



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**BİWONG BOULOU-MVANGAN (GÜNEY
KAMERUN) ARASINDAKİ BÖLGENİN
JEOLOJİSİ VE MADEN YATAKLARI
POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI**

Gaston Judes NTI NKOULOU

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık - 2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Gaston Judes NTI NKOULOU tarafından hazırlanan “**Biwong Boulou-Mvangan (Güney Kamerun) arasındaki Bölgenin jeolojisi ve Maden Yatakları potansiyelinin Araştırılması**” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Unvanı Adı SOYADI

.....

Danışman

Unvanı Adı SOYADI

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması **Konya teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü** tarafından **191107045** nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Gaston Judes NTI NKOULOU

Tarih:

ÖZET

DOKTORA TEZİ

BİWONG BOULOU-MVANGAN (GÜNEY KAMERUN) ARASINDAKİ BÖLGENİN JEOLJİSİ VE MADEN YATAKLARI POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Gaston Judes NTI NKOULOU

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fetullah ARIK

2022, 75 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Fetullah ARIK
Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK
Doç. Dr. Tevfik AĞAÇAYAK
Doç. Dr. Bilgehan Yagbu HORASAN
Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

Bu çalışmada Güney Kamerun'da, Biwong Boulou ve Mvangan ilçeleri arasında yüzeylenen magmatik ve metamagmatik kayaçların petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Çalışma alanı, Biwong Boulou ve Mvangan Bölgesi'nde ve çevresinde, yaklaşık 150 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bölgede, gabro, amfibolit, diyorit, şarnokit ve granit bileşimli kayaçlar yer almaktadır. Granitik kayaçlarda yaygın olarak plajiyoklaz, ortoklaz ve kuvarslar daha az oranda biyotit, epidot ve kloritler bulunmaktadır. Gabrolarda başlıca plajiyoklas, klinopiroksen, klorit ve ortoklas, bulunmaktadır. Diyoritler kuvars, K-feldispat, plajiyoklas, biyotit ve kuvarslardan oluşmaktadır. Şarnokitik kayaçlar potasyum feldispat, biyotit, plajiyoklaz ve epidotlardan oluşmaktadır. Amfibolitler ise plajiyoklas, amfibol, biyotit, epidot ve opak minerallerden oluşmaktadır. Çalışma alanındaki kayaçlarda yapılan jeokimyasal analizler AFM diyagramında değerlendirildiğinde granit ve şarnokitler kalk-alkalin gabro ve amfibolitler ise toleyitik seri içine bulunmaktadır. Kayaçlar K₂O-SiO₂ diyagramına göre bazik kayaçlar (amfibolit ve gabro) ve tüm şarnokitler Orta K ve Düşük-K kalkalkalen serileri yer alıp, granitler ise hem yüksek K kalkalkalen seri hem de şösonitik seri içinde yer almaktadır.

Bölgede genellikle şarnokitler metalümin karakterli olup granitler peralümin karakterlidir. Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (LILE) ve hafif nadir toprak elementlerce (LREE) zenginleşmiş, kalıcılığı yüksek elementlerce (HFSE) tüketilmişlerdir.

Yapılan LA-ICP-MS U-Pb zirkon yaşlandırmasına göre, bölgedeki BM007 örneğin yaşı 2971 milyon olup granitlerin Arkeen döneminde kristallendiklerini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeokimya, Petrografi, U-Pb Jeokronolojisi, Arkeen, Kamerun, Mvangan



ABSTRACT

PhD THESIS

INVESTIGATION OF THE GEOLOGY AND ORE DEPOSIT POTENTIAL BETWEEN THE BIWONG BOULOU-MVANGAN REGION (SOUTH CAMEROON)

Gaston Judes NTI NKOULOU

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering
Advisor: Prof. Dr. Fetullah ARIK**

2022, 75 Pages

**Jury
Prof. Dr. Fetullah ARIK
Assoc. Prof. Dr. Alican ÖZTÜRK
Assoc. Prof. Dr. Tevfik AĞAÇAYAK
Assoc. Prof. Dr. Bilgehan Yagbu HORASAN
Assoc. Prof. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN**

It was carried out to determine the petrographical, geochemical and geochronological properties of the magmatic and metamagmatic rocks surface between Biwong Boulou and Mvangan districts in Southern Cameroon in this study.

The study area covers an area of approximately 150 square kilometers around Biwong Boulou and Mvangan District. In the region, gabbro, amphibolite, diorite, sharnokite and granite composition rocks located. Granitic rocks commonly represented by plagioclase, orthoclase, and quartz, and to a lesser extent biotite, epidote and chlorite. Gabbros are mainly plagioclase, clinopyroxene, chlorite and orthoclase. Diorites consist of quartz, K-feldspar, plagioclase, biotite and quartz. Charnokitic rocks consist of potassium feldspar, biotite, plagioclase, and epidotes. Amphibolites consist of plagioclase, amphiboles, biotites, epidote and opaque minerals. When the geochemical analyzes made in the rocks in the study area are evaluated in the AFM diagram, granite and charnockites are included in the calc-alkaline gabbro and amphibolites are included in the toleitic series. Rocks are basic rocks (amphibolite and gabbro) according to the K_2O-SiO_2 diagram and all charnockites are included in the medium K and Low-K calcalkalene series, while granites are included in both the high K calcalkalene series and the shoshonitic series. In the region,

charnockites have a metaluminous character and granites have a peraluminous character. They are enriched with large ion radius lithophile elements (LILE) and light rare earth elements (LREE) and depleted by high persistence elements (HFSE).

According to the LA-ICP-MS U-Pb zircon aging, the BM007 specimen in the region is 2971 million years old, indicating that xenoliths crystallized during the Archean period.

Keywords: Cameroon, Geochemistry, Mvangan, Archean, Petrography, U-Pb Geochronology



ÖNSÖZ

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora çalışması olarak yapılmıştır.

Tez çalışmam esnasında her türlü desteğini, önerisini ve hoşgörüsünü esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fetullah ARIK'a teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmanın her aşamasında değerli bilgi, tecrübe, destek ve yardımlarının esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK, Doç. Dr. Tevfik AĞAÇAYAK, Doç. Dr. Arif DELİKAN, Dr. Öğr. Üyesi Gürsel KANSUN ve Arş. Gör. Dr. Yeşim ÖZEN'e teşekkür ederim.

Bu uzun ve yorucu süreçten benimle birlikte geçen ve anlayışını benden esirgemeyen sevgili eşim Jeoloji Yüksek Mühendisi Aichatou TASSI SAA'ya ve çocuklarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca beni destekleyen, hakkını asla ödeyemeyeceğim babam NKOULOU, annem ATYAM ve kardeşlerime ve isimlerini tek tek sayamayacağım pek çok dostuma sonsuz teşekkürler.

Araştırmanın yapılabilmesi için gerekli maddi desteği sağlayan Selçuk Üniversitesi ve Konya Teknik Üniversitesi Rektörlükleri ve Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüklerine çok teşekkür ederim.

Son olarak Türkiye Cumhuriyeti'ne tüm maddi destekleri ve özellikle misafirperverlikleri için teşekkür ederim.

Gaston Judes NTI NKOULOU
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. İnceleme Alanının Konumu	1
1.3. Coğrafi Özellikler.....	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Hazırlık Çalışmaları	20
3.2. Arazi Çalışmaları	20
3.3. Laboratuvar Çalışmaları ve Analizler	22
3.3.1. Mineralojik (petrografik) incelemeler	22
3.3.2. Jeokimyasal incelemeler:.....	23
3.3.3. Jeokronolojik incelemeler	24
3.4. Büro Çalışmaları ve Tez Yazımı	25
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	26
4.1. Genel Jeoloji.....	26
4.2. Mineralojik-Petrografik İncelemeler.....	30
4.2.1. Granitik kayalar.....	30
4.2.1.1. Granit	30
4.2.1.2. Alkali feldispat granitler	33
4.2.2. Şarnokitler.....	35
4.2.3. Bazik kayalar.....	37
4.2.3.1. Gabro/diyabaz.....	37
4.2.3.2. Diyorit.....	38
4.2.3.3. Amfibolitler	39
4.2.4. Kuvarsit.....	42
4.3. Jeokimyasal İncelemeler	43
4.3.1. Kayaların genel kimyasal özellikleri.....	44
4.3.1.1. Granitik kayalar	44

4.3.1.2. Şarnokitler	46
4.3.1.3. Bazik kayalar	48
4.3.2. Kayalarda kökensel inceleme.....	50
4.3.3. Uyumsuz elementler	56
4.4. Jeokronolojik İncelemeler.....	57
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	62
5.1. Sonuçlar.....	62
5.2. Öneriler	68
KAYNAKLAR	69
EKLER	75
EK-1 Biwong Boulou - Mvangan Bölgesinin Jeolojik Haritası	75



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. 1. Biwong Boulou-Mvangan aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri.....	4
Tablo 4. 1. Biwong Bulu ve Mvangan arasındaki Granitoyidi’ni oluşturan kayaların petrografik özellikleri.	43
Tablo 4. 2. Biwong- Boulou Mvangan arası çalışma alanındaki granitik kayalara ait major oksit (%), iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları (ppm), Std Sapma : Standart sapma, Std. Hata : Standart hata, t_n : hesaplanan t değeri, Alt Sınır : Anakitle aritmetik ortalamasının alt sınırı, Üst Sınır : Anakitle aritmetik ortalamasının üst sınırı.....	45
Tablo 4. 3. Biwong- Boulou Mvangan arası çalışma alanındaki Şarnokitlere ait major oksit (%), iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları (ppm), Std Sapma : Standart sapma, Std. Hata : Standart hata, t_n : hesaplanan t değeri, Alt Sınır : Anakitle aritmetik ortalamasının alt sınırı, Üst Sınır : Anakitle aritmetik ortalamasının üst sınırı.....	47
Tablo 4. 4. Biwong- Boulou Mvangan arasındaki bazik kayalar grubuna ait major oksit (%), iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları (ppm), Std Sapma : Standart sapma, Std. Hata : Standart hata, t_n : hesaplanan t değeri, Alt Sınır : Anakitle aritmetik ortalamasının alt sınırı, Üst Sınır : Anakitle aritmetik ortalamasının üst sınırı.....	49
Tablo 4. 5. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinden derlenen kayalarda bileşenlerin korelasyon analizi	54
Tablo 4. 6. Mvangan Biwong Boulou (Kamerun) Bölgesindeki şarnokitik kayalardan alınan BM-07 numunesinde tespit edilen Zr’larda U, Th ve Pb miktarları (ppm), standart hata değerleri (S.H.) ve U/Th oranı ile standart hata (S.H) değerleri	58
Tablo 4. 7. Şarnokitik kayalardan alınan BM-07 numunesinde tespit edilen Zr’larda ²⁰⁷ Pb - ²³⁵ U ve ²⁰⁶ Pb - ²³⁸ U izotop oranları ve standart hata (S.Hata) karşılaştırması	58
Tablo 4. 8. Mvangan Biwong Boulou (Kamerun) Bölgesindeki şarnokitik kayalardan alınan BM-007 numunesinde tespit edilen Zr’larda ²³⁸ U - ²⁰⁶ Pb ve ²⁰⁷ Pb - ²⁰⁶ Pb izotop oranları ve standart hata (S.Hata) karşılaştırması	59
Tablo 4. 9. Zr’larda ²⁰⁸ Pb – ²³² Th ve ²⁰⁶ Pb - ²⁰⁸ Pb izotop oranları ve standart hata (S.Hata) karşılaştırması.....	59
Tablo 4. 10. Zr’larda ²⁰⁷ Pb - ²³⁵ U, ²⁰⁶ Pb - ²³⁸ U, ²⁰⁸ Pb – ²³² Th ve ²⁰⁷ Pb - ²⁰⁶ Pb izotop oranlarına göre belirlenen yaş değerleri ve standart hataları (S.H).	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.....	2
Şekil 1. 2. Biwong Boulou-Mvangan bölgesinin morfolojik özellikleri ve topografik kesitleri (AB, CD ve EF kesitleri).....	3
Şekil 1. 3. Biwong Boulou-Mvangan bölgesi yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değişim grafiği.....	4
Şekil 2. 1. Kamerun'un jeolojik haritası ve büyük litotektonik alanlar; ASZ, Adamawa makaslama bölgesi; SF, Sanaga fayı; TBF, Tcholliré-Banyo fayı; CCSZ, Orta Kamerun makaslama bölgesi; NT, Ntem kompleksi; DS, Dja grubu; NS, Nyong grubu; 1 = güney; 2 = merkezi alan adı (Adamawa-Yadé alan adı); 3 = kuzey etki alanı; Toteu ve diğ., 2004.....	7
Şekil 2. 2. Kamerun'un jeolojik haritası.....	8
Şekil 2. 3. Kamerun'un Jeoloji haritası, Pan Afrika Kuzey-Ekvatorial kıvrım kuşağının üç ana bölümü: 1) Güney bölgesi (Arkeen Dönem), 2) Orta bölge (Paleoproterozoyik Dönem), 3) Kuzey bölgesi (Neoproterozoyik Dönem). TBF, Tibati-Banyo Fayı; CCSZ, Merkez Kam Serileri, kloritik şistler, bazen grafitik, volkanik ve volkanosedimenter kayaların lokal arakatıkları ve çakıltası arakatıklarına sahip mika kuvarsitlerin kuvvetli seviyeleri ile temsil edilmektedir. (Nzenti ve diğ., 2006'dan değiştirilerek).....	11
Şekil 2. 4. Kamerun'un jeolojik haritası Toteu ve diğ. Orta Afrika Kesme Bölgesi, Tchollire-Banyo Fayı (TBF), Adamawa Fayı (AF), Sanaga Fayı (SF) ve Kribi-Campo Fayı'ndan (KCF) oluşan NE trend fayları sistemi ile tanımlanır. İç kısım, Kamerun'un kraton ve mobil kemerlerin dağılımına göre konumunu gösteren Afrika kıtasının haritasıdır (Ntiéche ve ark, 2016)	12
Şekil 2. 5. Kamerun'un maden yatakları haritası (Gentry, 2009)	13
Şekil 2. 6. Kamerun maden yatakları haritası (Funoh, 2014).....	15
Şekil 3. 1. Biwong Boulou-Mvangan bölgesinde yoğun bitki örtüsü nedeniyle güçlkle gerçekleştirilen saha çalışmaları	20
Şekil 3. 2. Biwong Boulou-Mvangan bölgesinde saha çalışmaları ve numune alımı	21
Şekil 3.3. Biwong Boulou-Mvangan bölgesinde saha çalışmaları esnasında alınan numunelerde petrografik inceleme çalışmalarına hazırlık	22
Şekil 3.4. Biwong Boulou-Mvangan bölgesinde saha çalışmaları esnasında alınan numunelerde kimyasal analiz çalışmalarına hazırlık	23

Şekil 4. 1. Kamerun'un güneyindeki Ntem Kompleksi'nin yer bulduru ve basitleştirilmiş jeolojik haritası (Pouclet ve diğ., 2007)	26
Şekil 4. 2. A-Güney Kamerun, Ntem Kompleksinin Jeolojik haritası B- Biwong Boulou - Mvangan bölgesinin Jeolojik haritası	29
Şekil 4. 3. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinde Ntem kompleksine ait granit örnekleri (a: BM007 ve b: BM010).....	31
Şekil 4. 4. Granitlerde gözlenen yoğun plajiyoklazlar içinde kuvars lamelleri ve K-feldspatlar (BM007), a ve c: //N, c ve d: +N), (Pl: plajioklas, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars, Kfs: K-feldispat, Px: Proksen).....	32
Şekil 4. 5. Ntem kompleksinde holokristalen dokulu granitlerde kuvars (Qz), serisit (Ser), muskovit (Ms), piroksen (Px), amfibollerden (Amp) oluşan holokristalen taneseli doku (a ve c: //N, b ve d: +N)	32
Şekil 4. 6. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinde Alkali Feldispat granit örnekleri (BM002ve BM008).....	33
Şekil 4. 7. Mvangan'ın kuzeyinden alınan alkali feldispat granitlerde (BM002) iri kristalli alkali feldispat (Kfs), plajioklas (Pl) ve amfibollerden oluşan holokristalen taneseli doku (a: //N, b: +N).....	33
Şekil 4. 8. Alkali feldispat granitlerde (BM008) kuvars (Qz), K-feldispat (Kfs), biyotit (Bi) ve amfiboller (Amp), (a ve c: //N, b ve d: +N).....	34
Şekil 4. 9. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinde Mvangan'ın doğusundan alınan gabro örneği (BM003).....	37
Şekil 4. 10. Mvangan doğusundan alınan gabrolarda yaygın olarak gözlenen piroksen (Px) ve plajioklas (Pl) ile temsil edilen gabroyik doku (BM003; a: //N, b: +N) 38	
Şekil 4. 11. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinden alınan diyorit (BM-009)	39
Şekil 4. 12. Mvangan kuzeyindeki diyorit stoklarından alınan diyorit numunesinde (BM009) piroksen (Px), plajioklas (Pl), biyotit (Bt), kuvars (Qz), amfibol ve biyotitlerden dönüşen klorit ve opak mineraller (a, c ve e: //N, b, d ve f: +N) ...	40
Şekil 4. 13. Biwong - Boulou Mvangan bölgesine ait kayaçlardan bulunan şarnokit örnekleri. (BM01)	35
Şekil 4. 14. Biwong Boulou -Mvangan bölgesinden derlenen şarnokit numunesinde (BM001) ortopiroksen (OPx), piroksen (Px), plajioklas (Pl), biyotit (Bt), kuvars (Qz), amfibol ve biyotitler (Bi) dönüşen (a, c ve e: //N; b, d ve f: +N)	36
Şekil 4. 15. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinden derlenen koyu gri, koyu yeşil renkli amfibolit (BM012).	41

Şekil 4. 16. Mwangan bölgesinden derlenen amfibolit (BM012) numunesinde özşekilli, mükemmel dilinimli, yeşil renkli amfibol (Amp), polisentetik ikizli plajiolas (Pl), basınç gölgeli kuvars (Qz) ve canlı renkli kloritoyidlerle (Chl) belirlenen nematoblastik doku (a ve c: //N, b ve d: +N)	42
Şekil 4. 17. Biwong- Boulou Mwangan bölgesine ait kayaçlardan bulunan kuvarsit örnek. gözlenen sadece yoğun kuvars bulunur. bir dayk şeklinde yüzeyde gözlenmektedir.	42
Şekil 4. 18. Mwangan bölgesinden derlenen kuvarsitlerde kuvars kristalleri	43
Şekil 4. 19. Biwong Boulou ve Mwangan bölgesine ait örneklerin sınıflanması. Toplam Alkali Silis (TAS) sınıflama diyagramı (Middlemost, 1994)	50
Şekil 4. 20. AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, Fe_2O_3 , MgO) diyagramı (Toleyitik-kalk-alkalen ayırım eğrisi Irvine ve Baragar, 1971'den)	51
Şekil 4. 21. K_2O (% ağı.)- SiO_2 (% ağı.) diyagramı (Peccherillo ve Taylor, 1976)	51
Şekil 4. 22. Çalışma alanına ait kayaç örneklerinin $\text{FeOt} / (\text{FeOt} + \text{MgO})$ ve SiO_2 (wt%) diyagramı ve) ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$) ve SiO_2 (wt%) diyagramı (Frost ve diğ., 2001)	52
Şekil 4. 23. Bölgedeki magmatik kayaç örneklerinin molar A/CNK'ya karşı molar A/NK değişimine bağlı olan alümino bazlı sınıflama (Mainar ve Piccoli, 1989) diyagramları.	52
Şekil 4. 24. Biwong Boulou ve Mwangan bölgesi magmatik kayaç örneklerinin SiO_2 karşı ana oksit (%) ve bazı iz element (ppm) dağılım diyagramları.	55
Şekil 4. 25. Biwong- Boulou Mwangan bölgesine ait ayaçların primitif mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989), normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.	56
Şekil 4. 26. Şarnokitik kayaçlarda Zr yaşlandırma çalışması ile elde edilen $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$ yaş grafiği.....	60
Şekil 4. 27. Şarnokitik kayaçlarda Zr yaşlandırma çalışması ile elde edilen $^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$ yaş grafiği.....	61
Şekil 4. 28. Granitik kayaçlarda yaşlandırma çalışması yapılan zenginleştirilmiş zirkon minerallerinden elde edilen Pb ve U izotoplarına göre $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$ değerine karşı $^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$ konkordia grafiği	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C: Santigrad derece

m: metre

km²: kilometrekare

Kısaltmalar

A/CNK: Alkali/Kalsiyum, Sodyum, potasyum

ANTE: Ağır Nadir Toprak Elementleri

B: Batı

CVL: Cameroon Volcanic Line- Kamerun volkanik hattı

D: Doğu

HNTE: Hafif Nadir Toprak Elementleri

ICP-AES: Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy: İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi

ICP-MS: Inductively coupled plasma mass spectroscopy: İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi

KB: Kuzeybatı

KD: Kuzeydoğu

LA-ICP-MS: Lazer aşındırılmalı İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi

LOI: Loss On Ignition-Ateş Zayıyatı:

NTE: Nadir Toprak Elementleri

ppm: part per million, milyonda oran

TTG: Tonalit, trondjemit ve granodiyorit

LILE: Large ion radius lithophile elements: Büyük iyon yarıçaplı elementler

HFSE: High persistence elements Yüksek kalıcı elementler

1. GİRİŞ

“Biwong Boulou-Mvangan (Güney Kamerun) arasındaki Bölgenin jeolojisi ve Maden Yatakları potansiyelinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma; Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden Yatakları – Jeokimya Programında altında doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışma Konya Teknik Üniversitesi **Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü** tarafından **191107045** numaralı **Doktora Tez Projesi** olarak desteklenmiştir.

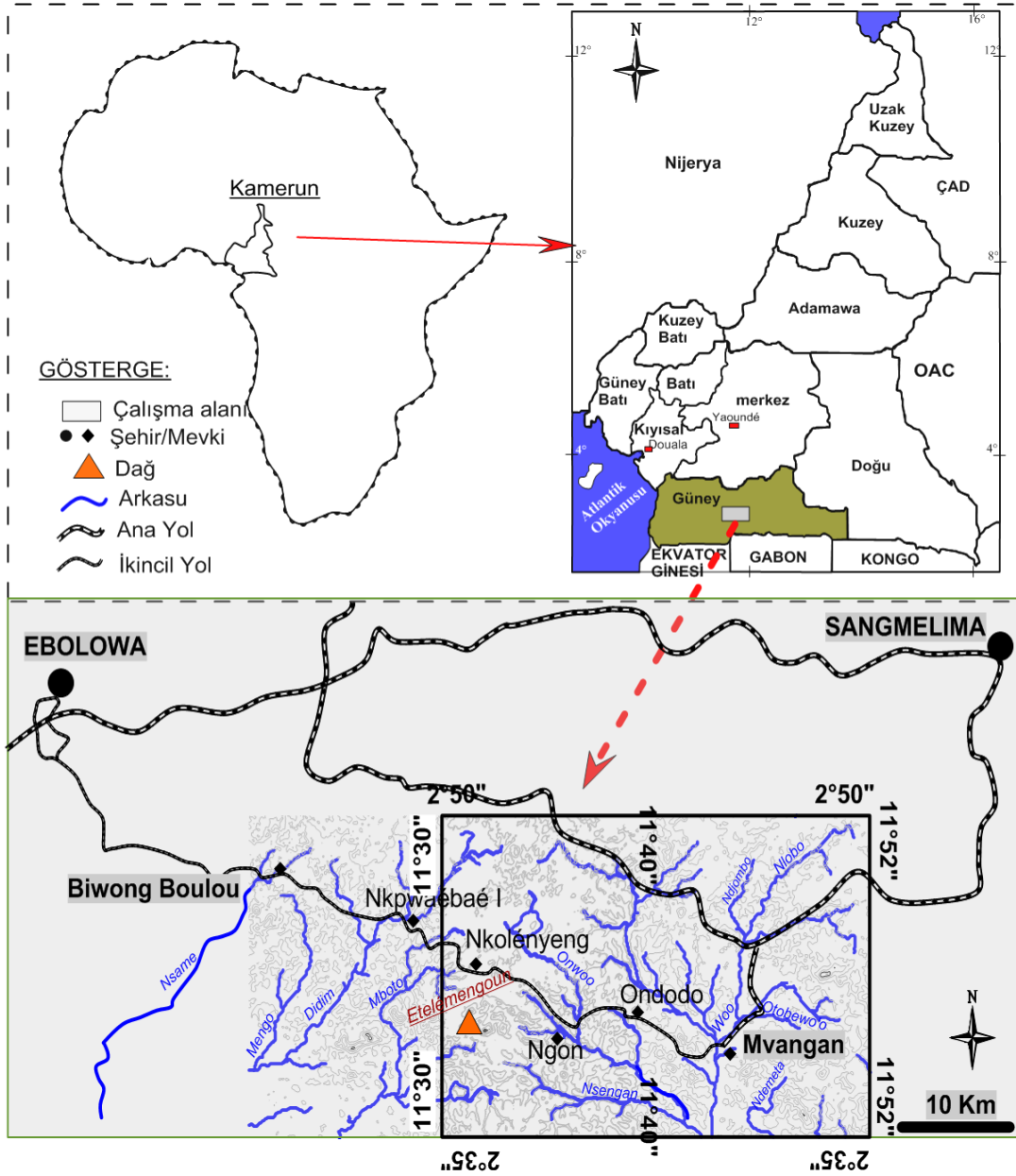
1.1. Çalışmanın Amacı

Dünya maden rezervlerinin yaklaşık % 30'una sahip olan Afrika'da halen daha fazla maden kaynağı bulunma olasılığı oldukça yüksektir. Mevcut potansiyelin büyük bir bölümü halen işletilmemesine karşın halen dünyadaki altının % 40'ı, kobaltın % 60'ı ve platin grubu metallerin % 90'ı üretilmektedir. Bu çalışmada araştırma yapılan Güney Kamerun bölgesinde halen artisanal (amatör, el emeği) altın madenciliği yaygın olup yerel halk bu madenleri geleneksel ilkel yöntemlerle işletmeye çalışmaktadır. Bağımsızlığını kazandıktan sonra Kamerun Hükümeti ulusal ve uluslararası madencilik şirketlerine 200 civarında maden araştırma ve işletme izni vermiştir. Bu izinlerden sonra Kamerun'da jeolojik ve maden yatakları amaçlı birçok bilimsel araştırma yapılmasına rağmen bu çalışmada araştırılması planlanan Mvangan- Biwong Boulou bölgesinde sınırlı birkaç altın ve uranyum yatağında yapılan temel araştırmaların dışında ayrıntılı jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve maden jeolojisi çalışmaları yoktur.

Bu çalışmada Biwong Boulou-Mvangan (Güney Kamerun) arasındaki bölgenin jeolojik, jeokronoloji ve yapısal jeoloji özellikleri, farklı özellikteki metasedimanter ve metamagmatik kayalarla, bölgedeki çalışmalar esnasında belirlenmesi muhtemel maden potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

1.2. İnceleme Alanının Konumu

Bu çalışmada incelenmesi planlanan Biwong Boulou-Mvangan Bölgesi Güney Kamerun'da NTEM kompleksi içinde Ebolowa İlının Güneydoğusunda 11° 30' -14° 40' doğu boylamları ve 2°35'-2°50' kuzey enlemleri arasında yaklaşık 150 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1). Önemli yerleşim yerleri; Biwong Boulou İlçesi'ne bağlı Nkoleban (Etelmengoun); Mvangan İlçesi'ne bağlı Aboelon, Nkolényeng, Mebo'o, Alotom, Ondodo, Melan ve Lobe köyleridir.



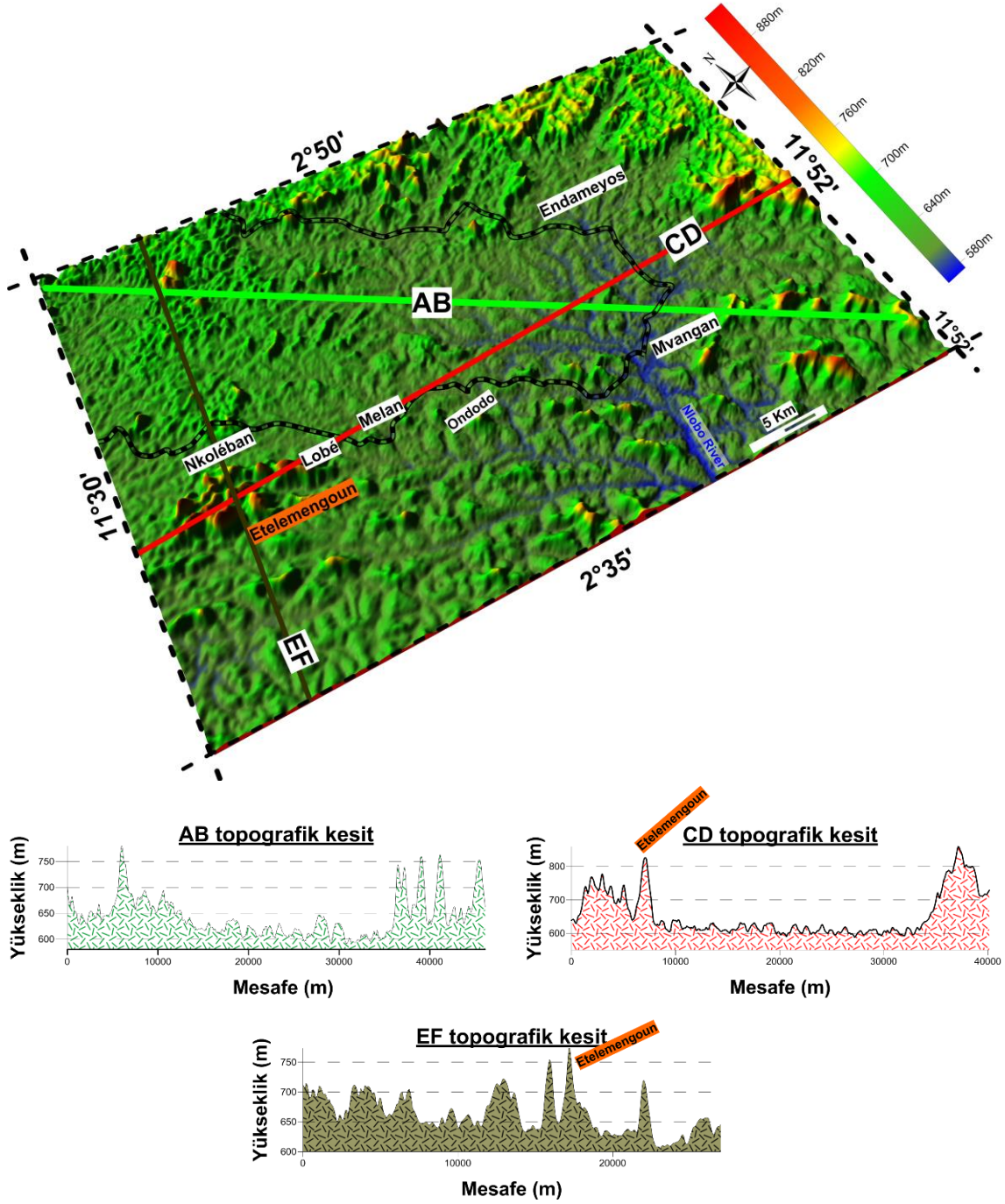
Şekil 1. 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

1.3. Coğrafi Özellikler

Çalışma alanı subtropikal ve ekvatorial iklime sahiptir. Dolayısıyla kuzeyde çalı ve otsu savanlar ve güneyde ekvatorial ormanlarla temsil edilen birbirinden keskin sınırla ayrılan iki farklı bitki örtüsüne sahiptir. Bölge savan bitki örtüsüyle kaplı 900 m yüksekliğindeki bir platodur (Tetsopgang ve diğ., 2007).

Biwong Boulou – Mwangi Köyü'ne ulaşım oldukça güç olup buraya gelen yol Kamerun'daki yolların en düşük kategorili toprak yollardan biridir. Bölgeye araba ile sadece kuru mevsimde ulaşılabilir. Yağışlı mevsimlerde ise sadece motosikletle ulaşım yapılabilir.

İnceleme alanında morfoloji çok sarp olmayıp büyük ölçüde kayaçların jeolojik özelliklerinin denetimindedir (Şekil 1.2). Topografik kesitlerine (AB, CD ve EF) göre Mvangan-Biwong Boulou bölgesinde birkaç topografik düzensizlik dışında (talveg, çökme, vb) batıda düşük eğimli nispeten düze yakın ova ve platolar doğuda ise hafif engebeli bir yapı şeklinde iki ana jeomorfolojik yapı bulunmaktadır (Şekil 1.2). Tepelerin yükseklikleri 760 – 950 m arasında değişmekte olup en yüksek nokta 950 m olan batısında Etelemengoun dağının zirvesidir.



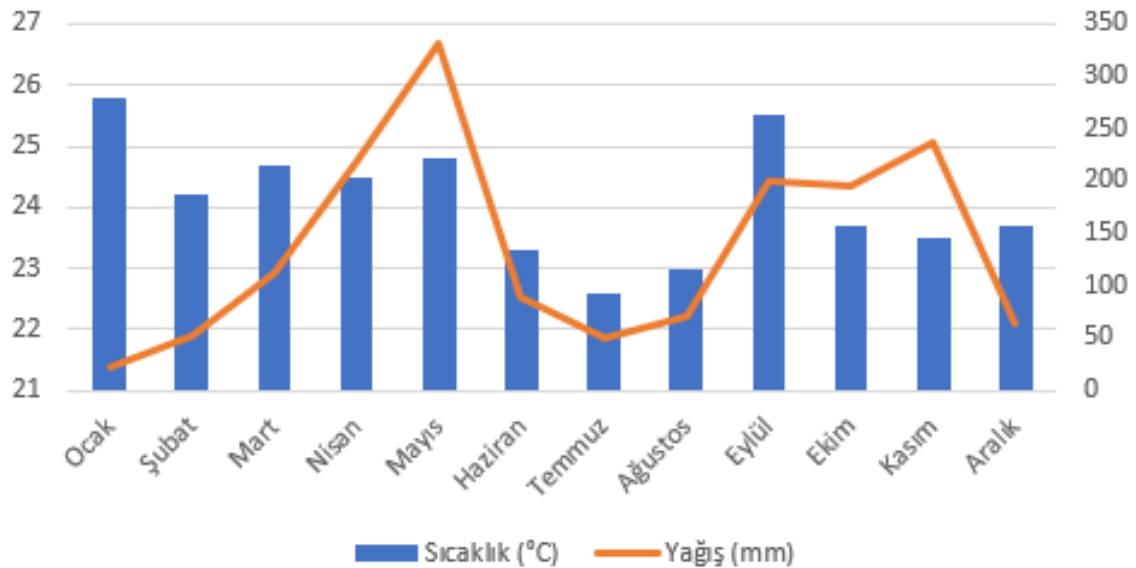
Şekil 1. 2. Biwong Boulou-Mvangan bölgesinin morfolojik özellikleri ve topografik kesitleri (AB, CD ve EF kesitleri)

İnceleme alanındaki en önemli akarsu Nlobo Nehri'dir. Biwong Boulou Mvangan bölgesindeki diğer akarsular Nsengan, Onwo'o, Nkong, Wo'o, Bouboulou, Mebete, Otelebwo'o, Sas, Ndjomba, Bemva'a ve Nzabo'o'dır.

İnceleme alanı Afrika'nın subekvator Gine tipi 4 mevsimlik kurak iklim şartları altındadır. Bölgede, 2 yağışlı (Ağustos ortasından Kasım ortasına kadar uzun yağışlı periyot ve Mart ortasından Mayıs'a kadar kısa bir yağmur mevsimi) ve 2 kuru mevsim (Kasım ayından Mart ortasına kadar uzun kurak mevsim ve Haziran ortasından Ağustos ortasına kadar kısa kuralık mevsimi) görülmektedir. Kuraklık özellikle Aralık ve Nisan ayları arasında yüksek, Haziran-Temmuz ayında düşüktür. Yağmur genellikle Ağustos - Kasım ortasında artış gösterirken Nisan-Mayıs aylarında azalmaktadır. Bu nedenle, burada yılda iki ürün döngüsü gerçekleştirmek mümkündür. Ortalama yağış miktarı 1.600 mm/m², ortalama sıcaklık 25 °C ve değişim 4 °C civarındadır. Yağmurlar bol ve düzenli (neredeyse yılın her ayı yağmur yağar)'dir. Yıllık bağıl nem % 82 civarındadır. Yüzey akışından kaynaklanan toprak erozyonu, birleşik rölyef ve bitki örtüsü faktörleri nedeniyle önemsizdir (Tablo 1.1. Şekil 1.3.).

Tablo 1. 1. Biwong Boulou-Mvangan aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık (°C)	25,8	24,2	24,7	24,5	24,8	23,3	22,6	23	25,5	23,7	23,5	23,7
Yağış (mm)	22,5	53,2	112,6	218,7	331,3	89,4	49,4	71,4	200,1	194,7	236,9	64,2



Şekil 1. 3. Biwong Boulou-Mvangan bölgesi yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değişim grafiği

Biwong Boulou-Mvangan halkının % 90'ı çiftçi, olup güçlü kakao çiftçiliği özelliği ile geçimlik tarıma yöneliktir (üretici fiyatlarındaki düşüşe rağmen). Bu tarım aynı zamanda kimyasal gübreler, iyileştirilmiş tohumlar ve böcek ilaçları gibi verimli girdilerin kullanılmaması ile de karakterize edilmektedir.

Bölgede kümes hayvanları, koyunlar, domuzlar ve keçilerden oluşan hayvancılık daha çok hayvanların barınmadan mera ve otlak alanlarda beslenme ile gerçekleşmektedir. Hayvancılık ürünleri daha çok ailelerin beslenmeleri için yapılmaktadır. Nadiren hayvan ticareti de yapılmaktadır.

Bölgede Nlobo, Kom, Mboua vb. gibi büyük nehirlerin bulunduğu yerleşim alanlarında balıkçılık en önemli ekonomik faaliyet olarak dikkati çekmektedir. Ayrıca yaban hayatının oldukça yaygın olduğu alanda halkın önemli bir kesimi avcılıkla geçinmektedir. Ateşli silah kullanmanın maliyeti yüksek olduğu için daha çok tuzak ve kapanlarla avcılık yapılmaktadır. Kullanılan başlıca tuzak yöntemleri; Kapan, Bacak tuzağı, kuş tuzağı ve sersemletici tuzaktır.

Tüfek ve sersemletici avcılığı erkekler yaparken kapan ve bacak tuzaklarını kadınlar da kullanmaktadır. Ayrıca bölgede bitki koruma için bariyer tuzakları (Envaguen) kurulmuştur. Avlanan hayvan türleri coğrafi bölge ve iklimsel koşullara bağlı olarak değişmektedir. Yağışlı mevsimlerde hayvan türü ve sayısı artmakta olup av türleri de zenginleşmektedir. Kurak dönemlerde ise hayvan türü ve sayısı azalmakta olup sadece ıslak alanlarda (bataklıklar, kalın çalılıklar vb.) avcılık yapılabilmektedir. Avlanma alanları oldukça geniş olup avcılar tuzakları kurmak veya tüfikle avlanmak için 15 km'den fazla yol alabilmektedir. Hükümet tarafından yasaklı olmasına rağmen yasadışı kumar ve oyunlar oldukça yaygın olup hane halkının gelirine katkısını tahmin etmek oldukça güçtür.

Biwong Boulou – Mwangan bölgesinin belki de en büyük doğal zenginliği ormanlardır. Sadece ormancılıktan elde edilen gelir (RFA=yıllık orman geliri) bölgenin gelirinde % 70'ten fazla paya sahiptir. Endüstriyel olarak bazı yabancı yatırımcılar ormanları sömürmektedir. Bölge halkı ise sadece yakacak ihtiyaçlarını ormandan karşılamaktadır.

Gelişmekte olan ticari faaliyet, esas olarak perakende satış için temel ürünlerle ilgilidir. Temel gıda, yiyecek, içecek ve temizlik malzemelerine dayalı olan ticaret gelişme aşamasındadır. Bölgedeki yolların bakımsız ve araç geçişleri için olumsuzluklar taşıması tarım ürünlerinin Sangmélima ve Ebolowa pazarlarına nakliye maliyetlerini önemli ölçüde artırmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Afrika kıtası dünya maden rezervlerinin yaklaşık % 30'una sahip olup bu kaynakların çoğu kullanılmamaktadır. Halen ileri maden arama ve üretim potansiyeli büyüktür (Hilson, 2002b). Afrika, halihazırda dünyadaki altının % 40'ını, kobaltın % 60'ını ve platin grubu metallerin % 90'ını ürettiği önemli bir bölgedir (Janneh ve Ping, 2011; Kogre ve Afilaka, 1988; Taylor ve diğ., 2009).

Kamerun ise, Orta Afrika'daki ülkelerden biri olup altın, elmas, rutil, demir cevheri, boksit gibi pek çok maden kaynağına sahiptir. Kamerun'daki altın üretimi 1930'larda başlamış ve 1942'de 717 kg'lık rekor bir üretim gerçekleşmiştir (Laplaine, 1969).

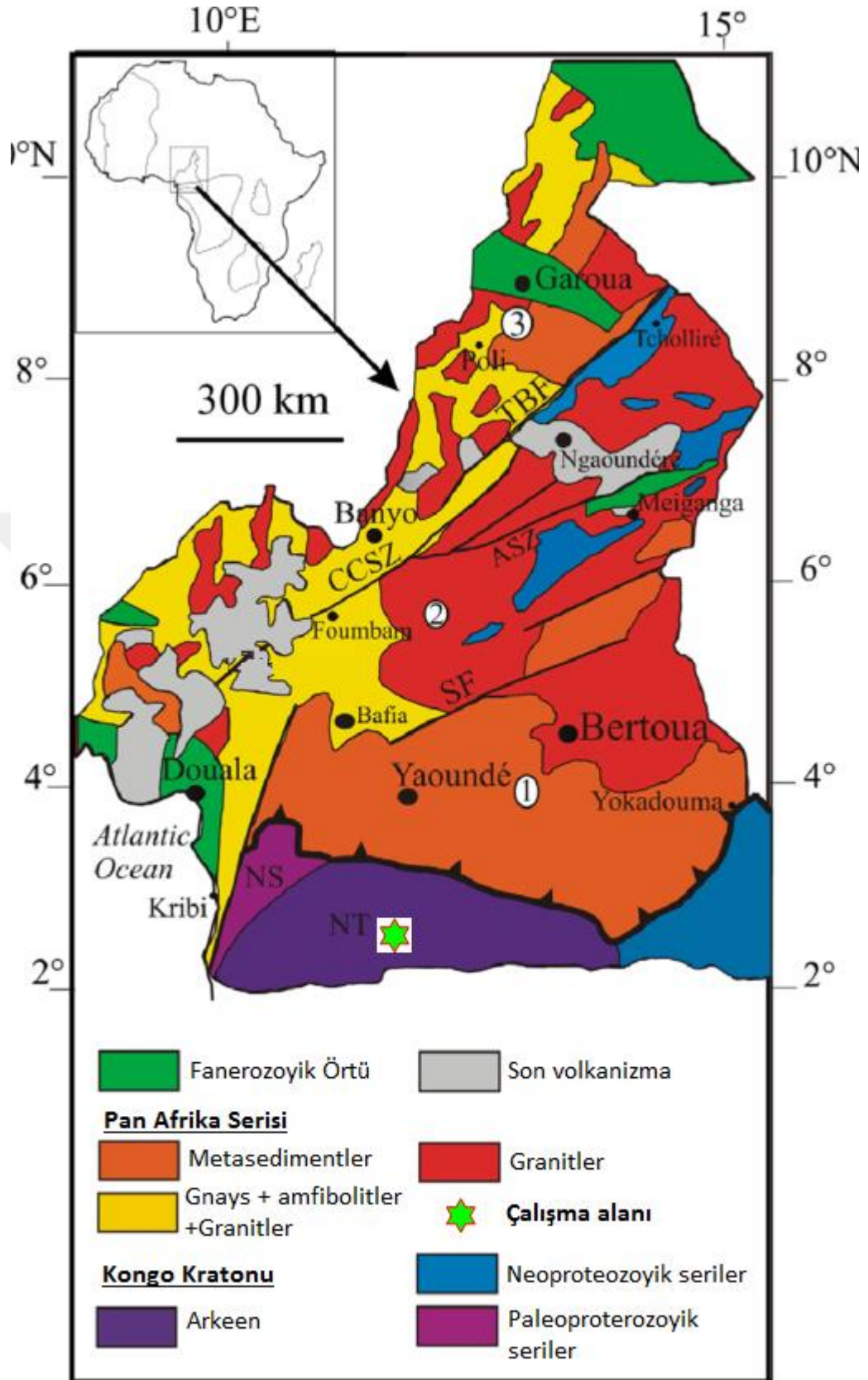
Kamerun'da ilk jeolojik harita çalışmaları I. Dünya Savaşı'ndan hemen önce, 1/6.000.000 ölçekli jeolojik eskiz çalışmaları ile başlamış olup, 1927'de madencilik çalışmalarını gerçekleştirmek üzere bir maden servisi kurulmuştur. Maden servisi 1946'dan sonra bütün ülkeyi kapsayan geniş bir jeolojik çalışma başlatarak önce 16 paftalık 1/500.000 ölçekli jeolojik çalışmayı başlatmış daha sonra 1956'da 1/1.000.000 ölçekli coğrafik harita çalışmalarını yapmıştır. 1979'da 1/500.000 ölçekli 16 paftalık harita hazırlanmış ve 1986'da bu haritalara ait açıklama notları yayınlanmıştır (Ndougsa, 2009).

Kamerun'un jeolojik tarihi, Arkeen (3.6 ila 2.5 milyar yıl öncesi) dönemi ile başlamakta olup farklı gelişim evreleri ve dağılım hareketleri ile karakterize edilen üç ana orojenik dönemde oluşan kaya birimleri ile temsil edilmektedir (Nzenti ve diğ., 1988 ve 2006; Ndougsa, 2009). Bunlar:

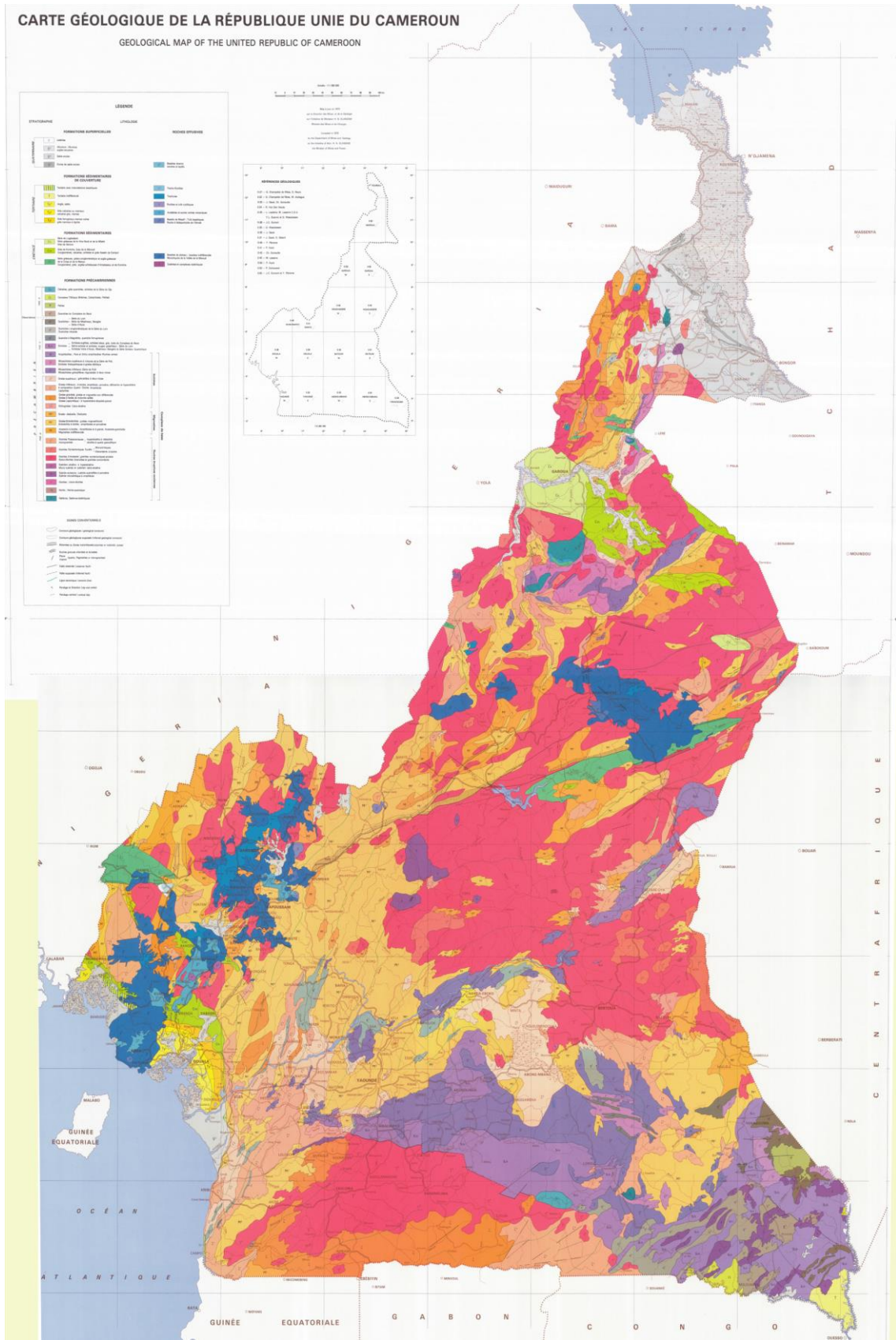
- **Liberian Orojenik Dönemi:** Arkeen döneminde (yaklaşık 2,5 milyar yıl önce) oluşan Ntem kompleksi ile temsil edilmektedir.
- **Eburnean veya Transamazon Orojenik Dönemi:** Paleoproterozoyik dönemde (2.5-1.8 milyar yıl önce) Nyong ve Ayna formasyonları ile temsil edilmektedir.
- **Pan-African Orojenik Dönemi:** Neoproterozoyik dönem (1000-600 milyon yıl önce) oluşan formasyonlarla temsil edilir (Şekil 2.1).

Kamerun'un genişlemeli tektonik rejimi ise Erken Paleozoyik'ten günümüze kadar gelen dört farklı tektonik birim ile temsil edilmektedir. Bunlar ise.

- **Erken Paleozoyik Dönemi:** Yaklaşık 580 milyon yıl önce depolanana Mangbahi tipi serilerin oluşumu



Şekil 2. 1. Kamerun'un jeolojik haritası ve büyük litotektonik alanlar; ASZ, Adamawa makaslama bölgesi; SF, Sanaga fayı; TBF, Tcholliré-Banyo fayı; CCSZ, Orta Kamerun makaslama bölgesi; NT, Ntem kompleksi; DS, Dja grubu; NS, Nyong grubu; 1 = güney; 2 = merkezi alan adı (Adamawa-Yadé alan adı); 3 = kuzey etki alanı; Toteu ve diğ., 2004



Şekil 2. 2. Kamerun'un jeolojik haritası

- **Kretase Dönemi:** Yaklaşık 110 milyon yıl önce oluşan Benue teknesi ve onun kıyı ve kıtasal eşlenikleri ile temsil edilmektedir.

- **Tersiyer Dönemi:** Yaklaşık 70 milyon yıl önce oluşan plutonik ve volkanik komplekslerle temsil edilmektedir.
- **Kuvaterner Dönemi:** Özellikle kıta erozyonu ve son dönemlerde oluşan alüvyal birikintilerle, özellikle taşkın arazilerinde ve çöküntü bölgelerinde oluşan birimlerle temsil edilmektedir (Ndougsa, 2009).

Kamerun'daki jeolojik topluluklar en altta Kongo Kratonu, üste doğru Kraton Örtüsü, Panafrikan Serisi, sedimanter havzalar ve volkanik-magmatik kompleksler olmak üzere beş jeotektonik birime ayrılmaktadır (Vicat ve diğ., 1998a, 1998b).

- Kongo Kratonu (Arkeen):** Kongo Kratonu, yaklaşık 5711000 km²'lik büyük bir dairesel küttedir ve Arkeen kabuğu, erken ila orta Proterozoyik kıvrım kuşağı ve Proterozoyik örtüden oluşan yaklaşık 2500 km çapa sahiptir (Shang ve diğ., 2010). Arkeen oluşumları, oldukça geniş (1000-1200 km), dairesel merkezi geç Proterozoyik'ten Fanerozoik yaşlı Kongo Havzası'na kadar çeşitli boyutlarda (güneyden saat yönünde art arda gelen: Kasai-Angola kompoziti, Chaillu-Ntem kompleksi, Gabon ve Kamerun, Bouca, Bomu-Kibalian, Tanzania ve Zambiya'yı çevreleyen) çeşitli boyutlarda bir Arkeen yaşlı yay halkası oluşturmaktadır (Goodwin, 1991). Kongo Kratonu'nun Kamerun'un en güney sınırındaki bölümü Arkeen yaşlı (yaklaşık 2.8 – 3.6 milyar yıl) olan batıdan doğuya doğru Nyong, Ntem ve Ayna serilerinden oluşan ve yeşiltaş daykları tarafından kesilmiş olan şarnokitler, leptinitler, gnays ve granodiyoritleri içeren Ntem grubu ile temsil edilmektedir (Pouclet ve diğ., 2007).
- Kraton örtüsü (Proterozoyik):** Güneydoğu Kamerun'da Orta Afrika Cumhuriyeti ve Kongo Cumhuriyeti sınırında yer alan Mbalam kuşağı ile uyumsuz ve kısmen kuzeyde Yaounde napı ile örtülmüş olan üste doğru karbonatları içeren Dja serisi (650-540 My) ile temsil edilmektedir.
- Panafrikan serisi (Proterozoyik):** Pan Afrikan Kuşağı Bélé-Libongo tillit kompleksi: Proterozoyik yaşlı (850-650 My) kumtaşları ve arkozlardan oluşan Boulou ve Mouloundou formasyonları, Alt Dja Serisi'nin konglomera ve şeylleri ile çok sayıda dolerit daykları ve silleri, yastık lavları ve ye yer siyenit plütonlarından oluşan Lobeke Serisi ile temsil edilmektedir. Panafrikan Zinciri, bölgenin büyük bir bölümünü örtmekte olup Afrika kıtasının orojenezi esnasında oluşan tüm Mobilong Konglomeralarını kapsamaktadır. Bu seri doğudan batıya

Sudan'dan Gine Körfezi'ne ve Brezilya topraklarına kadar uzanan gerilmeli bir kuşak ile karakterize edilmektedir.

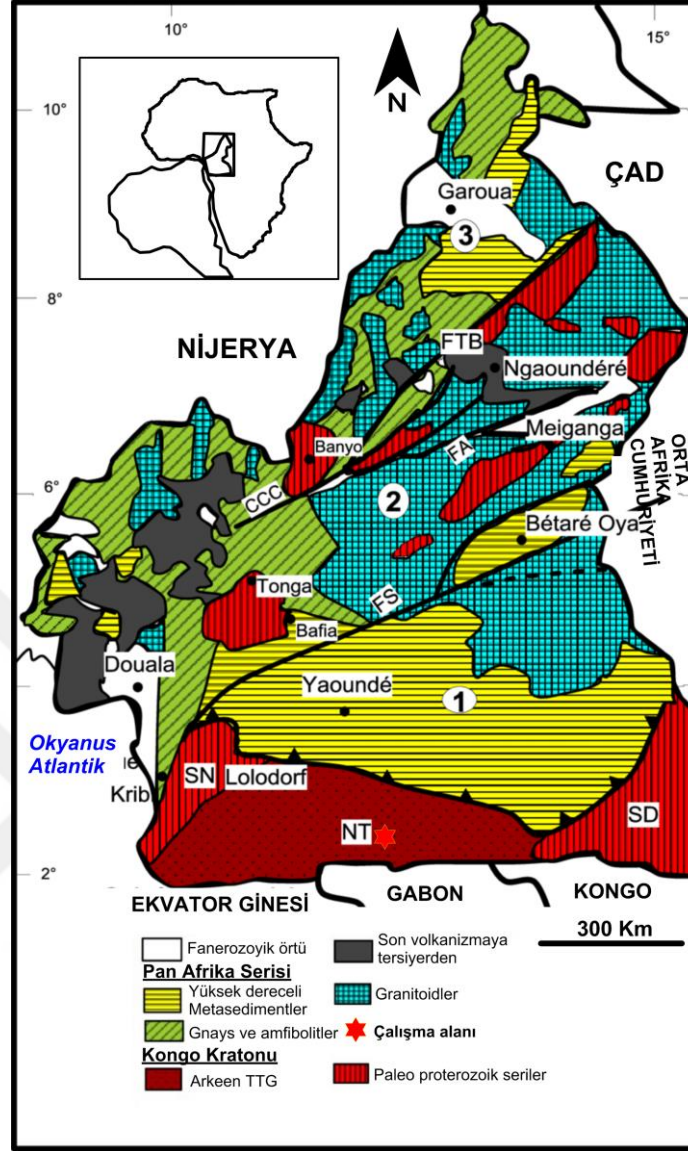
d. **Sedimanter havzalar (Paleozoyik ve Kretase):** Kamerun'da sedimanter havzalar Paleozoyik ve Kretase yaşlı iki seri ile tanımlanmaktadır.

1) Paleozoyik (kuzey kesim): Poli yakınlarındaki Hoyo ve Çad sınırındaki Mangbei bölgesinde Panafrikan kuşağının üzerinde yer alan Devoniyen-Ordovisyen (370-490 My K/Ar) yaşlı volkanik-kırıntılı sedimanlarla temsil edilmektedir.

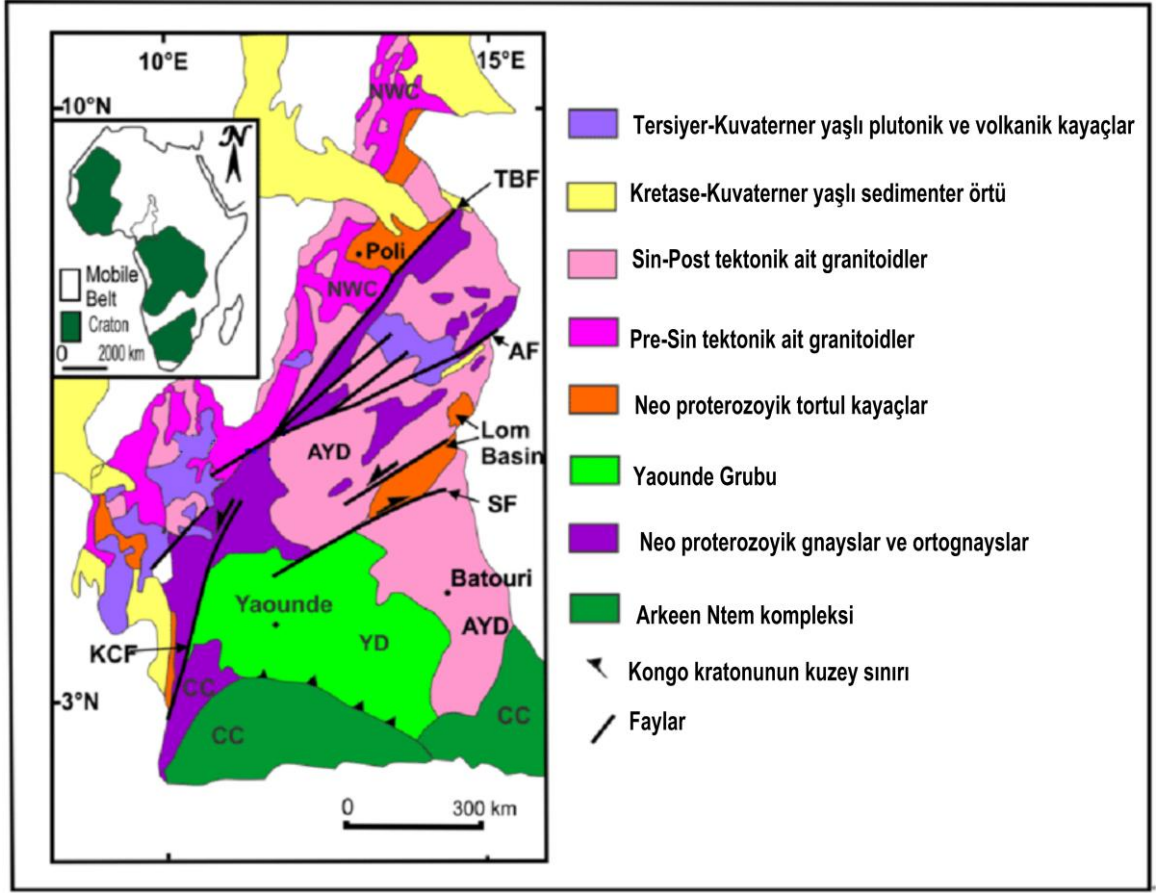
2) Kretase: Mamfé ve Benoué Bölgelerindeki Apsiyen, Senomaniyen ve Türoniyen yaşlı kumtaşı ile fluviyo-lakustrin çökellerle karakterize edilmektedir.

e. **Tersiyer – Kuvaterner sedimanter ve magmatik kompleksler:** Bunlar Rio del Rey, Douala ve Kribi-Campo, Bakasi bölgelerinde bulunan Eosen ve Miyosen yaşlı sedimanlarla temsil edilen kıyı havzaları (Ndouga ve diğ., 2007), Ülkenin en kuzeyinde Logone-Birni'de Kuvaterner yaşlı Çad gölünün çökmesi ile ilgili ve Doba petrol sahalarına benzeyen Yagoua sedimanter havzası (Njandjock ve diğ., 2006; Tchouatcha ve diğ., 2018) ve en üstte Kamerun Volkanik Hattı (Cameroon Volcanic Line: CVL) ile temsil edilmektedir.

CVL, yaklaşık 44 My başlayan ve hala aktif olan bir N 30°E alkali okyanus ve kıtasal volkanik yapıdan oluşur. CVL Pagalu ve Malabo adalarından Çad Gölü'ne kadar olan kuşakta siyenit, granit, diyorit ve gabrolarla temsil edilen yaklaşık 60 anorojenik plüton içermektedir. Noutchegwe ve diğ., (2006) tarafından bu magmatik-volkanik etkinliğin yaklaşık 8 km derinlikte granit-gnays kesme bölgesinde yoğun kayaların yükselmesi şeklinde modellenmiştir. Bu geçiş Fouban Kesme Bölgesi'ne (Fouban Shear Zone: FSZ) paralel uzanan bu yoğun malzeme, muhtemelen Kamerun Volkanik Hattı (CVL) ile ilişkili olabilecek bazaltik bileşimin magmatik bir girişi olarak yorumlanmaktadır. Araştırmacılar FSZ'nin yeniden etkinleştirilmesiyle magmatik kütlenin yükselimin kolaylaştığını ve yer çekimi etkisiyle 1. Granit, 2. Gnays ve 3. Bazaltik kayaçların yerleştiklerini belirtmişlerdir.



Şekil 2. 3. Kamerun'un Jeoloji haritası, Pan Afrika Kuzey-Ekvatorial kıvrım kuşağının üç ana bölümü: 1) Güney bölgesi (Arkeen Dönem), 2) Orta bölge (Paleoproterozoik Dönem), 3) Kuzey bölgesi (Neoproterozoik Dönem). TBF, Tibati-Banyo Fayı; CCSZ, Merkez Kam Serileri, kloritik şistler, bazen grafitik, volkanik ve volkanosedimenter kayaların lokal arakatıkları ve çakıltaşı arakatıklarına sahip mika kuvarsitlerin kuvvetli seviyeleri ile temsil edilmektedir. (Nzenti ve diğ., 2006'dan değiştirilerek).

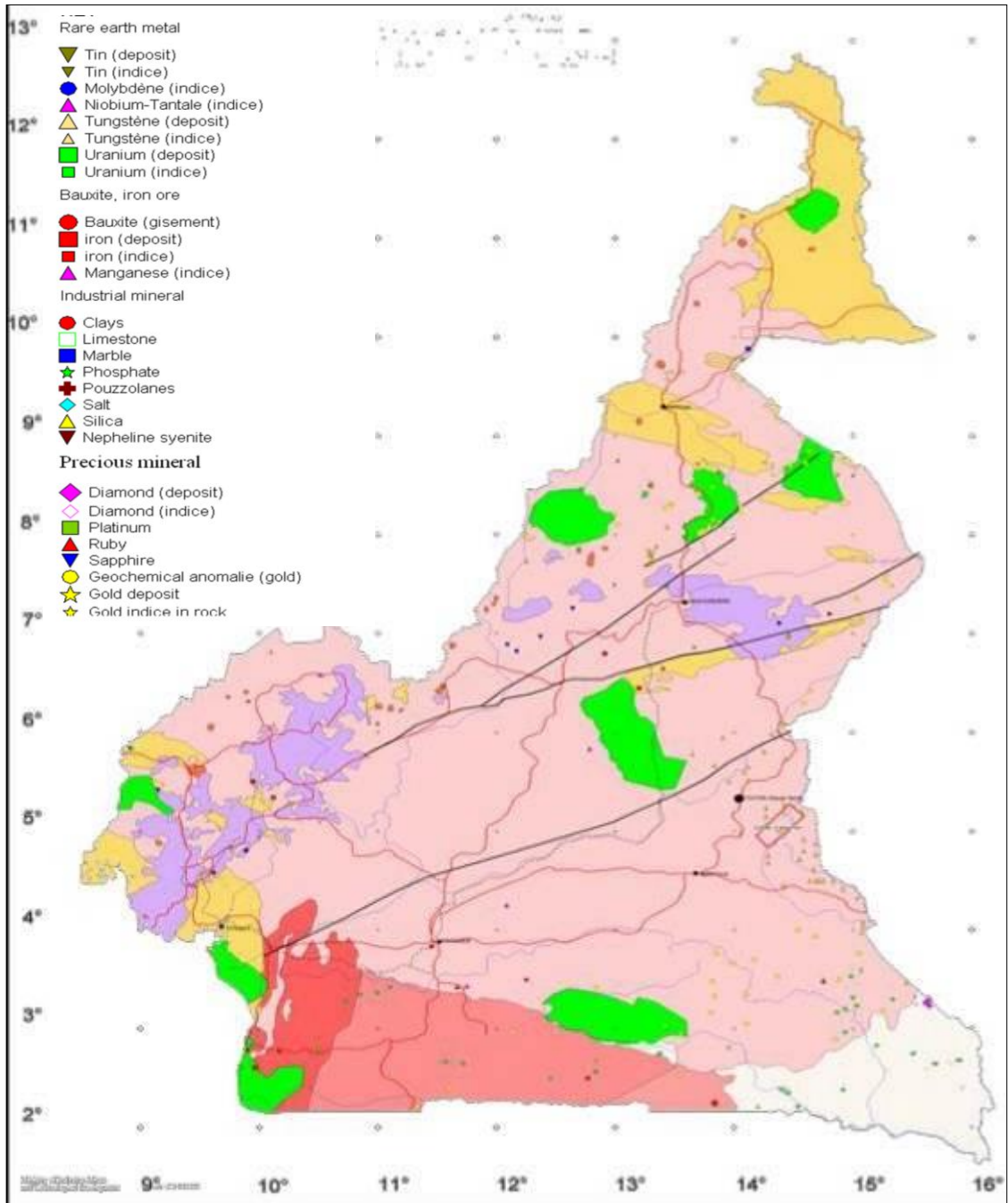


Şekil 2. 4. Kamerun'un jeolojik haritası Toteu ve diğ. Orta Afrika Kesme Bölgesi, Tchollire-Banyo Fayı (TBF), Adamawa Fayı (AF), Sanaga Fayı (SF) ve Kribi-Campo Fayı'ndan (KCF) oluşan NE trend fayları sistemi ile tanımlanır. İç kısım, Kamerun'un kraton ve mobil kemerlerin dağılımına göre konumunu gösteren Afrika kıtasının haritasıdır (Ntiéche ve ark, 2016)

Kamerun'un jeolojik yapısı değerli metaller (altın, elmas), baz metaller (Cu, Pb, Zn) nadir metaller vb. ve hidrokarbonlar gibi maddelerin mineralizasyonu için elverişlidir (Gentry, 2009; Mbarga Ndougasa, 2009). Kamerun'daki başlıca maden bölgeleri ve mineral potansiyeli;

- **Kongo Kratonu-Arkeen yeşiltaş kuşağı (Güney):** Demir (Mbalam, Kribi), uranyum (Lolodorf), elmas (Mobilong)
- **Orta Kamerun Kesme Bölgesi - Poli serisi (Kuzey):** uranyum, safir, altın,
- **Sanaga Kesme bölgesi - Lom serisi (Doğu):** Altın
- **Pan Afrikan Hareketli Kuşak:** Plaser altın
- **Tortul havzalar:** petrol ve gaz (Douala, Campo, Kribi), tuz, safir (Mamfé).

Uluslararası mali krize rağmen Kamerun, jeolojik bilgilerin iyileştirilebilmesi ve 1/200.000 ölçekli jeolojik haritanın tamamlanması amacıyla yeni bir maden envanteri geliştirmek için araştırmalar yürütmektedir.



Şekil 2. 5. Kamerun'un maden yatakları haritası (Gentry, 2009)

Kamerun'da birçok jeolojik çalışma gerçekleştiren BRGM (Fransa Jeoloji ve Maden Araştırma Bürosu) (1978-1985) GB Kamerun'un jeolojik özellikleri ve maden yatakları konusunda da ilk verileri ortaya koymuştur (Maurizot ve diğ., 1986). Kamerun Hükümeti sömürge döneminden sonra ulusal ve uluslararası madencilik şirketlerine yüzden fazla maden araştırma ve işletme ruhsatı vermiştir. Bu izinlerden sonra Güney Kamerun'da devlet ve yerel araştırmacılar dışında Fransız, İngiliz, Çinli, Avustralyalı vb. birçok dış ülkeden şirketler tarafından jeolojik ve maden yatakları amaçlı birçok

arama ve araştırma çalışması yapılmış ancak sistematik olarak üretime başlayan bir yatak henüz bulunmamaktadır.

Uluslararası işbirliği ve yabancı şirketlerin girişimleri ile Kamerun'da önemli miktarda kanıtlanmış maden potansiyeli tespit edilmiştir. Kamerun'da bulunan maden potansiyeli ile ilgili ayrıntılı veriler sunan Gentry (2009); Lomie'de % 0.24 Co, % 0.72 Ni ve % 1.22 Mn tenörlü 225 milyon ton Ni-Co rezervi olduğunu belirtmektedir. Araştırmacı ayrıca, Mbalam'da % 60 Fe tenörlü 220 milyon ton ve % 35 Fe tenörlü 570 milyon ton ve Kribi'de % 30 Fe tenörlü 300 milyon ton demir cevheri, Minim-Martap'ta % 43.7 Al_2O_3 tenörlü 560 milyon ton, Ngaoundal'da % 29.2 Al_2O_3 tenörlü 120 milyon ve Fongo Tongo'da % 47 Al tenörlü 70 milyon ton boksit cevheri, Akonolinga'da % 1 rutil içeren 3 milyon ton rutil, Poli ve diğer bölgelerde 40'ran fazla anomali bölgesinde 26000 ton'dan fazla uranyum, Mayo Darle'de 17 adet bölgede dünya çapında kalay, Doğu altın sahalarında 150'den fazla bölgede altın, Mobilong bölgesinde çok sayıda elmas ve CAPAM projesi ile bir çok bölgede önemli maden rezervlerinin bulunduğunu ve pek çok farklı alanda demir, çinko, altın ve rutil izlerinin keşfedildiğini belirtmiştir.

Bu çalışmalarla Mvangan- Biwong Boulou bölgesini de içine alan Ntem kompleksi içinde önemli altın, rutil ve uranyum yatakları tespit edilmiştir. Çalışma alanında madencilik açısından, BRGM (1985)'nin çalışması dışında kapsamlı bir çalışma bulunmamakta olup bazı bölgelerde farklı araştırmacılar tarafından yapılan yerel araştırmalar ve yerel amatör madencilik çalışmaları mevcuttur (Djibril ve diğ., 2017).

Ntem kompleksinde BRGM (Jeoloji ve Maden Tetkikleri Bürosu) raporunda tanımlanan başlıca anomaliler demir, radyoaktif mineraller, rutil ve altın oluşumlarıdır (Maurizot ve diğ., 1986); BHCY, 2013. Ayrıca yerel olarak Cu, Pb-Zn ve Ti zenginleşmeleri önemlidir (Funoh, 2014).

A. İtabiritik Demir Yatakları: Ntem kompleksi içinde Neoproterozoyik yaşlı volkano-sedimanter ve sedimanter kökenli kuvarsitlerin içinde bazik kayalardan türeyen bantlı demir oluşumlarıdır. Tenör bakımından biraz düşük olmakla birlikte büyük rezervli yataklardır.

1. **Kribi Mamels Demir Yatağı:** Kribi-Mamels bölgesinde ruhsat sahibi Çinli bir şirket olan % 35 tenörlü 200 milyon ton rezervli demir yatağıdır.

B. Radyoaktif Mineral Yatakları: Ntem kompleksindeki tüm radyoaktif anomaliler, lökogranitler ve siyenitler olmak üzere iki kayaç grubu ilişkilidir.

Kuarsça zengin lökogranitlerdeki uranyum zenginleşmeleri: Mvangan ve Etelemengoun Masiflerinde oldukça geniş alanlara yayılmış olan manyetitçe zengin kuvars damarlarının gnayslara sokulum yaptığı bölgelerdeki lökogranitlerde % 0.1 tenörlü 100000 ton'dan fazla uranyum vardır.

Kuarsça fakir siyenitlerdeki uranyum zenginleşmeleri: Akono-Lolodorf bölgesinde siyenit ve nefelin siyenitlerin içinde % 0.10 uranyum tenörlü 24000 ton rezerv bulunmaktadır.

C. Rutil yatakları: Akonolinga bölgesinde 3 milyon tondan fazla rezervi olan rutil yatağı vardır.

D. Altın Yatakları: Güney Kamerun'daki altın yatakları daha çok plaser altın yatakları olup BRGM (1985) raporunda, tüm Ntem kompleksinde iki bölgede önemli sayılabilecek altın zenginleşmesi tanımlanmıştır.

Abiete altın zenginleşmesi (10°29'E-2°55'N): Bölgedeki peridotitik kayalardan türeyen plaserler içinde tenörü 1.22 g/t'a ulaşan altın anomalileri belirlenmiştir.

Mefoup altın zenginleşmesi (11°20'E-2°13'N): Şarnokit, ortognays (pembe) ve manyetitli kuvarsitlerden türeyen plaserlerde tenörü 1 g/t'a ulaşan altın zenginleşmeleri vardır.

Kamerun'da ve diğer pek çok Afrika ülkesinde yaygın olarak gerçekleştirilen Amatör (artisanal) madencilik; teknik olarak planlanmamış ve mekanize sistemler kullanmayan bate yöntemiyle altın üretimi şeklinde ilkel araçlar ve manuel yöntemler kullanılarak maden üretimini amaçlayan gayri resmi bir madencilik faaliyetidir (Drechsler, 2001; Aryee ve diğ., 2003; Hentschel ve diğ., 2002). Amatör (artisanal) madencilik ve küçük ölçekli madencilik (Small Scale Mining) terimleri bazen birbirinin yerine kullanılmaktadır (CAPAM, 2002; Hentschel ve diğ. 2003; Janneh ve Ping, 2011; Weng ve diğ., 2014).

Kamerun hükümeti, 2001 yılından bu yana kalkınma ve yoksulluğun azaltılmasına katkıda bulunacak ve gelir akışlarını en üst düzeye çıkaracak yabancı yatırımcıların ülkeye gelmesi için bir dizi maden sektörü reformu başlatmıştır. Ancak sanayi madenciliği projelerinin geliştirilmesine ek olarak, amatör madencilik, Kamerun'un doğu ve güneyindeki halkın uzun zamandır önemli bir geçim kaynağı

olmasına rağmen amatör madencilikle uğraşan nüfusun ekonomik ve sosyal durumlarında önemli bir gelişme sağlanamamıştır. Kamerun'da amatör elmas ve altın madenciliği başlangıcı, esasen Doğu Kamerun bölgesinde bazı bölgelerde doksan yıldır uygulanmaktadır. Amatör elmas ve altın madenciliği faaliyetleri günümüzde halen geleneksel şekliyle devam etmekte ve endüstriyel madencilik ile rekabet gücü gün geçtikçe azalmaktadır (Abdoul Razack, 2002).

Birçok çalışmada amatör madencilikle aynı olduğu belirtilen veya birbirinin yerine kullanılan Küçük ölçekli madencilik (Small Scale Mining) aslında amatör madencilikten farklı bir madencilik yöntemidir. Küçük ölçekli madencilik yapılan işletmelerde kısmi bir mekanizasyon vardır ve genellikle yasal izne sahip işletmelerdir. Bu işletmelerin önemli bir bölümü yabancı yatırımcıların ruhsat sahibi olduğu işletmeler olup yaygın olarak yabancı işçiler çalıştırılmaktadır. Madencilik sektöründeki yasal boşluklar ve denetimsizlik yüzünden oldukça karlı olan küçük ölçekli madencilik giderek yaygınlaşmaktadır.

Amatör altın madenciliğinin en olumlu yanı ekonomik kazançtır. Başılca ekonomik kazançlar arazi ve parsel kiralama ve altın satışından elde edilen gelirlerdir. Ayrıca amatör altın madenciliğinde görev alan işçiler doğrudan geçimlerini madencilik faaliyetlerinden elde etmektedirler. Ayrıca bu sektörle dolaylı ilişkili olan lojistik ve malzeme temin edenler de gelir elde etmektedirler (Foumena ve Bamenjo, 2013)

Amatör (Artisanal) ve küçük ölçekli (Small Scale) madencilik (ASM), 2000 yılı aşkın bir süredir dünyada yaygın olarak görülmektedir (Hilson, 2002a) ve günümüzde birçok gelişmekte olan ülkenin kırsal ekonomisinde ağırlık kazanmaktadır (Hentschel ve diğ., 2002; Hilson, 2002a). Amatör madencilik sektörü dünya genelinde milyonlarca insan için geçim kaynağıdır (Siegel ve Veiga, 2009). Sahra altı Afrika'da, amatör madencilikte en az iki milyon kişi doğrudan istihdam edilmekte olup amatör madencilikle doğrudan veya dolaylı ilişkili ek 10 milyondan daha fazla insan vardır (Chupez ve diğ., 2009; Hilson, 2009; Janneh ve Ping, 2011; Schure ve diğ., 2011a). Bölgedeki amatör madencilerin çoğunluğu altın üretiminde çalışırken bu bölgedeki değerli taş ve elmas rezervlerini de üreten önemli bir amatör madencilik sektörü vardır (Hilson ve Banchirigah, 2009; Djibril ve diğ., 2017).

Bazı araştırmacılara göre (Broadman ve Işık, 2007; Cakir ve Kabundi, 2013; Taylor ve diğ., 2009; Weng ve diğ., 2014) Kamerun ve komşu Afrika ülkelerinde madencilik sektörü önümüzdeki on yıllarda ekonomik büyümenin en belirleyici etkeni olacaktır. Bölgede endüstriyel maden üretiminde yabancı yatırımlar hızla artmakta ve

her geçen yıl başta Çin olmak üzere, Ortadoğu ve Doğu Asya ülkeleri, Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Brezilya, Rusya ve Hindistan gibi yeni birtakım ülkeler madencilik sektöründe arama ve üretim faaliyetlerine aktif olarak katılmaktadır. (Hajzler, 2012).

Sahra altı Afrika'daki endüstriyel mineral üretimi için yapılacak sermaye yatırımlarının genişletilmesi, hükümetler tarafından imtiyazlar tanınan özel güvenlik altındaki yerleşim bölgelerinde yoğunlaşmaya eğilimi göstermektedir. Bölgedeki birçok ülke artık madencilik ve / veya petrol üretimi patlaması yaşamaktadır. Ancak çoğu durumda maden ve petrolün asıl sahibi olan yerli nüfus ekonomik anlamda ya çok az yararlanmakta veya hiç yararlanmamaktadır (Ferguson, 2006).

Küresel piyasalardaki madenler için yüksek talep ve yüksek fiyatlar ve Sahra altı Afrika'daki geniş maden üretimi potansiyeli, tüm ölçeklerde üretim baskılarını arttırmaktadır (Humphreys, 2010). Büyük ölçekli madenciliğin ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri iyi belgelenmiştir (Edwards, 2013; Mtegha ve diğ., 2012). Bölgedeki amatör madencilik faaliyetlerinin yerelleştirilmiş sosyal ve çevresel etkileri üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Hilson, 2002a; Spiegel, 2009, Djibril ve diğ., 2017). Son dönemde patlama yaşayan küçük ve orta ölçekli madenciliğin gelişimsel ve demografik etkileri, daha az araştırılmıştır (Foumena ve Bamenjo, 2013).

İnceleme alanının içinde yer aldığı Kongo Kratonu içindeki Ntem kompleks ve bu kompleksi içindeki şarnokit grubunu temsil Ntem serisi masif ve bantlı plütonik kayalar ve bu seriye sokulum yapan tonalit, trondjemitler ve granodiyoritlerle temsil edilmektedir hakimdir. Granitik kayaçların içinde ksenolit şeklinde bulunan şarnokitlerde daha önce yapılan araştırmalarda (Toteu ve diğ., 1994; Delhal ve Ledent, 1975; Laresse ve Soba, 1976) 2.9 milyar yıl oluşum yaşı belirlenmiştir. Ntem Kompleksi'nin kuzey kesimindeki magmatik plütonların içinde yeşiltaş kuşaklarının kalıntıları olarak yorumlanan ve yaklaşık 3.1 milyar yıl yaşa tarihlenen kabukaltı kayaçların büyük ksenolitlerini içermektedir (Tchameni ve diğ., 2001; Tchameni ve diğ., 2004; Shang ve diğ., 2004b; 2004; Pouclet ve diğ., 2007). Tchameni ve diğ. (2004) tarafından Ebolowa bölgesindeki amfibolitlerin Zr yaşı 3.14 milyar yıl ila 3.07 milyar yıl, Nd model yaşları ise (T_{DM}) 3.41- 3.01 milyar yıl olarak ölçülmüştür. Pouclet ve diğ. (2007) Ntem Kompleksi'nin kuzeyinde zirkon Pb-Pb yaşlandırma çalışmaları yapmışlar ve şarnokitlerin ~ 2.90 milyar yıl yaşında olduklarını ve bunlara sokulum yapan tonalitlerin ~ 2.83 milyar yıl yaşlı olduklarını ve her iki kayaç grubunda da Nd model yaşlarının (T_{DM}) 3.10 ila 2.93 milyar yıl arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Andom

bölgesindeki Bantlı Seri içindeki şarnokitik gnaysların Rb-Sr yaşlarını araştıran Delhal ve Ledent (1974) ~ 3.44 milyar yıl (Paleoarkeen) yaş elde etmişlerdir.

Ntem kompleksinin kuzey kesiminde yapılan yaşlandırma çalışmalarına karşın inceleme alanı ve yakın çevresini kapsayan güney bölgede yaşlandırma çalışmaları yoktur. Ntem kompleksinin güney kesimindeki şarnokitik ksenolitlerin yaşlarının belirlenmesi amacıyla bu çalışmada Ambam yakınlarında bulunan şarnokitlerden SHRIMP U-Pb zirkon yaşlarının yanı sıra bu ortama sokulum yapan granitlerin oluşum yaşları araştırılmıştır.

Bölgeden derlenen şarnokit örneğinde LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaşlandırması yapılmıştır. Jeokronolojik analiz yapılan BM-07 numunesinde tespit edilen 17 adet (Şekil 1) zirkon mineralinde Pb, U, Th miktarları (Tablo 4.3), ^{207}Pb - ^{235}U , ^{206}Pb - ^{238}U , ^{238}U - ^{206}Pb , ^{207}Pb - ^{206}Pb , ^{208}Pb - ^{232}Th ve ^{206}Pb - ^{208}Pb izotop oranları (Tablo 4.5, Tablo 4.6 ve Tablo 4.7) ve ^{207}Pb - ^{235}U , ^{206}Pb - ^{238}U , ^{208}Pb - ^{232}Th , ^{207}Pb - ^{206}Pb yaşları hesaplanmıştır (Tablo 4.8; Şekil 4.26, 4.27 ve 4.28). Buna göre Ntem kompleksinin güney kesimindeki ksenolitlerin yaşı 2.97 milyar yıl (Arkeen) ölçülmüş olup kuzeydekilere benzerlik göstermektedir.

Granitik kayaların içindeki şarnokitik ksenolitlerden alınan (BM-007) numunedeki Zr'larda U miktarı 138-1884 ppm, Th miktarı 89-798 ppm, Pb miktarı 131-3590 ppm ve U/Th oranı 0.84-3.08 arasındadır (Tablo 4.5).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Doktora Tez projesinin hazırlanması amacıyla yapılan çalışma, arazi öncesi çalışmalar (hazırlık çalışmalar), arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve analizler, büro çalışmaları ve tez yazımını kapsamaktadır.

3.1. Hazırlık Çalışmaları

Bu aşamada çalışma alanının içinde bulunduğu bölgenin ve jeolojisi ile ilgili daha önce yapılmış olan rapor ve yayınlar derlenmiş ve arazi öncesi belirtilen bölgeler ile ilgili ön bilgiler elde edilmiştir. Güney Kamerun ve Mwangang-Biwong Boulou bölgesinin çeşitli ölçeklerde jeoloji haritaları temin edilmiş ve bölgede yapılan jeolojik ve maden arama çalışmaları ile ilgili bilgilere ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu bilgiler ışığında arazi çalışması programı yapılacaktır. Ayrıca bu dönemde arazi için gerekli sarf malzemesi temin edilmiştir.

3.2. Arazi Çalışmaları

Bu aşamada, önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında bölgenin jeolojik haritası ve formasyon sınırları yeniden gözden geçirilerek güncellenmiştir. Buna göre; kayaçların mineralojik analizleri, kimyasal analizleri (ana oksit, iz element, nadir toprak elementleri) ve gerekli görülebilecek diğer analizler için ulaşılabilen yerlerden örneklemeler yapılmıştır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).

Bölge yoğun bitki örtüsüyle kaplı olduğundan, tüm saha çalışmaları uygun jeomorfolojik ve kartografik analizlerle ilişkili olmalıdır. Bütün çalışmalarda pusula ve çekicinin yanı sıra GPS, altimetre, çelik şerit metreden yararlanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3. 1. Biwong Boulou-Mvangan bölgesinde yoğun bitki örtüsü nedeniyle güçlüklerle gerçekleştirilen saha çalışmaları



Şekil 3. 2. Biwong Boulou-Mvangan bölgesinde saha çalışmaları ve numune alımı

3.3. Laboratuvar Çalışmaları ve Analizler

İnceleme alanında arazi çalışmaları esnasında derlenen kayaç örneklerinde sırasıyla aşağıdaki incelemeler yapılmıştır.

3.3.1. Mineralojik (petrografik) incelemeler

İnceleme alanındaki plutonik (intrüzif) ve başkalaşım (metamorfik) kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacı ile, optik mikroskop incelemeleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında kayaçlardan alınan numuneler mineralojik ve petrografik analizlerinin yapılması amacıyla kayaçlardan, petrografik çalışmalar için derlenen 13 kayaç numunesinden 8x10 cm boyutlarında bloklar şeklinde kesilerek Pamukkale Üniversitesi (Denizli) Jeoloji Mühendisliği Bölümü petrografi laboratuvarına gönderilerek petrografik ince kesitler hazırlanmıştır.

Hazırlanan ince kesitlerin petrografik incelemeleri Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Petrografik ince kesitler Leica marka DM2700P model alttan aydınlatmalı polarizan mikroskobunda 10x, 5x, 2.5x büyütme objektiflerle incelenip kayaçları oluşturan mineraller tanımlanmış minerallerin birbirleri ile ilişkileri, yapı, doku özellikleri belirlenerek kayaç adlamaları yapılmış ve önemli noktaların fotoğrafları çekilmiştir.



Şekil 3.3. Biwong Boulou-Mvangan bölgesinde saha çalışmaları esnasında alınan numunelerde petrografik inceleme çalışmalarına hazırlık

3.3.2. Jeokimyasal incelemeler:

İnceleme alanından derlenen numuneler makro gözlemlere göre tasnif edilmiş ve ana oksit, iz element ve Nadir Toprak Elementi (NTE) analizleri için ICP-AES (Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy: İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi) ve ICP-MS (Inductively coupled plasma mass spectroscopy: İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi) gibi farklı analiz yöntemleri ile analizleri yapılmıştır. Kayaç örnekleri kırma ve öğütme işleminden sonra 80 mesh'lik elekten geçirilmiştir. ICP yöntemi belirli bir elementin karakteristik dalga boylarında elektromanyetik radyasyon yayan uyarılmış atomlarını ve iyonlarını üretmek için indüksiyonla birleşmiş plazmayı kullanan bir tür emisyon spektroskopisidir. Saha çalışmalarında alınan numunelerin 13 adedinde ICP-AES analitik cihazı ile ana oksit (Al_2O_3 , BaO , CaO , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , MnO , Na_2O , P_2O_5 , SiO_2 , SrO ve TiO_2) analizlerinin yapıldığı tüm kayaç analiz paketi (ME-ICP06) kullanılmıştır. Jeokimyasal analizler için hazırlanan numunelerin analizleri uluslararası ALS Global Laboratuvar Hizmetleri firması aracılığı ile yaptırılmıştır.



Şekil 3.4. Biwong Boulou-Mvangan bölgesinde saha çalışmaları esnasında alınan numunelerde kimyasal analiz çalışmalarına hazırlık

Numunelerde kızdırma kaybı (Ateş Zayılatı: Loss On Ignition) analizleri için 1000C (LOI) analiz paketi uygulanmıştır. İz elementler ve nadir toprak elementlerinin (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Ho, In, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, N, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sm,

Sn, Sr, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr) analizlerinin yapıldığı peroksit füzyon-ICP-AES (ME-ICP8 lx) ve 4A çoklu element + NTE analiz paketi ICP-MS (ME-MS6 lr) kullanılmıştır. Analiz sonuçlarının toplam değerlerinin hesaplanarak hassasiyet ve doğruluğun test edilmesi için toplam hesaplama (TOT-ICP06) yöntemi kullanılmıştır.

Kimyasal analiz sonuçları parametrik ve çok değişkenli istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir. Parametrik istatistiksel analizlerde ortalama, ortanca, standart sapma, standart hata, student t testi, anakitle tahmin testleri vb analizler gerçekleştirilerek yorumlanmıştır. Çok değişkenli istatistiksel analizlerde ise başta elementlerin birbiri ile ilişkilerinin olup olmadığını belirten korelasyon analizleri yapılarak korelasyon varsa ilişkinin şekli, yönü ve kuvveti hesaplanmıştır. Daha sonra ortak korelasyon katsayıları kullanılarak elementler arasında bir kümelenmenin varlığının belirlenmesi amacıyla küme (cluster) analizleri yapılmış ve yorumlanmıştır.

3.3.3. Jeokronolojik incelemeler

LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaşlandırması sahadan derlenen numune üzerinde İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokronoloji ve Jeokimya Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

LA-ICP-MS yöntemiyle U-Pb yaş analizleri kayalar içindeki zirkon mineralleri üzerinde gerçekleştirilmektedir. Yöntem Aysal ve diğ. (2021) tarafından ayrıntılı olarak açıklanmış olup “yaş tayini için örnek hazırlama laboratuvarında çeneli kırıcı ve silindirik öğütücü yardımıyla kırılan örnekler, elek sarsma makineleri ile farklı fraksiyonlara ayrılmaktadır. Bu fraksiyonlardan uygun ve istenen tane boyutunda olanlar sallantılı masa, manyetik ayırıcı ve ağır sıvı işlemlerinden geçirilerek içlerinden zirkon mineralleri ayrılmaktadır. Binoküler mikroskop altında el ile seçilen zirkon taneleri epoksi reçine içine gömülerek parlatılmakta, saf su ve alkol ile temizlenmektedir. Bu işlemden sonra optik katodoluminesans ile görüntülenen zirkon taneleri üzerinde analiz edilebilecek noktalar işaretlenmektedir. Kılavuz ölçüm haritaları oluşturulan örnekler üzerinden U-Pb yaş tayini ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Lazer Aşındırma (LA) sisteminde 213 nm lazer dalga boyu, 25 ve/veya 40 mikron ışın çapı, 5-6 J/cm² enerji seviyesi, %100 He taşıyıcı gaz ve 0.5 litre/saniye hücre gazı taşıma hızı koşulları kullanılmaktadır. ICP-MS enstrümanı ise, 1500 Watt RF gücü ve Ar gazı ortamında çalıştırılmakta olup, ThO⁺/Th⁺ oranları her ölçüm seansında % 0.5’in altında olacak şekilde kalibre edilmektedir. Bütün analiz seanslarında günlük hassasiyet

ölçümleri, hafif ve ağır kör gaz ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Ölçümler sırasında birincil (Zirkon-91500, Plesovice, GJ-1) ve ikincil (OD-3, Mud Tank-2, AusZ-10) zirkon standartları kullanılmaktadır. Ölçümlerde başlangıçta, ortalama her on noktada ve bitiş-te birincil zirkon referansı ölçülmekte ve son örnek setinden sonra ikincil zirkon referanslar ölçülerek analiz sonlandırılmaktadır”. LA-ICP-MS U-Pb veri yorumlama ve sentezleme işlemlerinde IOLITE v2.5 (Hellstromve diğ., 2008) ve ICPMSDataCal (Liu ve diğ., 2008) programları kullanılmaktadır. Magmatik, metamorfik ve detrital zirkonlar üzerinden yapılan ölçümlerde gerekli değerlendirmeleri yapılarak kondordiya diyagramları oluşturulmaktadır (Aysal ve ark., 2021)

İnceleme alanından derlenen şarnokitlerdeki zirkon minerallerinin U-Pb jeokronolojik analizleri için BM007 numunesin hazırlıkları yapılmış ve ağır sıvılarla zenginleştirme aşamalarında numunelerden sadece 1 adedinde yeterli sayıda zirkon minerali bulunabilmiştir. Jeokronolojik analiz yapılan BM-07 numunesinde tespit edilen 17 adet zirkon mineralinde Pb, U, Th miktarları, ^{207}Pb - ^{235}U , ^{206}Pb - ^{238}U , ^{238}U - ^{206}Pb , ^{207}Pb - ^{206}Pb , ^{208}Pb - ^{232}Th ve ^{206}Pb - ^{208}Pb izotop oranları ve ^{207}Pb - ^{235}U , ^{206}Pb - ^{238}U , ^{208}Pb - ^{232}Th , ^{207}Pb - ^{206}Pb yaşları hesaplanmıştır.

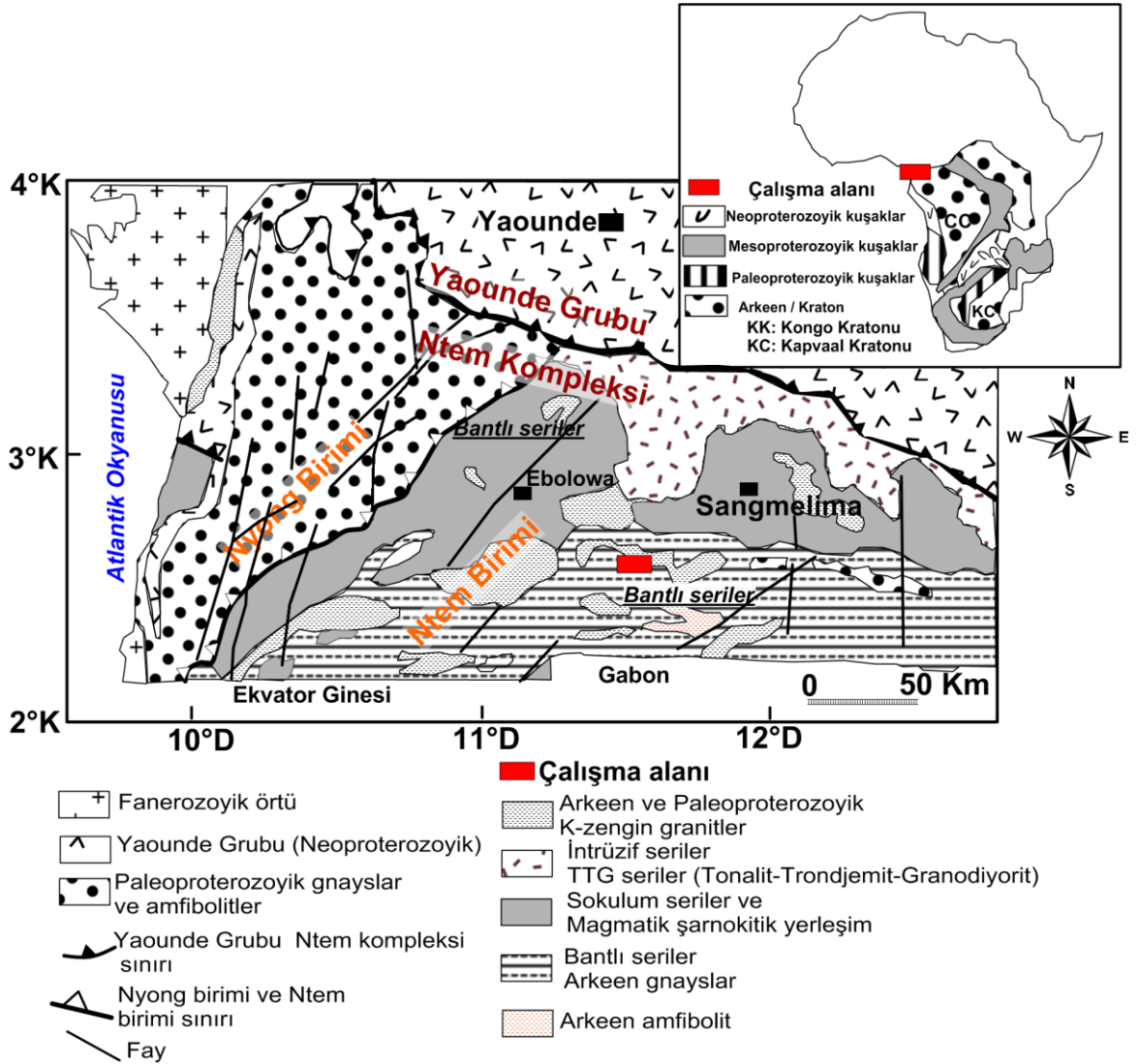
3.4. Büro Çalışmaları ve Tez Yazımı

Saha öncesi çalışmalar, arazi çalışmaları ve derlenen numunelerin mineralojik, petrografik ve kimyasal analizleri sonucunda elde edilen bütün bulgular daha önceki çalışmalarla karşılaştırılmış yorumlanmıştır. Sayısal veriler jeolojik istatistik yöntemleri ile değerlendirilerek ana oksit ve iz elementlerin ortalama standart sapma, standart hata gibi temel istatistikî sonuçları hesaplanmıştır. 1/50.000 ölçekli jeolojik haritasının bilgisayar ortamında çizimi yapılmıştır. Tüm haritaların çizilmek için ağırlıklı olarak Surfer 11 ve Global Mapper 12 programları kullanılmıştır. Son aşamada ise bütün bulgular birleştirilerek tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Genel Jeoloji

Güney Kamerun bölgesi (Prekambriyen Bölge), jeolojik olarak kuzey kesiminde Yaoundé grubu tarafından temsil edilen Neoproterozoyik hareketli kuşak ve güney kesimde Ntem Kompleksi olmak üzere iki büyük ana jeotektonik birim tarafından ayırt edilir. Bölge Kongo Kratonu'nun kuzeybatı kenarında yer almaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1. Kamerun'un güneyindeki Ntem Kompleksi'nin yer bulduru ve basitleştirilmiş jeolojik haritası (Poulet ve diğ., 2007)

Arkeen Kongo Kratonu'nun kuzeybatı bölgesinde yer alan Güney Kamerun Ntem Kompleksi jeolojik çalışmaların önemli bir odağı olmuştur (Champétier de Ribes ve Aubague, 1956; Delhal ve Ledent, 1974; Bessoles ve Trompette, 1980; Maurizot ve

diğ., 1986; Nedelec ve diğ., 1990; Nsifa ve diğ., 1993; Toteu ve diğ., 1994; Tchameni, 1997; Shang, 2001; Tchameni ve diğ., 2001, 2004; Shang ve diğ., 2004a, 2004b; Takam ve diğ., 2006; Shang ve diğ., 2007; Pouclet ve diğ., 2007).

Güney Kamerun'daki Arkeen Kongo Kratonu'nun kuzeybatı sınırı, kuzeyde Orta Afrika'daki Pan-Afrikan orojenik kuşağının Yaoundé Grubu (Nzenti ve diğ., 1988; Barbey ve diğ., 1990; Mvondo ve diğ., 2003; Toteu ve diğ., 2006; Ndema Mbongue ve diğ., 2014) tarafından sınırlanan Ntem kompleksi (Goodwin, 1991; Maurizot ve diğ., 1986; Nedelec ve ark., 1990) ile temsil edilmektedir. Maurizot ve diğ. (1986) Kamerun'un güney kısmını Palaeoproterozoyic Nyong birimi ve Arkeen Ntem Kompleksi olarak iki ana üniteye ayırmışlardır. Nyong Birimi Ntem kompleksinin kuzeybatısından orta güney bölgesine kadar uzanmaktadır (Maurizot ve diğ., 1985; Chebeu ve ark., 2011; Ndema Mbongue ve diğ., 2014; Tchouatcha ve diğ., 2018). Nyong birimi, metasedimenter ve metavolkanik kayalar ile daha sonraki dönemde oluşmuş granitoidler ve siyenitlerle temsil edilmektedir.

Ntem Kompleksi, kuzeybatıdaki Nyong biriminden (Lerouge ve diğ., 2006) ve kuzeydeki Pan-African Yaoundé Grubu'ndan ayıran büyük bindirmelerle sınırlanmıştır. Maurizot ve diğ. (1986) Ntem kompleksini İntrüzif Seri ve Bantlı Seri olarak ikiye ayırmışlardır. İntrüzif Seri, Ntem Kompleksi'nin kuzey kısmını kapsamakta olup ağırlıklı olarak TTG (tonalit, trondjemit ve granodiyorit) grubu ve magmatik şarnokit grubundan oluşmaktadır (Pouclet ve diğ., 2007).

Çalışma alanı olan Mvangan-Biwong Boulou bölgesi Ntem kompleksi içinde yer almakta olup Ntem Kompleksi batıdan doğuya doğru Nyong, Ntem ve Ayina serisi olmak üzere üç ana yapısal birime ayrılmıştır.

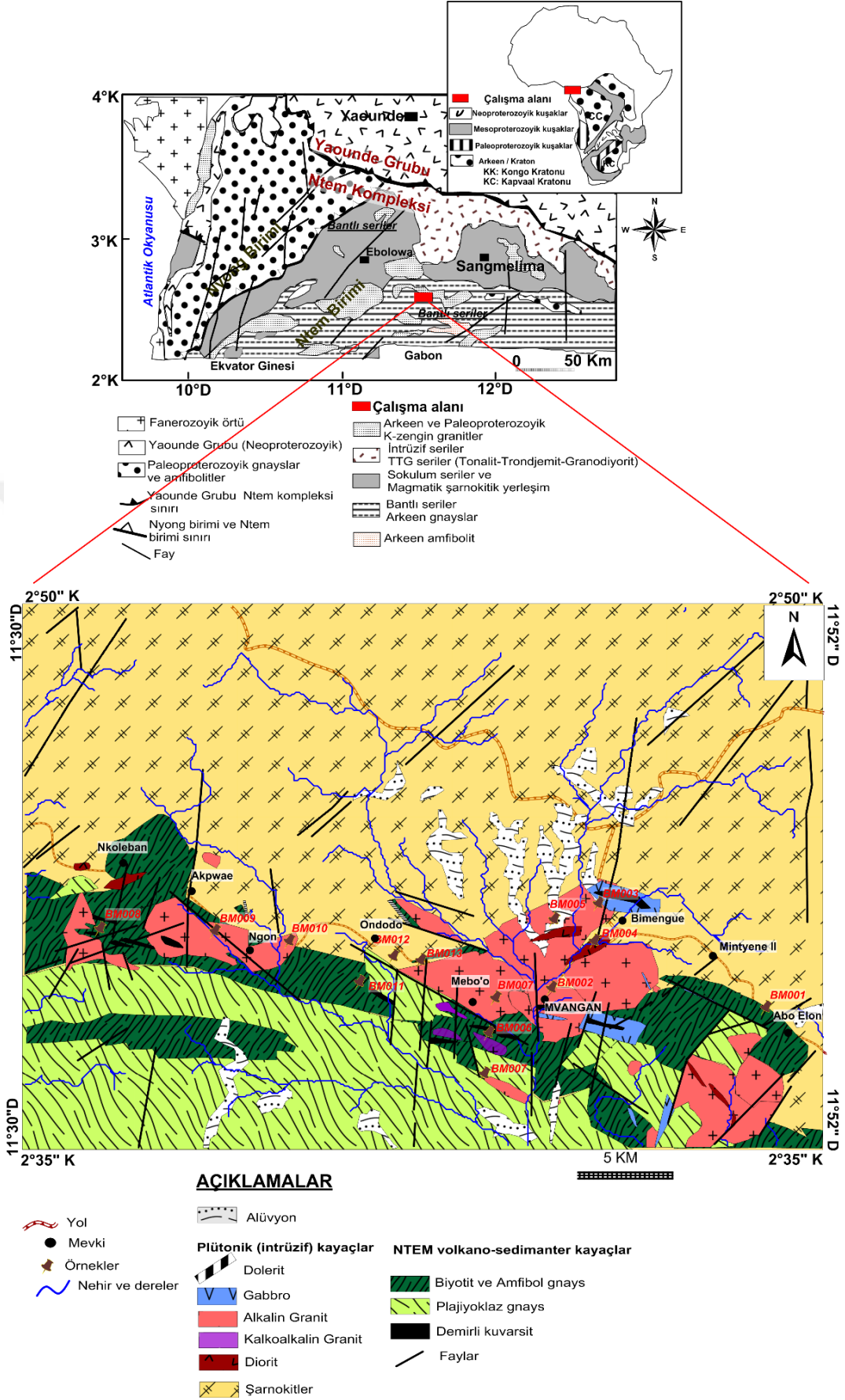
Ntem serisi, şarnokit grubu içindeki masif ve bantlı plütonik kayalar ve bu seriye sokulum yapan tonalit, trondjemitler ve granodiyoritlerle temsil edilmektedir hakimdir. Bu kayaların bazıları daha önce yaklaşık 2.9 milyar yıl önce oluştuklarına ilişkin veriler bulunmaktadır (Toteu ve diğ., 1994; Delhal ve Ledent, 1975; Laresse ve Soba, 1976). Magmatik plütonlar, yeşiltaş kuşaklarının kalıntıları olarak yorumlanan ve yaklaşık 3.1 milyar yıl yaşa tarihlenen kabukaltı kayaların büyük ksenolitlerini içermektedir (Tchameni ve diğ., 2004) Ntem Kompleksi'nin kuzeydoğu kesiminde yaygın olan TTG grubundaki kayalar, Pan-African Yaoundé Grubu ile bindirme sınırı boyunca yoğun bir şekilde milonitleşmiş ayrılmış olarak yer alırken, magmatik şarnokitik seri intrüzif seri içinde ayrı küteller halinde yer almaktadır (Şek.4.2). Bantlı Seri, Ntem Kompleksi'nin güney kısmına dağılmış olan oldukça deforme olmuş granitik

gnayslarla temsil edilmektedir. Gnayslar içinde lokal olarak ortoproksen içeren gnaysik granitoidler bulunmaktadır. İntrüzif Seri içinde ayrıca farklı sokulumlar halinde K bakımından zengin granitler ve daha genç siyenitler vardır (Tchameni ve diğ., 2001) Yer yer granodiorit ve tonalitler içerisinde şarnokitik ksenolitler bulunmaktadır. Bunlara ilave olarak hem İntrüzif hem de Bantlı Seri içinde muhtemelen üst kabuğa ait kayaçların kalıntıları olan metagrovak, demirli kayaçlar ve sillimanit içeren büyük paragnays ve amfibolit ksenolitleri bulunmaktadır (Nsifa ve diğ., 1993; Tchameni, 1997; Shang, 2001; Tchameni ve diğ., 2004).

Şarnokitik seri ile üst kabuğa ait kayaçlar birden fazla deformasyonel doku sergilemektedir; D-B ve BGB-DKD doğrultulu yapraklanmalar KD-GD yapraklanmalar tarafından baskılanırken, K-zengin granitler baskın bir K-G doğrultulu yapraklanmalara sahiptir (Takam ve diğ., 2006).

Ntem Kompleksi'nin kuzey kesiminde birkaç jeokronolojik çalışma yapılmıştır (Shang ve diğ., 2004b; Tchameni ve diğ., 2001, 2004; Pouclet ve diğ., 2007). Tchameni ve diğ. (2004), Ebolowa bölgesindeki metasedimentler ve amfibolitlerin birinde zirkon buharlaşmasını 3.14 milyar yıl ila 3.07 milyar yıl yaş elde ederken Nd model yaşlarını (T_{DM}) 3.41- 3.01 milyar yıl olarak ölçmüşlerdir. Daha sonra Pouclet ve diğ. (2007) kuzey Ntem Kompleksi'nden şarnokit ve tonalit zirkon Pb-Pb yaşlarını hesaplamış olup şarnokitlerin ~ 2.90 milyar yıl yaşında olduklarını ve bunlara sokulum yapan tonalitlerin ~ 2.83 milyar yıl önce yerleştiklerini belirtmişlerdir. Araştırmacılar her kayaç grubunda da Nd model yaşlarının (T_{DM}) 3.10 ila 2.93 milyar yıl arasında değiştiğini ve kuzey Ntem Kompleksi için iki aşamalı bir kabuk kalınlaşması modeli önermişlerdir. Delhal ve Ledent (1974) Andom bölgesindeki Bantlı Seri içindeki şarnokitik gnayslar için Rb-Sr yöntemiyle Paleoarkeen dönemini gösteren ~ 3.44 milyar yıl yaşını elde etmişlerdir. Bu verilere karşın bu çalışmalarda, bantlı serinin içindeki kayalardan zirkon yaşlarını belirlemek için daha önce herhangi bir girişimde bulunulmamıştır. Bu çalışmada Ambam yakınlarında bulunan şarnokitlerden SHRIMP U-Pb zirkon yaşlarının yanı sıra bu ortama sokulum yapan granitlerin oluşum yaşları araştırılmıştır.

Paleoproterozoyik orojenik hareketleri esnasında yeniden şekillenen Ntem Kompleksi bazı Arkeen parçalarını ve Arkeen Kratonuna eklenen yeni Paleoproterozoyik materyalleri içermektedir (Nzenti ver ark., 2006). Ntem kompleksine ait kayaçlarda yapılan yaşlandırma çalışmalarına göre (Lasserre ve Soba, 1976; Toteu ve diğ., 1987, 2001, 2004 ve 2006) temelde Arkeen, Paleoproterozoyik ve Neoproterozoyik olmak üzere üç yaş grubu belirlenmiştir.



1) Arkeen (2500-2900 Milyon yıl) metasedimanter kayaçlardaki detritik zirkonlardan ve muhtemelen şarnokit ve migmatitik gnayslardaki zirkonlardan elde edilen U-Pb izotop verileri,

2) Paleoproterozoyik (2050 milyon yıl): Termometamorfik olaylara bağlı kabuksal ergime sonucunda oluşan ve sokulum yapan bazı granit ve siyenitlerden elde edilen zirkonlardaki U-Pb izotop verileri,

3) Neoproterozoyik (626 milyon yıl) Pan-Afrikan sıkışması ve üzerlemesi ile meydana gelen metamorfizmaya ait zirkonlardan elde edilen U-Pb izotop verileri.

4.2. Mineralojik-Petrografik İncelemeler

İnceleme alanından derlenen kayaçlar Ntem kompleksi içinden derlenen granit, diyorit, gabro, şarnokit, amfibolit ve kuvarsit bileşimindedir. Aşağıda petrografik özelliklerini ayrıntılı olarak tanımlayabildiğimiz grup kayaçlardaki örnekler verilmiştir.

4.2.1. Granitik kayaçlar

İnceleme alanında en geniş yayılıma sahip olan granitik kayaçları özellikle Aboelon, Atom, Mebo'o, Melan, Nkolenban, Nkolenyeng1, Mvangan ve Ondodo köyleri çevresinde yüzeylemektedir.

Biwong Boulou-Mvangan arasındaki bölgesine ait granitik kayaçlar; birbirleriyle iç içe bulunan gerek dokusal ve gerekse mineralojik olarak birbirine benzeyen granitler- ve şarnokit bileşimli kayaçlardan oluşmaktadır. Granitik kayaçlar, iri kristalli ve açık renkli olmaları nedeniyle diğer kayaçlardan kolaylıkla ayrılırlar. Bu kayaçlar makroskobik olarak bol çatlaklı ve ileri derecede alterasyona uğramıştır.

4.2.1.1. Granit

Çalışma alanında Biwong- Boulou Mvangan ilçelerinde yaygın olarak gözlenen granitler genellikle açık renkli bozunma yüzeyine sahip olup, büyük bir bölümünün bozunmadan etkilendiği gözlemlenmektedir. Taze örnekler çok nadirdir. Bu kayaçlar çoğunlukla çeşitli seviyelerde kalınlıkları birkaç cm ile 1-1.5 metre arasında değişen aplit ve diyabaz daykları tarafından kesilmektedir. En iyi gözlemlendiği mostralara Mebo'o, Melan ve Afom köylerinde bulunmaktadır.



Şekil 4. 3. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinde Ntem kompleksine ait granit örnekleri (a: BM007 ve b: BM010)

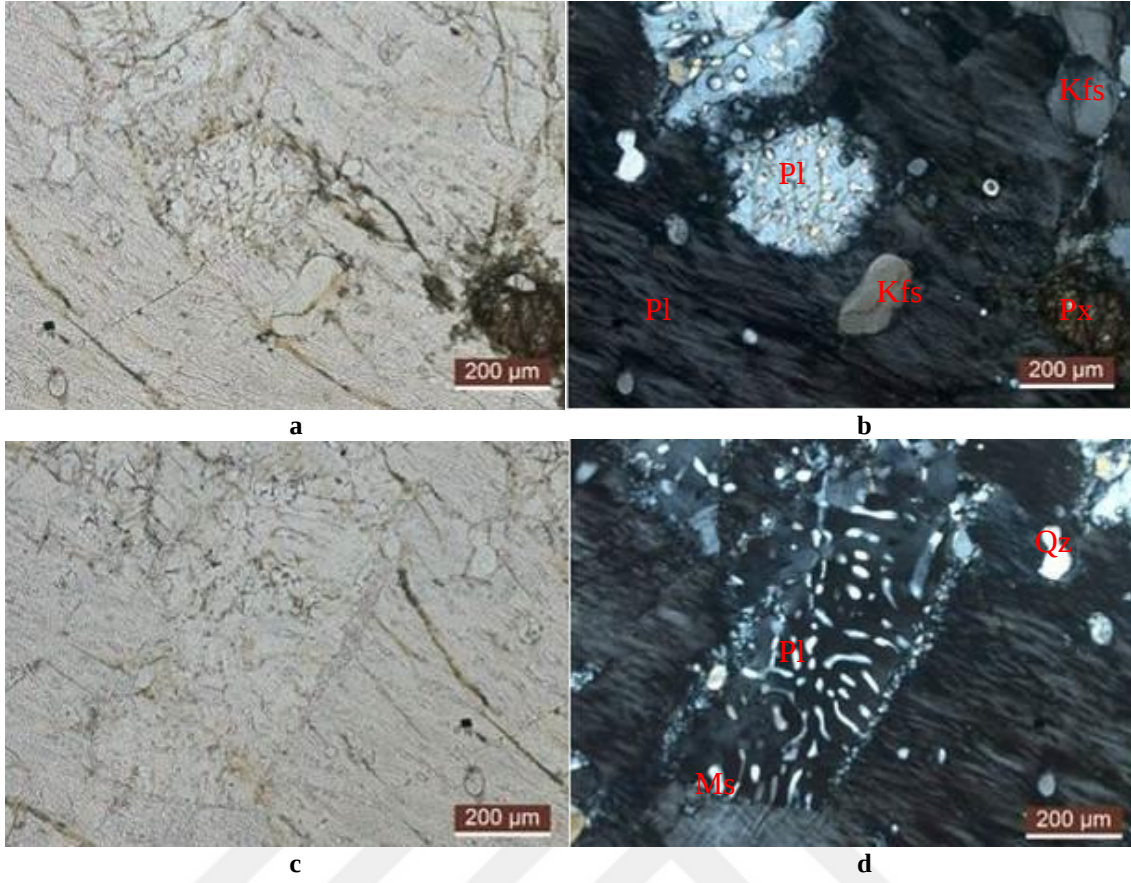
Granitlerde Kayaç oluşturan ana mineraller kuvars, K-feldispat (ortoklas) ve plajiyoklazlardır. Aksesuar mineral olarak biyotit, amfibol, epidot, klorit ve opak mineraller yer almaktadır. Kayaç holokristalen taneli dokudur.

Granitler içinde % 60'tan fazla bulunan **kuvarslar** genellikle ince kristalli yer yer orta kristalli ve iti tanelilerde dalgalı sönme sergileyen özşekilsiz kristallerden oluşmaktadır. Bazı kuvarslar kapanımlar şeklinde küçük K-feldispat mineralleri içerir ve bu da lokal olarak mikrografik bir doku oluşmasını sağlamaktadır (Şekil 4.4 c ve d).

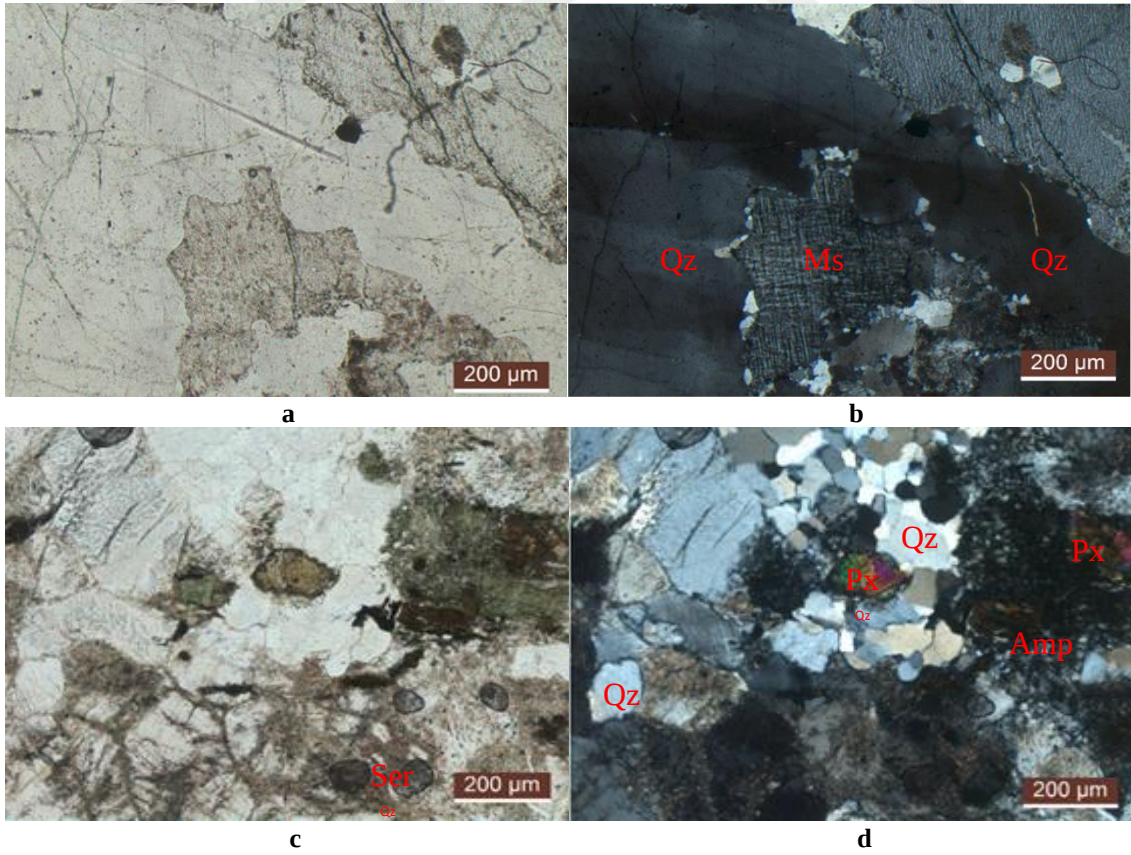
Granitlerde % 15-20 oranında gözlenen **plajiyoklazlar** genellikle orta büyüklükte prizmatik kristallerden oluşmaktadır. Plajiyoklazların çoğu, polisentetik ikizlenmeye sahip olup bazı plajiyoklaz kristallerinde zonlu yapı gözlenmektedir (Şekil 4.4). Alterasyon oldukça ileri düzeyde olup serisitleşme, kaolinleşme, kalsitleşme ve epidotlaşma şeklinde alterasyonlar gözlenmektedir. Kayaç içinde % 5-10 oranında gözlenen **K-feldispatlar**, bazı yerlerde genellikle sub-otomorfik kristaller olarak görülürken, birkaçında karlsbat ikizleri açıkça görülebilmektedir (Şekil 4.4). Hemen hepsi çeşitli oranlarda kaolinleşme şeklinde alterasyon göstermektedir.

Uzun ince dilimler halinde gözlenen, belirgin bölünme izleri olan **biyotitlerin** büyük bir kısmı tek yönde gelişmiş, ayrışarak klorite dönüşmüştür. Bazı kısımlarda opaklaşmalar gözlenir.

Canlı girişim renkleri ve limon sarısı pleokroizma ile karakteristik olan **epidotlar** kayaçta genellikle kümelenmiş kristaller olarak bulunmaktadır. Kayaçta çok küçük miktarlarda yer alan epidotlar plajiyoklazlardan dönüştürülerek oluşmuştur. Biyotitlerle birlikte gözlenen **klorit** kristalleri mavimsi lacivert dumanlı girişim renkleri, diğer kısmı bağımsız, koyu girişim renkli ve açık yeşil pleokroizma izlenmektedir.



Şekil 4. 4. Granitlerde gözlenen yoğun plajiyoklazlar içinde kuvars lamelleri ve K-feldspatlar (BM007), a ve c: //N, c ve d: +N), (Pl: plajiyoklas, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars, Kfs: K-feldspat, Px: Proksen).



Şekil 4. 5. Ntem kompleksinde holokristalen dokulu granitlerde kuvars (Qz), serisit (Ser), muskovit (Ms), piroksen (Px), amfibollerden (Amp) oluşan holokristalen taneseli dokü (a ve c: //N, b ve d: +N)

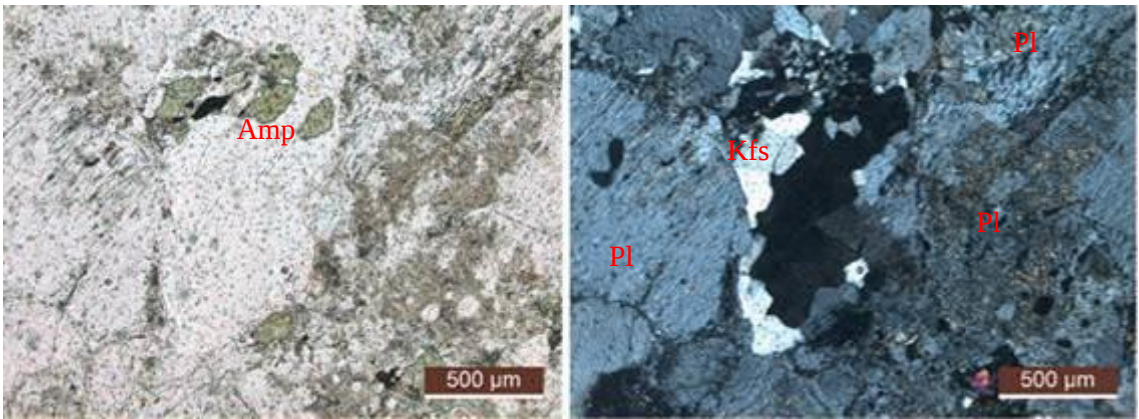
4.2.1.2. Alkali feldispat granitler

Genellikle pembe, ayrıışmış olanlarda sarımsı pembe iri kristalli alkali granitler başlıca kuvars, ortoklas, plajioklas, mikroklin ve mikadan oluşmaktadır (Şekil 4.6). İnceleme alanında sadece Mvangan ve Ekoleban köylerde yüzeylemeler sunmaktadır. Alkali granitlerde deformasyon ibareleri görülmektedir (Şekil 4.7.)

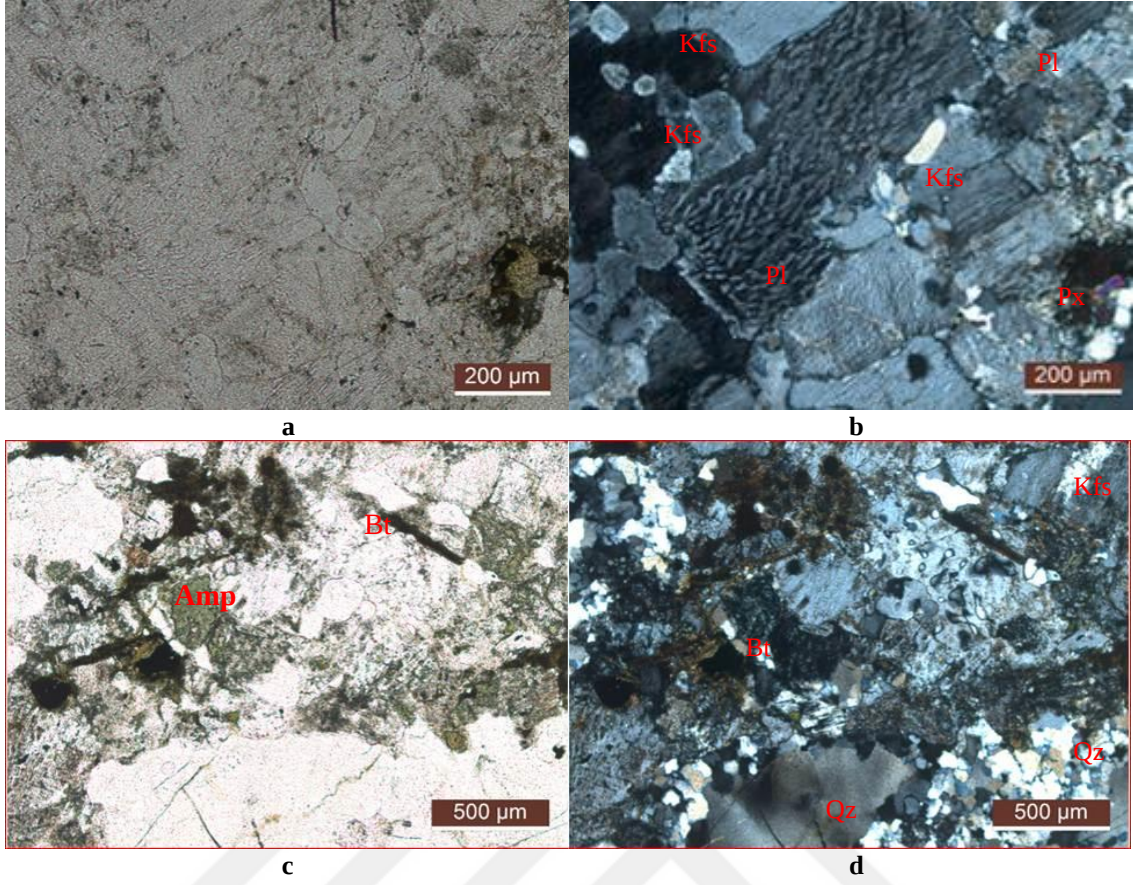


Şekil 4. 6. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinde Alkali Feldispat granit örnekler (BM002ve BM008)

İnceleme alanındaki Mwangan ilinin kuzeyindeki yüzeylemelerinden alınan alkali feldispat granit numunelerinde (BM002) yapılan petrografik incelemelerde % 40-45 oranında kuvarsların yanısıra, % 30'a ulaşan iri kristalli alkali feldispat (ortoklas) ve % 5-10 plajioklaslar bulunmaktadır. Kayaç içinde yer yer amfiboller (% 8-10), biyotit ve epidotlar yoğunlaşmaktadır. Kayaç holokristalen taneşel dokulu olup alkali feldispat miktarının yoğunluğundan dolayı alkali feldispat granit olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4. 7. Mwangan'ın kuzeyinden alınan alkali feldispat granitlerde (BM002) iri kristalli alkali feldispat (Kfs), plajioklas (Pl) ve amfibollerden oluşan holokristalen taneşel doku (a: //N, b: +N)



Şekil 4. 8. Alkali feldispat granitlerde (BM008) kuvars (Qz), K-feldispat (Kfs), biyotit (Bi) ve amfiboller (Amp), (a ve c: //N, b ve d: +N)

4.2.2. Şarnokitler

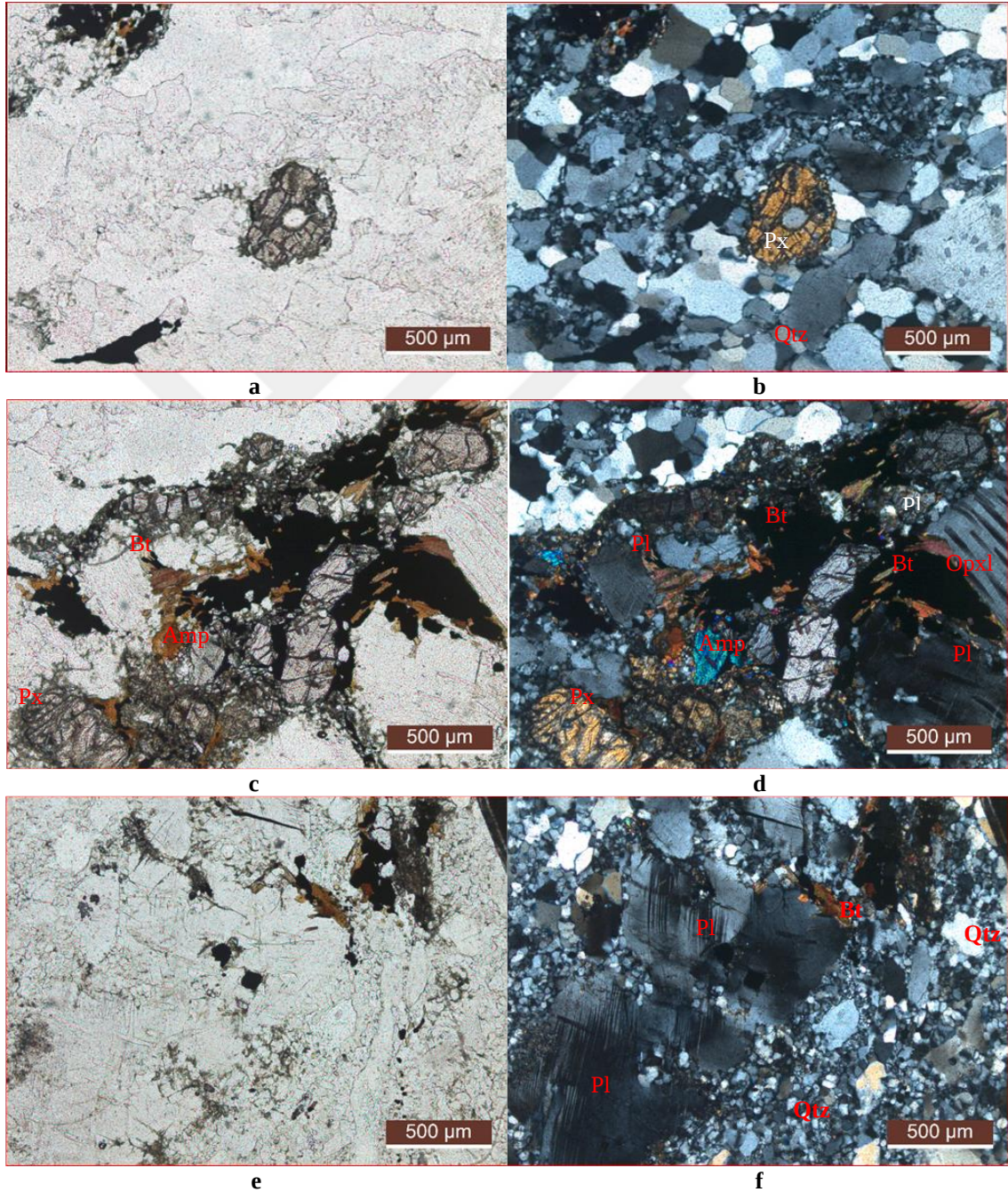
İnceleme alanının kuzeyindeki Ntem kompleksinin içindeki İntrüzif Seri, ağırlıklı olarak TTG (tonalit, trondjemit ve granodiyorit) grubu kayaçlardan oluşmakta olup yer yer içerisinde şarnolitik ksenolitler bulunmaktadır (Pouclet ve diğ., 2007; Takam ve ark, 2009). Şarnokit değişken kimyasal bileşime sahip granülit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış ortopiroksen içeren bir kayaç serisidir ve dünyada çoğunlukla derinden aşınmış Prekambriyen temel kaya komplekslerinde bulunmaktadır (Holland, 1893). Kayaçların hakim bileşeni ortopiroksen, olup mikroklin ve ortoklaz bileşimli alkali feldspatlar ve yaygın olarak ince bir mikropertitik doku içinde plajiyoklazlar ile kuvarlar bulunmaktadır. Kuvarlar genellikle mavimsi renkli ve feldspatlar koyu renkli dalgalı sönmelidir. Bazı şarnokitler titanyum açısından oldukça zengin olan kahverengimsi yeşil hornblend içerir. Kayaçlardaki granatlar pirop bileşimindedir. Şarnokit serisinin başlangıçta bir silikat magmanın fraksiyonel kristalleşmesiyle oluştuğu ifade edilmiştir. Daha sonraki çalışmalar, kayaların tümü olmasa da birçoğunun metamorfik olduğunu, yüksek basınçlarda ve orta derecede yüksek sıcaklıklarda yeniden kristalleşmeyle oluştuğunu göstermiştir (Le Maitre ve ark, 2005).

İnceleme alanında da yaygın olarak gözlenen şarnokitler genellikle koyu kahve, kırmızımsı kahve renklerde ve ince-orta boyutlu kristallidir. Şarnokitler metamorfik oldukları halde ender olarak yapraklanma göstermeyen intrüzif magmatik kayalara oldukça benzeyen kayaçlar olarak dikkati çekmektedir.



Şekil 4. 9. Biwong - Boulou Mvangan bölgesine ait kayaçlardan bulunan şarnokit örnekler. (BM01)

İnceleme alanından derlenen bir şarnokit (BM001) numunesinden yapılan ince kesitin petrografik incelemesinde belirlenen başlıca mineraller kuvars, potasyum feldispatlar (ortoklaz), biyotit, plajiyoklaz ve epidotlardır. Yaklaşık eş boyutlu kristallerden oluşmakta olup tanesal dokuludur. Kayaç incelemeleri esnasında granitlere benzerliği ile tanımlamak güç olmuştur. Ancak alınan örneğin konumu ve jeolojik özellikleri ile şarnokit olduğuna karar verilmiştir.



Şekil 4. 10. Biwong Boulou -Mwangan bölgesinden derlenen şarnokit numunesinde (BM001) ortopiroksen (OPx), piroksen (Px), plajiyoklaz (Pl), biyotit (Bt), kuvars (Qz), amfibol ve biyotitler (Bi) dönüşen (a, c ve e: //N; b, d ve f: +N)

4.2.3. Bazik kayaçlar

4.2.3.1. Gabro/diyabaz

Gabro ve diyabazlar inceleme alanında Mvangan'ın doğusunda, Bimengue çevresinde bazı dar alanlarda ve mafik ve felsik plütonik kayaçların içinde stok ve dayklar şeklinde gözlenirler. Porfirik dokuda, yeşil tonlarda ayrışma yüzeyi rengi sergileyen diyabaz dayklarının kalınlıkları oldukça değişkendir ve birkaç cm ile birkaç metre arasında değişebilmektedir.

Birimden alınan numuneler (BM003) üzerinde yapılan ince kesitlerde yapılan petrografik incelemelerde kayaçların genellikle plajiolas, piroksen ve kloritlerden oluştukları gözlenmiştir. Granonematoblastik dokulu Yer yer yoğun alterasyon izleri gözlenen kayaçlarda belirlenen başlıca alterasyonlar serisitleşme, epidotlaşma, kalsitleşme ve uralitleşmedir.

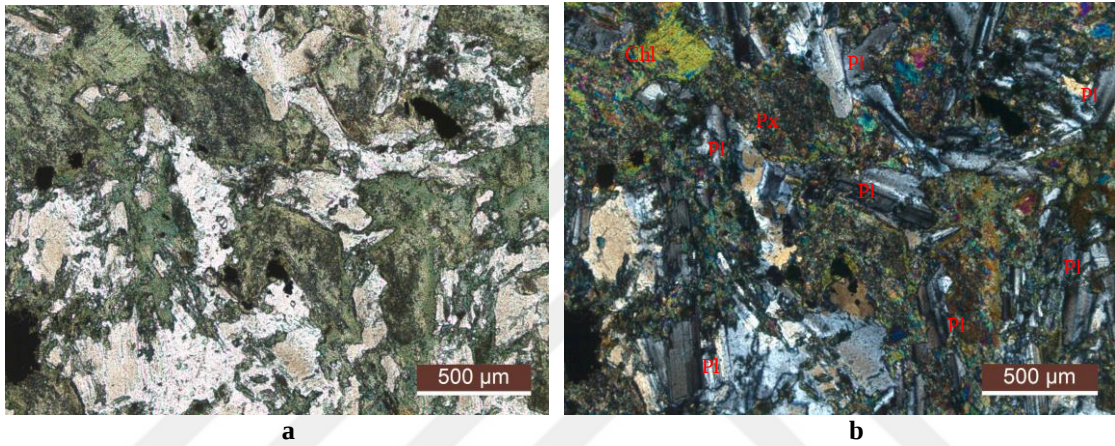
Biwong Boulou ve Mvangan bölgesindeki gabrolarda hakim mineral plajiyoklazdır. Plajiyoklazlar genellikle prizmatik çıtalar şeklinde bulunmakta olup tamamında zonlu yapı görülmektedir. Ayrıca plajiyoklazlarda yaygın olarak serisitleşme, epidotlaşma ve kalsitleşme gibi alterasyonlar gözlenmektedir.



Şekil 4. 11. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinde Mvangan'ın doğusundan alınan gabro örneği (BM003)

Gabro/diyabazlarda yaygın gözlenen ikinci mineral olan **klinopiroksenler** genellikle sarı ve kahverengi tonlarında girişim renklerine sahiptir. Klinopiroksenler genellikle özşekilli, bazen yarı özşekillidir. Bazı klinopiroksenlerde tektonizmaya bağlı olarak gelişmiş dalgalı sönme gözlenmektedir. Bazıları alterasyona uğramış olup uralitleşme ile amfibole dönüşmüştür.

Kloritler, kayaçta tipik olarak yağ-yeşili-mavi girişim renkleri ve tipik olarak piroksen ve plajiyoklaz arasında dolan açık yeşil pleokroizmalar ile gözlenen, rastgele dağılmış özşekilli olmayan mineraller olarak gözlenir. Ferromagnezyen minerallerine karşı büyüyerek oluştukları düşünülmektedir.



Şekil 4. 12. Mwangan doğusundan alınan gabrolarda yaygın olarak gözlenen piroksen (Px) ve plajiyoklaz (Pl) ile temsil edilen gabroyik doku (BM003; a: //N, b: +N)

4.2.3.2. Diyorit

İnceleme alanında diyorit grubu kayaçlar makroskobik olarak oldukça sert-sağlam yapılı olup gri veya yeşilimsi gri renklidirler. Biwong Boulou-Mvangan arasına ait diyorit grubu kayaçlar intrüzif bir karakter taşımaktadır.



Şekil 4. 13. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinden alınan diyorit (BM-009)

Kayaçlarda yapılan petrografik incelemelerde (BM009) klinopiroksen, amfibol, plajiyoklaz, K-feldispat ve kuvarslar belirlenmiştir. Kayaçta tüm mineraller yaklaşık aynı boyutta olup holokristalen taneleşmiştir.

Kayaçta baskın felsik mineral olan **plajiyoklazlar** genellikle birinci mertebenin düşük renklerinde polarize olmaktadır. Plajiyoklazların çoğu prizmatik formlarda gözlenir ve hemen hemen hepsinde polisentetik ikizlenmeler açıkça görülmektedir. Çok önemli bir bölümünde zonlu yapı, büyük bölümünde ise kaolinleşme ve serisitleşme şeklinde alterasyon gözlenmektedir. Maruz kaldıkları basınç sonucu hafif dalgalı sönme gösteren plajiyoklazların bir kısmında tektonizma ve deformasyon etkileri sonucu kırık ve çatlaklar gözlenmektedir. Bazı plajiyoklazlar, poiklitik dokuyu oluşturacak şekilde amfibollerde kapanımlar şeklinde yer almaktadır (Şekil 5.8).

Genellikle levha şekilli kristallerden oluşan **biyotit**, ileri derecede alterasyona uğrayarak klorite dönüşmüşlerdir. Kloritleşme, tek yönde mükemmel gelişmiş biyotitlerden itibaren gelişmiştir. Biyotit ayrıca opaklaşma şeklinde alterasyonlar da sunmaktadır.

Kayaç içinde oldukça düşük oranlarda (%10-15) ince kristalli **kuvarslar** belirlenmiştir. Kuvarslar genellikle dalgalı sönme göstermektedir.

K'lu Feldispat : Neredeyse tamamı çok küçük özşekilli minerallerden oluşan ve kaolinleşme gösteren çok az K feldispat vardır.

4.2.3.3. Amfibolitler

İnceleme alanının içine yer aldığı Ntem kompleksini oluşturan ana kayaç grubu olan intrüzif seri içinde şarnokitlerin yanısıra gnaysik amfibolitler de yer almaktadır. Şarnokitlere göre daha sınırlı alanlarda gözlenen amfibolitler Paleoproterozoyik yaşlıdır. İnceleme alanında Mvangan'ın doğu ve güney kesiminde oldukça geniş alanlarda yüzeyleyen amfibolitler koyu yeşil, siyahımsı yeşil renkli ve ince – orta kristallidir.

Amfibolitlerin petrografik incelemesinde kayaç içinde % 20-25 amfibol, % 10-20 kuvars, % 10-15 plajiyoklazlarla birlikte amfibol ve plajiyoklazlardan dönüşen epidot ve kloritler bulunmaktadır. Kayaçlar çubuksu minerallerden dolayı nematoblastik dokulu olup mineral içeriği ve dokularına göre amfibolit olarak adlandırılmışlardır.



Şekil 4. 15. Biwong- Boulou Mvangan bölgesinden derlenen koyu gri, koyu yeşil renkli amfibolit (BM012).

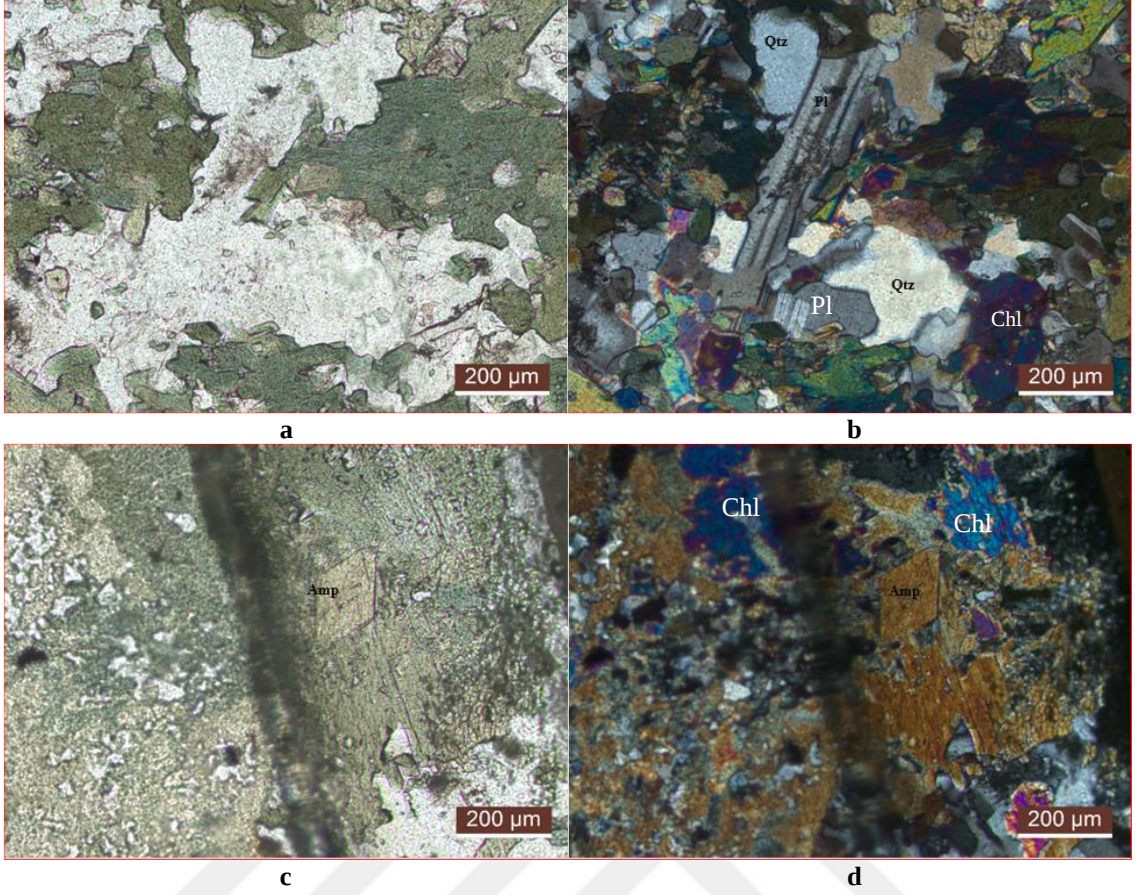
Plajiyoklazlar kayaç içinde rasgele dağılmış orta büyüklükte kristaller halindedir. Çoğunluğu şiddetli alterasyona uğramış olup serisitleşme, kaolinleşme ve epidotlaşma izlenmektedir. Yer yer polisentetik ikizlerin lateralizasyonu vardır. Kayada bulunan başlıca felsik mineraldir. Bazı plajiyoklazlar çubuk şeklinde kenarları yuvarlatılmış olarak gözlenmektedir. Bazı plajiyoklazlar amfibollerin içinde yer alır ve kapanımlar halinde poiklitik doku oluşturur (Şekil 4.16).

Kayaç içerisinde çok küçük miktarlarda genellikle çubuksu kristallerden oluşan **biyotitler** tek yönde gelişmiş mükemmel dilinime sahiptir. Biyotitler dilinimlere paralel düz sönmeli ve kahverengi pleokroizmaları ile karakteristiktir. Genel olarak, ayrılmış olan biyotitlerde, kloritleşme ve opaklaşma şeklinde alterasyonlar gösterilmektedir.

Amfibolitlerde rastgele dağılmış, canlı girişim renkleri ve limon sarısı pleokroizmaları ile karakteristik **epidot** grubu mineraller gözlenmektedir. Epidotlar plajiyoklazların alterasyonu ile oluşmuşlardır.

Canlı çift kırma renkleri ile dikkati çeken **kloritoyidler** tek yönlü dilinimleri ve canlı yeşil pleokroizmaya sahiptir. İçinde bulundukları amfibolitlerin metamorfik olduklarının bir göstergesi olan kloritoyidler killer ve saf olmayan karbonatlı kayaçların metamorfizmaya uğraması ile oluşmuştur.

Opak Mineral: Çoğu ferromagnezyum minerallerine karşı gelişen ikincil opak mineralizasyonlar vardır. Bazıları düzgün kenarlı ve köşeli birincil opaklardır. Çok nadir olarak kübik kristallere sahip opak minerallerin manyetit olabileceği tahmin edilmektedir. Amfibol ve biyotitlerin opaklaşması ile oluşmuşlardır.



Şekil 4. 16. Mwangan bölgesinden derlenen amfibolit (BM012) numunesinde özşekilli, mükemmel dilinimli, yeşil renkli amfibol (Amp), polisentetik ikizli plajioklas Pl), basınç gölgeli kuvars (Qz) ve canlı renkli kloritoyidlerle (Chl) belirlenen nematoblastik doku (a ve c: //N, b ve d: +N)

4.2.4. Kuvarsit

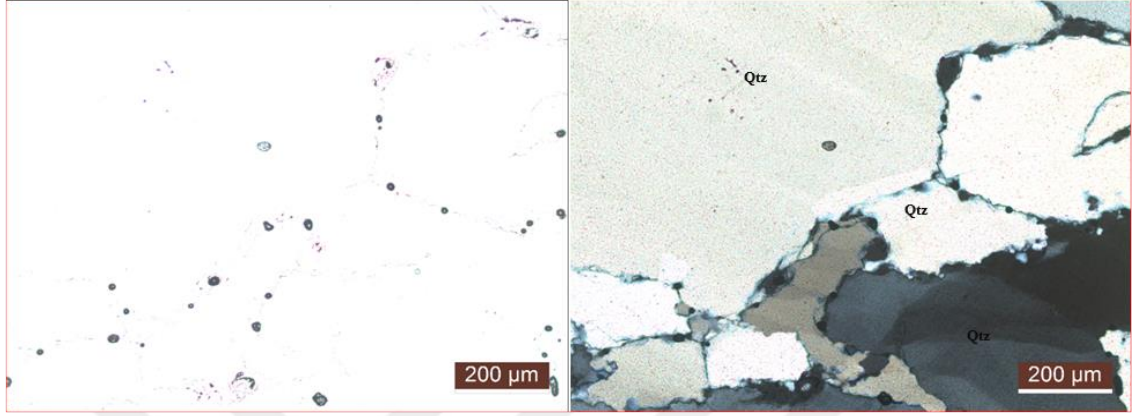
Bölgedeki metamorfik kayaçların içine birkaç mm'den birkaç 10 cm kalınlığa ulaşan yer yer onlarca m takip edilebilen ikincil kuvars damarları bulunmaktadır.



Şekil 4. 17. Biwong- Boulou Mwangan bölgesine ait kayaçlardan bulunan kuvarsit örnek. gözlenen sadece yoğun kuvars bulunur. bir dayk şeklinde yüzeyde gözlenmektedir.

Kuvarslar çoğu yerde beyaz veya renksiz iken özellikle mafik ve ultramafik kayaların bulunduğu bölgelerde yer yer ayrışmadan dolayı sarı, kahvems, kırmızımsı sarı renkler almışlardır (BM013).

İnceleme alanından derlenen bir kuvarsit numunesinden (BM013) hazırlanan ince kesitte bulunan başlıca mineral kuvarstır. Kayaç adı kuvarsittir.



Şekil 4. 18. Mwangan bölgesinden derlenen kuvarsitlerde kuvars kristalleri

Tablo 4. 1. Biwong Bulu ve Mvangan arasındaki Granitoyidi’ni oluşturan kayaların petrografik özellikleri.

Kayaç birimleri	Granit	Alkali Granit	Şarnokit	Diyorit	Amfibolit	Bazalt/Diyabaz	Kuvarsit
Doku	Tanesel	Tanesel	Tanesel	Tanesel	Nematoblastik	Porfirik	Tanesel granoblastik
Tane boyu	Holokristalen	Holokristalen	Holokristalen	Holokristalen			
Model mineraller	Min-Max (%)	Min-Max (%)	Min-Max (%)	Min-Max (%)	Min-Max (%)	Min-Max (%)	Min-Max (%)
Kuvars	60-65	40-45	45-50	10-15	10-20		90-95
Plajiyoklas	10-15		20-25	35-40	10-15	40-45	
Ortpklas	5-10	25-30	10-15	0-5	5-10		
Hornblend		5-10	5-10	10-15	20-25	10-15	
Piroksen			5-10	0-5	5-10	15-20	
Biyotit	10-15	10-15	10-15	10-15	5-10	0-10	
Aksesuar mineraller	Bt, amp opak mineral		Opak mineral	Opak mineral	Opak mineral		
İkincil mineraller	klorit, epidot	epidot	klorit	Klorit, serizit	klorit, epidot	klorit, epidot	

4.3. Jeokimyasal İncelemeler

Biwong-Boulou Mvangan bölgesinden derlenen numunelerin mineralojik-petrografik incelemesinden sonra 4 adet granit, 5 adet şarnokit, 1 adet diyorit, 2 adet gabro ve 1 adet amfibolit numunesinde ana (majör) ve iz element analizleri yapılmıştır (Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4).

4.3.1. Kayaçların genel kimyasal özellikleri

4.3.1.1. Granitik kayaçlar

İnceleme alanından derlenen 2 adet granit ve 2 adet alkali granit numunesinde gerçekleştirilen kimyasal analizlere göre MnO, P₂O₅, Sc ve Sn içerikleri deteksiyon limitinin altında olup ilerleyen analizlerde değerlendirmeye alınmamıştır. (Tablo 4.2).

Granitlerin SiO₂ değerleri % 72.8 ve % 74.10 ve ortalama % 73.45, Na₂O değerleri % 2.97 - % 3.97 ve CaO % 1.07 - % 2.33 arasında değişmektedir. A/CNK (Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O)) değerleri 1 den büyük olup 1.36 ve 1.49'dur. Granitlerin Mg# değerleri $[100 * (MgO / (MgO + \Sigma Fe_2O_3))]$ ise 11.40 - 23.19'dur (Tablo 4.2).

Alkali granitlerin SiO₂ değerleri % 70.6 ve % 74.4 ve ortalama % 72.5, Na₂O değerleri % 3.05 ve % 3.31 ve CaO değerleri % 1.14 ve % 1.16'dır. Alkali granitlerin K₂O/Na₂O 1 den büyük olup 1.64 ve 1.75'tir. A/CNK değerleri 1.38 ve 1.39, Mg# değerleri 10.08 ve 10.92'dir (Tablo 4.1).

Granitik kayaçların SiO₂ oranları % 70'in üzerinde olup granitik kayaçların ortalama SiO₂ miktarı % 72.98'dir. Bu değerlere göre bölgeden derlenecek 4 elemanlı herhangi bir granitik kayaç örneğinin ortalama SiO₂ değerinin % 95 olasılıkla % 70.22-%75.73 SiO₂ içermesi beklenmektedir (Tablo 4.2). Granitik kayaçların Al₂O₃ içerikleri % 14.22 olup Bölgeden alınan herhangi bir granitik kayaç numunesinde ortalama % 12.03 ile % 14.22 arasında Al₂O₃ beklenmektedir.

Alkali granit ve granitlerin ortalama Fe₂O₃ içerikleri % 2.86 olup alkali granitler daha fazla Fe₂O₃ içermektedir. Bölgeden derlenecek 4 elemanlı herhangi bir granitik kayaç örneğinin ortalama Fe₂O₃ içeriğinin % 2.28 ile % 3.43 arasında olması beklenmektedir. Kayaçlarda Al₂O₃ ve Fe₂O₃ daha çok amfibol, biyotit, epidot vb mafik minerallere bağlıdır.

Biwong Boulou-Mwangan bölgesindeki granitik kayaçlarda diğer ana bileşenlerin miktarı oldukça düşük olup ortalama 958 ppm Ba, 113 ppm Sr, 210 ppm Zr, 193 ppm Rb, 151 ppm Ce, 85 ppm La, 48 ppm Nd, 53 ppm Pb, dikkati çekmektedir. Kayaçların Sc ve Y dahil toplam NTE (Nadir toprak elementleri) miktarı 326.6 ppm HNTE (Hafif NTE, La-Gd) miktarı 310.04 ppm ANTE (Ağır NTE: Tb-Lu) miktarı ise 5.01 ppm olup HNTE/ANTE: 61.88'dir. Bölgede en yüksek NTE değerleri granitik kayaçlarda olup bu durum NTE'nin kabuktaki bollukları ile ilişkilidir (Tablo 4.2).

Tablo 4. 2. Biwong- Boulou Mvangan arası çalışma alanındaki granitik kayalara ait major oksit (%), iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları (**ppm**), **Std Sapma:** Standart sapma, **Std. Hata:** Standart hata, **t_h:** hesaplanan t değeri, **Alt Sınır:** Anakitle aritmetik ortalamasının alt sınırı, **Üst Sınır:** Anakitle aritmetik ortalamasının üst sınırı

Bileşen	Alkali Granit		Granit		Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	t _h	Alt Sınır	Üst Sınır
	BM-002	BM-008	BM-010	BM-011						
SiO ₂	74.40	70.60	72.80	74.10	72.98	1.73	0.86	84.42	70.22	75.73
Al ₂ O ₃	12.75	14.10	13.10	12.55	13.13	0.69	0.34	38.12	12.03	14.22
Fe ₂ O ₃	3.37	2.63	2.57	2.85	2.86	0.36	0.18	15.69	2.28	3.43
CaO	1.14	1.16	1.07	0.97	1.09	0.09	0.04	25.28	0.95	1.22
MgO	0.34	0.29	0.37	0.33	0.33	0.03	0.02	20.13	0.28	0.39
Na ₂ O	3.05	3.31	3.18	2.97	3.13	0.15	0.07	41.89	2.89	3.37
K ₂ O	5.00	5.78	5.40	5.06	5.31	0.36	0.18	29.55	4.74	5.88
Cr ₂ O ₃	0.002	0.002	0.002	0.005	0.003	0.001	0.001	4.01	0.00	0.01
TiO ₂	0.25	0.22	0.24	0.25	0.24	0.01	0.01	33.94	0.22	0.26
MnO	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00			
P ₂ O ₅	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00			
LOI	0.41	0.28	0.31	0.39	0.28	0.41	0.13	0.06	0.03	11.14
Co	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	3.00	1.00	0.50	0.25	11.00
Cu	6.00	9.00	5.00	4.00	4.00	9.00	5.00	2.16	1.08	5.55
Li	10.00	10.00	20.00	10.00	10.00	20.00	10.00	5.00	2.50	5.00
Ni	6.00	4.00	6.00	5.00	4.00	6.00	2.00	0.96	0.48	10.97
Pb	32.00	52.00	56.00	73.00	32.00	73.00	41.00	16.84	8.42	6.32
Zn	27.00	26.00	32.00	33.00	26.00	33.00	7.00	3.51	1.76	16.80
Ba	984.11	1099.89	927.83	821.55	821.55	1099.89	278.35	115.97	57.98	16.53
Cs	0.09	0.23	0.13	0.03	0.03	0.23	0.20	0.08	0.04	2.85
Ga	17.50	20.70	19.90	18.30	17.50	20.70	3.20	1.46	0.73	26.15
Hf	4.70	6.10	5.80	6.80	4.70	6.80	2.10	0.87	0.44	13.39
Nb	5.20	12.00	11.20	10.40	5.20	12.00	6.80	3.07	1.54	6.32
Rb	134.00	221.00	224.00	192.50	134.00	224.00	90.00	41.74	20.87	9.24
Sn	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00					
Sr	120.03	112.53	109.28	108.78	108.78	120.03	11.25	5.19	2.60	43.41
Ta	0.30	0.40	0.30	0.10	0.10	0.40	0.30	0.13	0.06	4.37
Th	63.80	65.40	75.30	89.80	63.80	89.80	26.00	11.95	5.98	12.31
U	19.30	12.40	46.00	74.60	12.40	74.60	62.20	28.33	14.17	2.69
V	20.00	22.00	22.00	18.00	18.00	22.00	4.00	1.91	0.96	21.41
Zr	174.00	214.00	200.00	250.00	174.00	250.00	76.00	31.68	15.84	13.23
Sc	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00					
Y	4.50	11.60	10.90	11.20	4.50	11.60	7.10	3.38	1.69	5.65
La	69.50	75.30	74.30	119.00	69.50	119.00	49.50	23.12	11.56	7.31
Ce	115.50	139.50	137.00	210.00	115.50	210.00	94.50	41.10	20.55	7.32
Pr	11.55	14.30	14.30	22.00	11.55	22.00	10.45	4.50	2.25	6.91
Nd	36.90	44.90	44.80	66.00	36.90	66.00	29.10	12.48	6.24	7.72
Sm	4.50	6.62	6.33	8.84	4.50	8.84	4.34	1.78	0.89	7.39
Eu	0.65	0.62	0.56	0.53	0.53	0.65	0.12	0.05	0.03	21.54
Gd	2.86	4.33	4.19	5.28	2.86	5.28	2.42	1.00	0.50	8.37
Tb	0.30	0.54	0.51	0.57	0.30	0.57	0.27	0.12	0.06	7.84
Dy	1.20	2.64	2.50	2.90	1.20	2.90	1.70	0.76	0.38	6.09
Ho	0.18	0.47	0.46	0.51	0.18	0.51	0.33	0.15	0.08	5.34
Er	0.42	1.03	1.08	1.21	0.42	1.21	0.79	0.35	0.18	5.32
Tm	0.04	0.15	0.16	0.15	0.04	0.16	0.12	0.06	0.03	4.40
Yb	0.35	0.83	0.68	0.82	0.35	0.83	0.48	0.22	0.11	5.98
Lu	0.03	0.11	0.09	0.12	0.03	0.12	0.09	0.04	0.02	4.34
Toplam	100.90	98.57	99.22	99.66	98.57	100.90	2.33	0.98	0.49	202.64
(La/Lu)N	240.46	71.05	85.69	102.93						
Eu/Eu*	0.55	0.35	0.33	0.24						
Mg #	10.08	10.92	13.79	11.40						

4.3.1.2. Şarnokitler

İnceleme alanından derlenen 5 adet şarnokit numunesinde ana oksit, iz element ve NTE analizleri yapılmış olup deteksiyon limitinin altında kalan Li değerlendirmeye alınmamıştır (Tablo 4.2). Şarnokitler arazi incelemeleri ve makro gözlemlere göre granitik kayalarla oldukça benzerdir.

Şarnokitlerin SiO_2 değerleri % 67.20 - % 73.3 arasında değişirken ortalama SiO_2 değerleri % 70.22'dir. SiO_2 içerikleri bakımından granitik kayalarla göre biraz fakir iken bazaltik kayalarla göre oldukça zengindir. Şarnokitlerin SiO_2 içeriklerine ait standart sapma ve standart hata değerleri düşük olup inceleme alanındaki şarnokitlerden derlenecek herhangi beş elemanlı örneğin ortalama SiO_2 değerinin % 67.54 ile % 72.9 arasında olması beklenmektedir (Tablo 4.2).

Şarnokitlerin Al_2O_3 miktarı % 12.3 ile % 15.75 arasında değişmekte olup ortalama Al_2O_3 miktarı % 14.17'dir. Al_2O_3 miktarı kayalar içinde oldukça yaygın olan K-feldispat, plajiyoklas, amfibol, piroksen, epidot ve kloritlerle alterasyon ürünü killeşmelerle kontrol edilmektedir. Al_2O_3 değerlerinin standart sapma ve standart hata oranları da düşük olup inceleme alanından derlenebilecek 5 elemanlı herhangi bir şarnokit örneğinde Al_2O_3 miktarının % 95 anlamlılık düzeyinde % 12.60 ile % 15.74 arasında olması ön görülmektedir.

Bölgedeki şarnokitlerin Fe_2O_3 miktarı % 2.65 ile % 6.55 arasında değişmekte olup ortalama Fe_2O_3 miktarı % 4.75'tir. Fe_2O_3 miktarı kayalar içinde oldukça yaygın olan amfibol, piroksen, epidot gibi ferro magnezyen minerallere bağlıdır. İnceleme alanından derlenebilecek 5 elemanlı herhangi bir şarnokit örneğinde Fe_2O_3 miktarının % 95 olasılıkla % 2.63 ile % 66.8 arasında değişmesi beklenmektedir.

Şarnokitlerin Na_2O içerikleri % 2.96- 4.61 arasında ve ortalama % 3.92, CaO içerikleri % 2.33-3.97 ve ortalama % 3.11, K_2O içerikleri % 0.79-3.50 ve ortalama % 1.94'tür. Kayaların $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranı genel olarak 1 den düşük olup 0.27-0.58 arasındadır. A/CNK değerleri 1.52-1.77 olup, Mg# değerleri 19.53- 42.27 arasındadır.

Şarnokitlerde iz elementlerden 1158 ppm Ba, 247 ppm Sr, 136 ppm Zr, 62 ppm V, 42 ppm Zn ve 41 ppm Ni dikkati çekmektedir (Tablo 4.2).

Kayaların NTE miktarları granitlerden düşük olup toplam NTE miktarı 89.12 ppm'dir. La-Gd arasındaki ortalama HNTE miktarı 85.4 ppm, Tb-Lu arasındaki ANTE miktarı ise sadece 3.71 ppm'dir (Tablo 4.2).

Tablo 4. 3. Biwong- Boulou Mvangan arası çalışma alanındaki Şarnokitlere ait major oksit (%), iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları (**ppm**), **Std Sapma:** Standart sapma, **Std. Hata:** Standart hata, **t_n:** hesaplanan t değeri, **Alt Sınır:** Anakitle aritmetik ortalamasının alt sınırı, **Üst Sınır:** Anakitle aritmetik ortalamasının üst sınırı

	BM-001	BM-004	BM-005	BM-006	BM-007	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	t _n	Alt Sınır	Üst Sınır
SiO ₂	70.20	70.10	73.30	67.20	70.30	70.22	2.16	0.97	72.76	67.54	72.90
Al ₂ O ₃	13.75	12.30	14.45	15.75	14.60	14.17	1.27	0.57	24.98	12.60	15.74
Fe ₂ O ₃	6.55	5.92	3.25	5.36	2.65	4.75	1.71	0.76	6.22	2.63	6.86
CaO	3.32	3.21	2.70	3.97	2.33	3.11	0.63	0.28	11.09	2.33	3.88
MgO	1.43	3.90	0.77	1.45	0.72	1.65	1.30	0.58	2.84	0.04	3.27
Na ₂ O	4.06	2.96	3.98	4.61	3.97	3.92	0.60	0.27	14.68	3.18	4.66
K ₂ O	1.68	0.79	2.32	1.41	3.50	1.94	1.03	0.46	4.21	0.66	3.22
Cr ₂ O ₃	0.00	0.13	0.01	0.00	0.00	0.03	0.06	0.03	1.16	-0.04	0.10
TiO ₂	0.50	0.48	0.19	0.52	0.20	0.38	0.17	0.07	5.04	0.17	0.59
MnO	0.09	0.08	0.03	0.07	0.05	0.06	0.02	0.01	5.94	0.03	0.09
P ₂ O ₅	0.12	0.04	0.05	0.13	0.06	0.08	0.04	0.02	4.28	0.03	0.13
LOI	-0.09	0.12	0.36	0.22	0.49	0.22	0.22	0.10	2.21	-0.06	0.50
Ba	723.76	561.70	2224.57	799.05	1531.31	1168.08	698.11	312.20	3.74	301.26	2034.89
Co	10.00	27.00	7.00	12.00	6.00	12.40	8.50	3.80	3.26	1.84	22.96
Cs	0.07	0.13	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.02	1.92	-0.02	0.11
Cu	7.00	13.00	54.00	9.00	5.00	17.60	20.56	9.20	1.91	-7.93	43.13
Ga	17.70	16.40	15.90	19.20	18.50	17.54	1.39	0.62	28.28	15.82	19.26
Hf	4.80	3.60	2.00	3.90	2.60	3.38	1.10	0.49	6.87	2.01	4.75
Li	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00			
Nb	8.30	3.40	1.20	6.30	5.40	4.92	2.73	1.22	4.04	1.54	8.30
Ni	9.00	157.00	19.00	13.00	8.00	41.20	64.88	29.01	1.42	-39.36	121.76
Pb	4.00	10.00	11.00	3.00	17.00	9.00	5.70	2.55	3.53	1.92	16.08
Rb	23.20	17.00	19.60	22.40	80.30	32.50	26.83	12.00	2.71	-0.82	65.82
Sn	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	0.45	0.20	6.00	0.64	1.76
Sr	164.78	149.28	369.12	307.34	245.06	247.12	93.36	41.75	5.92	131.19	363.04
Ta	0.50	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.17	0.08	2.58	-0.02	0.42
Th	0.61	3.53	0.62	0.46	5.45	2.13	2.26	1.01	2.11	-0.67	4.94
U	0.28	0.73	0.39	0.32	0.80	0.50	0.24	0.11	4.64	0.20	0.81
V	65.00	113.00	31.00	72.00	31.00	62.40	34.03	15.22	4.10	20.15	104.65
Zn	45.00	53.00	25.00	57.00	30.00	42.00	14.04	6.28	6.69	24.57	59.43
Zr	199.00	147.00	69.00	170.00	96.00	136.20	53.23	23.81	5.72	70.10	202.30
Sc	9.00	17.00	2.00	8.00	3.00	7.80	5.97	2.67	2.92	0.38	15.22
Y	14.50	7.20	2.60	9.10	6.80	8.04	4.32	1.93	4.16	2.67	13.41
La	31.00	24.10	13.20	23.10	22.70	22.82	6.35	2.84	8.04	14.94	30.70
Ce	58.20	41.60	18.10	41.70	34.80	38.88	14.47	6.47	6.01	20.92	56.84
Pr	6.73	4.53	1.78	4.73	3.69	4.29	1.79	0.80	5.35	2.07	6.52
Nd	23.70	16.30	5.80	16.20	11.90	14.78	6.57	2.94	5.03	6.62	22.94
Sm	3.29	2.23	0.71	2.68	1.85	2.15	0.97	0.43	4.97	0.95	3.35
Eu	0.83	0.76	0.74	0.75	0.56	0.73	0.10	0.04	16.22	0.60	0.85
Gd	2.79	1.83	0.55	2.24	1.39	1.76	0.85	0.38	4.62	0.70	2.82
Tb	0.46	0.29	0.06	0.30	0.25	0.27	0.14	0.06	4.25	0.09	0.45
Dy	2.60	1.45	0.40	1.71	1.13	1.46	0.81	0.36	4.05	0.46	2.46
Ho	0.55	0.29	0.09	0.36	0.19	0.30	0.17	0.08	3.78	0.08	0.51
Er	1.40	0.87	0.23	0.84	0.67	0.80	0.42	0.19	4.26	0.28	1.32
Tm	0.21	0.15	0.04	0.15	0.09	0.13	0.06	0.03	4.41	0.05	0.21
Yb	1.45	0.72	0.18	0.96	0.57	0.78	0.47	0.21	3.68	0.19	1.36
Lu	0.21	0.11	0.02	0.13	0.07	0.11	0.07	0.03	3.41	0.02	0.20
Toplam	101.70	100.10	101.70	100.82	99.06	100.68	1.12	0.50	200.13	99.28	102.07
(La/Lu)N	15.32	22.74	68.51	18.44	33.66	31.73	21.70	9.70	3.27	4.79	58.68
Eu/Eu*	0.84	1.15	3.61	0.93	1.06	1.52	1.18	0.53	2.89	0.06	2.98
Mg #	19.53	42.27	20.84	23.12	23.19	25.79	9.34	4.18	6.17	14.19	37.39

4.3.1.3. Bazik kayaçlar

İnceleme alanından derlenen 1 adet diyorit, 2 adet gabro ve 1 adet amfibolit kimyasal analizleri yapılmıştır (Tablo 4.3). İncelenen kayaçlar kökensel olarak farklı kaynaklardan türedikleri için gerçekleştirilen student t testinde bileşenlerin önemli bir kısmında anakitle aritmetik ortalamasının tahmini ile ilgili yorumların % 95 anlamlılık düzeyinde tutarlı olmayacağı değerlendirilmiştir (Tablo 4.3).

Diyoritin SiO_2 miktarı % 58.2, Na_2O değeri % 3.96 ve CaO değeri % 5.95 dir. $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranı 0.42, A/CNK (molar $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$) değerleri 1'den küçük olup 0.42 dir. Magnezyum numarası [molar $100*(\text{MgO}/(\text{MgO}+\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3))$] ise 35.61 dir. Diyoritlerde ayrıca % 15.5 Al_2O_3 , % 8.8 Fe_2O_3 , % 4.38 MgO , 655 ppm Ba, 321 ppm Sr, 189 ppm Zr, 157 ppm V, 85 ppm Zn ve 70 ppm Pb bulunmaktadır (Tablo 4.3).

Gabronun SiO_2 değerleri % 50.3-49.8 arasında değişirken, Na_2O % 1.82-3.24 ve CaO %12.15-10.3 arasında değişmektedir. $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranı 0.18-0.30 arasındadır, A/CNK (molar $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$) değerleri 0.79-1.04, magnezyum numaraları ise [molar $100*(\text{MgO}/(\text{MgO}+\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3))$] ise 38.19-29.33 arasındadır (Tablo 4.3). Gabrolarda ayrıca % 13.17 Al_2O_3 , % 13.85 Fe_2O_3 , % 6.5 MgO , 228 ppm Ba, 266 ppm V, 169 ppm Sr, 113 ppm Cu, 89 ppm Zn, 126 ppm Zr ve 115 ppm Ni önemli görülmektedir (Tablo 4.3).

Amfibolitlerin SiO_2 miktarı % 49.1, Al_2O_3 miktarı % 13.75, Fe_2O_3 miktarı % 14.85 olup inceleme alanında en yüksek Fe_2O_3 miktarı amfibolitlerdedir (Tablo 4.3). Amfibolitlerde ayrıca % 7.28 MgO , % 1.08 TiO_2 , 379 ppm V, 143 ppm Cu, 111 ppm Zn, 128 ppm Ni, 57 ppm Co ve 63 ppm Zr bulunmaktadır (Tablo 4.3).

Mafik kayaçların toplam NTE içerikleri ortalama 111 ppm olup 100 ppm HNTE ve 11 ppm ANTE vardır. Mafik kayaçlarda en yüksek NTE 154 ppm'le diyoritlerde bulunurken en düşük NTE 44 ppm'le amfibolitlerdedir (Tablo 4.3).

Jeokimyasal verilere göre inceleme alanında bulunan Arkeen yaşlı granitik kayaçların içinde bulunan gnaysik granit bileşimli şarnokitler ve bazik kayaç ksenolitlerinin kimyasal bileşimleri oldukça farklıdır. Ortalama SiO_2 içerikleri bakımından % 72.98'le granitik kayaçlar en yüksek, şarnokitler % 70.22 ve bazik kayaçlar % 51.9'la düşük SiO_2 içeriğine sahiptir. NTE açısından değerlendirildiğinde granitik kayaçlar 315 ppm, bazik kayaçlar 111 ppm ve şarnokitik kayaçlar 89.1 ppm şeklinde sıralanmaktadır (Tablo 4.2, 4.3 ve 4.4).

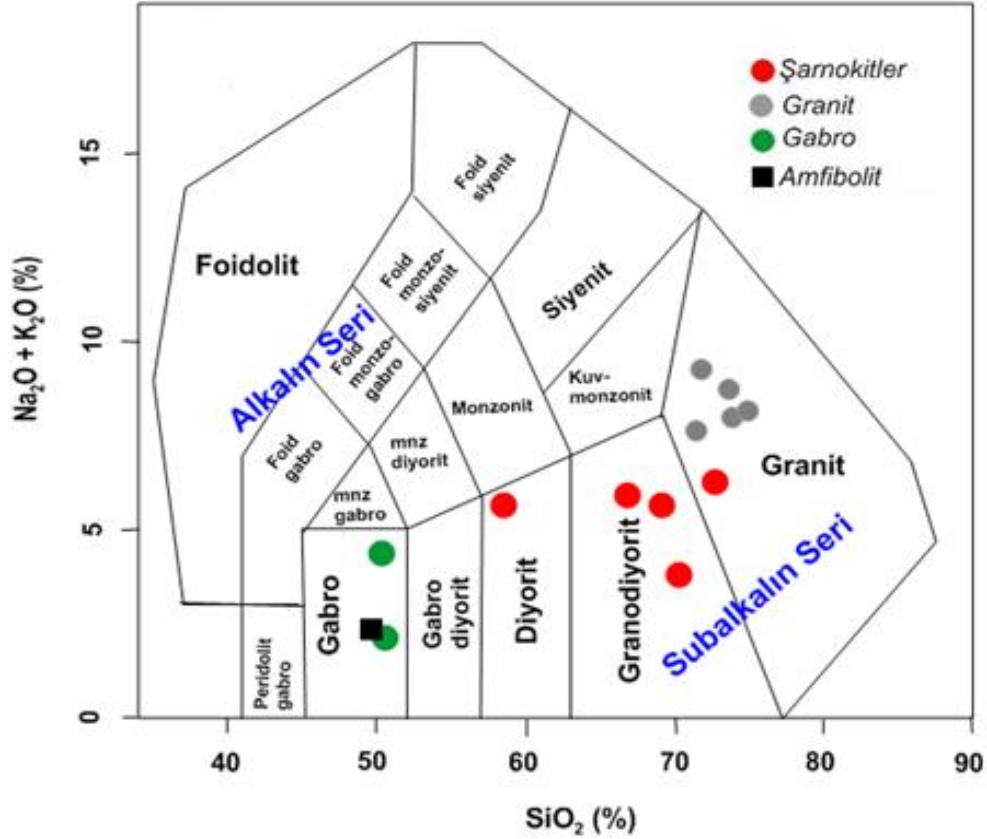
Tablo 4. 4. Biwong- Boulou Mvangan arasındaki bazik kayalar grubuna ait major oksit (%), iz element ve nadir toprak element (REE) analiz sonuçları (**ppm**), **Std Sapma:** Standart sapma, **Std. Hata:** Standart hata, **t_h:** hesaplanan t değeri, **Alt Sınır:** Anakitle aritmetik ortalamasının alt sınırı, **Üst Sınır:** Anakitle aritmetik ortalamasının üst sınırı

	Diyorit	Gabro		Amfibolit	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	t _h	Alt Sınır	Üst Sınır
	BM-009	BM-003	BM-007/1	BM-012						
SiO ₂	58.20	49.80	50.30	49.10	51.85	4.26	2.13	24.3	45.1	58.6
Al ₂ O ₃	15.50	15.05	11.30	13.15	13.75	1.92	0.96	14.29	10.69	16.81
Fe ₂ O ₃	8.80	13.20	14.50	14.85	12.84	2.78	1.39	9.22	8.41	17.27
CaO	5.95	10.30	12.15	10.65	9.76	2.67	1.33	7.33	5.52	14.00
MgO	4.38	4.93	8.06	7.28	6.16	1.78	0.89	6.91	3.32	9.00
Na ₂ O	3.96	3.24	1.82	1.94	2.74	1.04	0.52	5.29	1.09	4.39
K ₂ O	1.67	0.98	0.32	0.31	0.82	0.65	0.32	2.53		
Cr ₂ O ₃	0.02	0.01	0.09	0.03	0.04	0.04	0.02	2.18		
TiO ₂	0.67	0.71	1.18	1.08	0.91	0.26	0.13	7.06	0.50	1.32
MnO	0.14	0.18	0.21	0.22	0.19	0.04	0.02	10.43	0.13	0.24
P ₂ O ₅	0.19	0.20	0.09	0.06	0.14	0.07	0.04	3.83	0.02	0.25
LOI	0.21	0.26	0.39	0.72	0.40	0.23	0.11	3.44	0.03	0.76
Ba	654.48	377.63	78.63	86.33	299.27	274.67	137.34	2.18		
Co	28.00	35.00	51.00	57.00	42.75	13.52	6.76	6.32	21.23	64.27
Cs	0.01	0.06	0.07	0.01	0.04	0.03	0.02	2.34		
Cu	19.00	63.00	162.00	143.00	96.75	67.28	33.64	2.88		
Ga	24.00	21.00	19.70	17.20	20.48	2.83	1.42	14.47	15.97	24.98
Hf	5.00	3.80	2.40	1.60	3.20	1.51	0.75	4.25	0.80	5.60
Li	40.00	30.00	10.00	10.00	22.50	15.00	7.50	3.00		
Nb	17.40	3.70	3.80	3.00	6.98	6.96	3.48	2.00		
Ni	58.00	115.00	139.00	128.00	110.00	36.03	18.01	6.11	52.67	167.3
Pb	10.00	2.00	2.00	7.00	5.25	3.95	1.97	2.66		
Rb	70.00	27.80	8.10	8.80	28.68	29.02	14.51	1.98		
Sn	3.00	3.00	1.00	1.00	2.00	1.15	0.58	3.46	0.16	3.84
Sr	321.84	249.56	88.73	81.13	185.31	119.65	59.83	3.10		
Ta	0.60	0.10	0.30	0.10	0.28	0.24	0.12	2.33		
Th	3.41	4.61	3.49	2.98	3.62	0.70	0.35	10.42	2.52	4.73
U	0.66	0.73	1.09	2.28	1.19	0.75	0.38	3.17	0.00	2.38
V	157.00	218.00	314.00	379.00	267.00	98.75	49.37	5.41	109.9	424.1
Zn	85.00	95.00	82.00	111.00	93.25	13.07	6.54	14.27	72.5	114.1
Zr	189.00	165.00	86.00	63.00	125.75	60.71	30.36	4.14	29.14	222.4
Sc	17.00	21.00	40.00	48.00	31.50	14.89	7.44	4.23	7.81	55.19
Y	25.90	19.40	24.40	20.40	22.53	3.12	1.56	14.44	17.6	27.49
La	32.50	41.70	6.90	5.30	21.60	18.30	9.15	2.36		
Ce	62.10	78.60	15.90	11.80	42.10	33.35	16.68	2.52		
Pr	7.64	9.29	2.31	1.68	5.23	3.80	1.90	2.75		
Nd	29.00	36.10	11.80	7.90	21.20	13.52	6.76	3.14		
Sm	4.96	6.23	3.81	2.11	4.28	1.75	0.88	4.89	1.49	7.06
Eu	1.02	1.40	1.13	0.77	1.08	0.26	0.13	8.27	0.66	1.50
Gd	4.90	4.65	4.52	3.36	4.36	0.68	0.34	12.75	3.27	5.45
Tb	0.79	0.61	0.71	0.55	0.67	0.11	0.05	12.51	0.50	0.83
Dy	4.30	3.65	4.71	3.85	4.13	0.47	0.24	17.42	3.37	4.88
Ho	0.86	0.70	0.95	0.77	0.82	0.11	0.05	15.10	0.65	0.99
Er	2.45	2.08	2.84	2.34	2.43	0.32	0.16	15.38	1.93	2.93
Tm	0.39	0.30	0.42	0.31	0.36	0.06	0.03	12.00	0.26	0.45
Yb	2.46	1.80	2.27	2.42	2.24	0.30	0.15	14.77	1.76	2.72
Lu	0.40	0.30	0.32	0.33	0.34	0.04	0.02	15.52	0.27	0.41
Toplam	99.79	98.92	100.42	99.40	99.63					
(La/Lu)N	14.43	2.24	8.43	1.67	6.69					
Eu/Eu*	0.79	0.83	0.63	0.88	0.78					
Mg #	29.33	38.19	35.61	35.27	34.60					

4.3.2. Kayaçlarda kökensel inceleme

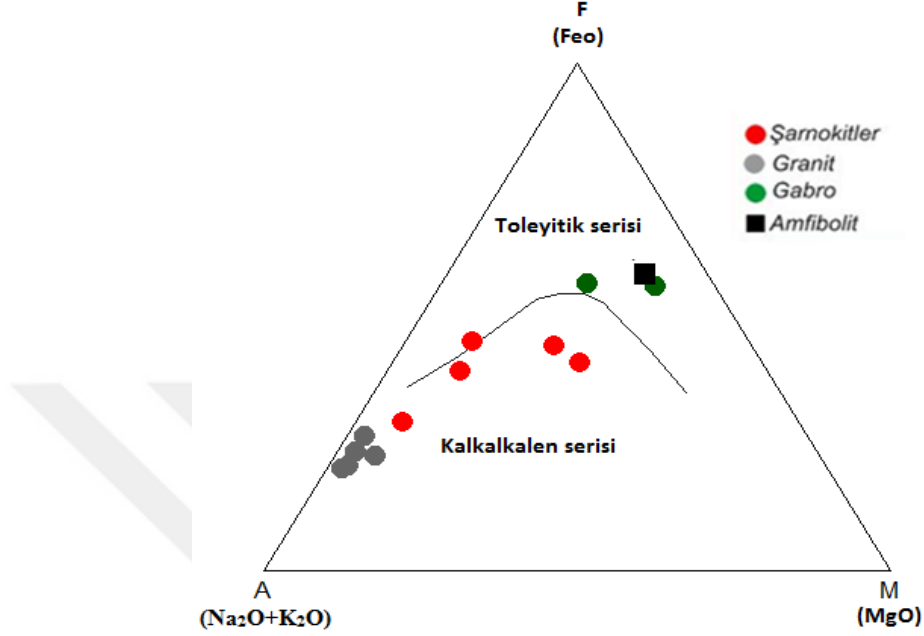
Biwong- Boulou Mvangan arasındaki bölgedeki magmatik kayaçların jenezinin belirlenmesi amacıyla analizi yapılan 13 numunenin ana oksit, iz element ve NTE verileri kullanılarak çeşitli diyagramlarda değerlendirilmiştir.

Ana element içeriklerine göre SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O ve Na_2O arasındaki ilişkiler, granitoidlerin sınıflamalarında önemli rol oynarlar. Özellikle alkali-silis ilgisi dikkate alınarak Middlemost (1994) tarafından yapılan sınıflandırma günümüz literatürün de halen önemle kullanılmaktadır. Bu sınıflamada magmatik serilerde toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) miktarına karşı SiO_2 ikili diyagramına göre kayaçlar sınıflandırılmaktadır. Jeokimyasal analizler toplam alkaliler ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)'e karşı SiO_2 diyagramına düşürüldüğünde, Biwong-Boulou Mvangan bölgesindeki kayaçlar diyorit, gabro, granodiyorit ve granit bileşimli kayaçlar olarak sınıflandırılabilir. (Şekil 4.19.) Yine aynı diyagramda örneklerin subalkalin seriye ait oldukları görülür (Şekil 4.19). Diyagramda dikkati çeken en önemli sonuç şarnokitik kayaçların diyorit, granodiyorit ve granit alanlarına dağılmış olmasıdır (Şekil 4.19).



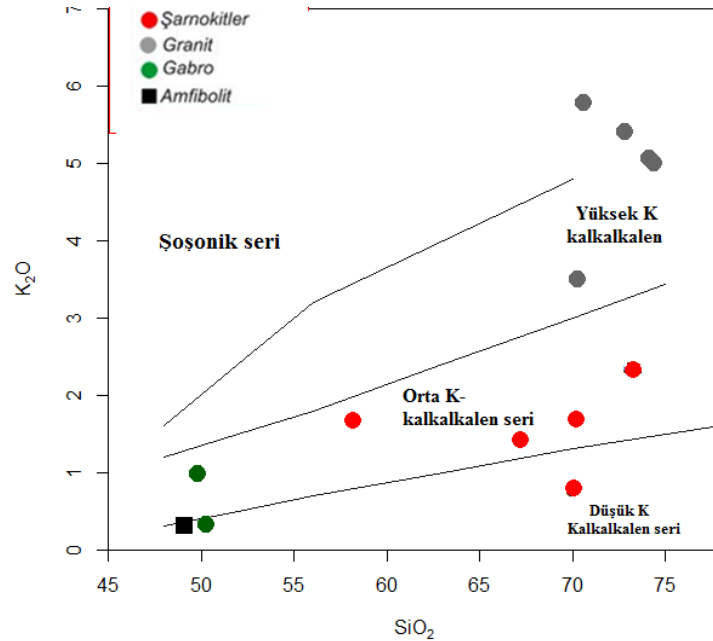
Şekil 4. 19. Biwong Boulou ve Mvangan bölgesine ait örneklerin sınıflanması. Toplam Alkali Silis (TAS) sınıflama diyagramı (Middlemost, 1994)

Subalkali Örnekler AFM diyagramında tipik kalk-alkalen bileşime sahiptir (Sekil 4.20). Buradaki kalk-alkalen yönseme, magmanın diğer magma türlerine göre kısmi farklılaşması neticesinde alkalilerce zenginleştiğini, Fe ve Mg oranında bu zenginleşmenin gözlenmediğini göstermektedir.



Şekil 4. 20. AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$, MgO) diyagramı (Toleyitik-kalk-alkalen ayırım eğrisi Irvine ve Baragar, 1971'den)

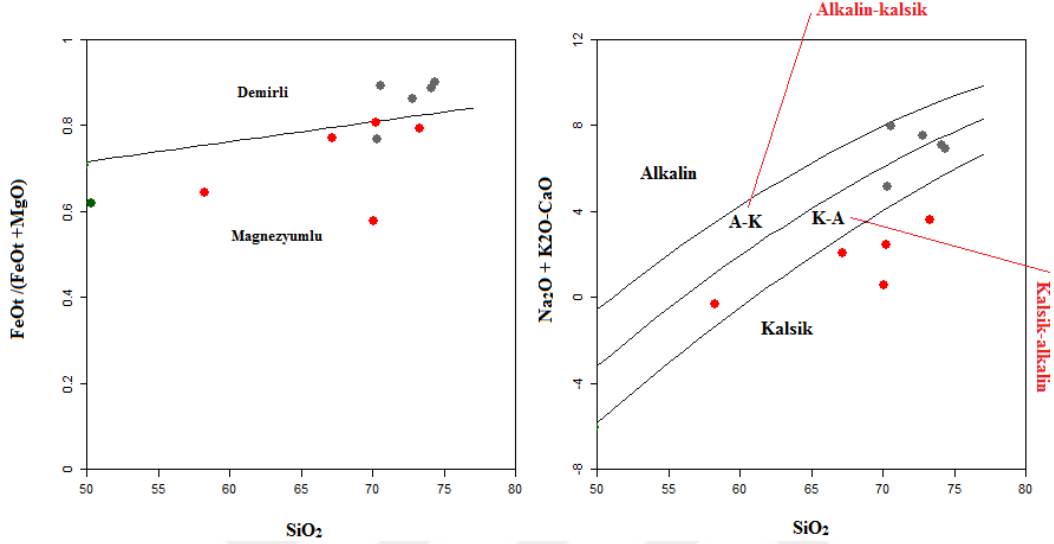
Çalışma alanında magmatik kayalar $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ diyagramında değerlendirildiğinde granite ait örnekler -yüksek K-kalkalkalen sınırında; bazik kayalar ve şarnokitlere ait örnekler ise düşük ve orta potasyum içeriğine sahiptirler (Şekil 4.21)



Şekil 4. 21. K_2O (% ağırlık)- SiO_2 (% ağırlık) diyagramı (Peccherillo ve Taylor, 1976)

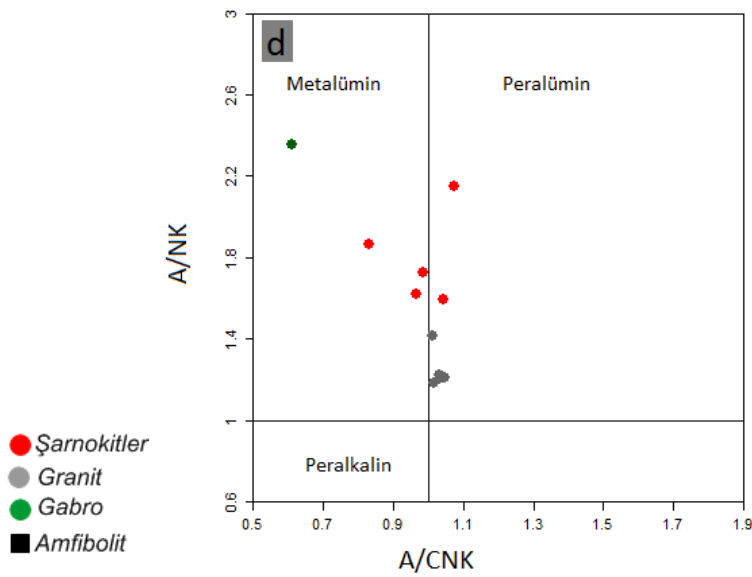
$\text{FeOt} / (\text{FeOt} + \text{MgO})$ ve SiO_2 (wt%) diyagramında (Frost ve diğ., 2001) granitler dışındaki tüm örnekler magnezyumlu bölgesinde toplanmıştır (Şekil 4.22).

SiO_2 'ye karşı $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO})$ diyagramında (Frost ve diğ., 2001) örnekler alkali dışı alanda toplanmıştır. Granitler hem “Alkali-kalsik” hem de ve “Kalk alkali” alana, şarnokitlerin çoğunluğu “Kalsik” alana düşmektedir (Şekil 4.22.).



Şekil 4. 22. Çalışma alanına ait kayaç örneklerinin $\text{FeOt} / (\text{FeOt} + \text{MgO})$ ve SiO_2 (wt%) diyagramı ve $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO})$ ve SiO_2 (wt%) diyagramı (Frost ve diğ., 2001)

Biwong- Boulou Mvangan Granitoyidi'ne ait kayaçların alüminyum doygunluğu açısından karakterini bulmak için Al_2O_3 , Na_2O , K_2O ve CaO değerleri moleküler olarak hesaplanmış ve Maniar ve Piccoli (1989) diyagramında yerine konmuştur. Molar A/CNK - A/NK diyagramında şarnokitlerin bir kısım peralümin ve diğer kısmı metalümin olup, tüm granit örnekler peralümin karaktere sahiptir. (Şekil 4.23).



Şekil 4. 23. Bölgedeki magmatik kayaç örneklerinin molar A/CNK 'ya karşı molar A/NK değişimine bağlı olan alümino bazlı sınıflama (Mainar ve Piccoli, 1989) diyagramları.

İnceleme alanından derlenen kayaçlar farklı kökenli ve farklı nitelikli olsa da kayaçları oluşturan ana oksit, iz element ve NTE'nin birbirleri ile ilişkilerinin olup olmadığı, ilişki varsa bu ilişkiyi şekli, yönü ve kuvvetinin belirlenmesi amacıyla korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.5).

Basit korelasyon analizlerine göre ana bileşenlerden SiO_2 sadece ana bileşenlerden K_2O ve iz elementlerden Ba ile kuvvetli ve Na_2O ile zayıf pozitif korelasyona sahipken ana bileşenlerden Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 ve MnO , iz elementlerden Co, V, Zn, Sc ve ANTE grubu ile çok kuvvetli, Cu, Ni Y ve HNTE ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir (Tablo 4.5).

Kayaçlarda ikinci önemli bileşen olan Al_2O_3 ; Na_2O , P_2O_5 ve Sr ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. Diğer bir önemli bileşen olan Fe_2O_3 ise CaO, MgO, TiO_2 , MnO, Co, V, Zn, Sc ve ANTE ile çok kuvvetli, Cu, Ni ve HNTE ile kuvvetli pozitif, K_2O , Ba, Pb ve Rb ile kuvvetli Na_2O , Hf, Th, La, Ce ve Pr ile zayıf negatif korelasyona sahiptir (Tablo 4.5).

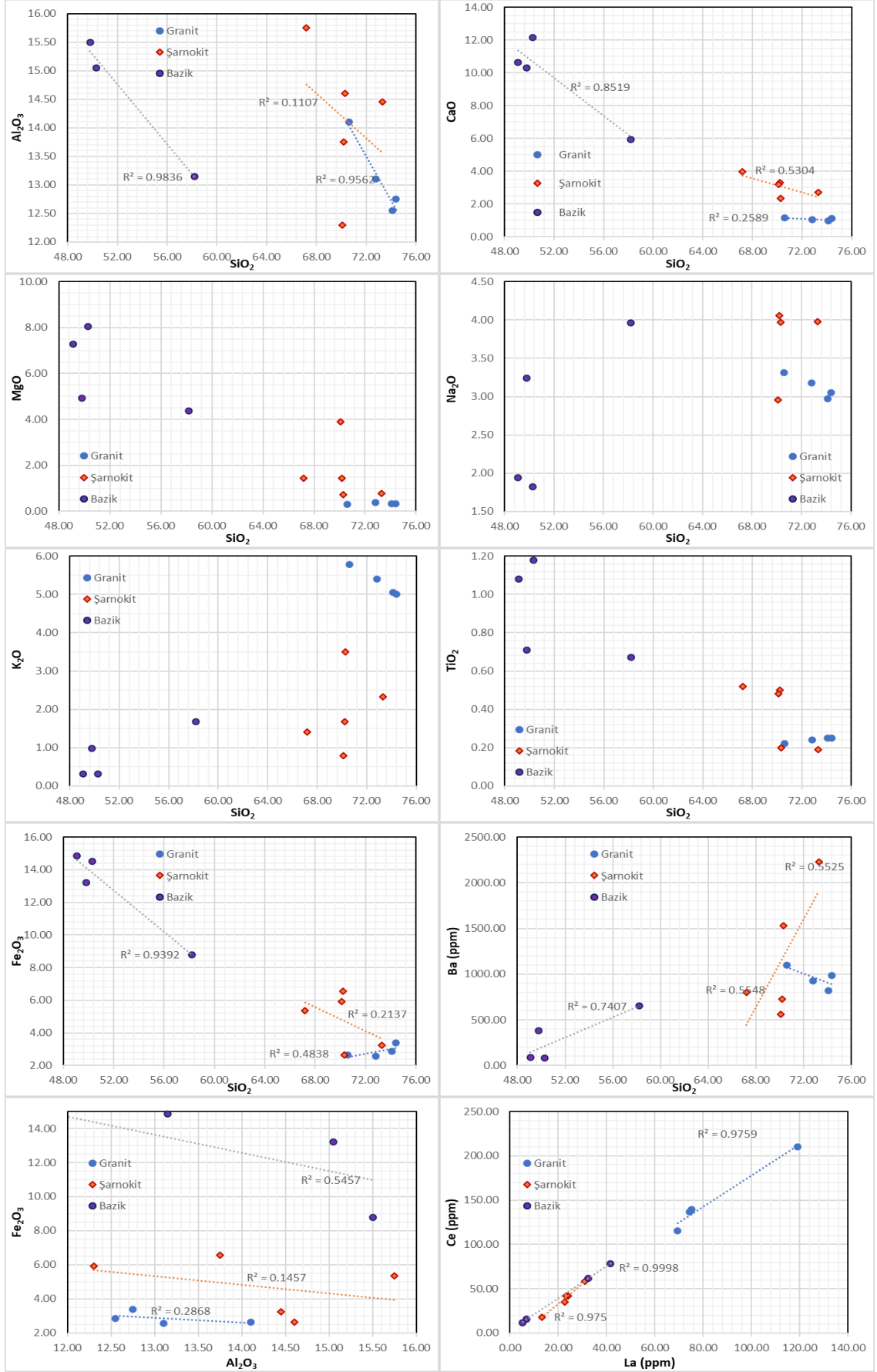
İncelenen kayaçlarda feldispat ve mafik minerallerde yaygın olan CaO; MgO, TiO_2 , MnO, Co, Cu, V, Zn ve Sc ile çok kuvvetli, Ni, Y ve NTE ile kuvvetli pozitif, K_2O , Ba, Pb ve Rb ile kuvvetli negatif korelasyon göstermektedir.

Ana oksitlerden MgO, TiO_2 , MnO, Co, Cu, Ni, V, Zn, Sc ve ANTE ile çok kuvvetli, Y, Eu ve diğer HNTE ile kuvvetli pozitif, Na_2O , K_2O , Ba ve Rb ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir.

Na_2O ise Sr ile kuvvetli pozitif, Co, Cu, Ni, V ve Sc ile kuvvetli negatif korelasyon göstermektedir. Yine ana bileşenlerden K_2O ; Hf, U, La, Ce, Pr ve Nd ile kuvvetli pozitif, TiO_2 , MnO, Co, Cu, Ni, V, Zn, Sc, Eu, Yb ve Lu ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir.

Sc, Y ve HNTE birbirleri ile çok kuvvetli pozitif korelasyona sahipken ANTE ve Na_2O dışında ana bileşenlerle negatif korelasyona sahiptir. ANTE ise birbirleri ile çok kuvvetli ve kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir.

İlksel manto değerlerine oranlar granit örneklerin Nb, Ta, La, P ve Ti değerlerinde belirgin negatif, K ve Pb değerlerinde ise negatif anomaliler gözlenmektedir. Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LILE) (Rb, Ba, Th, U)'de oldukça fazladır. (Şekil 4.24).

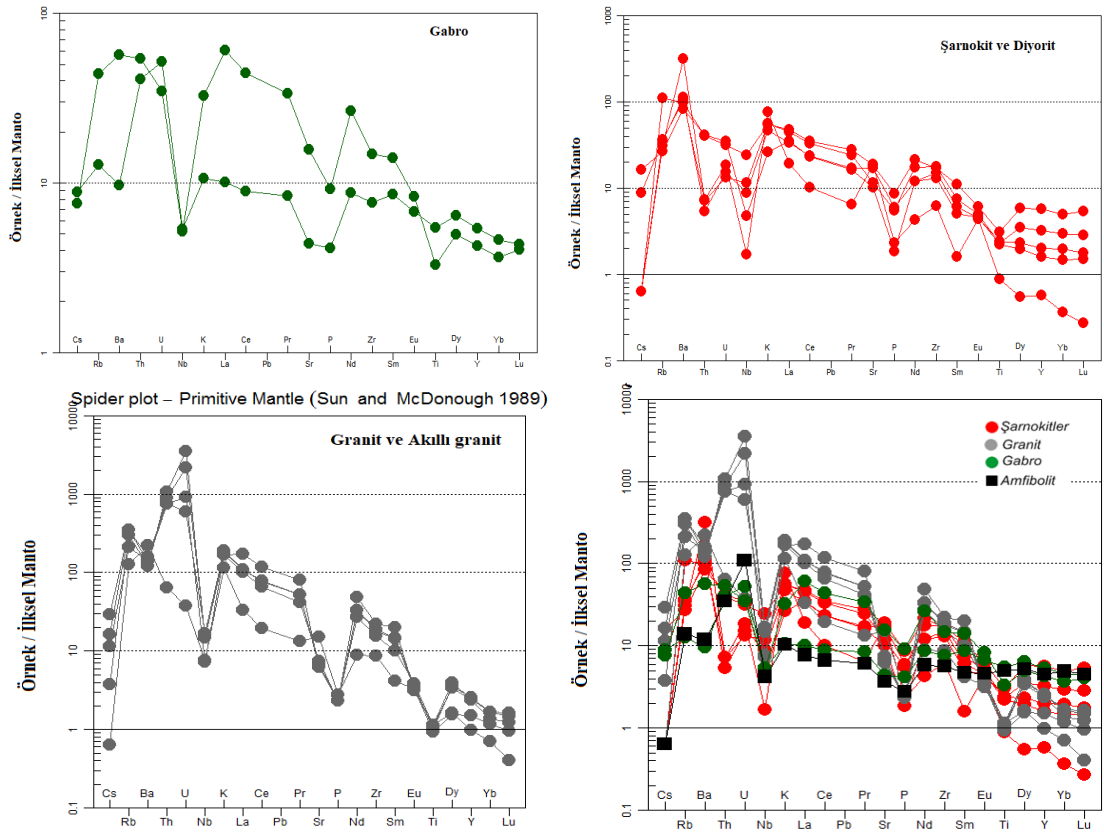


Şekil 4. 24. Biwong Boulou ve Mvangan bölgesi magmatik kayaç örneklerinin SiO_2 karşı ana oksit (%) ve bazı iz element (ppm) dağılım diyagramları.

4.3.3. Uyumsuz elementler

Çalışma alanındaki magmatik kayaçların ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları Şekil 4.25.' de verilmiştir.

Örneklerin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramında (Şekil 4.25.) genel olarak ilksel magmaya göre zenginleşme görülmektedir. Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LIL) (Rb, Ba, Th, U)'de oldukça fazladır. Nb, Cs, Ti, Lu'da oldukça belirgin olan negatif bir anomali gözlenmektedir. Özellikle U, Th, Rb gibi elementlerdeki zenginleşme kabuk etkisini yansıtmaktadır.



Şekil 4. 25. Biwong- Boulou Mvangan bölgesine ait ayaçların primitif mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989), normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.

4.4. Jeokronolojik İncelemeler

İnceleme alanının içinde yer aldığı Kongo Kratonu içindeki Ntem kompleksi ve bu kompleksi içindeki şarnokit grubunu temsil Ntem serisi masif ve bantlı plütonik kayalar ve bu seriye sokulum yapan tonalit, trondjemitler ve granodiyoritlerle temsil edilmektedir. Granitik kayaların içinde ksenolit şeklinde bulunan şarnokitlerde daha önce yapılan araştırmalarda (Toteu ve diğ., 1994; Delhal ve Ledent, 1975; Laresse ve Soba, 1976) 2.9 milyar yıl oluşum yaşı belirlenmiştir. Ntem Kompleksi'nin kuzey kesimindeki magmatik plütonların içinde yeşiltaş kuşaklarının kalıntıları olarak yorumlanan ve yaklaşık 3.1 milyar yıl yaşa tarihlenen kabukaltı kayaların büyük ksenolitlerini içermektedir (Tchameni ve diğ., 2001; Tchameni ve diğ., 2004; Shang ve diğ., 2004b; 2004; Pouclet ve diğ., 2007). Tchameni ve diğ. (2004) tarafından Ebolowa bölgesindeki amfibolitlerin Zr yaşı 3.14 milyar yıl ila 3.07 milyar yıl, Nd model yaşları ise (T_{DM}) 3.41- 3.01 milyar yıl olarak ölçülmüştür. Pouclet ve diğ. (2007) Ntem Kompleksi'nin kuzeyinde zirkon Pb-Pb yaşlandırma çalışmaları yapmışlar ve şarnokitlerin ~ 2.90 milyar yıl yaşında olduklarını ve bunlara sokulum yapan tonalitlerin ~ 2.83 milyar yıl yaşlı olduklarını ve her iki kayaç grubunda da Nd model yaşlarının (T_{DM}) 3.10 ila 2.93 milyar yıl arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Andom bölgesindeki Bantlı Seri içindeki şarnokitik gnaysların Rb-Sr yaşlarını araştıran Delhal ve Ledent (1974) ~ 3.44 milyar yıl (Paleoarkeen) yaş elde etmişlerdir.

Ntem kompleksinin kuzey kesiminde yapılan yaşlandırma çalışmalarına karşın inceleme alanı ve yakın çevresini kapsayan güney bölgede yaşlandırma çalışmaları yoktur. Ntem kompleksinin güney kesimindeki şarnokitik ksenolitlerin yaşlarının belirlenmesi amacıyla bu çalışmada Ambam yakınlarında bulunan şarnokitlerden SHRIMP U-Pb zirkon yaşlarının yanı sıra bu ortama sokulum yapan granitlerin oluşum yaşları araştırılmıştır.

Bölgeden derlenen şarnokit örneğinde LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaşlandırması yapılmıştır. Jeokronolojik analiz yapılan BM-07 numunesinde tespit edilen 17 adet (Şekil 1) zirkon mineralinde Pb, U, Th miktarları (Tablo 4.3), ^{207}Pb - ^{235}U , ^{206}Pb - ^{238}U , ^{238}U - ^{206}Pb , ^{207}Pb - ^{206}Pb , ^{208}Pb - ^{232}Th ve ^{206}Pb - ^{208}Pb izotop oranları (Tablo 4.5, Tablo 4.6 ve Tablo 4.6) ve ^{207}Pb - ^{235}U , ^{206}Pb - ^{238}U , ^{208}Pb - ^{232}Th , ^{207}Pb - ^{206}Pb yaşları hesaplanmıştır (Tablo 4.9; Şekil 4.26, 4.27 ve 4.28). Buna göre Ntem kompleksinin güney kesimindeki ksenolitlerin yaşı 2.97 milyar yıl (Arkeen) ölçülmüş olup kuzeydekilere benzerlik göstermektedir.

Granitik kayaçların içindeki şarnokitik ksenolitlerden alınan (BM-007) numunedeki Zr'larda U miktarı 138-1884 ppm, Th miktarı 89-798 ppm, Pb miktarı 131-3590 ppm ve U/Th oranı 0.84-3.08 arasındadır (Tablo 4.6).

Tablo 4. 6. Mwanagan Biwong Boulou (Kamerun) Bölgesindeki şarnokitik kayaçlardan alınan BM-07 numunesinde tespit edilen Zr'larda U, Th ve Pb miktarları (ppm), standart hata değerleri (S.H.) ve U/Th oranı ile standart hata (S.H) değerleri

Zr No	U		Th		Pb		U/Th	
	Miktar	S.H.	Miktar	S.H.	Miktar	S.H.	Miktar	S.H.
BM_07_10_1	323.5	8.8	234.4	8.0	280.0	22.0	1.396	0.049
BM_07_10_2	307.0	15.0	257.0	13.0	364.0	23.0	1.193	0.023
BM_07_10_3	172.3	3.8	167.5	8.3	170.0	15.0	1.030	0.054
BM_07_10_4	1884.0	76.0	798.0	43.0	2961.0	52.0	2.355	0.054
BM_07_10_5	577.0	82.0	379.0	36.0	780.0	120.0	1.497	0.095
BM_07_10_6	375.2	7.2	319.0	12.0	680.0	31.0	1.169	0.049
BM_07_10_7	180.7	4.5	106.0	4.2	141.0	11.0	1.738	0.078
BM_07_10_8	275.5	7.0	141.8	5.0	131.0	15.0	1.936	0.072
BM_07_10_9	1239.0	36.0	401.8	7.4	2499.0	58.0	3.075	0.081
BM_07_10_10	221.0	22.0	172.0	22.0	511.0	80.0	1.236	0.053
BM_07_10_11	397.1	7.8	304.0	7.3	788.0	30.0	1.305	0.020
BM_07_10_12	138.0	29.0	89.0	18.0	175.0	35.0	1.562	0.085
BM_07_10_13	182.0	6.0	148.2	5.7	171.0	14.0	1.196	0.059
BM_07_10_14	146.0	44.0	172.0	52.0	187.0	62.0	0.835	0.048
BM_07_10_15	1047.0	62.0	738.0	67.0	3020.0	180.0	1.505	0.041
BM_07_10_16	475.0	89.0	200.0	34.0	1180.0	210.0	2.342	0.093
BM_07_10_17	1141.0	62.0	370.0	10.0	3590.0	130.0	3.037	0.088

Jeokronolojik inceleme yapılan şarnokit numunesindeki Zr'larda $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$ oranı 15.91-22.90 arasında iken $^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$ oranı 0.3058 -0.58 arasında olup standart hata düşüktür (Tablo 4.7).

Tablo 4. 7. Şarnokitik kayaçlardan alınan BM-07 numunesinde tespit edilen Zr'larda $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$ ve $^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$ izotop oranları ve standart hata (S.Hata) karşılaştırması

Zr No	$^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$		Hata Karşılaştırması ($^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$)/($^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$)
	Sonuç	S. Hata	Sonuç	S. Hata	
BM_07_10_1	16.80	1.00	0.4730	0.0150	0.3379
BM_07_10_2	17.93	0.70	0.5120	0.0100	0.2567
BM_07_10_3	18.40	1.10	0.5700	0.0180	0.2040
BM_07_10_4	15.91	0.44	0.3064	0.0036	0.2233
BM_07_10_5	19.50	1.10	0.4650	0.0210	0.5911
BM_07_10_6	15.92	0.72	0.3689	0.0099	0.0750
BM_07_10_7	18.40	1.10	0.5800	0.0180	0.3508
BM_07_10_8	18.52	0.85	0.5790	0.0190	0.1652
BM_07_10_9	18.94	0.56	0.3822	0.0060	0.3835
BM_07_10_10	22.90	0.98	0.5280	0.0240	0.4737
BM_07_10_11	16.87	0.59	0.3809	0.0070	0.4689
BM_07_10_12	16.00	1.10	0.5510	0.0200	0.3351
BM_07_10_13	16.36	0.86	0.5540	0.0200	0.0729
BM_07_10_14	16.20	1.40	0.5470	0.0490	0.4081
BM_07_10_15	17.32	0.35	0.3336	0.0046	0.2547
BM_07_10_16	17.09	0.63	0.3900	0.0180	0.6976
BM_07_10_17	18.31	0.28	0.3058	0.0028	0.5562

Şarnokit numunesindeki (BM-07) Zr'larda ^{238}U - ^{206}Pb oranı 1.7241-3.2701, arasında iken ^{207}Pb - ^{206}Pb oranı 0.2120 -0.04307 arasında olup standart hata kabul edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır (Tablo 4.8).

Tablo 4. 8. Mwanan Biwong Boulou (Kamerun) Bölgesindeki şarnokitik kayalardan alınan BM-007 numunesinde tesit edilen Zr'larda ^{238}U - ^{206}Pb ve ^{207}Pb - ^{206}Pb izotop oranları ve standart hata (S.Hata) karşılaştırması

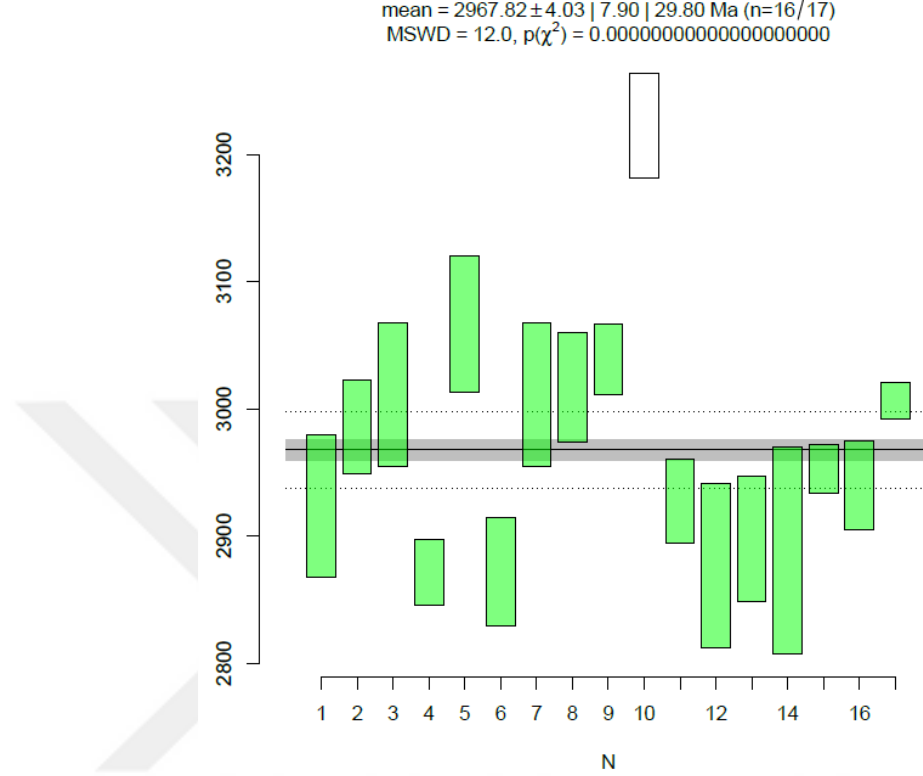
Zr No	^{238}U - ^{206}Pb		^{207}Pb - ^{206}Pb		Hata Karşılaştırması (^{238}U - ^{206}Pb) / (^{238}U - ^{206}Pb)
	Sonuç	S. Hata	Sonuç	S. Hata	
BM_07_10_1	2.1142	0.0670	0.2410	0.0140	0.2470
BM_07_10_2	1.9531	0.0381	0.2329	0.0080	0.3421
BM_07_10_3	1.7544	0.0554	0.2480	0.0140	0.3469
BM_07_10_4	3.2637	0.0383	0.3479	0.0076	0.2581
BM_07_10_5	2.1505	0.0971	0.2700	0.0120	0.3594
BM_07_10_6	2.7108	0.0727	0.2790	0.0140	0.5322
BM_07_10_7	1.7241	0.0535	0.2410	0.0120	0.2711
BM_07_10_8	1.7271	0.0567	0.2330	0.0140	0.3865
BM_07_10_9	2.6164	0.0411	0.3703	0.0083	0.4560
BM_07_10_10	1.8939	0.0861	0.2910	0.0140	0.6370
BM_07_10_11	2.6254	0.0482	0.3106	0.0085	0.2708
BM_07_10_12	1.8149	0.0659	0.2070	0.0130	0.2648
BM_07_10_13	1.8051	0.0652	0.2130	0.0130	0.5174
BM_07_10_14	1.8282	0.1638	0.2120	0.0170	0.5379
BM_07_10_15	2.9976	0.0413	0.3756	0.0054	0.1662
BM_07_10_16	2.5641	0.1183	0.3270	0.0092	0.5659
BM_07_10_17	3.2701	0.0299	0.4307	0.0054	0.0402

Zr'larda ^{208}Pb - ^{232}Th izotop oranı 0.096-1.051 arasında iken ^{206}Pb - ^{208}Pb oranı 0.79 - 22.0 arasında olup standart hata BM_07_10_8 numunesi dışında kabul edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır (Tablo 4.8).

Tablo 4. 9. Zr'larda ^{208}Pb - ^{232}Th ve ^{206}Pb - ^{208}Pb izotop oranları ve standart hata (S.Hata) karşılaştırması

Zr No	^{208}Pb - ^{232}Th		^{206}Pb - ^{208}Pb	
	Sonuç	S. Hata	Sonuç	S. Hata
BM_07_10_1	0.1318	0.0099	9.24	0.76
BM_07_10_2	0.1591	0.0070	7.18	0.33
BM_07_10_3	0.1108	0.0088	8.74	0.80
BM_07_10_4	0.4230	0.0250	3.19	0.12
BM_07_10_5	0.2130	0.0160	6.04	0.43
BM_07_10_6	0.2280	0.0140	3.40	0.17
BM_07_10_7	0.1390	0.0130	11.10	0.96
BM_07_10_8	0.0960	0.0130	22.00	4.40
BM_07_10_9	0.6590	0.0200	2.79	0.10
BM_07_10_10	0.2850	0.0130	4.34	0.40
BM_07_10_11	0.2760	0.0100	3.02	0.10
BM_07_10_12	0.2080	0.0130	3.58	0.21
BM_07_10_13	0.1260	0.0120	4.73	0.31
BM_07_10_14	0.1160	0.0089	3.50	0.39
BM_07_10_15	0.4610	0.0120	0.91	0.02
BM_07_10_16	0.6330	0.0190	1.25	0.04
BM_07_10_17	1.0510	0.0220	0.79	0.01

Şarnokitik kayalarda Zr'lardan hesaplanan $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$ yaşları 2863 milyon yıl ile 3223 milyon yıl arasında değişmekte olup ortalama 2971 milyon yıllık yaş elde edilmiştir (Tablo 4.9, Şekil 4.26). Buna göre şarnokitik (gnaysik granit) kayaların Arkeen döneminde oluştukları ortaya çıkmaktadır.

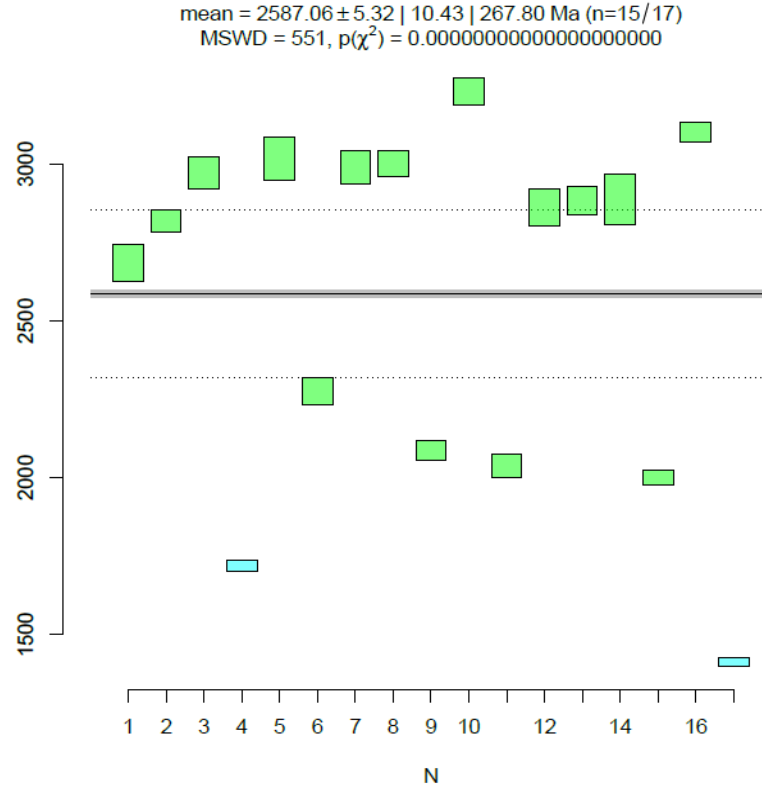


Şekil 4. 26. Şarnokitik kayalarda Zr yaşlandırma çalışması ile elde edilen $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$ yaş grafiği

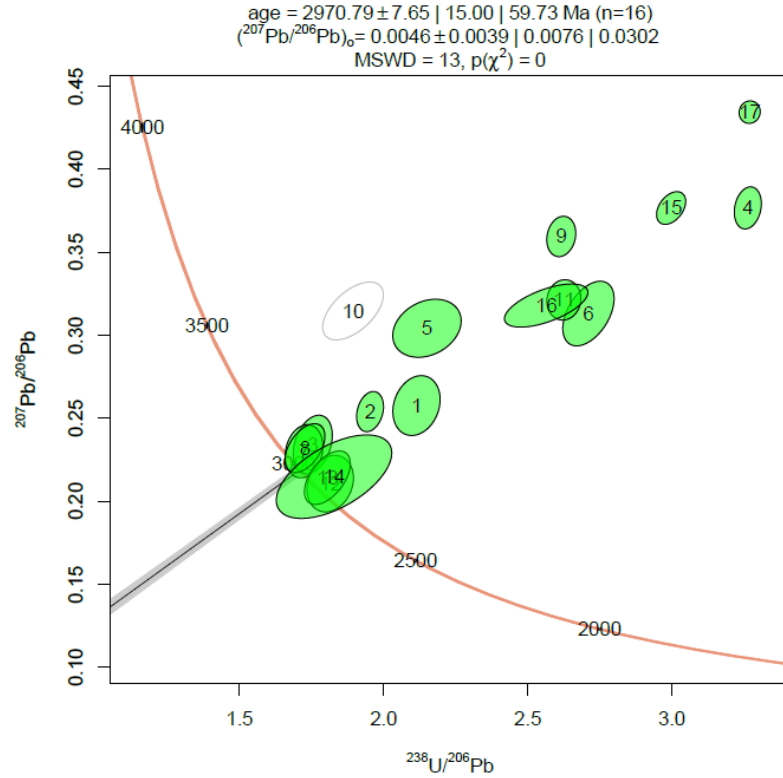
Tablo 4. 10. Zr'larda $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$, $^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$, $^{208}\text{Pb} - ^{232}\text{Th}$ ve $^{207}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}$ izotop oranlarına göre belirlenen yaş değerleri ve standart hataları (S.H.).

Zr No	$^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb} - ^{232}\text{Th}$		$^{207}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}$	
	Yaş	S.H.	Yaş	S.H.	Yaş	S.H.	Yaş	S.H.
BM_07_10_1	2914	55	2503	70	2490	180	3089	95
BM_07_10_2	2988	36	2666	44	2980	120	3063	55
BM_07_10_3	2997	56	2903	74	2110	160	3155	92
BM_07_10_4	2863	27	1722	18	7050	350	3703	32
BM_07_10_5	3082	54	2472	96	3940	280	3286	74
BM_07_10_6	2868	44	2022	47	4140	230	3359	75
BM_07_10_7	3001	55	2955	70	2650	230	3100	81
BM_07_10_8	3009	46	2939	79	1840	240	3064	93
BM_07_10_9	3034	29	2086	28	10200	250	3789	33
BM_07_10_10	3223	42	2710	100	5100	220	3434	72
BM_07_10_11	2926	33	2081	32	4930	160	3514	43
BM_07_10_12	2887	58	2828	84	3810	220	2860	110
BM_07_10_13	2907	46	2838	82	2390	220	2910	100
BM_07_10_14	2909	69	2800	200	2220	160	2950	150
BM_07_10_15	2952	20	1855	22	7650	170	3817	21
BM_07_10_16	2935	35	2119	85	9900	240	3598	44
BM_07_10_17	3006	14	1720	14	14530	220	4020	19
Ortalama	2970.65		2424.65		5172.35		3335.94	

Kayaçlarda ^{206}Pb - ^{238}U yaşları 1720-2903 milyon yıl ve ortalama 2425 milyon yıl yaş elde edilmiştir (Tablo 6, Şekil 4.27). ^{208}Pb - ^{232}Th yaşları 2110-14530 milyon yıl ve ^{207}Pb - ^{206}Pb yaşları ise 2860-4020 milyon yıl arasında değişmektedir (Tablo 4.9).



Şekil 4. 27. Şarnokitik kayaçlarda Zr yaşlandırma çalışması ile elde edilen ^{206}Pb - ^{238}U yaş grafiği



Şekil 4. 28. Granitik kayaçlarda yaşlandırma çalışması yapılan zenginleştirilmiş zirkon minerallerinden elde edilen Pb ve U izotoplarına göre ^{207}Pb - ^{235}U değerine karşı ^{206}Pb - ^{238}U konkordia grafiği

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnceleme alanı Orta Afrika'da Arkeen Kongo Kratonu'nun kuzeybatı sınırını teşkil eden Ntem kompleksi içinde yer almakta olup bölgede çok sayıda ekonomik maden yatağı bulunmaktadır. Ntem kompleksinin güney kesiminde bulunan Ntem serisi içinde detaylı araştırmalar bulunmamaktadır. Bu çalışmada Ntem serisi içinde bulunan inceleme alanında gerçekleştirilen jeolojik, mineralojik-petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalarla Ntem kompleksinin güney kesimindeki Mvangan – Biwong Boulou bölgesi için önemli veriler elde edilmiştir.

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada başlıca aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Kamerun'un güney kısmını Paleoproterozoyik Nyong birimi ve Arkeen Ntem Kompleksi olarak iki ana üniteye ayrılmış olup Ntem Kompleksi, kuzeybatıdaki Nyong biriminden ve kuzeydeki Pan-Afrikan Yaounde Grubu'ndan büyük bindirmelerle ayrılmaktadır. Ntem kompleksi de kendi içinde İntrüzif Seri ve Bantlı Seri olarak ikiye ayrılmaktadır. İntrüzif Seri, Ntem Kompleksi'nin kuzey kısmını kapsamakta olup ağırlıklı olarak TTG (tonalit, trondjemit ve granodiyorit) grubu ve magmatik şarnokit grubundan oluşmaktadır. Ntem serisi, şarnokit grubu içindeki masif ve bantlı plütonik kayalar ve bu seriye sokulum yapan tonalit, trondjemitler ve granodiyoritlerle temsil edilmektedir.
2. Bantlı Seri, Ntem Kompleksi'nin güney kısmına dağılmış olan oldukça deforme olmuş granitik gnayslarla temsil edilmektedir. Gnayslar içinde lokal olarak ortoproksen içeren gnaysik granitoyidler ve farklı sokulumlar halinde K bakımından zengin granitler ve daha genç siyenitler ve granodiyorit ve tonalitler içerisinde yer yer şarnokitik ksenolitler bulunmaktadır.
3. Şarnokitik seri ve üst kabuğa ait kayaçlar birden fazla deformasyonel doku sergilemektedir; D-B ve BGB-DKD doğrultulu yapraklanmalar KD-GD yapraklanmalar tarafından baskılanırken, K-zengin granitler baskın bir K-G doğrultulu yapraklanmalara sahiptir.
4. Paleoproterozoyik orojenik hareketleri esnasında yeniden şekillenen Ntem Kompleksi bazı Arkeen parçalarını ve Arkeen Kratonuna eklenen yeni Paleoproterozoyik materyalleri içermektedir. Ntem kompleksine ait kayaçlarda

- yapılan yaşlandırma çalışmalarına göre temelde Arkeen, Paleoproterozoyik ve Neoproterozoyik olmak üzere üç yaş grubu belirlenmiştir.
5. İnceleme alanından derlenen kayaçlar Ntem kompleksi içinden derlenen granit, diyorit, gabro, şarnokit, amfibolit ve kuvarsit bileşimindedir.
 6. Çalışma alanında Biwong- Boulou Mvangan ilçelerinde yaygın olarak gözlenen granitler genellikle açık renkli bozunma yüzeyine sahip olup, büyük bir bölümünün bozunmadan etkilenmiş ve çoğunlukla çeşitli seviyelerde kalınlıkları birkaç cm ile 1-1.5 metre arasında değişen aplit ve diyabaz daykları tarafından kesilmektedir. Granitlerde Kayaç oluşturan ana mineraller kuvars, K-feldispat (ortoklas) ve plajiyoklazlardır. Aksesuar mineral olarak biyotit, amfibol, epidot, klorit ve opak mineraller yer almaktadır. Kayaç holokristalen taneler dokuludur.
 7. Alkali granitler genellikle pembe, ayrılmış olanlarda sarımsı pembe iri kristalli olup başlıca kuvars, ortoklas, plajioklas, mikroklin ve mikadan oluşmaktadır. Petrografik olarak kuvars, iri kristalli alkali feldispat, plajiyoklazların yanısıra amfibol, biyotit ve epidot içermektedir. Kayaç holokristalen taneler dokulu olup alkali feldispat miktarının yoğunluğundan dolayı alkali feldispat granit olarak adlandırılmıştır.
 8. Gabro ve diyabazlar inceleme alanında Mvangan'ın doğusunda, Bimengue çevresinde bazı dar alanlarda ve mafik ve felsik plutonik kayaçların içinde stok ve dayklar şeklinde gözlenirler. Porfirik dokuda, yeşil tonlarda ayrışma yüzeyi rengi sergileyen diyabaz dayklarının kalınlıkları oldukça değişkendir ve birkaç cm ile birkaç metre arasında değişebilmektedir. Petrografik incelemelerde plajioklas, piroksen ve kloritlerden oluştukları gözlenmiş olup granonematoblastik dokulu kayaçlarda serisitleşme, epidotlaşma, kalsitleşme ve uralitleşme şeklinde alterasyonlar yaygındır.
 9. Gabrolarda hakim mineral plajiyoklaz, piroksen ve kloritlerdir. Plajiyoklazlar genellikle prizmatik çıtalar şeklinde, zonlu ve yaygın olarak serisitleşme, epidotlaşma ve kalsitleşme gibi alterasyonlar gözlenmektedir. Kayaçlardaki klinopiroksenler genellikle özşekilli, bazen yarı özşekillidir. Bazı klinopiroksenlerde tektonizmaya bağlı olarak gelişmiş dalgalı sönme gözlenmektedir. Bazıları alterasyona uğramış olup uralitleşme ile amfibole dönüşmüştür.
 10. Diyorit grubu kayaçlar makroskopik olarak oldukça sert-sağlam yapılı olup gri veya yeşilimsi gri renkli olup klinopiroksen, amfibol, plajiyoklaz, K-feldispat ve kuvarslardan oluşmaktadır.

11. Ntem kompleksinin içindeki İntrüzif Seri içinde yer yer yoğunlaşan şarnokitik ksenolitler değişken kimyasal bileşime sahip granülit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış ortopiroksen içeren bir plutonik kayaç serisidir ve dünyada çoğunlukla derinden aşınmış Prekambriyen temel kaya komplekslerinde bulunmaktadır. Şarnokitlerin hakim bileşeni ortopiroksen, olup mikroklin ve ortoklaz bileşimli alkali feldspatlar ve yaygın olarak ince bir mikropertitik doku içinde plajiyoklazlar ile kuvarslar bulunmaktadır. İnceleme alanında da yaygın olarak gözlenen şarnokitler genellikle koyu kahve, kırmızımsı kahve renklerde ve ince-orta boyutlu kristallidir. İnceleme alanından derlenen bir şarnokit numunesinden yapılan ince kesitin petrografik incelemesinde belirlenen başlıca mineraller kuvars, potasyum feldispatlar (ortoklaz), biyotit, plajiyoklaz ve epidotlardır. Yaklaşık eş boyutlu kristallerden oluşmakta olup tanesal dokuludur.
12. İnceleme alanının içine yer aldığı Ntem kompleksini oluşturan ana kayaç grubu olan intrüzif seri içinde şarnokitlerin yanısıra gnaysik amfibolitler de yer almaktadır. Şarnokitlere göre daha sınırlı alanlarda gözlenen amfibolitler Paleoproterozoyik yaşlıdır. İnceleme alanında Mwanagan'ın doğu ve güney kesiminde oldukça geniş alanlarda yüzeyleyen amfibolitler koyu yeşil, siyahımsı yeşil renkli ve ince – orta kristallidir. Amfibolitlerin petrografik incelemesinde kayaç içinde % 20-25 amfibol, % 10-20 kuvars, % 10-15 plajiyoklazlarla birlikte amfibol ve plajiyoklazlardan dönüşen epidot ve kloritler bulunmaktadır. Kayaçlar çubuksu minerallerden dolayı nematoblastik dokulu olup mineral içeriği ve dokularına göre amfibolit olarak adlanmışlardır.
13. Bölgedeki metamorfik kayaçların içine birkaç mm'den birkaç 10 cm kalınlığa ulaşan yer yer onlarca m takip edilebilen ikincil kuvars damarları bulunmaktadır. Kuvarslar çoğu yerde beyaz veya renksiz iken özellikle mafik ve ultramafik kayaçların bulunduğu bölgelerde yer yer ayrışmadan dolayı sarı, kahvemi, kırmızımsı sarı renkler almışlardır.
14. İnceleme alanından derlenen granitlerde ortalama % 73.45 SiO₂, % 14.22 Al₂O₃ ve % 2.86 Fe₂O₃ bulunmakta olup Na₂O değerleri % 2.97 - % 3.97 ve CaO % 1.07 - % 2.33 arasında değişmektedir. A/CNK değerleri 1 den büyük olup 1.36 ve 1.49'dur. Granitlerin Mg# değerleri ise 11.40 - 23.19'dur.
15. Alkali granitlerin SiO₂ değerleri % 70.6 ve % 74.4 ve ortalama % 72.5, Na₂O değerleri % 3.05 ve % 3.31 ve CaO değerleri % 1.14 ve % 1.16'dır. Alkali

- granitlerin K_2O/Na_2O 1 den büyük olup 1.64 ve 1.75'tir. A/CNK değerleri 1.38 ve 1.39, $Mg\#$ değerleri 10.08 ve 10.92'dir (Tablo 4.1).
16. Şarnokitlerin ortalama SiO_2 değerleri % 70.22, Al_2O_3 miktarı % 14.17, Fe_2O_3 miktarı % 4.75, Na_2O içerikleri % 2.96- 4.61 arasında ve ortalama % 3.92, CaO içerikleri % 2.33-3.97 ve ortalama % 3.11, K_2O içerikleri % 0.79-3.50 ve ortalama % 1.94'tür. Kayaçların K_2O/Na_2O oranı genel olarak 1 den düşük olup 0.27-0.58 arasındadır. A/CNK değerleri 1.52-1.77 olup, $Mg\#$ değerleri 19.53- 42.27 arasındadır. Şarnokitlerde iz elementlerden 1158 ppm Ba, 247 ppm Sr, 136 ppm Zr, 62 ppm V, 42 ppm Zn ve 41 ppm Ni dikkati çekmektedir. Kayaçların NTE miktarları granitlerden düşük olup toplam NTE miktarı 89.12 ppm'dir. La-Gd arasındaki ortalama HNTE miktarı 85.4 ppm, Tb-Lu arasındaki ANTE miktarı ise sadece 3.71 ppm'dir (Tablo 4.2).
17. Diyoritin SiO_2 miktarı % 58.2, Na_2O değeri % 3.96 ve CaO değeri % 5.95 dir. K_2O/Na_2O oranı 0.42, A/CNK değerleri 1'den küçük olup 0.42 dir. Magnezyum # ise 35.61 dir. Diyoritlerde ayrıca % 15.5 Al_2O_3 , % 8.8 Fe_2O_3 , % 4.38 MgO , 655 ppm Ba, 321 ppm Sr, 189 ppm Zr, 157 ppm V, 85 ppm Zn ve 70 ppm Pb bulunmaktadır
18. Gabronun SiO_2 değerleri % 50.3-49.8 arasında değişirken, Na_2O % 1.82-3.24 ve CaO %12.15-10.3 arasında değişmektedir. K_2O/Na_2O oranı 0.18-0.30 arasındadır, A/CNK değerleri 0.79-1.04, $Mg\#$ ise 38.19-29.33 arasındadır. Gabrolarda ayrıca % 13.17 Al_2O_3 , % 13.85 Fe_2O_3 , % 6.5 MgO , 228 ppm Ba, 266 ppm V, 169 ppm Sr, 113 ppm Cu, 89 ppm Zn, 126 ppm Zr ve 115 ppm Ni önemli görülmektedir.
19. Amfibolitlerin SiO_2 miktarı % 49.1, Al_2O_3 miktarı % 13.75, Fe_2O_3 miktarı % 14.85 olup inceleme alanında en yüksek Fe_2O_3 miktarı amfibolitlerdedir. Amfibolitlerde ayrıca % 7.28 MgO , % 1.08 TiO_2 , 379 ppm V, 143 ppm Cu, 111 ppm Zn, 128 ppm Ni, 57 ppm Co ve 63 ppm Zr bulunmaktadır.
20. Mafik kayaçların toplam NTE içerikleri ortalama 111 ppm olup 100 ppm HNTE ve 11 ppm ANTE vardır. Mafik kayaçlarda en yüksek NTE 154 ppm'le diyoritlerde bulunurken en düşük NTE 44 ppm'le amfibolitlerdedir.
21. Jeokimyasal verilere göre inceleme alanında bulunan Arkeen yaşlı granitik kayaçların içinde bulunan gnaysik granit bileşimli şarnokitler ve bazik kayaç ksenolitlerinin kimyasal bileşimleri oldukça farklıdır. Ortalama SiO_2 içerikleri bakımından % 72.98'le granitik kayaçlar en yüksek, şarnokitler % 70.22 ve bazik kayaçlar % 51.9'la n düşük SiO_2 içeriğine sahiptir. NTE açısından

- değerlendirildiğinde granitik kayaçlar 315 ppm, bazik kayaçlar 111 ppm ve şarnokitik kayaçlar 89.1 ppm şeklinde sıralanmaktadır.
22. Jeokimyasal analizler toplam alkaliler ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)’e karşı SiO_2 diyagramına düşürüldüğünde, Biwong-Boulou Mvangan bölgesindeki kayaçlar diyorit, gabro, granodiyorit ve granit bileşimli kayaçlar olarak sınıflandırılabilir. Yine aynı diyagramda örnekler subalkalin seriye alanına dahil olmuştur. Şarnokitik kayaçlar diyorit, granodiyorit ve granit alanlarına dağılmaktadır.
 23. Subalkali Örnekler AFM diyagramında tipik kalk-alkalen bileşime sahip olup kalk-alkalen yönseme, magmanın diğer magma türlerine göre kısmi farklılaşması neticesinde alkalilerce zenginleştiğini, Fe ve Mg oranında bu zenginleşmenin gözlenmediğini göstermektedir.
 24. Çalışma alanında magmatik kayaçlar $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ diyagramında değerlendirildiğinde granite ait örnekler -yüksek K-kalkalkalen sınırında; bazik kayaçlar ve şarnokitlere ait örnekler ise düşük ve orta potasyum içeriğine sahiptirler.
 25. İnceleme alanından derlenen numuneler $\text{FeO}t / (\text{FeO}t + \text{MgO})$ ve SiO_2 (wt%) diyagramında granitler dışındaki tüm örnekler magnezyumlu bölgesinde toplanmıştır. SiO_2 ’ye karşı ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$) diyagramında örnekler alkali dışı alanda toplanmıştır. Granitler hem “Alkali-kalsik” hem de ve “Kalk alkali” alana, şarnokitlerin çoğunluğu “Kalsik” alana düşmektedir.
 26. Molar A/CNK-A/NK diyagramında şarnokitlerin bir kısım peralümin ve diğer kısmı metalümin olup, tüm granit örnekler peralümin karaktere sahiptir.
 27. İnceleme alanından derlenen kayaçlar farklı kökenli ve farklı nitelikli olsa da kayaçları oluşturan ana oksit, iz element ve NTE’nin birbirleri ile ilişkilerinin olup olmadığı, ilişki varsa bu ilişkiyi şekli, yönü ve kuvvetinin belirlenmesi amacıyla korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.4).
 28. Basit korelasyon analizlerine göre ana bileşenlerden SiO_2 sadece ana bileşenlerden K_2O ve iz elementlerden Ba ile kuvvetli ve Na_2O ile zayıf pozitif korelasyona sahipken ana bileşenlerden Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 ve MnO , iz elementlerden Co, V, Zn, Sc ve ANTE grubu ile çok kuvvetli, Cu, Ni Y ve HNTE ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir.
 29. Kayaçlarda ikinci önemli bileşen olan Al_2O_3 ; Na_2O , P_2O_5 ve Sr ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. Diğer bir önemli bileşen olan Fe_2O_3 ise CaO, MgO, TiO_2 , MnO , Co, V, Zn, Sc ve ANTE ile çok kuvvetli, Cu, Ni ve HNTE ile kuvvetli

- pozitif, K_2O , Ba, Pb ve Rb ile kuvvetli Na_2O , Hf, Th, La, Ce ve Pr ile zayıf negatif korelasyona sahiptir.
30. İncelenen kayalarda feldispat ve mafik minerallerde yaygın olan CaO ; MgO , TiO_2 , MnO , Co, Cu, V, Zn ve Sc ile çok kuvvetli, Ni, Y ve NTE ile kuvvetli pozitif, K_2O , Ba, Pb ve Rb ile kuvvetli negatif korelasyon göstermektedir.
 31. Ana oksitlerden MgO , TiO_2 , MnO , Co, Cu, Ni, V, Zn, Sc ve ANTE ile çok kuvvetli, Y, Eu ve diğer HNTE ile kuvvetli pozitif, Na_2O , K_2O , Ba ve Rb ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir.
 32. Na_2O ise Sr ile kuvvetli pozitif, Co, Cu, Ni, V, Sc ile kuvvetli negatif korelasyon göstermektedir. Yine ana bileşenlerden K_2O ; Hf, U, La, Ce, Pr ve Nd ile kuvvetli pozitif, TiO_2 , MnO , Co, Cu, Ni, V, Zn, Sc, Eu, Yb ve Lu ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir.
 33. Sc, Y ve HNTE birbirleri ile çok kuvvetli pozitif korelasyona sahipken ANTE ve Na_2O dışında ana bileşenlerle negatif korelasyona sahiptir. ANTE ise birbirleri ile çok kuvvetli ve kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir.
 34. İlksel manto değerlerine oranlar granit örneklerin Nb, Ta, La, P ve Ti değerlerinde belirgin negatif, K ve Pb değerlerinde ise negatif anomaliler gözlenmektedir. Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LILE) (Rb, Ba, Th, U)'de oldukça fazladır.
 35. Örneklerin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramında genel olarak ilksel magmaya göre zenginleşme görülmektedir. Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LIL) (Rb, Ba, Th, U)'de oldukça fazladır. Nb, Cs, Ti, Lu'da oldukça belirgin olan negatif bir anomali gözlenmektedir. Özellikle U, Th, Rb gibi elementlerdeki zenginleşme kabuk etkisini yansıtmaktadır.
 36. Bölgeden derlenen şarnokit örneğinde LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaşlandırması yapılmıştır. Jeokronolojik analiz yapılan BM-07 numunesinde tespit edilen 17 adet zirkon mineralinde Pb, U, Th miktarları (Tablo 4.3), ^{207}Pb - ^{235}U , ^{206}Pb - ^{238}U , ^{238}U - ^{206}Pb , ^{207}Pb - ^{206}Pb , ^{208}Pb - ^{232}Th ve ^{206}Pb - ^{208}Pb izotop oranları ve ^{207}Pb - ^{235}U , ^{206}Pb - ^{238}U , ^{208}Pb - ^{232}Th , ^{207}Pb - ^{206}Pb yaşları hesaplanmıştır. Buna göre Ntem kompleksinin güney kesimindeki ksenolitlerin yaşı 2.971 milyar yıl (Arkeen) ölçülmüş olup kuzeydekilere benzerlik göstermektedir.

5.2. Öneriler

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği 2020 ve 2022 yılları arasında tüm dünyada yaşanan ve hem Türkiye hem de Kamerun'u derinden etkileyen Covid-19 salgını nedeniyle ihtiyaç duyulan bazı örneklerle ulaşılamamıştır. Dolayısıyla mineralojik-petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik analizler 2020 öncesinde inceleme alanından derlenen numuneler üzerinde gerçekleştirilebilmiştir. İlerleyen dönemlerde bölgede çalışma yapılması halinde aşağıda belirtilen önerilerin dikkate alınmasında yarar görülmektedir;

1. Bölgede özellikle bazik kayaçların çevresindeki dere sedimanları ve topraklarda da numuneler alınarak mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemeler yapılması halinde yörenin maden potansiyeli hakkında daha ayrıntılı sonuçlara ulaşılabilecektir.
2. Bölgedeki kayaçlarda Au ve beklenen diğer metaller oldukça düşük oranlarda bulunmakta olup çalışmaların dere sedimanlarında yoğunlaştırılması ve buradan elde edilecek sonuçlara göre arama programının yapılması uygun olacaktır.
3. Farklı nitelikteki magmatik kayaçlardan numuneler alınarak kökensel hem de jeokronolojik analizler detaylandırılmalıdır.
4. Bu çalışmanın bir sonraki adımını izotop çalışmaları oluşturmalıdır. Özellikle Rb-Sr, Sm-Nd ve Pb-Pb izotop sistemleri kullanarak ilksel oranlarından Biwong-Boulou Mvangan bölgesine ait grup kayaçların kökensel ilişkileri ortaya konulmalı yorumlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdoul Razack, A., 2002, Propositions pour l'optimisation de la mine artisanale au Niger Proposals for optimising artisanal mining in Niger, *Pangea*, 37/38, 7-23.
- Anane, M., 2008, Farmers resist Newmont operations in AjenuaBepo Forest. *Public Agenda*, March 31, 2008.
- Aryee, B.N., Ntibery, B.K., Atorkui, E., 2002, Trends in the small-scale mining of precious minerals in Ghana: a perspective on its environmental impact. *J. Clean. Prod.* 11 (2), 131– 140.
- Awudu, G.B.K., 2002, The role of foreign direct investment (FDI) in the mining sector of Ghana and the environment, A Paper Presented at the Conference on Foreign Direct Investment and the Environment, OECD, Paris-France.
- Aysal, N., Hanilçi, N., Yılmaz, İ., Guillong, M., Göçmengil, G., Şişman Tükel, F., Bayhan, U.C., Kaygısız, E., Uzun, F., Terzi, M., Karşlıoğlu, Ö. Ve Kurt, Y., 2021, İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Bünyesinde Yeni Kurulan “Jeokronoloji ve Jeokimya Laboratuvarı” Analiz Rutinleri ve Değerlendirme Sistematiği, Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 24-28 Mayıs 2021, Çevrimiçi, Bildiriler, 673-677
- Barbey, P., Macaudière, J. and Nzenti, J. P., 1990, High pressure dehydration melting of metapelites: evidence from migmatites of Yaounde (Cameroon). *Journal of Petrology* 31, 401-427
- Broadman, H.G., Isik, G., 2007. Africa's Silk Road: China and India's New Economic Frontier (No. 0821368354) World Bank, Washington, D.C.
- Cakır, M.Y., Kabundi, A., 2013. Trade shocks from BRIC to South Africa: a global VAR analysis. *Econ. Model.* 32, 190–202.
- CAPAM, 2012. Advanced Mechanization of Artisanal Mining. The Ministry of Industry, Mines and Technological Development, Yaounde'.
- Chebeu, C., Ngo Nlend, C.D., Nzenti, J.P. and Ganno, S., 2011, Neoproterozoic high-K calc-alkaline granitoids from Bapa-Batié, North Equatorial Fold Belt, Central Cameroon: petrogenesis and geodynamic significance. *The Open Geol. J.* 5:1-20.
- Chupezzi, T.J., Ingram, V. And Schure, J., 2009, Impacts of Artisanal Gold and Diamond Mining on Livelihoods and the Environment in the Sangha Tri-National Park Landscape. Center for International Forestry Research, Bogor.
- Delhal, J. and Ledent, D., 1975, Musée Royal Afrique Centrale. *Tervuren. Rapp. Ann.* 1974, pp. 71-76, 1975.
- Djibril, K. N. G. Clifford, T. B., Pierre, W., Alice, M., Kuma, C.J. and Flore, T.D.J., 2017, Artisanal gold mining in Batouri area, East Cameroon: Impacts on the

- mining population and their environment, *Journal of Geology and Mining Research, Academic Journals*, 9(1), 1-8, DOI: 10.5897/JGMR2016.0263
- Djouka-Fonkwé, M.L., Schulz, B., Schüssler, U., Tchouankoué J.P. and Nzolang, C., 2008. Geochemistry of the Bafoussam Pan-African I- and S- type granitoids in western Cameroon. *J. Afr. Earth Sci.* 50:148-167.
- Drechsler, B., 2001, *Small-scale mining and Sustainable Development in Southern Africa* International Institute for Environment and Development. World Business Council for Sustainable Development, London.
- Edwards, D.P., 2013. Mining and the African environment. *Conserv. Lett.* 7 (3), 302–311, May/June 2014.
- Ferguson, J., 2006. *Global Shadows: Africa in the Neoliberal World Order*. Duke University Press, Carolina.
- Foumena, W. C. et Bamenjo, J.N., 2013, *Artisanat Minier, Un Challenge Pour Le Processus De Kimberley: Cas Du Departement De La Kadey-Est Cameroun*, Ce travail est le produit de L'Equipe du programme des Industries Extractives de RELUFA, 24pp.
- Freyssinet, P., Lecomte, P. and Edimo, A., 1989. Dispersion of gold and base metals in the Mborguene lateritic profile, East Cameroun. *J. Geochem. Explor.* 32, 99–116.
- Funoh, K. N., 2014. The impacts of artisanal gold mining on local livelihoods and the environment in the forested areas of Cameroon. Working Paper 150. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Gazel, J. and Gerard, G., 1954, Notice Explicative sur la Feuille Batouri Est (1/500 000), D.M.G. Yaoundé, 1954, 43 p.
- Goodwin, A.M. 1991, *Precambrian geology — the dynamic evolution of the continental crust*. Academic Press. Harcourt Brace Jovanovich Publishers, 666 pp.
- Hajzler, C., 2012. Expropriation of foreign direct investments: sectoral patterns from 1993 to 2006. *Rev. World Econ.* 148 (1), 119–149.
- Hellstrom, J., Paton, C., Woodhead, J.D. Hergt, J.M. 2008. Iolite: software for spatially resolved LA-(quad and MC) ICPMS analysis. In *Laser Ablation ICPMS in the Earth Sciences: Current Practices and Outstanding Issues* (P. Sylvester, ed.). Mineralogical Association of Canada Short Course series 40, p. 343-348.
- Hentschel, T., Hruschka, F. and Priester, M., 2002. *Global Report on Artisanal & Small-Scale Mining*. International Institute for Environment and Development. World Business Council for Sustainable Development, London, 67 pp.
- Hilson, G. and Murck, B., 2001, Progress towards Pollution prevention and waste minimization in the North American gold mining industry. *J. Cleaner Prod.* 9(5):405-415.

- Hilson, G., 2002a. The future of small-scale mining: environmental and socioeco-nomic perspectives. *Futures* 34 (9–10), 863–872.
- Hilson, G., 2002b. Small-scale mining in Africa: tackling pressing environmental problems with improved strategy. *J. Environ. Dev.* 11 (2), 149–174.
- Hilson, G., 2009. Small-scale mining, poverty and economic development in sub-Saharan Africa: an overview. *Resour. Policy* 34 (1), 1–5.
- Hilson, G., Banchirigah, S.M., 2009. Are alternative livelihood projects alleviating poverty in mining communities? Experiences from Ghana. *J. Dev. Stud.* 45 (2), 172–196.
- Holland, T.H., 1893, The Petrology of Job Charnock's Tombstone, *Journal of the Asiatic Society of Bengal*, 62 (3): 162–164.
- Humphreys, D., 2010. The great metals boom: a retrospective. *Resour. Policy* 35 (1), 1–13.
- Janneh, A. and Ping, J., 2011. Minerals and Africa's Development: The International Study Group Report on Africa's Mineral Regimes. Economic Commission for Africa, Addis Ababa.
- Kogre, C., Afilaka, J., 1988. Review of Africa's solid mineral resource potential. *J. Afr. Earth Sci. (Middle East)* 7 (3), 589–600.
- Kouankap Nono G.D., Nzenti J.P., Suh, C.E. and Ganno, S., 2010, Geochemistry of ferriferous, high-K calc-alkaline magmas from the Banefo-Mvoutsaha Massif (NE Bafoussam), Central Domain of the Pan-African Fold Belt, Cameroon. *The Open Geol. J.* 4:15-28.
- Laplaine, J., 1969, Indices minéraux et ressources minérales du Cameroun. *Bulletin de la Direction des Mines et Géologie*, RFC, 113-115.
- Lasserre, M. and Soba, D. 1976, Age Libérien des granodiorites et des gneiss à pyroxènes du Cameroun Méridional. *Bulletin BRGM* 2 (4), 17-32,.
- Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J.; Bonin, B., Bateman, P., 2005, *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. p. 20. ISBN 9781139439398.
- Liu, Y., Hu, Z., Gao, S., Günther, D., Xu, J., Gao, C., Chen, H. 2008. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard. *Chemical Geology*, 257 (1-2), 34-43.
- Maurizot, P., Abessolo, A, Feybesse, J.L., Johan V. and Lecomte P. 1986, Etude et prospection minière du Sud-Ouest Cameroun. Synthèse des travaux de 1978 à 1985. Rapport BRGM, Orléans 85, CMR 066, 274 pp,

- Mtegha, H., Leeuw, P., Naicker, S., Molepo, M., 2012. Resources Corridors: Experiences, Economics and Engagement; a Typology of Sub-Saharan African Corridors. School of Mining Engineering and Centre for Sustainability in Mining and Industry. University of the Witwatersrand, South Africa.
- Mvondo, H., Den Brok, S. W.J. and Mvondo Ondo, J. 2003, Evidence for extension and exhumation of the Yaounde nappe (Pan-African fold belt, Cameroon). *Journal of African Earth Sciences* 36, 215-231
- Ndema Mbongue J. L., Ngnotue T., Ngo Nlend C. D., Nzenti J. P., and Cheo Suh E., 2014, Origin and Evolution of the Formation of the Cameroon Nyong Series in the Western Border of the Congo Craton. *Journal of Geosciences and Geomatics*, vol. 2, no. 2 (2014): 62-75. doi: 10.12691/jgg-2-2-4.
- Nedelec, A., Nsifa, N.E. and Martin, H. 1990, Major ant trace element geochemistry of the Archaean Ntem plutonic complex (South Cameroon): petrogenesis and crustal evolution. *Precambrian Research*, 47, 35-50,
- Njiekak, G., Dörr, W., Tchouankoué, J.P. and Zulauf, G., 2008, U-Pb zircon and microfabric data of (meta) granitoids of western Cameroon: constraints on the timing of pluton emplacement and deformation in the Pan-African belt of Central Africa. *Lithos* 102:460-477.
- Ntiéche, B., Mohan, M.R., Moundi, A. and Mounjouhou, M.A., 2016, Petrogenesis and Geochemical Characterization of the Granitoids of the Magba Shear Zone West Cameroon Central Africa. *Open Journal of Geology*, 6, 812-839. <http://dx.doi.org/10.4236/ojg.2016.68063>
- Nzenti, J.P., Barbey, P., Macaudiere, J. and Soba, D. 1988, Origin and evolution of the late Precambrian high-grade Yaounde gneisses (Cameroon). *Precambrian Research*, 38, 91-109.
- Nzenti, J.P., Kapajika, B., Wörner. G. and Lubala, R.T., 2006, Synkinematic emplacement of granitoids in a Pan-African shear zone in Central Cameroon. *J. Afr. Earth Sci.* 45:74-86.
- Nzina Nchare, A., Nzenti, J.P., Tanko Njiosseu, E.L., Ganno, S. and Ngnotué, T., 2010, Synkinematicferro-potassicmagmatism from the Mekwene-NjimafofireFoumban Massif, along the Foumban-Banyo shear zone in central domain of Cameroon Pan-African fold belt. *J. Geol. Mining Res.* 2(6):142-158.
- Penaye, J. and Hell, J.V., 2013, Abandoned artisanal mining sites of Eastern Cameroon: environmental problems and Cameroon legislation: institute for geological and mining research. Yaounde, Cameroon.
- Schure, J., Ingram, V., Tieguhong, J.C.and Ndikumagenge, C. 2011, Is the god of diamonds alone? The role of institutions in artisanal mining in forest landscapes,

- Shang, C.K., Liégeois, J.P., Satirb, M., Frisch, W. and Nsifa, E.N. 2010, Late Archaean high-K granite geochronology of the northern metacratonic margin of the Archaean Congo Craton, Southern Cameroon: Evidence for Pb-loss due to non-metamorphic causes *Gondwana Research*, 18 (2-3), 337-355,
- Siegel, S., Veiga, M.M., 2009, Artisanal and small-scale mining as an extralegal economy: De Soto and the redefinition of “formalization”. *Resour. Policy* 34 (1), 51–56.
- Spiegel, S. J., 2009, Resource policies and small-scale gold mining in Zimbabwe. *Resour. Policy* 34 (1), 39–44.
- Suh, E.C., Lehmann, B., Mafany, G. T., 2006, Geology and geochemical aspects of lode Gold mineralization at Dimako-Mbosccoro, SE Cameroon. *Geochem. Expl. Environ. Anal.* 6 (4): 295-309.
- Takam, T., Arima, M., Kokonyangi, J., Dunkley, DJ. and Nsifa, E.N., 2009, Paleoproterozoic charnockite in the Ntem Complex, Congo Craton, Cameroon: insights from SHRIMP zircon U-Pb ages, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 104, 1–11.
- Taylor, C.D., Schulz, K.J., Doebrich, J.L., Orris, G.J., Denning, P.D., and Kirschbaum, M.J., 2009, Geology and nonfuel mineral deposits of Africa and the Middle East: U.S. Geological Survey Open-File Report 2005–1294-E, 246 p.
- Tchameni, R., Pouclet, A., Mezger, K., Nsifa, N.E. and Vicat, J.P. 2004, Monozircon and Sm-Nd whole rock ages from the Ebolowa greenstone belts: Evidence for the terranes older than 2.9Ga in the Ntem Complex (Congo craton, South Cameroon). *Journal of Cameroon Academic of Sciences*, 4, 213-224.
- Tetsopgang, S., Nzolang, C., Kuepouo, G., 2007, Environmental and socio-economic assessment of an artisanal gold mine in BetareOya, East Cameroon. Internal report (CREPD) Yaounde, Cameroon.
- Toteu, S.F., Penaye, J., Deloule, E., Van Schmus, W.R. and Tchameni, R.. 2006, Diachronous evolution of volcano-sedimentary basins north of the Congo Craton: insights from U/Pb ion microprobe dating of zircons from the Poli, Lom and Yaoundé Groups (Cameroon). *Journal of African Earth Sciences* 44, 428-442,
- Toteu, S.F., Penaye, J., Van Schmus, W.R., and Michard A. 1994, Preliminary U/Pb and Sm/Nd geochronologic data on the North-Central Cameroon: contribution of an Archaean and Paleoproterozoic crust to the edification of an active domain of the Pan-African orogeny. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 319, 1519-1524,
- Trivedi, R. N., 2001, A text book on environmental sciences. Published by J.L. Kumar for Anmol Publications Pvt Limited, New Delhi.

- Warhurst, A., 2001, Corporate citizenship and corporate social investment: drivers sector partnerships. *J. Corporate Citizenship* 1(1):57-73.
- Weng, L., Endamana, D., Boedhihartono, A., K., Levang, P., Margules, C.R., Sayer, J.A. 2014, Asian investment at artisanal and small-scale mines in rural Cameroon, *The Extractive Industries and Society*, Elsevier, 44, 1-9.



EKLER

EK-1: Biwong Boulou - Mvangan Bölgesinin Jeolojik Haritası

