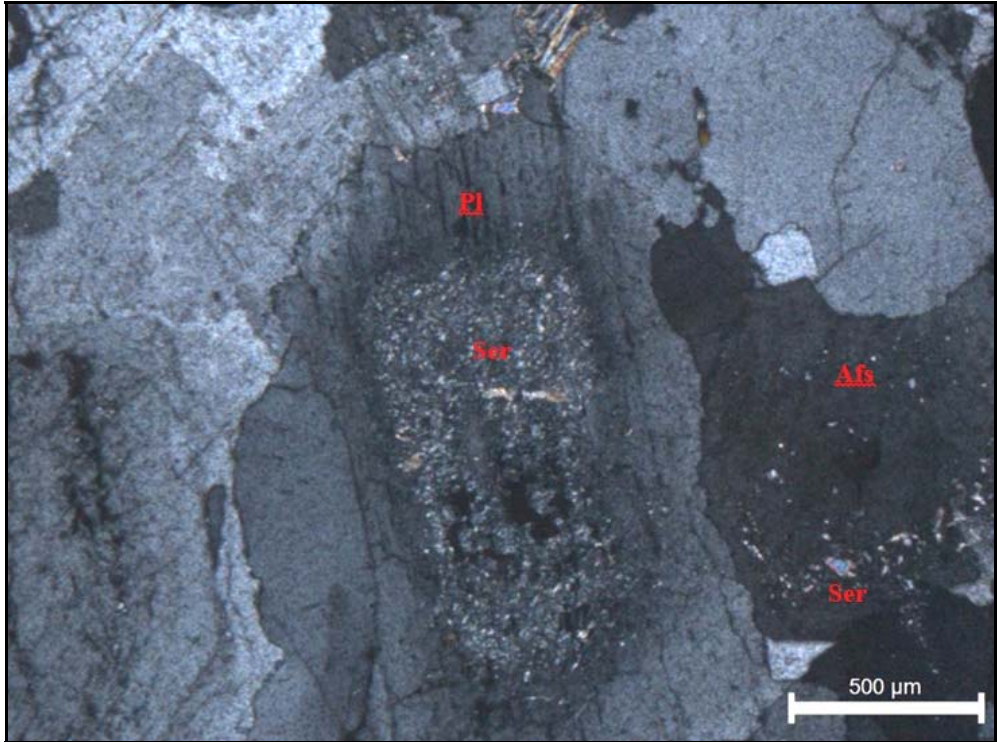
Şekil 4.5 : Granit blok taş ocağı ve civarı jeolojisinin üç boyutlu blok diyagramı.



Şekil 4.6 : Ozancık Monzograniti'nin (açık pembe renkli) polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 5X; Qz: Kuvars, Afs: Alkali feldispat, Pl: Plajiyoklaz, Bt: Biyotit).



Şekil 4.7 : Ozancık Monzograniti'ndeki biyotitlerde gözlenen kloritleşme (ÇN 10X; Bt: Biyotit, Chl: Klorit).



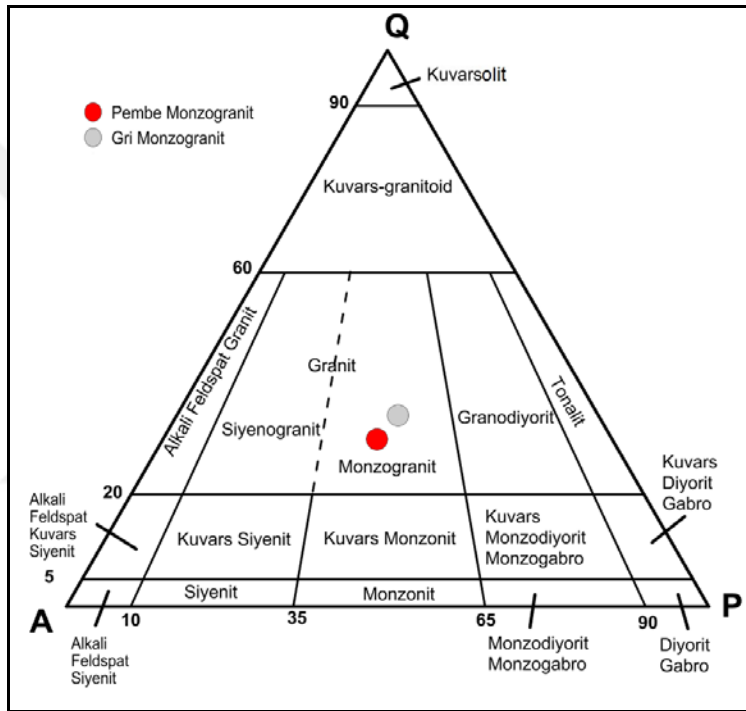
Şekil 4.8 : Ozancık Monzograniti'ndeki plajiyoklazlarda ve alkali feldispatlarda gözlenen serisitlenme (ÇN, 5X; Afs: Alkali feldispat, Pl: Plajiyoklaz, Ser: Serisit).

Ozancık Monzograniti'nin mineralojik modal bileşimi Çizelge 4.1'de verilmiştir. Mineralojik ve petrografik modal analiz değerlendirmelerine göre kayaç, "QAP

(Kuars-alkali feldspat-plajiyoklaz) üçgen diyagramında “monzogranit” olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.9).

Çizelge 4.1 : Ozancık Monzograniti'nin modal mineralojik bileşimi.

Mineral Bileşimi	Açık Pembe (%)	Gri (%)
Kuars	28	32
Alkali Feldspat	34	29
Plajiyoklaz	31	32
Biyotit	6	5
Aksesuar + İkincil Mineraller	1	2

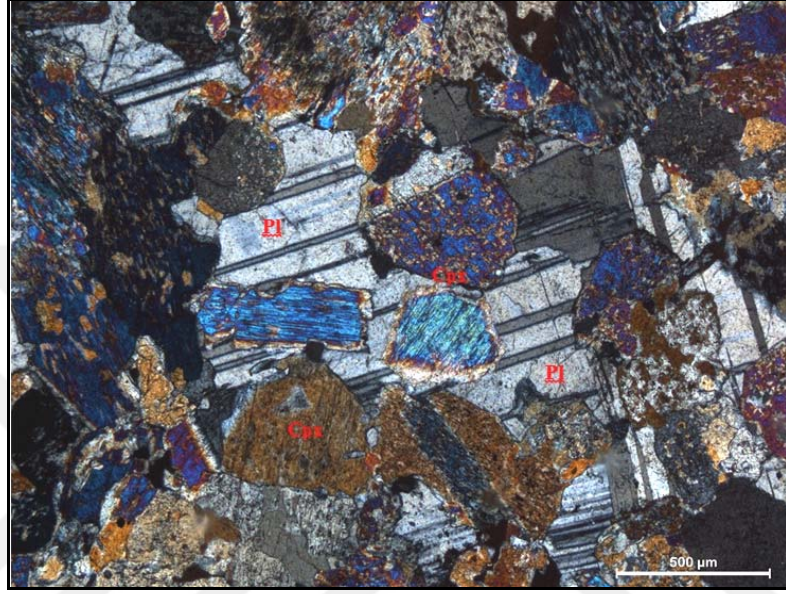


Şekil 4.9 : Ozancık Monzograniti'nin QAPF üçgen diyagramındaki sınıflaması (Streckeisen, 1976).

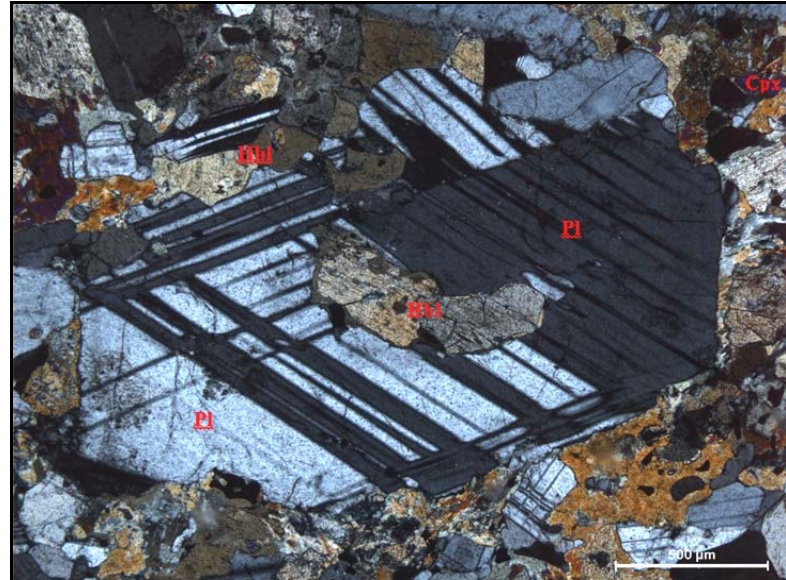
4.3.2 Keleşdağ Gabro-diyoriti'nin mineralojisi ve petrografisi

Keleşdağ Gabro-diyoriti; holokristalin granüler dokulu olup esas olarak iki farklı litolojik tür olan gabro ve diyoritten oluşmaktadır. Gabro; iri ve ince taneli olup, sub-ofitik dokuya sahiptir. Esas mineral bileşiminde; plajiyoklaz (labrador), klinopiroksen (ojit ve titano-ojit) ve amfibol (hornblend ve aktinolit) içermektedir (Şekil 4.10 ve 4.11). Apatit, zirkon, magnetit ve ilmenit aksesuar mineraller olarak bulunmaktadır. Hornblendlerde kloritleşme ve epidotlaşma, piroksenlerde uralitleşme ve sosüritleşme yaygın alterasyon tipleri olarak gözlenmektedir. Bu

alterasyonlar sonucunda, klorit, epidot ve kalsit ikincil mineraller olarak oluşmuştur. Gabro ve piroksen-hornblend gabronun mineralojik modal bileşimi Çizelge 4.2’de verilmiştir. Kayaç, mineralojik ve petrografik incelemelere göre “Plag-Px-Hbl (Plajiyoklaz-Piroksen-Hornblend)” üçgen diyagramı kullanılarak litolojik olarak iri kristalli olanları “gastro” (Örnek No: 9; Ek A), ince kristalli olanları ise “piroksen-hornblend gastro” (Örnek No: 10; Ek A) olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.12).



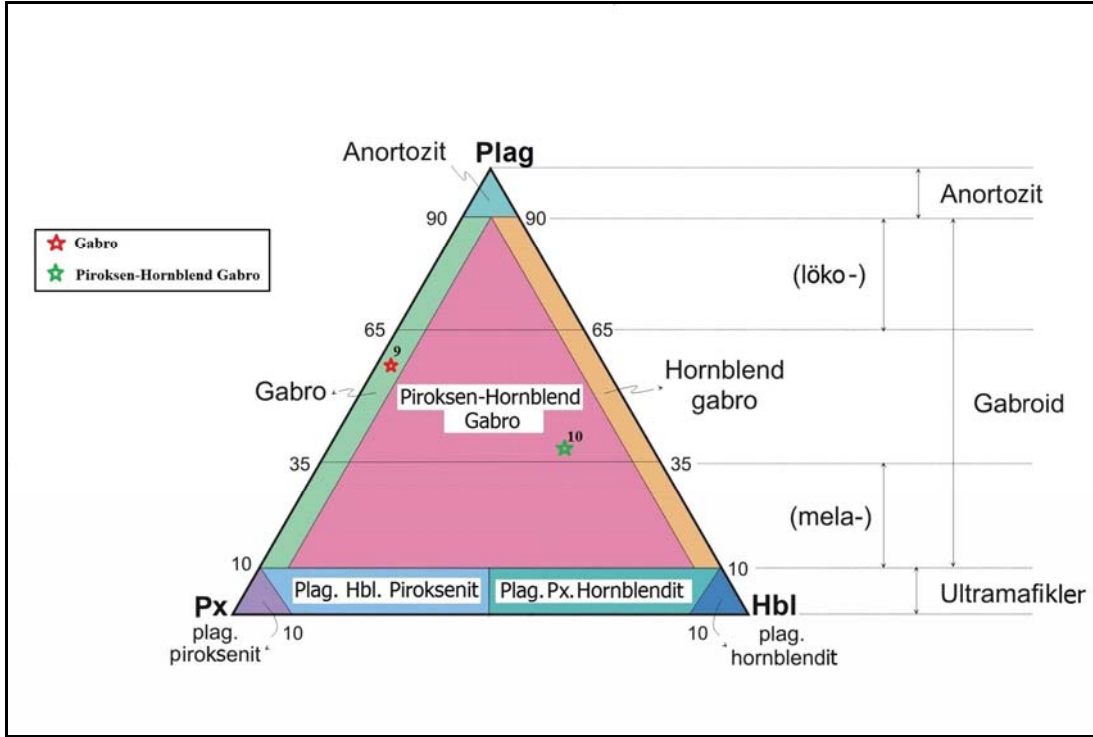
Şekil 4.10 : Gastro örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 5X; Cpx:Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklaz).



Şekil 4.11 : Piroksen-hornblend gastro örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 5X; Hbl:Hornblend, Pl: Plajiyoklaz, Cpx:Klinopiroksen).

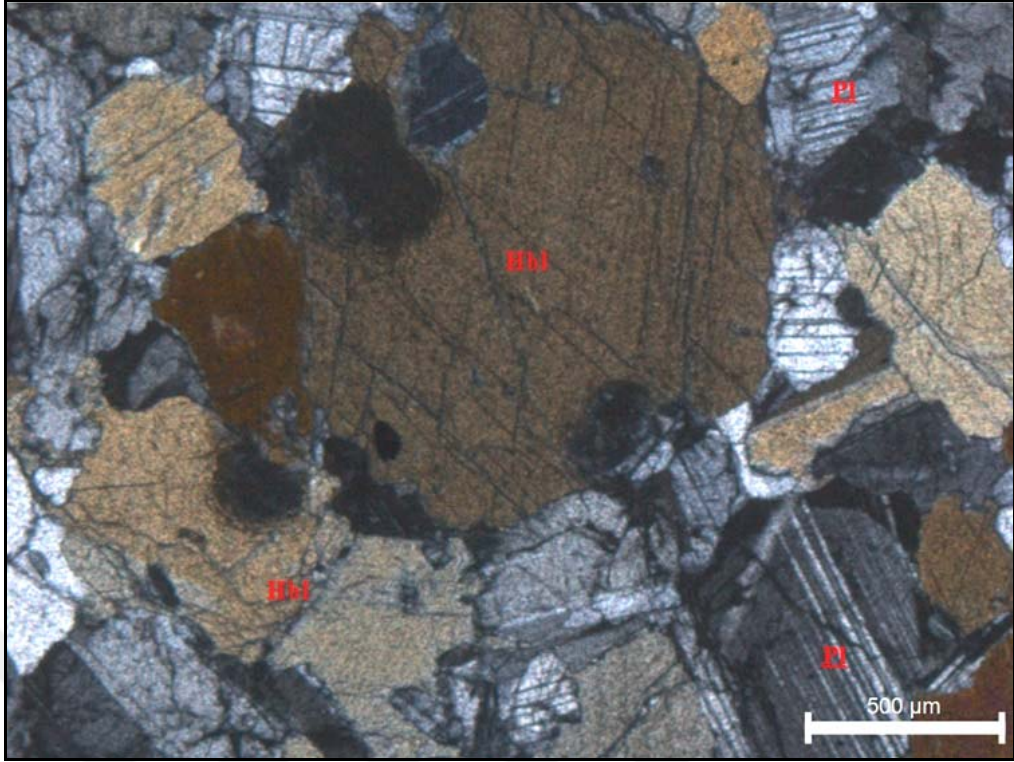
Çizelge 4.2 : Gabro ve piroksen-hornblend gabronun modal mineralojik bileşimi.

Mineral Bileşimi	Gabro (%)	Piroksen-Hornblend Gabro (%)
Plajiyoklaz	62	52
Piroksen	36	15
Hornblend	-	30
Aksesuar + İkincil Mineraller	2	3

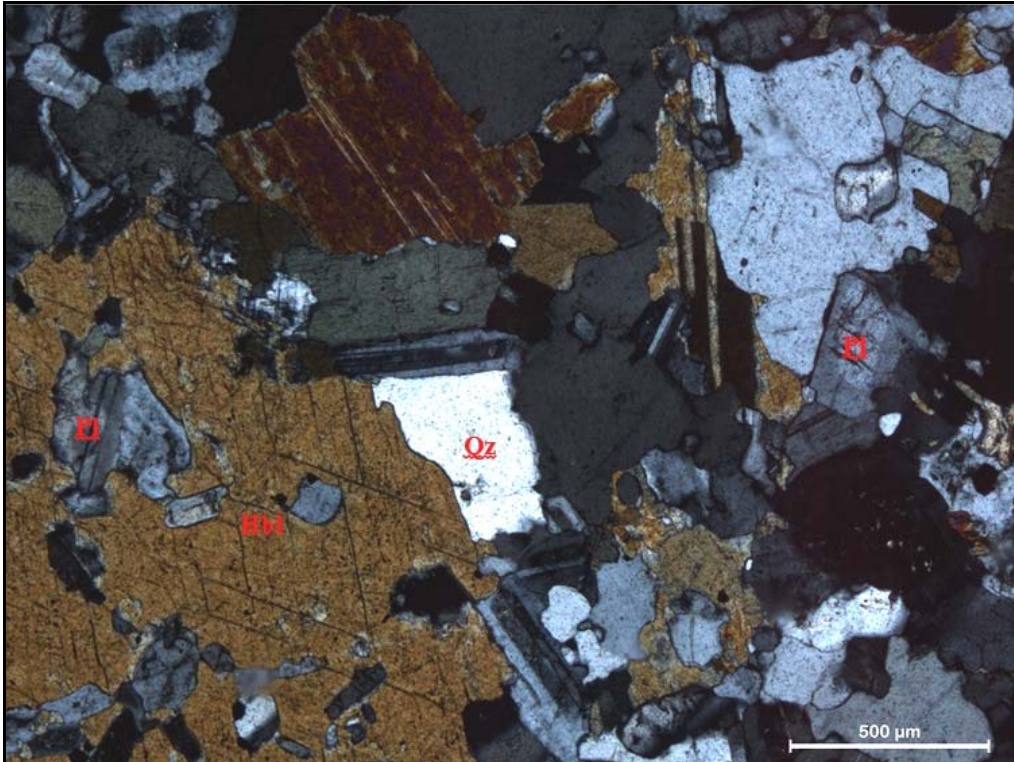


Şekil 4.12 : Keleşdağ Gabro-diyoriti'nin içinde tanımlanan gabro ve piroksen-hornblend gabronun Plag-Px-Hbl üçgen diyagramındaki sınıflaması (Streckeisen, 1976).

Diyorit; iri taneli, poikilitik dokuya sahip olup, esas mineral bileşiminde; plajiyoklaz (andezin), amfibol (hornblend) ve bazıları hacimce % 2-10 oranında değişen miktarlarda kuvars içermektedir (Şekil 4.13 ve 4.14). Apatit, zirkon, magnetit ve ilmenit aksesuar mineraller olarak bulunmaktadır. Hornblendlerde kloritleşme ve plajiyoklazlarda sosüritleşme yaygın olarak gözlenen alterasyon tipleridir. Bu alterasyonların sonucunda, klorit ve epidot ikincil mineraller olarak oluşmuştur. Diyoritin ve kuvars diyoritin modal mineralojik bileşimi Çizelge 4.3'de verilmiştir. Kayaç, QAP üçgen diyagramında “diyorit” (Örnek No: 5,11; Ek A) ve “kuvars diyorit” (Örnek No: 3,4,7,8; Ek A) olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.15).



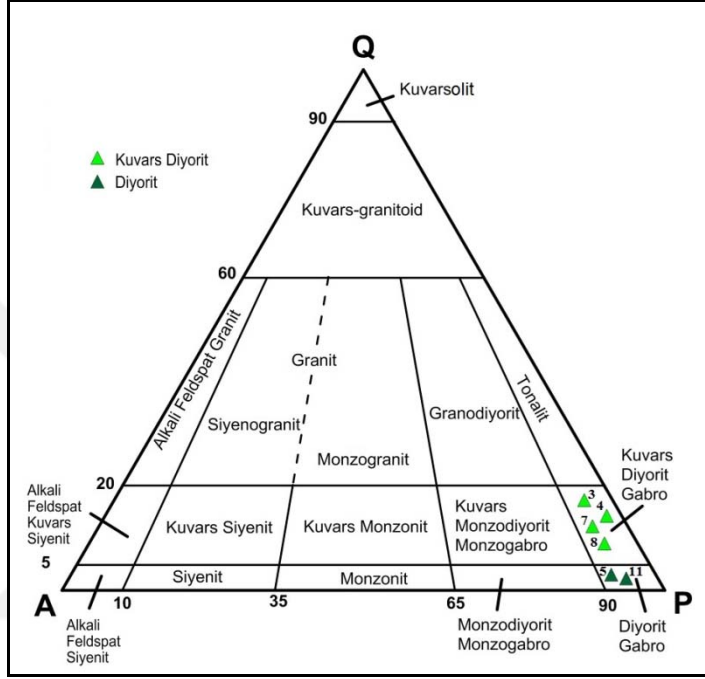
Şekil 4.13 : Dioritin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 5X; Pl: Plajiyoklaz, Hbl: Hornblend).



Şekil 4.14 : Kuvars diyoritin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 5X; Pl: Plajiyoklaz, Hbl: Hornblend, Qz: Kuvars).

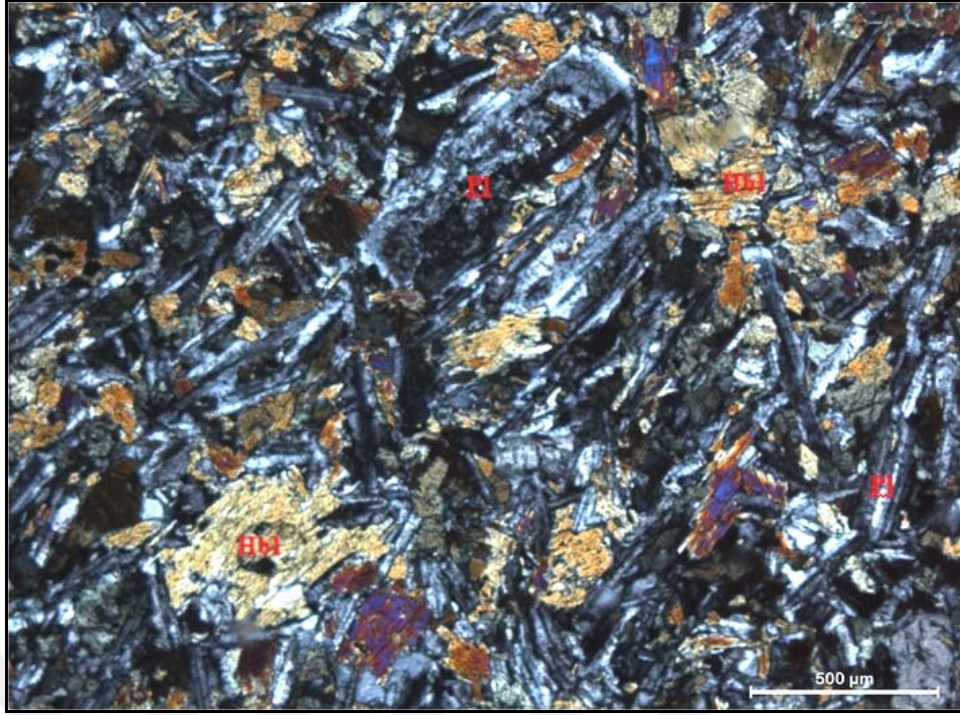
Çizelge 4.3 : Diyorit ve kuvars diyoritin modal minerolojik bileşimi.

Mineral Bileşimi	Diyorit (%)	Kuvars Diyorit (%)
Plajiyoklaz	58	55
Hornblend	40	35
Kuvars	-	7
Aksesuar + İkincil Mineraller	2	3

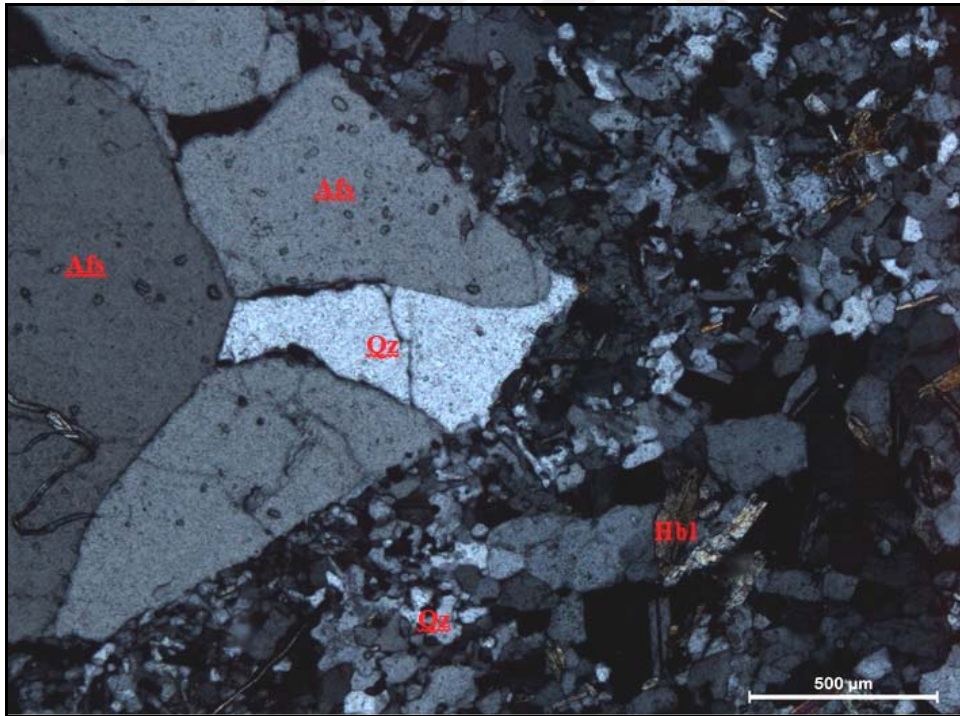


Şekil 4.15 : Diyorit ve kuvars diyoritin QAP üçgen diyagramındaki sınıflaması (Streckeisen, 1976).

Keleşdağ Gabro-diyoriti, arazide yer yer mafik ve felsik dayklar tarafından kesilmektedir. Mafik dayklar genellikle “diyorit porfir” (Örnek No: 6; Ek A), felsik dayklar ise “granit porfir” (Örnek No: 2; Ek A) bileşimindedir (Şekil 4.16 ve 4.17).



Şekil 4.16 : Mafik dayk örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 5X; Pl: Plajiyoklaz, Hbl: Hornblend).



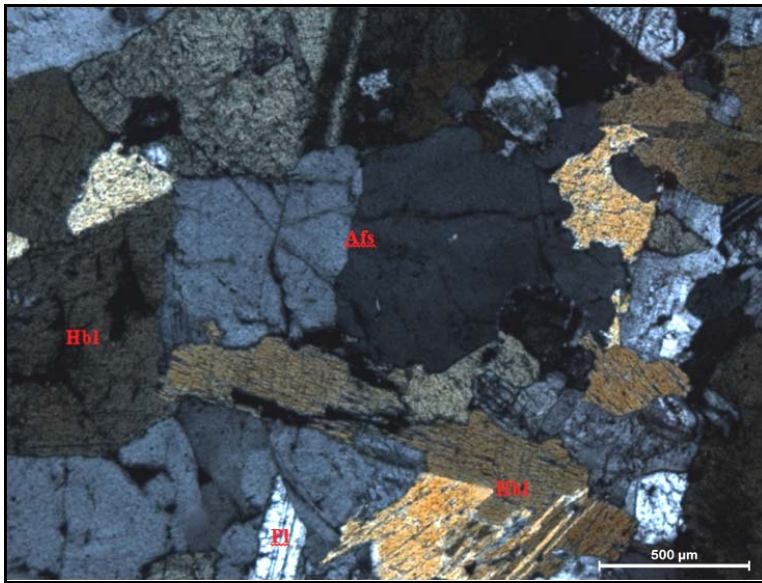
Şekil 4.17 : Felsik dayk örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 5X; Afs:Alkali feldispat, Hbl: Hornblend, Qz: Kuvars).

Keleşdağ Gabro-diyoriti, Ozancık Monzograniti'ne doğru gabrodan diyorite dereceli geçiş göstermektedir. Diyoritler ile monzogranitlerin kontağı keskin ve sinüzoyidaldır. Diyorit ile monzogranitin kontağında yersel olarak 1-5 cm boyutunda açık renkli bir matriks üzerinde çubuksu prizmatik şekilli mafik minerallerden oluşan

zonlar yer almaktadır (Örnek No: 1A,1B; Ek A). Bu zonlar, feldispat (alkali feldispat ve plajiyoklaz) minerallerinden oluşan bir matriks içerisinde çubuksu, yer yer iğnemsî şekilde amfibol (hornblend) mineralleri ile karakterize olan kayalardan oluşmaktadır (Şekil 4.18 ve 4.19). “Apinit” olarak adlandırılan bu kaya grubu daha çok mafik ve felsik magmaların karışımı ile oluşan yerel magmatik oluşumlar olarak yorumlanmıştır (Pitcher, 1993; Sha, 1995; Güllü ve Yıldız, 2012; Murphy, 2013).



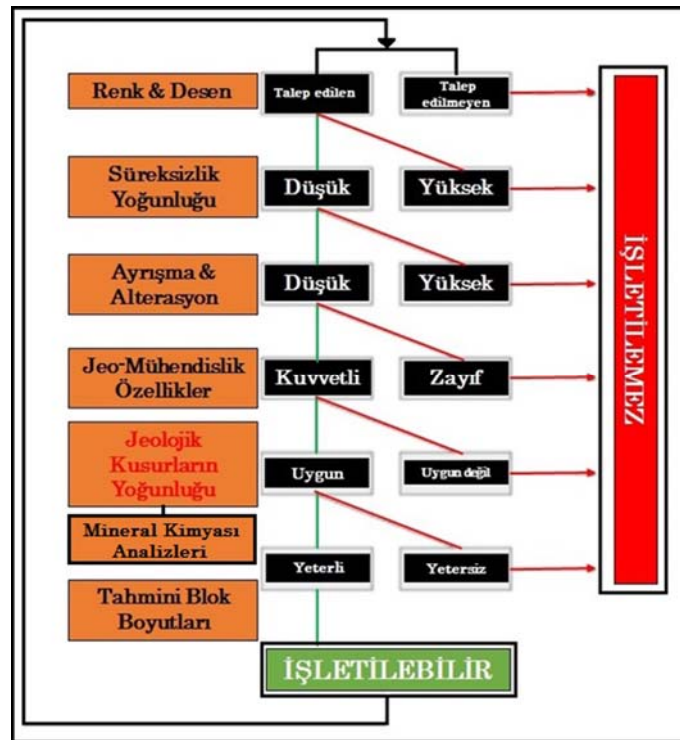
Şekil 4.18 : Prizmatik çubuksu hornblend mineralleri ile karakterize olan apinitin megaskobik görünümü.



Şekil 4.19 : Apinit örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 5X; Afs: Alkali feldispat, Pl: Plajiyoklaz, Hbl: Hornblend).

4.4 Granit Blok Taş Ocağındaki Malzeme Jeolojisi Çalışmaları

Granit blok taş işletmelerinde üretime geçmeden önce yapılması öngörülen jeolojik fizibilite araştırmaları başta yatırım olmak üzere, üretim ve zaman kayıplarını önlemektedir. Bu araştırmalar kapsamında, ocağın blok üretimine uygunluğunun belirlenmesine yönelik olarak yapılması öngörülen araştırmalar ve gözlemler Şekil 4.20'deki akış diyagramında verilmiştir. Tez çalışması için seçilen granit blok taş ocağının malzeme jeolojisi araştırmaları kapsamında, ocakta yapılan gözlemler ve ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak ocak yerinin ve civarının jeolojisi incelenmiş, ayrıca 1:500 ölçekli “malzeme jeolojisi” haritası ve kesitleri hazırlanmıştır (Ek C). Hazırlanan harita üzerine, ocakta yapılan; süreksizlik (fay ve çatlak) ölçümleri, kademelerdeki renk türleri, sistematik olarak alınan kayaç ve su örneklerinin yerleri ile blok üretim kalitesini etkileyen “jeolojik sorunlar (defects/flaws)” koordinat bağımlı olarak işlenmiştir. Ayrıca, blok taş ocağında üretilen granitlerin malzeme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da ocaktan ve fabrikadan alınan örnekler üzerinde ilgili standartlara göre “fiziksel” ve “mekanik” laboratuvar deneyleri, hızlandırılmış paslanma deneyleri ile “radyoaktivite” analizleri yapılmıştır.



Şekil 4.20 : Granit blok taş ocağının üretime uygunluğunun jeolojik fizibilite çalışmaları kapsamında araştırılması öngörülen unsurlarının akış diyagramı (Heldal vd., 2008’den değiştirilerek).

4.4.1 Granit blok taş ocağındaki üretim kalitesini etkileyen jeolojik sorunlar

Magmatik kökenli kayaçların işletildiği blok taş ocaklarında başlıca üretimi ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyen bazı jeolojik yapılar ve oluşuklar bulunabilmektedir. “Jeolojik sorunlar (defects/flaws)” olarak tanımlanan bu yapılar ve oluşuklar, blok taş üretimi yapılan kayacın oluşumu sırasında kazanmış olduğu “birincil (primer)” ve/veya oluşumu sonrasında kazandığı “ikincil (sekonder)” özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Birincil jeolojik sorunlar arasında başlıca; anklavlar, kuvars-aplit damarları ve pegmatit cepleri gibi oluşuklar ile soğuma çatlakları, magmatik akma yapıları bulunmaktadır.

İkincil jeolojik sorunlar ise çoğunlukla tektonizm ve atmosferik koşulların etkisiyle oluşan foliasyon, lineasyon, çatlak ve fay gibi yapısal jeolojik unsurlar ile ayrışma ve hidrotermal alterasyon olaylarından meydana gelmektedir (Taboada vd., 1999; Reddy, 2002; Kanishkan, 2004; Elter vd., 2005; Angı, 2007).

Magmatik kökenli blok taş ocaklarında, biri ya da bir kaçının bulunması yüksek ihtimal olan bu jeolojik sorunlar, başta üretimi yapılan taşın estetik (renk ve doku) özellikleri ile birlikte, mineralojik-petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Tez çalışmasında araştırılan granit blok taş ocağında tespit edilen jeolojik sorunlar başlıca; “ayrışma (günlenme) ve alterasyon”, “süreksizlikler (çatlaklar ve faylar)”, “anklav oluşukları”, “kuvars-aplit damarları”, “pegmatit cepleri” ve “miyarolitik boşluklar (kavite)” ile “istenmeyen mineral (pirit gibi) saçınımları”ndan ibarettir (Ek C; Ek D). Çalışma kapsamında incelenen granit blok taş ocağında belirlenen jeolojik sorunlar aşağıda ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

4.4.1.1 Ayrışma ve alterasyon durumu

Granit blok taş ocağı ve çevresindeki monzogranitler, masif, düzenli bir çatlak sistemi ile kesilen çeşitli boyutlarda ayrılmış bloklardan ve bulderlerden oluşmaktadır. Yüzeğe yakın kısımlarda, atmosferik etkilerle gelişen ve soğan zarı görünümünde “eksfoliasyon” adı verilen fiziksel ayrışma oldukça yoğun olarak gözlenmektedir. Yine atmosferik etkilerle granitik kütleler, fiziksel ayrışmayla parçalanıp ufalanarak “saprolit” adı verilen kum boyutunda malzemeye dönüşmüşlerdir (Angı, 2007). Granit blok taş ocağının üst kesimlerinde ayrışma

durumu olarak saprolitleşme gözlenmektedir (Şekil 4.21). Bu kesimlerde feldispatların killeştiği, biyotitlerin pullar halinde dağıldığı ve kuvars tanelerinin serbest hale gelerek saprolitik malzemenin özü olan “arena” oluşturduğu gözlenmiştir. Saprolitleşmiş zonun içinde yer yer granit parça ve bloklarına da rastlanmaktadır. Bu parça ve bloklarda oldukça ayrılmış durumdadır. Ocak genelinde ayrışma zonunun kalın olduğu kesimlerin ve çatlak aralıkları az olan bulderlerin üretim aynalarında çatlak sıklığı fazla olup, buna bağlı olarak blok verimliliğinin düşük olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.21 : Granit blok taş ocağının üst kesimlerinde gözlenen ayrışma zonu.

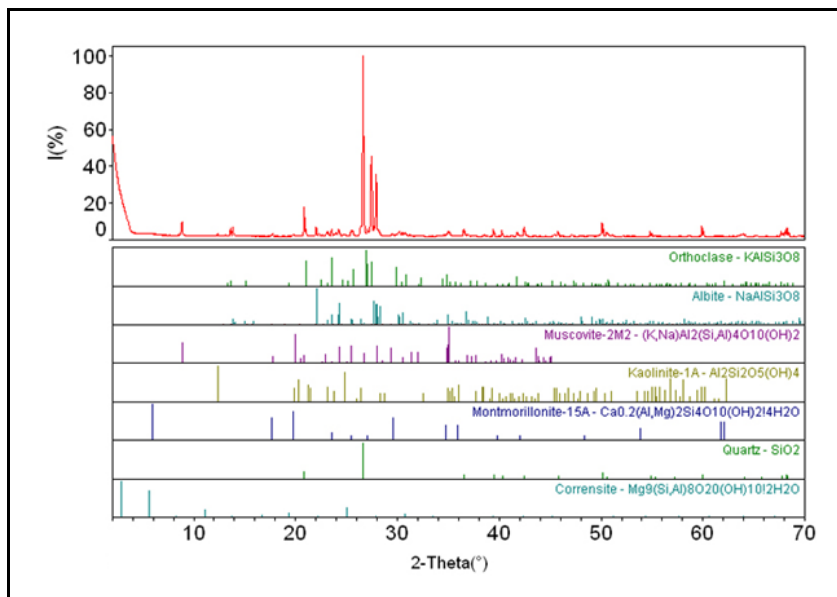
Granit blok taş ocağında bulunan fay zonları ve çevresinde yaygın olarak hidrotermal alterasyon gözlenmektedir (Şekil 4.22). Hidrotermal alterasyon sonucunda başlıca; arjilik, propilitik ve fillik türündeki alterasyonların ürünleri oluşmuştur. Arjilik alterasyon, genellikle düşük sıcaklıklarda (100-300 °C), hidrotermal çözeltilerden yan kayaca aşırı H^+ iyonu aktarımı (hidroliz) nedeniyle kil minerallerinin oluşumu şeklinde gelişen hidrotermal alterasyon türüdür (Pirajno, 2009). Arjilik alterasyon nedeniyle, ocaktaki fay zonları ve yakın çevresinde özellikle alkali feldispatların alterasyonu sonucunda kaolinit ve montmorillonit türü kil mineralleri oluşmuştur (Şekil 4.23). Propilitik alterasyon, hidrotermal çözeltilerden yan kayaca H_2O , H^+ , CO_2 ve S^{-2} aktarımı nedeniyle biyotitlerin klorite dönüştüğü, biyotitlerin alterasyonu sonucu açığa çıkan serbest demir iyonlarının (Fe^{+2}) çözeltideki H_2S kaynaklı S^{-2} (sülfür) iyonu ile reaksiyona girerek pirit minerallerini oluşturduğu alterasyon türüdür (Pirajno, 2009). Bu alterasyon sonucunda, ocaktaki fay zonları ve yakın

çevresinde biyotit mineralleri kloritleşerek başlıca klorit ve korensit türünde alterasyon mineralleri ile pirit mineralleri oluşmuştur. Fillik alterasyon ise, hidrotermal çözeltilerden yan kayaca OH^- , H^+ , K^+ ve S^{-2} aktarımı ile feldispat minerallerinin alterasyonu sonucunda serisit, muskovit, illit, kuvars, pirit ve kalkopirit minerallerini oluşturduğu alterasyon türüdür (Pirajno, 2009).

Bu alterasyon sonucunda da; ocaktaki fay zonları ve yakın çevresinde plajiyoklaz minerallerinin serisitleşmesi sonucunda başlıca muskovit pulcukları şeklinde oluşan mika mineralleri (serisit) ile illit türünde kil mineralleri, pirit ve kalkopirit türünde de sülfür mineralleri oluşmuştur.



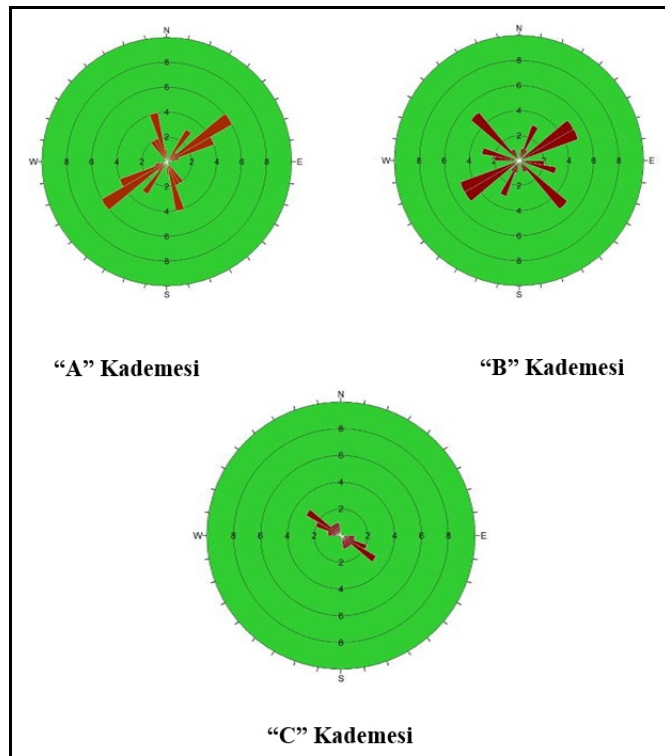
Şekil 4.22 : Hidrotermal alterasyonun yaygın olarak bulunduğu fay zonundan bir görünüm.



Şekil 4.23 : Ocaktaki fay zonundan alınan kayaç örneğinin X-ışını kırınım grafiği.

4.4.1.2 Süreksizlik durumu

Granit blok taş ocağında, esas olarak blok boyutunu doğrudan etkileyen ve tektonizm etkisiyle oluşan, çatlak ve fay gibi ikincil süreksizliklerin başlıca konumu, sıklığı, açıklığı, uzunluğu gibi özellikleri, ocaktaki süreksizlik durumunu tespit etmek amacıyla belirlenmiştir (Ek C; Ek D). Ocakta, üretim aynalarında düşey, yatay ve verev doğrultularda bulunan çatlaklar üzerinde yapılan ölçümlerde ve gözlemlerde blok boyutlarını denetleyen çatlak aralığı, uzunluğu ve açıklığının yanı sıra pürüzlülüğü ve dolgu malzemesi türü saptanarak, ölçülen çatlak konumlarından (eğimleri) “RockWare-Dips” bilgisayar programı kullanılarak “gül diyagramları” hazırlanmıştır (Şekil 4.24; Ek C). Ocak üretim aynalarında farklı doğrultudaki çatlaklarda yapılan ölçümler ve gözlemler sonucunda çatlak açıklıkları; 0.5-10 cm, çatlak uzunlukları; 1-20 m, çatlak aralıkları; 0.5-10 m arasında değişmektedir (Şekil 4.25). Ayrıca üretim aynalarında üçüncü boyuttaki çatlak aralıklarının; 1.0-2.0 m arasında olduğu belirlenmiştir. Bu çatlak ölçümleri ışığında kademelerden üretilebilecek minimum blok hacminin; 1-1.5 m³ arasında, maksimum blok hacminin ise 40-50 m³ arasında olduğu hesaplanmıştır. Çatlaklar; az-orta pürüzlü olup, çoğunlukla dolgusuz, yer yer kuvars, kil ve breş dolguludur.



Şekil 4.24 : Ocak üretim aynalarındaki çatlakların eğim yönlerine göre hazırlanan gül diyagramları.



Şekil 4.25 : Ocak üretim kademelerinde bulunan farklı konumdaki çatlakların görünümü.

Ocak üretim aynalarında yapılan toplam 120 çatlak ölçümünden hazırlanan gül diyagramlarına göre hâkim çatlak konumlarının:

- “A” kademesinde; K30B; 60GD, K75D; 40KB
- “B” kademesinde; K20-25B; 45GD, K40D; 45KB
- “C” kademesinde; K35D; 26KB

oldukları belirlenmiştir.

Ocak alanında bulunan faylar, blok üretim alanını kısıtlamaktadır. Faylar, KB-GD doğrultulu sol yanal atımlıdır (Şekil 4.26; Ek B; Ek C). Crowell (1974)’e göre bu fayların “ayrılan doğrultu atımlı fay” türünde olduğu öngörülmüştür. Yapılan gözlemler sonucu, ana fay zonunun yaklaşık 20 m. genişliğinde “ezilme (milonitik)” zonundan oluştuğu, yer yer kil ve breş ile dolgulandığı, ayrıca hidrotermal alterasyonun kanıtları (killeşme gibi) da gözlenmiştir (Şekil 4.27; Ek C).

Ocağın iki ana fay zonu arasında bulunması, üretimin sınırlı alanda yapılmasına neden olurken, alınan blok kalitesini de olumsuz yönde etkilemektedir (Şekil 4.28; Ek C; Ek D).



Şekil 4.26 : Ocakta bulunan KB-GD doğrultulu sol yanar atımlı ana fayın görünümü.



Şekil 4.27 : Ocakta bulunan ana fay ve ezilme (milonitik) zonunun görünümü.



Şekil 4.28 : Ocağın üst ve alt kısmında bulunan ve üretimi sınırlayan ana fay zonlarının görünümü.

4.4.1.3 Anklav oluşukları

Yerkabuğunun farklı derinliklerinde, bazı koşulların değişimine, örneğin ortamın ısısının artması, ortama uçucu bileşen ilave edilmesi, ortamdaki litostatik basıncın azalması gibi olaylara bağlı olarak gelişen kısmi ergime sonucu oluşan magmaların, yukarıda belirtilen ısıl, mekanik ve kimyasal (bileşimsel) zıtlıklarından kaynaklanan özelliklerinden dolayı karışıma uğradıkları bilinmektedir.

Magma karışımı sonucu gelişen bazı jeolojik oluşuklar arasında en önemlisi olan “anklav” oluşukları; eşyaşlı mafik ve felsik magmaların heterojen karışımı (magma mingling) olayı sonucunda, felsik kayaç içerisine karışmış, ancak bağıl viskozite farklılığı nedeniyle daha hızlı bir şekilde soğumuş olan mafik magma damlacıkları/kabarcıkları olarak tanımlanmaktadır (Barbarin ve Didier, 1992; Şahin-Yılmaz ve Boztuğ, 2001). Didier ve Barbarin (1991) yapmış oldukları sınıflandırmaya göre anklavlar; ksenolit (yabancı kayaç parçası), kseno-kristal (yabancı mineral), mikalı anklav, felsik-mafik anklav, kümülat anklav (otolit), şilyren (tüyümsü doğrusal dizilim yapıları) ve restitlerden oluşmaktadır.

Granitoyidik kayaçlarda bulunan magmatik kökenli anklavların çoğunluğu ince taneli (yaklaşık 1 mm) olmalarından dolayı “Magmatik Mikrogranüler Anklav (MMA)” olarak tanımlanmıştır (Didier ve Barbarin, 1991; Yılmaz ve Boztuğ, 1994). Tez çalışması kapsamında araştırılan granit blok taş ocağında da mafik mikrogranüler türdeki anklavlar, ocak üretim kademelerinde ve üretilen bloklar ile işlenmiş plakalar üzerinde gözlenmektedir (Şekil 4.29, 4.30 ve 4.31) Boyutları 1 cm’den 1 m’ye kadar değişen ve siyahımsı yeşil renkte olan bu anklavlar, genellikle yuvarlağımsı-elipzoidal şekilde olup, yer yer monzogranitler ile köşeli ve keskin dokanaklar göstermektedirler.

Ayrıca diğer bir anklav türü olan “şilyren” oluşukları da ocakta üretilen bazı blokların içinde gözlenmektedir (Şekil 4.32). Bu tür anklavlar; koyu renkli minerallerin (biyotit gibi) bir doğru boyunca bant şeklinde dizilim ve yığışım göstererek meydana getirdikleri oluşuklardır. Ocakta bulunan bu tür anklavların, boyutları, miktarları ve dağılımları blok taşın estetik açıdan görünümünü, kalitesini etkilemekte ve ürünün ticari değerini düşürmektedir.

Diğer yandan, anklavların ana kaya ile olan keskin sınırları birer süreksizlik düzlemi gibi davranarak taşın dayanımının azalmasına neden olabilmektedir. Anakaya ve anklavların farklı mineralojik bileşimlerine bağlı olarak farklı sertliklere sahip olmaları da ocak üretim faaliyetlerinde ve fabrikada taşın işlenmesi ile parlatılmasında sorunlara neden olmaktadır (Göker ve Tuğrul, 2006; Angı, 2007).



Şekil 4.29 : Ocak üretim kademelerinde gözlenen mafik mikrogranüler anklavlar.



Şekil 4.30 : Üretilen granit bloğunda gözlenen mafik mikrogranüler anklavlar.

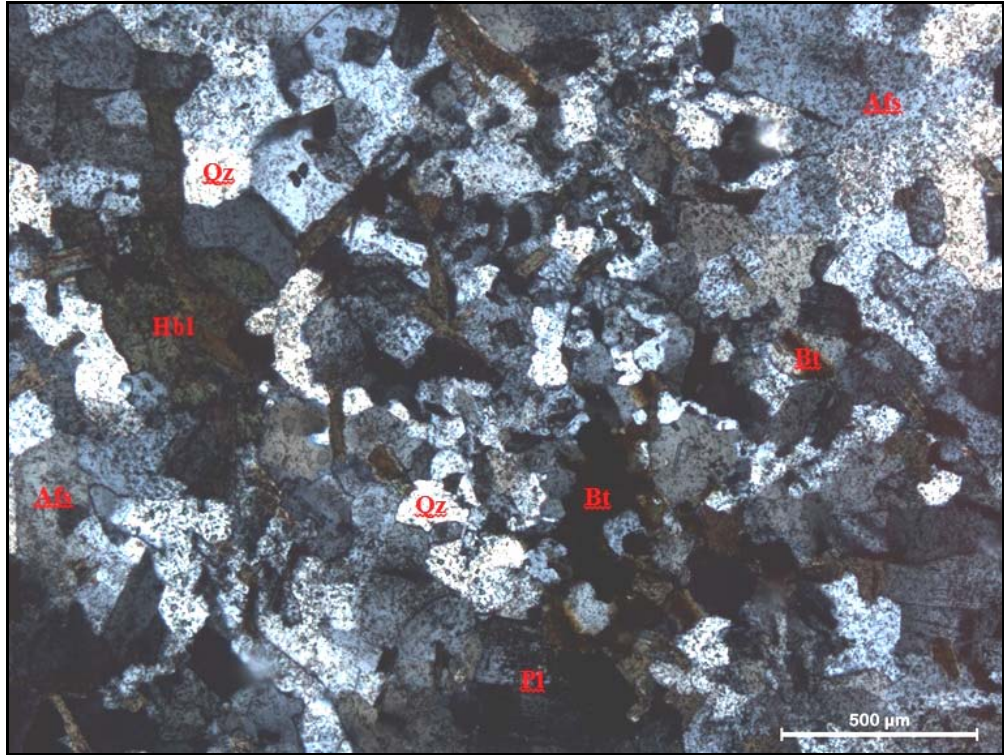
Ocaktaki mafik mikrogranüler anklavlar; holokristalen mikro granüler dokulu ve esas olarak plajiyoklaz (andezin ve oligoklaz), amfibol (hornblend), kuvars, alkali feldispat, biyotit ve piroksen mineralleri içermektedir (Şekil 4.33). Ayrıca, apatit, ilmenit ve magnetit aksesuar mineraller olarak bulunmaktadır. Hornblendlerde ve biyotitlerde kloritleşme ile plajiyoklazlarda sosüritleşme yaygın olarak gözlenen alterasyon tipleridir. Bu alterasyonların sonucunda, klorit ve epidot ikincil mineraller olarak oluşmuştur. Mafik mikrogranüler anklavın modal mineralojik bileşimi Çizelge 4.4’de verilmiştir. Kayaç, QAP üçgen diyagramında “kuvars mikrodiyorit” olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.34).



Şekil 4.31 : İşlenmiş granit plakası üzerinde gözlenen mafik mikrogranüler anklav.



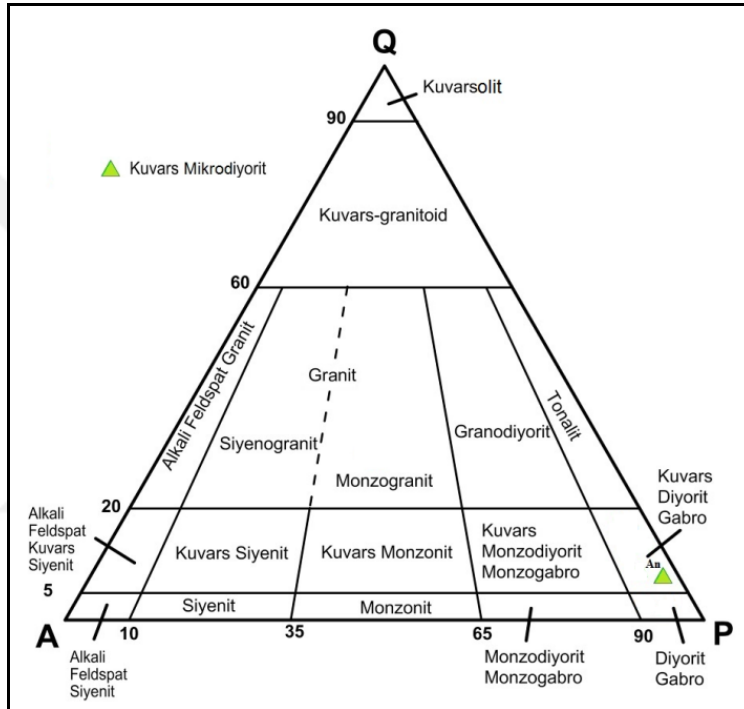
Şekil 4.32 : Üretilen granit bloğu üzerinde gözlenen şiliyren oluşukları.



Şekil 4.33 : Mafik mikrogranüler anklavın polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 5X; Afs: Alkali feldispat, Pl: Plajiyoklaz, Hbl: Hornblend, Bt: Biyotit, Qz: Kuvars).

Çizelge 4.4 : Mafik mikrogranüler anklavın (MMA) modal mineralojik bileşimi.

Mineral Bileşimi	(%)
Plajiyoklaz	52
Hornblend	22
Kuvars	10
Alkali feldispat	8
Biyotit	4
Piroksen	2
Aksesuar + İkincil Mineraller	2



Şekil 4.34 : Mafik mikrogranüler anklavın QAP üçgen diyagramındaki sınıflaması (Streckeisen, 1976).

4.4.1.4 Kuvars-aplit damarları

Granit blok taş ocağında gözlenen, jeolojik sorun olarak tanımlanan ve ürün homojenitesini bozan diğer oluşuk türlerinden biri de “kuvars-aplit” damarlarıdır. Magma katılaşmasının son safhasında oluşan bu yapılar, ocak üretim aynalarında ve üretilen bloklarda, genellikle monzograniti vev bir şekilde kestikleri gözlenmiştir (Şekil 4.35 ve 4.36).



Şekil 4.35 : Ocak üretim aynasında gözlenen kuvars damarları.



Şekil 4.36 : Üretilen granit blokları üzerinde gözlenen apolit damarları.

4.4.1.5 Pegmatit cepleri ve miyarolitik boşluklar

Özellikle sığ sokulumlu (epizonal) granitlerde yaygın olarak gözlenen, başlıca kuvars ve alkali feldispat minerallerinden oluşan “pegmatit cepleri”, araştırılan granit blok taş ocağında üretilen bazı bloklarda ve fabrikada işlenen bazı plakalarda gözlenmiştir (Şekil 4.37 ve 4.38).



Şekil 4.37 : Üretilen granit bloklarında gözlenen pegmatit cebi.



Şekil 4.38 : İşlenmiş granit plakası üzerinde gözlenen pegmatit cebi.

Bunun yanı sıra, yine sığ sokulumlu granitlerde rastlanan ve Candela (1997)'ya göre, magmadaki uçucu fazların eksolüsyonunun en iyi kanıtları olan “miyarolitik boşluklar”, araştırılan granit blok taş ocağının üretim aynalarında yer yer gözlenmektedir (Şekil 4.39). Bu oluşuklar genellikle, hegzagonal kristal şekline sahip dumanlı kuvars, alkali feldispat, turmalin ve dumortiyerit gibi mineraller içeren küresel “jeod” şekilli yapılardır (Şekil 4.40).



Şekil 4.39 : Ocak üretim kademesinde görülen miyarolitik boşluk.

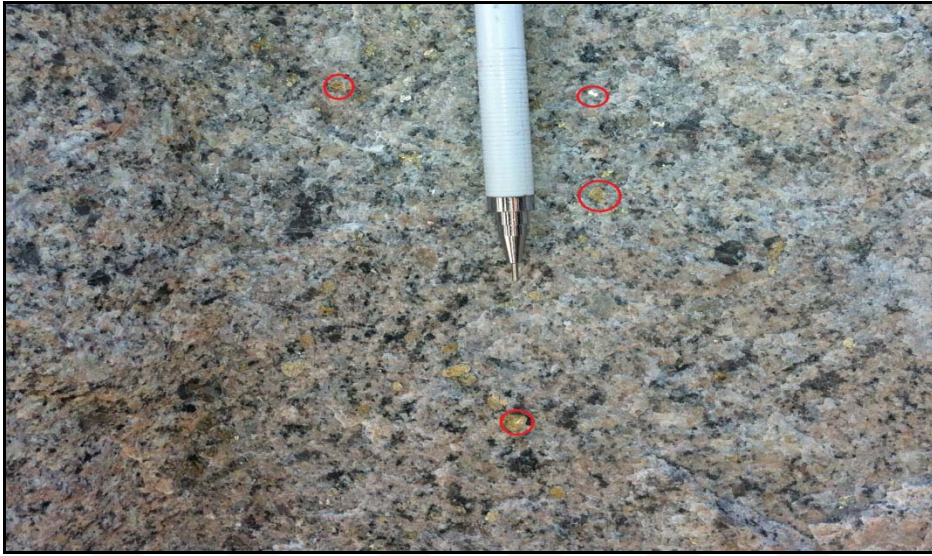


Şekil 4.40 : Miyarolitik boşluk içinde bulunan dumanlı kuvars kristali.

4.4.1.6 İstenmeyen mineral saçınımları

Hidrotermal alterasyon etkisiyle, genellikle fay zonlarına yakın olan bölgelerde kayaç içinde saçınım şeklinde bulunan “istenmeyen (deleterious)” mineraller, atmosferik etkilere maruz kaldığında duraylılıklarını kaybedip oksitlenmekte ve kayaç yüzeyinde pas lekeleri oluşturmaktadır. Araştırılan granit blok taş ocağında bulunan fay zonlarına yakın kesimlerdeki kademelerden üretilen bloklarda saçınım şeklinde “pirit” minerallerinin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 4.41). Atmosferik etkiler

altında duraylılığını kaybeden bu pirit mineralleri oksitlenerek, fay zonuna yakın olan üretim kademelerinde pas lekelerinin oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.42).



Şekil 4.41 : Üretilen bloklarda gözlenen pirit saçınımları.



Şekil 4.42 : Üretim kademelerinde pirit oksidasyonu sonucu oluşan pas lekeleri.

4.4.2 Granit blok taş ocağından üretilen granitlerin malzeme özellikleri

Tez çalışması kapsamında araştırılan granit blok taş ocağında üretimi yapılan granitler; “Crema Lal” ticari ismiyle doğal taş piyasasına pazarlanmaktadır. Daha çok kaplama-döşeme taşı olarak üretimi yapılan granitler ocakta başlıca; pembe, açık pembe ve gri renk tonlarında bulunmaktadır (Şekil 4.43 ve 4.44; Ek C). Pembe renkli kademede günümüzde rezerv kalmadığından üretim yapılamamakta ve ürün stoğu bulunmamaktadır. Granit blok taş ocağında günümüzde üretimi yapılan granitlerin

(açık pembe ve gri renkli) malzeme özelliklerini belirlemeye yönelik olarak, ilgili TS-EN standartlarında tariflenen fiziko-mekanik laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Granit örnekleri üzerinde yapılan fiziksel deneyler sonucunda başlıca; birim hacim ağırlığı (kuru ve suya doymun), atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme, görünür porozite ve Mohs sertlik değerleri hesaplanmıştır.

Granit örnekleri üzerinde yapılan mekanik deneyler sonucunda ise başlıca; tek eksenli basınç dayanımı (don öncesi ve sonrası), eğilme dayanımı (don öncesi ve sonrası), darbe dayanımı, sürtünmeli yüzey aşınma dayanımı (Böhme) ve ağırlıkça don kaybı değerleri hesaplanmıştır. Yapılan fiziko-mekanik deneyler sonucunda elde edilen değerler, pembe ve gri renkli granitlerin özellikle “kaplama-döşeme taşı” olarak kullanıma uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla ilgili standart da (TS 6234) öngörülen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.5 ve 4.6).



Şekil 4.43 : Açık pembe renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin cilalı yüzeyinin megaskobik görünümü.



Şekil 4.44 : Gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin cilalı yüzeyinin megaskobik görünümü.

Çizelge 4.5 : Açık pembe renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin fiziko-mekanik deney sonuçları ve kaplama-döşeme taşı olarak kullanıma uygunluğunun değerlendirilmesi.

Deney Adı	Standart No	Birim	Değer		Kaplama-Döşeme Taşı Standardı Sınır Değeri
			Kuru	Doymun	
Birim Hacim Ağırlığı	TS 699 (2009)	g/cm ³	2.6049	2.6142	> 2.55
Ağırlıkça Su Emme	TS 699 (2009)	%	0.35		< 0.75
Görünür Porozite	TS 699 (2009)	%	0.92		< 2
Mohs Sertliği	TS EN 12407	Mohs	6		-
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	TS-EN 1926 (2000)	kg/cm ²	Don öncesi	Don sonrası	Don öncesi > 1200
			1336.2	1232.6	Don sonrası > 1140
Eğilme Dayanımı	TS-EN 13161 (2003)	kg/cm ²	Don öncesi	Don sonrası	> 75
			178.50	168.75	
Darbe Dayanımı	TS 699 (2009)	kgf.cm/cm ³	15.8		Kaplama Taşı İçin > 6 kg.cm / cm ³ Döşeme Taşı İçin > 12 kg.cm/cm ³
Aşınma Dayanımı	TS 699 (2009)	cm ³ /50 cm ²	6.30		Kaplama Taşı İçin < 15 cm ³ / 50 cm ² Döşeme Taşı İçin < 10 cm ³ / 50 cm ²
Ağırlıkça Don Kaybı	TS 699 (2009)	%	0.010		< 2

Çizelge 4.6 : Gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin fiziko-mekanik deney sonuçları ve kaplama-döşeme taşı olarak kullanıma uygunluğunun değerlendirilmesi.

Deney Adı	Standart No	Birim	Değer		Kaplama-Döşeme Taşı Standardı Sınır Değeri
			Kuru	Doymun	
Birim Hacim Ağırlığı	TS 699 (2009)	g/cm ³	2.6019	2.6140	> 2.55
Ağırlıkça Su Emme	TS 699 (2009)	%	0.46		< 0.75
Görünür Porozite	TS 699 (2009)	%	1.12		< 2
Mohs Sertliği	TS EN 12407	Mohs	6		-
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	TS-EN 1926 (2000)	kg/cm ²	Don öncesi	Don sonrası	Don öncesi > 1200
			1324.4	1212.7	Don sonrası > 1140
Eğilme Dayanımı	TS-EN 13161 (2003)	kg/cm ²	Don öncesi	Don sonrası	> 75
			174.25	162.50	
Darbe Dayanımı	TS 699 (2009)	kgf.cm/cm ³	14.7		Kaplama Taşı İçin > 6 kg.cm / cm ³ Döşeme Taşı İçin > 12 kg.cm/cm ³
Aşınma Dayanımı	TS 699 (2009)	cm ³ /50 cm ²	6.60		Kaplama Taşı İçin < 15 cm ³ / 50 cm ² Döşeme Taşı İçin < 10 cm ³ / 50 cm ²
Ağırlıkça Don Kaybı	TS 699 (2009)	%	0.015		< 2

Açık pembe ve gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granit örnekleri üzerinde yapılan fiziko-mekanik laboratuvar deneyleri sonucunda Çizelge 4.5 ve 4.6’daki elde edilen değerlere göre; granitlerin TS 6234 (1998) standardında öngörülen sınır değerleri karşıladığı ve “kaplama-döşeme” taşı olarak kullanıma uygun olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, elde edilen sonuçlarda; açık pembe renkli granitin gri renkli granite göre fiziko-mekanik özelliklerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Bu durumun en önemli nedeni; gri renkli granitin ayrışma ve alterasyondan pembe renkli granite göre daha fazla etkilenmiş olmasıdır. Gri renkli granitin bileşiminde bulunan mafik minerallerden biyotit ve opak minerallerden ise piritin atmosferik koşulların etkisiyle duraylılıklarını kaybederek oksidasyona uğraması ve paslanması, granitin fiziko-mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle oksidasyona uğrayan pirit minerallerinin çözünerek granit yüzeyinde oluşturduğu toplu iğne boyutundaki oyuklanmalar, taşın fiziksel özelliklerini (ağırlıkça su emmesi ve porozitesi) ve bu oksidasyonlar sonucunda oluşan pas basınçları nedeniyle taşın bünyesinde oluşan mikro-fisürler, taşın mekanik özelliklerini (basınç dayanımı, eğilme dayanımı vd.) olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca biyotit ve pirit minerallerinin oksidasyonu sonucunda oluşan pas lekeleri granitin estetik görünümünü bozarak, ürün kalitesini ve değerini düşürmektedir.

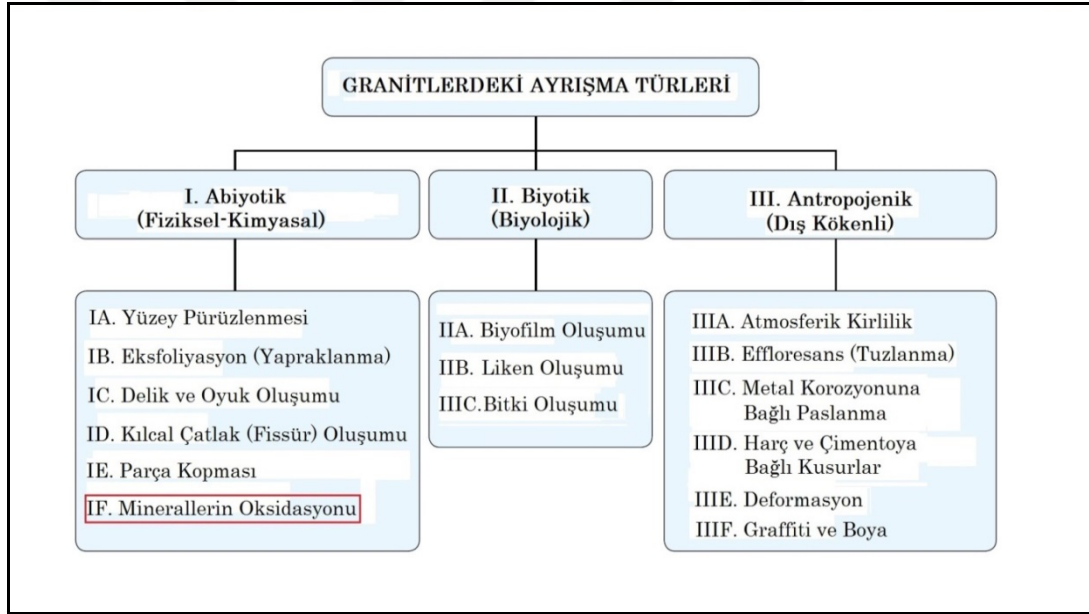
Tez çalışması kapsamında, granitlerde kaliteyi olumsuz yönde etkileyen bu “paslanma” olayının nedenleri çeşitli analitik teknikler kullanılarak, bazı analizler ve deneyler yardımıyla araştırılmış, ayrıca pas lekelerini temizlemeye ve bu lekelerin oluşmasını önlemeye/geciktirmeye yönelik olarak bazı çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Paslanma olayı ile ilgili yapılan araştırmalar ve öngörülen çözüm önerileri; Bölüm 5’de ayrıntılı olarak ele alınmıştır.



5. ÇALIŞMA ALANINDAKİ GRANİTLERDE PASLANMA SORUNUNUN ARAŞTIRILMASI

5.1 Granitlerdeki Ayrışma Türleri

Granitler, iç (tektonizm, gerilme serbestleşmesi (dilatasyon), hidrotermal alterasyon vb.) ve dış (atmosferik etkiler, insan faktörü vb.) kökenli faktörlerin etkisiyle başlıca; fiziksel (mekanik), kimyasal ve biyolojik ayrışmaya uğramaktadırlar (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 : Granitlerde gözlenen ayrışma türleri ve doktora tez çalışması ile olan ilişkisi (Fitzner vd., 1995; Panova vd., 2014).

Granitlerde görülen bu ayrışma türlerinden, kimyasal ayrışma altında tanımlanan “minerallerin oksidasyonu” türünde olanı; doğal taş literatüründe “renk değişimi (discoloration)” sorunu olarak tanımlanmakta, bu ayrışma sonucunda; bazı mineral(ler)in oksidasyona uğramaları ile “paslanma (staining)” oluşmaktadır. Doğal taşlarda meydana gelen renk değişimleri (discoloration) ve paslanma (staining) olayının türleri ve oluşum nedenleri Şekil 5.2.’de verilmiştir.

	Benek Şeklinde Pas Oluşumları	Yüzeyi Kaplayan Renk Değişimleri	Yama Şeklinde Renk Değişimleri	Doğal Taşla İlişkili Özellikler	Uygulamayla İlişkili Özellikler
Ocak ve Fabrika Üretim Aşamaları Sırasında	Kesme Kalıntıları - Demir Çapaklar	Alevle Yakma - Kesme İşlemleri	Yağ, Mürekkep ve Diğer Sıvı Dökülmeleri	Doğal Taşın İçine Giren Ayrılmış Malzemeler	Düzensiz Olan Uygulama
Uygulama Sırasında	Kaynak - Taşlama Sıçramaları	Kir ve Toz Oluşumu	Paketlemeye Bağlı Oluşan Bozulma		Koruyucu Kaplamayla Reaksiyon
Uygulama Sonrasında	Esas-Tali Minerallerin Ayrışması, Alterasyonu ve Oksidasyonu	Aşınma, Yüzey Reaksiyonları, Kirli	Tuzlanma ve Sıvı Dökülmesi	Liken, Yosun ve Bitki Oluşumu	Montaj Elemanlarının Korozyonu
Doğal Taşın Bileşiminde Bulunan Mineraller	Esas ve Tali Minerallerin Oksidasyonu	Ayrışma, Renk Açılması	Esas-Tali Mineral Yığılımlarının Oksidasyonu	Damarlarda ve Diğer Süreksizliklerde Bulunan Zararlı Mineraller	
Doğal Taşın Bileşimi Dışındaki Malzemeler	Temizlik Bakım Malzemeleriyle Oluşan Reaksiyonlar	Organik Malzemeler, Balmumu Oluşumu	Su Akışıyla Malzemelerin Taşınımı	Yanlış Emprenye	Mastik Derz Dolgusu, Silikon Harç Yapıştırıcı ve Epoksi Reçinenin Bozulması

Şekil 5.2 : Doğal taşlarda rastlanılan renk değişimleri ve oluşum nedenleri (Hunt, 1996).

5.2 Granitlerde Paslanmayı Denetleyen Faktörler, Türleri ve Etkileri

Granitlerde rastlanılan paslanma olayı başlıca; iç ve dış faktörlerin etkisi sonucunda meydana gelmektedir. İç faktörleri; taşın mineralojik bileşimindeki iki değerlikli demir (ferrüs demir: Fe^{+2}) içeren minerallerin türleri ve dağılımı ile bu minerallerin ayrışmaya-oksidasyona karşı olan duraylılıkları, mineral kristallerinin kenetlenme dereceleri ile içerdiği mikro çatlakların sıklığı ve yayılımı (Tuğrul ve Zarif, 1999), taşın dokusu, porozitesi (gözenekliliği) ve permeabilitesi (geçirimsizliği), dış faktörleri ise; ortamdaki sıcaklık, basınç, hava ve su durumu, pH-Eh değerleri ile hidrotermal çözeltilerin etkisi oluşturmaktadır.

Granitlerde oluşan paslanma türleri, bu iç ve dış faktörlerin etkisiyle başlıca;

- Taşın mineralojik bileşimindeki ferrüs demir (Fe^{+2}) içeren minerallerin (biyotit, pirit, pirotit, markazit, magnetit ve siderit gibi) oksidasyonu,
- Taşın montajı için kullanılan harcın bileşiminde bulunan organik maddelerin harç çimentosundaki serbest alkalilerle (Na ve K gibi) reaksiyonu,
- Taşın yüzeyine dökülen yağ, mürekkep vb. sıvıların etkisi sonucunda oluşmaktadır.

Minerallerin oksidasyonu; taşın bileşimindeki ferrüs demir (Fe^{+2}) içeren minerallerin atmosferdeki serbest oksijenle reaksiyona girmesi sonucu meydana gelen kimyasal bir değişimdir. Bu olayın oluşumunda genellikle suyun da etkisi, demir elementi içeren minerallerin kimyasal hidrolizi için ortam oluşturması nedeniyle önemlidir. Oksidasyon sonucunda taş yüzeyinde; sarı, kahverengi ve kırmızı renk tonlarında oluşan lekeler de “pas” adı verilmektedir. Granitlerin, mineralojik bileşimindeki demir elementi içeren pas yapıcı mineraller; demir oksitler (magnetit ve ilmenit gibi), demir sülfürler (pirit, pirotit ve markazit gibi), demir karbonatlar (siderit gibi) ve demir silikatlarıdır (biyotit, amfibol, piroksen ve garnet gibi); (Miglio ve Hunt, 1993; Winkler, 1994).

Granitlerde ferrüs demir (Fe^{+2}) içeren mineraller başlıca;

- Feldispat ve biyotit gibi minerallerin içinde bulunanların veya dilinim düzlemleri boyunca yer alanların oksidasyonu,
- Taşın içinde saçılım halinde bulunanların (pirit ve magnetit gibi) oksidasyonu,
- Taştaki bu minerallerin kimyasal ayrışması sonucu serbest kalan ferrüs demirin ferrik demire oksidasyonu sonucunda pas lekesi oluşmaktadır.

Granitlerdeki demirli minerallerin ve kimyasal ayrışma sonucunda serbest kalan ferrüs demirin oksidasyonu sonucu oluşan pas mineralleri; “limonit [$FeO(OH) \cdot nH_2O$]” ve “götüt [$FeO(OH)$]” olarak bilinmektedir.

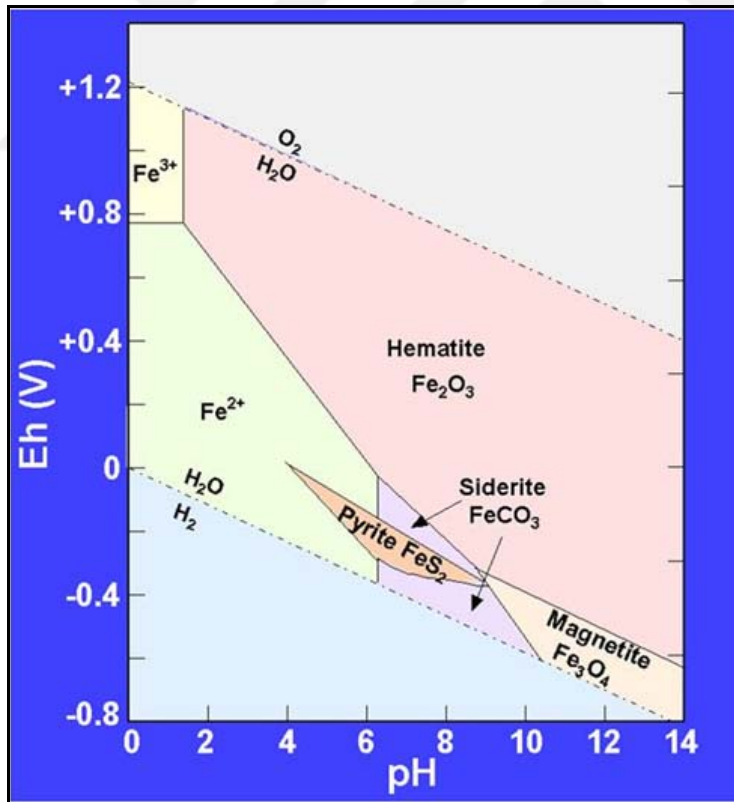
Granitlerin paslanması sonucunda başlıca aşağıdaki değişimler meydana gelmektedir;

- Taşın rengi değişmektedir,
- Taşın albenisi (estetik görünümü) düşmektedir,
- Taştaki ayrışma hızlanmaktadır,
- Taşın porozitesi ve su emmesi artmaktadır,
- Taşın dayanımı azalmaktadır.

“Mineraller sadece içinde oluştukları ortamlarda duraylıdır”. Başka bir deyişle, bir mineralin olduğu ortam koşullarında bir değişiklik olması durumunda sözkonusu mineralin, yeni ortam koşullarında dengede olması olası değildir. Bu nedenle

mineraller yeni koşullarla uyumlu yeni minerallere dönüşürler. Bu olay esasen bir termodinamik zorunluluktur. Baskın olarak Eh ve pH'ın denetlediği yüzey/yakın yüzey şartlarında minerallerin varlıklarını sürdürmesi bu duruma bağlıdır (Garrels ve Christ, 1965). Bundan dolayı bir mineral, yeni ortam koşullarında duraylı olacak şekilde mineralojik dönüşüm eğilimi göstermektedir. Bu ilke, kayalardaki yüzey ayrışması olaylarının (paslanma gibi) açıklanmasında kullanılmaktadır.

Ferro-magnezyumlu silikat (biyotit ve amfibol gibi), mineralleri, sıcaklık ve basıncın yüksek olduğu, O₂, CO₂ ve H₂O gibi bileşenlerin belli aralıklarda bulunduğu bir ortamda oluşurlar. Bu mineraller, sıcaklık ve basıncın düşük, O₂, CO₂ ve H₂O'nin genelde bol olduğu su tablasının gerek, altında ve gerekse üstündeki ortamlarda dengede kalamazlar. Dolayısıyla ayrılmaya eğilimlidirler. Demirce zengin silikat minerallerinin ayrışması sonucunda açığa, çıkan Fe⁺² iyonlarının oksidasyonunda, ortamının pH ve Eh'ı önemli rol oynamaktadır (Garrels ve Christ, 1965); (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 : Yaygın demir minerallerinin duraylılık alanlarını gösteren Eh-pH diyagramı (Garrels ve Christ, 1965; Winkler, 1994).

Yukarıdaki Eh-pH diyagramı, jeolojik şartlara uygulandığında; hidrolizle serbest kalan demir, ortamdaki suyun Eh ve pH'ına bağlı olarak, ya ferrüs (Fe^{+2}) olarak çözelti içinde kalmakta ya da ferrik (Fe^{+3}) oksit halinde çökelmektedir.

5.3 Granit Blok Taş Ocaklarında Rastlanılan Paslanmaya Dünya'dan ve Türkiye'den Örnekler

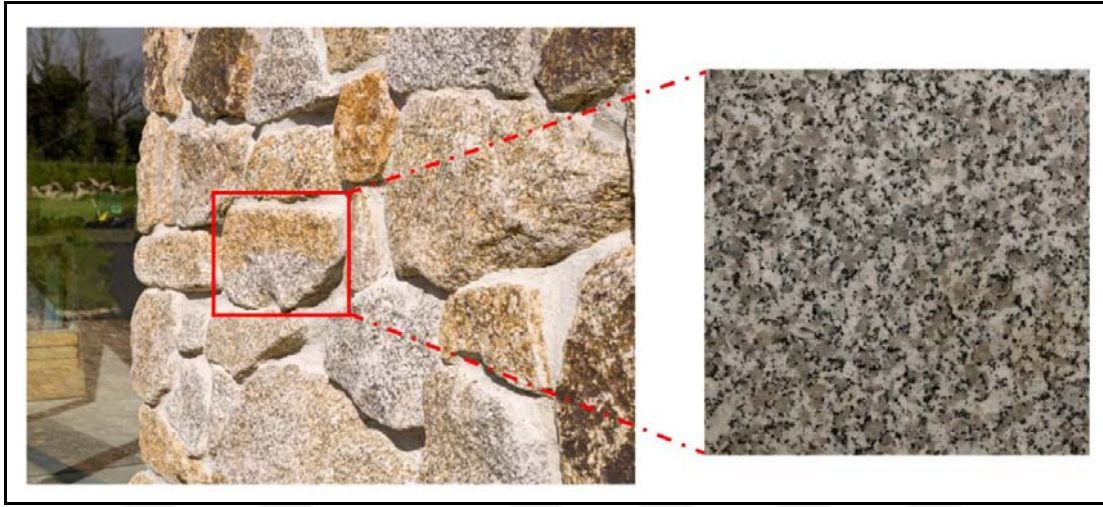
Granit blok taş ocaklarında yaygın olarak rastlanan paslanmanın türü, büyük çoğunlukla, taşın bileşiminde bulunan ve özellikle ferrüs demir içeren minerallerin oksidasyonu sonucunda oluşmaktadır. İngiltere, İtalya, Hindistan, Avustralya, Çin, Portekiz ve ABD ülkelerinde bulunan bazı granit blok taş ocaklarından üretilen granitlerde bu tür paslanma sorunu görülmektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 : Paslanmanın gözlemlendiği bazı granit blok taş ocaklarının dünya genelindeki dağılımı.

Knight vd. (1938); İngiltere'nin güneybatısındaki Cornwall bölgesinde, De Lank granit blok taş ocağında işletilen "Cornish Grey" ticari isimli granitin (granit)

bileşiminde bulunan “hidrojenetik biyotit”lerin oksidasyonu sonucu paslandığını tespit etmişlerdir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 : “Cornish Grey” ticari isimli granit ve oluşan pas lekelerinin görünümü (Url-1).

Braga vd. (2012) yapmış oldukları araştırmada; İtalya’nın Piacenza şehrinin Montorfano bölgesindeki granit blok taş ocağında işletilen “Bianco Montorfano” ticari isimli granitin (löko-monzogranit) bileşiminde bulunan “biyotit” minerallerinin ayrışması sonucunda serbest kalan ferrüs demirin ve içerdiği piritin oksidasyonu sonucunda paslandığını belirlemişlerdir (Şekil 5.6).



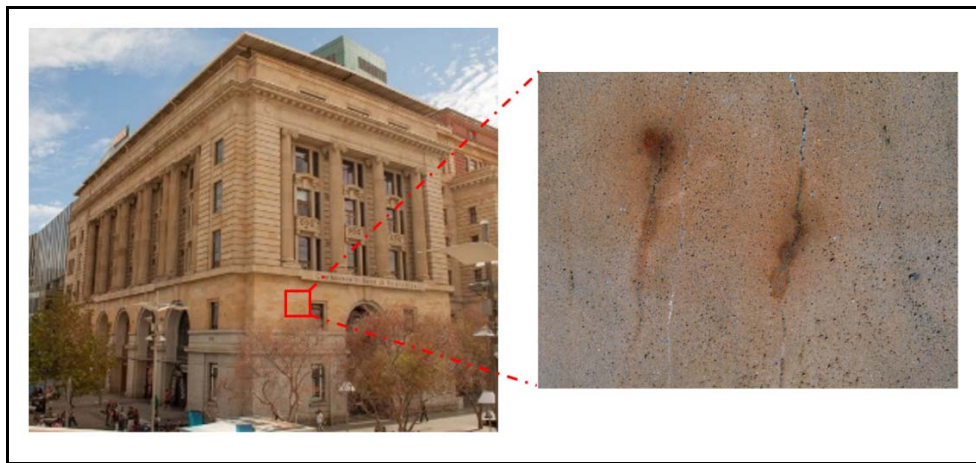
Şekil 5.6 : “Bianco Montorfano” ticari isimli granit ve blok taş ocağının görünümü (Url-2).

Raymahashay ve Sharma (1993)'e göre; Hindistan'ın Tamil Nadu şehrinin Madurai bölgesinde bulunan granit blok taş ocağında işletilen “Kashmir White” ticari isimli granitin (granülit) bileşiminde bulunan “garnet (almandin); $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$ ” minerallerinin oksidasyonu sonucu paslandığı tespit edilmiştir (Şekil 5.7).



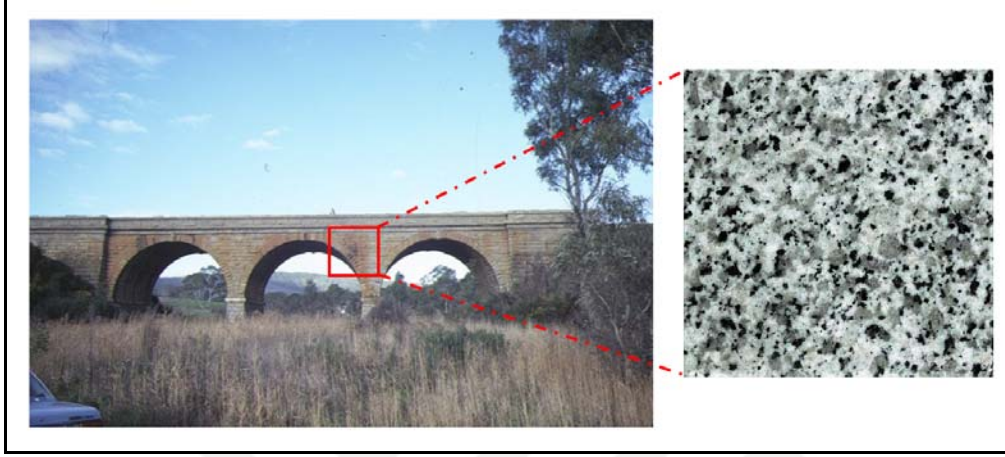
Şekil 5.7 : “Kashmir White” ticari isimli granit blok taş ocağı ve pas lekelerinin görünümü (Url-3).

Quick ve Sirivivatnanon (2006) yapmış oldukları araştırmada; Avustralya'nın Sydney şehrinin güneybatısındaki Bowral bölgesinde bulunan Mt Gibraltar granit blok taş ocağında üretilen “Bowral Yellow” ticari isimli granitin (mikro siyenit) bileşiminde bulunan “piroksen” minerallerinin hidrotermal alterasyonu sonucunda “siderit; $FeCO_3$ ” minerallerine dönüşmesi ve bu minerallerin oksidasyonu sonucunda paslandığını belirlemişlerdir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : “Bowral Yellow” ticari isimli granitte oluşan pas lekelerinin görünümü (Url-4).

Dallwitz ve Greaves (1961) yapmış oldukları araştırmada; Avustralya'nın Melbourne şehrini kuzeybatısındaki Victoria bölgesinde, Harcourt granit blok taş ocağında üretilen "Victorian Grey" ticari isimli granitin (monzonit) bileşimindeki "biyotit" ve "pirit" minerallerinin oksidasyonu sonucunda paslandığı tespit etmişlerdir (şekil 5.9).



şekil 5.9 : "Victorian Grey" ticari isimli granit ve pas lekelerinin oluştuğu köprünün görünümü (Url-5).

Çin'in güneydoğusundaki Fujian bölgesindeki granit blok taş ocağında üretilen "G-682 (Rusty Yellow)" ticari isimli granitin (granit) bileşiminde bulunan "magnetit; Fe_3O_4 " minerallerinin oksidasyonu sonucu paslandığı tarafımızdan belirlenmiştir (şekil 5.10).



şekil 5.10 : "G-682 "Rusty Yellow" ticari isimli granit blok taş ocağı ve pas lekelerinin görünümü (Url-6).

Lisboa vd. (2013) yaptıkları araştırmada; Portekiz'in Alentejo şehrinin Portalegre bölgesindeki Tapada Azul granit blok taş ocağında üretilen "Portalegre Bluish Grey (Azul de Alpalhao)" ticari isimli granitin (iki mikalı granit) bileşiminde bulunan "pirit" minerallerinin oksidasyonu sonucu paslandığını belirlemişlerdir (şekil 5.11).



şekil 5.11 : "Portalegre Bluish Grey" ticari isimli granit ve blok taş ocağının görünümü (Url-7).

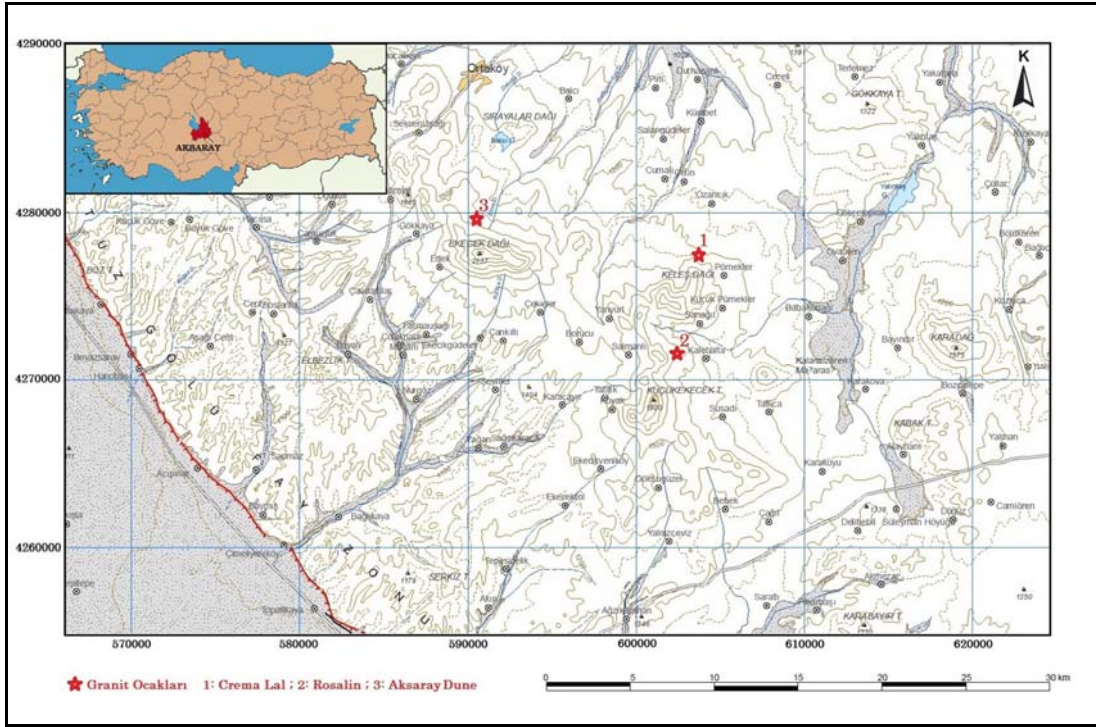
Dallmeyer ve Swanson (1999) yapmış oldukları araştırmada; ABD'nin Georgia eyaletinin kuzeydoğusundaki Elberton bölgesinde bulunan Oglesby granit blok taş ocağında üretilen "Elberton Grey" ticari isimli granitin (granit) bileşimindeki "pirit" minerallerinin oksidasyonu sonucunda paslandığını tespit etmişlerdir (şekil 5.12).



şekil 5.12 : "Elberton Grey" ticari isimli granit ve blok taş ocağının görünümü (Url-8).

Türkiye genelinde ise özellikle Orta Anadolu Bölgesi'ndeki Aksaray ili, Ortaköy ilçesi sınırları içinde yer alan Ekecikdağ Plütönu'nun çevresindeki granit blok taş

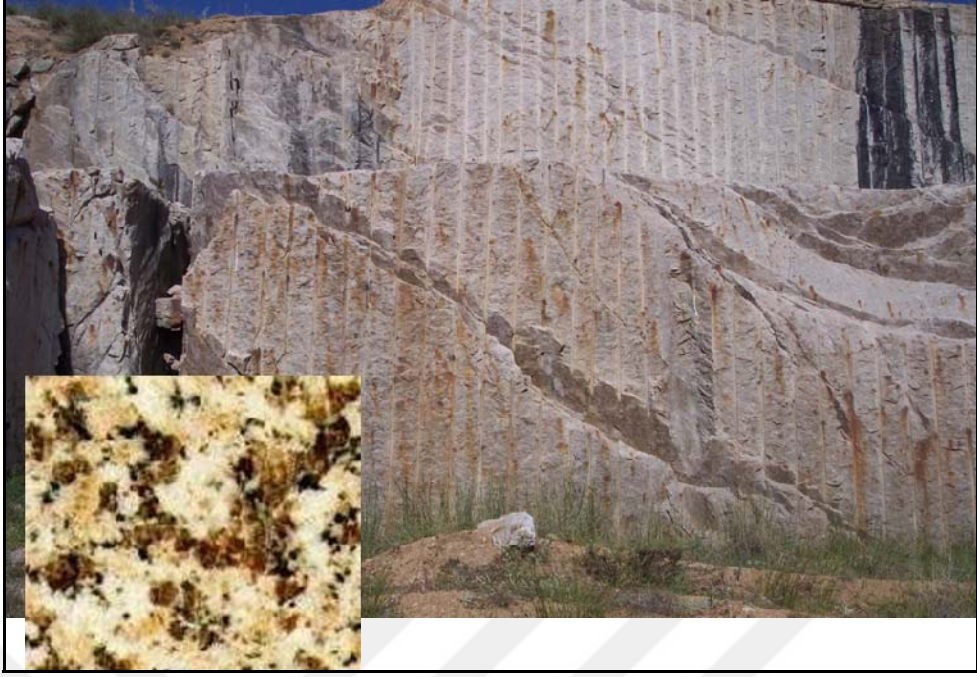
ocaklarında, “mineral oksidasyonu” sonucu meydana gelen paslanma sorunu görülmektedir. Bu granit blok taş ocaklarının konumları, Şekil 5.13’deki harita üzerinde gösterilmiştir. Bölgede bulunan granit blok taş ocaklarındaki paslanmanın; granitlerin bileşiminde bulunan “hidrojenetik biyotitlerin” ve “hidrotermal piritlerin” oksidasyonu sonucunda oluştuğu belirlenmiştir. Bölgedeki, Gökkaya köyü, Boztepe mevkiinde bulunan “Aksaray Dune” ticari isimli granit blok taş ocağı bu paslanma sorunundan dolayı 1995 yılında terk edilmiştir (Şekil 5.14).



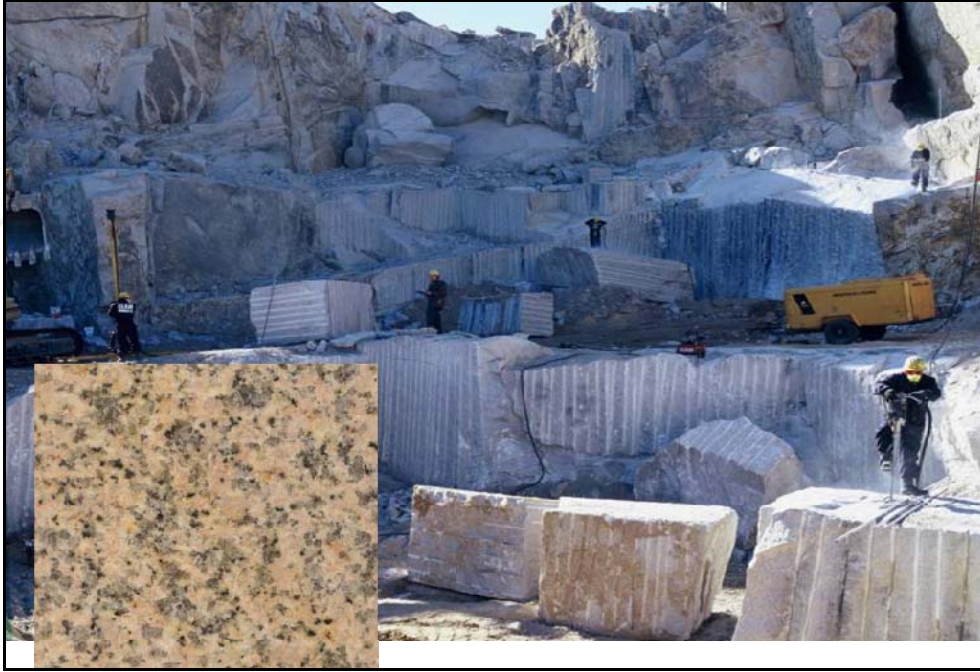
Şekil 5.13 : Paslanma sorununun görüldüğü bazı granit blok taş ocaklarının Türkiye (Aksaray ili civarı)’deki dağılımı (Topografik harita; Emre vd., 2011’den alınmıştır).

Ayrıca bölgedeki, Kalebalta köyü, Sarıkayatepe mevkiinde bulunan “Rosalin (Aksaray Pink)” ticari isimli granit blok taş ocağının bazı kesimlerinde de paslanma sorunu bulunmaktadır (Şekil 5.15).

Tez çalışması kapsamında araştırılan ve yine aynı bölgedeki, Ozancık kasabasının güneybatısındaki Keleşdağ mevkiinde bulunan “Crema Lal” ticari isimli granit blok taş ocağında da aynı tür paslanma sorunu görülmektedir.



Şekil 5.14 : “Aksaray Dune” ticari isimli granit ve blok taş ocağının görünümü.



Şekil 5.15 : “Rosalin (Aksaray Pink)” ticari isimli granit ve blok taş ocağının görünümü (Url-9).

5.4 “Crema Lal” Ticari İsimli Granit Blok Taş Ocağındaki Paslanmanın Nedenlerinin Araştırılması

Tez çalışması kapsamında araştırılan granit blok taş ocağında, üretilen “Crema Lal” ticari isimli granitlerde oluşan renk değişiminin, doğal taşın bileşiminde bulunan esas minerallerden biyotit ve aksesuar pirit mineralinin oksidasyonu sonucunda oluştuğu tespit edilmiştir. Ocaktaki paslanma sorunu esas olarak; “C” kademesi olarak tanımlanan gri renkteki granitlerde gözlenmektedir (Şekil 5.16).

Bu minerallerin oksidasyonu sonucunda, ocak üretim kademelerinde yüzeyi kaplayan, üretilen bloklar ve fabrikada işlenerek ebatlanan granitlerin yüzeylerinde ise benek ve/veya yama şeklinde pas lekeleri oluşumları görülmektedir (Şekil 5.17 ve 5.18; Ek C).

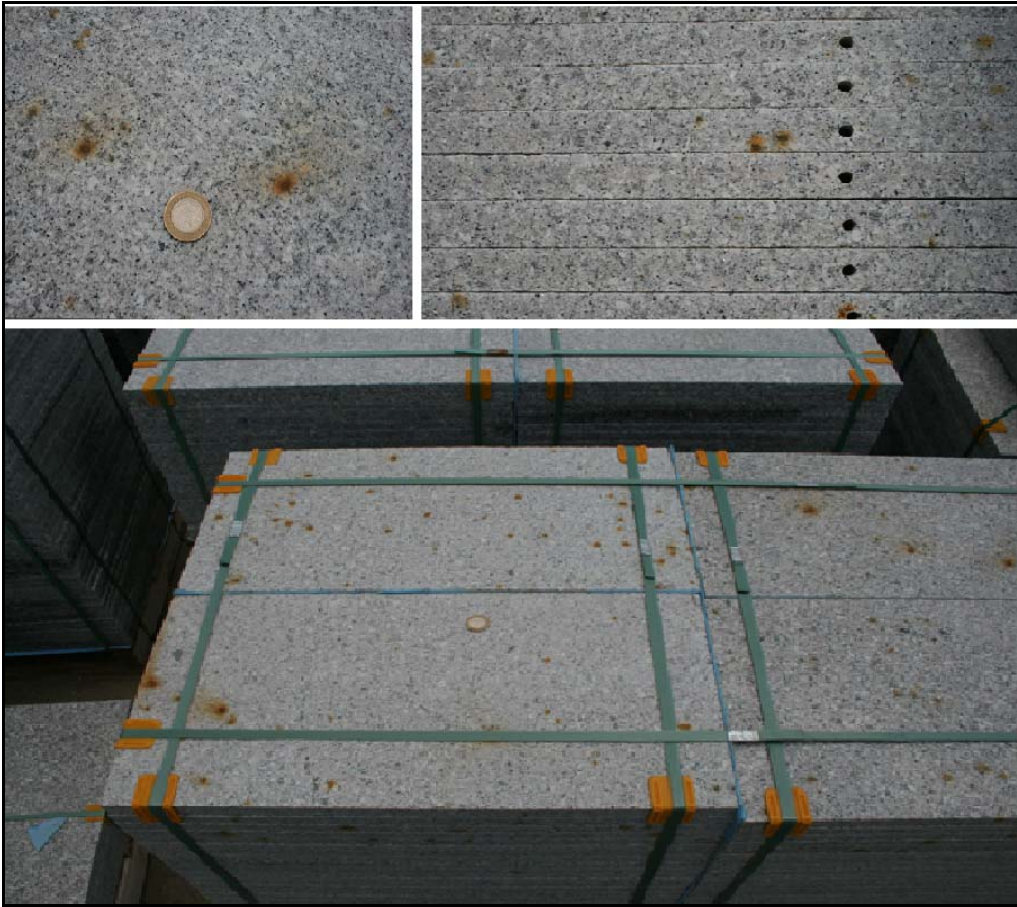


Şekil 5.16 : Ocağın “C” kademesindeki üretim aynasında yama şeklinde oluşan pas lekeleri.

Ocağın “C” kademesinden üretilen gri renkteki granit blokları, ocak blok stok sahasında ve fabrikada kaplama-döşeme taşı olarak işlenen plakalar ile fayanslar ise sevkiyat için yüklenen paletlerde kısa bir süre (1-2 hafta arası) içerisinde özellikle atmosferik koşulların etkisiyle paslanmaktadır.



Şekil 5.17 : Ocak stok sahasında paslanmış granit bloğunun görünümü.



Şekil 5.18 : Paletlerin üzerindeki paslanmış granit kaplama taşı plakalarının görünümü.

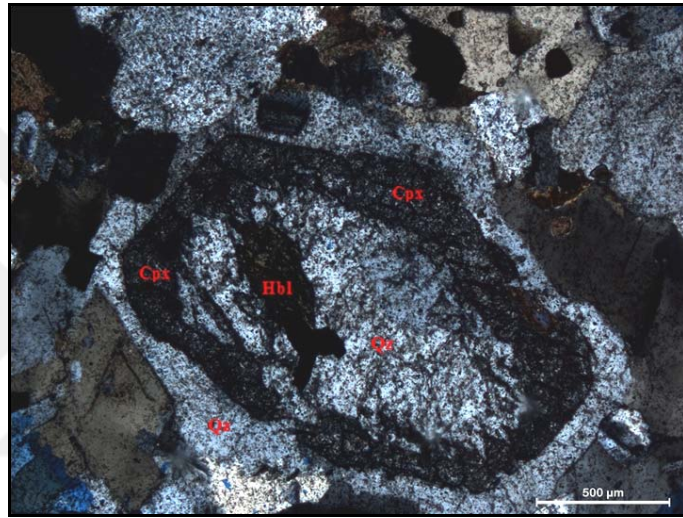
Paslanma sorununun araştırıldığı granitlerde sorunun belirlenmesi amacıyla ileri mineralojik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerin karakterize edilebilmesi için tüm kayaç üzerinde; polarizan ve cevher mikroskopisi çalışmaları, XRD (X-ışını Difraktometresi), XRF (X-ışını Floresans) ve ICP-MS (İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma – Kütle Spektrometresi), biyotitler ve piritler üzerinde EPMA (Elektron Mikroprop Analizi), piritlerde sülfür izotopu (SI), ocak yerindeki fay zonlarından alınan su örneklerinde İyon Kromatografisi (IC) ve biyotitler, piritler ile pas fazlarının kalitatif analizi amacıyla Raman Spektroskopisi (RS) analizleri gibi bazı analitik teknikler kullanılmıştır. Ayrıca granit örnekleri üzerinde, paslanma riskini belirlemek ve gözlemek amacıyla da laboratuvarında, termal şok yöntemi ve alkali çözelti kullanılarak hızlandırılmış paslanma deneyleri yapılmıştır.

Araştırma kapsamında yapılan bu analizler ve laboratuvar deneylerinden elde edilen bulgulara göre, incelenen granitlerdeki paslanma sorununun ana nedenlerinin; mafik ve felsik magmaların karışım (magma mixing/mingling) süreçlerinde oluşan “hidrojenetik biyotit” (yüksek Fe^{+2} içeren, lepidomelan bileşimli) ve hidrotermal alterasyon ile biyotitlerin alterasyon süreçlerinde oluşan “hidrotermal pirit” (önemli miktarda arsenik içeren; % 1 - % 3 arasında) minerallerinin atmosferik koşullar altında duraylı olmamasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu mineraller reaksiyon kinetiğinin bir sonucu olarak hızlı bir şekilde oksitlenerek taş yüzeylerinde pas lekeleri oluşturabilmektedirler. Bu bağlamda, taş yüzeyinde oluşan bu türdeki pas lekelerinin temizlenmesi (örneğin oksalik asit çözeltisi ve diatomit toprağı kullanarak) ve önlenmesi (örneğin su itici silan/siloksan bileşimli kimyasallar kullanarak) için bazı çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Paslanmanın nedenlerini tespit etmeye yönelik olarak yapılan araştırmalar ve öngörülen çözüm önerileri aşağıda sırasıyla ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

5.4.1 Mafik ve felsik magmaların karışım (magma mixing/mingling) süreçleri

Çalışma alanında yer alan granit blok taş ocağı; Ekecikdağ Plütönu içindeki Ozancık Monzograniti olarak adlandırılan granitoidik birimin içinde işletilmektedir. Ozancık Monzograniti; bölgede bulunan mafik ve felsik magmaların karışım (magma mixing/mingling) süreçleri sonrasında oluşan “hibrit” bir granitoyiddir (Castro vd., 1991). Megaskopik (arazi) ölçekte bu magma karışım süreçlerinden heterojen karışımın (magma mingling) en önemli kanıtı; Didier ve Barbarin (1991) tarafından

tanımlanan ve Ozancık Monzograniti içinde gözlenen “mafik mikrogranüler anklav (MMA)” oluşuklarıdır. Bunun yanı sıra, mineralojik (mikro) ölçekte magma karışım süreçlerinden homojen karışımın (magma mixing) en önemli kanıtları ise Vernon (1990) ve Hibbard (1991) tarafından tanımlanan ve mafik magmatik anklavlar ile Ozancık Monzograniti’nde gözlenen; “kuvars-hornblend/klinopiroksen gözlü (oselli) dokuları”, “poyikilitik dokulu feldispat mineralleri”, “zonlu plajiyoklaz mineralleri”, “iğnemsî (asiküler) şeklindeki apatit kristalleri” ve magma karışım süreci sonucunda yeni ortam koşullarında oluşan “bıçak şekilli (blade-shaped) hidrojenetik biyotit” minerallerinin varlığıdır (Şekil 5.19, 5.20, 5.21 ve 5.22).



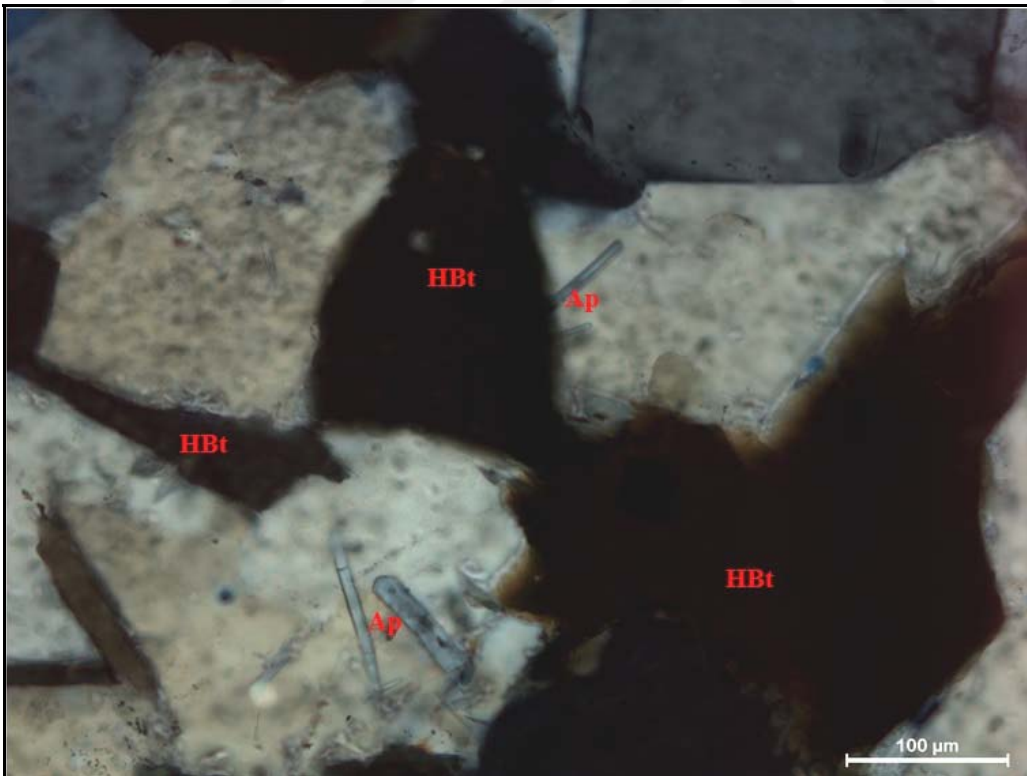
Şekil 5.19 : Mafik mikrogranüler anklav içindeki kuvars-klinopiroksen gözlü dokusunun polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (Çift Nikol, 5X ; Cpx: Klinopiroksen, Qz: Kuvars, Hbl: Hornblend).



Şekil 5.20 : Mafik mikrogranüler anklav içindeki poyikilitik dokulu feldispat minerallerinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (Çift Nikol, 5X; (Pl: Plajiyoklaz, Hbl: Hornblend).



Şekil 5.21 : Ozancık Monzograniti içindeki zonlu plajiyoklaz mineralinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (Çift Nikol, 10X; ZPl: Zonlu plajiyoklaz).



Şekil 5.22 : Ozancık Monzograniti ve MMA içindeki iğne şekilli apatit kristallerinin ve bıçak şekilli hidrojenetik biyotitlerin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (Çift Nikol, 20X; Ap: Apatit, HBt: Hidrojenetik Biyotit).

Felsik magmada bulunan ve erken evrede kristallenmiş kuvars kristalleri, mafik magmada bulunan ve erken evrede kristallenmiş hornblend ve/veya klinopiroksen kristalleri ile karşılaştığında, hornblend ve/veya klinopiroksen kristalleri iri kuvars mineralinin yüzeyine yapışık vaziyette konumlanmaktadır. Daha sonra karışmanın ileri evresinde felsik sistemden gelen silika fazlalığı, bu ilksel iri kuvars mineralinin etrafında tekrar bir zon halinde, önceden iri kuvarsa yapışmış hornblendlerle ve/veya klinopiroksenlerle kenetlenerek büyümektedir. Böylece içte iri bir kuvars, çevresinde ince kristalli mafik minerallerden hornblend ve/veya klinopiroksen ile en dış zonda tekrar kuvarsın yer aldığı kuvars-hornblend/klinopiroksen gözlü dokusu ortaya çıkmaktadır (Palivcova, 1981; Vernon, 1990; Hibbard, 1991; Şahin-Yılmaz ve Boztuğ, 2001).

Kuvars-hornblend/klinopiroksen gözlü dokusuna benzer şekilde gelişen poyikilitik dokuda, felsik magmada önceden kristallenmiş K-feldispat mineralinin çevresine mafik magmadan itibaren kristallenen ince kristalli hornblend ve/veya biyotit kristalleri kenetlenmektedir. Karışmanın ileri evresinde felsik magmadan beslenen potasyum fazlalığı ile K-feldispat büyümesine devam etmektedir. Böylece iri K-feldispat fenokristalleri içerisinde düzenli bir şekilde dizilmiş hornblend ve/veya biyotit minerallerinin bulunduğu zonlar ortaya çıkmaktadır (Palivcova, 1981; Vernon 1990; Hibbard 1991; Şahin-Yılmaz ve Boztuğ, 2001).

Ozancık Monzograniti ve mafik mikrogranüler anklavların içinde gözlenen zonlu plajiyoklazların, yapılan EPMA'ları sonucunda; çeper (rim) kısmı Na-bileşimli (albit ve oligoklaz) iken, çekirdek (core) kısmı ise Ca-bileşimli (andezin) türde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.1). Bu durum; mafik ve felsik magmaların karışım sürecinin en önemli mineralojik (dokusal) kanıtlarından biridir (Vernon, 1990; Hibbard, 1991; Kadioğlu ve Güleç 1998). EPMA sonuçlarına göre plajiyoklazların anortit oranları (% An) eşitlik 5.1'e göre hesaplanarak, "An-Ab-Or" üçgen diyagramında sınıflandırılmıştır (Çizelge 5.2; Şekil 5.23).

$$\% An = Ca / (Ca+Na+K) \times 100 \quad (5.1)$$

Çizelge 5.1 : Zonlu plajiyoklazların çekirdek ve çeperlerinde yapılan EPMA sonuçları.

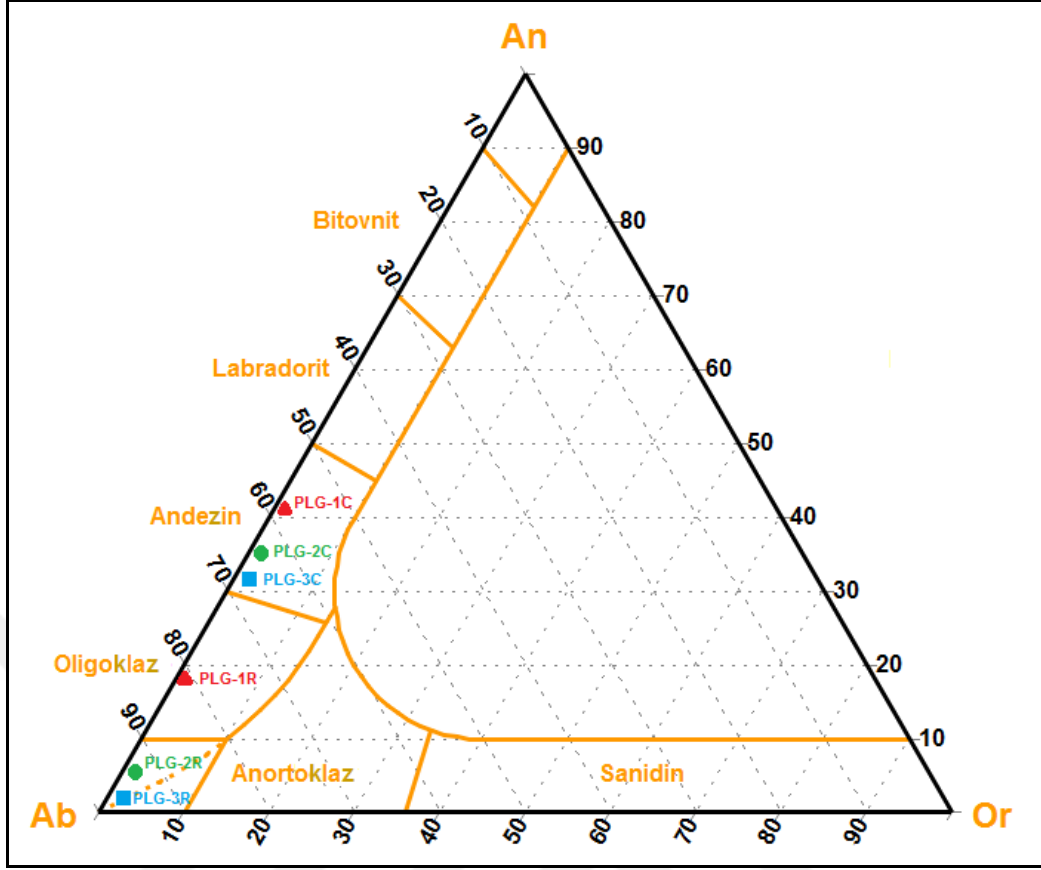
PLG-1	SiO ₂ wt%	FeO _(t) wt%	Al ₂ O ₃ wt%	MgO wt%	CaO wt%	K ₂ O wt%	Na ₂ O wt%	Toplam
Çekirdek	61.516	0.139	24.693	0.048	6.254	0.354	8.190	101.196
Çeper	66.061	0.156	21.894	0.007	2.477	0.063	10.214	100.874
PLG-2	SiO ₂ wt%	FeO wt%	Al ₂ O ₃ wt%	MgO wt%	CaO wt%	K ₂ O wt%	Na ₂ O wt%	Toplam
Çekirdek	63.191	0.182	24.030	-	5.074	0.180	8.035	100.694
Çeper	67.809	-	20.475	0.048	0.696	0.070	10.532	99.631
PLG-3	SiO ₂ wt%	FeO wt%	Al ₂ O ₃ wt%	MgO wt%	CaO wt%	K ₂ O wt%	Na ₂ O wt%	Toplam
Çekirdek	62.648	-	23.865	0.003	4.617	0.594	8.618	100.347
Çeper	68.459	0.168	20.498	0.034	0.425	0.071	11.031	100.689

Çizelge 5.2 : Zonlu plajiyoklazların EPMA analiz sonuçlarına göre % An miktarları ve türleri.

PLG-1 (MMA)	An %	Türü
Çekirdek (C)	41	Andezin
Çeper (R)	19	Oligoklaz
PLG-2 (OMG)	An %	Türü
Çekirdek (C)	37	Andezin
Çeper (R)	6	Albit
PLG-3 (OMG)	An %	Türü
Çekirdek (C)	32	Andezin
Çeper (R)	4	Albit

(% An = 0-10: Albit; 10-30: Oligoklaz; 30-50: Andezin; 50-70: Labrador; 70-90: Bitovnit; 90-100: Anortit;

MMA: Mafik mikrogranüler anklav; OMG: Ozancık Monzograniti).



Şekil 5.23 : Plajiyoklazların “Ab-An-Or” üçgen diyagramındaki sınıflaması (Zeck, 1971).

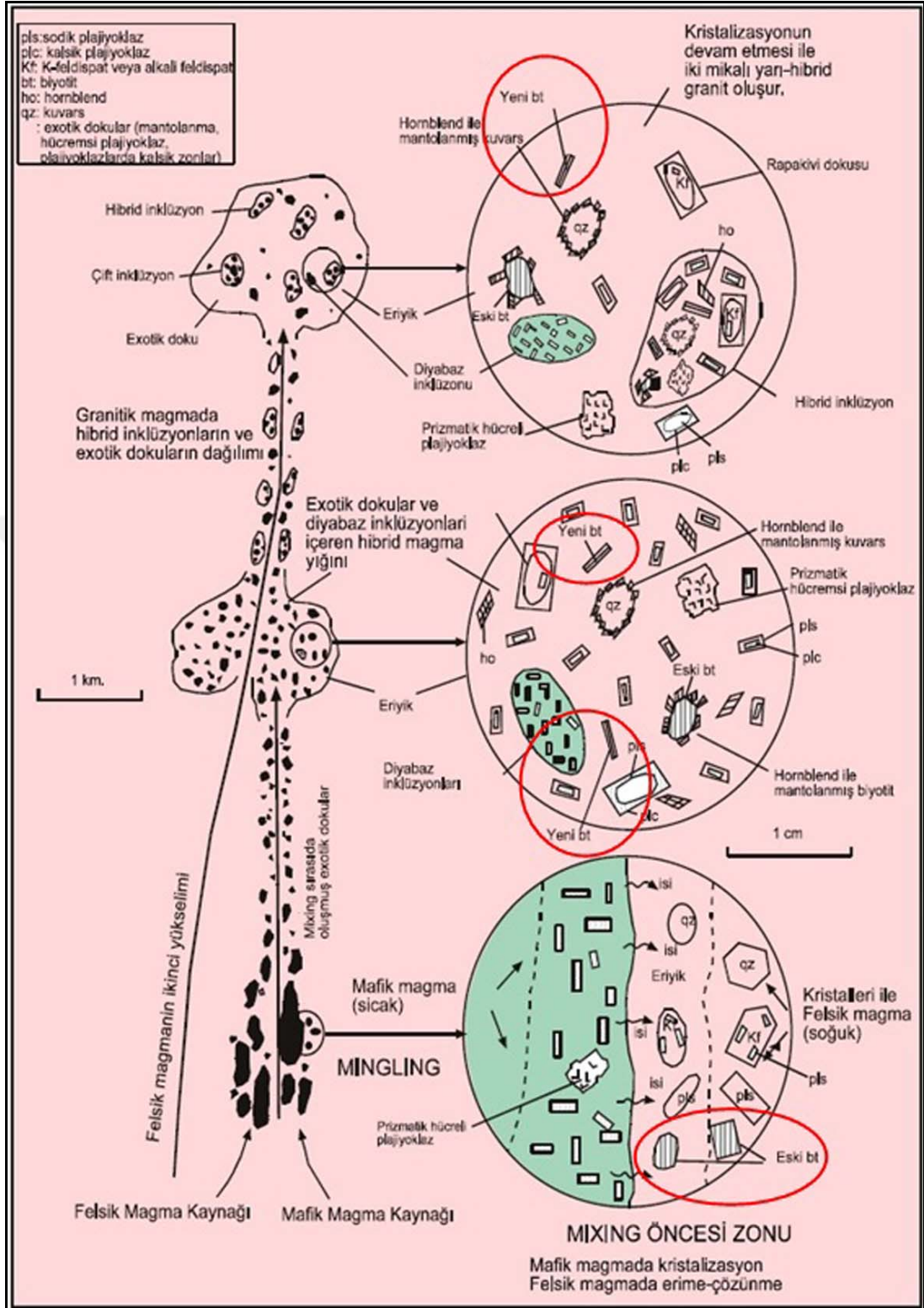
Ergiyik haldeki mafik ve felsik magmalar birbirleriyle karıştıklarında, mafik magmanın sıcaklığının aniden düşmesi sonucunda prizmatik biçimli apatit kristalleri yerine iğnemsî biçimli apatitler oluşur (Vernon, 1990; Hibbard 1991; Şahin-Yılmaz ve Boztuğ, 2001).

Tez çalışması kapsamında araştırılan granit blok taş ocağındaki paslanma sorununun en önemli nedenleri arasında bu magma karışım süreçlerinin mineralojik-dokusal ölçekteki en önemli kanıtlarından biri olan ve yeni ortam koşullarında oluşan bıçak şekilli hidrojenetik biyotitlerin oksidasyonu sayılır. Mg ve Fe’ce zengin alümino-silikatlı mafik bir magma, K ve H₂O’ce zengin felsik bir magma ile karıştığında, hidrojenetik kökenli biyotitlerin kristalizasyonu başlar. Bu durumda daha önceden oluşmuş kristalin fazlar, bu türdeki biyotitlerin büyümesini fiziksel olarak engeller. Dolayısı ile biyotitlerin bazal yüzeyleri (dilinin içermeyen, c-eksenine dik yüzeyleri) tipik hegzagonal (altıgen) levha şekilli olması gerekirken, mevcut bakiye boşlukları doldurmak üzere bıçağımsı biçimde gelişmektedir. Bu özellik, mikro ölçekte, bir yönde uzamış bıçağımsı (bladed) biyotit yüzeylerinin oluşması ile sonuçlanır.

(Barriere ve Cotten, 1978; Vernon 1990; Hibbard 1991; Şahin-Yılmaz ve Boztuğ, 2001).

Magma karışım süreçleri sonrasında gözlenen bu tür dokusal özellikler ve yeni ortam koşullarında oluşan bazı mineraller, Hibbard (1995) tarafından hipotetik bir şemayla özetlenerek gösterilmiştir (Şekil 5.24). Burada, ilksel olarak kristal içeren felsik ve kristal içeren mafik iki magmanın karışmasıyla oluşan mafik minerallerce zengin, hibrit (melez), alkali feldispat fenokristalleri içeren diyorit magmasında (bu iki feldispatlı granit magması tarafından kirletilmiştir) hem mingling hem de mixing olayları gelişmiş olarak gözlenmektedir (Hibbard, 1995; Şahin ve Boztuğ, 2001). Magma homojen karışım (mixing) sürecinin birinci evresinde gelişen heterojen karışımın (mingling) ilk aşamasında mafik minerallerce zengin hibrit bir granitik kayaç oluşmaktadır. Bu kayaç, egzotik (dış kökenli) homojen karışım (mixing) dokuları ve bazı diyabaz inklüzyonları içermektedir. İkinci bir felsik magma getirimi, homojen ve heterojen karışım süreçlerinin (mingling ve mixing) ikinci evresinin oluşumuna yol açmaktadır. Böylece, ilk evrede diyabaz inklüzyonları, ikinci evrede hibrit granitik inklüzyonların içerildiği veya bazı durumlarda her iki inklüzyonların da içerildiği büyük hacimli hibrit granitler oluşmaktadır (Hibbard, 1995; Şahin-Yılmaz ve Boztuğ, 2001).

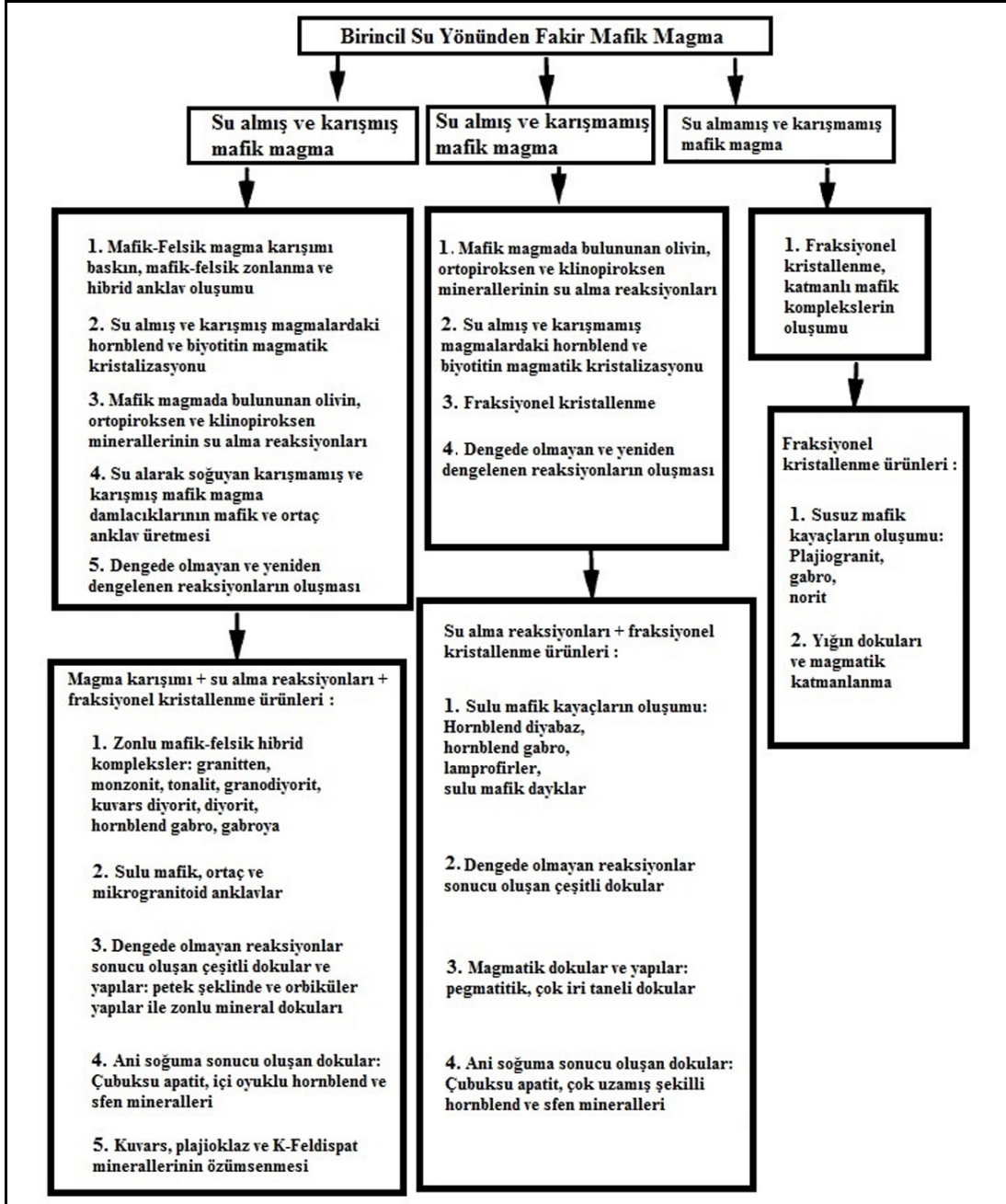
Ozancık Monzograniti'nin bileşimde de magma karışım süreçleri sonrasında yeni ortam koşullarında oluşan genellikle bıçak şekilli hidrojenetik biyotit mineralleri, Hibbard (1995) tarafından yapılan hipotetik şemada “yeni biyotit (bt)” olarak gösterilmiştir (Şekil 5.24).



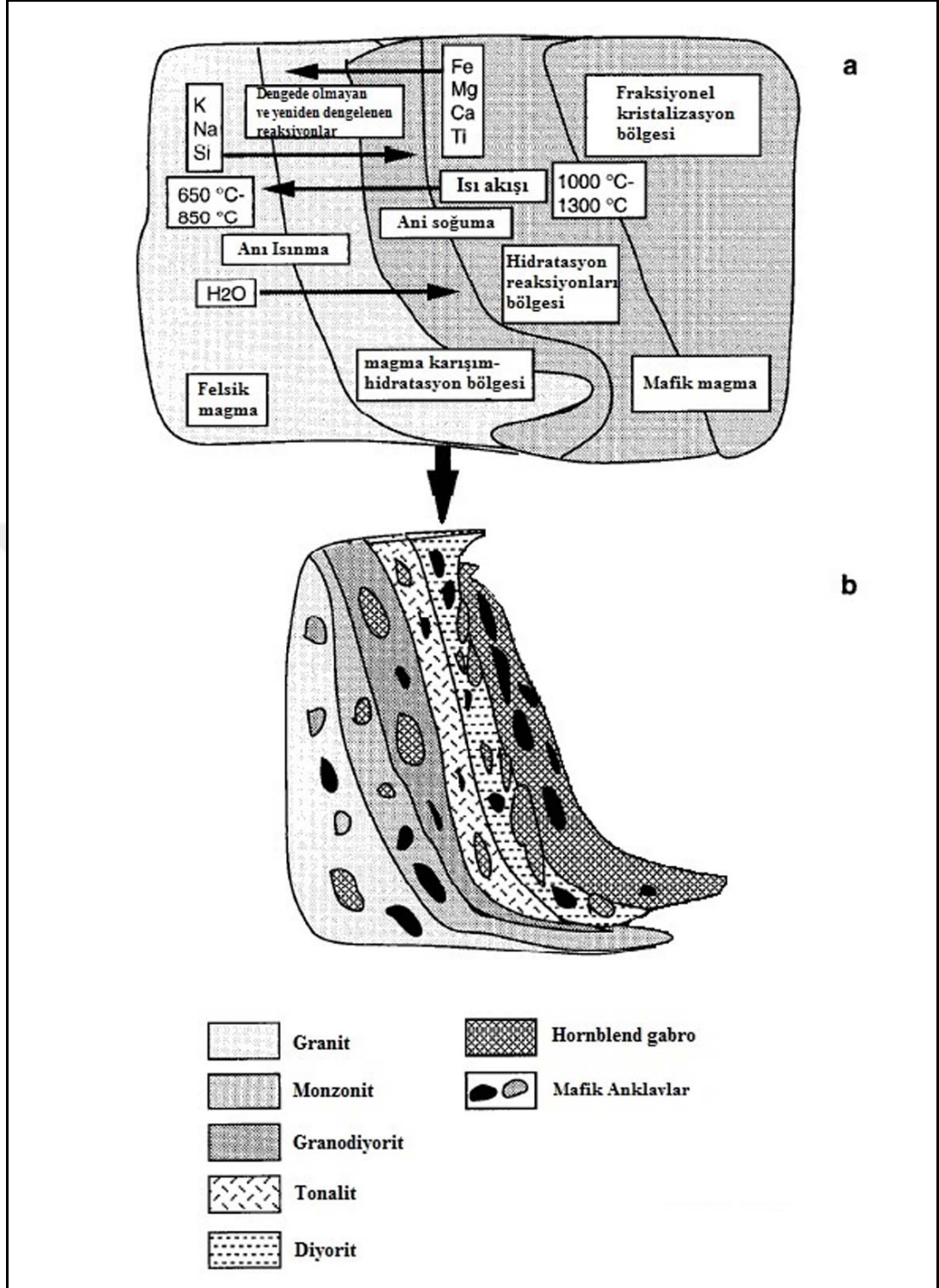
Şekil 5.24 : Kristal içeren felsik bir sistem ve kristal içeren mafik bir sistem karıştığı zaman oluşan dokusal-mineralojik olayların şematik gösterimi (Hibbard, 1995; Şahin-Yılmaz ve Boztuğ, 2001).

Sha (1995)'ya göre; eşyaşlı mafik ve felsik magmaların karışım süreçlerinde; su içeriği yönünden fakir olan mafik magmanın, su içeriği yönünden zengin olan felsik magma ile karışımı ile yeni ortam koşullarında magmaların bileşimde bulunan

elementlerin (K, Fe ve Mg gibi) mafik ve felsik magmalar arasındaki diffüzyonel transferi ile dengede olmayan veya yeniden dengelenen (re-equilibrated) hidrotasyon (su alma) reaksiyonlarının oluşması ve fraksiyonel kristallenme olaylarının meydana gelmesi söz konusudur. Bu yeni ortam koşullarında “yeniden dengelenen (re-equilibrated) reaksiyonlar” sonucunda oluşan mineraller arasında “hidrojenetik biyotitler”in de var olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 5.25 ve 5.26).



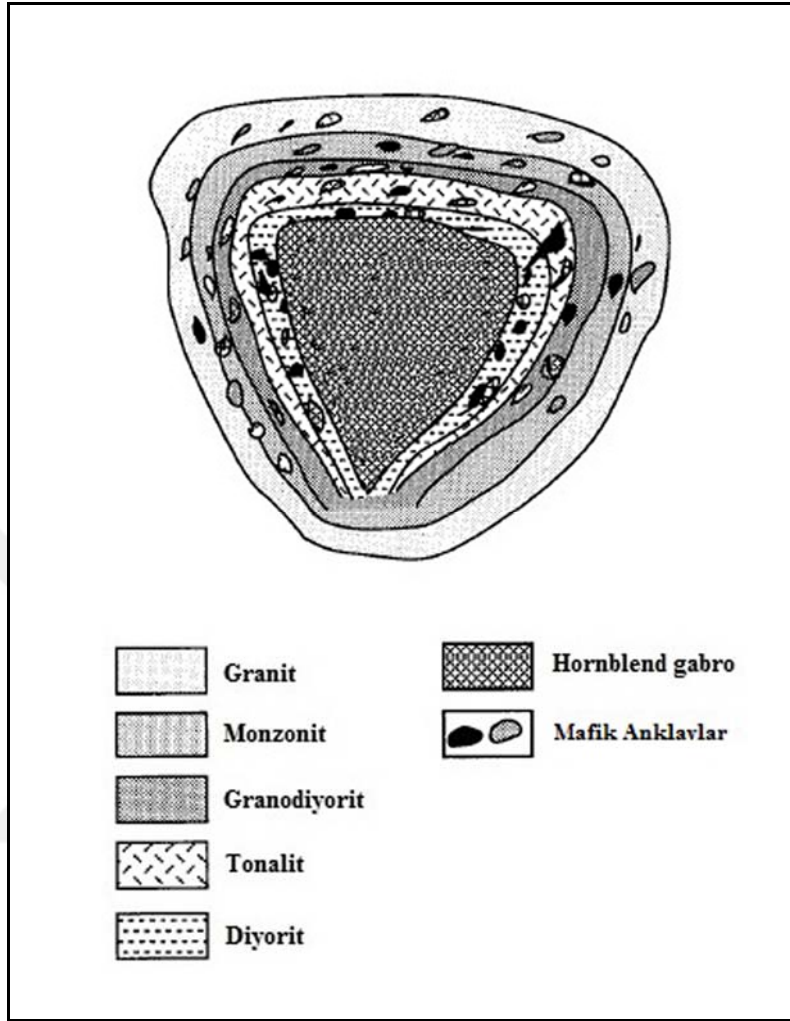
Şekil 5.25 : Eşyaşlı mafik-felsik magma sistemlerinde meydana gelen: magma karışımı, hidrotasyon reaksiyonları ve fraksiyonel kristallenme olayları (Sha, 1995).



Şekil 5.26 : Su yönünden fakir mafik magma ile su yönünden zengin felsik magmanın magma odasındaki farklı bölgeleri: (a) ile magma karışımı, hidrotasyon ve fraksiyonel kristallenme olayları sonucunda oluşan zonlanma ve mafik anklavları gösteren model: (b); (Sha, 1995).

Magma karışımı süreçleri ile meydana gelen fraksiyonel kristallenme ve magmatik diferansiyasyon olayları sonucunda oluşan zonlanmanın (Nedelec ve Luc Bouchez, 2014) çalışma alanındaki Ekecikdağ Plütunu'nda, Sha (1995)'nin plütönik kayalarda

yapmış olduğu modele göre; “ters zonlanma” şekline uygun olduğu görülmektedir (Şekil 5.27; Ek A).



Şekil 5.27 : Ekecikdağ Plütonu'nda görülen konsantrik ters zonlanma.

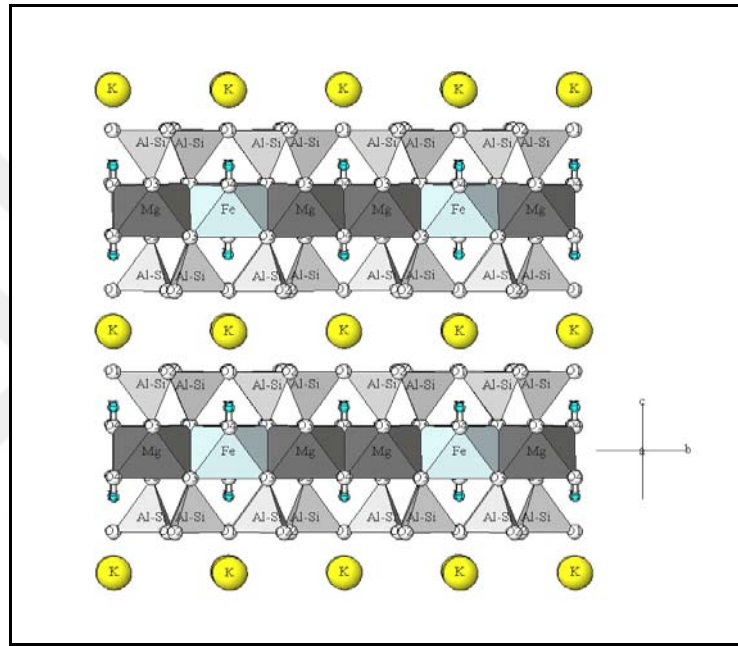
5.4.2 Mineralojik araştırmalar

“Crema Lal” ticari isimli granit blok taş ocağındaki paslanmaya neden olan, granitin bileşimdeki magma karışım (magma mixing) süreci ile oluşan “hidrojenetik biyotitlerin” ve hidrotermal etkinliğin ürünü olan “hidrotermal piritlerin” polarizan petrografi ve cevher mikroskobu altında yapılan çalışmalarda başlıca; mineralojik özellikleri, ayrışma ve oksidasyon durumları incelenmiştir.

5.4.2.1 Biyotitin genel özellikleri

Biyotit minerali; genel kimyasal formülü $K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH,F)_2$ olarak bilinen, “tabakalı (fillo) silikatlar” grubunda yer alan, demirce zengin “trioktahedral”

tip siyah mika grubu magmatik kayaç yapıcı bir mineraldir. Granitlerin bileşiminde hacimsel olarak % 2 - % 10 arasındaki oranlarda bulunabilmektedir. Monoklinik sistemde kristallenen biyotitin kristal yapısı; SiO₄ tetrahedra (dörtüzlüleri)'nin oluşturduğu tabakalar ve bu tetrahedral (dörtüzlü) tabakaların tepelerdeki serbest oksijen ve aralardaki katyonlarla bağlanarak oktahedral (sekizyüzlü) tabakaları oluşturması ve bu oktahedra (sekizyüzlüler)'nin da O ve (OH) grupları ile çevrilmesinden meydana gelmektedir (Deer vd., 1966; Bisdom vd., 1982); (Şekil 5.28).



Şekil 5.28 : Biyotit mineralinin kristal yapısı
(Url-10; K: Potasyum; Si: Silisyum; Al: Alüminyum; Fe: Demir; Mg: Magnezyum;
O: Oksijen; H: Hidrojen).

Polarizan mikroskop altında; Ti elementince zengin olanları kızılımsı kırmızı renkte, Fe elementince zengin olanları koyu kahverengi ve Mg elementi bakımından zengin olanlar ise yeşilimsi sarı renkte görünürler. “C” kristal [001] düzlemleri boyunca tek yönde mükemmel dilinime sahip olup, optik işaretleri biaks, kuvvetli pleokroyizma ve paralel sönme göstermektedirler. Ayrıca biyotitlerin, kırılma indisi (n) = 1.67, çift kırılması ($n_g - n_p$) = 0.04-0.08 arasındadır (Deer vd., 1966; 2003; Scott ve Amonette, 1988).

5.4.2.2 Biotitin türleri ve sınıflandırılması

Biyotitler oluşum türlerine göre; magmatik, ikincil ve hidrotermal olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Biotit minerali, içerdiği demir (Fe) ve magnezyum (Mg) elementlerinin “%” yoğunluklarına göre farklı adlandırılmaktadır.

Biyotit grubunun başlıca üyeleri; annit $[KFe_3AlSi_3O_{10}(OH)_2]$, siderofillit $[KFe_2Al(Al_2Si_2O_{10})(OH)_2]$, lepidomelan $[KFe_3[(Al,Fe)Si_3O_{10}](OH)_2]$, flogopit $[KMg_3AlSi_3O_{10}(OH)_2]$ ve eastonit $[KMg_2Al(Al_2Si_2O_{10})(OH)_2]$ mineralleridir (Foster, 1960; Deer vd., 1966; 2003; Bisdom vd., 1982).

Biyotit grubunun bu üyelerinden flogopit; magnezyum (Mg) ve flor (F) bakımından zengin bir biyotit olup, genellikle, ultrabazik magmatik kayaların (peridotit ve kimberlit gibi) bileşiminde bulunmaktadır.

Meroksen, genellikle bazik magmatik kayaların (gabro ve amfibolit gibi) bileşiminde bulunmaktadır.

Siderofillit, demirce (Fe) zengin olup, genellikle asidik-nötr magmatik kayaların (granit, siyenit ve monzonit gibi) bileşiminde bulunmaktadır.

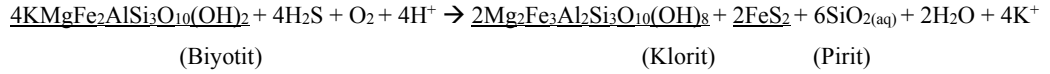
Annit ve lepidomelan ise; demir içeriği bakımından çok zengin olup, genellikle, asidik magmatik kayaların (granit ve granodiyorit gibi) bileşiminde bulunmaktadır (Bisdom vd., 1982).

5.4.2.3 Biotitin ayrışması

Biyotitler, granitlerde bulunan açık renkli minerallere nazaran ayrışmaya daha fazla eğilimlidirler. Biotitlerin ayrışması ile kimyasal bileşiminde bazı değişimler gözlenmektedir. En önemli değişim; K^+ , Fe^{+2} ve Mg^{+2} elementleri içeriğinde olmaktadır. Biotit ayrıştığı zaman bileşimindeki potasyumu kaybederek bunun yerine su molekülü kazanmaktadır (Rimsaite, 1975). Bunun sonucunda biyotit önce “hidrobiyotite $[(Mg,Fe^{+2}Al)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O]$ ” dönüşmekte daha sonra ise Fe^{+2} 'nin Fe^{+3} 'e oksidasyonu gerçekleşmektedir.

Diğer bir ifade ile iki değerlikteki demir (Fe^{+2}) iyonları oksitlenmekte ve buna bağlı olarak da magnezyum (Mg^{+2}) içeriği artmaktadır. Bunun sonucunda biyotit, “oksibiyotite $[KMgFe_2^{+3}(AlSi_3O_{10})O_2]$ ” dönüşmekte ve (OH) iyonları kristal yapısındaki oksijen (O) iyonlarının yerini almaktadır. Bu değişimler sonucunda da ayrışmanın son aşamasında önce vermikülit daha sonra da kaolinit gibi kil mineralleri oluşmaktadır (Bisdom vd., 1982; Scott ve Amonette, 1988). Biotit;

yüksek sıcaklık altında metamorfik bir mineral olan “sillimanite”, hidrotermal alterasyon (H₂S bileşimli çözeltiler) ile su alarak (hidroliz) “klorit” mineraline dönüşebilmektedir (Parneix vd., 1985). Kloritleşme sırasında biyotitin dilinim düzlemleri boyunca ve çeperlerinde ikincil opak mineraller, özellikle “pirit” oluşabilmektedir (Bisdorn vd., 1982). Biyotitin hidrotermal alterasyon sonucu klorite ve piritte dönüşmesi aşağıdaki reaksiyonla ifade edilebilmektedir (Li vd., 1998).



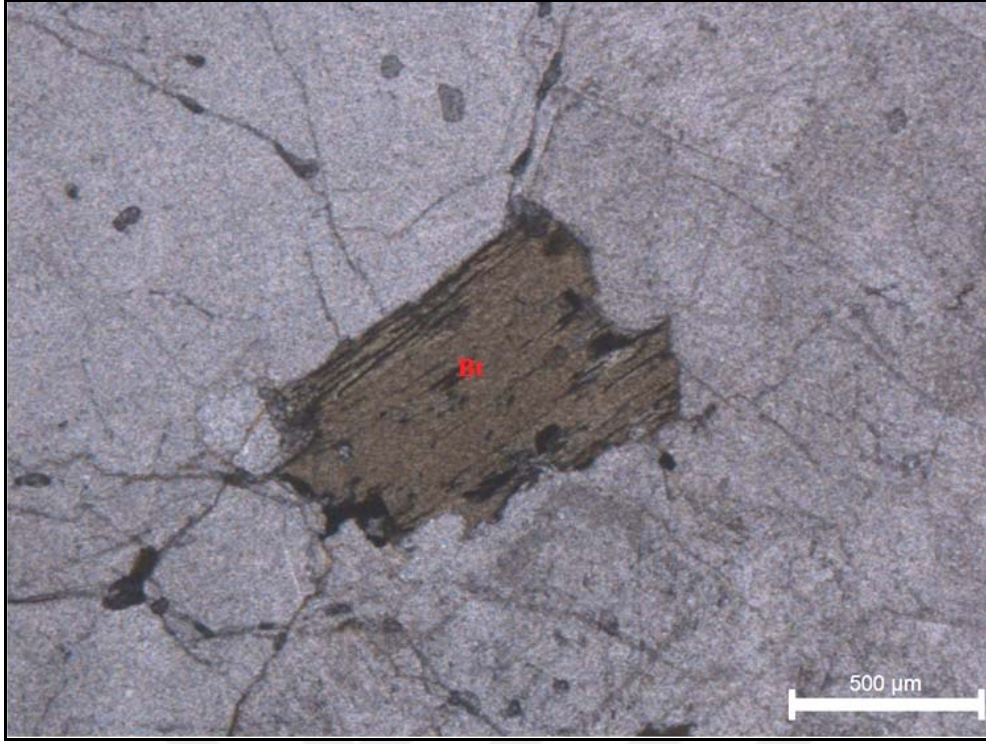
5.4.2.4 “Crema Lal” ticari isimli granitteki biyotitlerin mineralojik özellikleri

“Crema Lal” ticari isimli granit örneklerinden hazırlanan ince kesitler polarizan petrografi mikroskobunda incelenmiş, granitin bileşiminde iki farklı türde biyotit varlığı belirlenmiştir.

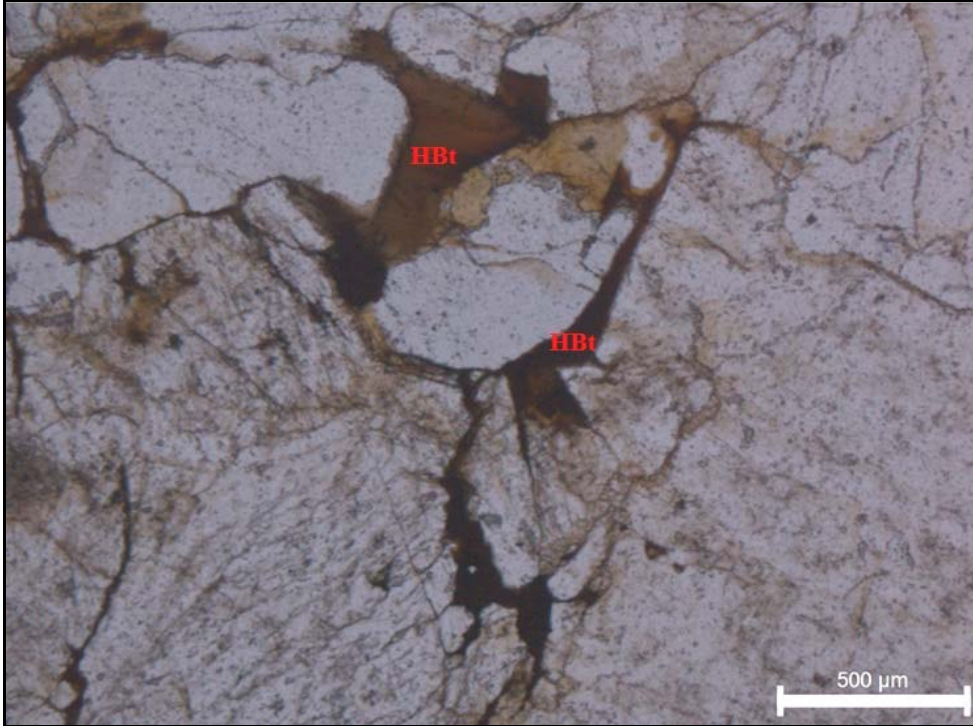
Bunlardan ilkinisi; öhedral-subhedral kristal şekilli, açık kahve-sarımsı renkte polarizasyon renklerine, kuvvetli plökroyizmaya ve c-ekseninde mükemmel dilinime sahip olduğu ve paralel sönme gösterdiği, optik işaretinin “biaks” olduğu ve herhangi bir ayrışmaya uğramayan birincil (magmatik) biyotitler oluşturur (Şekil 5.29).

Diğerini ise; genellikle anhedral, bazılarının da bıçağımsı şekilde olduğu (Şekil 5.30), kristal çeperlerinin testere biçiminde ve/veya kırıklı yapıda bulunduğu, koyu kahve polarizasyon rengi ve zayıf plökroyizma gösterdiği, kristal görünümünün amorf (dumanlı-bulutsu) şekilli olduğu (Şekil 5.31), c-ekseninde herhangi dilinimlerin bulunmadığı, optik işaretinin “üniaks” olduğu ve demir elementinin oksidasyonu sonucu pas lekelerinin sergilendiği ikincil biyotitler oluşturur (Şekil 5.32).

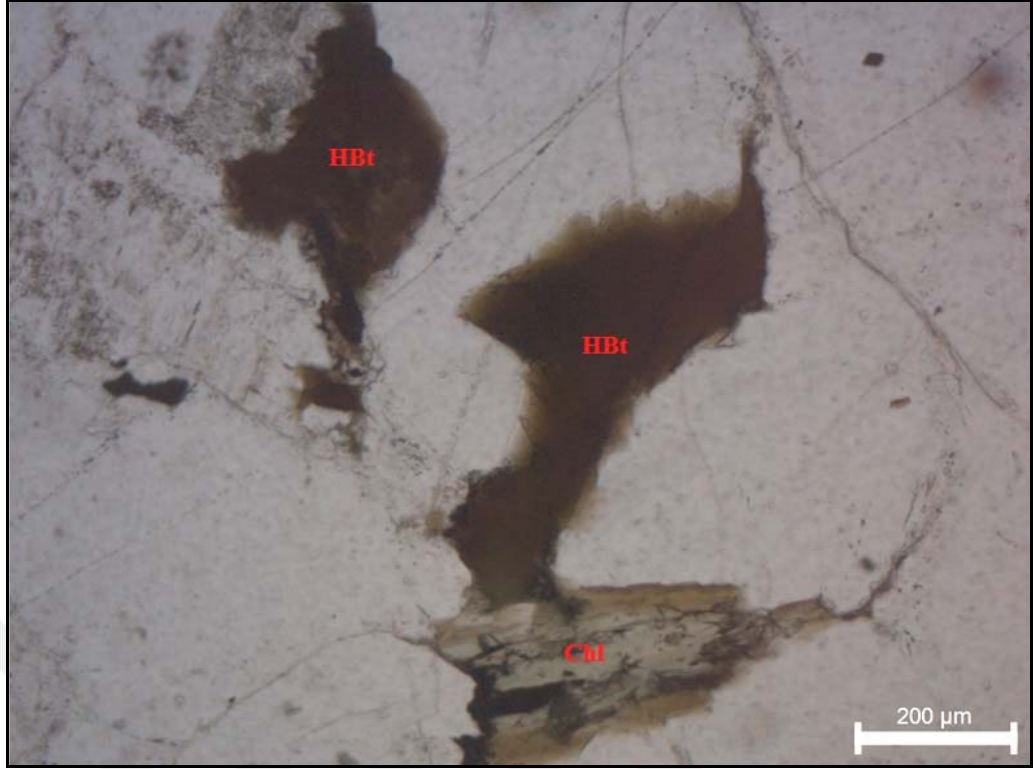
Diğer bir ifade ile ikincil biyotitleri; Hibbard (1995)’ın tanımladığı magma karışım süreçleri sonrasında yeni ortam koşullarında oluşan (re-equilibrated) “hidrojenetik” biyotitler temsil etmektedir. Özellikle, granit blok taş ocağının “C” kademesinden üretilen gri renkteki granit örneklerinin bileşiminde bu tür biyotitlerin yoğun bir şekilde bulunduğu tespit edilmiştir.



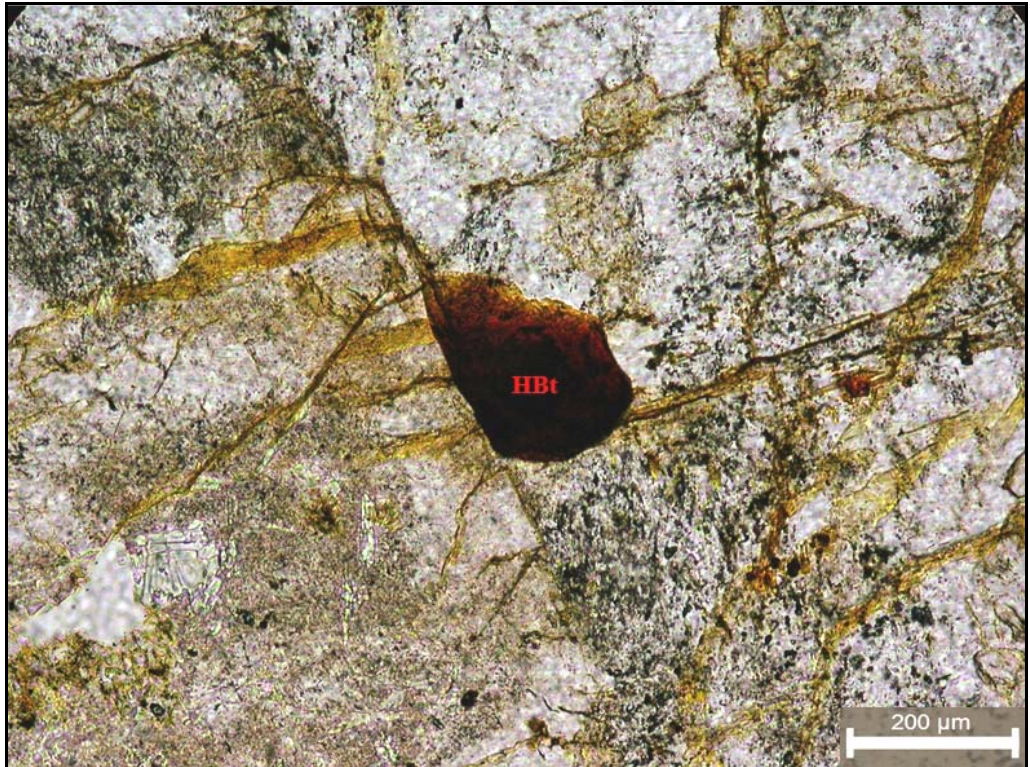
Şekil 5.29 : Birinci türdeki biyotitin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (TN, 5X; Bt: Biyotit).



Şekil 5.30 : Bıçağımsı şekilli hidrojenetik biyotitlerin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (TN, 5X; HBt: Hidrojenetik Biyotit).



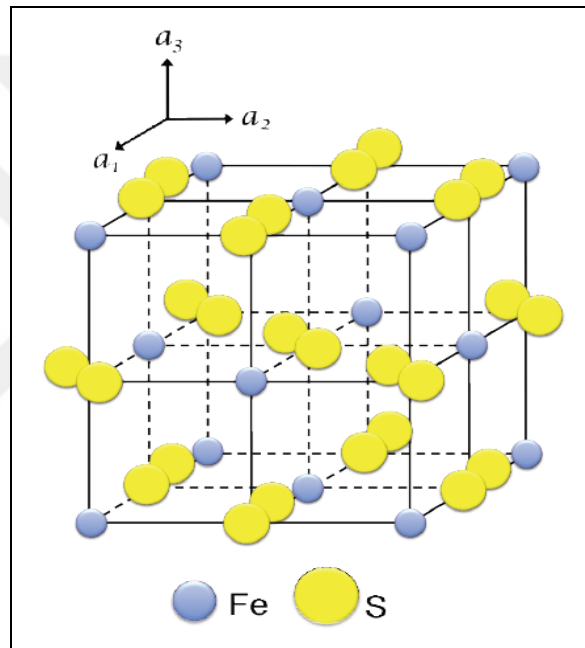
Şekil 5.31 : Dumanlı-bulutsu görünümlü hidrojenetik biyotitlerin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (TN, 10 X; HBt: Hidrojenetik Biyotit, Chl: Klorit).



Şekil 5.32 : Hidrojenetik biyotitin bileşiminde bulunan demirin oksidasyonu sonucu oluşan pas lekelerinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (TN, 10X; HBt: Hidrojenetik Biyotit).

5.4.2.5 Piritin genel özellikleri

Pirit minerali; genel kimyasal formülü; FeS_2 olan, “sülfür” grubunda bulunan bir mineraldir. Kübik sistemde kristallenen pirit mineralinde, demir (Fe) katyonları kovalent bağlı kükürt (S) anyonları ile kübün kenarları boyunca ardışık olarak sıralanmaktadır (Şekil 5.33). Oluşum kökenlerine göre başlıca; magmatik, sedimenter ve hidrotermal olarak sınıflandırılan piritler, granitlerin bileşiminde aksesuar (opak) mineral olarak bulunabilmektedir. Cevher mikroskobu altında kristalleri izotrop karakterli olup, genellikle açık pirinç sarısı renkli ve yüksek metalik parlaklıkta gözlenmektedir (Ramdohr, 1969).



Şekil 5.33 : Pirit mineralinin kristal yapısı
(Url-11; Fe: Ferrüs Demir; S: Kükürt/disülfür).

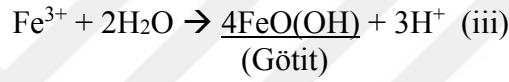
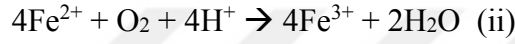
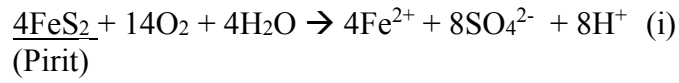
5.4.2.6 Piritin türleri ve sınıflandırılması

Granitlerin bileşiminde bulunan piritler oluşum kökenlerine göre; birincil (magmatik), çoğunlukla biyotit minerallerinin ayrışması sonucunda açığa çıkan serbest demirin (Fe^{+2}) hidrotermal çözeltilerdeki hidrojen sülfür (H_2S) ile tepkimesiyle oluşan ikincil (sekonder) ve hidrotermal piritler olarak sınıflandırılmaktadır. Piritler, başlıca; kübik/yumru veya mikrokristalin salkım üzüm taneleri/tohumlar (framboidal) şeklinde bulunmaktadırlar (Hawkins, 2014). Piritlerin bileşiminde değişen miktarlarda nikel (Ni), kobalt (Co), bakır (Cu), çinko (Zn), kurşun (Pb), gümüş (Ag), altın (Au) ve arsenik (As) bulunabilmektedir. Hidrotermal

kökenli olanları çoğunlukla kalkopirit (CuFeS_2) başta olmak üzere “baz metal” taşıyan sülfürlerle birlikte bulunabilmektedir.

5.4.2.7 Piritin ayrışması

Pirit minerallerinde görülen ayrışma; piritlerin atmosfer koşulları altında serbest ya da suda çözülmüş haldeki oksijen ile tepkimeye girerek oksidasyona uğraması ve “götit” olarak bilinen “pas” minerali oluşturması şeklindedir. Söz konusu tepkime basamaklar halinde aşağıda gösterildiği gibi gerçekleşmektedir (Descostes vd., 2002).



Piritlerde oksidasyonu denetleyen en önemli faktörler; sahip oldukları özgül yüzey alanları, sıcaklık, ortamdaki oksijen ve nem, ortamın pH ve Eh'si, tektonizme veya litostatik basınca bağlı gerilmeler ve ocak işletme (blok üretimi) faaliyetleri ile meydana gelen gerilme serbestleşmesi sonucunda oluşan süreksizliklerin neden olduğu kristal kusurları (yüzey alanının artması), organik madde içeriği, porozite ve permeabilite ile bazı özel bakterilerin varlığıdır (Hawkins, 2014).

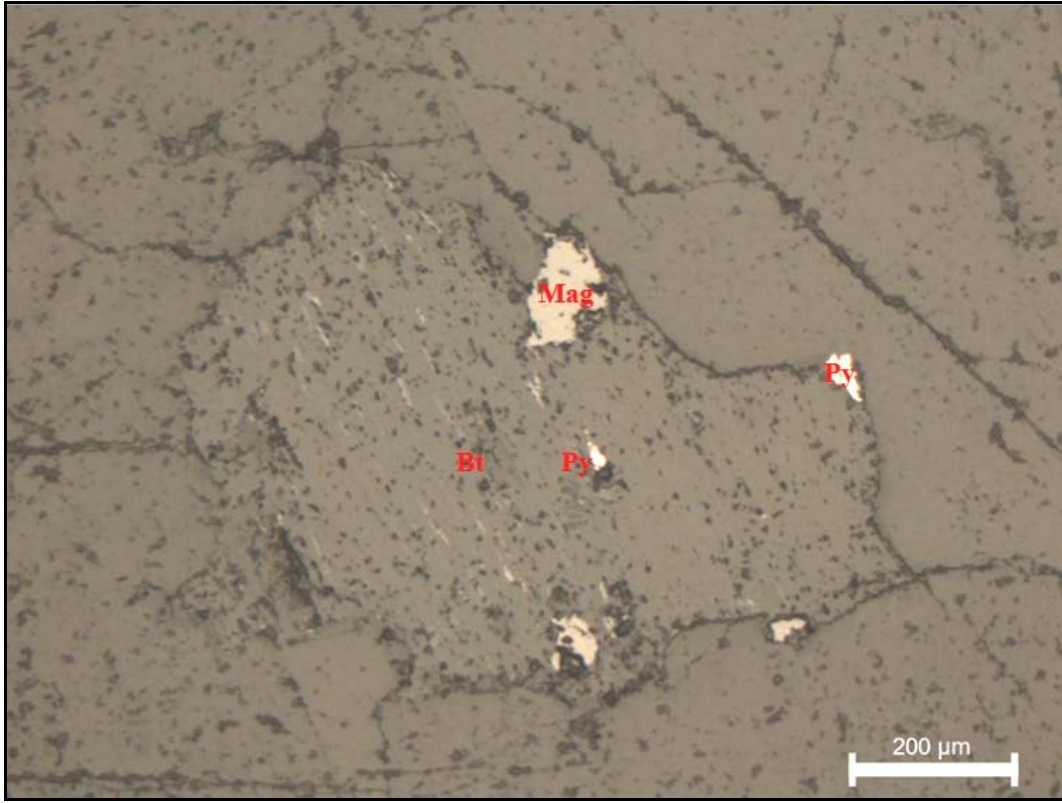
5.4.2.8 “Crema Lal” ticari isimli granitteki piritlerin mineralojik özellikleri

“Crema Lal” ticari isimli granit örneklerinden hazırlanan parlak ince kesitler, cevher mikroskopunda incelenmiş, granitin bileşiminde iki farklı türde pirit minerali belirlenmiştir.

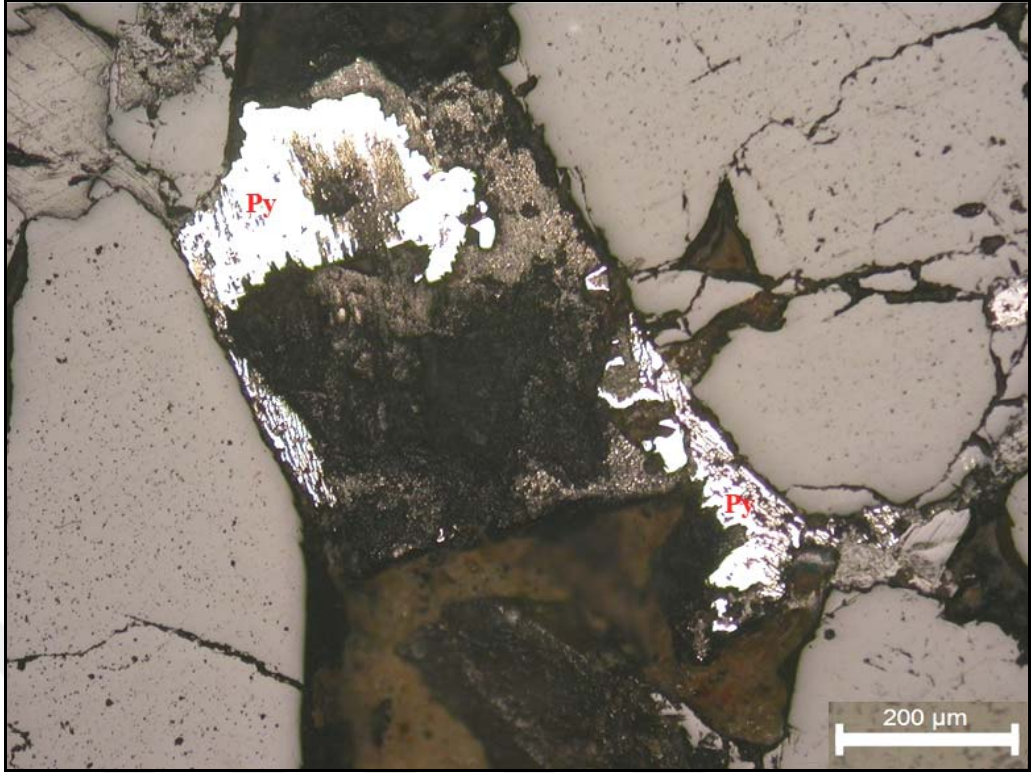
Bunlardan birinci türdekinin subhedral-anhedral kristal şekilli, mat parlaklıkta, açık sarı polarizasyon renklerine sahip olduğu ve biyotitlerin c-eksenindeki dilinim düzlemleri boyunca ve/veya çeperleri ile çekirdeğinde magnetit mineralleri ile beraberlik sunduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.34). Bu tür piritlerin; biyotit minerallerinin hidrotermal alterasyonu sonucu klorit mineraline dönüşmesi sırasında oluşan ikincil piritler olduğu, bu piritlerin atmosferik etkileşimler sonucunda reaksiyon kinetiğinin bir sonucu olarak nispeten hızlı bir şekilde oksidasyona

uğradığı ve çözünerek granit içinde boşluklar oluşturduğu kanaatine varılmıştır (Şekil 5.35).

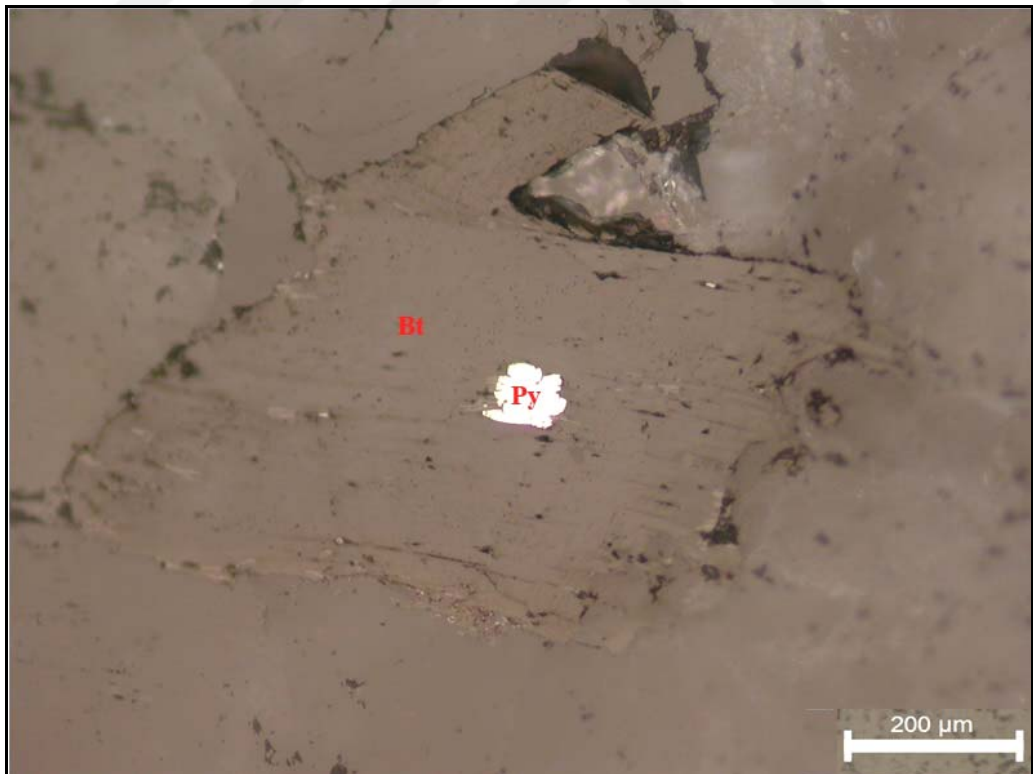
İkinci türdeki piritler ise; cevher mikroskobunda öhedral-subhedral kristaller halinde, parlak ve açık sarı polarizasyon renklerine sahip olduğu ve granitin içinde saçınım (disemine) halinde bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.36). Bu tür piritlerin de hidrotermal kökenli olduğu öngörülmektedir. Ayrıca bu piritlerin, atmosferik etkileşimler sonucunda yine hızlı bir şekilde oksidasyona uğrayarak götit mineralini ve çözünerek granit içinde boşluklar oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.37 ve 5.38). Saçınım halinde bulunan bu tür piritler ayrıca; hidrotermal evrede oluşan kalkopirit mineralleri ile birliktelik sunmaktadır (Şekil 5.39).



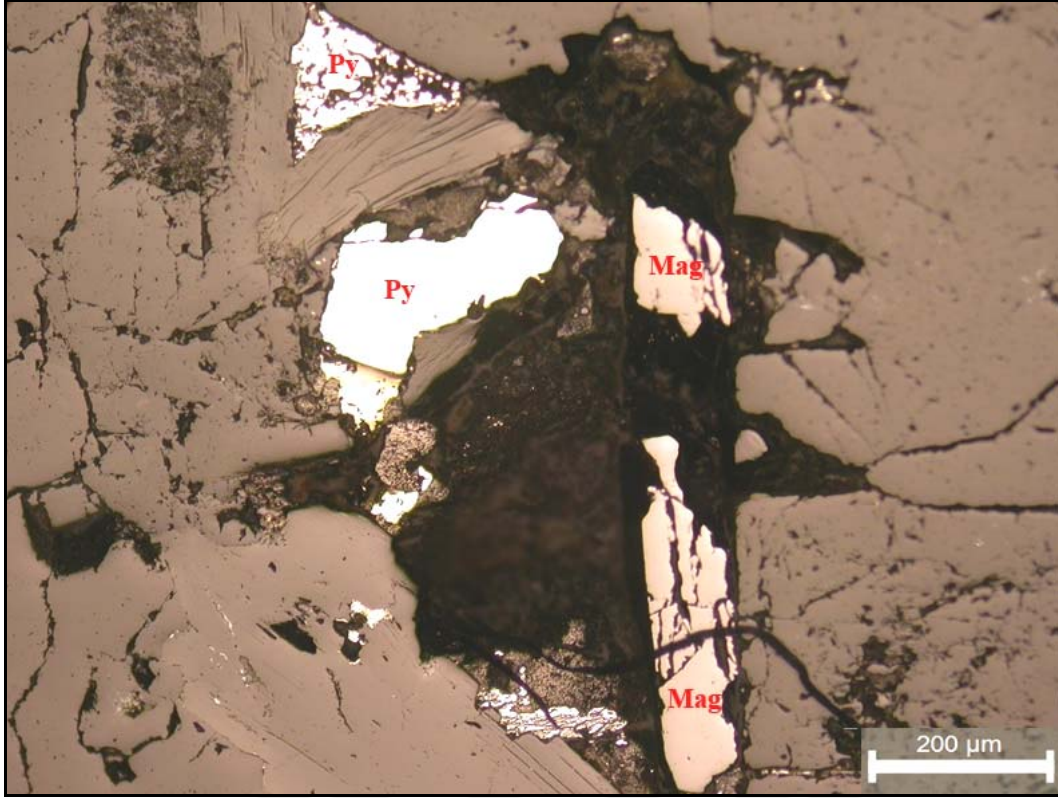
Şekil 5.34 : Biotitin dilinim düzlemlerinde ve çeperinde bulunan piritlerin cevher mikroskobu altındaki görüntüsü (TN, 10X; Bt: Biotit, Py: Pirit, Mag: Magnetit).



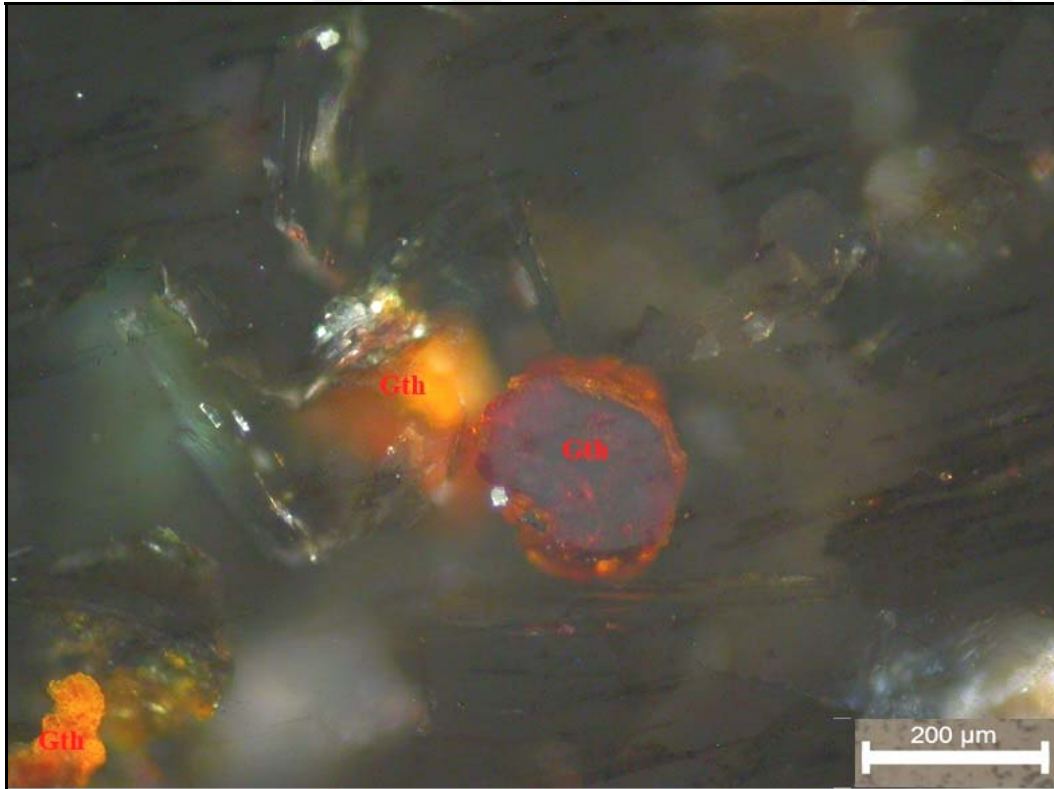
Şekil 5.35 : Piritlerin oksidasyonu sonucu çözünmesi ile oluşan çözünme boşluklarının cevher mikroskobu altındaki görüntüsü (TN, 10X; Py: Pirit).



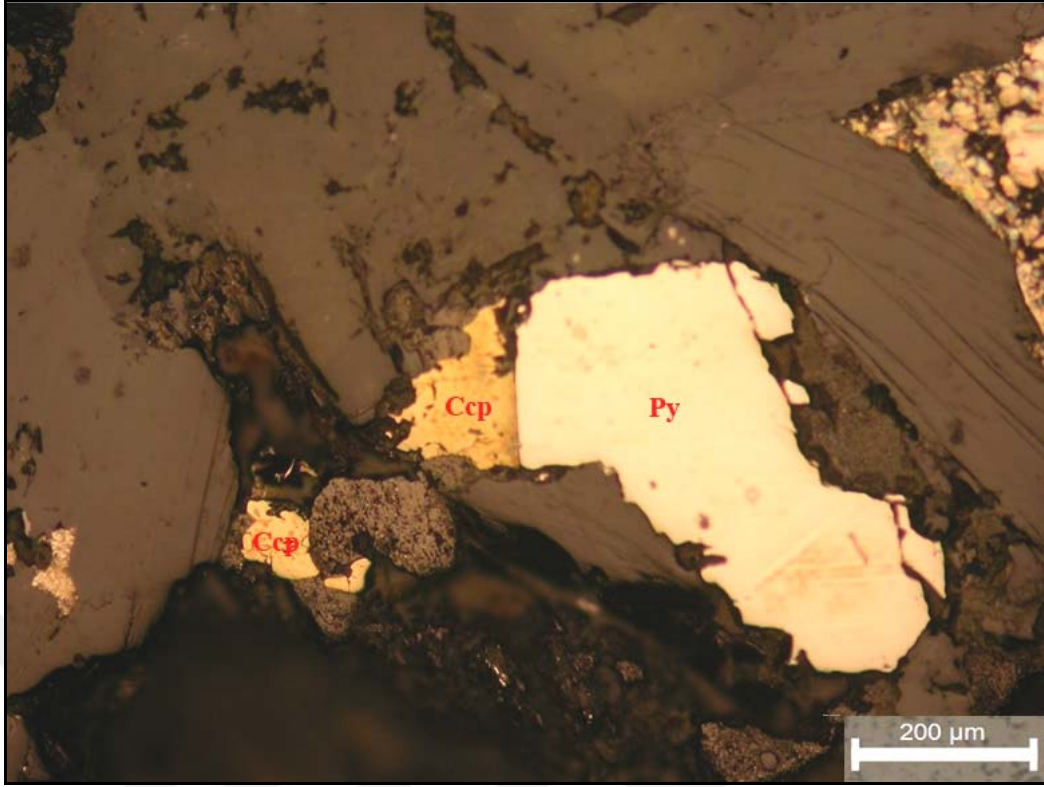
Şekil 5.36 : Saçınım şeklinde bulunan piritin cevher mikroskobu altındaki görüntüsü (TN, 10X; Bt: Biotit, Py: Pirit).



Şekil 5.37 : Saçınım şeklindeki piritlerin oksidasyonu sonucu çözünmesi ile oluşan çözünme boşluklarının cevher mikroskobu altındaki görüntüsü (TN, 10X; Py: Pirit, Mag: Magnetit).



Şekil 5.38 : Piritlerin oksidasyonu ile oluşan götitlerin cevher mikroskobundaki görüntüsü (ÇN, 10X; Gth: Götit).



Şekil 5.39 : Pirit ve kalkopirit minerallerinin cevher mikroskobundaki görüntüsü (TN, 10X; Py: Pirit, Ccp: Kalkopirit).

5.4.3 Jeokimyasal araştırmalar

Çalışma alanındaki blok taş ocağında işletilen “Crema Lal” ticari isimli granit örnekleri üzerinde; XRF, ICP- OES ve MS yöntemleri kullanılarak tüm kaya jeokimyasal analizler yapılmıştır. XRF analizlerinin sonuçları Çizelge 5.3’de verilmiştir.

XRF sonuçlarına göre “Crema Lal” ticari isimli granitler; yüksek potasyum içerikli (K_2O : > % 4.00), kalk-alkalen karakterli (KCG) ve aşırı fraksiyonlaşmış (SiO_2 : > % 75), hafif peralüminyumlu ($A/CNK = Al_2O_3 / CaO+Na_2O+K_2O$; 1.04-1.05 > 1) karakterli I-tipi granitoyid olarak tanımlanmıştır (Boztuğ, 1989; Clarke, 1992; Barbarin, 1990; 1999; Frost vd., 2001; Perez-Soba ve Villaseca, 2010). Pahlı gri renkli granitte; biyotit minerallerindeki ayrışmaya bağlı olarak K_2O miktarının azaldığı, Fe_2O_3 içeriğinin ise arttığı görölmektedir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 : “Crema Lal” ticari isimli granitlerin XRF analiz sonuçları.

Bileşen (%)	Açık Pembe	Gri	Paslı Gri
SiO ₂	77.01	76.42	75.25
Al ₂ O ₃	12.47	12.96	12.99
Fe ₂ O _{3(t)}	0.98	1.06	1.94
MgO	0.20	0.20	0.34
CaO	1.02	1.13	1.03
Na ₂ O	3.14	3.38	3.34
K ₂ O	4.61	4.46	4.04
TiO ₂	0.09	0.11	0.11
P ₂ O ₅	0.02	0.01	0.01
MnO	0.05	0.05	0.06
LOI	0.10	0.30	0.80
Toplam	99.69	100.08	99.91
A/CNK	1.04	1.04	1.05

Fe₂O_{3(t)} : Toplam demir oksit içeriği.

Granit örnekleri üzerinde; özellikle nadir toprak elementleri (NTE) ve iz (eser) elementlerin değişimlerini belirlemeye yönelik olarak yapılan ICP- OES ve MS analizlerinin sonuçları Çizelge 5.4’de verilmiştir. ICP- OES ve MS analizlerinin sonuçlarına bağlı olarak, granit örnekleri tektonik oluşum ortamı açısından, iz element (örneğin, Y, Nb, ve Rb) verilerine göre, “çarpışma sonrası (post-collisional)” granitleri (COLG) olarak sınıflandırılmıştır (Pearce vd., 1984).

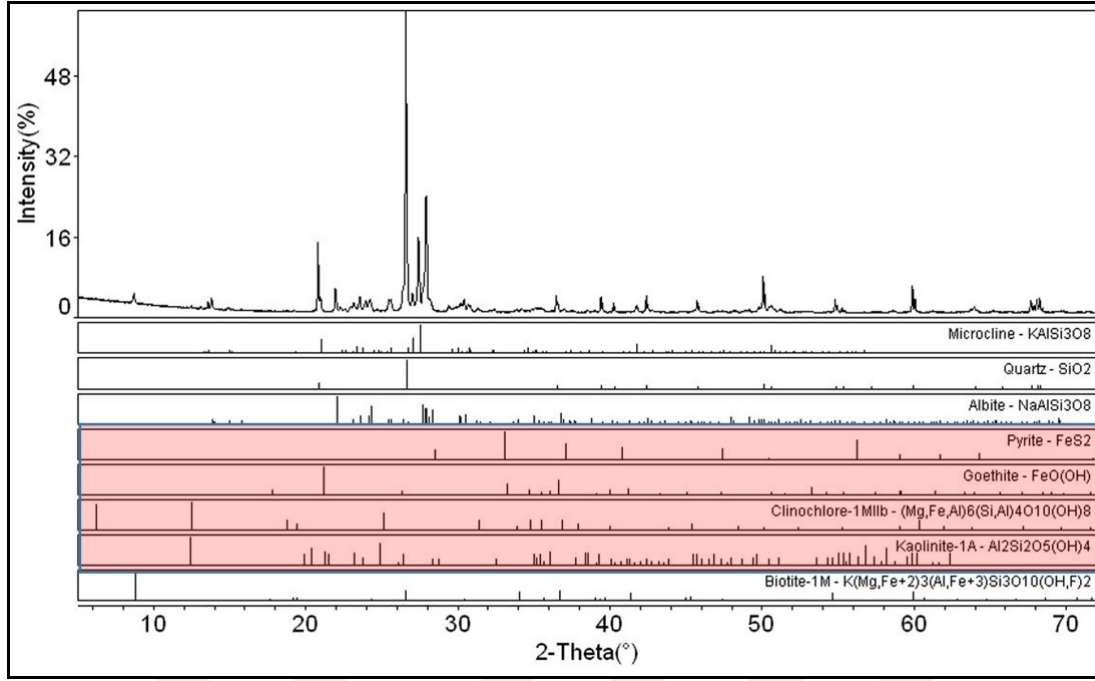
Paslı gri renkli granitte; özellikle başta pirit olmak üzere diğer opak mineral içeriğinin yoğunluğuna bağlı olarak; Cu, Pb, Zn, As ve Ag miktarlarının yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca; açık pembe ve gri renkli granitlerle karşılaştırıldığında yüksek miktarda Y, Ta, ve Nb gibi yüksek olan güçlü elementler ile uranyum (U) ve toryum (Th) gibi radyoaktif elementler de bulunmaktadır. Bu durum, çalışma alanındaki Ozancık Monzograniti’nin; aşırı fraksiyonlaşmış, hafif peralüminüs karakterli “pegmatitik” özellikte bir biyotit granit olduğu anlaşılmaktadır (Perez-Soba ve Villaseca, 2010).

Çizelge 5.4 : “Crema Lal” ticari isimli granitlerin ICP- OES ve MS analiz sonuçları.

Element (ppm)	Açık Pembe	Gri	Paslı Gri
Sc	2	2	3
Ni	< 20	< 20	< 20
Co	62.5	49.8	63.5
As	0.6	0.5	17.3
Ag	< 0.1	< 0.1	0,1
V	11	10	8
Cu	4.3	11	39.8
Zn	20	24	46
Mo	0.8	1.9	4.0
Cs	8.1	8.2	9.7
Rb	361.9	349.7	341.1
Ba	128	124	151
U	10.3	11.5	91.2
Th	29.7	31.3	53.3
Pb	14.9	44	92
Sr	42.1	42.3	44.9
Nb	18.1	19.2	33.8
Ta	2.6	2.8	4
Zr	69.6	78.9	85.4
Hf	2.7	3	3
Y	28.1	33	52.4
Ga	13.3	14	12.7
Sn	2	2	2
Be	4	3	2
La	15.4	17	18.7
Ce	30.8	33.7	37.8
Pr	3.27	3.67	4.02
Nd	10.9	13.1	14.2
Sm	2.42	3.08	3.35
Eu	0.21	0.19	0.26
Gd	3.12	3.43	4.46
Tb	0.57	0.64	1.01
Dy	3.55	4.06	7.47
Ho	0.83	1.01	1.89
Er	2.88	3.05	6.1
Tm	0.48	0.56	1.03
Yb	3.48	3.94	7.05
Lu	0.54	0.63	1.17

5.4.4 XRD araştırmaları

Paslanmış gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granit örneği üzerinde yapılan XRD analizi sonucunda; paslanmaya neden olan “pirit” ve bu mineralin pas fazı olan “götüt” ile biyotitin hidrotermal alterasyonu sonucu oluşan klorit (clinochlore) ve kaolinitin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 5.40).



Şekil 5.40 : Paslanmış gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin X-ışını kırınım grafiği.

5.4.5 İzotop jeokimyası araştırmaları

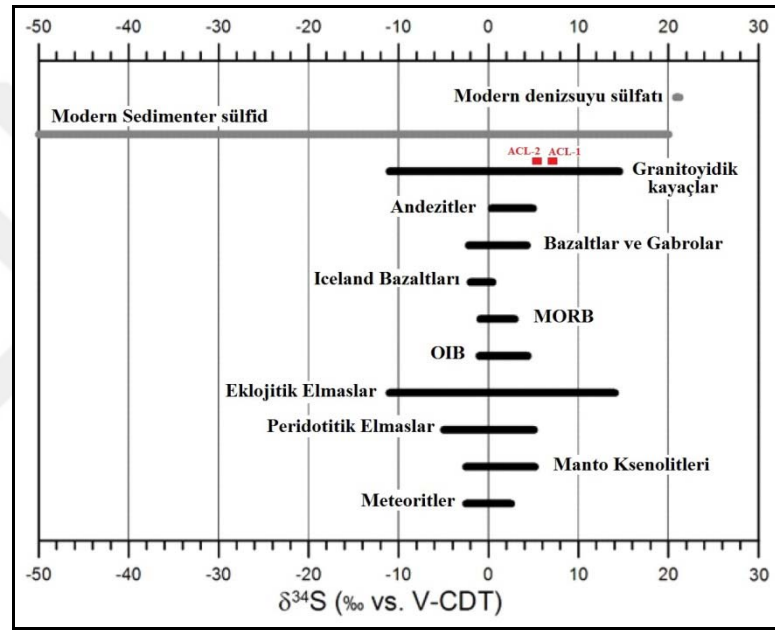
“Crema Lal” ticari isimli granitin bileşiminde tespit edilen piritlerin kökenini belirlemeye yönelik olarak granit örnekleri üzerindeki saçınım halindeki piritleri ile parlak ince kesitlerde belirlenen biyotit minerallerinin dilinim düzlemleri ve çeperlerinde bulunan piritler üzerinde “kükürt” izotop analizleri yapılmıştır (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 : Piritlerde yapılan kükürt izotop analiz sonuçları.

Örnek No	Oluşum Türü	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (‰)	Ort. $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (‰)	STS (‰)
ACL-1	Biyotitlerin dilinim düzlemlerinde ve çeperlerinde	+7.45	+7.45	0.00
		+7.45		
ACL-2	Granit yüzeyinde saçınım şeklinde	+5.49	+5.63	0.20
		+5.77		

Jeokimyasal ortamlarda kükürt farklı kaynaklardan türeyebilmektedir. Geniş anlamda “kükürt rezervuarları” olarak kabul edilen ve kendilerine özgü kükürt izotop bileşimine sahip bu kaynaklar Şekil 5.41’de gösterilmektedir. Kükürt izotop bileşimleri her bir kaynak için farklı aralıkta değişim sunmaktadır. Ancak saf bir magmatik kaynak için kabul edilen kükürt izotop bileşimi sifıra yakın (0 ± 0.5) bir

değerdir (Rollinson,1993; Seal, 2006; Marini vd., 2011). Granit özelinde magmatik kayalardaki piritlerin kükürt izotop bileşimleri, gerek magmanın kristallenme süreçlerinde ve gerekse kristallenme süreçleri sonrasında maruz kaldıkları post-magmatik süreçlerde şekillenmektedir. Kükürt izotop bileşimleri bu süreçleri “parmak izi” hassasiyetinde kaydetme özelliğine sahip olabilmektedir. Bu bağlamda piritlerin “ $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (‰)” değerleri herhangi bir ağır kükürt izotopu kaynağı ile etkileşim yaşanması durumunda artı yönde, sedimenter ya da bakteriyal bir katkı olması durumunda hafif kükürt izotopu eklenmesi nedeniyle de eksi yönde bir yönelim gösterecektir.



Şekil 5.41 : “Crema Lal” ticari isimli granitte bulunan piritlerin kükürt izotop (“ $\delta^{34}\text{S}$ ”) değerlerinin majör kükürt rezervuarlarının değişim aralıklarına göre durumu (Marini vd., 2011).

Yapılan izotop analiz sonuçlarına göre; “Crema Lal” ticari granitindeki piritlerin (ACL-1 ve ACL-2) “ $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (‰)” değerleri; (+5.63) – (+7.45) aralığında değişmektedir. Bu aralık granitlerdeki piritlerin kükürt izotop değerleri ile benzeşmektedir. Buna göre piritlerin “hidrotermal” kökenli oldukları belirlenmiştir. Hidrotermal piritler, magmatik piritlere göre daha düşük sıcaklıklarda oluştuğu için atomik bağların daha zayıf olması beklenen bir durumdur. Bu durum ayrışmaya daha duyarlı bir kristal yapısını sonuçlamaktadır. Çalışma konusu piritlerin ayrışma tepkimelerinin kinetiklerini denetleyen ana hususun bu olduğu kanaatine varılmıştır.

5.4.6 İyon kromatografisi araştırmaları

Çalışma alanındaki granit blok taş ocağında bulunan ana fay zonlarından alınan su örnekleri (Ek C) üzerinde, suların katyon ve anyon bileşimlerini belirlemeye yönelik olarak iyon kromatografisi analizleri yapılmıştır.

Ayrıca, su örneklerinin fiziko-kimyasal özellikleri de laboratuvarında yapılan pH (asidite), Eh (indirgenme-yükseltgenme potansiyeli), Ec (elektrik iletkenliği), TDS (toplam çözünmüş katı madde miktarı) ve Fransız sertlik derecesi (Fr⁰) ölçümleri ile belirlenmiştir (Çizelge 5.6). Su örneklerinin ölçülen pH değerlerine göre “bazik” (pH > 7) karakterli olduğu belirlenmiştir.

İyon kromatografi analizlerine göre, özellikle S1 örneğinin yüksek oranda SO₄²⁻ (sülfat) anyonu içerdiği, bu durumun örneğin alındığı ana fay zonuna yakın olan üretim kademesinde (Ek C) yoğun bir şekilde gözlenen piritlerin oksidasyonu sonucunda çözünen suya karıştığı, bir kısmının da fay zonundaki hidrotermal çözeltilerin H₂S’in oksitlenme ürünü olabileceği düşünölmektedir. S1 örneğindeki Mg⁺² miktarının yüksekliği, biyotitlerin hidrotermal alterasyonundan kaynaklanabilir (Jeong, 2001).

Çizelge 5.6 : Granit blok taş ocağındaki ana fay zonlarından alınan su örneklerinin fiziko-kimyasal özellikleri ve iyon kromatografisi analiz sonuçları.

Özellikler	Örnek No	
	S1	S2
pH	8.21	7.98
Eh (mV)	77.40	83.30
Ec (μS/cm)	375	484
TDS (mg/l)	384	472
Na (mg/l)	15.20	15.80
K (mg/l)	0.51	0.36
Mg (mg/l)	13.29	1.74
Ca (mg/l)	61.22	90.86
Cl (mg/l)	12.16	18.73
F (mg/l)	0.18	0.16
HCO ₃ (mg/l)	197	259
NO ₃ (mg/l)	20.24	37.72
SO ₄ (mg/l)	60.54	38.50
Sertlik (Fr ⁰)	20.8	23.5
Su Sınıfı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca-HCO ₃

İyon kromatografisi analizleri sonucunda ölçülen katyon ve anyon bileşimlerine göre, S1 örneğinin; “Ca-Mg-HCO₃-SO₄” sınıfında “sığ-orta derin dolaşımlı” türde yeraltı suyu olduğu, S2 örneğinin ise “Ca-HCO₃” sınıfında “sığ dolaşımlı” türde yeraltı suyu olduğu belirlenmiştir (Dumlu vd., 2001).

5.4.7 EPMA araştırmaları

“Crema Lal” ticari isimli granitte meydana gelen paslanma sorununa neden olan biyotitler ve piritlerin mineral kimyasını belirlemeye yönelik olarak granit örneklerinden hazırlanan parlak ince kesitlerde işaretlenen söz konusu mineraller üzerinde elektron mikroprop analizleri (EPMA) yapılmıştır. Ayrıca, biyotitlerin hidrotermal alterasyonu sonucunda oluşan kloritler üzerinde de mineral kimyası analizleri yapılarak kloritlerin mineral kimyasına bağlı olarak türleri belirlenmiştir.

5.4.7.1 Biyotitlerin mineral kimyası analizleri

Biyotitler, özellikle paslanma sorununun en yoğun şekilde görüldüğü gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin passız ve paslı olan örneklerinde, oluşum türlerine göre; “birincil-P (magmatik)” ve “yeniden dengelenen-R (re-equilibrated)” ve hidrojenetik biyotitler olarak da tanımlanan dönüşüm ürünleri şeklinde ayrı ayrı analiz edilmiştir (Çizelge 5.7 ve 5.8).

Çizelge 5.7 : Gri renkli (passız) “Crema Lal” ticari isimli granitteki biyotitlerin EPMA sonuçları.

Örnek No	P4	P7	P32	P39	P40	R16	R22	R24	R25	R26
Bileşen (%)										
SiO ₂	38.595	38.681	38.315	37.443	37.519	35.360	35.459	36.611	35.147	35.326
TiO ₂	3.514	3.255	3.434	4.066	3.415	2.570	2.717	2.486	2.757	2.696
Al ₂ O ₃	13.805	14.036	13.270	13.547	13.392	13.082	12.802	12.693	12.901	12.722
FeO _(t)	20.265	18.830	20.564	21.827	21.983	25.507	25.702	26.084	25.944	25.729
MnO	1.747	1.565	1.933	1.444	1.905	1.436	1.279	1.418	1.254	1.297
MgO	8.604	9.311	8.904	9.283	8.597	7.189	7.218	7.047	7.131	6.918
CaO	0.002	0.025	0.059	0.074	0.027	0.014	0.019	0.019	0.004	0.025
Na ₂ O	0.019	0.018	0.013	0.067	0.007	0.045	0.087	0.098	0.032	0.056
K ₂ O	8.479	8.546	8.636	8.458	8.550	7.903	7.794	8.175	8.201	8.045
Toplam	95.348	94.267	95.128	96.240	95.549	93.155	93.190	94.631	93.435	93.088

FeO_(t): Toplam demir oksit içeriği.

Biyotitlerde yapılan EPMA çalışması sonuçlarına göre Çizelge 5.7 ve 5.8’de görüldüğü üzere; gri renkli passız granitte, birincil (magmatik) biyotitlerin FeO içeriklerinin % 18.830 – % 21.983 arasında, yeni ortam koşullarında dengelenmiş hidrojenetik biyotitlerin ise % 25.507 – % 26.084 arasında değişmektedir.

Çizelge 5.8 : Gri renkli (paslı) “Crema Lal” ticari isimli granitteki biyotitlerin EPMA sonuçları.

Örnek No	P2	P12	P13	P33	P41	R3	R9	R27	R31	R35
Bileşen (%)										
SiO ₂	37.629	38.294	38.876	36.970	37.214	35.195	35.048	34.982	35.371	35.455
TiO ₂	3.403	3.558	3.421	3.492	3.899	2.779	2.818	2.689	2.545	3.021
Al ₂ O ₃	13.737	13.334	13.651	14.209	13.939	13.415	13.557	13.132	13.587	13.669
FeO _(t)	20.666	21.168	20.339	19.867	19.948	21.015	21.568	22.476	21.689	21.955
MnO	1.719	1.834	1.670	1.491	1.570	1.668	1.920	1.216	1.140	1.794
MgO	8.961	9.281	9.350	9.345	8.853	9.900	9.934	9.087	9.497	9.541
CaO	-	0.001	0.033	0.049	0.013	0.006	-	-	0.031	-
Na ₂ O	0,037	0.030	0.041	-	-	0.028	0.069	0.014	0.063	0.047
K ₂ O	8,395	8.650	8.512	8.696	8.514	7.585	6.739	6.732	7.134	6.637
Toplam	94.565	95.096	94.813	94.327	94.069	91.591	91.743	90.328	91.057	92.223

FeO_(t) : Toplam demir oksit içeriği.

Gri renkli paslı granitte; hidrojenetik biyotitlerin ayrışması ve oksidasyona uğraması sonucunda bileşimlerdeki FeO içeriklerinin; ferrüs demirin serbest kalmasıyla azaldığı ve % 21.015 – % 22.476 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Ayrıca, hidrojenetik biyotitlerin ayrışması sonucunda K₂O içeriklerinin de azaldığı, buna karşılık MgO içereklere ise arttığı görülmektedir. Toplam oksit değerlerinin ise birincil magmatik biyotitlerden daha düşük olmasının en önemli nedeni, hidrojenetik biyotitlerin su (H₂O) içeriğinin daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Buna göre; hidrojenetik biyotitlerin birincil magmatik biyotitlere göre daha yüksek FeO içeriğine sahip olması ve su içeriklerinin yüksek olması, bu tür biyotitlerin daha düşük sıcaklıklarda oluştuğunu göstermektedir (Bonova vd., 2010).

Bu bağlamda, Luhr vd. (1984) tarafından tanımlanan ve biyotitlerin bileşiminde bulunan Ti (apfu) ve Fe²⁺ (apfu) değerlerine göre hesaplanan “oluşum sıcaklığı (jeotermometresi)” eşitlik 5.2’deki bağıntı kullanılarak, pasız ve paslı gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitlerin bileşiminde bulunan birincil (magmatik) ve yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitler için hesaplanmıştır (Çizelge 5.9 ve 5.10).

$$T_{Bi} = 838 / (1.0337 - Ti/Fe^{2+}) \quad (5.2)$$

Çizelge 5.9 ve 5.10’da hesaplanan oluşum sıcaklıklarına göre; birincil (magmatik) biyotitlerin jeotermometre değerleri; 679-762 °C arasında, yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerin ise 618-679 °C arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.9 : Birincil (magmatik) biyotitlerin jeotermometre (oluşum sıcaklığı) değerleri (Luhr vd., 1984'e göre).

Örnek No	Mika Adı	Fe ²⁺ (apfu)	Ti (apfu)	T _{Bi} (°C)
P2	Fe-Biyotit	1.109	0.204	713
P4	Fe-Biyotit	1.117	0.214	725
P7	Mg-Biyotit	1.148	0.174	679
P12	Fe-Biyotit	1.053	0.210	737
P13	Fe-Biyotit	1.105	0.203	713
P32	Fe-Biyotit	1.028	0.208	737
P33	Mg-Biyotit	1.163	0.204	701
P39	Fe-Biyotit	1.044	0.237	762
P40	Fe-Biyotit	1.201	0.201	690
P41	Mg-Biyotit	1.112	0.231	737

Çizelge 5.10 : Yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerin jeotermometre (oluşum sıcaklığı) değerleri (Luhr vd., 1984'e göre).

Örnek No	Mika Adı	Fe ²⁺ (apfu)	Ti (apfu)	T _{Bi} (°C)
R3	Fe-Biyotit	1.146	0.166	669
R9	Fe-Biyotit	1.324	0.163	648
R10	Siderofillit	1.222	0.183	679
R16	Lepidomelan	1.394	0.155	638
R22	Lepidomelan	1.391	0.164	638
R24	Lepidomelan	1.517	0.148	618
R25	Lepidomelan	1.403	0.167	648
R26	Lepidomelan	1.462	0.164	638
R27	Siderofillit	1.381	0.165	648
R31	Fe-Biyotit	1.211	0.151	648
R35	Siderofillit	1.269	0.179	669

Bu sonuçlara göre; yeni ortam koşullarında dengelenerek oluşmuş hidrojenetik biyotitlerin jeotermometre (oluşum sıcaklığı) değerlerinin birincil (magmatik) biyotitlere göre daha düşük olmasının esas nedeninin; yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerin “uçucular (H₂O, Cl ve F gibi)” yönünden daha zengin olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Ayrıca, “Crema Lal” granitinin işletildiği “Ozancık Monzograniti”nin “yerleşim derinliği”nin belirlenmesine yönelik olarak, Uchida vd. (2007) tarafından tanımlanan ve biyotitlerin EPMA sonuçlarına göre bileşiminde bulunan “Al_T (Al^{IV}+Al^{VI})” (apfu) değerleri (Mica⁺ programı 11 Oksijen içeriğine göre hesaplama yaptığından dolayı değerler 2 ile çarpılmıştır) ile hesaplanan “biyotit-Al jeobarometresi (katılma basıncı; P_{Bi}-kbar)” eşitlik 5.3'deki bağıntı kullanılarak, pasız ve paslı gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitlerin bileşiminde bulunan birincil (magmatik) ve yeni ortam koşullarında dengelenerek oluşmuş hidrojenetik biyotitlerin kristalize olduğu ortamın basınç koşulları hesaplanmıştır (Çizelge 5.11 ve 5.12).

$$P_{Bi} = 3.03 \times Al_T - 6.53 (\pm 0.33) \quad (5.3)$$

Çizelge 5.11 : Birincil (magmatik) biyotitlerdeki Al_T 'ye göre Ozancık Monzograniti'nin biyotit-Al jeobarometre (katılma basıncı) değerleri (Uchida vd., 2007'ye göre).

Örnek No	Mika Adı	Al_T (apfu)	P_{Bi} (kbar)
P2	Fe-Biyotit	2.578	1.287
P4	Fe-Biyotit	2.638	1.469
P7	Mg-Biyotit	2.536	1.166
P12	Fe-Biyotit	2.472	0.954
P13	Fe-Biyotit	2.546	1.196
P32	Fe-Biyotit	2.524	1.106
P33	Mg-Biyotit	2.598	1.348
P39	Fe-Biyotit	2.476	0.984
P40	Fe-Biyotit	2.476	0.984
P41	Mg-Biyotit	2.588	1.317

Çizelge 5.12 : Yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerdeki Al_T 'ye göre Ozancık Monzograniti'nin biyotit-Al jeobarometre (katılma basıncı) değerleri (Uchida vd., 2007'ye göre).

Örnek No	Mika Adı	Al_T (apfu)	P_{Bi} (kbar)
R3	Fe-Biyotit	2.504	1.045
R9	Fe-Biyotit	2.458	0.924
R10	Siderofillit	2.590	1.318
R16	Lepidomelan	2.478	0.984
R22	Lepidomelan	2.426	0.833
R24	Lepidomelan	2.368	0.651
R25	Lepidomelan	2.446	0.894
R26	Lepidomelan	2.422	0.803
R27	Siderofillit	2.520	1.105
R31	Fe-Biyotit	2.530	1.135
R35	Siderofillit	2.534	1.136

Çizelge 5.11 ve 5.12'de hesaplanan katılma basınçlarına göre; birincil (magmatik) biyotitlerin biyotit-Al jeobarometre değerleri; 0.954-1.469 kbar (ortalama; 1.181 kbar) arasında, yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerin ise 0.651-1.318 kbar (ortalama; 1.083 kbar) arasında olduğu görülmektedir. Bu sonuçlardan hareketle, kıtasal kabuğun yoğunluğunun ortalama 2.70 g/cm^3 olduğu ve $1 \text{ kbar} = 3.6 \text{ km}$ 'ye karşılık geldiği varsayıldığında, Ozancık Monzograniti'nin "yerleşme derinliği" ortalama 4 km civarında olup, "sığ derinlikli (epizonal)" bir granit sokulumu olduğu anlaşılmaktadır (Tulloch ve Challis, 2000).

Biyotit minerallerinin EPMA sonuçları; Yavuz (2003a; 2003b) tarafından yapılarak hazırlanan "Mica⁺" programında değerlendirilerek başlıca; mineralojik ve tektono-magmatik sınıflandırılması yapılmış, ayrıca oksidasyon durumları ile oluşum türleri belirlenmiştir.

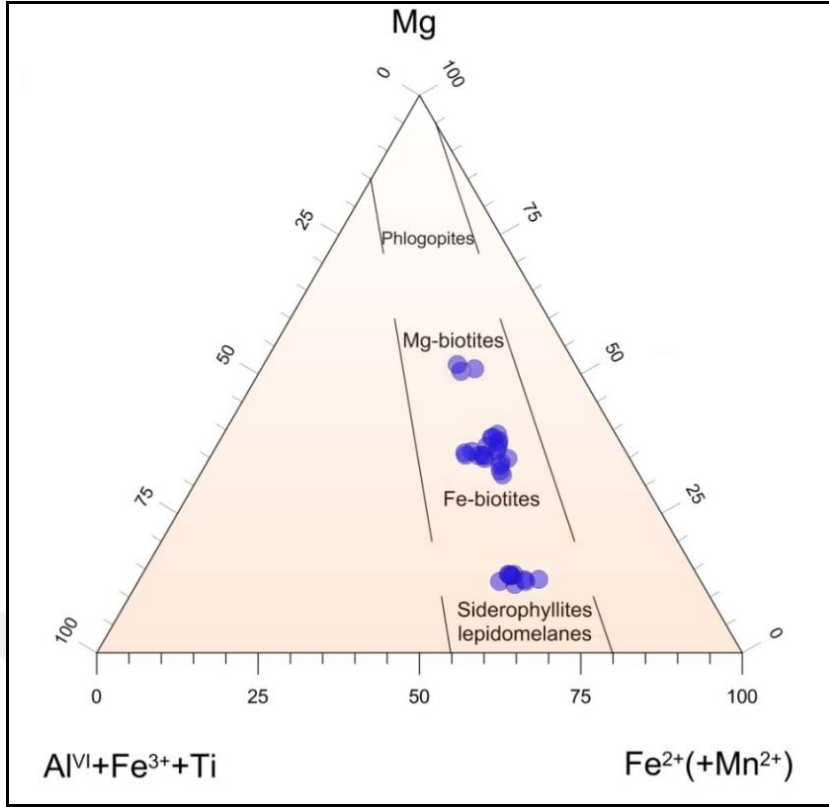
Mica⁺ programı kapsamında bulunan, Foster (1960) diyagramına göre birincil (magmatik) biyotitlerin; "Mg-biyotit" ve "Fe-biyotit" bileşiminde, hidrojenetik

biyotitlerin ise “Fe-biyotit” ve “siderofilit - lepidomelan” bileşiminde olduğu saptanmıştır (Şekil 5.42).

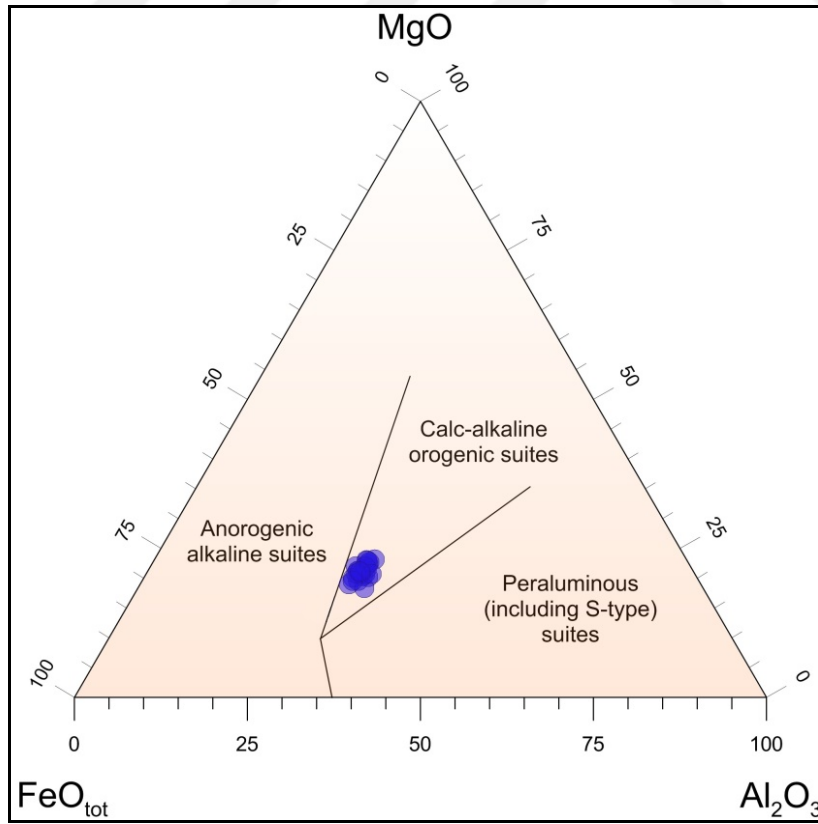
Biyotitlerin içinde bulunduğu granitoid bileşimli kayaların tektonik ortamlarını ayırtlamada kullanılan FeO_{tot} -MgO- Al_2O_3 üçgen diyagramında (Abdel-Rahman, 1994), örnekler “Kalk-alkalen orojenik” alanda yayılım göstermektedir (Şekil 5.43).

Biyotitlerin kristalize olduğu ortamın oksidasyon durumunu belirlemek üzere Wones ve Eugster (1965) tarafından geliştirilen Fe^{+3} - Fe^{+2} -Mg üçgen diyagramı kullanılmıştır (Şekil 5.44). Hem birincil hem de yeniden dengelenmiş hidrojenetik biyotitlerin “NNO (Nikel-Nikel Oksit)” tampon bölgesi içinde yayılım göstermektedir. Aynı bölgede (NNO) iki farklı yayılım şekli ile ön plana çıkan biyotitlerden ilki, birincil olup nispeten daha düşük Mg içeriğine sahiptir. Hidrojenetik biyotitler ise Mg açısından daha zengin olup Şekil 5.42 ile uyumluluk sergilemektedirler. Her iki gruba ait biyotitler kısmen okside olmuş magmanın ürünü olarak kristalize olmuşlardır (Sarjoughian vd., 2014).

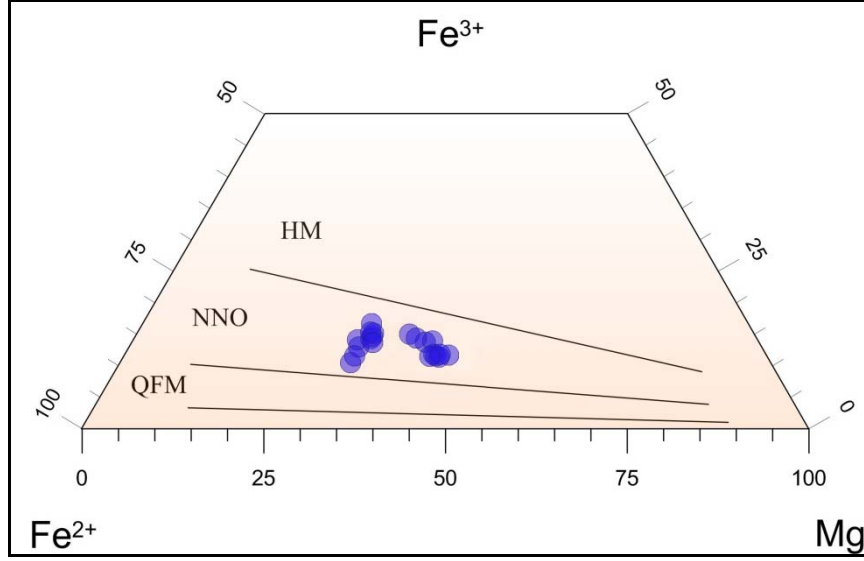
Nachit vd. (1985) ve Nachit vd. (2005)’e göre Mica+ bilgisayar programı kullanılarak oluşturulan üçgen diyagramda; gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitlerde paslanma riski olmayan biyotitlerin “birincil (magmatik)” türde olduğu, paslanma riski olan hidrojenetik biyotitlerin ise “yeni ortam koşullarında oluşan (re-equilibrated) magmatik biyotitler” alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 5.45).



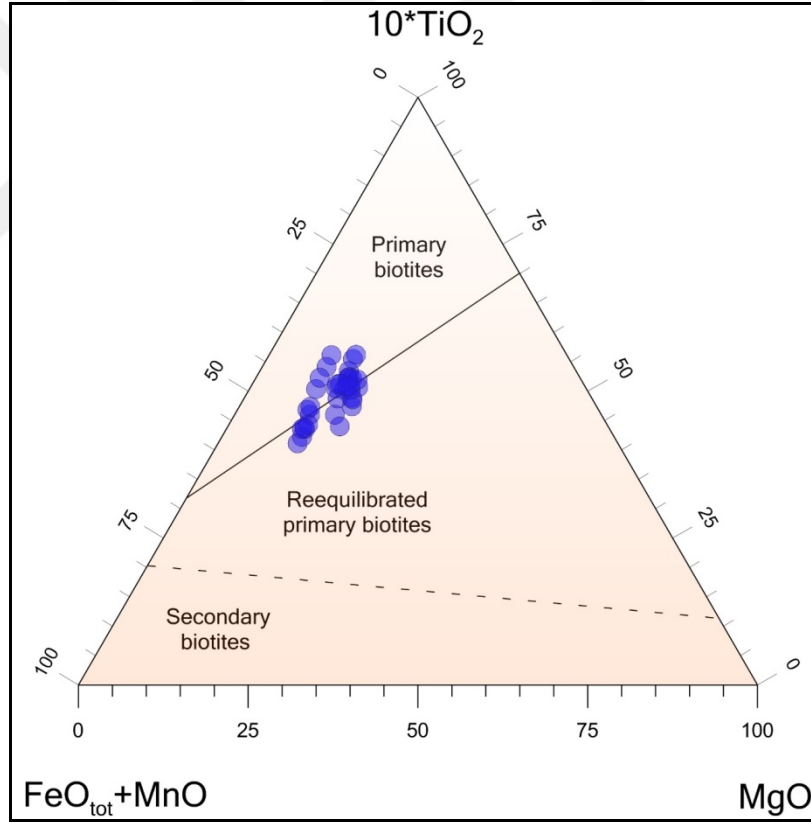
Şekil 5.42 : “Crema Lal” granitindeki biyotitlerin Mica⁺ programı kullanılarak yapılan mineralojik sınıflaması (Foster, 1960).



Şekil 5.43 : “Crema Lal” granitindeki biyotitlerin Mica⁺ programı kullanılarak yapılan tektono-magmatik sınıflaması (Abdel-Rahman, 1994).



Şekil 5.44 : “Crema Lal” granitindeki biyotitlerin Mica⁺ programı kullanılarak yapılan oksidasyon durumları sınıflaması (Wones ve Eugster, 1965). (QFM: Kuvars-Fayalit-Magnetit; NNO: Nikel-Nikel Oksit; HM: Hematit-Magnetit).



Şekil 5.45 : “Crema Lal” granitindeki biyotitlerin Mica⁺ programı kullanılarak yapılan oluşum türleri sınıflaması (Nachit vd., 1985; Nachit vd., 2005).

“Crema Lal” ticari isimli granitin biyotit mineral kimyasının pirit oluşumuna katkısı ve dolayısı ile pas sorunu ile sonuçlanan bir dizi reaksiyonlara kaynak teşkil etmesi, ülkemizde, İzmir-Bergama-Kozak bölgesinde ticari olarak üretilip pazarlanan ve herhangi bir paslanmanın yerinde ve sonrasında gözlenmediği “Bergama Gri” ticari

isimli başka bir granitteki biyotitlerin (Şekil 5.46) mineral kimyası çalışması ile karşılaştırmalı bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

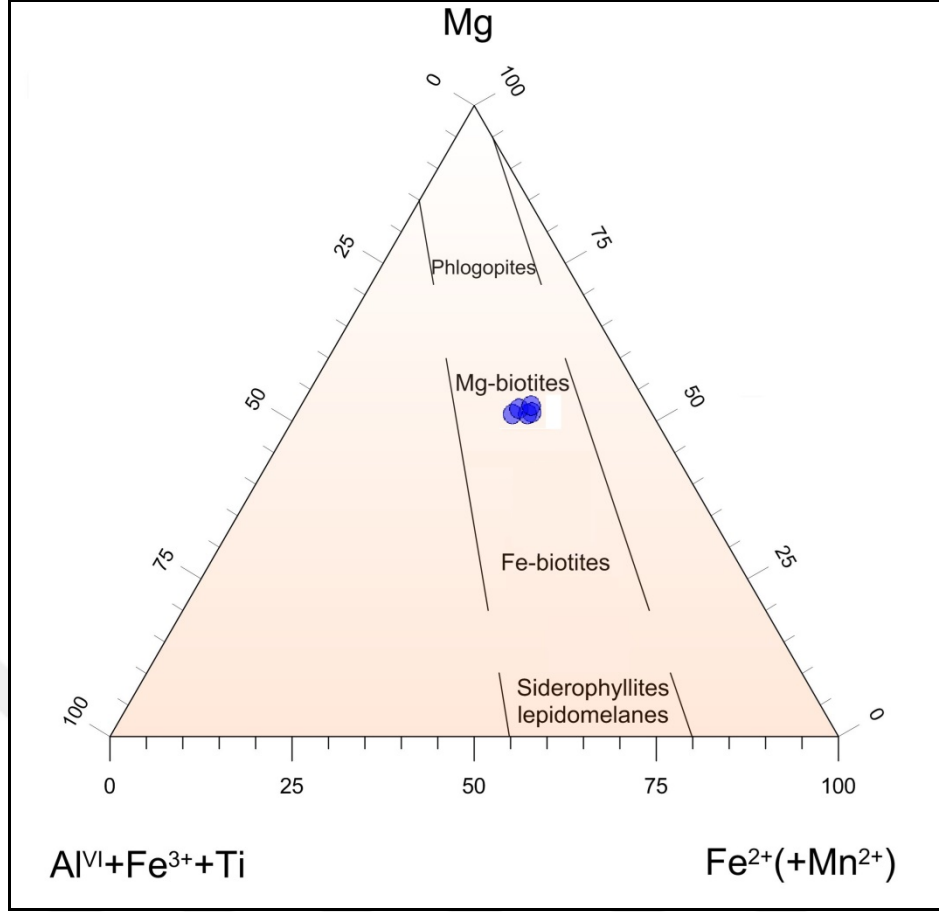
Çizelge 5.13’de gösterilen EPMA sonuçlarına göre “Bergama Gri” granitinin biyotitleri “toplam FeO; (FeO_(t))” içeriği bakımından çalışma konusu gri renkteki passız ve paslı granitlerdeki biyotitlere göre sırasıyla yaklaşık % 40 ve % 25 daha az olup, su içerikleri bakımından daha fakir ve “eastonit (Mg-biyotit)” türü biyotit oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.47).



Şekil 5.46 : “Bergama Gri” granitindeki biyotitlerin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 10X; Bt: Biyotit).

Çizelge 5.13 : “Bergama Gri” ticari isimli granitteki biyotitlerin EPMA sonuçları.

Örnek No	B1	B2	B3	B4	B5
SiO ₂	38.674	37.904	38.079	37.504	39.020
TiO ₂	3.734	4.114	4.128	3.890	3.538
Al ₂ O ₃	13.385	13.714	13.279	13.606	13.659
FeO _(t)	17.378	17.644	16.728	16.892	16.910
MnO	0.503	0.457	0.392	0.362	0.389
MgO	13.037	12.949	12.641	13.002	13.436
CaO	0.045	0.015	-	0.014	0.008
Na ₂ O	0.144	0.129	0.112	0.125	0.073
K ₂ O	9.064	9.078	9.086	9.015	9.060
Toplam	95.272	95.403	93.941	93.909	95.623



Şekil 5.47 : “Bergama Gri” granitindeki biyotitlerin Mica⁺ programı kullanılarak yapılan mineralojik sınıflaması (Foster, 1960).

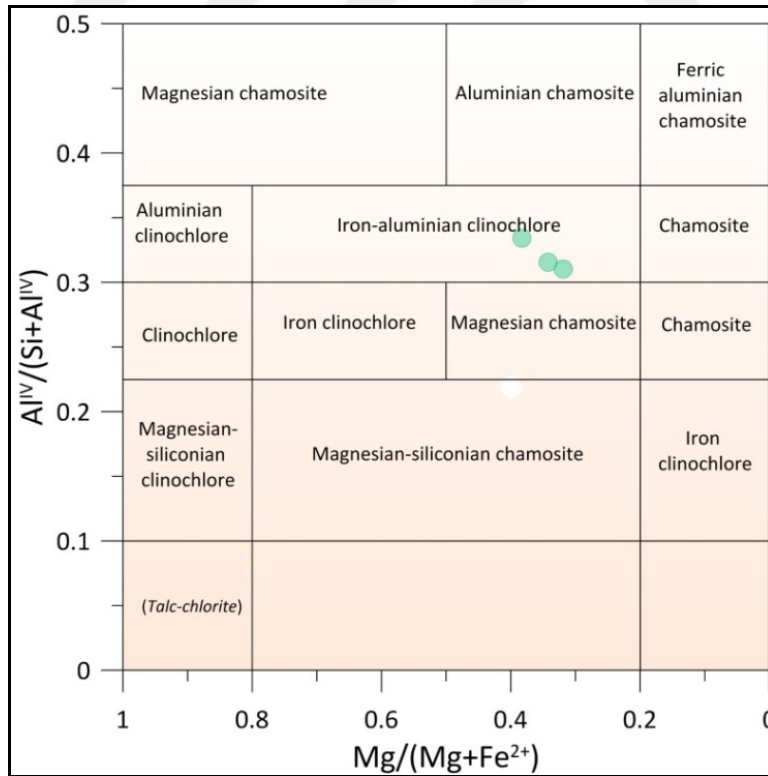
5.4.7.2 Kloritlerin mineral kimyası analizleri

Gri renkli passız (K1) ve paslı (K2 ve K3) “Crema Lal” ticari isimli granitlerin bileşimindeki, hidrojenetik biyotit minerallerinin hidrotermal alterasyonu ile oluşan klorit mineralleri üzerinde yapılan EPMA çalışmalarının sonuçları Çizelge 5.14’de verilmiştir. EPMA sonuçları; “WinCacc” bilgisayar programında değerlendirilerek, kloritlerin türleri belirlenmiştir (Yavuz vd., 2015). Yapılan değerlendirmeler sonucunda klorit minerallerinin yüksek demir (FeO) içerikli “Fe-Al Klinoklor (Ripidolit): [(Mg, Fe, Al)₆ (Si, Al)₄ O₁₀ (OH)₈]” türünde oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.48 ve 5.49).

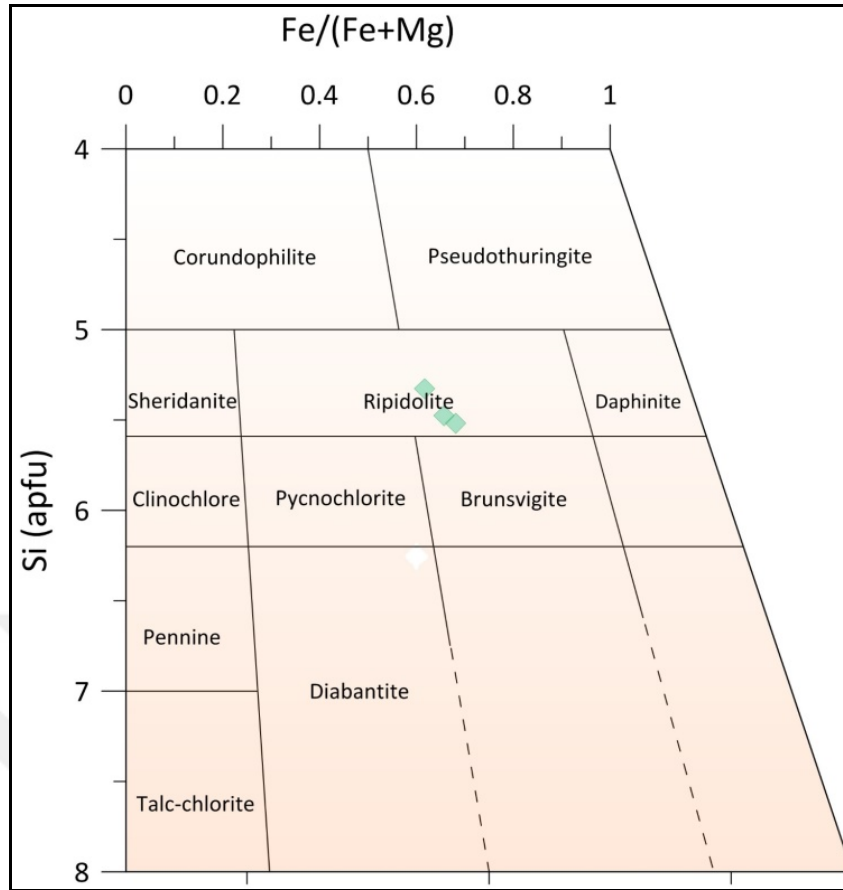
Çizelge 5.14 : “Crema Lal” ticari isimli granitteki kloritlerin EPMA sonuçları.

Örnek No	K1	K2	K3
Bileşen (%)			
SiO ₂	27.716	24.590	24.462
TiO ₂	0.022	0.175	0.205
Al ₂ O ₃	16.686	18.851	19.386
FeO _(t)	26.993	33.206	30.604
MnO	1.536	1.465	2.978
MgO	10.082	8.718	8.943
CaO	0.136	-	0.074
Na ₂ O	-	-	0.011
K ₂ O	0.108	-	-
Toplam	83.357	87.029	86.704
Klorit Adı	Fe-Al Klinoklor	Fe-Al Klinoklor	Fe-Al Klinoklor

Diğer taraftan, karşılaştırma amaçlı olarak, “Bergama Gri” ticari isimli granitin bileşimindeki kloritlerin üzerinde yapılan EPMA sonuçları Çizelge 5.15’de verilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda klorit minerallerinin “Mg Klinoklor: [(Mg,Fe²⁺)₅Al(Si₃Al)O₁₀(OH)₈]” türünde oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.50). Çizelge 5.15’deki sonuçlara göre “Bergama Gri” ticari isimli granitteki kloritlerin “Crema Lal” ticari granitine nazaran yaklaşık % 50 daha az oranda FeO içerdiği görülmektedir.



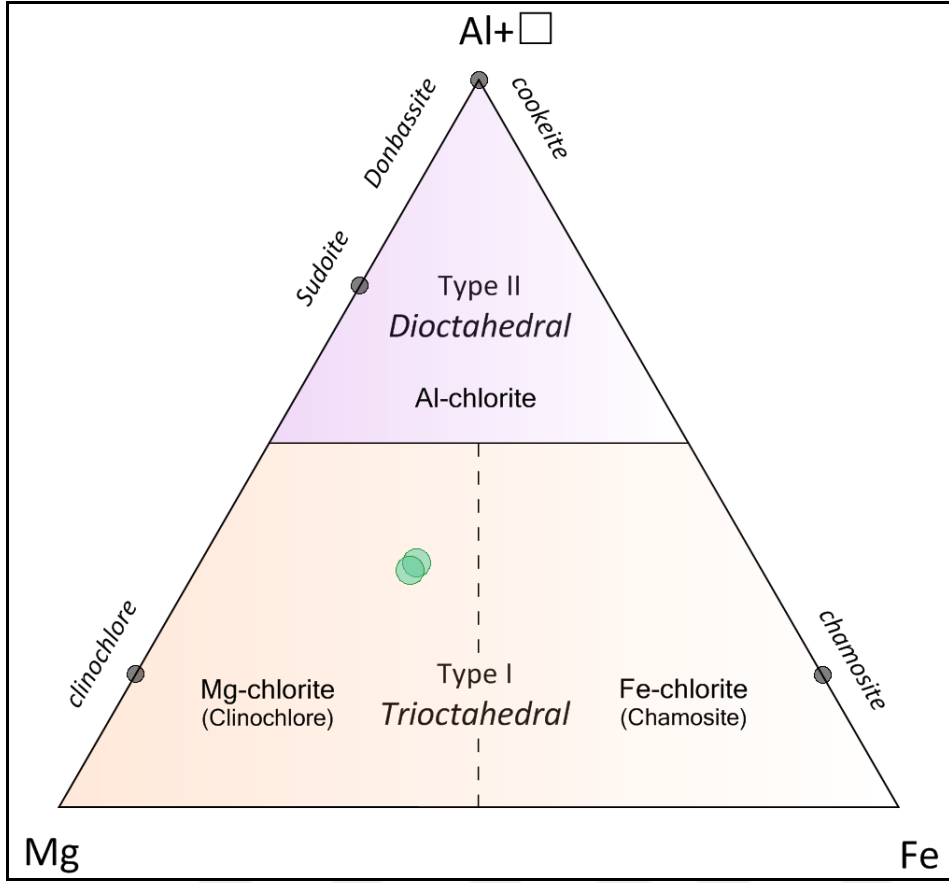
Şekil 5.48 : “Crema Lal” granitindeki kloritlerin $Al^{IV} / (Si+Al^{IV}) - Mg/(Mg+Fe^{2+})$ diyagramına göre yapılan mineralojik sınıflaması (Foster, 1962).



Şekil 5.49 : “Crema Lal” granitindeki kloritlerin Si (apfu) – Fe/(Fe+Mg) diyagramına göre yapılan mineralojik sınıflaması (Hey, 1954).

Çizelge 5.15 : “Bergama Gri” ticari isimli granitteki kloritlerin EPMA sonuçları.

Örnek No Bileşen (%)	K1	K2
SiO ₂	28.763	28.628
TiO ₂	0.008	0.022
Al ₂ O ₃	18.176	17.960
FeO _(t)	20.601	20.538
MnO	1.169	0.800
MgO	18.194	18.920
CaO	0.021	0.090
Na ₂ O	0.037	0.086
K ₂ O	-	-
Toplam	86.969	87.045
Klorit Adı	Mg Klinoklor	Mg Klinoklor



Şekil 5.50 : “Bergama Gri” granitindeki kloritlerin Al-Mg-Fe diyagramına göre mineralojik sınıflaması (Zane ve Weiss, 1998).

5.4.7.3 Piritlerin mineral kimyası analizleri

Çalışma alanındaki granit blok taş ocağında üretilen gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin bileşiminde yoğun olarak bulunan piritlerin de mineral kimyalarını belirlemeye yönelik olarak, granit örneklerinden hazırlanan parlak ince kesitlerde belirlenen piritlerin EPMA’ları yapılmıştır. Biotitlerin dilinim düzlemlerinde ve çeperlerinde bulunan piritler ile granitlerin yüzeyinde saçınım şeklinde bulunan piritler analiz edilmiştir. Özellikle, biyotitlerin dilinim düzlemlerinde ve çeperlerinde bulunan bazı piritlerin önemsenecek miktarda “arsenik (As); yaklaşık % 1 - %3 arasında” içerdiği tespit edilmiştir (Çizelge 5.16, 5.17 ve 5.18). Arsenik içeren piritlerde, As atomlarının piritlerin kristal kafesindeki S atomları ile yer değiştirmesi bu tür piritlerde oksidasyonun hızlanmasına neden olmaktadır (MacKenzie vd., 2015). Genellikle bu tür piritlerin biyotit minerallerinin ayrışması sonucunda serbest kalan demirin hidrotermal çözeltilerdeki sülfür ile birleşerek düşük sıcaklık koşullarında sığ sokulumlu granitlerde oluştuğu bilinmektedir (Savage vd., 2000; Abraitis vd., 2004).

Çizelge 5.16 : Biyotitlerin dilinim düzlemlerinde ve çeperlerinde bulunan piritlerin EPMA sonuçları.

Örnek No	Fe wt %	S wt %	Co(ppm)	Ni(ppm)	As(ppm)	Cu(ppm)	Ag(ppm)
PY3	44.533	53.097	825	-	502	-	779
PY5	45.104	52.856	931	-	-	-	250
PY6	45.983	53.579	-	159	296	1117	-
PY8	45.766	53.031	-	-	85	1345	190
PY9	45.201	50.525	-	572	428	1125	413

Çizelge 5.17 : Biyotitlerin dilinim düzlemlerinde ve çeperlerinde bulunan arsenikli piritlerin EPMA sonuçları.

Örnek No	Fe wt %	S wt %	As wt %	Co(ppm)	Ni(ppm)	Cu(ppm)	Ag(ppm)
PY1	45.072	49.845	1.209	-	730	-	541
PY2	42.910	48.791	2.747	-	940	-	440
PY4	43.520	49.824	0.983	-	175	38	159
PY7	44.564	50.263	1.640	-	350	75	160

Çizelge 5.18 : Granitlerde saçınım şeklinde bulunan piritlerin EPMA sonuçları.

Örnek No	Fe wt %	S wt %	Co(ppm)	Ni(ppm)	As(ppm)	Cu(ppm)	Ag(ppm)
PY10	46.560	53.961	-	143	-	-	690
PY11	45.362	53.251	-	-	147	668	-
PY12	46.018	54.126	-	-	-	482	312
PY13	45.801	55.724	-	95	332	-	-
PY14	46.723	54.948	-	-	210	-	219

Bununla birlikte, granit örnekleri içinde hidrotermal evrenin karakteristik mineral oluşumlarından olan kalkopiritlerin varlığı da tespit edilmiştir. Genellikle piritlerle birlikte bulunan kalkopiritler üzerinde yapılan EPMA sonuçları Çizelge 5.19'da sunulmuştur.

Çizelge 5.19 : Kalkopiritlerin EPMA sonuçları.

Örnek No	Fe wt%	S wt%	Cu wt%	Co(ppm)	Ni(ppm)	As(ppm)	Ag(ppm)
CPY1	29.258	34.329	34.679	0	392	0	0
CPY2	28.612	34.187	33.651	0	211	0	0
CPY3	28.743	34.328	32.976	0	0	185	0

5.4.8 Raman spektroskopisi araştırmaları

Raman spektroskopisi analizleri, son yıllarda yerbilimlerinde özellikle de mineralojik incelemelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Mineral tayinine yönelik olarak (kalitatif) kullanılan bu yöntemle, analiz edilen mineralin ölçülen Raman spektrasındaki kaymalar ve şiddetlerindeki değişimler dikkate alınarak mineralin türü ve içerisinde

kristallenen (kapanım) farklı tür minerallerin ve fazların varlığı hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir.

Analizler, “Konfokal Raman Spektrometresi” cihazı kullanılarak yapılmıştır. Konfokal Raman Spektrometresi cihazı başlıca; konfokal mikroskop ve hassas Raman spektrometresinden oluşan birleşik bir sistemdir (Yıldırım, 2010).

Çalışma kapsamında; gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granit örneklerinin bileşimindeki birincil (magmatik) ve hidrojenetik biyotitler ile piritlerin ve pas fazlarının Raman spektroskopik incelemesi yapılmıştır.

5.4.8.1 Biyotitlerin Raman spektroskopik analizleri

Gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granit örneklerinde analiz için belirlenen 5'er adet birincil ve hidrojenetik biyotitler üzerinde Raman spektroskopisi ölçümleri yapılmıştır.

Birincil biyotitlerin ölçülen Raman spektrasının; 149.0 cm^{-1} , 542.7 cm^{-1} ve 669.3 cm^{-1} – 771.2 cm^{-1} arasında gözlenmektedir (Şekil 5.51). Ölçülen piklerin, cihaz ünitesinin “Spectral ID” veri kütüphanesindeki referans pik değerleri ile birebir örtüştüğü görülmüştür.

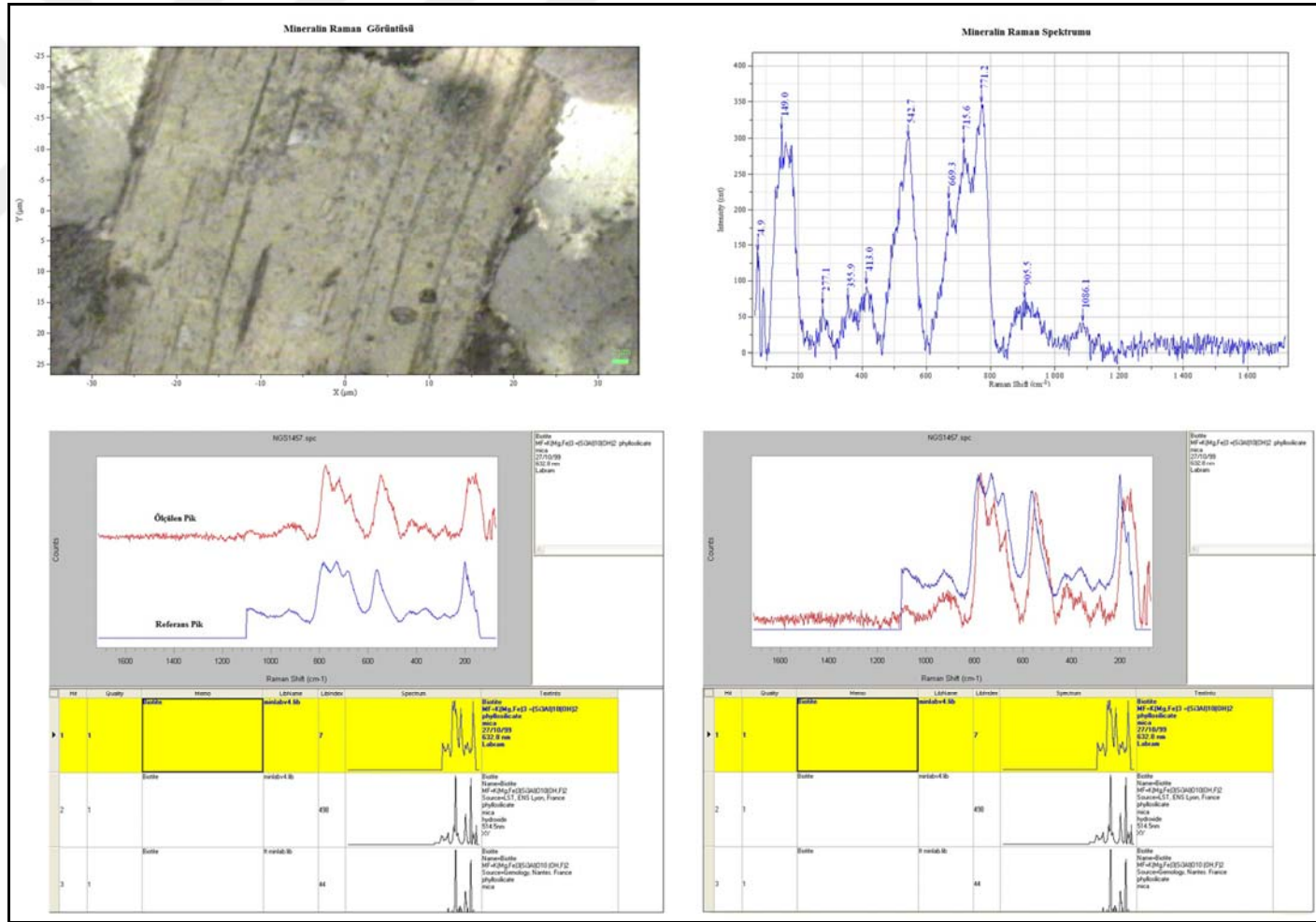
Hidrojenetik biyotitlerde ölçülen Raman spektrasının; birincil biyotitlerde ölçülen spektra ile aynı olup, yalnızca 945.6 cm^{-1} spektral bölgesinde kütüphanedeki referans pik değerlerinden farklı olarak kayma göstermektedir (Şekil 5.52). Bu spektral bölgedeki pikler, kütüphanedeki referans pikler ile eşleştirildiğinde “dumortiyerit” mineral fazının varlığını göstermektedir. Dumortiyeritin raman spektrası; 92.8 cm^{-1} , 182.1 cm^{-1} , 558.0 cm^{-1} , 783.5 cm^{-1} , 945.6 cm^{-1} , 1774.9 cm^{-1} ve 2489.0 cm^{-1} dalga boylarında kuvvetli pikler verdiği tespit edilmiştir (Şekil 5.53).

Dumortiyerit; “nezo-silikat” grubunda bulunan, $\text{Al}_8\text{BSi}_3\text{O}_{19}(\text{OH})$ genel kimyasal formülüne ve ortorombik kristal sistemine sahip bir “alüminyum oksı-borosilikat” mineralidir.

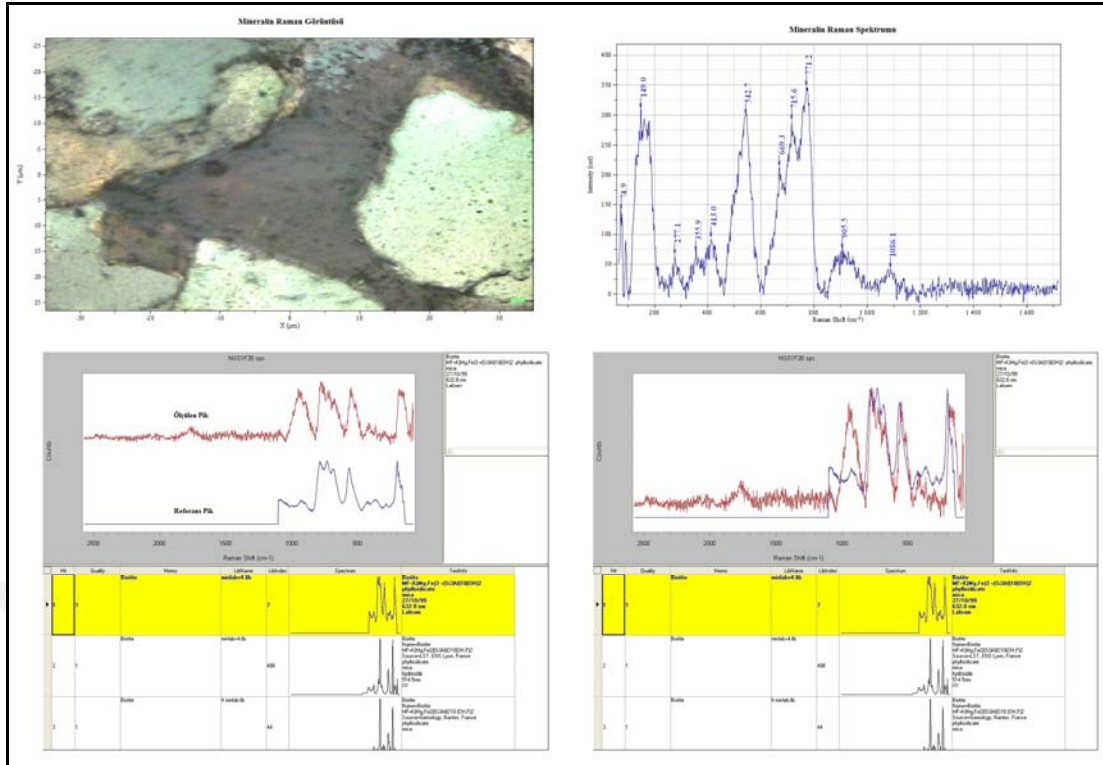
Bu mineral, genellikle “pegmatitik granit” kayaların bileşiminde gözlenmektedir. Çoğunlukla hidrotermal alterasyonun etkili olduğu bölgelerde oluşmaktadır (Choo ve Kim, 2001). Dumortiyerit grubu mineraller başlıca; dumortiyerit $[Al_6BSi_3O_{16}(O, OH)_2]$, magnezyo-dumortiyerit $[(Mg)Al_6BSi_3O_{16}(O, OH)_2]$ ve holtit $[(Al, Ta, Nb, Ti)Al_6B(Si, Sb, As)_3O_{15}(O, OH)_3]$ ’den oluşmaktadır (Pieczka vd., 2013).

Biyotit ve pirit minerallerinden kaynaklı yüksek oksidasyonun olduğu propilitik ve fillik hidrotermal alterasyonun olduğu ortamlarda Lister (1994)’e göre gözlenen mineral parajenezleri başlıca; klorit, serisit, kil mineralleri, dumortiyerit ve amorf demir oksit bileşimli pas fazlarından oluşmaktadır.

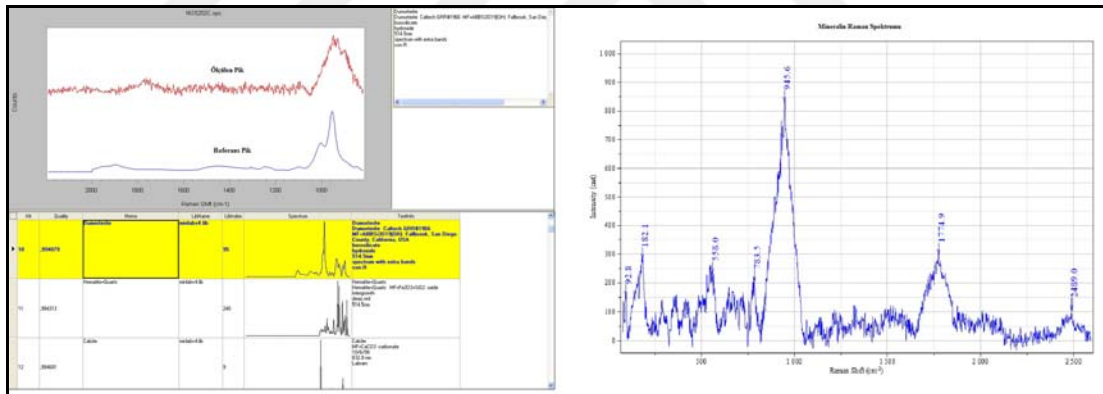




Şekil 5.51 : Birincil biyotit mineralinin Raman spektroskopik karakteristikleri.



Şekil 5.52 : Hidrojenetik biyotit mineralinin Raman spektroskopik karakteristikleri.



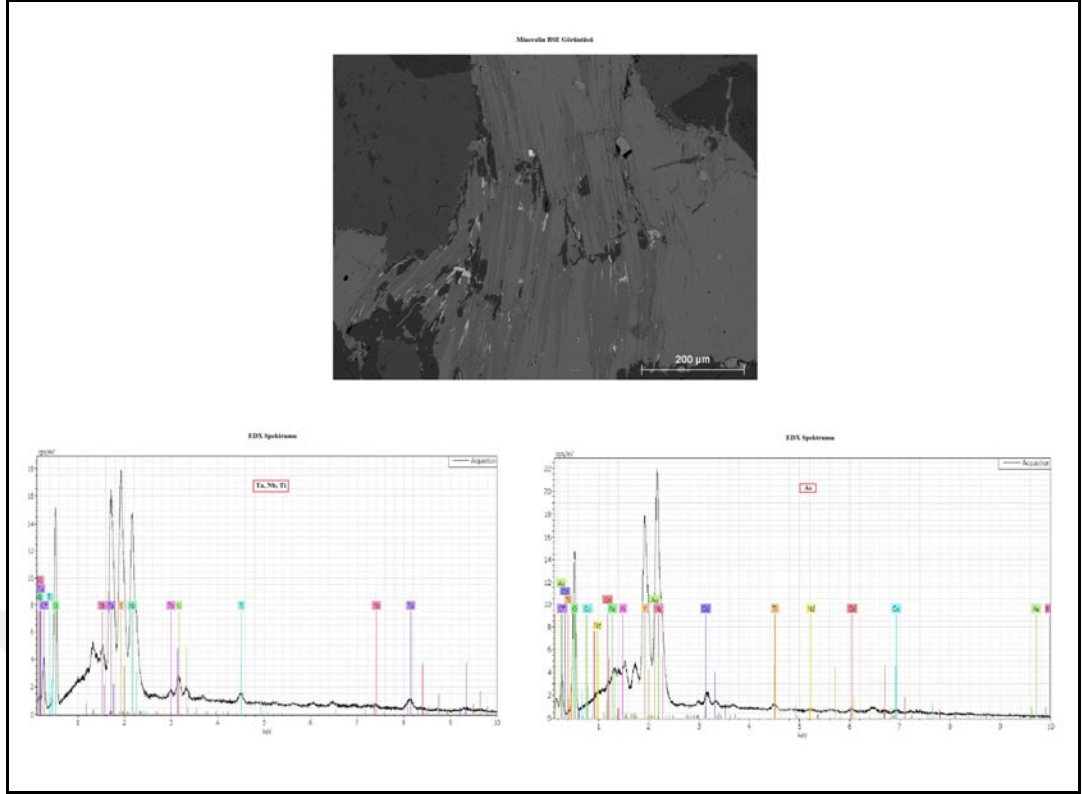
Şekil 5.53 : Hidrojenetik biyotit içindeki dumortiyerit mineralinin Raman spektroskopik karakteristikleri.

Bor (B), genellikle bakiye eriyikler veya akışkanlar şeklinde özellikle kırık zonlarında yüzlek veren pegmatitik granitler, Fe-hidroksitler ve diğer düşük-sıcaklık alterasyon fazlarında zenginleşmektedir. Bor, ortadan yükseğe (≥ 100 °C) doğru olan sıcaklıklardaki akışkanlarda kolayca çözülebilir olduğundan, potansiyel olarak uçucu bir elementtir. Dolayısı ile sulu akışkanların bulunduğu koşullarda yeniden dağılmaya duyarlıdır ki bu durum hidrotermal ortamlarda yaygın olarak söz konusudur. Bunun bir sonucu olarak, birçok kayadaki bor derişimi, hidrotermal ve metamorfik olaylar ile değişebilmektedir. Bor, kendisini içeren minerallerin bozunması veya tepkimeye girmeleri sonucu giderek tüketilir ve salınan sulu

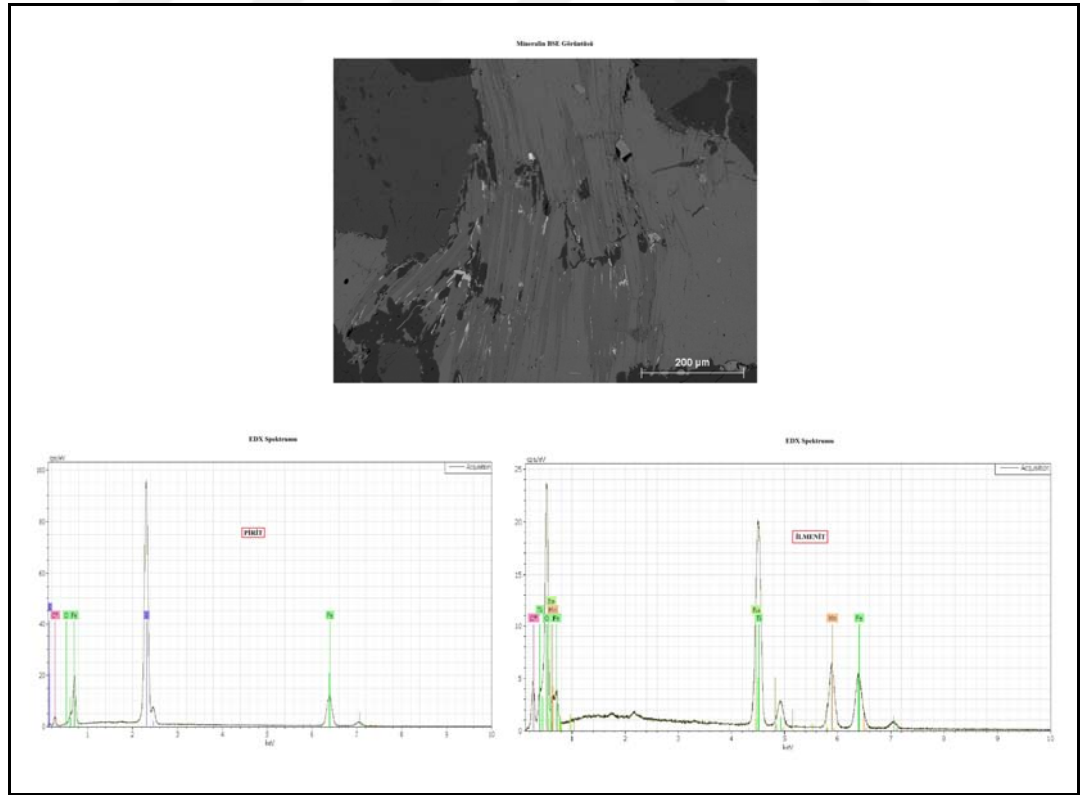
çözeltiye taşınmaktadır (Leeman ve Sisson, 1996). Silisli magmatik kayalarda (örneğin granit), bor kısmen uyumsuz bir iz element olarak davranır fakat; esas olarak fillosilikatlar (mikalar) içinde bulunmaktadır (örneğin biyotit ve muskovit). Bor elementi ayrıca serisitik alterasyon ürünleri (örneğin feldispatların serisitleşmesi) içine de girmektedir. Bu durumda, B^{+3} (iyonik yarıçap = 0.2 Å), muhtemelen fillosilikat (kil, mika gibi) kristal yapılarında tetrahedral koordinasyona sahip Al^{+3} ve Si^{+4} 'un yerini almaktadır (Leeman ve Sisson, 1996).

Biyotitin alterasyonu (klorite veya beyaz mikaya) sonucunda solidus-altı yeniden-denge koşulları oluşmaktadır. Biyotit alterasyonu sonrası oluşan klorit kırıntıları, alterasyondan kaynaklanan yıkanmış zonu ve en azından Fe ve Mg'un turmaline doğru göçünü göstermektedir. Dumortiyerit minerali, borca zengin akışkanların metazomatik sirkülasyonu sonucu oluşmaktadır (Leeman ve Sisson, 1996).

Dumortiyerit mineralinin oluşumunda önemli role sahip olan ve kimyasal bileşiminde bulunan “bor” elementi, jeokimyasal olarak hareketli (mobil) bir element olup, bu elementin, sisteme geç evrede hidrotermal çözeltilerle taşınarak bu mineral fazını oluşturduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, granitlerin bileşiminde bulunan hidrojenetik biyotitlerde yapılan BSEI (Geri-Saçınımlı-Elektron-Görüntüleme) ve EDS analizleri sonucunda Ta, Nb, Ti ve As gibi elementler (Şekil 5.54) ile pirit ve ilmenit mineral kapanımlarının (Şekil 5.55) varlığı tespit edilmiştir. Bu durumda, Raman spektroskopik analizleri sonucunda belirlenen dumortiyerit mineral fazının bu elementlerin kaynağı olduğu ve “holtit”: $[(Al, Ta, Nb, Ti) Al_6 B(Si, Sb, As)_3 O_{15} (O, OH)_3]$ türünde bulunduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.54 : Hidrojenetik biyotitin BSE görüntüsü ve bileşiminde belirlenen Ta, Nb, Ti ve As elementlerinin ED-spektrası (EDS).



Şekil 5.55 : Hidrojenetik biyotitin BSE görüntüsü ve içinde kapanım şeklinde bulunan pirit ve ilmenit minerallerinin ED-spektrası (EDS).

5.4.8.2 Piritlerin Raman spektroskopik analizleri

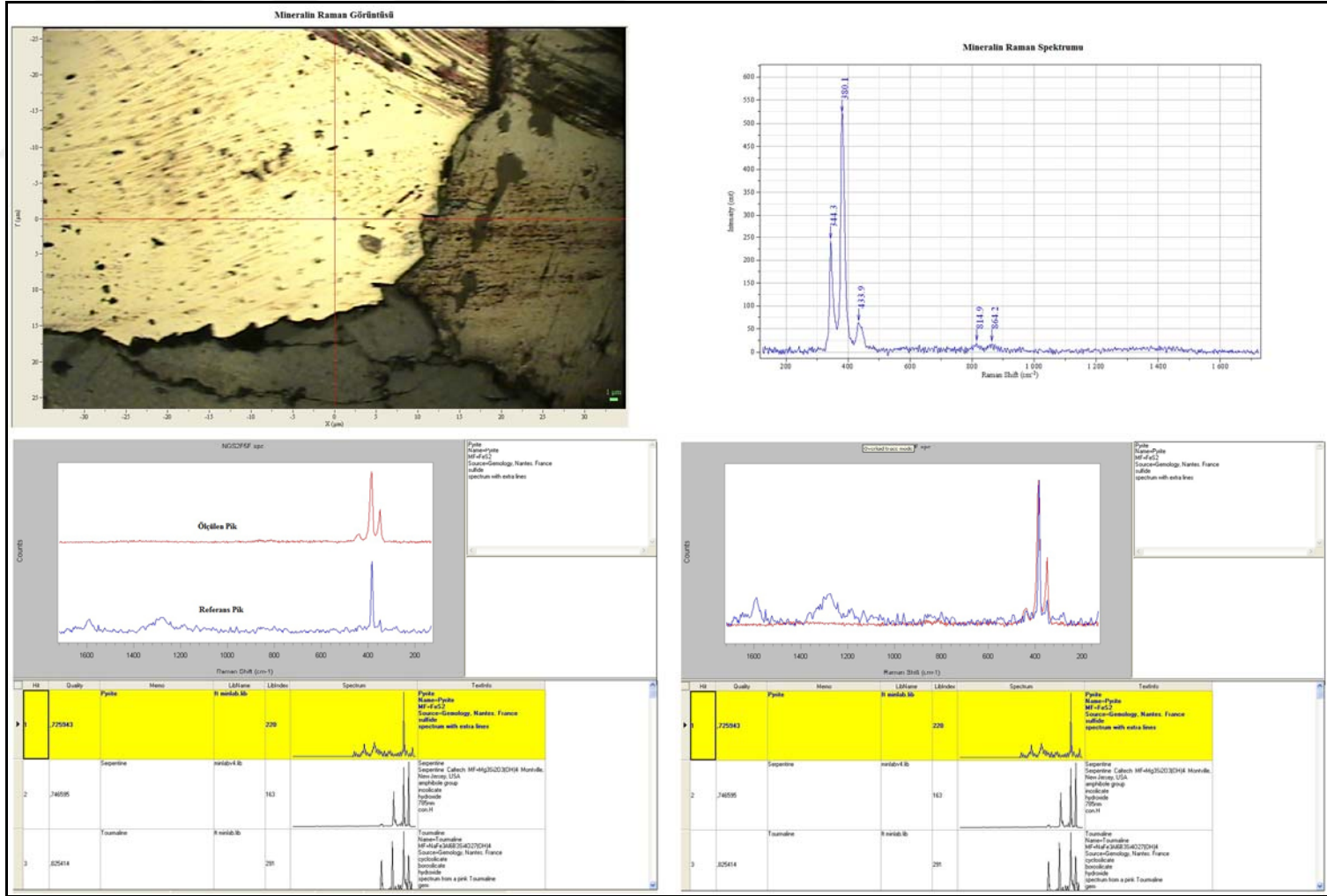
Gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granit örneklerinin bileşimindeki analiz için belirlenen toplam 3'er tane pirit minerali üzerinde Raman spektroskopisi ölçümleri yapılmıştır.

Piritlerin ölçülen Raman spektraları; 344.3 cm^{-1} , 380.1 cm^{-1} , 433.9 cm^{-1} , 814.9 cm^{-1} ve 864.2 cm^{-1} arasında gözlenmektedir (Şekil 5.56). Ölçülen piklerin, cihaz ünitesinin “Spectral ID” veri kütüphanesindeki referans pik değerleri ile birebir örtüştüğü görülmüştür.

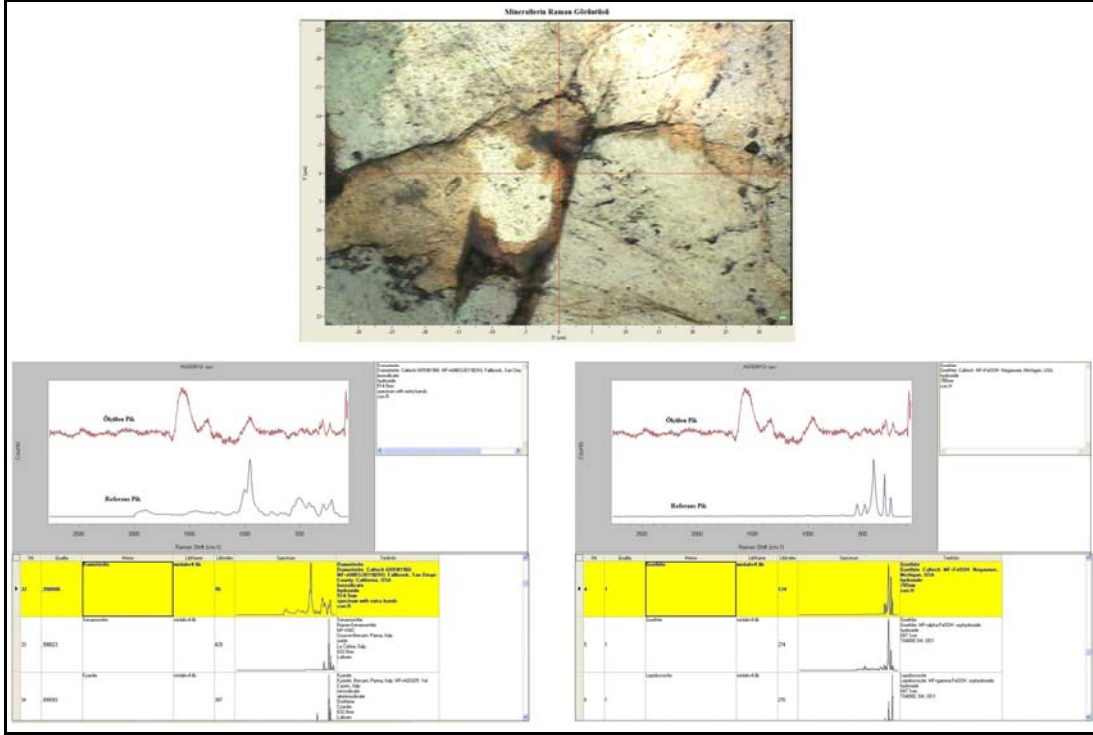
5.4.8.3 Pas fazlarının Raman spektroskopik analizleri

Gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granit örneklerinde biyotit ve pirit minerallerinin oksidasyonu sonucu oluşan pas lekelerindeki mineral fazlarını belirlemeye yönelik olarak Raman spektroskopisi ölçümleri yapılmıştır.

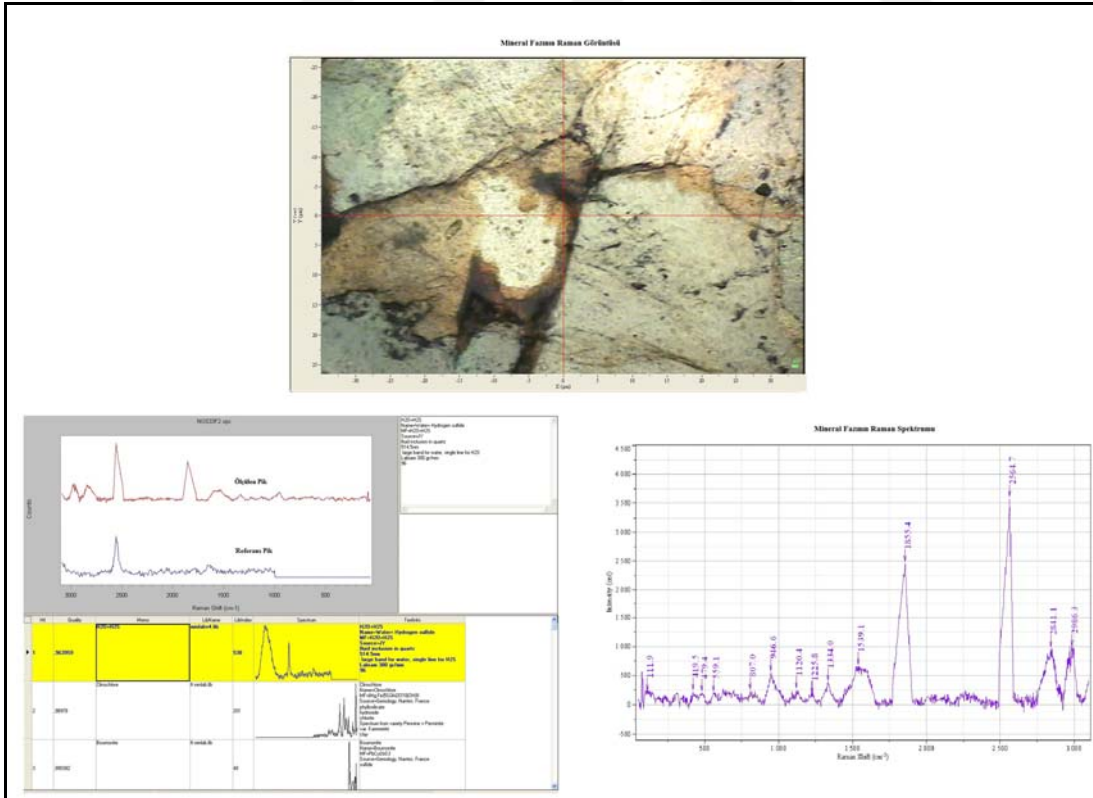
Pas lekelerinde ölçülen Raman spektrası sonucunda bu lekelerin; “dumortiyerit” ve “götüt” mineralleri ile “ $\text{H}_2\text{S}+\text{H}_2\text{O}$ ” bileşimli fazlardan meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 5.57 ve 5.58).



Şekil 5.56 : Piritin Raman spektroskopik karakteristikleri.



Şekil 5.57 : Pas lekelerinde tespit edilen dumortiyerit ve götit minerallerinin Raman spektroskopik karakteristikleri.



Şekil 5.58 : Pas lekelerinde tespit edilen H_2S+H_2O fazlarının Raman spektroskopik karakteristikleri.

5.4.9 Hızlandırılmış paslanma deneyleri

“Crema Lal” ticari isimli gri renkli granitin paslanma riskini laboratuvar ortamında belirlemek için; “termal şok” ve “alkali çözelti” yöntemleri kullanılarak hızlandırılmış paslanma deneyleri yapılmıştır.

5.4.9.1 Termal şok deneyi

Deney, “CEN prEN 14066 (2012)” standardına göre yapılmış ve gri renkli granitten hazırlanan 10x10x2 cm boyutlarındaki plaka örnekler üzerinde uygulanmıştır.

Granit örnekleri, 18 saat süreyle 105 ± 5 °C sıcaklıkta etüvde bekletildikten sonra 6 saat süreyle de oda sıcaklığında (20 ± 5 °C) saf suyun içerisine batırılarak bekletilmiştir. Bu çevrim, toplam 20 defa tekrar edilmiştir. Deney bitiminde, granit örneğinde renk değişiminin olup olmadığı gözlenmiştir.

Deneye tabii tutulan granit örneği üzerinde toplu iğne boyutunda nokta şeklinde pas lekelerinin oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 5.59).



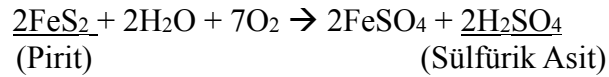
Şekil 5.59 : Termal şok deneyi sonrası gri renkli granit örneği üzerinde oluşan pas lekeleri.

Ayrıca, termal şok deneyi sonrasında, “Crema Lal” ticari isimli granitteki piritlerin oksidasyonu sonucunda oluşan “sülfürik asit (H₂SO₄)” ve “genleşme” etkisiyle granit plaka örneği üzerinde kısmi çatlaklar ve kopmalar oluştuğu görülmüştür (Şekil 5.60).



Şekil 5.60 : Termal şok deneyi sonrasında piritlerin oksidasyonu sonucunda oluşan sülfürik asit etkisiyle granit örneğindeki hasarların görünümü.

Piritlerin oksidasyonu sonucunda oluşan “sülfürik asit”in kimyasal reaksiyonu aşağıda verilmiştir.



5.4.9.2 Alkali çözelti deneyi

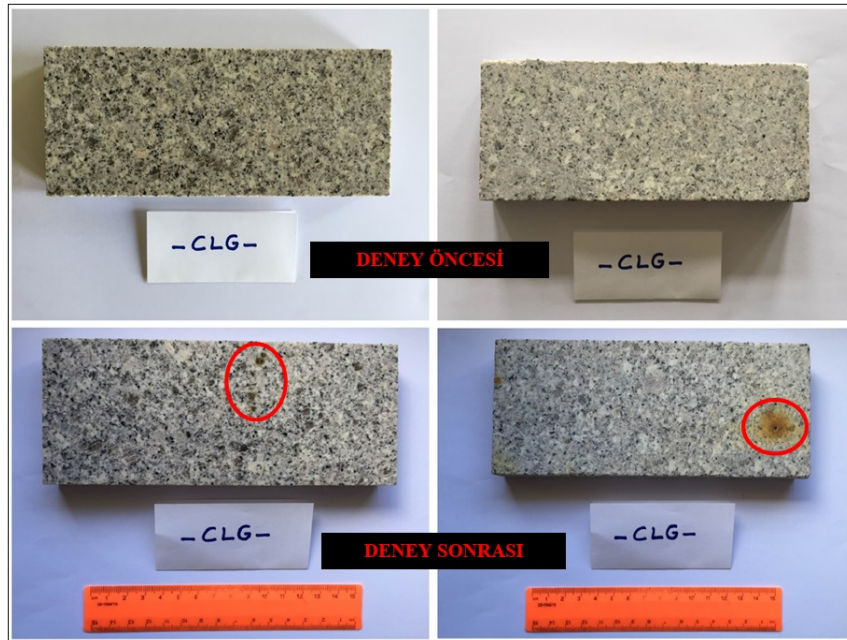
Deney, Bams ve Barquin (2004) tarafından tariflenen yöntemle yapılmıştır. Deneyde, alkali çözelti olarak 1M derişimli (1 litre saf suya 84 g eklenerek) pH değeri 8.4 olan “NaHCO₃ (sodyum bikarbonat)” çözeltisi hazırlanmış ve kullanılmıştır (Şekil 5.61). Bu deney, granit örneklerinin bileşimindeki pirit minerallerinden kaynaklanan paslanma riskini belirlemeye yönelik olarak yapılmıştır. Piritlerin oksidasyon hızı alkali ortamlarda, asit ve nötr ortamlara göre daha yüksektir (Brown ve Jurinak, 1989).

Deney, gri renkli granitten hazırlanan 10x20x2 cm boyutlarındaki plaka örnekler üzerinde uygulanmıştır. Granit örnekleri, 18 saat süreyle 55 ± 5 °C sıcaklıkta etüvde

bekletildikten sonra, 6 saat süreyle de oda sıcaklığında (20 ± 5 °C) NaHCO_3 çözeltisi içerisinde batırılarak bekletilmiştir. Bu çevrim, toplam 20 defa tekrarlanmıştır. Deney bitiminde, granit örneğinde renk değişiminin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Deneye tabii tutulan granit örneğinin yüzeyinde toplu iğne boyutunda nokta şeklinde pas lekelerinin ve pirit minerallerinin oksidasyonu sonucu çözünmesiyle oyuklanmaların oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 5.62).



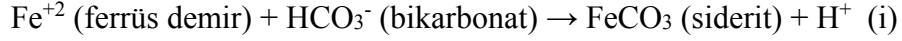
Şekil 5.61 : Alkali çözelti deneyi için hazırlanan 1M derişimli NaHCO_3 çözeltisi ve deney tabii tutulan gri renkli granit örnekleri.



Şekil 5.62 : Alkali çözelti deneyi sonrası gri renkli granit örneğinin ön ve arka yüzeyinde oluşan pas lekeleri ve oyuklanma.

Alkali çözelti deneyi sonrasında, granit örneklerinin bileşiminde bulunan piritlerin ayrışmasıyla açığa çıkan ferrüs demirin oksidasyonu sonucunda oluşan pas

lekelerinin kimyasal reaksiyon denklemleri aşağıda verilmiştir. Bu reaksiyonda alkali çözeltideki “bikarbonat” etkisiyle piritlerin “siderit” ve “pas lekesi (götit)” oluşumuna kaynak teşkil ettiği görülmektedir (Descostes vd., 2002).



5.5 Pas Lekelerini Temizlemeye ve Önlemeye Yönelik Çözüm Önerileri

Doğal taşlarda “koruma” kavramı; bozulmanın teşhisi, temizleme, sağlamlaştırma (konsolidasyon), kopan parçaların yapıştırılması, su iticilerin ve yüzey koruyucuların kullanılması ile kozmetik ve plastik onarımlardan meydana gelen araştırma ve uygulamaların bütünüdür (Ersen, 2011). Doğal taş koruma uygulamalarının verimli düzeyde olabilmesi için, uygulama öncesinde taşın cinsi ve ayrışmanın türü ile derecesi belirlenmeli daha sonra taşa uygun kimyasallar ve uygulama yöntemleri seçilmelidir. Seçilecek olan koruma işleminin uygulama kararını belirleyen en önemli parametreler; taşın mineral bileşimi, dokusal-yapısal özellikleri ve buna bağlı boşluk yapısı ve boşluk boyutu dağılımı ile geçirimsizliğidir (Tintin, 2012).

Doğal taş koruma uygulamalarında kullanılan kimyasallar amaçlarına göre; güçlendirme (yapıştırma ve dolgu), temizleme (leke sökücü), yüzey koruma (su itici), parlatma ve özel işlem kimyasalları olarak gruplandırılmaktadır (Acar, 2011).

Doğal taşların korunması (sağlamlaştırması) için kullanılacak kimyasallarda aranan özellikler Heaton (1921) göre aşağıda tanımlanmıştır:

- Koruyucu kimyasal taşın bünyesine kolaylıkla geçebilmeli (nüfuz edebilmeli) ve kuruyarak orada kalmaya devam etmelidir,
- Yüzeyde yoğunlaşarak sert bir tabaka oluşturmamalı, fakat aynı zamanda erozyonu engellemek için yüzeyi yeterince sertleştirmelidir,
- Uygulandığı yüzeyde sulara karşı geçirimsiz olmalı yani nem girişini engellemeli, ama taşın nefes almasına engel olmamalıdır,
- Taşın doğal görünümünü ya da rengini hiç bir şekilde değiştirmemelidir,

- Taş ile birlikte şekilli bir biçimde büyüyüp, küçülebilmelidir. Böylece taşın, soyularak dökülmemesi gerekmektedir,
- Zararsız ve aşındırıcı olmayan bir özelliğe sahip olmalıdır,
- Uygulama işçiliği ve malzeme maliyeti bakımından ekonomik olmalıdır,
- Koruyucu özelliğini uzun süre sürdürebilmelidir.

Sonuç olarak taş koruma uygulamaları ile değişken atmosferik koşullara karşı kullanılan taşın dayanımı artırılarak fiziko-mekanik özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamak ve böylelikle taşa meydana gelebilecek bozulmayı mümkün olduğu kadar azaltmak veya durdurmak amaçlanmaktadır.

Bu bölümde, çalışmaya konu olan ve hidrojenetik biyotitler ile hidrotermal piritlerin oksidasyonu sonucunda “Crema Lal” ticari isimli gri renkli granitlerde meydana gelen pas lekelerini temizlemeye ve önlemeye yönelik olarak koruma amaçlı bazı çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

5.5.1 Pas lekelerinin temizlenmesi

Granitlerin mineralojik bileşimlerinde bulunan ve özellikle atmosferik etkiler (sıcaklık, nem vb.) ile taşın fiziko-mekanik özelliklerindeki (yüksek porozite ve permeabilite, mikro çatlaklar ve fissürler) kusurlara bağlı olarak duraylılıklarını kaybederek oksidasyona uğrayan bazı minerallerin (biyotit ve pirit gibi) oluşturduğu pas lekeleri inorganik kökenli olup, metalik fazların (götit) oluşturduğu “pas (rust)” türleridir. Bu türdeki pas lekelerini temizlemeye yönelik olarak bazı doğal malzemeler ile kimyasalların karışımı ile oluşturulan pas çözücüler kullanılmaktadır.

“Poultice (lapa)” adı verilen bu pas çözücü karışımlarda, granitlerdeki pas lekelerini temizlemek için kullanılan doğal malzemeler başlıca; toz şeklinde öğütülen atapuljit, sepiyolit, bentonit ve kaolinit türündeki killer, talk, tebeşir (whiting) ve diyatomit (kizelgur) toprağıdır. Emici (absorban) özelliği olan bu malzemeler ile karıştırılan kimyasallar ise; saf suyla seyreltilmiş olan oksalik asit ($H_2C_2O_4$), hidrojen peroksit (H_2O_2), EDTA (etilendiamine tetra asetik asit; $C_{10}H_{16}N_2O_8$) ve amonyum oksalat ($C_2H_8N_2O_4$)’tır (Url-12). Çalışma kapsamında, birim maliyetinin uygunluğu

nedeniyle “diyatomit toprağı” ile “oksalik asit” çözeltisi karışımından hazırlanan “pas çözücü” kullanılmıştır (Şekil 5.63; Url-13).

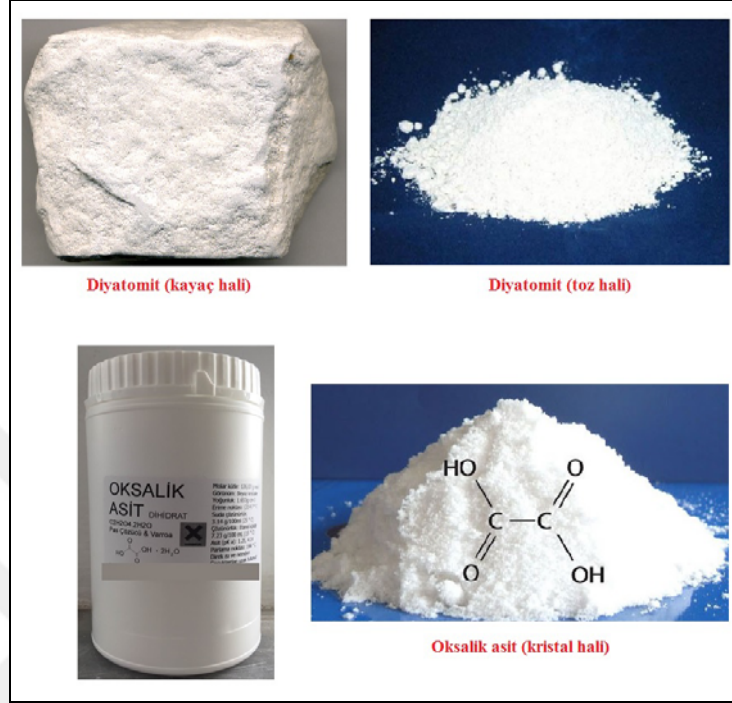
Diyatomit; “diyatome (Bacillariophyta)” adı verilen ökaryotik, tek hücreli, mikroskopik algerin fosilleşmiş silisli kabuklarından meydana gelen organik bir sedimenter kayadır (Çetin ve Taş, 2012).

Diyatomit, yüksek gözeneklilik ve emici özelliğinden dolayı pas lekelerinin temizlenmesinde “absorban (emici)” malzeme olarak kullanılmaktadır. Hazırlanan karışımda kullanmak için, 105 °C’de 24 saat etüvde kurutulan diyatomit, çeneli kırıcıda < 15 mm boyuta indirgendikten sonra, titreşimli halkalı öğütücüde 1000 dak¹lık devirde öğütme ile < 40 mikrona indirgenmiştir. Öğütülmüş olan diyatomit örneklerinden hazırlanan toz haldeki doğal malzeme ile karıştırılmak üzere seçilen kimyasal malzeme, oksalik asit (H₂C₂O₄); 1 kg’lık ambalajda kristal halde olup, saf su ile seyreltilerek % 10’luk (1 lt saf suya 100 g kristal haldeki oksalik asit eklenerek) asit çözeltisi hazırlanmıştır (Url-14).

Oksalik asit; bir tür indirgen organik asit olup, metal katyonları (Fe⁺³ gibi) ile “şelat” oluşturucu özelliğe sahiptir. Bu özelliğinden dolayı, pas lekesinde bulunan “ferrik demiri (Fe⁺³)” bileşimindeki “C₂O₄⁻² (oksalat)” anyonu yardımıyla yakalayıp “ferrik-oksalat” olarak bilinen kararlı ve suda çözülebilen bir tuz (şelat) oluşturur. Bu tuzun pas lekesini çözüp temizleme özelliği söz konusudur.

Uygulama aşamasında, toz haldeki diyatomit ile kristalize halinden saf suyla seyreltilerek oluşturulan % 10’luk oksalik asit çözeltisi macun kıvamına gelinceye kadar bir kabın içerisinde karıştırılmıştır. Karışım sonucunda elde edilen macun kıvamındaki malzeme, spatula yardımıyla pas lekesi bulunan taş yüzeyine yaklaşık 6 mm (1/4”) kalınlığında uygulanmıştır. Bu işlem tamamlandıktan sonra macunun üzerine jelatin folyo kaplanarak kenarları bantlanmış, yaklaşık 24-48 saat kuruması beklendikten sonra jelatin folyo sökülerek macun spatula yardımıyla pas lekesi bulunan taş yüzeyinden kazınıp, su ile yıkanarak temizlenmiştir (Şekil 5.64); (Url-15).

Tez çalışması kapsamındaki granit örneklerinde meydana gelen pas lekelerinin temizlenmesi için seçilen bu yöntemin uygulanması sonrasında, pas lekelerinin granit yüzeyinden büyük ölçüde temizlendiği görülmüştür (Şekil 5.65).



Şekil 5.63 : Granitlerdeki pas lekelerinin temizlenmesi için kullanılan diyatomit toprağı (kizelgur) ve kristalize oksalik asit (Url-14).



Şekil 5.64 : Doğal taş yüzeyindeki pas lekelerinin temizlenmesinde kullanılan “poultice” karışımının uygulama aşamaları (Url-15).



Şekil 5.65 : “Crema Lal” ticari isimli granit örneğinin üzerindeki pas lekelerinin tez çalışması kapsamında seçilen “poultice” karışımı ile temizlenme işlemi.

Pas lekesinin kısmi temizlenmesi durumunda lekenin tamamen temizlenmesi amacıyla aynı işlem birkaç defa tekrarlanmalıdır. Seçilen bu temizleme yönteminde kullanılan karışımın uygulanacağı 1 m²'lik alan için hesaplanan birim maliyet analizi aşağıda sunulmuştur.

- Diyatomit toprağı (öğütülmüş halde): yaklaşık 5 TL/kg (1 m² için; 100 g diyatomit toprağı gerekmektedir)
- Oksalik asit (kristal halde): yaklaşık 10 TL/kg (1 m² için; 1 lt saf suya 100 g oksalik asit eklenmesi gerekmektedir)
- Karışımın birim alana uygulama miktarının maliyeti yaklaşık 1.5 TL /m²' dir.

5.5.2 Pas lekelerinin önlenmesi

Granitlerde mineral oksidasyonuna bağlı olarak meydana gelen pas lekelerini önlemeye yönelik olarak seçilecek koruma işleminin en önemli ölçütü; granitin yüzeyinin su, nem ve diğer atmosferik etkilere karşı yalıtım sağlayacak olan uygun kimyasalın seçilmesidir. Bu tür koruma uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan

kimyasal; “hidrofobik (su sevmez)” özelliğe sahip olan “su iticiler (water repellents)” dir.

Su iticilerin esas amacı; ortamdaki suyun taşın içine nüfuz etmesini önlemek veya azaltmak yoluyla taşın bozulma sürecini yavaşlatmak aynı zamanda da taşın nefes almasını sağlamaktır.

Bir su itici kimyasalda aranan en önemli nitelikler aşağıda verilmiştir (Taş Restoratörü, 2013).

- Renksiz ve şeffaf olmalıdır,
- Derin ve üniform penetrasyon yapmalıdır,
- Boşluk yüzeylerini kaplayarak reçine köprüleri kurmalıdır,
- Lekelenme ve çiçeklenme oluşturmamalıdır,
- Hava kirleticilere, O₂ (oksijen) ve UV (ultraviyole) ışınlara dirençli olmalıdır.

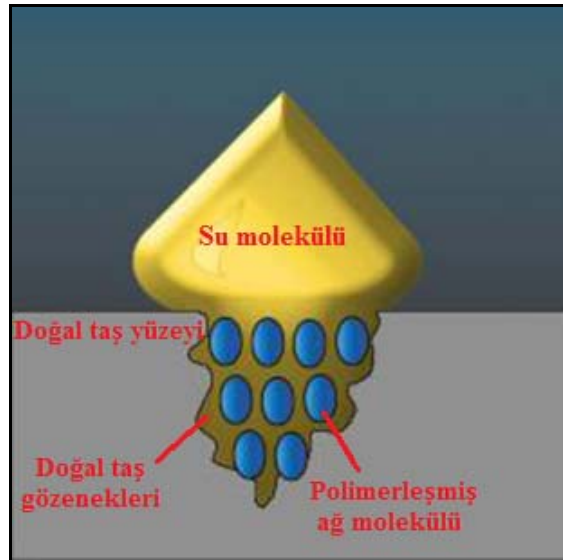
Doğal taşlardaki koruma uygulamalarında kullanılan kimyasallar başlıca; polimer bazlı, nanoteknolojik polimer bazlı, solvent bazlı ve su bazlı olarak üretilmektedirler (Acar, 2011). Günümüzde en yaygın olarak kullanılan su iticiler, “polimer bazlı (silan/siloksan)” kimyasal malzemelerdir. Silan-siloksan esaslı bu kimyasal malzemeler (örneğin; alkoksisilan ve oligomerik polisiloksan), çok geniş bir yelpazede silika jel ağları oluşturmak için polimerize olan organik silikon bileşiklerdir. Oluşan jel kururken (dehidrasyon sırasında) uygulanan malzemenin yüzeyinde silika tortusu oluşturmaktadır. Doğal taşın gözeneklerine dolan kimyasal moleküllerinin polimerleşmesi sonucunda, örerek oluşturduğu bu silika jel ağ dokusundan su molekülleri geçemez (Şekil 5.66). Böylelikle, suyun doğal taşın içine nüfuz etmesi önlenmiş olmaktadır (Şekil 5.67). Silan-siloksan esaslı malzemelerin genellikle uygulama sonuçları değişken olmakla birlikte, gözenekli malzeme (doğal taş) içine derinlemesine nüfuz (penetrasyon) edebilmektedirler. Silan-siloksanların kullanımı sonucunda doğal taşlarda önemli ölçüde sağlama ve koruma sağlandığı belirlenmiştir (Taş Restoratörü, 2013).

Tez çalışması kapsamındaki granitlerde mineral oksidasyonuna bağlı olarak meydana gelen pas lekelerinin önlenmesine yönelik olarak granit yüzeyine uygulanması için seçilecek olan su itici özellikteki silan-siloksan esaslı kimyasallarda, performans

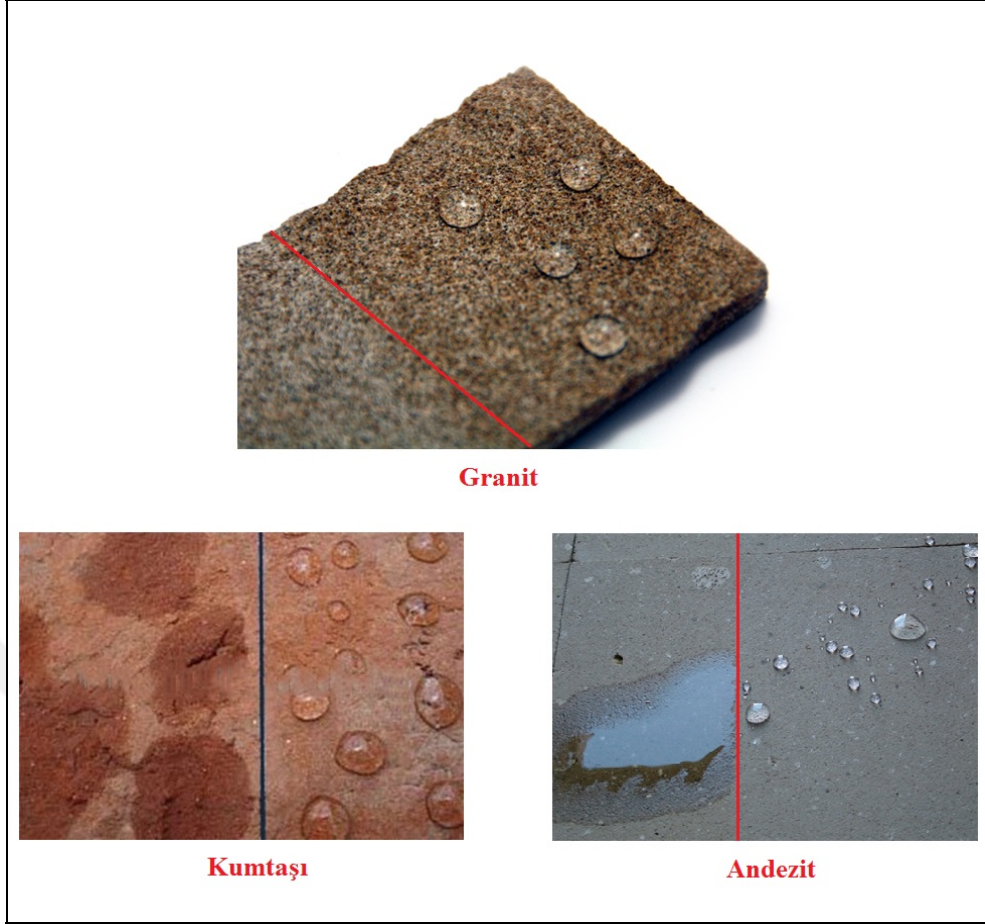
gereksinimleri doğrultusunda yapılması gerekli incelemeler *ASTM E2167-01 (2008)* standardına göre tanımlanmıştır.

Bu standartta belirtilen bilgiler doğrultusunda, granite uygulanacak koruyucu kimyasalın (silan-siloksan esaslı su itici) uygulama sonrasında, granitin bazı özelliklerinde belirlenmesi öngörülen değişimler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Penetrasyon derinliği ölçümü,
- Taşın fiziksel özelliklerindeki (su emme, porozite vb.) değişimin belirlenmesi,
- Taşın mekanik (basınç, eğilme, aşınma vb.) özelliklerindeki değişimin belirlenmesi,
- Taşın hidrofobik özelliklerindeki değişimin belirlenmesi (su buharı geçirgenliği, kılcal su emme katsayısı ve permeabilite),
- Taşa sürülen koruyucu kimyasalların ağırlığının (kimyasal yükleme) belirlenmesi,
- Taşın tuz kristallenme etkilerine karşı dayanımının belirlenmesi,
- Taşta renk değişiminin olup olmadığının belirlenmesi (hızlandırılmış eskitme deneyleri)'dir.



Şekil 5.66 : Su itici kimyasalın doğal taşın gözeneklerinde oluşturduğu polimer ağ dokusu ve su molekülünün bu ağ dokusundan dolayı taşın içine nüfuz edememesi durumu (Acar, 2011).



Şekil 5.67 : Su itici kimyasal uygulanan ve uygulanmayan farklı türdeki doğal taş yüzeylerinin mukayeseli görünümü (Url-16; Url-17 ve Url-18).

Su iticilerin doğal taş yüzeyine uygulama işlemi genellikle; fırça, rulo ve püskürtme tekniğiyle yapılmaktadır. Granitlerde, polimer esaslı su veya solvent bazlı su itici kimyasallar kullanılarak yapılan yüzey koruması işleminin ve bu sayede mineral oksidasyonundan dolayı oluşabilecek pas lekelerinin önlemesi için önerilen ürüne, ABD menşeli “BASF” isimli firma tarafından üretilen solvent bazlı ve silan-siloksan esaslı “SİLKONAL Masterseal F 1340” su itici örnek verilebilir. Bu ürün, 5 lt’lik teneke bidonlarda piyasaya sunulmaktadır. Bunun dışında günümüzde, daha etkili sonuçlar veren “nanoteknoloji” ürünü su itici kimyasalların kullanılması da önerilmektedir.

İçeriği gizli tutulan bu ürünlerden piyasada en yaygın olarak bulunanı “STAIPROOF” isimli üründür. Avustralya menşeli “DRYTREAT” isimli firma tarafından üretilen bu ürün, 1 ve 5 galonluk (1 galon = 3.79 lt) bidonlarda üretilip pazarlanmaktadır (Şekil 5.68).



Şekil 5.68 : DRYTREAT STAIN-PROOF nanoteknoloji ürünü su itici-pas koruyucu (Url-19; Url-20).

Yeni Zelanda bölgesindeki şist türündeki doğal taşların kullanıldığı bir duvar yapısında, şistin bileşimindeki piritlerin oksidasyonu sonucu oluşan pas lekelerinin önlenmesi için “STAIN-PROOF” nanoteknoloji esaslı su itici kimyasal şistlerin yüzeyine uygulanmış ve pas lekelerinin oluşumu önlenmiştir (Şekil 5.69).



Şekil 5.69 : Pas lekelerinin (solda) önlenmesi için STAIN-PROOF nanoteknoloji esaslı su itici uygulanan (sağda) şist türündeki doğal taşlardan yapılmış olan duvar yapısı (Url-21).

Doğal taş yüzeyine uygulanacak olan bu tür su itici kimyasal ürünlerin kullanılacak alandaki birim maliyetleri nispeten yüksek olmasına rağmen etkili sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tez çalışması kapsamında, birim maliyeti polimer ve nanoteknoloji esaslı su iticilere göre çok daha düşük olan “yüzeyi kaplanmış mikronize kalsit (coated micronized calcite)” malzemeye oluşturulan su iticilerin kullanılması önerilmektedir. Organik bileşimli malzeme olan polimerler ile inorganik bileşimdeki mineraller (örneğin; kalsit) arasında yüzey gerilimi farkı bulunduğundan “absorban (emici)” özelliği olan kalsit minerallerinin “adsorban (yüzeyde tutucu)” özellik kazandırmak için, “yüzey kaplanması (yüzey modifikasyonu)” yoluna gidilmiştir.

Kalsit (CaCO_3); polimerik kompozit malzemelerde “dolgu” malzemesi olarak hali hazırda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dolgu malzemesi kullanmak maliyeti önemli ölçüde azaltmakta ve çoğu durumlarda kompozit malzemenin fiziksel özelliklerini de iyileştirmektedir. Yüzeyi kaplanmış mikronize kalsit minerali, hidrofobik yapısı, düşük yüzey enerjisi, kolay dispersiyon ve yüksek homojenizasyonu ile daha parlak, düzgün ve geçirimsiz bir yüzey oluşumu sağlamaktadır.

Kaplama işlemi; mikronize (3-5 mikron tane boyutlu) kalsitin “stearik asit” ile belirli oranlarda (ortalama %1) karıştırılarak, direkt olarak “Reymond” adı verilen değirmene beslenmesi sonucunda, sürtünme enerjisinden faydalanılarak gerçekleştirilmektedir (Uçurum, 2014). Mikronize kalsitin yüzey kaplama işleminde kullanılan stearik asit ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$), doymuş bir yağ asididir. Çoğu hayvan ve bitki türünden elde edilen katı-sıvı yağlarda, çoğunlukla “gliserid stearin” şeklinde bulunmaktadır.

Sonuç olarak; doğal taşlarda pas lekelerinin oluşumunu önlemek amacıyla kullanılan su itici kimyasal malzeme üretiminde “yüzeyi kaplanmış mikronize kalsit” minerallerinin kullanılmasının birim maliyet açısından daha hesaplı bir yöntem olduğu öngörülmektedir.



6. ÇALIŞMA BÖLGESİNDEKİ GRANİTLERİN RADYOAKTİVİTE POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Granitlerde, mineral bileşiminden kaynaklı en önemli jeolojik sorunlardan bir diğeri de granitlerin sahip oldukları “radyoaktivite” potansiyelleridir. Özellikle yapıların iç mekânlarında kullanılan granitlerin radyoaktivite potansiyellerinin belirlenmesi insan sağlığı açısından son derece önem teşkil etmektedir.

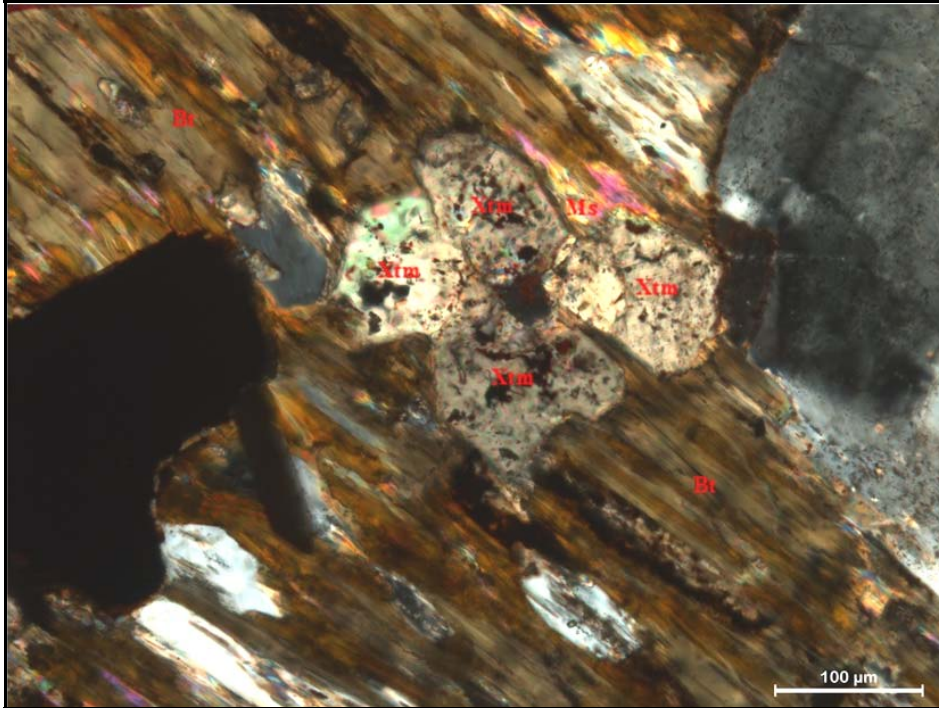
Granitler, yerkabuğunu oluşturan kayaçlar arasında en yüksek radyoaktivite potansiyeline sahip doğal taş türüdür. Bu durumun, granitin oluşumu sırasında, magmanın kısmi olarak ergimesi ve fraksiyonel kristallenme sırasında sıvı fazda bulunan K (potasyum), U (uranyum) ve Th (toryum) elementlerinin magmadaki silisçe zengin olan minerallere dahil olması sonucunda meydana geldiği görüşü öne sürülmektedir (Tzortzis vd, 2003; Pavlidou vd, 2006).

Granitlerde, radyoaktivite potansiyelini, bileşimlerinde bulunan bazı “radyojenik” mineraller denetlenmektedir. Bu minerallerin bazıları granitlerin bileşiminde “esas” mineraller (alkali feldispat, biyotit, muskovit gibi) olarak bulunurken, bazıları ise “aksesuar” mineraller (zirkon, apatit, sfen, allanit, ksenotim, monazit, torit, uranotorit gibi) olarak yer almaktadır. Bu mineraller, doğal radyoaktiviteye (Gamma radyasyonu) neden olan ^{40}K “radyoizotop”u ile ^{238}U ve ^{232}Th “radyonüklit”lerini yüksek konsantrasyonda içermektedirler. ^{40}K konsantrasyonun ana kaynağını çoğunlukla alkali feldispat ve biyotit mineralleri oluştururken, ^{238}U ve ^{232}Th konsantrasyonlarının ana kaynağını ise başlıca; zirkon, apatit, sfen, ksenotim, monazite, torit ve uranotorit mineralleri oluşturmaktadır (UNSCEAR, 2000). Tez çalışması kapsamında seçilen “Aksaray” bölgesindeki blok taş ocaklarında günümüzde işletilen 3 farklı ticari granitin (“Crema Lal - açık pembe”, “Rosalin” ve “Aksaray Yaylak”) radyoaktivite potansiyelleri ve oluşturabilecekleri radyolojik riskler başlıca; mineralojik-petrografik, jeokimya, mineral kimyası (EPMA), Raman

ve Gamma spektroskopisi analizleri kullanılarak ve yapı malzemelerindeki doğal radyoaktivitenin belirlenmesine yönelik olarak hazırlanan Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi ile Avrupa Birliği Komisyonu raporları dikkate alınarak değerlendirilmiştir.


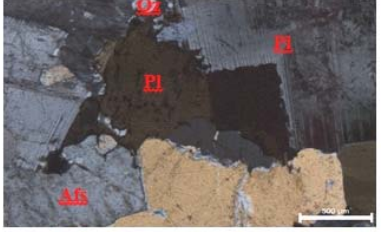

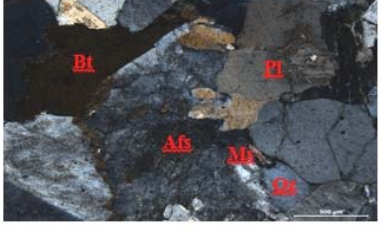

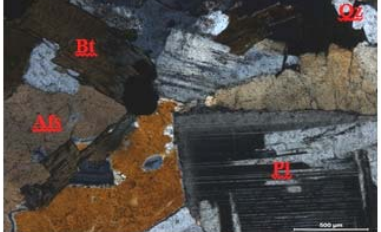
6.1 Mineralojik-Petrografik Çalışmalar

Çalışma bölgesinde işletilen ticari granitlerin radyoaktivite potansiyelleri ve oluşturabilecekleri radyolojik risklerin belirlenmesi kapsamında; megaskobik (renk ve görünüm) ve polarizan mikroskop altında tüm kaya genelinde yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen mineralojik ve petrografik özellikleri Çizelge 6.1’de verilmiştir. Bununla birlikte, polarizan mikroskop çalışmaları sonucunda granitlerin bileşiminde tespit edilen potansiyel “radyojenik” mineraller, “Crema Lal (açık pembe)” ticari isimli granitte başlıca; alkali feldispat, biyotit, zirkon ve apatit, “Rosalin (Aksaray Pink)” ticari isimli granitte; alkali feldispat, biyotit, muskovit, zirkon, apatit ve ksenotim (Şekil 6.1) ve “Aksaray Yaylak” ticari isimli granitte ise alkali feldispat, biyotit, zirkon ve apatittir.



Şekil 6.1 : Rosalin/Aksaray Pink granitindeki ksenotim minerallerinin polarizan mikroskop altındaki görüntüsü (ÇN, 50X; Bt:Biyotit, Ms:Muskovit, Xtm: Ksenotim).

Çizelge 6.1 : Çalışma bölgesinde işletilen ticari granitlerin mineralojik-petrografik özellikleri.

Granitin Ticari Adı	Ocak Yeri	Renk	Doku ^a	Mineral Bileşimi ^b	Petrografik Adı ^c	Megaskobik Görünüm	Mikroskobik Görünüm
Crema Lal	Aksaray-Ortaköy-Ozancık	Açık pembe	Hipidiyomorfik granüler	Qz, Afs, Pl, Bt, Chl, Zr, Ap, Opq	Monzogranit		
Rosalin (Aksaray Pink)	Aksaray-Ortaköy-Kalebalta	Pembe	Hipidiyomorfik granüler	Qz, Afs, Pl, Bt, Ms, Chl, Cal, Xtm, Zr, Ap, Opq	Alkali feldispat granit		
Aksaray Yaylak	Aksaray-Sarıyahşi-Yaylak	Pembemsi Gri	Hipidiyomorfik granüler	Qz, Afs, Pl, Bt, Chl, Zr, Ap, Opq	Monzogranit		

^a Le Maitre (2002);

^b Whitney ve Evans (2010); Kısaltmalar: Qz: Kuvars, Afs: Alkali feldispat, Pl: Plajiyoklaz, Bt: Biyotit, Ms: Muskovit, Chl: Klorit, Cal: Kalsit, Zr: Zirkon, Ap: Apatit, Xtm: Ksenotim, Opq: Opak mineraller; ^c Le Bas ve Streckeisen (1991).

6.2 Jeokimyasal Çalışmalar

6.2.1 Radyojenik elementlerin ve minerallerin jeokimyasal özellikleri

Yerkabuğundaki farklı elementlerin konsantrasyonu ve bulunuşu, iyonik yarıçap, iyonik yük (değerlik) ve elektronegativite gibi jeokimyasal özelliklerinin esas olarak benzerliği veya mukayese edilebilirliği gibi jeokimyasal özelliklerine bağlı olarak magmadan veya diğer akışkanlardan kristalleşme sırasında birlikte derişmektedirler. Özellikle, Th ve U gibi elementler çoğunlukla asidik magmatik kayalardaki aksesuar minerallerde konsantre olmaktadır. Bu mineraller, ya ayrı kristaller olarak ya da biyotit, kuvars ve feldispatlar gibi kayaç yapıcı esas minerallerin içerisinde kapanımlar şeklinde bulunmaktadır. Kuvars, feldispat ve ferromagnezyan minerallerin (özellikle biyotit) Th, U ve K içerikleri aşağıdakilerden biri veya bir kaçına bağlı olabilmektedir:

i) kristal kafes kusurları içerisinde kapanlanma, ii) sıvı kapanımlar içerisinde kapanlanma, iii) çatlaklar boyunca çökeltme ve iv) kristal yüzeylerine adsorbe olma şeklindedir (Heinrich, 1958; Adams vd., 1959).

Tipik olarak U, Th, ve K içeren radyojenik mineraller ve bunların bollukları Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2 : U ve Th radyonüklitlerini ve K radyoizotopunu içeren potansiyel radyojenetik mineraller ve bu minerallerde bulunan radyonüklitlerin bolluk dereceleri (Clark vd., 1966).

Mineral Adı	Genel Kimyasal Formülü	Bolluk Derecesi (%)		
		K	U	Th
Allanit	(Ca, Ce, Y, Th) ₂ (Al, Fe, Mg) ₃ Si ₃ O ₁₂ (OH)	-	*	***
Apatit	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F, Cl, OH)	-	*	*
Biyotit	K(Mg, Fe) ₃ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	8-9	-	-
Hornblend	NaCa ₂ (Mg, Fe, Al) ₅ (Si, Al) ₈ O ₂₂ (OH) ₂	***	-	-
Monazit	(Ce, La, Y, Th)PO ₄	-	**	2-20
Muskovit	K(Al) ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	9.8	-	-
Ortoklaz	KAlSi ₃ O ₈	14.0	-	-
Sfen	CaTiSiO ₅	-	*	*
Torit	ThSiO ₄	-	***	72
Ksenotim	YPO ₄	-	***	**
Zirkon	ZrSiO ₄	-	**	**

***= 0.5-3 %; **= 0.1-0.5 %; *= 0.001-0.1 %.

Bu kapsamda, asidik magmatik kayaların içerdiği radyojenik minerallerin mineral kimyaları esas olarak fraksiyonel kristallenme, metazomatik ve/veya hidrotermal etkinlikler gibi kristallenme olayları süresince zenginleşme ve element davranışları tarafından kontrol edilmektedir. Bu yüzden, +4 oksidasyon değerliği ile 0.97 Å iyonik yarıçapa sahip U ve +4 oksidasyon değerliliği ile 0.98 Å iyonik yarıçapa sahip Th, Ca⁺² (0.99 Å), Zr⁺⁴ (0.86 Å) ve NTE (Ce, La ve Y) gibi aynı ya da benzer yük ve/veya benzer iyonik yarıçaplara sahip muadil diğer elementlerin varlığına bağlı olarak kristal kafeslerinde kapanlanmaktadır (Goldschmidt, 1954; Heinrich, 1958).

Zirkon (ZrSiO₄), genellikle ergiyik malzeme soğurken kristallenme sırasında aksesuar bir mineral fazı olarak oluşmaktadır. Toryum ve uranyum atomları benzer yarıçap ve değerlikleri (U⁺⁴; 0.97 Å, Th⁺⁴; 0.98 Å ve Zr⁺⁴; 0.86 Å) nedeniyle kristal kafesi içerisine girmektedirler (yüksek parçalanma katsayıları önemli rol oynamaktadır). Zirkon genellikle, % 0.01'den % 0.19'a değişen oranlarda uranyum ve % 1'den % 2'ye değişen oranlarda da toryum içermektedir (Cuney ve Friedrich, 1987; Marocchi vd., 2011).

Apatit (Ca₅ [(PO₄)₃(F, OH, Cl)]), genellikle zirkon gibi asidik magmatik kayalar içerisinde aksesuar mineral olarak bulunmaktadır. U⁺⁴ (0.97 Å) ve Ca⁺² (0.99 Å) arasındaki iyonik yarıçap benzerliğinden dolayı U⁺⁴ apatit kristal yapısına kolayca girebilmektedir. Benzer şekilde, U ve Th yine NTE (özellikle Ce ve Y) ile olan jeokimyasal benzerlikleri nedeniyle allanit [(Ca, Ce, Y, Th)₂ (Al, Fe, Mg)₃ Si₃ O₁₂ (OH)] ve ksenotim (YPO₄) kristal yapısına girebilmektedirler (Altschuler vd., 1958; Marocchi vd., 2011).

6.2.2 XRF ve ICP-MS analizleri

Granit örneklerinde yapılan tüm kaya XRF ve ICP-MS jeokimyasal analizlerinin sonuçları sırasıyla, Çizelge 6.3 ve 6.4'de verilmiştir. Granit örneklerindeki radyoizotoplardan biri olan K'nın miktarları (%) Çizelge 6.3'deki K₂O oranları kullanılarak hesaplanmış (Rollinson, 1993) ve diğer potansiyel radyojenik elementlerin "ppm" cinsinden miktarları ile birlikte Çizelge 6.4'de sunulmuştur.

Çizelge 6.3 : Granit örneklerinin XRF analizleri ile belirlenen major oksit içerikleri ve kızdırma kaybı (LOI) oranları.

Örnek Adı Bileşen (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3(t)}	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI	Toplam
Crema Lal (açık pembe)	77.01	12.47	0.98	0.20	1.02	3.14	4.61	0.09	0.02	0.10	99.64
Rosalin/Aksaray Pink	77.63	12.62	0.70	0.38	0.83	3.51	4.30	0.08	0.52	0.10	100.67
Aksaray Yaylak	77.13	11.95	1.94	0.50	2.19	2.95	2.43	0.28	0.05	0.60	100.02

Çizelge 6.4 : Granit örneklerinde ICP-MS analizleri ile belirlenen radyonüklitlerin ve potansiyel radyojenik minerallerin bileşimde bulunan bazı iz elementlerin içerikleri.

Örnek Adı	Potansiyel Radyojenik Mineral İçeriği	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	Zr (ppm)	Ce (ppm)	Y (ppm)
Crema Lal (açık pembe)	Afs, Bt, Zr, Ap	3.83	10.30	29.70	69.6	30.80	28.1
Rosalin/Aksaray Pink	Afs, Bt, Xtm, Zr, Ap	3.57	10.30	43.90	161	43.20	53.30
Aksaray Yaylak	Afs, Bt, Zr, Ap	2.02	6.10	17.40	109	28.80	15.00

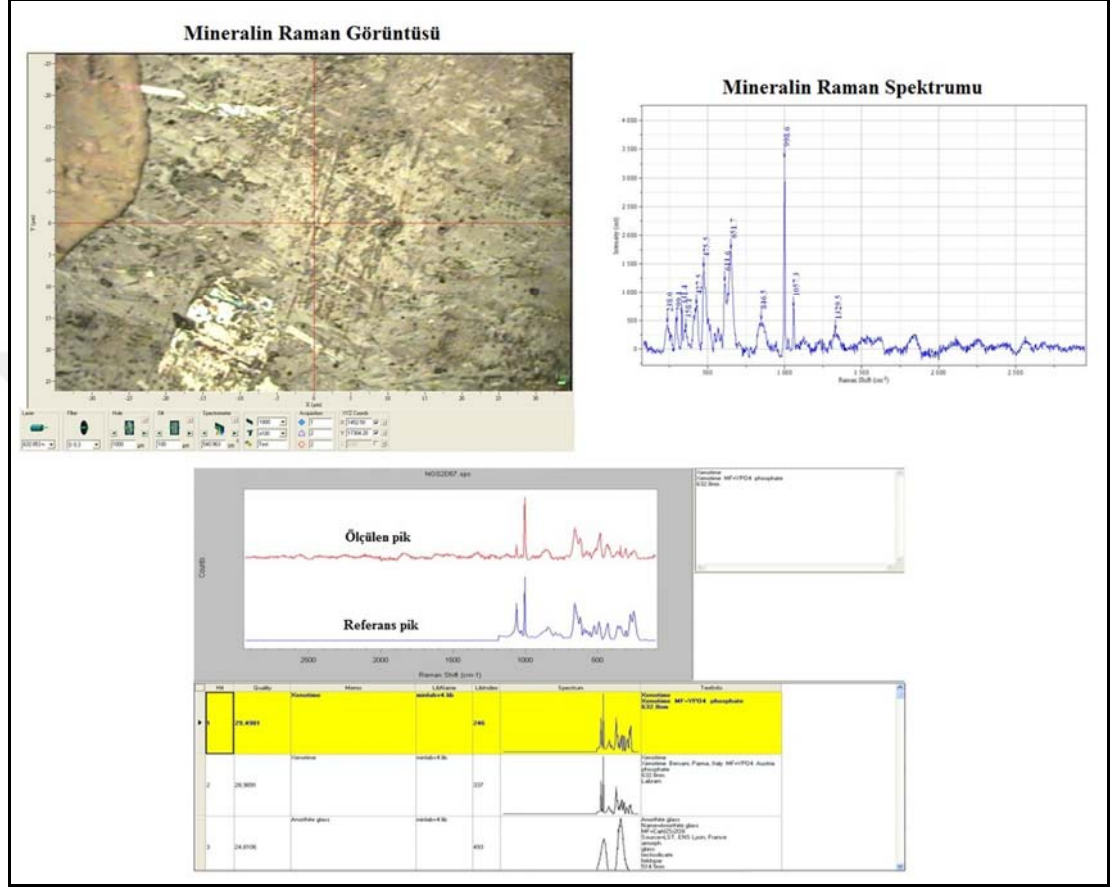
(Af: Alkali Feldispat, Bt: Biotit, Zr: Zirkon, Ap: Apatit, Xtm: Ksenotim).

Çizelge 6.3’de görüldüğü üzere, “Crema Lal (açık pembe)” ticari isimli granit örneği, polarizan mikroskop çalışmaları sonucunda bileşiminde tespit edilen ve bol miktarda bulunan “alkali feldispat” ve “biyotit” esas minerallerinden dolayı diğer granitlere göre daha yüksek oranda K₂O (% 4,61) içeriğine sahiptir. Diğer taraftan ise “Rosalin/Aksaray Pink” ticari isimli granitin, polarizan mikroskop çalışmaları sonucunda bileşiminde yaygın olarak tespit edilen radyojenik özellikteki aksesuar minerallerden “zirkon” ve “ksenotim” içerdiğinden dolayı diğer granitlere göre daha yüksek oranda Zr (161 ppm) ve Y (53.30 ppm) ile P₂O₅ (% 0.52) içeriğine sahip olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 6.3 ve 6.4). Bunun yanı sıra, bu iki ticari granit örneği, “Aksaray Yaylak” isimli diğer ticari granit örneğine göre, sırasıyla daha yüksek miktarda radyojenik elementlerden U (10.30 ppm, 10.30 ppm) ve Th (29.70 ppm, 43.90 ppm) içermektedir (Çizelge 6.4).

6.3 Raman Spektroskopisi Analizleri

Polarizan mikroskop çalışmalarında granit örneklerinde tespit edilen potansiyel radyojenik minerallerin EPMA analizleri öncesinde varlığının doğruluğunu kanıtlamak amacıyla Raman spektroskopisi analizleri yapılmıştır. Yapılan bu analiz yardımıyla, “Rosalin/Aksaray Pink” granitindeki ksenotim mineralinin varlığının kesinliği doğrulanmıştır. Ksenotim mineralinin Raman spektroskopik karakteristikleri Şekil 6.2’de verilmiştir. “Rosalin/Aksaray Pink” granitindeki

“ksenotim” minerali için ölçülen Raman spektrası; 238.0 cm^{-1} – 1329.5 cm^{-1} dalga boyları arasında gözlenmektedir. Ölçülen piklerin, cihaz ünitesinin “Spectral ID” veri kütüphanesindeki referans pik değerleri ile birebir örtüştüğü görülmektedir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2 : Rosalin/Aksaray Pink granitinin bileşimindeki ksenotim mineralinin Raman spektroskopik karakteristikleri.

6.4 Mineral Kimyası Analizleri

Rosalin/Aksaray Pink granitinin bileşiminde tespit edilen potansiyel radyojenik “ksenotim” mineralinin element kimyasını belirlemeye yönelik olarak Elektron Mikroprop analizi (EPMA) yapılmıştır. Elektron Mikroprop analizleri sonucunda, ksenotim mineralinin element kimyası ve içerdiği radyonüklitlerin (U ve Th) oksit cinsinden oranları Çizelge 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.5 : Rosalin/Aksaray Pink granitindeki ksenotim mineralinin EPMA sonuçları.

Bileşen (%)	SiO ₂	FeO	CaO	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Y ₂ O ₃	UO ₂	ThO ₂
Ksenotim	1.12	0.19	0.06	0.62	0.69	3.94	1.39	0.36	27.85	37.94	1.79	1.93

6.5 Gamma Spektroskopisi Analizleri

Granit örneklerinin doğal radyoaktivite seviyelerini belirlemeye yönelik olarak ²²⁶Ra (²³⁸U), ²³²Th, ve ⁴⁰K aktivite konsantrasyonları HPGe-Gamma spektrometreleri kullanılarak ölçülmüştür. Bu bağlamda, radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonları (A) (Bq/kg) formül 6.1'deki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Stranden, 1976; Beretka and Mathew 1985; UNSCEAR, 2000).

$$A = C_r / \varepsilon P_G t w \quad (6.1)$$

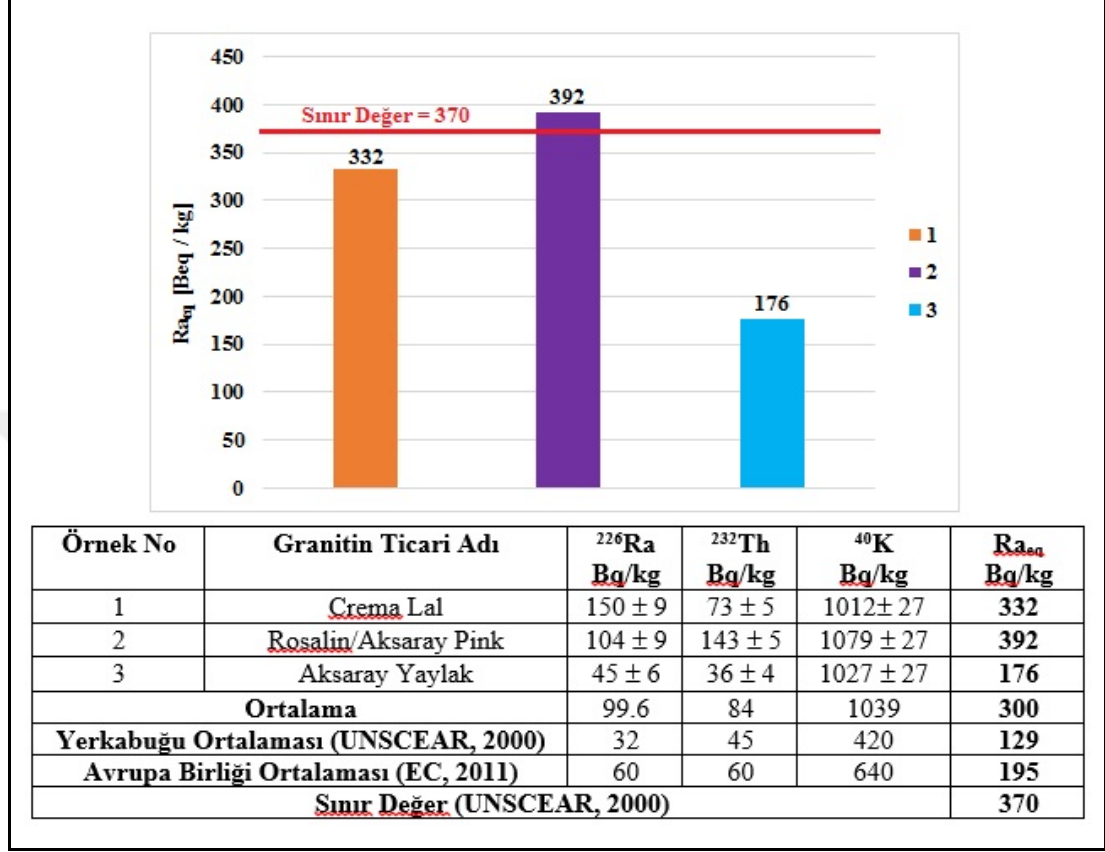
Formül 6.1'de görüldüğü üzere, C_r: Gamma-ışınlarının saniyedeki sayım hızını, ε: dedektörün sayım verimini, P_G: ilgili radyonüklidin Gamma ışını yayma olasılığını, t: saniyedeki sayım süresini ve w: örneğin kütlesini (kg) temsil etmektedir. Hesaplanan değerlere göre, granit örneklerinin ²²⁶Ra (A_{Ra}) aktivite konsantrasyonları; 45 ± 6 ile 150 ± 9 Bq/kg arasında, ²³²Th (A_{Th}) aktivite konsantrasyonları; 36 ± 4 ile 143 ± 5 Bq/kg arasında ve ⁴⁰K (A_K) aktivite konsantrasyonları; 1012 ± 27 ile 1079 ± 27 Bq/kg arasında değişmektedir (Şekil 6.3).

Formül 6.1'deki eşitlik kullanılarak hesaplanan ²²⁶Ra ve ²³²Th radyonüklitleri ile ⁴⁰K radyoizotopunun aktivite konsantrasyonları, formül 6.2'deki eşitlikte kullanılarak granit örneklerinin radyum eşdeğer aktiviteleri (Ra_{eq}) (Bq/kg) hesaplanmıştır (Stranden, 1976; Beretka and Mathew 1985; UNSCEAR, 2000).

$$Ra_{eq} = A_{Ra} + 1.43A_{Th} + 0.077A_K \quad (6.2)$$

Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi (UNSCEAR)'nin hazırladığı yapı malzemelerindeki doğal radyoaktivite yönetmeliğine göre; ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K aktivite konsantrasyonlarının sınır değerleri sırasıyla 35, 35 ve 370 Bq/kg'ı geçmemelidir. Belirlenen bu sınır değerlere bağlı olarak radyum eşdeğer aktivite konsantrasyonu (Ra_{eq}) da 370 Bq/kg 'dan düşük olmalıdır (UNSCEAR, 2000).

Çalışma bölgesindeki ticari granitlerin ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K ile radyum eşdeğer aktivite konsantrasyonları (R_{eq}) ile Yerkağu ve Avrupa Birliği ortalamaları Şekil 6.3’de verilmiştir.



Şekil 6.3 : Çalışma granitlerinin hesaplanan ^{226}Ra (A_{Ra}), ^{232}Th (A_{Th}) ve ^{40}K (A_{K}) aktivite konsantrasyonları ile radium eşdeğer aktivite (R_{eq}) değerlerinin yerkağu ortalaması, Avrupa Birliği ortalaması ve Birleşmiş Milletler sınır değerine karşılaştırmalı histogramı.

6.6 Granitlerin Radyolojik Risklerinin Belirlenmesi

Granitlerin yapı malzemesi olarak kullanılması sırasında oluşabilecek radyolojik riskleri belirlenmesine yönelik, radyum eşdeğer aktivite konsantrasyonu (R_{eq}), Gamma aktivite indisi (I_{γ}), iç ortamlar için dış ışınlamadan kaynaklanan dahili soğrulmuş Gamma doz hızı Şekil 6.3’de de görüldüğü gibi, “Rosalin/Aksaray Pink” ticari isimli granitinin radyum eşdeğer aktivite konsantrasyonu ($R_{\text{eq}} = 392 \text{ Bq/kg}$) Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi (UNSCEAR)’nin hazırladığı raporda belirlenen sınır değerine (370 Bq/kg) üzerindedir. Bunun yanı sıra, çalışma bölgesindeki ticari granitlerin yapılar da kullanımında insan sağlığı açısından radyolojik risklerinin belirlenmesi amacıyla başlıca; iç ortamlar için dış ışınlamadan

kaynaklanan dahili soğrulmuş Gamma doz hızı [$D_a(nGyh^{-1})$], yapı içi yıllık etkin doz hızı [$AED(mSvy^{-1})$] ve Gamma aktivite indisi [I_γ] değerleri Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) ve Avrupa Komisyonu (EC) raporlarında bulunan ilgili formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, Çizelge 6.6'da sunulmuştur. Granit örneklerinin, ^{226}Ra , ^{232}Th , ve ^{40}K radyonüklitlerinden dolayı iç ortamlar için dış ışınlamadan kaynaklanan dahili soğrulmuş Gamma doz hızları (D_a) formül 6.3'de eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (UNSCEAR, 2000).

$$D_a(nGyh^{-1}) = 0.92A_{Ra} + 1.1A_{Th} + 0.08A_K \quad (6.3)$$

Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi (UNSCEAR)'nin raporuna göre, yapı malzemelerinin iç ortamlar için dış ışınlamadan kaynaklanan dahili soğrulmuş Gamma doz hızı (D_a) sınır değeri dünya ortalaması dikkate alınarak $84 nGyh^{-1}$ olarak belirlenmiştir (UNSCEAR, 2000). Granit örneklerinin hepsinin iç ortamlar için dış ışınlamadan kaynaklanan dahili soğrulmuş Gamma doz hızları (D_a) tavsiye edilen dünya ortalamasından yüksektir (Çizelge 6.6). Granit örneklerinin yapı içi etkin doz miktarı [$AED(mSvy^{-1})$] değerleri formül 6.4'deki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Yapı içi etkin doz miktarı, insanların yapı malzemelerinden yayınlanan Gamma ışınlarına gerek dışarıdan maruz kalmak suretiyle gerekse aldığı besinlerle ve teneffüs ettiği havada bulunan radyonüklitleri vücuda alarak içten maruz kalmak suretiyle 1 yıl süresince alacağı radyasyon dozu olarak tanımlanmakta ve formül 6.5'deki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır (UNSCEAR, 2000; Günoğlu, 2012). Formül 6.5'de görüleceği üzere, çevresel (yapı malzemelerinden kaynaklanan) Gamma ışınlamaları için doz dönüşüm faktörü olarak değeri $0.7 Sv/Gy$ olarak alınmaktadır (UNSCEAR, 2000). Bu değer, hem yapı içi (indoor) hem de yapı dışı (outdoor) çevresel Gamma ışınları için kullanılmaktadır.

Gamma ışınlarının insana verdiği yıllık etkin doz eşdeğeri hesaplanırken dikkate alınması gereken en önemli faktör, insanların bu ışınlara ne kadar süre maruz kaldıklarıdır. Dışarıda geçirilen zamana ilişkin zaman geçirme faktörü; bir insanın zamanının yaklaşık % 80 (iç faktör katsayısı; 0.8)'nini yapı içerisinde veya kapalı alanlarda, % 20 (dış faktör katsayısı; 0.2)'sini de dış alanlarda geçireceği düşünülmektedir. Buna göre, bu değer 1 yıl için 8760 saat (h)/yıl (y) olarak alınmıştır (UNSCEAR, 2000; Günoğlu, 2012).

$$AED(mSvy^{-1}) = D_a(nGyh^{-1}) \times 8760(hy^{-1}) \times 0.8 \times 0.7(SvGy^{-1}) \times 10^{-6} \quad (6.4)$$

Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi (UNSCEAR)'nin raporuna göre, yapı malzemeleri için belirlenen yapı içi yıllık etkin doz hızı [AED (mSvy⁻¹)] sınır değeri; 1 mSvy⁻¹'den küçük olmalıdır (UNSCEAR, 2000). Buna bağlı olarak, “Crema Lal” ve “Rosalin/Aksaray Pink” ticari isimli granitlerin yapı içi yıllık etkin doz hızı [AED (mSvy⁻¹)] değerleri sırasıyla; 1.08 mSvy⁻¹ ve 1.66 mSvy⁻¹ olup, sınır değerinin üzerinde bulunmaktadır (Çizelge 6.6).

Yapı malzemelerinin değişik oranlarda içerdiği ²²⁶Ra (A_{Ra}), ²³²Th (A_{Th}), ve ⁴⁰K (A_K) aktivite konsantrasyonlarından kaynaklanan yapı içi Gamma radyasyon dozu, yapı malzemelerinin (örneğin granit) özgül aktivitelerini karşılaştırmak ve uygulama sınırının aşılp aşılmadığını değerlendirmek amacıyla Gamma aktivite indislerinin türetilmesi gereği ortaya çıkmıştır. Bu aktivite indisinin türetilmesinde, yapı malzemesinin türü, tipi ve yapı içindeki kullanım miktarı dikkate alınmalıdır. Örneğin, yapıdaki duvarların kalınlığı, kapı ve pencerelerin yerleri ile konumları farklı doz hızı dağılımlarını oluşturabilmektedir (TAEK, 2009; EC, 2011).

Bu durum dikkate alınarak, yapı malzemelerinin, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından hazırlanan rapora göre Gamma aktivite indisleri (I_γ) formül 6.5'deki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır (EC, 2011).

$$I_{\gamma} = A_{Ra}/300 + A_{Th}/200 + A_K/3000 \quad (6.5)$$

Gamma aktivite indisi (I_γ), yapı içi yıllık etkin doz miktarına (AED), malzemenin yapı içinde kullanım şekline ve miktarına bağlı olarak Çizelge 6.7'de verilen sınır değerleri aşmamalıdır (TAEK, 2009). Yapılarda çoğunlukla yüzeysel kaplama elemanı olarak kullanılan çalışma bölgesindeki ticari granitlerin hepsinin Gamma aktivite indisi (I_γ) değerleri Avrupa Birliği Komisyonu (EC) tarafından hazırlanan rapora göre belirlenen sınır değer (I_γ ≤ 6) altında kalmaktadır (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.6 : Granit örneklerinin hesaplanan iç ortamlar için dış ışınlamadan kaynaklanan dahili soğrulmuş Gamma doz hızı [Da(nGyh⁻¹)], yapı içi yıllık etkin doz [AED (mSvy⁻¹)] ve Gamma aktivite indisi [I_γ] değerleri.

Granitin Ticari Adı	D _a (nGyh ⁻¹)	AED (mSvy ⁻¹)	I _γ
Crema Lal (açık pembe)	299.26	1.08	1.20
Rosalin/ Aksaray Pink	339.38	1.66	1.42
Aksaray Yaylak	163.16	0.80	0.67
Sınır Değerler (UNSCEAR, 2000; EC, 2011)	84	< 1	≤ 6

Çizelge 6.7 : Çeşitli yapı malzemelerinin yapı içi yıllık etkin doz ölçütünün kontrolüne yönelik Gamma aktivite indisi (I_γ) değerleri (EC, 2011).

Yapı içi yıllık etkin doz ölçütü (AED)	0.3 mSvy ⁻¹	1 mSvy ⁻¹
Yapısal malzemeler (beton ve tuğla gibi)	$I_\gamma \leq 0.5$	$I_\gamma \leq 1$
Yüzeysel olarak ve sınırlı kullanıma sahip diğer malzemeler (kiremit, seramik ve doğal taş gibi)	$I_\gamma \leq 2$	$I_\gamma \leq 6$

6.7 Granitlerin Radyoaktivitesinin İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi

Çalışma bölgesinde (Aksaray) işletilen ticari granitler (Crema Lal, Rosalin/Aksaray Pink ve Aksaray Yaylak); Kretase dönemindeki magmatik aktivitelerin ürünleri olup, polarizan mikroskop çalışmaları sonucunda modal mineralojik bileşimlerine göre QAP üçgen diyagramı kullanılarak “monzogranit” ve “alkali feldispat granit” olarak adlandırılmıştır.

Yapılan Gamma spektroskopisi analizleri sonucunda, “Rosalin/Aksaray Pink” ve “Crema Lal” ticari isimli granitlerin doğal radyoaktivite seviyelerinin başlıca; magmatik, metasomatik ve hidrotermal süreçler boyunca radyojenik minerallerce zenginleşmesinden dolayı yüksek olduğu düşünülmektedir. Doğal radyoaktivite seviyelerinin nispeten yüksek olduğu “Rosalin/Aksaray Pink” ticari isimli granitte yapılan polarizan mikroskop ve Raman spektroskopisi analizleri sonucunda yoğun olarak potansiyel radyojenik minerallerden; zirkon, apatit, ksenotim, alkali feldispat ve biyotit içerdiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, “Crema Lal” ticari isimli granitte ise içerdiği zirkon, apatit, alkali feldispat ve biyotit minerallerinin yoğunluğu ve bu minerallerin ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K aktivite konsantrasyonlarının zenginliğinden dolayı doğal radyoaktivitesinin nispeten yüksek olması sonucunu ortaya koymuştur. Özellikle, doğal radyoaktivite seviyesi en yüksek olan “Rosalin/Aksaray Pink” ticari isimli granitin mineralojik bileşiminde yoğun olarak içerdiği potansiyel radyojenik minerallerden “ksenotim”in yapılan EPMA sonuçlarına göre U ve Th radyonüklit içerikleri bakımından zengin olduğu görülmüştür.

Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) ve Avrupa Birliği Komisyonu (EC)’nin yapı malzemelerindeki doğal radyoaktif seviyelerinin belirlenmesine yönelik olarak hazırlanmış oldukları raporlar dikkate alınarak çalışma bölgesindeki ticari granitlerin insan sağlığı açısından radyolojik riskleri değerlendirilmiştir. Buna

göre; “Rosalin/Aksaray Pink” ticari isimli granitin bu raporlarda belirlenen sınır değerin (370 Bg/kg) üzerinde radyum eşdeğer aktivite konsantrasyonuna sahip olduğu (R_{eq} : 392 Bq/kg) ve yıllık etkin doz hızının (AED: 1.66 mSvy^{-1}) yine bu raporlarda belirlenen sınır değerin (1 mSvy^{-1}) üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

“Crema Lal” ticari isimli granitin ise sadece yıllık etkin doz miktarının (AED: 1.08 mSvy^{-1}) sınır değerin biraz üzerinde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre, çalışma bölgesinde işletilen ticari granitlerden; “Rosalin/Aksaray Pink” ve “Crema Lal” ticari isimli granitlerin insan sağlığı açısından radyolojik riskler oluşturmasını önlemek amacıyla özellikle yapıların iç mekânlarında kaplama-döşeme taşı ve/veya mutfak-banyo tezgahı olarak kullanılmasının “uygun olmadığı” öngörülmüştür.

Çalışma bölgesindeki ticari granitlerin yanı sıra, Türkiye’nin değişik bölgelerinde günümüzde işletilen ve inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılan diğer önemli ticari granitlerin radyoaktivite potansiyelleri ve radyolojik risk parametreleri tez kapsamında Ek F’de sunulmuştur.



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, esas olarak, granitlerdeki mineral kaynaklı paslanmanın ana nedenlerinin araştırılması ve bunu temizlemeye ve önlemeye yönelik çözüm önerileri ile çalışma bölgesindeki granitlerin radyoaktivite potansiyellerinin belirlenmesi üzerine odaklanılmıştır. Tez çalışması kapsamında araştırılmak üzere seçilen granit blok taş ocağında ve çalışma bölgesindeki granitlerde yapılan arazi, laboratuvar ve deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve öngörülen çözüm önerileri aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

- Jeolojik olarak, çalışma alanı; “Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK)” içinde tanımlanan “Ağaçören İntüzif Takımı (AİT)” ’nın alt birliği olan “Ekecikdağ Plütönu” içinde yer almaktadır. KB-GD yönelimindeki plütönik kayalardan oluşan bu birlik, litolojik olarak gabrodan başlayarak granite kadar değişim göstermektedir. Çalışma alanındaki bu kaya birimleri ilk olarak bu çalışmada; “Ozancık Monzograniti” ve “Keleşdağ Gabro-diyoriti” olarak iki ana gruba ayrılmış ve adlandırılmıştır.
- Çalışma alanı ve civarının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ve jeolojik kesitleri hazırlanarak, bölgede bulunan toplam 5 litostratigrafi birimi ayırtlanmıştır. Çalışma alanındaki kaya birimleri lito-stratigrafik olarak alttan üste doğru; Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içindeki “Ağaçören İntüzif Takımı” ’nın alt birliği olan Üst Kretase yaşlı “Ekecikdağ Plütönu” içinde tanımlanan “Ozancık Monzograniti (Ekecikdağ felsik intrüzif kütleli)”, “Keleşdağ Gabro-diyoriti (Ekecikdağ mafik intrüzif kütleli)” ile bu birimi kesen felsik ve mafik dayklar, bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelen Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı “Peçenek Formasyonu” ve bu formasyonu uyumlu olarak üzerleyen Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı “Kızılkaya İgnimbiriti” şeklinde sıralanmaktadır.

- “Ozancık Monzograniti”; megaskobik olarak pembe ve gri renkte, ince-orta kristalli olup, magmaların homojen (mixing) ve heterojen (mingling) karışım süreçlerinin sonucunda oluşan “diyorit” ve “kuvars diyorit” bileşimli “mafik mikrogranüler anklavlar (MMA)” içermektedir. Mineralojik olarak, Ozancık Monzograniti holokristalen granüler dokulu ve esas olarak kuvars, pertitik alkali feldispat (ortoklaz), plajiyoklaz (albit ve oligoklaz) ve biyotit mineralleri içermektedir. Ayrıca, zirkon, apatit, magnetit, pirit ve kalkopirit aksesuar mineraller olarak bulunmaktadır. Biyotitlerde kloritleşme, plajiyoklazlarda serizitleşme ve alkali feldispatlarda kaolinleşme yaygın alterasyon tipleri olarak gözlenmektedir. Bu alterasyonların sonucunda; klorit, serisit, kaolinit ve muskovit ikincil mineraller olarak oluşmuştur. Kayaç, modal analize dayalı “QAP” üçgen diyagramında “monzogranit” olarak tanımlanmıştır.
- “Keleşdağ Gabro-diyoriti” megaskobik olarak, holokristalen granüler dokulu olup esas olarak iki farklı litolojik tür olan gabro ve diyoritten oluşmaktadır. Mineralojik olarak gabro, hem iri hem de ince kristalli olup, sub-ofitik dokuya sahiptir. Esas mineral bileşiminde; plajiyoklaz (labrador), klinopiroksen (ojit ve titano-ojit) ve amfibol (hornblend ve lifli tremolit-aktinolit) içermektedir. Apatit, zirkon, magnetit ve ilmenit aksesuar mineraller olarak bulunmaktadır. Hornblendlerde kloritleşme ve epidotlaşma, piroksenlerde uralitleşme ve sosüritleşme yaygın alterasyon tipleri olarak gözlenmektedir. Bu alterasyonlar sonucunda, klorit, epidot ve kalsit ikincil mineraller olarak oluşmuştur. Kayaç, modal analize dayalı “Plag-Px-Hbl” üçgen diyagramında “gablo” ve “piroksen-hornblend gabro” olarak tanımlanmıştır.
- “Diyorit” megaskobik olarak iri kristalli, yeşil ve yeşilimsi siyah renklere gözlenmektedir. Mineralojik olarak poyikilitik dokuya sahip olup, esas mineral bileşiminde; plajiyoklaz (andezin), amfibol (hornblend) ve hacimce % 2-10 oranında değişen miktarlarda kuvars içermektedir. Apatit, zirkon, magnetit ve ilmenit aksesuar mineraller olarak bulunmaktadır. Hornblendlerde kloritleşme ve plajiyoklazlarda sosüritleşme yaygın olarak gözlenen alterasyon tipleridir. Bu alterasyonların sonucunda, klorit ve epidot ikincil mineraller olarak oluşmuştur. Kayaç, modal analize dayalı “QAP” üçgen diyagramında “diyorit” ve “kuvars diyorit” olarak tanımlanmıştır.

- Jeokimyasal analizlere göre; Ozancık Monzograniti, kabuk ve manto bileşimindeki magmaların homojen ve heterojen karışım süreçleri sonrasında hibrit bir magmadan türeyen yüksek potasyumlu (K_2O : > % 4.00), kalkalkalen (KCG) ve aşırı fraksiyonlaşmış (SiO_2 : > % 75), hafif peralüminyumlu (A/CNK: 1.04-1.05 > 1) I-tipi granit olarak tanımlanmıştır. Kayaç, yüksek miktarda Y, Ta, ve Nb gibi yüksek olan güçlü elementler ile uranyum (U) ve toryum (Th) gibi radyoaktif elementler içermektedir. Tektonik oluşum ortamı açısından, iz element (örneğin, Y, Nb, ve Rb) verilerine göre bu granit, “çarpışma sonrası granitleri (COLG)” olarak sınıflandırılmıştır.
- Bu çalışmada araştırılan granit blok taş ocağı; 1/25.000 ölçekli Türkiye topografik haritasının; “Aksaray K32-d2” paftasının sınırları içinde, merkezi olarak 0603950 D; 4227755 K koordinatlarında konumlanmış olup, jeolojik olarak “Ozancık Monzograniti” içinde ve “Keleşdağ Gabro-diyorit” plütonik biriminin kantağında yer almaktadır. Blok taş ocağı 2009 yılından beri aktif olarak çalışmaktadır. Ocakta, üç farklı renkte (pembe, açık pembe ve gri) granit blok taş olarak üretilmektedir. Özellikle gri renkli ve bazı açık pembe renkli granit türleri üretimi takiben paslanma probleminden etkilenmekte olup, taş yüzeyinde hızlı şekilde gelişen pas lekeleri oluşmaktadır.
- Granit blok taş ocağının 1/500 ölçekli malzeme jeolojisi haritası ve kesitleri hazırlanarak, blok üretimini ve kalitesini etkileyen jeolojik sorunlar bu harita üzerine işlenmiştir. Tez çalışması kapsamında granit blok taş ocağında tespit edilen bu jeolojik sorunlar başlıca; ayrışma ve alterasyon, süreksizlikler (çatlaklar ve faylar), anklav oluşukları, kuvars-aplit damarları, pegmatit cepleri ve miyarolitik boşluklar ile varlığı istenmeyen opak mineral (pirit) saçınımlarından oluşmaktadır.
- Granit blok taş ocağının üst kesimlerinde saprolitleşme gözlenmektedir. Bu kesimlerde feldispatların killeştiği, biyotitlerin pullar halinde dağıldığı ve kuvars tanelerinin serbest hale gelerek saprolitik malzemenin özü olan arena oluşturduğu gözlenmiştir.
- Granit blok taş ocağında tespit edilen fay zonları ve çevresinde yaygın olarak hidrotermal alterasyon gözlenmektedir. Hidrotermal altersyon sonucunda başlıca; “arjilik”, “propilitik” ve “fillik” alterasyonların ürünleri oluşmuştur. Arjilik alterasyon sonucunda, ocaktaki fay zonları ve yakın çevresinde özellikle alkali feldispatlar “kaolinit” ve “montmorillonit” türü kil

minerallerine dönüşmüştür. Propilitik alterasyon sonucunda, ocaktaki fay zonları ve yakın çevresinde biyotit mineralleri kloritleşerek başlıca “klorit” ve “korenzit” türünde alterasyon mineralleri ile pirit mineralleri oluşmuştur. Fillik alterasyon sonucunda, ocaktaki fay zonları ve yakın çevresinde plajiyoklaz minerallerinin serisitleşmesi ile başlıca; “serisit”, “muskovit” türünde mika mineralleri ile illit türünde kil mineralleri ve ayrıca “pirit” ve “kalkopirit” gibi sülfür mineralleri oluşmuştur.

- Granit blok taş ocağında, esas olarak blok boyutunu doğrudan etkileyen ve tektonizm etkisiyle oluşan, çatlak ve fay gibi ikincil süreksizliklerin başlıca; konumu, sıklığı, açıklığı, uzunluğu vb. özellikleri, ocaktaki süreksizlik durumunu tespit etmek amacıyla belirlenmiştir. Ocak üretim aynalarında farklı doğrultudaki çatlaklarda yapılan ölçümler ve gözlemler sonucunda çatlak açıklıklarının 0.5-10 cm, çatlak uzunluklarının 1-20 m, çatlak aralıklarının ise 0.5-10 m arasında değiştiği saptanmıştır. Ayrıca üretim aynalarında üçüncü boyuttaki çatlak aralıklarının 1.0-2.0 m arasında olduğu belirlenmiştir. Bu çatlak ölçümleri ışığında kademelerden üretilebilecek minimum blok hacminin 1-1.5 m³ arasında, maksimum blok hacminin ise 40-50 m³ arasında olduğu hesaplanmıştır. Çatlaklar; az-orta pürüzlü olup, çoğunlukla dolgunsuz, yer yer kuvars, kil ve breş dolguludur. Ocak üretim aynalarında yapılan toplam 120 çatlak ölçümünden hazırlanan gül diyagramlarına göre hâkim çatlak konumlarının: “A” kademesinde; K30B; 60GD, K75D; 40KB; “B” kademesinde; K20-25B; 45GD, K40D; 45KB ve “C” kademesinde ise; K35D; 26KB oldukları belirlenmiştir. Ocak alanında bulunan faylar, blok üretim alanını kısıtlamaktadır. Faylar, KB-GD doğrultulu sol yanal atımlıdır. Yapılan gözlemler sonucu, ana fay zonunun yaklaşık 20 m genişliğinde ezik (milonitik) zondan oluştuğu, yer yer kil ve breş ile dolgulandığı gözlenmiştir. Ocağın iki ana fay zonu arasında bulunması nedeniyle üretim sınırlı alanda devam etmekte ve alınan blok kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.
- Granit blok taş ocağında, “mafik mikrogranüler anklavlar (MMA)”, ocak üretim kademelerinde ve üretilen bloklar ile işlenmiş plakalar üzerinde gözlenmektedir. Boyutları 1 cm’den 1 m’ye kadar değişen ve siyahımsı yeşil renkte olan bu anklavlar, genellikle yuvarlağımsı-elipzoidal şekilde olup, monzogranitler ile köşeli ve keskin dokanaklar göstermektedir. Mineralojik

olarak mafik mikrogranüler anklavlar; holokristalen mikro granüler dokulu ve esas olarak plajiyoklaz (andezin ve oligoklaz), amfibol (hornblend), kuvars, alkali feldispat, biyotit ve piroksen mineralleri içermektedir. Ayrıca, apatit, ilmenit ve magnetit aksesuar mineraller olarak bulunmaktadır. Hornblendlerde ve biyotitlerde kloritleşme ile plajiyoklazlarda sosüritleşme yaygın olarak gözlenen alterasyon tipleridir. Bu alterasyonların sonucunda, klorit ve epidot ikincil mineraller olarak oluşmuştur. Mafik mikrogranüler anklavlar, modal analize dayalı “QAP” üçgen diyagramında “kuvars mikrodiorit” olarak tanımlanmıştır. Ayrıca diğer bir anklav türü olan “şiliyren” oluşukları da ocakta üretilen bazı blokların içinde tespit edilmiştir.

- Granit blok taş ocağında gözlenen, jeolojik sorun olarak tanımlanan ve ürün homojenitesini bozan diğer oluşuk türleri de başlıca; kuvars-aplit damarları örnek olarak gösterilebilir. Magma katılaşmasının son safhasında oluşan ürünler olarak bilinen kuvars ve ince taneli aplit damarları, ocak üretim aynalarında ve üretilen bloklarda, genellikle monzograniti verev bir şekilde kestikleri görülmektedir. Özellikle “sığ sokulumlu (epizonal)” granitlerde yaygın olarak bulunan, başlıca kuvars ve alkali feldispat mineralleri içeren “pegmatit cepleri”, araştırılan granit blok taş ocağında üretilen bazı bloklarda ve fabrikada işlenen bazı plakalarda görülmektedir. Bunun yanı sıra, yine sığ sokulumlu granitlerde rastlanan, magmadaki uçucu fazların eksolüsyonunun en iyi kanıtları olan “miyarolitik boşluklar”, araştırılan granit blok taş ocağının üretim aynalarında yer yer gözlenmektedir. Genellikle, hegzagonal kristal şekline sahip dumanlı kuvars, turmalin ve dumortiyerit gibi mineraller içeren küresel “jeod” şekilli yapılar da gözlenmiştir.
- Granit blok taş ocağında bulunan fay zonlarına yakın kesimlerdeki kademelerden üretilen bloklarda saçınım şeklinde “pirit” minerallerinin oluşumu tespit edilmiştir. Atmosferik etkiler altında duraylılığını kaybeden bu pirit mineralleri okside olarak fay zonuna yakın olan üretim kademelerinde pas lekeleri oluşmasına neden olmaktadır.
- Granit blok taş ocağında, halen üretimi yapılan granitlerin (açık pembe ve gri renkli) malzeme özelliklerini belirlemeye yönelik olarak, ilgili TS-EN standartlarında belirtilen fiziko-mekanik deneyleri yapılmıştır. Granit örnekleri üzerinde yapılan başlıca fiziksel deneylerden; birim hacim ağırlığı (kuru ve suya doygun), atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme, görünür

porozite ve Mohs sertlik değerleri hesaplanmıştır. Granit örnekleri üzerinde yapılan mekanik deneyler sonucunda ise; tek eksenli basınç dayanımı (don öncesi ve sonrası), eğilme dayanımı (don öncesi ve sonrası), darbe dayanımı, sürtünmeli yüzey aşınma dayanımı (Böhme) ve ağırlıkça don kaybı değerleri hesaplanmıştır. Yapılan fiziko-mekanik deneyler sonucunda elde edilen değerler, pembe ve gri renkli granitlerin özellikle “kaplama-döşeme taşı” olarak kullanıma uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla ilgili standartta (TS 6234) öngörülen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Açık pembe ve gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granit örnekleri üzerinde yapılan fiziko-mekanik deneyler sonucunda granitlerin TS 6234 standardında öngörülen sınır değerleri karşıladığı ve “kaplama-döşeme” taşı olarak kullanıma uygun olduğu görölmüştür. Elde edilen sonuçlara göre; açık pembe renkli granitin gri renkli granite göre fiziko-mekanik özelliklerinin daha iyi olduğu görölmüştür. Bu durumun en önemli nedeni, gri renkli granitteki ayrışma ve alterasyonun pembe renkliye göre daha ileri boyutta olmasıdır. Gri renkli granitin bileşiminde bulunan biyotit ve piritin atmosferik koşulların etkisiyle duraylılıklarını kaybederek oksidasyona uğraması ve paslanması, granitin fiziko-mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle oksidasyona uğrayan pirit minerallerinin çözünerek granit yüzeyinde oluşturduğu toplu iğne boyutundaki boşluklar, taşın fiziksel özelliklerini (ağırlıkça su emmesi ve porozitesi) ve bu oksidasyonlar sonucunda oluşan hacim değişimi nedeniyle taşın bünyesinde oluşan mikro fisürler, taşın mekanik özelliklerini (basınç dayanımı, eğilme dayanımı vd.) olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca biyotit ve pirit minerallerinin oksidasyonu sonucunda oluşan pas lekeleri granitin estetik özelliğini de bozarak, ürün kalitesini ve değerini düşürmektedir.

- Tez çalışması kapsamında araştırılan granit blok taş ocağında, üretilen “Crema Lal” ticari isimli granitlerde oluşan renk değişiminin, doğal taşın bileşiminde bulunan biyotit ve pirit minerallerin oksidasyonu sonucunda oluştuğu tespit edilmiştir. Ocaktaki esas paslanma sorununun, “C” kademesi olarak tanımlanan gri renkteki granitlerde göröldüğü belirlenmiştir. Paslanma sorununun araştırıldığı granitlerde, sorunun belirlenmesi amacıyla ileri mineralojik, jeokimyasal ve petrojenetik özelliklerin karakterize edilebilmesi için tüm kaya üzerinde; polarizan ve cevher mikroskopisi çalışmaları, XRD

(X-ışını Kırınımı), XRF (X-ışını Floresans) ve ICP-MS (İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma – Kütle Spektrometresi), biyotitler ve piritler üzerinde EPMA (Elektron Mikroprop), piritlerde kükürt izotopu (SI), ocak yerindeki fay zonlarından alınan su örneklerinde İyon Kromatografisi (IC) ve biyotitler, piritler ile pas fazlarının belirlenmesi amacıyla Raman Spektroskopisi (RS) analitik teknikleri kullanılmıştır. Ayrıca granit örnekleri üzerinde, paslanma riskini belirlemek ve gözlemek amacıyla da laboratuvarında, termal şok yöntemi ve alkali çözelti kullanılarak hızlandırılmış paslanma deneyleri yapılmıştır.

- Araştırma kapsamında yapılan bu analizler ve laboratuvar deneylerinden elde edilen bulgulara göre, incelenen granitlerdeki paslanma sorununun başlıca nedenlerinin; mafik ve felsik magmaların karışım (magma mixing/mingling) süreçlerinde oluşan “hidrojenetik biyotit” (yüksek Fe^{+2} içeren, lepidomelan bileşimli) ve hidrotermal evrede biyotitlerin alterasyon süreçlerinde oluşan “hidrotermal pirit” (önemli miktarda arsenik içeren) minerallerinin yüzey/yakın yüzey koşullarındaki duraysızlıklardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu mineraller hızlı bir şekilde oksitlenerek taş yüzeylerinde pas lekeleri oluşturmaktadırlar.
- Tez çalışması kapsamında araştırılan granit blok taş ocağındaki paslanma sorununun en önemli nedenleri arasında; magma karışım süreçlerinin mineralojik-dokusal ölçekteki en önemli kanıtlarından biri olan ve yeni ortam koşullarında oluşan bıçak şekilli hidrojenetik biyotitlerin oksidasyonu gösterilebilir. Mg ve Fe bakımından zengin alümino-silikatlı mafik magma, K bakımından zengin sulu felsik bir magma ile karıştığında hidrojenetik kökenli bu biyotitlerin oluşumuna uygun ortam oluşmaktadır. Bu durumda daha önceden oluşmuş kristalin fazlar, bu türdeki biyotitlerin büyümesini fiziksel olarak engellemekte, dolayısı ile yeni biyotitlerinin bazal yüzeyleri (dilinim içermeyen, c-eksenine dik yüzeyleri) tipik hegzagonal levha şekilli yerine, bıçağımsı biçimlerde (bladed) gelişmektedir. Bu özellik, mikro ölçekte, bir yönde uzamış bıçağımsı biçimli biyotit bazal yüzeylerinin varlığı ile karakterize olmaktadır. Eşyaşlı mafik ve felsik magmaların karışım süreçlerinde, su içeriği yönünden fakir olan mafik magmanın, su içeriği yönünden zengin olan felsik magma ile karışımı ile yeni ortam koşullarında magmaların bileşimde bulunan elementlerin (K, Fe ve Mg gibi) mafik ve

felsik magmalar arasındaki diffüzyonal transferi ile dengede olmayan veya yeniden dengelenen (re-equilibrated) hidrotasyon (su alma) reaksiyonlarının oluşması ve fraksiyonel kristallenme olaylarının meydana gelmesi söz konusudur. Bu yeni ortam koşullarında gelişen “hidrojenetik biyotitler”in jeokimyasal ortam değerlendirmesinde önemli bir katkısı söz konusudur.

- “Crema Lal” ticari isimli granit örneklerinden hazırlanan ince kesitler polarizan petrografi mikroskobunda incelenmiş, granitin bileşiminde iki farklı türde biyotit minerali belirlenmiştir. Bunlardan birinci türdekinin; öhedral-subhedral, açık kahve-sarımsı renkte polarizasyon renklerine ve kuvvetli plökrayizmaya sahip olduğu, c-ekseninde mükemmel dilinim ve paralel sönme gösterdiği, optik işaretinin “biaks” olduğu ve herhangi bir ayrışmaya uğramadığı tespit edilmiştir. İkinci türde olanın ise; genellikle anhedral kristal şekilli, bazılarının da bıçağımsı şekilde oldukları, kristal çeperlerinin testere biçiminde ve/veya kırıklı şekilde olduğu, koyu kahve polarizasyon rengi ve zayıf plökroyizma gösterdiği, kristal görünümünün amorf (dumanlı-bulutsu) şekilli olduğu, c-ekseninde dilinimlerinin bulunmadığı, optik işaretinin “üniaks” olduğu ve ferrüs demirin oksidasyonu sonucu pas lekeleri oluşturduğu gözlenmiştir. İkinci tür bu biyotitler; magma karışım süreçleri sonrasında yeni ortam koşullarında oluşan “hidrojenetik” biyotitler olarak değerlendirilmiştir. Özellikle, granit blok taş ocağının “C” kademesinden üretilen gri renkteki granit örneklerinin bileşiminde bu tür biyotitler yoğun bir şekilde bulunmaktadır.
- “Crema Lal” ticari isimli granit örneklerinden hazırlanan parlak ince kesitler, cevher mikroskobunda incelenmiş, granitin bileşiminde iki farklı türde pirit mineralinin varlığı belirlenmiştir. Bunlardan birinci türdekinin subhedral-anhedral kristal şekilli, mat parlaklıkta, açık sarı polarizasyon renklerine sahip olduğu ve biyotitlerin c-eksenindeki dilinim düzlemleri boyunca ve/veya çeperleri ile çekirdeğinde magnetit mineralleri ile beraber bulunduğu görülmüştür. Bu tür piritlerin; biyotit minerallerinin hidrotermal alterasyon sonucu klorit mineraline dönüşmesi sırasında oluşan piritler olduğu belirlenmiştir. Bu piritlerin atmosferik etkiler sonucunda nispeten hızlı bir şekilde oksidasyona uğradığı ve çözünerek granit içinde boşluklar oluşturduğu tespit edilmiştir. İkinci türdeki piritlerin ise; cevher mikroskobu altında, öhedral-subhedral kristal şekilli, parlak ve açık sarı polarizasyon

renklerine sahip olduğu ve granitin içinde saçınım (disemine) halinde bulunduğu belirlenmiştir. Bu tür piritlerin de hidrotermal evre ürünü oldukları sonucuna varılmıştır. Bu piritlerin, atmosferik etkiler sonucunda aynı şekilde davrandıkları ve oksidasyona uğrayarak götit mineralini oluşturdukları ya da çözünerek granit içinde boşlukların oluşmasına neden oldukları tespit edilmiştir. Paslı gri renkli granitte; özellikle pirit mineral içeriğinin yoğunluğuna bağlı olarak; Cu, Pb, Zn, As ve Ag miktarlarının yüksek olduğu görülmüştür. Yapılan kükürt izotop analiz sonuçlarına göre; “Crema Lal” ticari granitindeki piritlerin (ACL-1 ve ACL-2) “ $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (‰)” değerleri (+5.63) – (+7.45) aralığında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler “hidrotermal” piritlere özgü değerlerle örtüşmektedir. Hidrotermal piritlerin, magmatik piritlere göre daha düşük sıcaklıklarda olduğu, kristal yapılarının daha zayıf olduğu ve dolayısı ile bu tür piritlerin ayrışmadan daha etkilendiği sonucuna varılmıştır.

- Çalışma alanındaki granit blok taş ocağında bulunan ana fay zonlarından alınan su örnekleri üzerinde, suların katyon ve anyon bileşimlerini belirlemeye yönelik olarak iyon kromatografisi analizleri yapılmıştır. Ayrıca, su örneklerinin fiziko-kimyasal özellikleri de laboratuvarında yapılan pH (asidite), Eh (indirgenme-yükseltgenme potansiyeli), Ec (elektrik iletkenliği), TDS (toplam çözülmüş katı madde miktarı) ve Fransız sertlik derecesi (Fr^0) ölçümleri ile belirlenmiştir. Su örneklerinin ölçülen pH değerlerine göre “bazik” ($\text{pH} > 7$) karakterli olduğu görülmüştür. İyon kromatografisi analizlerine göre ise özellikle S1 örneğinin yüksek oranda SO_4^{2-} (sülfat) anyonu içerdiği, bu durumun örneğin alındığı ana fay zonuna yakın olan üretim kademesinde yoğun bir şekilde gözlenen pirit minerallerinin oksidasyonu sonucunda çözünerek suya karıştığı, bir kısmının da fay zonundaki hidrotermal çözeltilerin H_2S içeriğinden kaynaklanmış olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, S1 örneğindeki Mg^{2+} miktarının yüksekliği, biyotitlerin hidrotermal alterasyonu sonucu çözünerek suya karışmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır. İyon kromatografisi analizleri sonucunda ölçülen katyon ve anyon içeriklerine göre, S1 örneğinin; “Ca-Mg- HCO_3 - SO_4 ” sınıfında “sığ-orta derin dolaşım” türde, S2 örneğinin ise “Ca- HCO_3 ” sınıfında “sığ dolaşım” türde yeraltı suyu olduğu belirlenmiştir.

- Biotitlerde yapılan EPMA çalışmaları sonuçlarına göre; gri renkli passız granitte, “birincil (magmatik) biyotitlerin” “FeO” içeriklerinin % 18.830 – %21.983 arasında, “yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerin” ise % 25.507 – %26.084 arasında değiştiği belirlenmiştir. Gri renkli paslı granitte; hidrojenetik biyotitlerin ayrışması ve oksidasyona uğraması sonucunda bileşimlerindeki “FeO” içeriklerinin ferrüs demirin serbest kalmasıyla azaldığı ve % 21.015 – %22.476 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, hidrojenetik biyotitlerin ayrışması sonucunda “K₂O” içeriklerinin azaldığı, buna karşılık “MgO” içereklere arttığı tespit edilmiştir. Toplam oksit oranlarının ise birincil magmatik biyotitlerden daha düşük olmasının en önemli nedeni, hidrojenetik biyotitlerin su içeriğinin daha fazla olmasıdır. Buna göre; hidrojenetik biyotitlerin birincil magmatik biyotitlere göre daha yüksek FeO içeriğine sahip olması ve su içeriklerinin yüksek olması, bu tür biyotitlerin daha düşük sıcaklıklarda oluştuğunu göstermektedir.
- EPMA sonuçlarına bağlı olarak biyotitlerin bileşiminde bulunan “Ti (apfu)” ve “Fe²⁺ (apfu)” değerlerine göre hesaplanan oluşum sıcaklıkları değerlerinin; birincil (magmatik) biyotitlerde; 679-762 °C arasında, yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerde ise 618-679 °C arasında olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre; yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerin jeotermometre (oluşum sıcaklığı) değerlerinin birincil (primer-P) magmatik biyotitlere göre daha düşük olmasının esas nedeninin; yeni ortam koşullarında oluşmuş (re-equilibre-R) magmatik biyotitlerin “uçucular (H₂O, Cl ve F gibi)” yönünden daha zengin olmasından kaynaklanabilir.
- Ayrıca, “Crema Lal” granitinin işletildiği “Ozancık Monzograniti”nin “yerleşim derinliği”nin belirlenmesine yönelik olarak, hesaplanan katılma basınçlarına göre, birincil (magmatik) biyotitlerin biyotit-Al jeobarometre değerleri; 0.954-1.469 kbar (ortalama; 1.181 kbar) arasında, yeni ortam koşullarında oluşmuş hidrojenetik biyotitlerin ise; 0.651-1.318 kbar (ortalama; 1.083 kbar) arasında olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlardan hareketle, yerkabuğunun yoğunluğunun ortalama 2.70 g/cm³ olduğu ve 1 kbar = 3.6 km’ye karşılık geldiği varsayıldığında, Ozancık Monzograniti’nin

“yerleşme derinliği” ortalama 4 km civarında olup, “sığ derinlikli (epizonal)” bir granit sokulumu olduğu anlaşılmaktadır.

- Biotit minerallerinin EPMA sonuçları; “Mica⁺” programında değerlendirilerek, mineralojik ve tektono-magmatik sınıflandırılması yapılmış, ayrıca oksidasyon durumları ile oluşum türleri belirlenmiştir. Buna göre mineralojik olarak birincil (magmatik) biyotitlerin “Mg-biyotit” ve “Fe-biyotit” bileşiminde, öte taraftan hidrojenetik biyotitlerin ise “Fe-biyotit” ve “siderofilit - lepidomelan” bileşiminde olduğu belirlenmiştir. Biotitlerin tektono-magmatik ortamları; “FeO_{tot}-MgO-Al₂O₃” üçgen diyagramında “kalk-alkalen orojenik takımı (I-tipi)” olarak sınıflandırılmıştır. Biotitlerin kristalize olduğu magmanın oksidasyon durumunu belirlemek üzere “Fe⁺³-Fe⁺²-Mg” üçgen diyagramı kullanılmıştır. Örneklerin “NNO (Nikel-Nikel Oksit)” tampon bölgesinde olduğu görülmüş, bu bölgede bulunan biyotitlerin; “oksitlenmiş” tip biyotit bileşimlerine karşılık geldiği belirlenmiştir. “FeO+MnO-10*TiO₂-MgO” üçgen diyagramında, paslanma riski olmayan biyotitlerin “birincil (magmatik)” türde olduğu, paslanma riski olan hidrojenetik biyotitlerin ise “yeni ortam koşullarında oluşan magmatik biyotitler” alanına düştüğü belirlenmiştir.
- “Crema Lal” ticari isimli granitteki biyotit mineral kimyasının pirit oluşumuna katkısı ve dolayısı ile pas sorunu ile sonuçlanan bir dizi reaksiyonlara kaynak teşkil etmesi, İzmir-Bergama bölgesinde ticari olarak üretilip pazarlanan ve herhangi bir paslanmanın yerinde ve sonrasında gözlenmediği “Bergama Gri” ticari isimli başka bir granitteki biyotitlerin benzer şekilde incelenmesini ön plana çıkarmıştır. Yapılan EPMA sonuçlarına göre “Bergama Gri” granitinin biyotitleri “Fe-oksit (FeO)” içeriği bakımından çalışma konusu granitteki biyotitlere göre yaklaşık birincil ve hidrojenetik biyotitlere göre sırasıyla % 25 ile % 40 daha az olup, su içerikleri bakımından daha fakir ve “eastonit (Mg-biyotit)” türü biyotit oldukları belirlenmiştir.
- Çalışma alanındaki granit blok taş ocağında üretilen gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitin bileşiminde yoğun olarak bulunan piritlerin de mineral kimyalarını belirlemeye yönelik olarak granit örneklerinden hazırlanan parlak ince kesitlerde belirlenen piritlerin mineral kimyası analizleri yapılmıştır. Biotitlerin dilinim düzlemlerinde ve çeperlerinde bulunan piritler ile granit

yüzeyinde saçınım şeklinde bulunan piritler analiz edilmiştir. Özellikle, biyotitlerin dilinim düzlemlerinde ve çepelerinde bulunan bazı “pirit”lerin nispeten yüksek miktarda “arsenik (As); % 1 - % 3 arasında” içerdiği tespit edilmiştir. Genellikle bu tür piritlerin, biyotit minerallerinin ayrışması sonucunda serbest kalan ferrüs demirin hidrotermal çözeltilerdeki kükürt ile tepkiyerek, düşük sıcaklık koşullarında “sığ sokulumlu (epizonal) granitlerde” oluştuğu bilinmektedir.

- Gri renkli passız (K1) ve paslı (K2 ve K3) “Crema Lal” ticari isimli granitlerin bileşimindeki, hidrojenetik biyotit minerallerinin hidrotermal alterasyonu ile oluşan klorit mineralleri üzerinde yapılan mineral kimyası analizleri “WinCacc” bilgisayar programında değerlendirilerek, kloritlerin türleri belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda kloritlerin yüksek demir (FeO) içerikli “Fe-Al klinoklor (ripidolit): [(Mg, Fe, Al)₆ (Si, Al)₄ O₁₀ (OH)₈]” türünde olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, karşılaştırma amaçlı olarak “Bergama Gri” ticari isimli granitin bileşimindeki kloritlerin üzerinde yapılan EPMA değerlendirmelerinde klorit minerallerinin “Mg Klinoklor: [(Mg,Fe²⁺)₅Al(Si₃Al)O₁₀(OH)₈]” türünde oldukları belirlenmiştir. “Bergama Gri” ticari isimli granitteki kloritlerin “Crema Lal” ticari granitine nazaran yaklaşık % 50 daha az oranda FeO içerdiği tespit edilmiştir.
- Gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granitlerde belirlenen beşer adet birincil ve hidrojenetik biyotitler üzerinde Raman spektroskopisi ölçümleri yapılmıştır. Birincil biyotitlerin ölçülen Raman spektrası, 149.0 cm⁻¹, 542.7 cm⁻¹ ve 669.3 cm⁻¹ – 771.2 cm⁻¹ arasında gözlenmiştir. Ölçülen piklerin, cihaz ünitesinin veri kütüphanesindeki referans pik değerleri ile birebir örtüştüğü gözlenmiştir. Hidrojenetik biyotitlerde ölçülen Raman spektrası; birincil biyotitlerde ölçülen spektra ile aynı olup, yalnızca 945.6 cm⁻¹ spektral bölgesindeki referans pik değerlerinden farklı olarak kayma göstermektedir. Bu spektral bölgedeki pikler, veri kütüphanedeki referans pikler ile eşleştirildiğinde “dumortiyerit” mineral fazının varlığını ortaya koymuştur. Dumortiyeritin Raman spektrası 92.8 cm⁻¹, 182.1 cm⁻¹, 558.0 cm⁻¹, 783.5 cm⁻¹, 945.6 cm⁻¹, 1774.9 cm⁻¹ ve 2489.0 cm⁻¹ dalga boylarında kuvvetli pikler verdiği belirlenmiştir.
- Dumortiyerit, bor içeren silikat minerali olup, genellikle “pegmatitik granit” kayaların bileşiminde gözlenmektedir. Çoğunlukla hidrotermal alterasyonun

etkili olduğu bölgelerde oluşmaktadır. Dumortiyeritin oluşumunda önemli role sahip olan ve kimyasal bileşiminde bulunan “bor (B)” jeokimyasal olarak hareketli (mobil) bir element olup, sisteme geç hidrotermal evrede katılır. Bunun yanı sıra, çalışma alanındaki granitlerin bileşiminde bulunan hidrotermal piritlerin önemli miktarda arsenik içermesinin de yine hidrotermal çözeltilerin bir faaliyeti sonucu olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, granitlerin bileşimde bulunan hidrojenetik biyotitlerde yapılan BSEI görüntülemesi ve EDS analizleri sonucunda Ta, Nb, Ti ve As gibi elementler ile pirit ve ilmenit mineral kapanımlarının varlığı tespit edilmiştir. Raman spektroskopik analizleri sonucunda belirlenen dumortiyeritin “holtit” [(Al, Ta, Nb, Ti)Al₆B(Si, Sb, As)₃O₁₅(O, OH)₃] türünde olduğu ve bu elementlere kaynak teşkil ettiği belirlenmiştir.

- Gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granit örneklerinin bileşimindeki analiz için belirlenen üçer adet pirit minerali üzerinde Raman spektroskopisi ölçümleri yapılmıştır. Piritlerin ölçülen Raman spektrası 344.3 cm⁻¹, 380.1 cm⁻¹, 433.9 cm⁻¹, 814.9 cm⁻¹ ve 864.2 cm⁻¹ arasında gözlenmektedir. Ölçülen piklerin, cihaz ünitesinin veri kütüphanesindeki referans pik değerleri ile örtüştüğü görülmüştür. Ayrıca, gri renkli “Crema Lal” ticari isimli granit örneklerinde biyotit ve pirit minerallerinin oksidasyonu sonucu oluşan pas lekelerindeki mineral fazlarını belirlemeye yönelik olarak Raman spektroskopisi ölçümleri yapılmıştır. Pas lekelerinde ölçülen Raman spektrası bu lekelerin, “dumortiyerit” ve “götit” mineralleri ile “H₂S+H₂O” bileşimli fazlardan meydana geldiğini göstermektedir.
- “Crema Lal” ticari isimli gri renkli granitin paslanma riskini laboratuvar ortamında belirlemeye yönelik olarak; termal şok ve alkali çözelti kullanılarak hızlandırılmış paslanma deneyleri yapılmıştır. Termal şok deneyi, EN 16140 standardına göre yapılmış ve gri renkli granitten hazırlanan 10x10x2 cm boyutlarındaki plaka örnekler üzerinde uygulanmıştır. Granit örnekleri, 18 saat süreyle 105 ± 5 °C sıcaklıkta etüvde bekletildikten sonra 6 saat süreyle de oda sıcaklığında (20 ± 5 °C) saf suyun içerisinde bekletilmiştir. Bu çevrim, toplam 20 defa tekrarlanmıştır. Deney bitiminde, granit örneğinde renk değişiminin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Deneye tabii tutulan granit örneği üzerinde toplu iğne boyutunda nokta şeklinde pas lekelerinin oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca, termal şok deneyi sonrasında,

“Crema Lal” ticari isimli granitteki piritlerin oksidasyonu sonucunda oluşan “sülfürik asit (H₂SO₄)” ve “genleşme” etkisiyle, granit plaka örneği üzerinde kısmi çatlaklar ve kopmalar oluştuğu görülmüştür

- Alkali çözelti deneyinde ise; 1M derişimli (1 litre saf suya 84 g eklenerek) pH değeri 8.4 olan “NaHCO₃ (sodyum bikarbonat)” çözeltisi hazırlanmış ve kullanılmıştır. Bu deney, granit örneklerinin bileşimindeki pirit kaynaklı olarak oluşan paslanma riskini belirlemeye yönelik yapılmıştır. Pirit minerallerinin oksidasyon hızı alkali ortamlarda, asit ve nötr ortamlara göre daha yüksek olduğu bilinmektedir. Deney, gri renkli granitten hazırlanan 10x20x2 cm boyutlarındaki plaka örnekler üzerinde uygulanmıştır. Granit örnekleri, 18 saat süreyle 55 ± 5 °C sıcaklıkta etüvde bekletildikten sonra 6 saat süreyle de oda sıcaklığında (20 ± 5 °C) “NaHCO₃” çözeltisi içerisinde bekletilmiştir. Bu çevrim, toplam 20 defa tekrarlanmıştır. Deney bitiminde, granit örneğinde renk değişiminin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Deneye tabii tutulan granit örneği üzerinde toplu iğne boyutunda nokta şeklinde pas lekelerinin ve pirit minerallerinin oksidasyonu sonucu çözünmesiyle oyukların oluştuğu gözlenmiştir.
- Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre, granit blok taş ocak yeri seçiminde “magma karışım (mixing/mingling)” süreçlerinin ibarelerinin görüldüğü yerlerden ve başka kayaçlarla kontak zonlarından kaçınılmalıdır.
- “Fay zonları”nın bulunduğu bölgelerde, “yeraltı suyu kaynakları” ile “dere yatakları”nın yoğun olduğu ve “hidrotermal alterasyon”un ibarelerinin görüldüğü yerlerde granit blok taş ocak işletmesi açılmasından kaçınılmalıdır.
- Granit blok taş üretiminde, ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyen jeolojik kusurların yaygın olarak görüldüğü, oluşum derinliği yönünden “sığ sokulumlu (epizonal) granitler” ve “pegmatitik granit” türündeki kayaçlardan oluşan bölgelerde ocak açılmasından kaçınılmalıdır.
- Mineral oksidasyonuna bağlı olarak oluşan pas lekesi riskinden ötürü, granit blok taş işletmesi için seçilen ocak yerinde üretime geçilmeden önce, bu çalışma kapsamında yapılan analitik yöntem destekli laboratuvar analizleri (özellikle EPMA-biyotitlerin mineral kimyası) ve deneyleri (özellikle hızlandırılmış paslanma deneyleri) öncelikli olarak yürütülmelidir. Yapılması öngörülen ve önerilen bu araştırmalar ile yatırım ve ürün kalite kayıplarının önleneceği düşünülmektedir.

- Çalışmaya konu olan ve hidrojenetik biyotitler ile hidrotermal piritlerin oksidasyonu sonucunda “Crema Lal” ticari isimli gri renkli granitlerde meydana gelen pas lekelerini temizlemeye ve önlemeye yönelik koruma amaçlı bazı çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Bu türdeki pas lekelerini temizlemeye yönelik bazı doğal malzemeler ile kimyasalların karışımı ile oluşturulan pas çözücüler kullanılmaktadır. “Poultice (lapa)” adı verilen bu pas çözücü karışımlarda, granitlerdeki pas lekelerini temizlemek için, bu çalışmada, “diatomit toprağı” ile “oksalik asit” karışımından hazırlanan macun kıvamındaki pas çözücü kullanılmıştır. Uygulama sonrası, granit yüzeyindeki pas lekelerinin önemli ölçüde temizlendiği gözlenmiştir. Seçilen bu temizleme yönteminde kullanılan karışımın uygulanacağı birim alan için hesaplanan maliyet yaklaşık “1.5 TL/m²”dir.
- Granitlerde mineral oksidasyonuna bağlı olarak meydana gelen pas lekelerini önlemeye yönelik olarak yapılan koruma uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan kimyasal “hidrofobik (su sevmeyen)” özelliğe sahip olan “su iticiler (water repellents)” dir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan su iticiler, “polimer bazlı (silan/siloksan)” kimyasal malzemelerdir (alkoksisilan ve oligomerik polisiloksan gibi). Granitlerde, polimer esaslı su veya solvent bazlı su itici kimyasallar kullanılarak yapılacak yüzey koruması işleminin ve bu sayede mineral oksidasyonundan dolayı oluşabilecek pas lekelerinin önlenmesi için önerilen ürünlerden bazıları, Amerikan “BASF” isimli firma tarafından üretilen solvent bazlı ve silan-siloksan esaslı “SİLKONAL Masterseal F 1340” su iticidir. Bunun dışında günümüzde, daha etkili sonuçlar veren “nanoteknoloji” ürünü su itici kimyasalların kullanılması tercih edilmelidir. Bileşim içerikleri gizli tutulan bu ürünlerden piyasada en yaygın olarak bulunan ve Avustralyan “DRYTREAT” isimli firma tarafından üretilen “STAIN-PROOF” isimli üründür. Granit yüzeyine uygulanacak bu su itici kimyasal ürünlerin kullanılacak alandaki birim maliyetleri nispeten yüksek olmasına rağmen etkili sonuçlar verdiği bilinmektedir. Çalışma kapsamında, birim maliyeti polimer esaslı ve nanoteknolojik su iticilere göre çok daha düşük olan “yüzeyi kaplanmış mikronize kalsit (coated micronized calcite)” kullanılarak hazırlanan karışım malzemeyle elde edilen su iticilerin kullanılması önerilmektedir. Yüzeyi kaplanmış mikronize kalsitin, hidrofobik yapısı, düşük yüzey enerjisi, kolay dispersiyon ve yüksek homojenizasyonu

ile daha parlak, düzgün ve geçirimsiz bir yüzey oluşumu sağlanmaktadır. Kaplama işlemi, mikronize (3-5 mikron tane boyutlu) kalsitin doymuş bir yağ asidi olan “stearik asit” ile belirli oranlarda (ortalama %1) karıştırılarak, direk “Reymond” adı verilen değirmene beslenmesi sonucunda, sürtünme enerjisinden faydalanılarak gerçekleştirilmektedir.

- Yapılan değerlendirmeler sonucunda granitlerde pas lekelerinin oluşumunu önlemek amacıyla kullanılan su itici kimyasal malzeme üretiminde “yüzeyi kaplanmış mikronize kalsit”in kullanılmasının birim maliyet açısından daha “ekonomik” bir yöntem olduğu kanatine varılmıştır.
- Granitlerde, mineral bileşiminden kaynaklı en önemli jeolojik sorunlardan bir diğeri de granitlerin sahip oldukları “radyoaktivite” potansiyelleridir. Özellikle yapıların iç mekânlarında kullanılan granitlerin radyoaktivite potansiyellerinin belirlenmesi, insan sağlığı açısından son derece önem teşkil etmektedir. Bu kapsamda, çalışma bölgesindeki blok taş ocaklarında günümüzde işletilen üç farklı ticari granitin (“Crema Lal - açık pembe”, “Rosalin” ve “Aksaray Yaylak”) radyoaktivite potansiyelleri ve oluşturabilecekleri radyolojik riskler, mineralojik-petrografik, jeokimya, mineral kimyası (EPMA), Raman ve Gamma spektroskopisi analizleri kullanılarak ve malzemelerindeki doğal radyoaktivitenin belirlenmesine yönelik olarak hazırlanan Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi ile Avrupa Birliği Komisyonu raporları dikkate alınarak değerlendirilmiştir.
- Granitlerde radyoaktivite potansiyelini, bileşimlerinde bulunan bazı “radyojenik” mineraller denetlemektedir. Bu mineraller, doğal radyoaktiviteye (Gamma radyasyonu) neden olan ^{40}K “radyoizotop”u ile ^{238}U ve ^{232}Th “radyonüklit”lerini yüksek konsantrasyonda içermektedirler. Yapılan polarizan mikroskop çalışmaları sonucunda çalışma bölgesindeki ticari granitlerin bileşiminde tespit edilen başlıca potansiyel “radyojenik” minerallere, “Crema Lal (açık pembe)” ticari isimli granit için, alkali feldispat, biyotit, zirkon ve apatit, “Rosalin (Aksaray Pink)” ticari isimli granit için, alkali feldispat, biyotit, muskovit, zirkon, apatit ve ksenotim ve “Aksaray Yaylak” ticari isimli granit için ise alkali feldispat, biyotit, zirkon ve apatit örnek olarak gösterilebilir.
- Granit örneklerinde yapılan tüm kaya XRF ve ICP-MS jeokimyasal analiz sonuçlarına göre; “Crema Lal (açık pembe)” ticari isimli granit örneği,

polarizan mikroskop çalışmaları sonucunda bileşiminde tespit edilen ve bol miktarda bulunan “alkali feldispat” ve “biyotit” esas minerallerinden dolayı diğer granitlere göre daha yüksek oranda K_2O (% 4,61) içeriğine sahiptir. Diğer taraftan ise “Rosalin/Aksaray Pink” ticari isimli granitin, polarizan mikroskop çalışmaları sonucunda bileşiminde yaygın olarak tespit edilen radyojenik özellikteki aksesuar minerallerden “zirkon” ve “ksenotim” içerdiğinden dolayı diğer granitlere göre daha yüksek oranda Zr (161 ppm) ve Y (53.30 ppm) ile P_2O_5 (% 0.52) içeriğine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra, bu iki ticari granit örneği, “Aksaray Yaylak” isimli diğer ticari granit örneğine göre, sırasıyla daha yüksek miktarda radyojenik elementlerden U (10.30 ppm, 10.30 ppm) ve Th (29.70 ppm, 43.90 ppm) içermektedir.

- “Rosalin/Aksaray Pink” granitinin bileşiminde polarizan mikroskop çalışmaları ve Raman spektroskopisi analizleri ile tespit edilen potansiyel radyojenik “ksenotim” mineralinin element kimyasını belirlemeye yönelik olarak Elektron Mikroprop analizi yapılmıştır. EPMA sonuçlarına göre “ksenotim” mineralinin U (UO_2 : % 1.79) ve Th (ThO_2 : % 1.93) radyonüklit içerikleri bakımından zengin olduğu belirlenmiştir.
- Granit örneklerinin doğal radyoaktivite seviyelerini belirlemeye yönelik olarak ^{226}Ra (^{238}U), ^{232}Th , ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları HPGe-Gamma spektrometreleri kullanılarak ölçülmüştür. Granit örneklerinin ^{226}Ra (A_{Ra}) aktivite konsantrasyonları 45 ± 6 ile 150 ± 9 Bq/kg arasında, ^{232}Th (A_{Th}) aktivite konsantrasyonları 36 ± 4 ile 143 ± 5 Bq/kg arasında ve ^{40}K (A_K) aktivite konsantrasyonları ise 1012 ± 27 ile 1079 ± 27 Bq/kg arasında değişmektedir.
- Granit örneklerinin radyum eşdeğer aktivite konsantrasyonları (Ra_{eq}), “Crema Lal” granitinde 332 Bq/kg, “Rosalin/Aksaray Pink” granitinde 392 Bq/kg ve “Aksaray Yaylak” granitinde ise 176 Bq/kg olarak hesaplanmıştır. Buna göre, “Rosalin/Aksaray Pink” ticari isimli granitin radyum eşdeğer aktivite konsantrasyonu ($Ra_{eq} = 392$ Bq/kg) Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi (UNSCEAR)’nin hazırladığı raporda belirlenen sınır değerinin (370 Bq/kg) üzerinde olduğu belirlenmiştir.

- Bunun yanı sıra, çalışma bölgesindeki ticari granitlerin yapılarda, kullanılması durumunda insan sağlığı açısından oluşabilecek radyolojik risklerinin belirlenmesine yönelik; iç ortamlar için dış ışınlamadan kaynaklanan dahili soğrulmuş Gamma doz hızı [$D_a(\text{nGyh}^{-1})$], yapı içi yıllık etkin doz hızı [$\text{AED} (\text{mSvy}^{-1})$] ve Gamma aktivite indisi [I_γ] değerleri Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) ve Avrupa Komisyonu (EC) raporlarında bulunan ilgili formüller kullanılarak hesaplanmıştır.
- Yapılan değerlendirmelerde, granit örneklerinin hepsinin hesaplanan iç ortamlar için dış ışınlamadan kaynaklanan dahili soğrulmuş Gamma doz hızları (D_a) tavsiye edilen Dünya ortalamasından (84 nGyh^{-1}) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- “Crema Lal” ve “Rosalin/Aksaray Pink” ticari isimli granitlerin hesaplanan yapı içi yıllık etkin doz hızı [$\text{AED} (\text{mSvy}^{-1})$] değerleri sırasıyla; 1.08 mSvy^{-1} ve 1.66 mSvy^{-1} olup, sınır değerinin üzerinde (1 mSvy^{-1}) olduğu belirlenmiştir. Yapılarda çoğunlukla yüzeysel kaplama elemanı olarak kullanılan çalışma bölgesindeki ticari granitlerin hepsinin hesaplanan Gamma aktivite indisi (I_γ) değerleri Avrupa Birliği Komisyonu (EC) tarafından hazırlanan rapora göre belirlenen sınır değerinin (≤ 6) altında kaldığı belirlenmiştir.
- Elde edilen bu sonuçlara göre, çalışma bölgesinde işletilen ticari granitlerden “Rosalin/Aksaray Pink” ve “Crema Lal” ticari isimli granitlerin insan sağlığı açısından radyolojik riskler oluşturmasını önlemek amacıyla özellikle yapıların iç mekânlarında kaplama-döşeme taşı ve/veya mutfak-banyo tezgahı olarak kullanılmasının “uygun olmadığı” önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Rahman, A. M.** (1994). Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. *Journal of Petrology*, 35, 525-541.
- Abraitis, P. K., Pattrick, R. A. D., Vaughan, D. J.** (2004). Variations in the compositional, textural and electrical properties of natural pyrite: a review. *Int. J. Miner. Process.*, 74, 41–59.
- Acar, H.** (2011). Doğal Taş Güçlendirme ve Koruma. O. S. Angı (Editör), *Doğal Taşların Yapı Sektöründe Kullanımında Beklentiler ve Yeni Gelişmeler Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, (s. 41-58). Maslak-İstanbul: Türkiye, 21 Nisan. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yayını, İstanbul.
- Adams, J. A. S., Osmond, Y. K., Rogers, J. J. W.** (1959). The geochemistry of uranium and thorium. *Phys. Chem. Earth*, 3, 298-343.
- Akçe, M. A.** (2010). *Yozgat İntrüzif Kompleksinin Jeolojisi, Petrolojisi ve Orta Anadolu Kristalen Karmaşığındaki Zamansal ve Mekânsal Konumu*. (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akıman, O., Erler, A., Göncüoğlu, M. C., Güleç, N., Güven, A., Türeli, T. K., Kadioğlu, Y. K.** (1993). Geochemical characteristics of granitoides along the western margin of the Central Anatolian Crystalline Complex and their tectonic implications. *Geological Journal*, 28, 371-382.
- Altschuler, Z. S., Clarke, R. S., Young, E. Y.** (1958). Geochemistry of Uranium in Apatite and Phosphorite, *US Geol. Surv. Prof. Pap.*, 314-D, 45–90.
- Angı, O. S.** (2007). *Aksaray Yaylak Graniti'nin Kaplama Taşı Yönünden Özelliklerinin Araştırılması*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ASTM E2167-01** (2008). *Standard guide for selection and use of stone consolidants*.
- Atabey, E.** (1989). *Aksaray H-18 Paftası ve Raporu*, Ölçek 1:1.00.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara.
- Aydın, N. S., Göncüoğlu, M. C., Erler, A.** (1998). Latest Cretaceous magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex: review of field, petrographic and geochemical features. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 259-268.
- Aykamış, A. Ş.** (2008). *Türkiye'de Yapı Malzemesi Olarak Kullanılan Bazı Doğal Taşlardaki Radyoaktivite Seviyelerinin Belirlenerek, Kimyasal ve Mineralojik Bileşim İlişkilerinin Araştırılması*. (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.

- Aykamış, A. Ş., Turhan, Ş., Uğur, F. A., Baykan, U. N., Kılıç, A. M.** (2013). Radon exhalation rates and indoor radon concentration of some granite samples used as construction material in Turkey. *Journal of Radiation Protection Dosimetry*, 157, 105–111.
- Bams, V., Barquin, F.** (2004). Staining of natural stone: test methods and proposals for preventive and curative measures. In R. Prikryl (ed.), *Proceedings Dimension Stone Congress*, (p. 281-287). 14-17 June 2004, Prague, Czech Republic.
- Barbarin, B.** (1990). Granitoids: main petrogenetic classifications in relation to origin and tectonic setting. *Geol. J.*, 25, 227-238.
- Barbarin, B., Didier, J.** (1992). Genesis and evolution of mafic microgranular enclaves through various types of interaction between coexisting felsic and mafic magmas. *Earth Sci.*, 83, 145-153.
- Barbarin, B.** (1999). A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*, 46, 605-626.
- Barriere, M., Cotten, J.** (1973). Biotites and Associated Minerals as Markers of Magmatic Fractionation and Equilibration in Granites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 70, 183-192.
- Batum, J.** (1978). Nevşehir Güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Yöresi Volkanitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi. *Yerbilimleri Dergisi*, 4 (1-2), 59-69.
- Bayhan, H.** (1990). Ortaköy Granitoidlerinin (Tuzgölü doğusu) mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri. *Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi*, 2, 147-160.
- Beekman, P. H.** (1966). The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasandağ-Melendizdağ region. *MTA Dergisi*, 66, 99-106.
- Beretka, J., Matthew, P. J.** (1985). Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products. *Health Physics*, 48, 87–95.
- Bingöl, E.**, (1989). *Türkiye Jeoloji Haritası*. Ölçek: 1: 2.000.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara.
- Bisdom, E. B. A., Stoops G., Delvigne J., Curmi P., Atlemuller, H. J.** (1982). Micromorphology of weathering biotite and its secondary products. *Pedologie*, 32, 225-252.
- Bonova, K., Broska, I., Petrik, I.** (2010). Biotite from Cierna hora Mountains granitoids (Western Carpathians, Slovakia) and estimation of water contents in granitoid melts. *Geologica Carpathica*, 61(1), 3-17.
- Boztuğ, D.** (1989). *Granitoidler*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Eğitim Serisi Yayını no.30, Ankara.
- Braga, R., Peddis, F., Perondi, C.** (2012). Yellowing of a white granite pavement in urban environment: the Fe-rich patina of Piazza Cavalli, Piacenza (Italy). *Periodico di Mineralogia*, 81(3), 345-357.
- Brown, A. D., Jurinak, J. J.** (1989). Mechanism of pyrite oxidation in aqueous mixtures. *Journal of Environmental Quality*, 18, 545-550.

- Candela, P. A.** (1997). A Review of Shallow, Ore-related Granites: Textures, Volatiles, and Ore Metals. *Journal of Petrology*, 38(12), 1619-1633.
- Castro, A., Ventas-Moreno, I., De La Rosa, J. D.** (1991). H-type (hybrid) granitoids: a proposed revision of the granite-type classification and nomenclature. *Earth Science Reviews*, 31, 237-253.
- CEN prEN 14066** (2012). *Natural stone test methods-Determination of resistance to ageing by thermal shock*.
- Choo, C. O., Kim, Y.** (2003). Textural and spectroscopic studies on hydrothermal dumortierite from an Al-rich clay deposit, southeastern Korea. *Mineralogical Magazine*, 67, 799-806.
- Clark, S. P., Peterman, Z. E., Heier, K. S.** (1966). Abundance of U, Th and K, In Handbook of Physical constants. *Geol. Soc. Am. Mere.*, 97, 521-541.
- Clarke, D. B.** (1992). *Granitoid Rocks*. Topics in the Earth Sciences Series no.7. Chapman & Hall, London.
- Crowell, J. C.** (1974). Origin of Late Cenozoic basins in Southern California. In: *Tectonics and Sedimentation* (Ed. by W. R. Dickinson). *Spec. Publs. Soc. Econ. Paleont. Miner., Tulsa*.
- Cuney, M., Friederich, M.** (1987). Physicochemical and crystal-chemical controls on accessory paragenesis in granitoids: implications for uranium metallogenesis. *Bull. Minéral* 110, 235-247.
- Çetin, E., Altınsoy, N., Örgün, Y.** (2012). Natural radioactivity levels of granites used in Turkey. *Radiat. Prot. Dosim.*, 151, 299–305.
- Çetin, M., Taş, B.** (2012). Biyolojik Orijinli Tek Doğal Mineral: Diyatomit. *Türk Bilim Araştırma Vakfı Dergisi*, 5(2), 28-46.
- Dallmeyer, R. D., Swanson, S. E.** (1999). *Geology of the Elberton Granite and Stone Cutting Industry of Northeastern Georgia*. Geological Society of America, Southeastern Section Meeting, Compendium of Selected Field Guides, March 24-26, 1999, Georgia, USA.
- Dallwitz, W. B., Greaves, G. J. G.** (1961). *Staining of Granite Used as Facing Stone on Defence Buildings, Russel Hill, Canberra*. Bureau of Mineral Resources Geology and Geophysics, Records of the Geological Branch Laboratory (Report No: 1), Australia.
- Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J.** (1966). *An introduction to the rock-forming minerals*. Longman, London.
- Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J.** (2003). *Rock-Forming Minerals, Sheet Silicates: Micas*, volume 3A, 2nd edition. By M. E. Fleet, The Geological Society, London.
- Descostes, M., Beaucaire, C., Mercier, F., Savoye, S., Sow, J., Zuddas, P.** (2002). Effect of carbonate ions on pyrite (FeS₂) dissolution. *Bull. Soc. géol. France*, 173(3), 265-270.
- Didier, J., Barbarin, B.** (1991). The different types of enclaves in granites - Nomenclature, In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds), *Enclaves and Granite Petrology, Developments in Petrology* (Vol 13, pp. 19-24). Amsterdam: Elsevier.

- Dirik, K., Erol, O.** (2000). Tuzgözü ve Civarının Tektonomorfolojik Evrimi Orta Anadolu-Türkiye. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Dergisi Özel Sayısı*, 5, 28-46.
- Doğan, R.** (2003). Aksaray-Kırşehir Arasındaki Granitoidler ve Oluşum Mekanizmaları. 56. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*, (s. 106-109), Ankara: Türkiye, 14-20 Nisan.
- Dumlu, O., Yalçın, H. T., Bozkurtoğlu, E.** (2006). *Yeraltısuyu Jeolojisi ve Hidroliği*. Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- EC (European Commission)**, (2011). Draft presented under Article 31 Euratom Treaty for the opinion of the European Economic and Social Committee: laying down *basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation*. COM(2011) 593, Brussels.
- Elsen, J.** (1998). Durability of Granites for Construction. *Aardk. Mededel.*, 9, 35-40.
- Elter, F. M., Muzio G., Sambuceti, F.** (2005). Structural Frame of Granitoids for Ottimization of Quarry Evolution. *European Geosciences Union (EGU) 2005, Geophysical Research Abstracts*, 7, 02573.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş.** (2011). *Türkiye Diri Fay Haritası, Aksaray (NJ 36-7) Paftası*. Seri No: 26, Ölçek: 1: 250.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara.
- Erler, A., Bayhan, H.** (1995). Orta Anadolu Granitoidlerinin genel değerlendirilmesi ve sorunları. *Yerbilimleri Dergisi*, 17, 49-67.
- Ersen, A.**, (2011). Taş Korumada Son 20 Yıldaki Gelişmeler ve Yenilikler. *Restorasyon Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, 10, 3-19.
- Fitzner, B., Heinrichs, K., Kownatzki, R.** (1995). Weathering forms – classification and mapping. *Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung*, 1, 41-88.
- Foster, M. D.** (1960). Interpretation of composition of trioctahedral micas. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 354(B), 1-49.
- Foster, M. D.** (1962). Interpretation of the composition and a classification of the chlorites. *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 414 (A), 1-33.
- Frost, B. R., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J., Frost, C. D.** (2001). A Geochemical Classification for Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, 42(11), 2033-2048.
- Garrels, R. M., Christ, C. L.** (1965). *Solutions, Minerals, and Equilibria*. Harper & Row, New York.
- Goldschmidt, V. M.** (edited by Alex Muir), (1954). *Geochemistry*. Clarendon Press, Oxford, UK.
- Göker F. A., Tuğrul A.** (2006). Boyutlandırılmış Taş Üretimi Yönünden Kestanbol Plütону Taş Ocaklarının Kalitesi. *Mühendislik Jeolojisi Bülteni*, 1, 1-20.

- Göncüoğlu, M. C., Toprak, G. M. V., Kuşçu, I., Erler, A., Olgun, E.** (1991). *Orta Anadolu Masifi'nin Batı Bölümünün Jeolojisi*. Bölüm 1: Güney Kesim, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Rapor No: 2909 (yayımlanmamış), Ankara.
- Göncüoğlu, M. C., Erler, A., Toprak, V., Yalnız, K., Olgun, E., Rojay, B.** (1992). *Orta Anadolu Masifi'nin Batı Bölümünün Jeolojisi*. Bölüm 2: Orta Kesim, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Rapor No: 3535 (yayımlanmamış), Ankara.
- Göncüoğlu, M. C., Türeli, T. K.** (1994). Alpine Collisional-Type Granitoids From Western Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. *Journal of Kocaeli University, Earth science section, 1*, 39-46.
- Güllü, B., Yıldız, M.** (2012). Mamasun (Aksaray) Gabroyidlerinin Petrojenetik Karakteristiği. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(1)*, 28-42.
- Günoğlu, K.** (2012). *Türkiye'deki Bazı Doğal Taşların Radyoaktivite Tayini ve Radyasyon Soğurma Özelliklerinin Araştırılması*. (Doktora tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Hawkins, A. B.** (2014). *Implications of Pyrite Oxidation for Engineering Works*. Springer International Publishing, Switzerland.
- Heaton, N.** (1921). The Preservation of Stone. *Journal of The Royal Society of Arts, 70*, 124-132.
- Heinrich, W. M. E.** (1958). *Mineralogy and geology of radioactive raw materials*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Heldal, T., Kjölle, I., Meyer, G. B., Dahlgren, S.** (2008). National treasure of global significance. Dimension-stone deposits in larvikite, Oslo igneous province, Norway. In Slagstad, T. (ed.) *Geology for Society, Geological Survey of Norway Special Publication, 11*, 5–18.
- Hey, M. H.** (1954). A new review of the chlorites: *Mineral Mag., 30*, 277-292.
- Hibbard, M. J.** (1991). Textural anatomy of twelve magma mixed granitoid systems, In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds.), *Enclaves and Granite Petrology, Developments in Petrology* (Vol 13, pp. 431-444). Amsterdam: Elsevier.
- Hibbard, M. J.** (1995). *Petrography to Petrogenesis*. Prentice Hall, Englewood Cliff, New Jersey.
- Hunt, B. J.** (1996). Discoloration, designing out the problem. *Natural Stone Specialist, 31(9)*, 12-18.
- Işık, F.** (2000). *Ekecekeniköy-Mamasun (Aksaray), Yeşilhisar (Kayseri) Arasının Jeolojisi ve Gabroyik-Granitoyidik Kayaçlarının Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi*. (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Işık, F., Koçak, K.** (2005). Ekecekdagi Granitoyidinin (Aksaray'ın Kuzeydoğusu) Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Geosound, 46*, 83-105.

- İlbeyli, N.** (2005). Mineralogical-geochemical constraints on intrusives in central Anatolia, Turkey: tectono-magmatic evolution and characteristics of mantle Source. *Geol. Mag.*, 142, 187-207.
- İMİB (İstanbul Maden İhracatçıları Birliği).** (2015). *2014 Yılı Çalışma Raporu*. İstanbul.
- Jeong, C.** (2001). Mineral-water interaction and hydrogeochemistry in the Samkwang mine area, Korea. *Geochemical Journal*, 35, 1-12.
- Kadioğlu, Y. K.** (1996). *Genesis of Ağaçoören Intrusive Suite and its Enclaves (Central Anatolia): Constraints from Geological, Petrography, Geophysical and Geochemical Data*. (Doktora tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Kadioğlu, Y. K., Güleç, N.** (1996a). Mafic microgranular enclaves and interaction between felsic and mafic magmas in the Ağaçoören Intrusive Suite: Evidence from petrographic features and mineral chemistry. *International Geology Review*, 38, 854-867.
- Kadioğlu, Y. K., Güleç, N.** (1996b). Ağaçoören Granitoidinde yeralan gabro kütlelerinin yapısal konumu: Jeolojik ve Jeofizik (Özdirenç) verilerinin yorumu. *Doğa Türk Yerbilimleri Dergisi*, 5, 153-159.
- Kadioğlu, Y. K., Güleç, N.** (1998). The role of anorthite contents on the generation of granitoid, enclaves and gabbro in the Ağaçoören Intrusive Suite: Central Anatolia, Turkey. *Goldschmidt Conference, Mineralogical Magazine* 62(A), 733-734.
- Kadioğlu, Y. K., Ateş, A., Güleç, N.** (1998). Structural interpretation of gabbroic rocks in Ağaçoören Granitoid, Central Turkey: Field observations and aeromagnetic data. *Geol. Mag.*, 135(2), 245-254.
- Kadioğlu, Y. K., Güleç, N.** (1999). Types and genesis of the enclaves in Central Anatolian granitoids. *Geological Journal*, 34, 243-256.
- Kadioğlu, Y. K.** (2001). *Yozgat-Kırşehir-Kırıkkale Çevresinin Jeoloji (Yeryapısı) ve Kırıklarının Genel Özellikleri*. Yukarı Orta Anadolu Depremleri (Yozgat-Kırşehir-Kırıkkale) Jeofizik Toplantısı, Yozgat.
- Kadioğlu, Y. K., Dilek, Y., Güleç, N., Foland, K. A.** (2002). Structure, petrology and geochronology of the Ağaçoören Intrusive Suite and its tectonic implications for geodynamic evolution of Central Anatolia. *International Symposium of the Faculty of Mines (ITU) on Earth Sciences and Engineering Book of Abstracts* (pp. 115). 16-18 May 2002, İstanbul, Turkey.
- Kadioğlu, Y. K., Dilek, Y., Güleç, N., Foland, K. A.** (2003). Tectonomagmatic Evolution of Bimodal Plutons in the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. *The Journal of Geology*, 111, 671-690.
- Kadioğlu, Y. K., Dilek, Y., Foland, K. A.** (2006). Slab break-off and syncollisional origin of the Late Cretaceous magmatism in the Central Anatolian crystalline complex. *Geological Society of America special paper*, 409, 381-415.
- Kanishkan, B.** (2004). Geological structures and their impact on granite quarrying. *Indian Mineralogist*, 38(1), 46-52.

- Knight, B. K., Knight R. G.** (1938). Rapid Staining in Granites used in Civil Engineering Work. *Journal of the ICE*, 8(6), 545-552.
- Le Bas, M. J., Streckeisen, A. L.** (1991). The IUGS systematics of igneous rocks. *J. Geol. Soc. London*, 148, 825-833.
- Le Maitre, R.W.** (ed.) (2002). *Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms*. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks, 2nd ed., Cambridge University Press, UK.
- Leeman W. P., Sisson V. B.** (1996). Geochemistry of boron and its implications for crustal and mantle processes. *Reviews in Mineralogy-Mineral. Soc. Amer.*, 33, 645-707.
- Lefebvre, C.** (2011). *The tectonics of the Central Anatolian Crystalline Complex: a structural, metamorphic and paleomagnetic study*. (PhD. Thesis). Utrecht University, Netherlands.
- Li, G., Donald, R. P., Eric, J. E.** (1998). The Formation of Sulfides During Alteration of Biotite to Chlorite-Corrensite. *Clays and Clay Minerals*, 46(6), 649-657.
- Lisboa, J. V., Carvalho, J. M. F., Sardinha, R. P.** (2013). The “Alpalhao Granite” (Alentejo, Portugal) as a Potential Ornamental Stone. *Key Engineering Materials*, 548, 20-30.
- Lister, D.** (1994). *An assessment of acid rock drainage potential of waste rock and implications for long term weathering of the North dump at Island Copper Mine, Port Hardy*, B.C. (MSc. thesis). The University of British Columbia, Canada.
- Luhr, J. F., Carmichael, I. S. E., Varekamp, J. C.** (1984). The 1982 Eruptions of El Chichon Volcano, Chiapas, Mexico: Mineralogy and Petrology of The Anhydrite-Bearing Pumices. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 23, 69-108.
- MacKenzie D., Craw, D., Finnigan, C.** (2015). Lithologically controlled invisible gold, Yukon, Canada. *Miner Deposita*, 50, 141–157.
- Marini, L., Moretti, R., Accornero, M.** (2011). Sulfur Isotopes in Magmatic-Hydrothermal Systems, Melts, and Magmas. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 73(1), 423-492.
- Marocchi, M., Righi, S., Bargossi, G. M., Gasparotto, G.** (2011). Natural radionuclides content and radiological hazard of commercial ornamental stones: An integrated radiometric and mineralogical-petrographic study. *Radiation Measurements*, 46, 538-545.
- MİGEM (Maden İşleri Genel Müdürlüğü).** (2015). *Doğal Taş-Mermer Raporu*. Ankara.
- Miglio, B. F., Hunt, B. F.** (1993). The staining and discoloration of stone. *Structural Survey*, 11(3), 234 – 243.
- MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü).** (2006). *Türkiye Mermer Yatakları Haritası*. Türkiye Maden Yatakları Haritaları. Ankara.

- MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü).** (2009). *Aksaray İli Yer Altı Kaynakları Haritası*. Türkiye Yer Altı Kaynakları Haritaları (İllere Göre). Ankara.
- Murphy, J. B.** (2013). Appinite suites: A record of the role of water in the genesis, transport, emplacement and crystallization of magma. *Earth Science Reviews*, 119, 35-59.
- Nachit, H., Razafimahefa, N., Stussi, J. M., Carron, J. P.** (1985). Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granites. *C.R. Acad. Sci. Paris, Ser.*, 301(2), 813-818.
- Nachit, H., Ibhi, A., Abia, E. H., Ohoud, M. B.** (2005). Discrimination between Primary magmatic biotites, reequilibrated biotites and neoformed biotites. *C. R. Geoscience*, 337, 1415-1420.
- Nedelec, A., Luc Bouchez, J.** (2014). *Granites: Petrology, Structure, Geological Setting, and Metallogeny*, P. Bowden (Çeviren). Oxford University Press, UK.
- Okay, A. I., Tüysüz, O.** (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. In “The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen” (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne). *Geological Society London Special Publication*, 156, 475-515.
- Onargan, T., Gür, F., Kaya, E., Güneri, S.** (2012). Assessment of natural radioactivity in commercial granites used in Turkey. *Journal of Environmental Science and Health, Part A* 47(12), 1825-1830.
- Oygür, Y., Alkan, M., Cihnioglu, M., Gülseren, E., Güyer, F., Yıldırım, S.** (1987). *Ekecikdağ (Aksaray) yöresi demir prospeksiyonu jeoloji raporu*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Rapor No: 8205 (Yayımlanmamış), Ankara.
- Palivcova, M.** (1981). Microtextures of gabbroic and dioritic rocks associated with intrusive granitoid complexes. *Geol. Carpathica*, 32, 559-589.
- Panova, E. G., Vlasov, D. Y., Luodes, H.** (2014). *Evaluation of the durability of granite in architectural monuments*. Geological Survey of Finland, Report of Investigation (Report No: 214), Finland.
- Parneix, J. C., Beaufort, D., Dudoignon, P., Meunier, A.** (1985). Biotite Chloritization Process in Hydrothermally Altered Granites. *Chemical Geology*, 51, 89-101.
- Pavlidou, S., Koroneos, A., Papastefanou, C., Christofides, G., Stoulos, S., Vavelides, M.** (2006). Natural radioactivity of granites used as building materials. *Journal of Environmental Radioactivity*, 89, 48-60.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W., Tindle, A. J.** (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983.
- Perez-Soba, C., Villaseca, C.** (2010). Petrogenesis of highly fractionated I-type peraluminous granites: La Pedriza pluton (Spanish Central System). *Geologica Acta*, 8, 131-149.

- Pieczka, A., Evans, R. J., Grew, E. S., Groat, L. A., Ma, C., Rossman, G. R.** (2013). The dumortierite supergroup. I. A new nomenclature for the dumortierite and holtite groups. *Mineralogical Magazine*, 77(6), 2825–2839.
- Pirajno F.** (2009). *Hydrothermal processes and mineral systems*. Springer, Berlin.
- Pitcher, W.S.** (1993). *The Nature and Origin of Granite*. Chapman & Hall, London.
- Prikryl, R.** (2013). Durability assessment of natural stone. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 46(4), 377-390.
- Quick, G. W.** (2002). The Value of petrography in assessing dimension stone. *Discovering Stone Magazine, Vol. 1, Issue 3*.
- Quick, G. W., Sirivivatnanon, V.** (2006). Predicting iron staining of siderite-bearing microsyenites intended for dimension stone use. *Construction and Building Materials*, 22(3), 257-263.
- Ramdohr, P.** (1969). *The Ore Minerals and Their Intergrowths*. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Raymahashay, B. C., Sharma, S.** (1993). Decay of building stones: a mineralogical model for Konark Sun Temple, India. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 26, 155-157.
- Reddy, D. V.** (2002). Evaluation of Natural Defects in Commercial Decorative Rock Deposits in Karnataka, India. *Gondwana Research*, 5(2), 557-560.
- Rimsaite, J.** (1975). Natural Alteration of Mica and Reactions Between Released Ions in Mineral Deposits. *Clays and Clay Minerals*, 23, 247-255.
- Rollinson, H.** (1993). *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. Longman Group UK Ltd., Oxford.
- Sarjoughian, F., Kananian, A., Ahmadian, J., Murata, M.** (2015). Chemical composition of biotite from the Kuh-e Dom pluton, Central Iran: implication for granitoid magmatism and related Cu–Au mineralization. *Arab. J. Geosci.*, 8, 1521–1533.
- Savage, K. S., Tingle, T. N., O'Day, P. A., Waychunas, G. A., Bird, D. K.** (2000). Arsenic speciation in pyrite and secondary weathering phases, Mother Lode Gold District, Tuolumne County, California. *Appl. Geochem.*, 15, 1219–1244.
- Schouenborg, B., Grell, B., Döse, M., Lindqvist, J. E., Akesson, U.** (2010). Granites with discolouration-How to avoid them. *3th Global Stone Congress Proceedings Book*. 2-5 March 2010, Alicante, Spain.
- Schouenborg, B., Andersson J., Döse, M., Cornell, D.** (2011). Natural Stones of Granite with A Discolouration Potential. *13th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials Book of Extended Abstracts*, (pp. 65-66). 14-18 June 2011, Ljubljana, Slovenia.
- Scott, A. D., Amonette, J.** (1988). Role of iron in mica weathering (pp. 537-624). In: *Iron in Soils and Clay Minerals* (J.W. Stucki, B.A. Goodman & U. Schwertmann, editors). D. Reidel, Dordrecht.

- Seal, R. R.** (2006). Sulfur Isotope Geochemistry of Sulfide Minerals. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 61, 633-677.
- Seymen, İ.** (1981). Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifi'nin stratigrafisi ve metamorfizması. *TJK Bülteni*, 24, 7-14.
- Seymen, İ.** (1982). *Kaman dolayında Kırşehir masifinin jeolojisi*. (Doçentlik tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, İstanbul.
- Sha, L. K.** (1995). Genesis of zoned hydrous ultramafic/maficsilicic intrusive complexes: an MHFC hypothesis. *Earth Science Reviews*, 39, 59-90.
- Stranden, E.** (1976). Some aspects on radioactivity of building materials. *Physica Norvegica*, 8, 167-173.
- Streckeisen, A. L.** (1976). To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews*, 12, 1-33.
- Taboada, J., Vaamonde, A., Saavedra, A.** (1999). Evaluation of the quality of a granite quarry. *Engineering Geology*, 53, 1-11.
- Tarhan, N.** (1987). Orta Anadolu metamorfik ve granitik kayalarının kökeni ve evrimi, *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 6(1-2), 57-68.
- Taş Restoratörü** (2013). Taş Yüzeylerde Koruma ve Sağlamaştırma, *Modüler Eğitim Programı Ders Kitabı*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi-KUDEB yayını, İstanbul.
- Tintin, Z.** (2012). *Arkeolojik Alanda Taş Koruma: Sağlamaştırma Yöntemleri*. (Uzmanlık tezi). T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Anadolu Medeniyetleri Müzesi Müdürlüğü, Ankara.
- Toksoy-Köksal, F., Köksal, S., Göncüoğlu, M. C.** (2008). *Zirkon Jeokronolojisi ve Mineral Kimyası Çalışmaları ile Ekecikdağ Magmatik Birliği (Orta Anadolu) Granitoidlerinin Yaşı, Petrojenezi ve Jeodinamik Koşullarının Araştırılması*. TÜBİTAK Projesi, no: 106Y066, Ankara.
- TS 6234** (1988). *Granit-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TS EN 1926** (2000). *Doğal taşlar deney metotları-basınç dayanımı tayini*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TS EN 12407** (2002). *Natural stone test methods-Petrographic examination*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TS EN 13161** (2003). *Doğal taşlar deney metotları-Sabit moment altında eğilme dayanımının tayini*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TS EN 12670** (2004). *Doğal taşlar-Terimler ve tarifler*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TS 699** (2009). *Tabii yapı taşları-Muayene ve deney metodları*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TS EN 12440** (2010). *Doğal taşlar-İsimlendirme kriterleri*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.

- Tuğrul, A., Zarif, I. H.** (1999). Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey. *Engineering Geology*, 51, 303–317
- Tulloch, A. J., Challis, G. A.** (2000). Emplacement depths of Paleozoic–Mesozoic plutons from western New Zealand estimated by hornblende-Al geobarometry. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 43, 555–567.
- Türel, T. K.** (1991). *Geology, Petrography and Geochemistry of Ekecikdağ Plutonic Rocks (Aksaray Region-Central Anatolia)*. (Doktora tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Türel, T. K., Göncüoğlu, M. C., Akıman, O.** (1993). Ekecikdağ Granitoyidi'nin Petrolojisi ve Kökeni (Orta Anadolu Kristalen Kütlesi Batısı). *MTA Dergisi*, 115, 15-28.
- Tzortzis, M., Tsertos, H., Christofides, S., Christodoulides, G.** (2003). Gamma measurements and dose rates in commercially used tiling rocks (granites). *Journal of Environmental Radioactivity*, 70, 223-235.
- Uchida, E., Endo, S., Makino, M.** (2007). Relationship Between Solidification Depth of Granitic Rocks and Formation of Hydrothermal Ore Deposits. *Resource Geology*, 57(1), 47-56.
- Uçurum, M.** (2014). Kaplı Kalsit Üretimi ve Ürün Özellikleri. *MT Bilimsel Yer Altı Kaynakları Dergisi*, 6, 1-10.
- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation)**, (2000). *Sources and effects of Ionizing radiation, Exposures from Natural Radiation Sources*, Annex B. United Nations, New York.
- Url-1** < <http://www.lantoom.co.uk/portfolio/award-winning-granite>>, erişim tarihi 03.11.2015.
- Url-2** < https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IMG_5093_-_Verbania_Cave_di_granito_del_Montorfano_-_Foto_Giovanni_Dall%27Orto_3_febr_2007.jpg>, erişim tarihi 03.11.2015.
- Url-3** < <http://www.indiagranit.com/wp-content/uploads/2011/09/kashmir-white-quarry.jpg>>, erişim tarihi 03.11.2015.
- Url-4** < <http://heritageperth.com.au/files/2013/07/Commonwealth-Bank-of-Australia-Small.jpg>>, erişim tarihi 03.11.2015.
- Url-5** < http://applications.doi.vic.gov.au/ImageFactoryWeb/getfile?path=2005-10_H01433/rail_bridge_over_barkers_creek_harcourt_side_view_aug1984.jpg/vhr.jpg>, erişim tarihi 03.11.2015.
- Url-6** < http://www.bbsnaturalstone.com/wp-content/gallery/chinese-buff-granite/g682-visit_053.jpg?febf87>, erişim tarihi 03.11.2015.
- Url-7** < <http://pic.stonecontact.com/picture/suppliers/20152/117680/alpalhao-azul-de-alpalhao-granite-quarry-quarry1-3035B.JPG>>, erişim tarihi 05.11.2015.
- Url-8** < <http://www.clemson.edu/ces/hydro/murdoch/Fieldcamp/Field%20Camp/Elberon%20Field%20trip%20guide.doc>>, erişim tarihi 08.12.2015.

- Url-9** < <http://www.tummer.org.tr/images/ocak/AksarayPink02101011115718.jpg> >, erişim tarihi 14.12.2015.
- Url-10** < <https://staff.aist.go.jp/nomura-k/common/STRUCIMAGES/Biotite.gif> >, erişim tarihi 06.04.2015.
- Url-11** < <http://www.geologo.com.br/lecture17-15.gif> >, erişim tarihi 06.04.2015.
- Url-12** < https://en.wikipedia.org/wiki/Oxalic_acid >, erişim tarihi 24.01.2015.
- Url-13** < <http://www.natural-stone.com/stainremoval.html> >, erişim tarihi 25.01.2016.
- Url-14** < http://3.bp.blogspot.com/-k93Yd8BO7Z4/VDAyHOc5hcI/AAAAAAAAAXY0/BHY0V6lGWAg/s1600/oksalik_asit.jpg >, erişim tarihi 24.01.2016.
- Url-15** < <https://granitecountertopsmd.wordpress.com/2015/07/06/how-to-remove-stains-from-granite-countertops-marble-countertops/> >, erişim tarihi 28.01.2016.
- Url-16** < <http://www.drytreat.com/assets/images/case-study-carousels/sovereign-isle/sovereign-isle-before-after.jpg> >, erişim tarihi 04.02.2016.
- Url-17** < http://designsociety.dk/wp-content/uploads/2013/05/material_4.jpg >, erişim tarihi 06.02.2016.
- Url-18** < http://skilledbuild.co.uk/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/w/a/water_repellent_3.jpg >, erişim tarihi 06.02.2016.
- Url-19** < <http://www.drytreat.com/sealers/residential/stain-proof.html> >, erişim tarihi 04.02.2016.
- Url-20** < http://www.euronaturalstone.com/wp-content/uploads/2014/01/StainProof_pair_HR.jpg >, erişim tarihi 04.02.2016.
- Url-21** < <http://www.slique.co.nz/wp-content/uploads/2015/06/Porous-stone-and-tiles-Stain-Guarding-before-and-after-rectangle.jpg> >, erişim tarihi 06.02.2016.
- Uygun, M. A., Yaşar, M., Erkan, C., Baş, H., Çelik, E., Uygun, M., Bilgiç, T., Kayakıran, S., Ayak, F.** (1982). *Tuz Gölü Havzası Projesi Raporu* (Rapor No: 2/178). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara.
- Vernon, R. H.** (1990). Crystallization and Hybridism in Microgranitoid Enclave Magmas: Microstructural Evidence. *Journal of Geophysical Research*, 95(11), 17849-17859.
- Whitney, D. L., Evans, B. W.** (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185-187.
- Winkler, E. M.** (1994). *Stone in architecture: properties, durability*. Springer-Verlag, Berlin.
- Wones, D. R., Eugster, H. P.** (1965). Stability of biotite: experiment, theory, and application. *American Mineralogist*, 50, 1228-1272.

- Yavuz, F.** (2003a). Evaluating micas in petrologic and metallogenic aspect: I-definitions and structure of the computer program MICA+. *Computers & Geosciences*, 29, 1203-1213.
- Yavuz, F.** (2003b). Evaluating micas in petrologic and metallogenic aspect: II-Applications using the computer program MICA+. *Computers & Geosciences*, 29, 1215-1228.
- Yavuz, F., Kumral, M., Karakaya, N., Karakaya, M. Ç., Yıldırım, D. K.** (2015). A Windows program for chlorite calculation and classification. *Computers & Geosciences*, 81, 101-113.
- Yıldırım, B.** (2010). *Tuz Gölü Doğu ve Batısındaki Gabroların Konfokal Raman Spektroskopisi ile İncelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldız, M., Yıldız, A., Kahya, A., Gürcan, S.** (2014). Kızılkaya (Sevinçli / Aksaray) ignimbiritinin jeolojisi ve yapıtaşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(1), 1-8.
- Yılmaz, S., Boztuğ, D.** (1994). Granitoyid petrojenezinde magma mingling/mixing kavramı. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 44-45, 1-20.
- Yılmaz-Şahin, S., Boztuğ, D.** (2001). Magma Karışması (Magma Mingling/Mixing). D. Boztuğ ve N. Otlu (editörler), *Magmatik Petrojenez TÜBİTAK Lisans Üstü Yaz Okulu Bildiriler Kitabı*, (s. 543-579). Akçakoca-Düzce: Türkiye, 7-12 Haziran. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
- Yüzer, E., Erdoğan, M.** (1996). *Türkiye Mermer Envanteri ve Mermerlerin Mühendislik Özelliklerini Araştırma Projesi Raporu* (Rapor No: 90K120720). Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı (DPT).
- Zane, A., Weiss, Z.** (1998). A procedure for classifying rock-forming chlorites based on microprobe data. *Rend. Lincei Sci. Fis. Nat. Ser.*, 9, 51-56.
- Zeck, H. A.** (1971). Koexistirnde Alkalifeldspate und plagioclase in system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{-H}_2\text{O}$ bei temperaturen von 650°C bis 900°C , *Neues Jahrb. Mineral Abhandl.*, 115, 315-345.



EKLER

- EK A:** Ozancık (Aksaray) Granit Blok Taş Ocağı ve Civarının Jeoloji Haritası- Kesitleri (CD-Rom'da).
- EK B:** Ozancık Monzograniti ile Keleşdağ Gabro-diyoriti'nin Magma Karışım Süreçlerinin ve Arazideki İlişkilerinin Model Şeması (CD-Rom'da).
- EK C:** Ozancık (Aksaray) Granit Blok Taş Ocağı Malzeme Jeolojisi Haritası- Kesitleri (CD-Rom'da).
- EK C:** Ozancık (Aksaray) Granit Blok Taş Ocağındaki Jeolojik Sorunların Dağılımı (CD-Rom'da).
- EK E:** Türkiye'de İşletilen Ticari Granitler (CD-Rom'da).
- EK F:** Türkiye'de İşletilen Önemli Ticari Granitlerin Radyoaktivite Potansiyelleri (CD-Rom'da).



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Osman Serkan ANGI
Doğum Tarihi ve Yeri : 1978, İstanbul
E-posta : angio@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2002, İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2007, İTÜ, Jeoloji Mühendisliği, Uygulamalı Jeoloji

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2002 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Lisans eğitiminden Bölüm Birincisi ve Fakülte İkincisi olarak mezun oldu.
- 2004-2013 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı.
- 2013 yılından itibaren İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nin Mühendis kadrosunda Uzman Mühendis olarak, Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmaya devam ediyor.
- 2016 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde doktorasını tamamladı.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Angi O.S.**, Çiftçi E., Yavuz O., Önenç D.İ. 2014. Geological Flaws Affecting Quality of Granite Dimension Stones in Turkey and Proposed Solutions. *5th Global Stone Congress*, October 22-25, 2014 Antalya, Turkey.
- **Angi O.S.**, Çiftçi E., Yavuz O. 2015. Geological Problems for Dimension Stone Granite Quarry Exploited in Central Anatolia Region (Aksaray-Turkey). *12th International Congress for Applied Mineralogy*, August 10-12, 2015 Istanbul, Turkey.

- **Angı O.S.**, Yavuz O., Yalçın, T., Çiftçi E. 2015. Mineralogy-Induced Radiological Aspects of Selected Commercial Granites Exploited in Turkey. *12th International Congress for Applied Mineralogy*, August 10-12, 2015 Istanbul, Turkey.
- **Angı O.S.**, Yavuz O., Yalçın, T., Çiftçi E. 2016. Mineralogy-Induced Radiological Aspects with Characterization of Commercial Granites Exploited in Turkey. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. doi: 10.1007/s10064-016-0894-2.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Angı, O.S.** 2009. Antique Natural Stones Used in Historical Buildings and Monuments on The Historical Peninsula of Istanbul, Turkey. *IX International Conference for ASMOSIA (Interdisciplinary Studies on Ancient Stone)*, June 8-13, 2009 Tarragona, Spain.
- **Angı O.S.**, Mahmutoğlu Y., Çiftçi E. 2015. Natural Stones Documentary and Deterioration Types Used on Historical Buildings in Historical Peninsula of Istanbul (Turkey). *12th International Congress for Applied Mineralogy*, August 10-12, 2015 Istanbul, Turkey.